

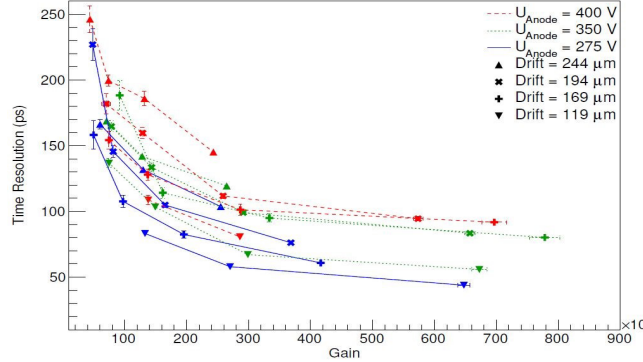


Quand les lasers à basse énergie contribuent à la physique des hautes énergies

Thomas Gustavsson : tél : 01.69.08/93.09, thomas.gustavsson@cea.fr

Dans le domaine de la physique des particules, la détection synchrone par coïncidence avec une résolution temporelle sub-nanoseconde représente un véritable défi. L'utilisation de détecteurs avec une réponse ultrarapide (~ 10 ps) est cruciale pour exploiter le plein potentiel des futures installations à grande échelle et facilitera la recherche au-delà du modèle standard. Une technologie prometteuse est constituée d'une architecture dite "à deux étages" basée sur la technologie Micromegas dotée d'un émetteur Cerenkov équipé d'une photocathode appropriée. Un des objectifs poursuivis aujourd'hui par certaines équipes de l'Irfu est la réalisation d'un détecteur évolutif à haute résolution temporelle. Cela nécessite une bonne compréhension des mécanismes de base qui déterminent les performances du détecteur, ce qui implique des tests approfondis et des mesures systématiques. C'est ici que l'installation laser du LIDYL entre en scène. Les impulsions laser femtosecondes sont, après conversion dans l'UV, suffisamment intenses pour déclencher la photoca-

thode du détecteur, ce qui permet une très grande précision de synchronisation avec l'électronique de mesure. Le projet RADIAMM, financé par le programme "PTC - Instrumentation & Détection" depuis novembre 2017, vise à développer un tel détecteur Micromegas. Ce projet implique 2 équipes de la DRF (Irfu/Dedip/DePhys et Iramis/Lidyl/DICO) ainsi qu'une équipe de la DRT (List/DM2I/LCD). Plusieurs prototypes du détecteur, avec différents gaz tampons, cathodes, et géométries, ont été testés dans différentes conditions (en variant le gain, le champ électrique, la fluence laser, le taux de répétition) afin de trouver les paramètres optimaux. En utilisant une cathode en aluminium et un mélange de gaz tampons spécial (80% Ne, 10% C_2H_6 , 10% CF_4), une résolution temporelle inférieure à 50 ps a pu être observée sous conditions "photoélectrons uniques" (figure). Ces résultats très prometteurs ont été complétés par des tests effectués en situation réelle au CERN, confirmant les excellentes performances du nouveau détecteur.



La résolution temporelle pour les photoélectrons uniques, calculée comme un ajustement gaussien global, en fonction du gain du détecteur (cathode Al, 80% Ne, 10% C_2H_6 , 10% CF_4 gaz tampon), pour différentes conditions expérimentales.

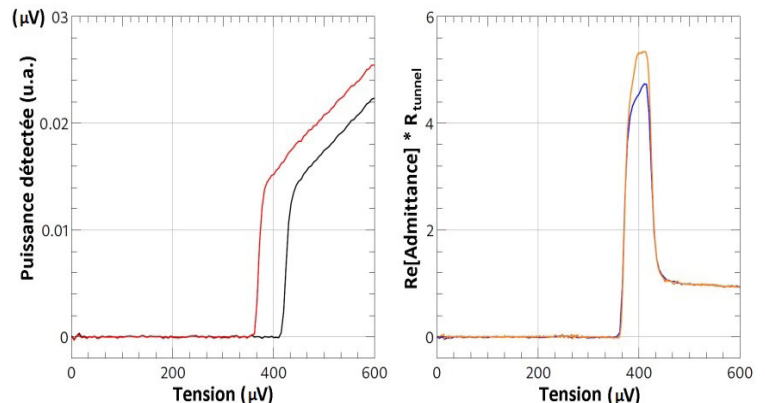


Validation expérimentale de la formule de Kubo pour un conducteur quantique hors équilibre

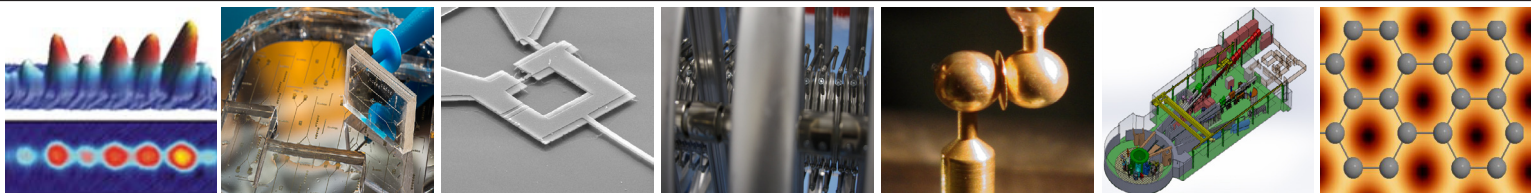
Carles Altimiras : tél : 01.69.08/72.35, carles.altimiras@cea.fr. Zubair Iftikhar, tél : /27.31 zubair.iftikhar@cea.fr

En mécanique quantique, les observables physiques comme le courant électrique ne commutent pas dans le temps. Ainsi, la densité spectrale de bruit du courant $S_{II}(f) = \int dt e^{2imf\tau} \langle I(t+\tau)I(t) \rangle$ est différente pour des fréquences opposées, rendant difficile son interprétation. Cependant, cette asymétrie est liée, par la théorie de la réponse linéaire proposée par Kubo en 1957, à un objet bien tangible : la partie dissipative de l'admittance $Y(f)$ du conducteur, générant le signal $2hf \text{Re} Y(f) = S_{II}(-f) - S_{II}(f)$. En 1997, Lesovik et Loosen ont proposé une interprétation des densités spectrales de bruit en modélisant les échanges d'énergie d'un conducteur avec un résonateur LC de fréquence de résonance f_0 . La puissance émise par le conducteur dans le résonateur est proportionnelle à $S_{II}(-f_0)$ appelé bruit d'émission. La puissance absorbée par le conducteur dans le résonateur est proportionnelle à $S_{II}(f_0)$, appelé bruit d'absorption. Pour que le conducteur puisse absorber de la puissance, il faut que le résonateur soit peuplé par n photons, n étant un entier positif. La puissance échangée s'écrit alors $\delta P(n) = 1/2C [(1+n)S_{II}(-f_0) - nS_{II}(f_0)]$, et sa mesure donne accès aux deux bruits, tandis que la différence entre la puissance absorbée et la puissance émise, stimulées par n photons, donne la dissipation dans le conducteur (formule de Kubo). Nous avons implémenté ce protocole avec un circuit refroidi à 15 mK, constitué d'un conducteur non-linéaire (une jonction tunnel supraconductrice) couplé à un résonateur RF ($f_0 = 6.8$ GHz) dont la population n est ajustée par une source calibrée. En mesurant d'une part la puissance échangée $\delta P(n)$ entre la jonction et le résonateur (à l'aide d'une diode de détection) et d'autre part la réponse linéaire du conducteur (avec un

analyseur de réseaux), nous avons pu comparer le résultat de la mesure directe de $\text{Re} Y(f)$ à la quantité construite à partir des mesures de bruit. L'accord montré sur la figure permet de valider expérimentalement la formule de Kubo pour un conducteur non-linéaire mis hors-équilibre.



A gauche : Bruit d'absorption (en rouge) et d'émission (en noir) d'une jonction tunnel supraconductrice en fonction de la tension de polarisation de la jonction. A droite : Comparaison de la partie réelle de l'admittance de la jonction mesurée directement par un analyseur de réseaux (courbe orange), avec la quantité reconstruite à partir des mesures de gauche et de la formule de Kubo (courbe bleue).





Après un master de physique à l'Institut Indien de Technologie Guwahati (IITG), Rajarshi SINHA ROY a effectué sa thèse au CINaM à l'Université d'Aix-Marseille sous la direction de H.-Ch. Weissker et en co-tutelle à l'Université autonome de Madrid sous la co-direction de P. García-González. Ses travaux ont porté sur les propriétés optiques des agrégats métalliques, calculées à la fois avec les théories *ab initio* et classiques. Il a ensuite rejoint le CEMES à Toulouse où il a étudié les corrélations entre la structure atomique locale et la conductivité électrique des matériaux. Il vient d'arriver au LSI pour un nouveau post-doc dans le groupe de Spectroscopie Théorique avec Valérie Vénier.

Rajarshi SINHA ROY : tél : 01.69.33.44.82, rajarshi.sinha-roy@polytechnique.edu

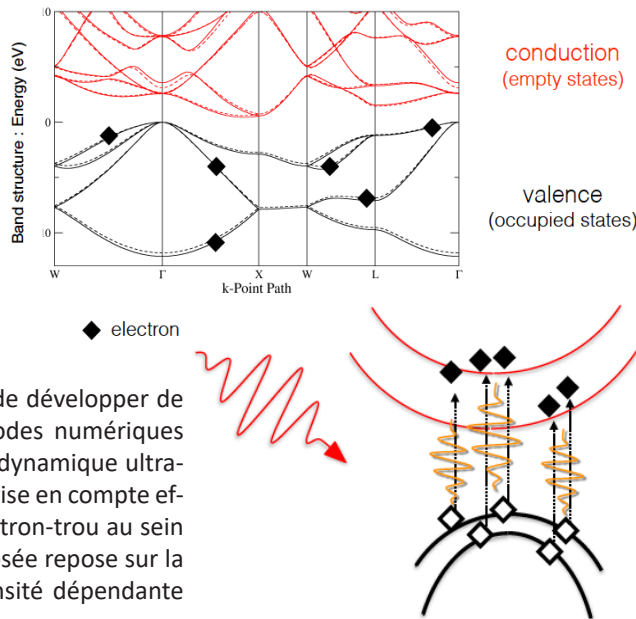
Processus ultra-rapides et effets excitoniques

Les avancées récentes dans le domaine des impulsions laser ultra-courtes permettent le développement de spectroscopies à l'échelle attoseconde et offrent la possibilité d'étudier la *dynamique électronique en temps réel*. Longtemps limitées à l'étude des atomes et des molécules, des résultats importants ont maintenant été obtenus dans le domaine de l'optique non linéaire dans les solides. Cependant, alors que les effets excitoniques y jouent un rôle fondamental, la compréhension théorique de la création et de l'évolution des excitons à l'intérieur du matériau massif reste très partielle. L'objectif du projet UFX, financé par le département de Physique de l'Ecole Polytechnique et le labex PALM, est de développer de nouveaux outils théoriques et les codes numériques associés pour la description de cette dynamique ultra-rapide. Le challenge repose sur une prise en compte efficace et précise des interactions électron-trou au sein du matériau massif. L'approche proposée repose sur la théorie de la fonctionnelle de la densité dépendante

du temps (TDDFT). Le succès de cette approche réside dans sa simplicité, car toutes les informations concernant les interactions électroniques sont contenues dans une seule quantité appelée potentiel d'échange-corrélation. Ce potentiel est une quantité

complexe, dépendant à la fois de la densité électronique dépendante du temps et de l'état initial du système et qui doit être approximée. Il existe de très bonnes approximations utilisées en optique linéaire et nous proposons de les développer et de les généraliser pour l'étude des processus ultra-rapides à haute intensité. Une fois ces développements théoriques réalisés, nous étudierons les effets excitoniques dans les semi-conducteurs, en étroite collaboration avec les expériences pompe-sonde menées dans les groupes situés sur le Plateau de Saclay (LIDYL et LOA).

Représentation schématique de la structure de bandes du matériau et de la création de paires électron-trou en interaction.



La vie des labos

Une campagne des thèses CFR réussie à IRAMIS

Les doctorant(e)s sont au cœur de la vie de nos laboratoires. Tandis que se mettait en place le processus de prolongation des thèses liées à la crise sanitaire du COVID-19, s'est achevée la campagne 2020 des thèses CFR du CEA, dont les modalités étaient, cette année, complètement renouvelées.

Trois programmes incitatifs Focus ont été déployés en 2020 : Simulation multiéchelles des batteries appliquée aux matériaux d'électrode, Fermeture du cycle du carbone, Assainissement et démantèlement. Dans le cadre de ces programmes Focus, des groupes de travail ont co-construit, puis labellisé, un ensemble de sujets de thèse sur ces thématiques fléchées, le plus souvent en collaboration avec les autres directions du CEA. Les chercheurs de l'IRAMIS se sont fortement mobilisés collectivement sur ces programmes, et ce ne sont pas moins de 10 thèses CFR qui sont financées dans ce cadre. Nous ne comptons là que les thèses dirigées par un(e) chercheur(euse) d'IRAMIS, auxquelles s'ajoutent les thèses en collaboration dont le directeur de thèse est issu d'une autre direction opérationnelle.

La campagne des CFR blancs a également été menée différemment des années précédentes. Les porteurs de sujets de thèse ont été auditionnés par 6 jurys thématiques communs à l'ensemble du CEA*. Pour IRAMIS, 6 thèses CFR sont financées sur le programme CFR blanc. Enfin s'ajoutent 3 thèses CFR cofinancées par le programme européen Numerics. Ce sont ainsi 19 thèses CFR qui ont été attribuées aux laboratoires de l'IRAMIS pour la rentrée 2020.

À ce jour, le nombre de contrats de thèse à IRAMIS pour la rentrée 2020, tous financements confondus (CFR, écoles doctorales, cofinancements avec les régions, financements de thèses sur contrats ...), est de 35, pour 36 doctorants (dont 11 CFR) devant soutenir cette année. La relève est assurée !

Nous vous souhaitons un bel été à toutes et tous, et nous vous donnons rendez-vous à la rentrée pour le numéro de septembre.

* Les 6 jurys thématiques : Transition énergétique, nouvelles technologies pour l'énergie – Transition énergétique, énergie nucléaire – Transition numérique – Technologies pour la médecine du futur – Recherche fondamentale et physique et en chimie – Recherche fondamentale en sciences du vivant.