



329 - Octobre 2023



BRÈVES DE L'IRAMIS



Double prix Nobel de physique 2023 à l'IRAMIS !

Le 3 Octobre 2023, le Prix Nobel de physique 2023 a été attribué à nos collègues Anne L'Huillier et Pierre Agostini, pour leurs travaux réalisés au CEA-Saclay dans notre Institut (Département DRECAM à l'époque), ainsi qu'à l'Autrichien Ferenc Krausz (Max Planck Institute of Quantum Optics, Allemagne).



L'expérience d'Anne L'Huillier, chercheuse au CEA Saclay de 1982 à 1995, puis Professeure à l'Université de Lund en Suède, a permis la première observation de la génération d'harmoniques d'ordre élevé d'une impulsion laser très intense focalisée dans un gaz. Elle a été réalisée en 1986 au SPAS du CEA Saclay (aujourd'hui le LIDYL).

Anne L'huillier en 1992 au SPAS (actuellement LIDYL) devant son spectromètre.



L'expérience réalisée en 2001 sur le laser du LOA par Pierre Agostini et son équipe du CEA-SPAM a permis la première mesure de durée d'impulsions laser attosecondes. Pierre a passé toute sa carrière scientifique au CEA Saclay, de 1967 à son départ en retraite en 2002, puis comme conseiller scientifique du CEA de 2002 à 2004.

Pierre Agostini en octobre 2023, devant le spectromètre d'électrons de son expérience historique de 2001. Ce spectromètre est toujours en service au sein de la plateforme ATTOLAB du LIDYL.



Recyclage des déchets électroniques

Jean-Christophe Gabriel : tél : 01.69.08/48.38, jean-christophe.gabriel@cea.fr

Les efforts de recherche à l'IRAMIS sur le recyclage des déchets électroniques sont aujourd'hui renforcés par l'attribution de plusieurs financements académiques et industriels. Tout d'abord le PEPR "Recyclabilité, recyclage et réincorporation des matériaux recyclés", finance les projets 2023 sur le recyclage des plastiques (PLASTICS), de métaux stratégiques (CYCLAMET) et des déchets électroniques (REVIWEEE).

De plus, l'attribution par l'agence de l'environnement de Singapour d'un financement de 12 M€ au laboratoire commun CEA-NTU SCARCE basé à Singapour, dont l'IRAMIS est partenaire, vient d'être annoncé. Ce financement SCARCE 2 va soutenir les efforts de montée en échelle des démonstrateurs issus de la phase 1 du projet (~10 kg/h de traitement sélectif des déchets) pour le recyclage de batteries au lithium, de panneaux photovoltaïques et de cartes de circuits imprimés. La forte implication des équipes du CEA (DRT & DRF) a notamment permis la réalisation : (i) du premier outil de tri avancé couplant le tri optique, le tri par spectroscopie de transmission des rayons X assisté par intelligence artificielle



Banc de tri permettant de séparer les composants électroniques des circuits imprimés sur la base de leurs compositions chimiques. Cette technologie permet pour la première fois la concentration et donc le recyclage économiquement viable de métaux critiques. La recherche d'un partenaire de commercialisation est en cours.

[1], (ii) et de la première plateforme micro/milli-fluidique de développement rapide de procédés d'hydrométallurgie (intégrant de la spectroscopie de fluorescence X en ligne) [2]. Les résultats obtenus dans le cadre de SCARCE ont été déterminants pour l'obtention des financements du PEPR et industriels, avec notamment des bourses CIFRE avec l'Eco-organisme ECOLOGIC France, mais aussi des contrats industriels avec la multinationale Continental.

[1] "Urban mining of unexploited spent critical metals from E-waste made possible using advanced sorting". N.M. Charpentier, A.A. Maurice, Dong Xia, Wen-Jie Li, Chang-Sian Chua, A. Brambilla, J-C. P. Gabriel, Resources, Conservation & Recycling 196, 107033 (September 2023). <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2023.107033>.

[2] "On-line quantification of solid-phase metal extraction efficiencies using instrumented millifluidics platform". F. L. Olivier, S. M. Chevrier, B. Keller, and J-C. P. Gabriel, Chemical Engineering Journal 454(3) (2023) 140306. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2022.140306>.



Quentin Faure est titulaire du Magistère de Physique fondamentale d'Orsay avec spécialité Matière Condensée au travers du parcours ICFP de l'école Normale Supérieure de Paris. Il a réalisé sa thèse à l'Université Grenoble Alpes. Suite à un premier post-doc à l'University College London, puis sur la ligne ID20 à l'ESRF, il a été recruté en tant que chercheur permanent en Décembre 2022 dans l'équipe NFMQ du LLB. Il s'intéresse notamment au magnétisme quantique : liquides de spins, frustration géométrique, composés à fort couplage spin-orbite et basses dimensionnalités.

Quentin Faure : tél : 01.69.08/52.41, quentin.faure@cea.fr

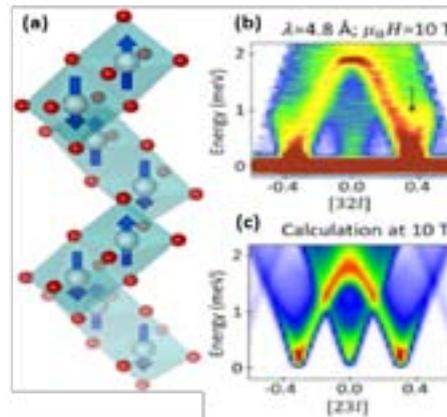
Transitions de phases quantiques et dynamique de spins dans la chaîne d'Ising antiferromagnétique $\text{BaCo}_2\text{V}_2\text{O}_8$ sous champ longitudinal

Ces dernières années, un intérêt constant a été porté sur les systèmes de basses dimensions, en particulier les systèmes magnétiques (quasi-unidimensionnels - 1D), où les ions magnétiques interagissent préférentiellement selon une direction de l'espace. Cet intérêt est justifié par le fait qu'une physique très riche émerge des effets quantiques renforcés par la basse dimensionnalité et des petites valeurs de spins. De plus, ces systèmes peuvent être décrits par des modèles qui ont la particularité d'être exactement solubles analytiquement.

Parmi toutes les manifestations quantiques de la matière, les transitions de phases quantiques, correspondant à un changement abrupt de l'état fondamental d'un système à température nulle, sont particulièrement exacerbés dans les systèmes magnétiques 1D. Elles sont liées aux fluctuations quantiques, induites par l'application d'un paramètre extérieur comme un champ magnétique ou une pression. Au travers de la diffusion inélastique des neutrons et de simulations numériques, nous avons étudié la chaîne antiferromagnétique anisotrope de type Ising $\text{BaCo}_2\text{V}_2\text{O}_8$ sous champ magnétique longitudinal, i.e. appliqué le long de l'axe d'anisotropie de type Ising, qui est également la direction de la chaîne. En sondant l'évolution des excitations magnétiques sous champ, on observe que le champ magnétique

ferme le gap en énergie, induisant une transition de l'état ordonné antiferromagnétique, à une onde de densité de spin longitudinale incommensurable, pouvant être décrite par la théorie des liquides de Tomonaga-Luttinger pour un système d'électrons en interaction à une dimension.

Si l'on augmente encore le champ, une autre transition vers une phase antiferromagnétique transverse a lieu à 9 T, en raison de la compétition entre les corrélations longitudinales et transverses. En combinant expériences et modèles numériques, il est montré qu'un modèle de chaînes XXZ reliées par une faible interaction interchaîne reproduit bien ces transitions de phases quantiques successives.



S. Takayoshi et al., Phys. Rev. Research **5** (2023) 023205. <https://doi.org/10.1103/PhysRevResearch.5.023205>.

(a) Chaîne de spins $\text{BaCo}_2\text{V}_2\text{O}_8$. L'état fondamental à champ nul correspond à une phase antiferromagnétique "longitudinale", avec les moments alignés le long de la chaîne et alternativement dans le sens "haut" et "bas". (b) Spectre montrant la dispersion des excitations magnétiques le long de l'axe des chaînes, obtenu par diffusion inélastique des neutrons à $T = 50$ mK, sous un champ magnétique de 10 T. (c) Calcul numérique par iTEBD (Infinite Time Evolve Block Decimation) reproduisant les données expérimentales par un modèle de chaînes XXZ (constantes de couplage $J_x = J_y \neq J_z$) faiblement couplées sous champ longitudinal.

Brèves de l'Institut



Prix Aniuta Winter-Klein 2023

Le prix Aniuta Winter-Klein 2023, prix thématique de l'Académie des Sciences, a été décerné à François Ladieu du groupe SPHYNX du SPEC. Ce prix triennal est attribué à un chercheur dont "les travaux contribuent à la connaissance des sciences physiques et de leurs applications". Toutes nos félicitations à François pour ce prix récompensant "l'ensemble de ses travaux autour de la transition vitreuse". Ce Prix lui a été remis le Mardi 17 Octobre, lors de la séance solennelle annuelle de remise des Prix de l'Académie des sciences.



Nouvelle Directrice de la DRF

À compter du Lundi 6 novembre, Anne-Isabelle Etievre, conseillère recherche de la Ministre chargée de la recherche depuis 2022, est nommée Directrice de la Recherche Fondamentale (DRF) au CEA, et succède à Elsa Cortijo. Anne-Isabelle Etievre a rejoint le CEA en 2003 au sein du Service de Physique des Particules (aujourd'hui DPhP), dont elle a pris la direction en 2014. Nommée en 2016 Directrice de l'Institut de recherche sur les lois fondamentales de l'Univers (Irfu), elle a occupé ce poste pendant six ans.