

GDR MEETICC

Matériaux, Etats ElecTRoniques, Interactions et Couplages non-Conventionnels

<https://gdr-meeticc.cnrs.fr/>

Coordinateur : **Yvan SIDIS**

Université Paris-Saclay, CNRS-CEA, Laboratoire Léon Brillouin, 91191, Gif-sur-Yvette, France

Coordinateur adjoint: **Etienne JANOD**

Institut des Matériaux Jean Rouxel de Nantes, 2 Chem. de la Houssinière, 44300 Nantes, France

Contact : gdr.meeticc@universite-paris-saclay.fr

OBJET: Expression d'intérêt du GDR MEETICC au projet de future source de neutrons compacte en France

3 octobre 2022

Le GDR Matériaux, Etats ElecTRoniques, Interactions et Couplages non Conventionnels (MEETICC) rassemble une communauté de chercheurs expérimentateurs et théoriciens, chimistes et physiciens, s'intéressant aux propriétés des matériaux quantiques. Ces propriétés émergentes font l'objet d'intenses investigations à l'échelle internationale. Une fois bien comprises et contrôlées, elles pourraient apporter des ruptures dans le domaine de l'énergie, du stockage de l'information, voire de l'intelligence artificielle. Le GDR a pour vocation de fédérer les efforts de la communauté française, notamment sur des sujets aux frontières de la connaissance en allant de la matière quantique aux matériaux fonctionnels. Le GDR rassemble 490 chercheurs de 111 équipes et 42 laboratoires français (environ 1/3 de chimistes et 2/3 de physiciens).

Dans le cadre de leurs projets de recherche, les membres du GDR s'appuient fortement sur les grandes Infrastructures de Recherche (IR*) nationales et internationales, présentes en France notamment. C'est le cas des sources de RX synchrotron (SOLEIL-Saclay et ESRF-Grenoble), de la source de neutrons (ILL-Grenoble) et des sources de champs magnétiques intenses (champs statiques à Grenoble et champs pulsés à Toulouse). La communauté du GDR a massivement recours aux informations uniques apportées par les IR* afin d'étudier et de comprendre les propriétés électroniques, magnétiques et structurales des matériaux quantiques et leur évolution sous l'effet de champs extérieurs, d'impulsions laser ultra-rapides ou en conditions extrêmes (température, pression, ...). Toutes ces techniques de pointe rendues disponibles par les IR* sont vitales pour la communauté de notre GDR et sont au cœur d'une féroce compétition internationale. Inversement, les personnels de ces grands instruments sont très souvent membres du GDR et bénéficient des activités scientifiques qu'il porte notamment par le biais de la grande visibilité des expériences conçues et réalisées au sein des IR* auprès de notre communauté.

Actuellement, les membres de GDR s'inquiètent de la réduction drastique de l'accès aux sources de neutrons, suite à l'arrêt en 2019 de la source nationale de neutrons, le réacteur Orphée à Saclay (14 MW, 20 instruments, à 100% français) et de l'arrêt prévu au début de la prochaine décennie de la source européenne de neutrons, le réacteur à haut flux HFR de l'ILL à Grenoble (58 MW, 40 instruments, à 34% français). Parallèlement, la nouvelle source à spallation européenne ESS, à Lund en Suède, doit entrer en fonctionnement en 2027. L'ILL devrait être maintenu en fonctionnement pendant les quelques années de montée en puissance de l'ESS et la mise en service de ses 15 premiers instruments¹. Mais à l'arrêt de l'ILL, l'ESS ne sera pas, seule, en capacité de satisfaire la demande des utilisateurs, d'autant plus que le temps alloué aux équipes françaises sera au prorata de la participation

¹ Ce nombre devrait être progressivement porté à 22 instruments.

de la France au fonctionnement de l'ESS (~15 %). Le déficit de temps de faisceau, déjà pénalisant pour la communauté française après l'arrêt d'Orphée, va se détériorer brutalement avec la fermeture annoncée de l'ILL au cours de la prochaine décennie. Le nombre d'instruments-jours disponibles sera alors divisé par 10 par rapport à avant l'arrêt d'Orphée.

Les programmes de recherches du GDR MEETICC sur les nouveaux états de la matière, la recherche de nouvelles (multi-)fonctionnalités porteuses de technologies de rupture et l'émergence de nouveaux matériaux ont un besoin criant de neutrons. Cela va de la caractérisation des matériaux jusqu'à la recherche de nouvelles quasi-particules qui émergent en matière condensée (les monopoles magnétiques, les fermions de Majorana, etc). La diffusion de neutrons est une technique unique qui ne peut se faire que dans de grandes infrastructures de recherche et nulle part ailleurs. Les résultats obtenus en diffusion des neutrons alimentent les échanges scientifiques entre théoriciens et expérimentateurs, physiciens et chimistes. La France disposait d'une grande expertise scientifique et technique dans ce domaine, ainsi que de moyens inégalés dans le domaine, ce qui lui conférait un rôle de leader en Europe. La situation actuelle, marquée par une pénurie de neutrons et une compétition internationale accrue pour accéder à des faisceaux de neutrons, est préjudiciable à nombre de programmes de recherche et pénalisera la compétitivité et l'indépendance scientifique des équipes françaises, au nombre desquelles celles du GDR MEETICC. Or, Cette situation ne va aller qu'en empirant à l'horizon 2030, si des mesures ne sont pas prises dès à présent.

Si l'ILL, actuelle source européenne de neutrons, a connu le succès et le rayonnement international qu'on lui connaît, cela n'est pas uniquement le fruit de son réacteur à haut flux, mais également du fait qu'il était le vaisseau amiral d'une flotte de sources nationales dont s'étaient dotés plusieurs pays. A l'horizon 2030, seule l'Allemagne, l'Angleterre et la Suisse, auront conservé une source nationale de neutrons. Par ailleurs, le paysage de la neutronique européenne est en pleine mutation technologique avec un abandon des réacteurs (fission nucléaire) au profit des sources de neutrons utilisant des accélérateurs de particules. Deux technologies ont vu le jour: (i) la spallation permettant de réaliser des sources de neutrons de très haut flux comme à l'ESS avec des accélérateurs de protons à très haute énergie (GeV), (ii) le stripping, à la base des sources compactes de neutrons à haute brillance ou HiCANS qui utilisent des accélérateurs de protons à basse énergie (MeV) et à fort courant crête. Actuellement, la France dispose des savoir-faire scientifique et technique pour réaliser un HiCANS, avec des performances comparables, voire supérieures, à celles de sources de neutrons nationales en fonctionnement en Europe: ISIS en Angleterre, SINQ en Suisse, MLZ-FRM II en Allemagne.

Les HiCANS présentent de nombreux avantages. Il est possible de s'appuyer sur un très grand investissement en R&D réalisé ces dernières années dans les accélérateurs et l'instrumentation neutronique (pour SPIRAL2, LINAC4, IFMIF, MYRRHA, ESS, ...). Le développement de sources de neutrons à haute brillance utilisant des accélérateurs à basse énergie permet de potentiellement réduire les coûts de production² des neutrons pour les expériences de diffusion neutronique. Par ailleurs, ces sources n'entrent pas dans la catégorie Installation Nucléaire de Base (INB) ce qui en simplifie considérablement la gestion. Leur construction peut être incrémentale avec une augmentation progressive de l'énergie des faisceaux de protons, ou modulaire en démultipliant le nombre de stations cibles avec leur grappes d'instruments dédiés.

Le GDR MEETICC considère qu'il est impératif de restaurer rapidement les capacités de l'outil de diffusion neutronique, afin qu'il puisse jouer pleinement le rôle qui lui est dévolue pour relever les défis sociétaux auxquels nous devons faire face. Les moyens dédiés à cette technique expérimentale doivent évoluer pour satisfaire (au mieux et au meilleur coût) les besoins de la communauté

² *Suivant le design de l'installation, les coûts d'investissement varient entre ~60 M€ (design SONATE, CEA-France) et ~300 M€ (design HBS, JNCS, Allemagne) échelonnés sur 10 ans. Les coûts de fonctionnement devraient être ~9 M€/an. A titre de comparaison, les coûts d'investissement et de fonctionnement pour l'ESS sont de ~3 Mds € (dont 240 M€ pour la France) et ~240 M€ /an (dont 15% à la charge des Français).*

scientifique. A cet égard, le GDR salue les avancées technologiques portées par les équipes françaises dans le domaine des HiCANS. Actuellement, le concept de HiCANS et les technologies dédiées semblent avoir atteint à un degré de maturité permettant d'envisager la réalisation d'une source nationale de neutrons à l'horizon 2030. Contrairement, aux sources nationales anglaise, allemande et suisse, actuellement en fonctionnement, cette source nationale serait élaborée sur un concept novateur, porteur de rupture technologique. Complémentaire à l'ESS, elle permettra de restaurer la compétitivité et la réactivité des équipes françaises et contribuera à impulser une nouvelle dynamique, tout en intégrant les aspects environnementaux et les enjeux énergétiques. Elle permettra de disposer à nouveau de temps et de moyens suffisants pour former de futurs chercheurs (Masters, thésards, post docs) et servira d'incubateur visant à faire éclore de nouveaux projets scientifiques.

En conclusion, le GDR MEETICC réaffirme l'intérêt pour sa communauté de la diffusion des neutrons. Le GDR souligne l'attachement de la communauté française à la présence depuis 1971 de l'ILL à Grenoble, source européenne de neutrons et leader mondial du domaine. Toutefois, si durant la prochaine décennie, l'ILL doit s'arrêter et céder sa place à l'ESS, source de neutrons de troisième génération, il est indispensable de pouvoir, dès à présent, anticiper et accompagner les changements que cela implique. A ce titre, le GDR MEETICC apporte son soutien au projet d'une source nationale de neutrons basée sur la technologie alternative des HiCANS.



Yvan Sidis

Directeur
MEETIC
GDR 3732