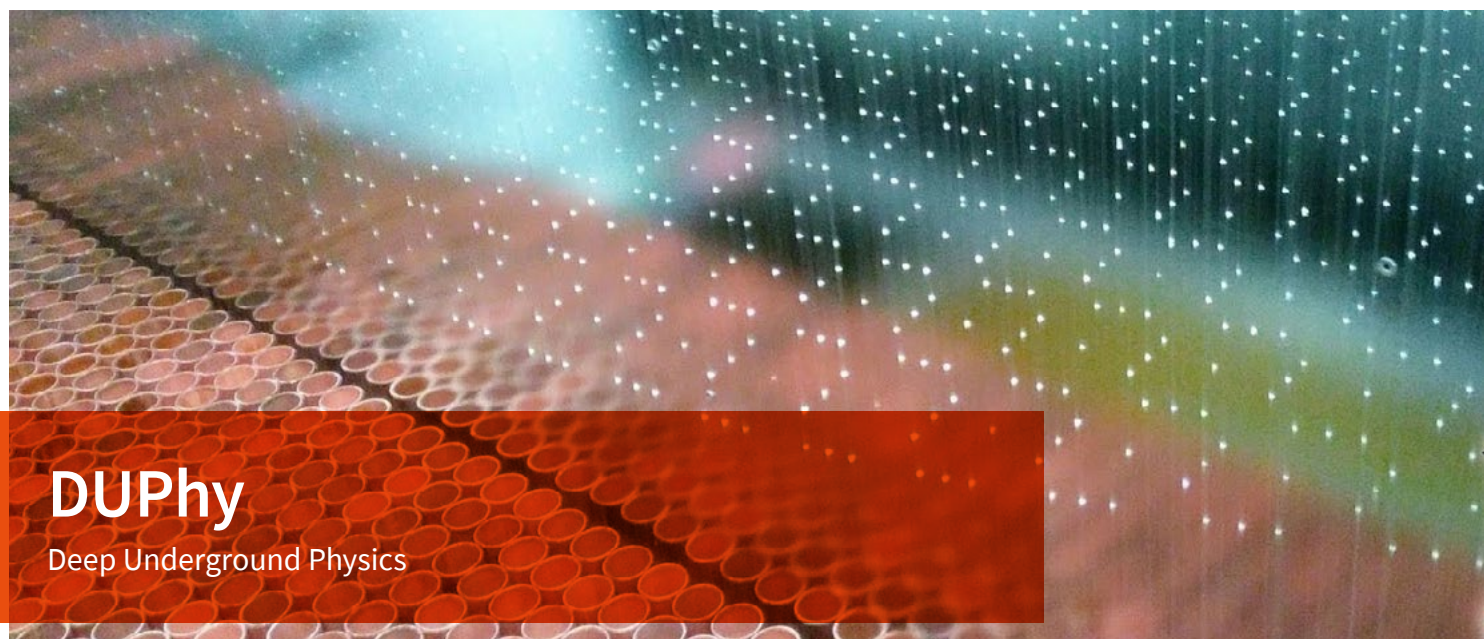


Groupements de recherche



DUPhy

Deep Underground Physics

© SuperNEMO Collaboration

- **Directrice** : Corinne Augier
- **Instituts du CNRS impliqués** : IN2P3, INP
- **Laboratoires impliqués** : APC, CPPM, IJCLab, IPHC, IP2I, LAPP, LLR, LP2I, LPC, LPCC, LPNHE, LPSC et plateforme nationale LSM, SUBATECH, LAPTh
- **Date de création** : 1^{er} janvier 2021 (approuvé le 5/11/20)
- **Site web** : <http://gdrduphy.in2p3.fr>

MISSION PRINCIPALE DU GDR

Le GDR DUPhy a pour objectif de fédérer la communauté autour des expériences souterraines dans le domaine de la recherche en « physique des événements rares dans un environnement à très faible radioactivité », par la mise en commun de nos expertises théoriques et expérimentales, le développement de nouvelles synergies et collaborations entre équipes de recherche, en lien avec les IRN Terascale et Neutrino, et les GDR Resanet et Ondes gravitationnelles. Ses missions sont de faciliter l'accès de nouveaux acteurs aux plateformes souterraines, de donner de la visibilité à la communauté française de physique souterraine, de favoriser l'émergence de projets communs, et de réfléchir aux besoins futurs.

PRINCIPALES PLATEFORMES CONCERNÉES

Laboratoire Souterrain de Modane (LSM)

Physique au-dela du modele standard (BSM)	
Radiopureté	Laboratoire souterrain
Détection d'événements rares	
Astroparticules	Sciences souterraines

150
scientifiques
impliqués

1
organisme externe impliqué :
CEA

2
instituts
du CNRS :
IN2P3, INP

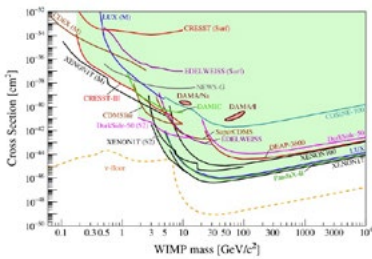
14
laboratoires IN2P3 : APC, CPPM, IJCLab,
IPHC, IP2I, LAPP, LLR, LP2I, LPC, LPCC,
LPNHE, LPSC et LSM, SUBATECH, LAPTh

LES ACTIONS DU GDR

- Premier meeting du GDR DUPhy fin mai 2021.
- Sessions dédiées pour présentations dans le cadre des 5 axes (plénières ou par axe), meetings communs avec les IRN Neutrino (décembre 2021) et Terascale (octobre 2022).
- Tables rondes sur les techniques basse radioactivité, les techniques de simulation et d'analyse et les laboratoires souterrains. Organisation d'une école dédiée sur les techniques de radiopureté (en lien avec la conférence LRT).
- Un élément essentiel est l'attention portée aux jeunes chercheurs, doctorants et post-doctorants, qui pourront présenter leurs travaux à une communauté aux intérêts diversifiés, dans un cadre informel et non compétitif.
- Discussion avec les autres thématiques menant des recherches hébergées en DUL et ayant une expertise utile pour des problématiques communes, comme les sciences de l'environnement et la biologie.

PHYSIQUE DES ÉVÉNEMENTS RARES

Animer la communication entre théoriciens et expérimentateurs des domaines scientifiques concernés, et entre les différents axes. Les discussions et présentations offrent le matériel pour établir de nouvelles directions prometteuses pour l'avenir de la physique des événements rares (axe 5), comme pour les efforts expérimentaux et technologiques (axes 2, 3 et 4). L'accent est mis sur les activités françaises pour identifier le statut théorique et expérimental dans ces domaines, avec un regard sur la communauté internationale grâce aux invitations d'experts internationaux et les journées d'échanges avec les communautés plus thématiques (IRN Neutrinos, Dark Universe pour l'IRN Terascale). Ces échanges multi-thématiques doivent ainsi permettre de définir une stratégie, à la fois scientifique et technologique, pour les projets de future génération en laboratoire souterrain visant à étudier principalement les propriétés des neutrinos et à identifier la nature de la matière noire de l'Univers.



Limites actuelles sur la section efficace d'interaction indépendante de spin de la matière noire avec les noyaux des détecteurs des différentes expériences de détection directe de matière noire opérant en site souterrain (sauf celles avec label Surf, pour surface), en fonction de la masse de la particule de matière noire. © J. Billard et al., APPEC Committee report, arXiv:2104.07634.

LES TECHNIQUES BASSE-RADIOACTIVITÉ

L'installation en laboratoire souterrain profond et l'atténuation, voire la suppression, de la radioactivité des matériaux des détecteurs, garantit l'environnement bas bruit de fond nécessaire à l'étude des phénomènes extrêmement rares et de faible énergie. L'ultra pureté en termes de radioactivité est donc la clé de nos expériences : à ce titre le groupe de travail 2 a un rôle essentiel dans ce GDR, au-delà des aspects scientifiques, et des connexions importantes avec les autres axes. Un des objectifs de l'axe 2 est de développer une synergie avec les autres disciplines, en science souterraine comme sur l'ensemble des techniques de mesure de la radioactivité (HPGe, NAA, ICPSM et LA-ICPSM), et de contrôle du radon, afin d'assurer cet environnement ultra bas bruit de fond. Le groupe de travail fait également le lien sur les mesures de l'ensemble de la communauté événements rares, par l'intermédiaire du site radiopurity.org, accessible depuis celui du GDR.

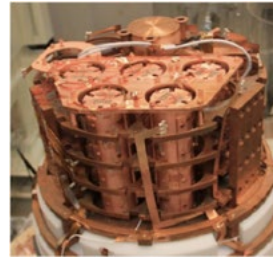


Vue de l'intérieur d'un spectromètre gamma avec son cristal de Germanium après découpe du capot en aluminium. © Photothèque IN2P3/CNRS

LA DÉTECTION DES ÉVÉNEMENTS RARES

Les techniques expérimentales utilisées pour la détection d'événements rares, dans le cadre d'expériences à faible bruit de fond, non seulement pour la détection directe de matière noire et la physique double bêta, avec des expériences installées en site profond, mais également pour d'autres études, comme celles avec les neutrinos solaires ou sur la diffusion élastique cohérente neutrino-noyau. Toutes ces expériences nécessitent une grande radiopureté de l'environnement, du détecteur et des blindages (axe 2), le choix du laboratoire souterrain le mieux adapté au contexte scientifique (axes 1 et 5), et des techniques d'étalonnage et d'analyse dédiées (axe 4). Le but de l'axe 3 est de partager l'ex-

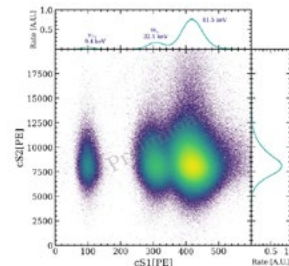
pertise instrumentale de la communauté, en couvrant l'ensemble des techniques de détection liquides nobles, CCD, bolomètres, détecteurs gazeux...), et d'aider à la conception des expériences futures.



Les cinq tours de bolomètres en Li2100MoO4 de l'expérience de double désintégration bêta CUPID-Mo, installée au LSM dans le cryostat d'EDELWEISS-III. Figure extraite de <https://arxiv.org/pdf/2202.08716.pdf>.

SIMULATIONS ET ANALYSES

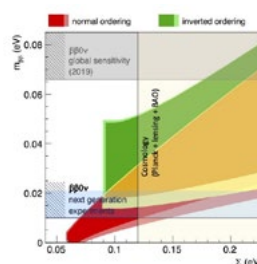
L'un des enjeux de la physique des événements rares est l'extraction et l'identification des signaux d'intérêt qui sont généralement noyés dans un bruit de fond important. Cette étape nécessite des techniques d'analyse spécifiques et évoluées. Il est également primordial de disposer d'outils de simulation pour prédire les bruits de fond résiduels après sélection et valider les prédictions sur les données. Enfin, l'exploitation des observations et leur traduction en termes de découverte ou de limite requièrent des méthodes statistiques bien établies et robustes. Ce groupe de travail vise à établir une revue des techniques pour la simulation comme pour l'analyse des données, à les comparer, à promouvoir l'échange de connaissances et à identifier les synergies entre les expériences.



Reconstruction des événements de basse énergie (< 60 keV) grâce à un étalonnage en énergie avec du 83mKr de très faible période radioactive, à partir des deux signaux S1 et S2 mesurés dans la TPC double phase XENON-nT. Extrait de la présentation d'Erwann Masson, kick-off meeting du GDR DUPhy (https://indico.in2p3.fr/event/23971/contributions/95743/attachments/64542/89584/20210602_XENONnTStatus_ErwannMasson.pdf)

LES FUTURES EXPÉRIENCES

Les expériences en site souterrain pour la recherche d'événements rares sont par nature confrontées au défi expérimental. Au sein de ce groupe de travail, nous proposons une veille scientifique et technologique des détecteurs et des infrastructures en cours de développement, afin de comparer l'évolution des expériences et de mettre en évidence la complémentarité des approches suivies grâce à la grande diversité des détecteurs proposés. Les échanges avec les théoriciens doivent aller au-delà de la physique souterraine, autour de la recherche de physique au-delà du Modèle Standard (BSM), et si la possibilité en est offerte, plus largement vers les sciences souterraines. Ils ont par ailleurs pour objectif de comprendre quelles théories BSM, ou quelle partie de leur espace de paramètres respectif, est couverte par les expériences souterraines actuelles, et quels progrès expérimentaux, incluant ceux des laboratoires souterrains, seront nécessaires pour accéder à une nouvelle physique prometteuse, mais non encore découverte.



Intervalle autorisés pour la masse effective de Majorana obtenue par les recherches de double désintégration bêta sans émission de neutrinos (ββ0ν), en fonction de la somme des masses de neutrinos, suivant l'ordre normal ou inverse des masses des neutrinos. © Figure adaptée de F. Simkovic et al 2017, J. Phys.: Conf. Ser. 888 012252)