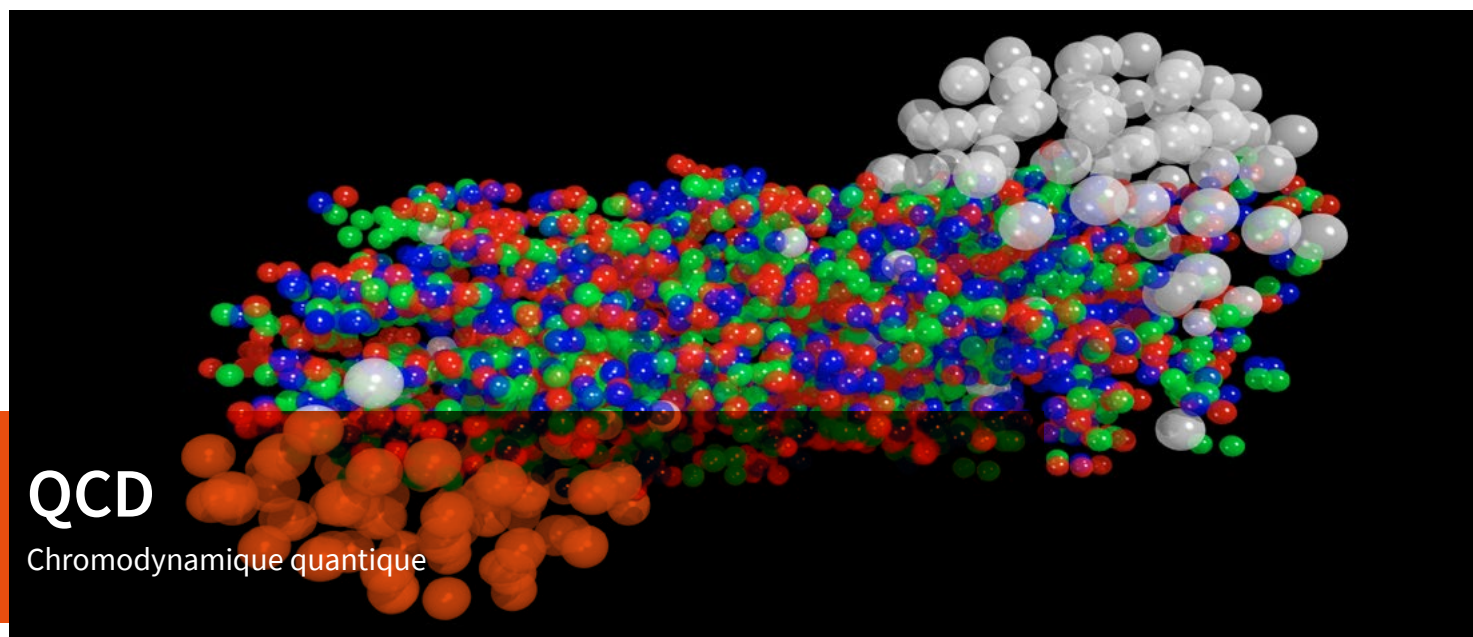


Groupements de recherche



QCD

Chromodynamique quantique

Plasma de quarks et gluons. © CERN

- **Directeur** : Carlos Muñoz Camacho
- **Directeurs adjoints** : Cyrille Marquet (INP), Michael Winn (CEA)
- **Instituts du CNRS impliqués** : IN2P3, INP
- **Laboratoires impliqués** : APC, CPHT, CPT, IJCLab, IDP, IPh, IPHC, IP2I, LAPTh, LLR, LPC, LPNHE, LPSC, LPTHE, L2C, Subatech
CEA : IRFU
- **Date de création** : 2016, renouvellement 2021
- **Site web** : <https://gdrqcd.in2p3.fr>

MISSION PRINCIPALE DU GDR

La mission du groupement de recherche Chromodynamique quantique (QCD) est de rassembler la communauté française dédiée à l'étude de l'interaction forte. Le GDR regroupe théoriciens et expérimentateurs autour d'une grande variété thématique, qu'il s'agisse des gammes d'énergies mises en jeu, du nombre de degrés de liberté excités, des outils expérimentaux ou encore des concepts théoriques sous-jacents. Le GDR a également pour ambition de jouer un rôle moteur dans les réflexions concernant la prochaine génération de collisionneurs, pour lesquels l'étude de l'interaction forte sera l'un des sujets majeurs.

130
scientifiques
impliqués

9
laboratoires IN2P3 : APC, IJCLab,
IPHC, IP2I, LLR, LPC, LPNHE, LPSC,
Subatech

2
instituts du CNRS :
IN2P3, INP

1
organisme externe impliqué :
CEA

Plasma de quarks et gluons			QCD perturbative
TMD	(n)PDFs	FFs	QCD non-linéaire
Collisionneur Électron-Ion			QCD sur réseau
Grand collisionneur de hadrons			GPDs

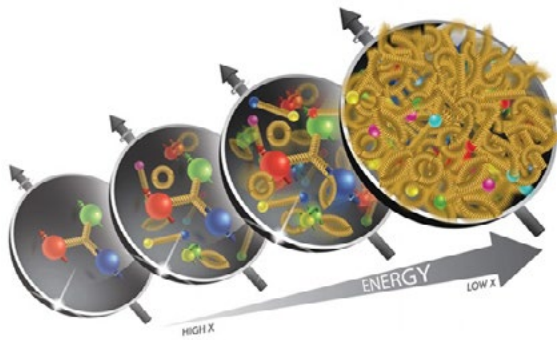
LES ACTIONS DU GDR

Une réunion de l'ensemble des participants du GDR est organisée annuellement et permet à chaque groupe de travail de présenter ses travaux. Elle est également l'occasion de développer des échanges entre participants ayant des intérêts scientifiques a priori éloignés, mais pouvant profiter d'outils ou de concepts communs.

Une action annuelle de formation de haut niveau, sous la forme d'une école internationale de deux semaines, est organisée. La thématique change chaque année pour que tous les aspects autour desquels le GDR est construit soient traités.

INTERACTIONS SIMPLES ET MULTIPLES ENTRE PARTONS

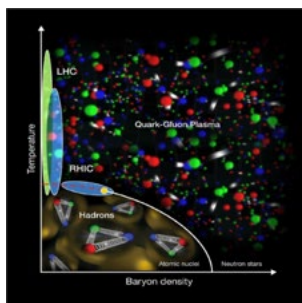
Ce groupe de travail couvre l'ensemble des études relatives aux distributions de partons et fonctions de distributions nucléaires (nPDF) tant d'un point de vue expérimental que théorique. La quantification des contributions du moment angulaire orbital des quarks et des gluons à la distribution en spin des nucléons, l'origine de la masse des nucléons et de la pression en leur sein en terme de partons constituent des thèmes majeurs tout comme la compréhension des mécanismes d'interactions multiples entre partons qui ont un impact, à très haute énergie, sur les sections efficaces et les distributions angulaires obtenues expérimentalement au LHC. Ce groupe de travail inclut également les travaux s'inscrivant dans le cadre du futur collisionneur électrons-ions dont l'objectif est l'étude de la contribution des gluons aux propriétés des hadrons.



Développement de la structure interne des quarks et des gluons du proton en passant de l'état «high X» à l'état «low X». Diminuer X correspond à augmenter l'énergie du centre de masse («A proposal for silicon detectors with high position and timing resolution as roman pots at EIC», EIC Detector R&D Proposal [2019])

EFFETS COLLECTIFS DANS LES NUCLÉONS ET NOYAUX, DIAGRAMME DE PHASE DE QCD

Ce groupe aborde la dynamique collective de l'interaction forte dans les conditions extrêmes de densité, en énergie et/ou en matière baryonique. Il concerne les conditions hors norme rencontrées dans l'Univers primordial en cosmologie, dans des objets astrophysiques ou auprès des accélérateurs hadroniques. En un mot, le travail se rapporte à l'exploration, expérimentale et théorique, au sein de la communauté française, du diagramme des phases de la matière nucléaire dans chacune de ses grandes régions (plasma de quarks et de gluons (QGP), gaz hadronique, matière nucléaire ultra-relativiste, matière nucléaire ordinaire...) mais aussi à la transition entre ces régions.

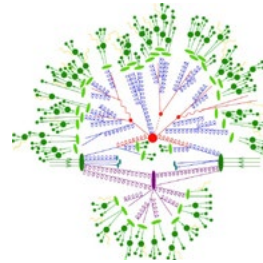


À des températures et des densités très élevées, il y a un plasma quark-gluon libre, non lié. À des températures et des densités plus faibles, il y a des hadrons beaucoup plus stables : des protons et des neutrons. © BNL/RHIC

QCD À COURTE DISTANCE : EXPÉRIENCES, THÉORIE ET OUTILS

Jusqu'à présent centré sur les jets et les quarkonia, ce groupe de travail a pour objectif d'élargir les activités du GDR sur la QCD à courte distance et sa phénoménologie aux collisionneurs

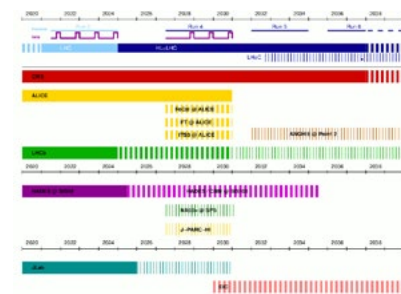
de protons et d'ions lourds. Ses activités incluront les aspects spécifiques aux techniques de calculs et aux outils utilisés en QCD perturbative sans restriction sur les observables étudiées. Ceci comprend les calculs des corrections radiatives à ordre fixe ou à tout ordre par resommation, l'automatisation de ces calculs, les techniques pour les interfacer aux générateurs d'événements ainsi que la définition de nouvelles observables. Le WG aura aussi pour but d'offrir de nouvelles opportunités de collaboration entre les théoriciens travaillant sur la QCD perturbative et les expérimentateurs du LHC et EIC.



Événement de collision générée avec Sherpa. © Salman Habib, Robert Roser, et al, ASCR/HEP Exascale Requirements Review Report, ResearchGate [2016]

PROSPECTIVES SUR LES OBSERVABLES DE L'INTERACTION FORTE

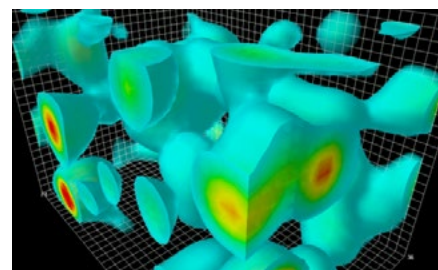
Ce groupe se charge de stimuler les efforts nécessaires pour pérenniser l'implication de notre communauté dans les expériences futures (EIC, FAIR, Cibles fixes, LHeC, HL-LHC, HE-LHC, FCC...) et l'élaboration de leur programme de physique.



Calendrier de la phase d'exploitation scientifique des principaux projets expérimentaux.

QCD À BASSE ÉNERGIE, MÉTHODES NON PERTURBATIVES

Les phénomènes liés au confinement des quarks et gluons dans les hadrons et à la brisure spontanée de la symétrie chirale ne sont pas étudiés de façon fiable par la théorie des perturbations. Un outil très puissant dans ce contexte est la QCD sur réseau, les quantités hadroniques sont calculées à l'aide de simulations Monte-Carlo. Les méthodes analytiques se révèlent également précieuses, comme le recours aux théories effectives, divers modèles de potentiel, la résolution des équations de Schwinger-Dyson ou les contraintes d'unitarité de la théorie pour établir des relations de dispersion. Par ailleurs, des expériences sont en cours pour mesurer des quantités sensibles aux effets de Nouvelle Physique, comme le moment dipolaire électrique du neutron ou le moment magnétique anormal du muon.



Structure quadri-dimensionnelle typique des configurations de champs de gluons utilisée pour décrire les propriétés du vide de la QCD. © Department of Physics, University of Adelaide, 5005 Australia, 2003, 2004.