

La physique des particules en France

La France, membre fondateur du CERN, hérite d'une longue tradition en physique des particules depuis Marie et Pierre Curie et Henri Becquerel. Les physiciens et ingénieurs français ont apporté des contributions majeures aux expériences de physique des particules, dont celles du LHC.

La France a ainsi acquis une expertise de pointe (accélération et détection des particules, traitement et analyse des données informatiques de masse) qu'elle met au service de la société à travers de nombreuses applications. L'apport de la R&D en physique subatomique est significatif dans le domaine du médical (diagnostic et traitement des cancers), de l'énergie et de l'environnement.

Vingt-sept unités de recherche du CNRS/IN2P3, des Universités, des Grandes Écoles et de l'IRFU/CEA sont impliquées dans la physique des particules en France, tant dans le domaine expérimental que théorique.

Physique des particules au LHC

- Boson de Higgs et nouvelle physique, asymétrie matière-anti-matière
- Expériences Atlas, CMS et LHCb

Physique hadronique au LHC

- Matière primordiale
- Expérience Alice

Physique du neutrino

- Propriétés des neutrinos
- OPERA, NEMO, Double-Chooz, T2K, Nucifer

Futurs projets

- R&D détecteurs (améliorations des expériences LHC, projets d'accélérateur ILC et CLIC, projets neutrinos)
- R&D accélérateur (ILC, CLIC, interaction laser-plasma, accélérateurs à fort courant, ThomX, supraconducteurs à haute température critique, nouvelle cavité Nb3Sn)



Coupleurs de puissance à Orsay et trains de cavités supraconductrices à Saclay pour l'accélérateur du futur centre de recherche XFEL à Hambourg. Le CNRS et le CEA y jouent un rôle de premier plan.
Image : DESY/ILC, photographe : Heiner Müller-Elsner.

Santé et science de la vie

La France est en pointe à l'interface physique /sciences de la vie et de la santé grâce à la R&D instrumentale en physique subatomique. Les physiciens se sont alliés aux médecins, biologistes et chimistes dans la lutte contre les maladies, notamment le cancer.

- radiothérapie et hadronthérapie : implication dans les projets de centres de protonthérapie existants à Nice et Orsay et futurs centres ETOILE à Lyon, ARCHADE à Caen,
- imagerie médicale : imagerie diagnostique, imagerie préclinique (plateformes AMISSA à Strasbourg et PIXSCAN à Marseille) et imagerie pour renforcer la qualité du traitement grâce à l'expertise française acquise pour les aimants des expériences du LHC (futur aimant d'IRM le plus puissant du monde - 11,7 teslas - au laboratoire NEUROSPIN)
- production par accélérateur d'atomes radioactifs à usage médical (ARRONAX à Nantes, CYRCE à Strasbourg),
- radiobiologie : étude de l'effet des radiations sur l'ADN (GANIL à Caen, AIFIRA à Bordeaux, PAVIRMA à Clermont-Ferrand, RADIOGRAAF à Lyon),
- simulation à grande échelle de l'interaction des radiations avec le tissu vivant et l'ADN grâce à de puissants logiciels dédiés à la physique des particules tels que GEANT4,
- archivage, gestion et analyse de volumes de données considérables, notamment en génomique, bio-informatique et informatique médicale dans de nombreux laboratoires de recherche et centres hospitaliers français grâce à la technologie de grille (créée à l'origine pour le calcul au LHC).

Énergie, environnement, société

- Solutions novatrices dans le domaine du nucléaire, de la médecine, de l'industrie et des énergies renouvelables avec le projet GUINEVERE en Belgique, prototype du futur démonstrateur de système piloté par accélérateur MYRRHA. La France a construit l'accélérateur et fourni le combustible pour le réacteur.
- Plateforme nationale d'analyse alternative de la radioactivité. Sept laboratoires de l'IN2P3, complémentaires dans leurs domaines d'expertise, fédèrent leurs moyens au sein du réseau Becquerel.
- Imagerie 3D de l'intérieur des volcans : participation française à la conception et à l'installation de détecteurs de muons cosmiques (Puy de Dôme, Soufrière, Etna).
- Expertise des œuvres d'arts et d'archéologie (AGLAE au Musée du Louvre, AIFIRA à Bordeaux).
- Méthode d'authentification des vins anciens (AIFIRA à Bordeaux), unique en Europe.
- Faisceaux de lumière synchrotron, dont la technologie est directement issue de la physique des particules : SOLEIL à Saint-Aubin et ESRF à Grenoble sont en fonctionnement et la France joue un rôle de premier plan dans la construction du centre de recherche XFEL à Hambourg. Les recherches qui y seront menées impactent notre vie quotidienne, depuis la médecine et la pharmacologie jusqu'aux nanotechnologies ou l'électronique.
- Recherche sur la fusion : grâce à son expertise en aimants supraconducteurs, la France contribue aux grands projets internationaux (ITER et projets de l'approche élargie).

Nouvelles technologies

- Grille de calcul : très probables retombées industrielles et commerciales (logiciels, besoins de calcul, stockage de masse, ressources informatiques). Le Centre de calcul de l'IN2P3/CNRS offre ses ressources informatiques aux chercheurs en biologie et en sciences humaines et sociales et développe un cloud pouvant accueillir des partenaires industriels.
- Nouvelle source de neutrons pour chercheurs et industriels, avec la ligne de faisceau NFS du projet Spiral2 au Ganil (Caen). Nombreuses applications : sûreté des réacteurs nucléaires de fission et fusion, médecine nucléaire, composants électroniques...
- Création de start-up avec des implications dans le domaine industriel spatial ou médical dérivés de développements poussés en micro-électronique.

Formation et actions éducatives

- Près de 200 doctorants accueillis chaque année dans les laboratoires de l'IN2P3 et à l'IRFU.
- Masterclasses LHC où des lycéens traquent des particules telles que le boson de Higgs à partir de vraies collisions : une quarantaine de classes chaque année depuis 2009 dans une dizaine de laboratoires français.
- Partenariat IN2P3 / « Sciences à l'Ecole : 30 enseignants du secondaire par an formés au CERN et 20 détecteurs de rayons cosmiques installés dans des lycées français.

En France, la physique des particules, les astroparticules et la physique nucléaire sont fédérées par deux instituts : l'Institut national de physique nucléaire et de physique des particules (IN2P3), pour le compte du CNRS et des universités et l'Institut de Recherche sur les lois Fondamentales de l'Univers (Irfu) au CEA.

<http://in2p3.fr> - <http://irfu.cea.fr/>