LE GANIL

Grand Accélérateur National d'Ions Lourds

PERCER LES MYSTÈRES DE LA MATIÈRE

Le GANIL,

une installation pour étudier le cœur de la matière.

Le GANIL est l'un des plus grands laboratoires du monde pour la recherche avec des faisceaux d'ions. Les accélérateurs, couplés à des instruments de détection très performants, permettent aux chercheurs du monde entier de réaliser des expériences uniques.

Enceintes cryogéniques enfermant les cavités accélératrices de l'accélérateur linéaire de SPIRAL2.

Le saviez-vous ?

- *Le noyau renferme 99,95% de la masse d'un atome.*
- *Le noyau, caché au centre de l'atome, est 100 000 fois plus petit que lui. Le noyau est comme un petit pois au milieu d'un terrain de football. Et entre le pois et les bords du stade, du vide !*
- *Les ions qui parcourent les lignes de faisceau du GANIL peuvent circuler jusqu'à 120 000 km/s, soit trois fois le tour de la Terre en une seule seconde !*

Détecteur de particules chargées (INDRA).

Lignes de transport des faisceaux d'ions.

En physique nucléaire, les expériences menées au GANIL permettent de mieux comprendre la matière qui nous entoure et dont nous sommes faits.

Comment la matière a-t-elle été créée dans l'Univers ?

Après le Big Bang, l'Univers contient seulement deux éléments chimiques : l'hydrogène et l'hélium. Ce sont les étoiles qui sont notamment à l'origine de la grande diversité des éléments constituant l'Univers aujourd'hui. Ces immenses chaudrons cosmiques créent en permanence de nouveaux atomes qui sont éjectés dans l'Univers lors de violents cataclysmes, comme les explosions de supernovae.
Au GANIL, les physiciens reproduisent et étudient les réactions qui ont lieu dans les étoiles pour mieux comprendre le processus de création des éléments chimiques et la vie des étoiles.

Comment interagissent les neutrons et les protons, constituant le noyau atomique ?

Pour étudier le noyau de l'atome, les physiciens le mettent à rude épreuve en le projetant à plusieurs dizaines de milliers de km/s sur d'autres noyaux. Les résultats obtenus sont surprenants : noyaux en forme de citron, de poire, coexistence de plusieurs formes pour un même noyau, explosion en de multiples noyaux plus petits... Ces expériences permettent de mettre à l'épreuve les modèles théoriques sur lesquels s'appuie notre compréhension de la matière nucléaire. Elles permettent également d'étudier les forces assurant la cohésion du noyau ou responsables de ses transformations.

Quelles sont les règles qui régissent les noyaux magiques ?

Les noyaux semblent particulièrement stables et robustes lorsqu'ils possèdent 2, 8, 20, 28, 50, 82 ou 126 protons et/ou neutrons. On les appelle les « nombres magiques ». Toutefois, il semblerait que les noyaux dits « exotiques », c'est-à-dire n'existant pas à l'état naturel sur Terre, ne répondent pas tous à cette loi.
Au GANIL, les physiciens étudient la « magicité » de noyaux toujours plus exotiques.

Quelles sont les limites d'existence de la matière ?

Aujourd'hui, l'élément le plus lourd jamais observé en laboratoire – c'est-à-dire ayant le plus de protons et de neutrons dans son noyau – **compte 118 protons.** Les modèles théoriques prédisent l'existence de noyaux encore plus lourds, composés de plus de 120 protons. Ces éléments massifs dits « super-lourds » peuvent être produits dans la fusion de deux noyaux. Grâce aux intensités inégalées des faisceaux de SPIRAL2 et à de nouveaux équipements expérimentaux plus performants, le GANIL sera le fer de lance de cette quête des « super-lourds ».

Voyage au cœur de la machine

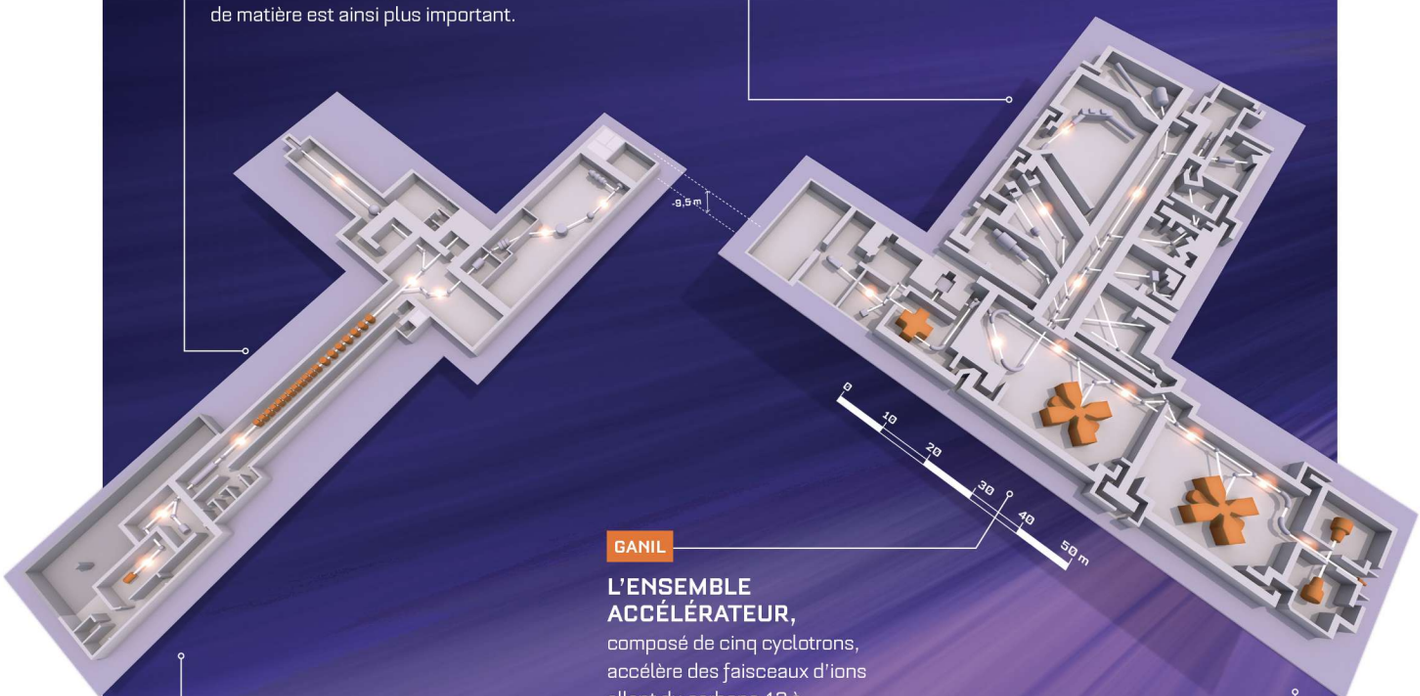
Pour étudier le noyau atomique, on le fait interagir avec d'autres noyaux. Le GANIL dispose de différentes machines qui permettent de produire des faisceaux d'ions, de les accélérer et de les envoyer sur une cible de matière pour provoquer des réactions nucléaires.

SPIRAL2

L'ACCÉLÉRATEUR LINÉAIRE SUPRACONDUCTEUR
délivre des faisceaux de particules de très grande intensité : le nombre de collisions entre les particules accélérées et les noyaux de la cible de matière est ainsi plus important.

GANIL

LES SALLES D'EXPÉRIENCES
renferment des systèmes de détection et de mesure très sophistiqués, permettant d'étudier les propriétés de noyaux très exotiques.



GANIL

L'ENSEMBLE ACCÉLÉRATEUR,
composé de cinq cyclotrons, accélère des faisceaux d'ions allant du carbone-12 à l'uranium-238 à différentes énergies adaptées aux types d'expériences réalisées.
Les ions de carbone-12 peuvent par exemple atteindre 120 000 kilomètres par seconde, soit plus du tiers de la vitesse de la lumière.

SPIRAL2

LES SOURCES D'IONS DE SPIRAL2
permettent de produire un large éventail de particules, dont de très légères comme les deutons ou les protons.

GANIL

LES SOURCES
permettent de produire les ions stables ou radioactifs qui seront ensuite mis en faisceaux et accélérés.

LA SÉCURITÉ DES INSTALLATIONS

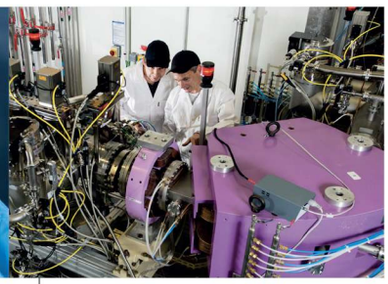
Une équipe de spécialistes de la sécurité et de la sûreté a en charge la prévention des risques sur le site et la protection de l'environnement.

Ils s'assurent de la sécurité des personnels et du respect de la réglementation régissant l'exploitation de l' « installation nucléaire de base » du GANIL.

Le GANIL,

une équipe d'experts et des équipements de pointe.

Dispositif utilisé par le CIMAP pour des recherches appliquées aux matériaux.



Équipements magnétiques guidant les faisceaux d'ions.

Les faisceaux d'ions du GANIL également au service de la recherche pluridisciplinaire

La qualité des faisceaux d'ions du laboratoire en font des outils remarquables pour différents domaines de la recherche fondamentale et appliquée : la physique atomique, des matériaux ou encore la radiobiologie. Environ 30% du temps de fonctionnement de l'installation est ainsi dédié à ces recherches pluridisciplinaires.
Le campus Jules Horowitz, sur lequel le GANIL est implanté, accueille notamment une partie des équipes du CIMAP (Centre de recherche sur les Ions, les MAtériaux et la Photonique) et du LARIA (Laboratoire d'Accueil et de Recherche avec des Ions Accélérés).
Le GANIL a également fourni du temps de faisceau aux physiciens de l'équipe de France Hadron dans le cadre du programme ARCHADE, axé sur la recherche pour le traitement du cancer en hadronthérapie.

La valorisation des équipements et de la recherche au GANIL

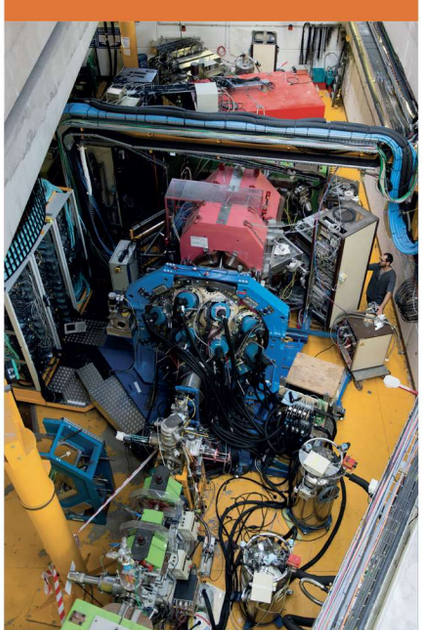
Les faisceaux d'ions du GANIL sont utilisés pour des applications industrielles : fabrication de membranes microporeuses, irradiation de composants électroniques embarqués dans des satellites (recherche et développement, tests…). Le laboratoire s'appuie sur l'expertise scientifique et technique de ses personnels pour valoriser son savoir-faire auprès des industriels, notamment sous formes de licences d'exploitation de brevets, de transferts de savoir-faire et de contrats de collaboration de recherche.

Une équipe au service de la recherche

Le fonctionnement du GANIL repose sur l'expertise des techniciens et ingénieurs travaillant auprès de l'installation. Une partie des personnels du GANIL est ainsi en charge de la création et du transport des faisceaux d'ions, de la préparation et de l'accompagnement des expériences, jusqu'à l'acquisition des données.
Les expériences proposées par les équipes de chercheurs mettent en œuvre des technologies innovantes toujours plus performantes ; une partie des développements nécessaires est réalisée au GANIL, avec la participation d'expérimentateurs et d'ingénieurs d'autres laboratoires.
Les physiciens expérimentateurs et les théoriciens du laboratoire travaillent en étroite collaboration pour confronter théorie et résultats d'expériences.
En plus des personnels scientifiques et techniques, les personnels administratifs assurent le bon fonctionnement de l'installation et l'accueil de ses utilisateurs.
Au total, près de 280 personnes œuvrent au quotidien dans les différents services du GANIL.

Le saviez-vous ?

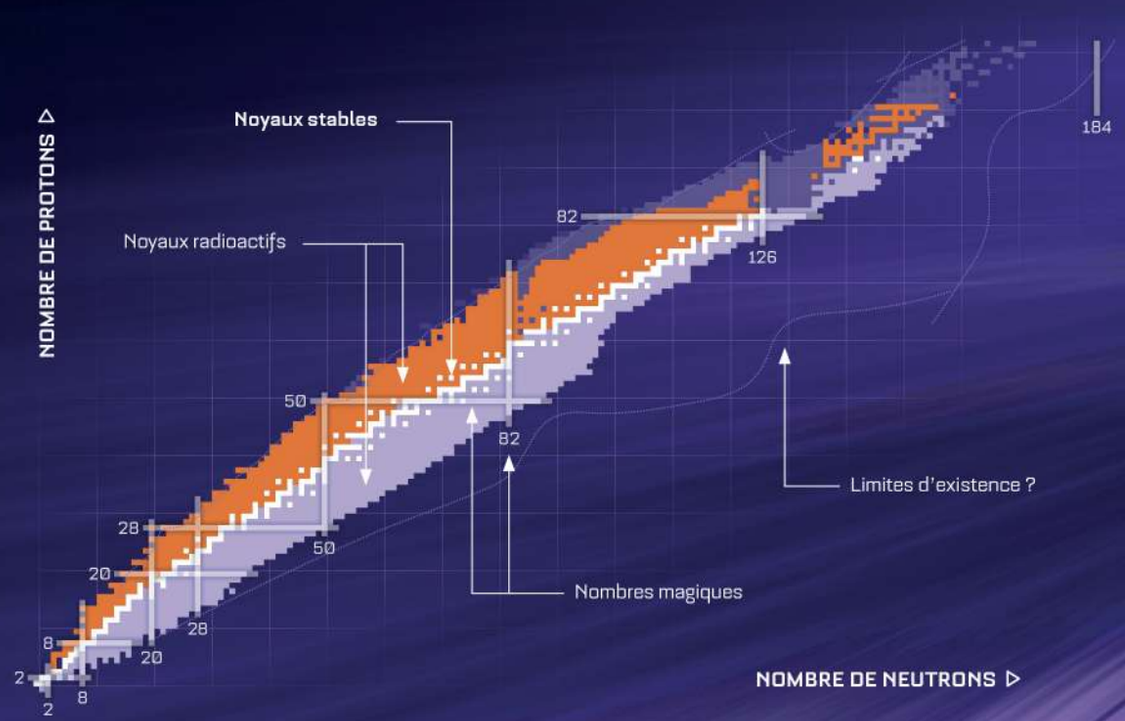
- *Un atome est électriquement neutre, il comporte le même nombre d'électrons (charges négatives) que de protons (charges positives). Pour l'accélérer, on lui arrache quelques électrons pour le transformer en ion, chargé électriquement.*
- *Les composants du noyau, les protons et les neutrons, ne sont pas immobiles ! Ils bougent continuellement à près de 30 000 km/s, soit mille fois la vitesse de rotation de la Terre autour du soleil.*
- *Depuis sa mise en service en 1983, le GANIL a permis de découvrir plus de 100 noyaux jusqu'alors jamais observés !*
- *La densité du noyau est telle qu'un noyau de la taille d'un dé à coudre aurait une masse de 200 millions de tonnes !*



Spectromètre AGATA couplé au spectromètre VAMOS

La carte des noyaux

Quelques 300 noyaux d'atomes stables existent à l'état naturel.
On en a produit à ce jour plus de 2800 en laboratoire et plus de 5000 restent encore à découvrir.



Le GANIL,

Un très grand instrument au service de la recherche française, européenne et internationale.

Le GANIL est organisé sous la forme d'un groupement d'intérêt économique (GIE). Le Centre national de la recherche scientifique (CNRS) et le Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives (CEA) sont les deux tutelles du laboratoire.

L'installation SPIRAL2 a été sélectionnée dès 2006 par le comité européen ESFRI comme projet d'excellence.

Accélérateur linéaire de SPIRAL2.

L'ancrage local du GANIL

Les collectivités territoriales normandes mènent avec le GANIL une politique de promotion de la recherche scientifique depuis de nombreuses années afin de développer l'attractivité et la compétitivité des territoires normands.

La Région Normandie, le Département du Calvados, l'agglomération de Caen la mer et la Ville de Caen soutiennent un grand nombre de projets du GANIL, et notamment SPIRAL2 qui a été en partie financé par les collectivités.

L'implantation du GANIL en Normandie a modifié en profondeur le développement scientifique de la région. Le plateau Nord de Caen en est l'illustration, avec la constitution d'un pôle scientifique de premier plan autour du GANIL, constitué d'établissements d'enseignement supérieur et de recherche.

Une communauté scientifique internationale

Chaque année, le GANIL accueille plusieurs centaines de chercheurs et ingénieurs pour réaliser des expériences et participer à des projets scientifiques.

La communauté scientifique du laboratoire rassemble 700 chercheurs issus de 65 laboratoires et répartis dans 30 pays. Ils sont régulièrement accueillis au GANIL pour réaliser des expériences et assister à des séminaires.

Les accords européens et internationaux conclus avec de nombreux pays favorisent les échanges de chercheurs entre les laboratoires. De nombreux projets de recherche sont développés au GANIL en collaboration avec des scientifiques internationaux dans le cadre de ces accords ou de financements européens.

GANIL spiral2
laboratoire commun CEA/DRF CNRS/IN2P3

Conception/Réalisation/Infographies : www.unikstudio.fr • Photos : CNRS / CEA / P.Strappa

SPIRAL2 au GANIL

De nouvelles possibilités de recherche.

L'installation SPIRAL2 offre au GANIL de nouvelles perspectives de recherche grâce à des faisceaux d'ions et de neutrons très intenses. Les études menées permettront notamment d'étudier les propriétés de noyaux atomiques jusqu'ici inconnus.

L'accélérateur linéaire

Le LINAC (LINear ACcelerator) **de SPIRAL2 est capable d'accélérer des particules plus légères** (protons, deutons, hélium) **que les cyclotrons du GANIL,** permettant de compléter les recherches menées jusqu'ici. Il accélère également des ions lourds jusqu'au nickel, à des intensités 10 fois plus grandes que celles disponibles aujourd'hui. Ce gain d'intensité ouvre de nouvelles perspectives, comme la découverte de nouveaux noyaux atomiques.

Les salles d'expériences

- **Neutrons For Science (NFS) :**

Les protons et les deutons (particules composées d'un proton et un neutron) **accélérés par le LINAC de SPIRAL2 peuvent être utilisés pour générer des flux de neutrons extrêmement intenses, uniques au monde.**
Ces faisceaux de neutrons sont exploités dans la salle NFS pour des expériences de physique nucléaire et des recherches appliquées (énergie, électronique...).

- **Super-Séparateur-Spectromètre (S^3) :**

En physique nucléaire, S^3 permet notamment l'étude des éléments dits super-lourds car beaucoup plus lourds que l'Uranium, l'élément chimique le plus lourd connu à l'état naturel sur terre. S^3 pourra permettre la production et l'étude des propriétés de nouveaux éléments chimiques, encore inconnus, qui compléteront le tableau de Mendeleïev. S^3 a été labellisée par un EQUIPEX (EQUIPement d'EXcellence).

Les avancées technologiques

Le projet SPIRAL2 nécessite le développement de technologies toujours plus poussées.
Pour le LINAC, de nouvelles cavités accélératrices supraconductrices ont été mises au point pour assurer un niveau de performance inédit.
Le développement de nouveaux détecteurs pour le projet SPIRAL2 est un moteur d'innovations technologiques avec des retombées potentielles dans les domaines de l'industrie et de la santé.

GANIL spiral2
laboratoire commun CEA/DRF CNRS/IN2P3

Les perspectives de développement

La salle d'expériences DESIR
(Désintégration, Excitation et Stockage d'Ions Radioactifs) **sera construite dans les prochaines années et utilisera les faisceaux d'ions issus des installations du GANIL et de SPIRAL2.** Les études menées dans cette salle feront progresser nos connaissances sur les propriétés du noyau atomique.

Une nouvelle source d'ions pour le LINAC de SPIRAL2 est à l'étude.
Elle permettra d'augmenter encore l'intensité des faisceaux d'ions délivrés par SPIRAL2 et d'accroître sa compétitivité à l'échelle internationale.

DESIR a été labellisée par un EQUIPEX (EQUIPement d'EXcellence)

Produire des faisceaux d'ions exotiques parmi les plus intenses du monde

L'objectif final de SPIRAL2, la phase 2, permettra au moyen d'un bâtiment de production dédié de produire des faisceaux d'ions exotiques parmi les plus intenses du monde.
Ils seront transportés dans la salle d'expériences de basse énergie DESIR ou post-accélérés par le Cyclotron pour Ions de Moyenne Energie (CIME) du GANIL avant d'être exploités dans les salles d'expériences. Les chercheurs pourront ainsi bénéficier de toute l'infrastructure existante, avec ses ensembles de détection, d'acquisition et de traitement des données. Parallèlement, une nouvelle génération de détecteurs plus performants est en cours de construction dans le cadre de plusieurs collaborations européennes.
La combinaison de ces nouveaux outils de production et d'étude permettra à une vaste communauté de chercheurs de sonder les propriétés de noyaux atomiques très différents des noyaux stables dont est constitué notre environnement.

Un projet normand porté par des partenaires locaux et internationaux

Le projet SPIRAL2 a été possible grâce à la participation de l'Europe, de l'Etat, du CNRS, du CEA, de la Région Normandie, du Département du Calvados, de l'agglomération de Caen la mer, de la Ville de Caen. Au total, 23 pays ont collaboré au projet :
Allemagne, Belgique, Bulgarie, Espagne, Finlande, Grèce, Hongrie, Italie, Pologne, République Tchèque, Roumanie, Royaume-Uni, Russie, Suède, Suisse, Chine, Corée du Sud, Inde, Israël, Japon, Turquie, Canada et Etats-Unis.
Une vingtaine d'accords bilatéraux ont ainsi été signés depuis 2002.

Conception/Réalisation/Infographies : www.uniksstudio.fr • Photos : CNRS/CEA/P.Stroppa

GANIL spiral2 laboratoire commun CEA/DRF CNRS/IN2P3 · cea · cnrs · Liberté • Égalité • Fraternité République Française · Union Européenne · Région Normandie · Calvados Le Département · Caen la mer Normandie Communauté Urbaine · CAEN Normandie