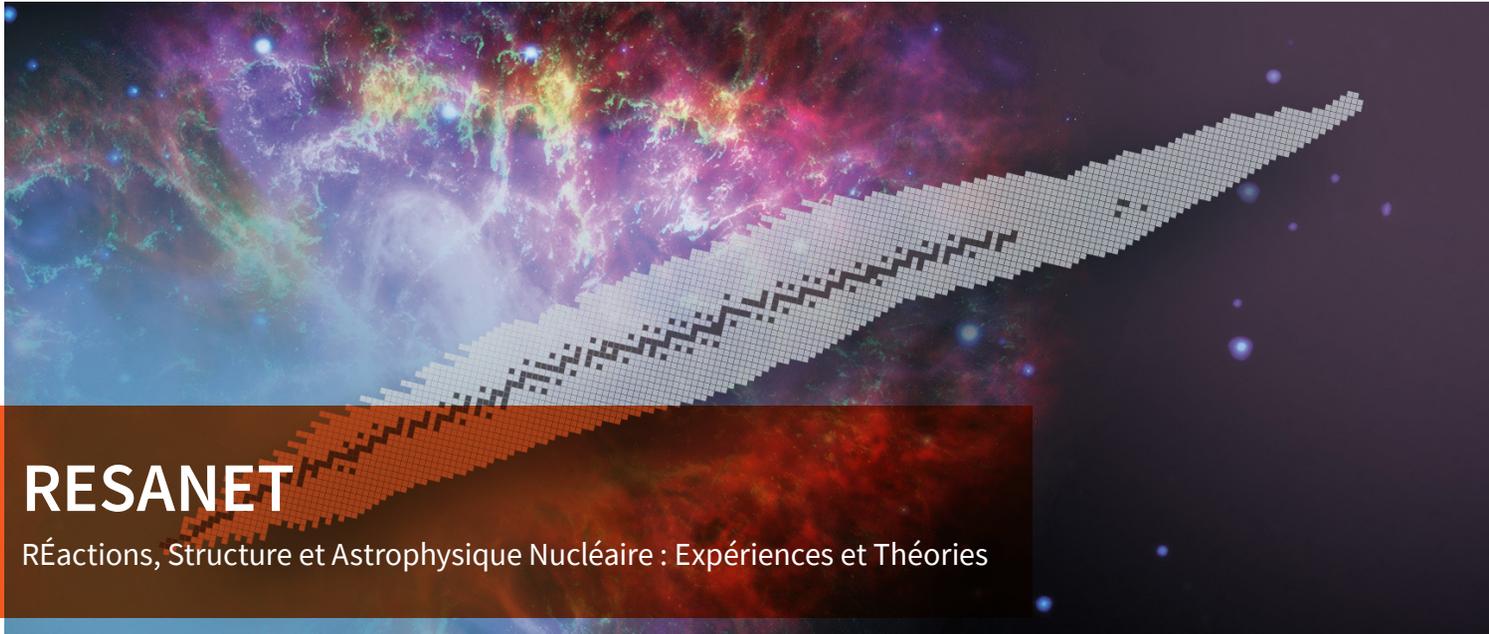


Les groupements de recherche



RESANET

RÉactions, Structure et Astrophysique Nucléaire : Expériences et Théories

Nébuleuse du Crabe en LCD et carte des noyaux atomiques © NASA, ESA, G. Dubner (IAFE, CONICET-University of Buenos Aires) et al.; A. Loll et al.; T. Temim et al.; F. Seward et al.; VLA/NRAO/AUI/NSF; Chandra/CXC; Spitzer/JPL-Caltech; XMM-Newton/ESA; and Hubble/STScI, CC BY 4.0 / © 2022 IN2P3 Antoine Lemasson

- **Directeur** : Olivier Sorlin
- **Instituts du CNRS impliqués** : IN2P3, INSU
- **Laboratoires impliqués** : IJCLab, GANIL, LPC, IP2I, Subatech, IPHC, LP2IB, LPSC, L2IT, CEA/Irfu/DPhN, CEA/DAM/DIF
- **Année de création** : 2018
- **Site web** : <https://resanet.in2p3.fr/>

MISSION PRINCIPALE DU GDR

La mission du Groupement de Recherche Resanet est de fédérer la communauté française travaillant en physique nucléaire de basse énergie. Plus précisément, les objectifs sont de consolider et accroître les échanges scientifiques, fédérer des équipes autour de projets communs (scientifiques ou/et techniques) afin de maximiser notre impact scientifique, encourager l'interdisciplinarité et l'émergence de nouvelles thématiques, former les jeunes générations, élargir la connaissance de chacun, éveiller la curiosité, valoriser les synergies et mieux communiquer sur les découvertes et faits marquants de notre discipline.

PRINCIPALES PLATEFORMES CONCERNÉES

GANIL/SPIRAL2 (Caen), Alto (Orsay), ILL (Grenoble)

Nombres magiques	Équation d'état
Nucléosynthèse	Fission
Déformation	Noyaux superlourds
Limite de stabilité	Halos et agrégats

258
scientifiques
impliqués

9
laboratoires IN2P3 : GANIL,
IJCLab, IPHC, IP2I, LPC Caen,
LPSC, LP2IB, L2IT, Subatech

2
instituts du CNRS :
IN2P3, INSU

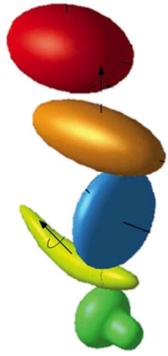
1
organisme externe
impliqué : CEA

LES ACTIONS DU GDR

Le fonctionnement du GDR comprend des réunions thématiques de 2-3 jours, à la fréquence d'environ 2 à 4 par an autour de questionnements scientifiques ou projets collaboratifs proposés par le bureau ou par la communauté scientifique, permettant ainsi de couvrir, au terme du GDR, toutes les axes scientifiques de notre discipline.

Tous les 3 ans, est organisée une réunion plénière d'une semaine où toute la communauté se réunirait. Seront alors présentés les faits marquants de la communauté française, les projets émergents, les nouveaux instruments ou approches théoriques, avec des tables rondes sur des sujets qui font débat, ainsi que des discussions sur notre implication auprès des installations française et internationales. Le GDR mène également des actions de communications et d'information pour la communauté.

STRUCTURE NUCLÉAIRE ET CORRÉLATIONS



Vue schématique de formes de noyaux atomiques.

Le modèle en couches décrit la structure des noyaux en supposant le mouvement presque indépendant de quelques nucléons dans un potentiel moyen généré par tous les autres. Dans ce cadre, quelques noyaux sont interprétés comme des noyaux à couche fermée avec des nombres magiques de nucléons. Leur séquence est bien connue pour les noyaux stables, mais la manière dont les nombres magiques évoluent en fonction du rapport neutron-sur-proton reste l'objet de nombreuses études. Par ailleurs, la question des prochains nombres magiques au-delà du ²⁰⁸Pb, à savoir

l'emplacement et l'extension du légendaire « îlot de stabilité » des noyaux super lourds reste ouverte. Loin des noyaux doublement magiques, de fortes corrélations entre les nucléons poussent le noyau à se déformer dans son ensemble, avec une prédominance pour les formes quadrupolaires mais parfois aussi octupolaires. Mettre en évidence de nouvelles formes plus exotiques, comprendre et prédire l'évolution de la forme des noyaux en fonction de leur nombre de neutrons et protons, de leur énergie d'excitation et moment angulaire reste un des enjeux majeurs de la physique nucléaire.

ASTROPHYSIQUE NUCLÉAIRE

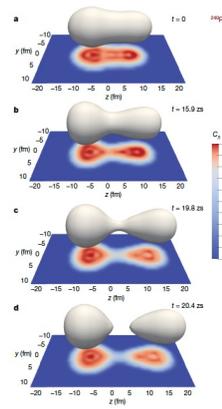
Hormis l'hydrogène et l'hélium produits durant le Big-Bang, le Li, Be et B produits par spallation des rayonnements cosmiques, tous les autres éléments chimiques présents dans l'Univers sont produits par différentes réactions nucléaires lors de phases de combustions calmes ou explosives d'étoiles seules ou en systèmes binaires. Comprendre où et comment ces éléments sont produits, pourquoi certains sont plus abondants que d'autres sont des enjeux essentiels de cet axe qui nécessitent de fortes synergies entre la physique nucléaire, la modélisation astrophysique et les observations (rayons gamma, rayons X, grains pré-solaires...). Un autre volet important consiste à utiliser les propriétés de l'équation d'état de la matière nucléaire, déduites d'études expérimentales et théoriques, afin de mieux décrire les propriétés statiques et dynamiques des objets compacts telles les étoiles à neutrons, les supernovae à effondrement de coeur et la coalescence d'étoiles compactes binaires.



Illustration d'un système d'étoiles binaires en accrétion.

FISSION

La fission nucléaire est un mouvement collectif de nucléons de grande amplitude au cours duquel un noyau lourd se déforme jusqu'à se scinder généralement en deux noyaux plus légers. La fission est un laboratoire complet pour l'étude de la dynamique nucléaire sur une large gamme de déformations sous l'influence d'effets quantiques tels que ceux liés à la structure en couche du noyau atomique et aux corrélations d'appariement. La compré-



Description théorique de la dynamique de fission du ²⁴⁰Pu en deux fragments fortement déformés. <https://www.nature.com/articles/s41586-018-0780-0>

hension et modélisation microscopique complète de ce mécanisme, donnant lieu à des fissions binaires, ternaires, symétriques ou asymétriques, est un des enjeux majeurs de cet axe de recherche. La fission joue également un rôle majeur dans de nombreuses applications sociétales comme la production d'énergie et de radio-isotopes en médecine, ainsi que pour rendre compte de la production d'éléments lourds dans l'univers.

ÉQUATION D'ÉTAT DE LA MATIÈRE NUCLÉAIRE

Cet axe de recherche aborde l'étude expérimentale et théorique des propriétés thermodynamiques et de la composition de la matière nucléaire dans différentes conditions de densité, de température, d'asymétrie neutron-proton, ou en présence de forts champs magnétiques. Un des objectifs principaux est de construire une formulation unique de l'équation d'état de la matière nucléaire (EoS) qui couvre à la fois les propriétés des noyaux observables sur terre et les conditions extrêmes d'intérêt astrophysique. Les paramètres empiriques de cette EOS unifiée peuvent notamment être contraints expérimentalement en collisionnant des ions lourds aux énergies intermédiaires, en excitant certains modes collectifs du noyau, ou en observant les propriétés des objets stellaires.



Vue du détecteur de multi-particules FAZIA à droite, combiné à INDRA à gauche. © P.Scoppa/CEA

NOYAUX À LA LIMITE DE LIAISON

Ajouter ou retirer des neutrons en grande quantité à des isotopes stables, ou exciter des noyaux au-dessus d'un certain seuil d'énergie, permet d'atteindre leur limite de liaison, au-delà de laquelle les noyaux n'existent que très fugacement sous formes de résonances. Leurs études permettent de mieux comprendre le rôle des forces nucléaires qui lie protons et neutrons dans le noyau atomique, mais aussi de mettre en lumière des phénomènes quantiques nouveaux tels que l'existence de nouveaux types de radioactivité, de peaux ou halos de neutrons, la formation d'agrégats ou de quasi-molécules nucléaires ou encore un changement de régime de superfluidité. Certains de ces concepts sont d'ailleurs universels, communs à d'autres systèmes quantiques dits ouverts. L'autre quête ultime de cet axe est de produire et d'étudier des noyaux super-lourds, où l'équilibre entre force nucléaire et coulombienne est crucial pour leur existence.