

Présentation de la thématique

Les processus nucléaires sont omniprésents dans l'univers et le noyau atomique constitue le premier niveau microscopique d'organisation spontanée de la matière ; la variété et la complexité des phénomènes dont il est le siège ont constitué une surprise historique et n'ont pas encore révélé tous leurs mystères. Des propriétés de ce système et de la force qui le lie découlent la richesse et la variété des éléments dans l'univers, l'existence et l'évolution des étoiles et la formation du système solaire. Comprendre ces propriétés c'est remonter aux origines de l'organisation de la matière jusqu'à l'émergence de la vie.

Comme tout autre système physique complexe, ce n'est qu'en poussant les systèmes (à N-corps) nucléaires dans des conditions extrêmes (de spin, isospin, charge, énergie et densité) que la pleine expression de ses propriétés devient accessible, leurs origines microscopiques sondables, et que les conditions de rupture de paradigmes peuvent être réunies. La force nucléon-nucléon dans le noyau est différente de celle entre deux nucléons libres et dépend en particulier des densités de protons et de neutrons du milieu nucléaire environnant. Déterminer l'interaction effective émergente représente un objectif fondamental de la physique nucléaire.

Cette démarche nécessite d'étudier le comportement d'une vaste gamme de noyaux dans une grande variété de conditions. C'est donc une raison intrinsèque et constitutive d'une discipline qui impose de sonder le noyau avec un panel adéquat de faisceaux stables et radioactifs sur une large gamme d'énergie associé à l'instrumentation adaptée. Le tableau à la fin de ce document reporte une vision synthétique des outils nécessaires à nos études en fonction des grandes questions de la discipline.

Organisation et contexte

A l'échelon local, le réseau SNIF (Structure Nucléaire Ile de France) contribue à l'organisation de la communauté de physique nucléaire incluant nos collègues du CEA (IRFU et DAM). Les chercheurs en astrophysique nucléaire et astrochimie de nos laboratoires collaborent depuis de nombreuses années en relation étroite avec les équipes de l'IAS et du SAP.

Pour se restreindre au périmètre des 5 laboratoires de la vallée, le « travailler ensemble » qui existe entre le CSNSM et l'IPN est profond et de longue date, s'appuyant sur les outils développés en commun (depuis ISOCELE au synchrocyclotron jusqu'à ALTO maintenant, depuis le château de cristal jusqu'à AGATA maintenant). Nos compétences ainsi que nos forces en développement de détecteurs et d'accélérateurs nous permettent de jouer un rôle moteur dans les grands projets nationaux et internationaux. Les liens étroits qui ont été tissés et qui doivent continuer à l'être entre nos 2 laboratoires ont déjà été noués, sans nécessiter une réorganisation spécifique des structures de nos laboratoires. Le travail effectué par notre communauté dans le cadre de la refondation des laboratoires de la vallée a permis de mettre en exergue l'existence d'un véritable pôle thématique qui s'appuie sur deux piliers : nos installations locales (ALTO, SCALP, ANDROMEDE) et nos contributions auprès des installations nationales et internationales. Si une redéfinition des contours des groupes de recherche ou des UMR devait avoir lieu dans le cadre du projet de refondation, elle devrait impérativement, en ce qui nous concerne, s'articuler autour de ce constat.

Les études expérimentales en physique et astrophysique nucléaire nécessitent aussi bien l'utilisation de faisceaux stables que celles de faisceaux radioactifs. Celles en cosmochimie réalisées auprès des plateformes SCALP, MET-JANNUS utilisent les instruments de caractérisation et de préparation d'échantillons extraterrestres sur la plateforme MYRTHO.

La physique nucléaire est cependant pénalisée par la diminution du nombre de personnel IT lui permettant d'atteindre ses objectifs avec la meilleure efficacité.

A l'heure actuelle, la communauté française de physique nucléaire doit mener simultanément l'exploitation scientifique des installations existantes et la construction en France d'une ambitieuse installation de prochaine génération, SPIRAL2. Le risque qu'encourt notre discipline est de ne pas disposer des ressources suffisantes (humaines et financières) pour à la fois a) achever la construction en cours de la phase 1 de SPIRAL2 et de ses équipements associés et b) exploiter l'installation GANIL existante ainsi qu'amener ALTO à son plein potentiel scientifique. Les conséquences seraient d'obérer de façon durable la compétitivité et l'impact de notre discipline, faire perdre à notre communauté sa force et sa prééminence dans ses domaines d'excellence et enfin, mettre en péril le retour sur investissement des efforts consentis jusqu'à ce jour. Le risque énoncé ci-dessus s'est d'ailleurs vu concrétisé par le report *sine die* de la phase la plus ambitieuse et la plus importante du projet SPIRAL2 dû au manque de ressources humaines et financières. Il est à noter que la physique nucléaire n'a pas (dans la dernière décennie) bénéficié d'un effort national de l'ampleur de celui consenti à d'autres branches de la physique subatomique. Le contexte difficile dans lequel se trouve la communauté française de physique nucléaire, et qui contraste avec le dynamisme observé dans les autres pays majeurs pour la discipline, ne trouve pas ses raisons dans une perte objective de dynamisme scientifique mais bien dans une gouvernance qui n'a pas su être à la hauteur des enjeux.

Perspective/objectifs

Les groupes de physique nucléaire de nos laboratoires, en phase avec la communauté nationale, considèrent comment étant de haute priorité, l'achèvement complet de SPIRAL2 et de son instrumentation associée, le tout formant une installation de tout premier ordre et unique au monde.

Néanmoins, la physique et l'astrophysique nucléaire nécessitent également de disposer de faisceaux stables de basse et moyenne énergie. La cosmochimie utilise principalement l'implantation de matériaux à basse énergie (SCALP) ainsi que leur irradiation à plus haute énergie (ALTO, GANIL).

Ce double constat est en accord avec les recommandations à long terme de NUPECC. A moyen terme, l'exploitation des faisceaux stables et radioactifs disponibles au GANIL et à ALTO aura le double avantage d'assurer une production scientifique de premier ordre tout en maintenant la cohésion et le dynamisme de notre communauté. Parallèlement, il est important d'assurer le succès de la phase 1 du projet SPIRAL2, en particulier du spectromètre S3 et de son instrumentation associée pour lesquels un investissement important de nos laboratoires est fourni. Il n'en demeure pas moins que la phase 1 de SPIRAL2 ne peut contenter qu'une partie assez minoritaire de notre communauté, spécialement de la communauté orséenne. L'utilisation d'installations internationales devient donc encore plus nécessaire avec le report de la phase 2 de SPIRAL 2 et augmentera considérablement les opportunités scientifiques permettant de réaliser les objectifs décrits dans le tableau.

L'utilisation des outils de caractérisation (analyse élémentaire, isotopique, infra-rouge) de matériaux extraterrestres (micrométéorites) permet de mieux comprendre l'origine de la matière organique et des minéraux présents dans le système solaire primitif et d'en distinguer quelle est leur composante interstellaire.

Formation et valorisation

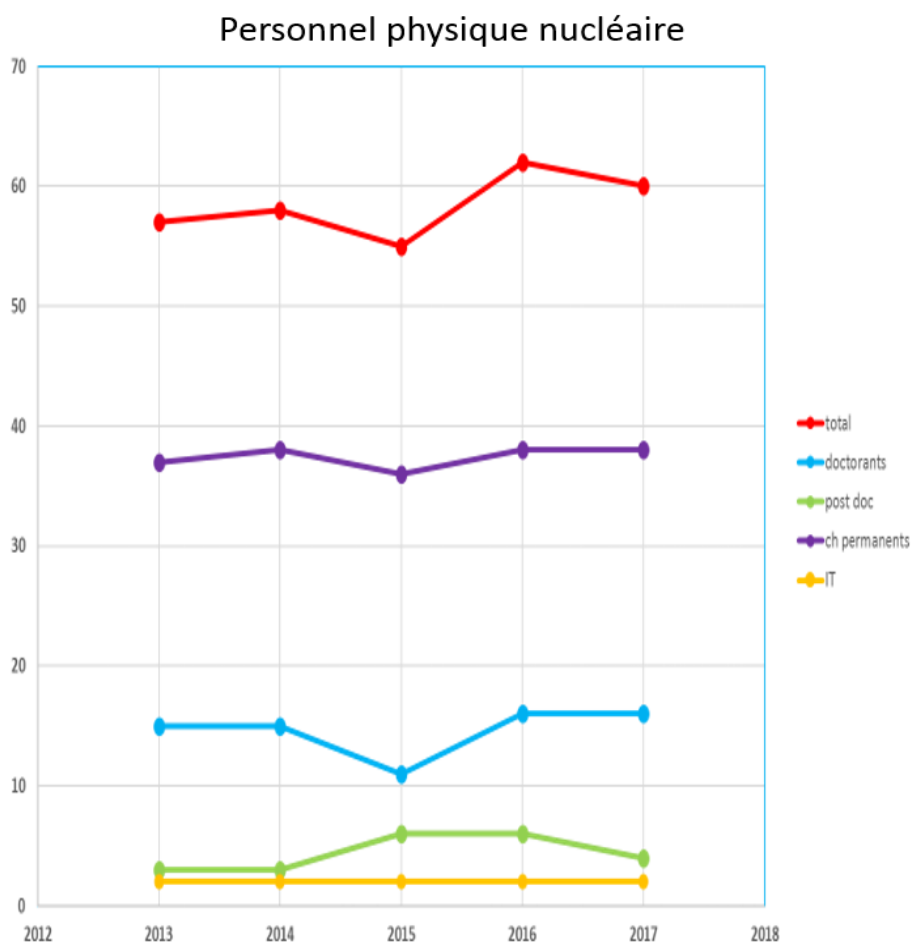
La communauté de physique nucléaire de nos laboratoires est fortement impliquée dans le master2 NPAC ainsi que dans l'école doctorale PHENIICS. Des travaux pratiques sont déjà mis en place sur la plateforme SCALP dans le cadre des master2 OSAE et A&A. Ces travaux pratiques pourraient être étendus à ALTO, comme c'était le cas il y a quelques années auprès du Tandem.

Un travail de fond destiné à effectuer à nouveau de manière régulière des prestations industrielles auprès d'ALTO est en cours et doit être traité dans le document « plateformes ». Grâce à la nouvelle offre de faisceaux proposée par ALTO, l'installation est en passe de redevenir compétitive pour le besoin des industriels. En particulier, l'ajout à la panoplie de faisceaux de neutrons mono énergétiques, des gammas ainsi que de certains faisceaux radioactifs, augmente l'attractivité d'ALTO pour les tests de composants.

Le développement d'une « gamma camera » portable ultra-sensible pour la localisation et la caractérisation de déchets radioactifs de démantèlement est effectuée dans le cadre d'une ANR avec l'ANDRA. Ce travail effectué en collaboration avec le CSNSM, l'IPN et des partenaires industriels est issu des recherches en astronomie gamma.

En chiffres

Effectif publiants du GT Physique nucléaire, astro-nucléaire, astro-chimie : **70**



Question	Méthode/Approche	Accélérateur/Installation	Détecteurs
1) Comment évolue l'interaction nucléaire en fonction de l'isospin			
Quelle est la dépendance en isospin de l'interaction spin-orbite ?	décroissance bêta, décroissance neutron, orientation nucléaire, mesure de masse, spectroscopie laser, mesure de probabilité de transition, mesure de temps de vie et de moments nucléaires, Réactions de transfert, structure des noyaux lourds, spectroscopie alpha/gamma/ECI	ALTO, RIKEN, GANIL (LISE, VAMOS), ISOLDE, SPIRAL2 (S3), Dubna, Jyväskylä, Argonne	BEDO, TETRA, EURICA (Riken), AGATA, VAMOS, OUPS, LINO, GABRIELLA, SIRIUS, MILL-TRAP, POLAREX, Exogam, Mimiball, Nuball, MUST2, GASPARD, MINOS, SAMURAI, PARIS, Orgam, GREAT, Jurogam, Gammasphere, GABRIELLA, SIRIUS
2) Comment expliquer les phénomènes collectifs à partir des mouvements individuels ?			
Peut-on décrire l'équilibre netre les effets de champs moyens sphériques et les corrélations au-delà du champ moyen ?	structure des noyaux lourds, spectroscopie alpha/gamma/ECI, décroissance bêta, décroissance neutron, réactions de transfert de fusion évaporation de fission	ALTO, GANIL (LISE, VAMOS), Dubna, Jyväskylä, Argonne, SPIRAL2 (S3), Legnaro, Ithemba	BEDO, TETRA, MUST2, GASPARD, EXOGAM, PARIS, MONSTER, GREAT, Jurogam, Gammasphere, GABRIELLA, SIRIUS, GRETINA, Aphrodite, Galileo
3) Quelles sont les limites d'existence des noyaux ?			
Y a-t-il des symétries simples qui gouvernent la collectivité nucléaire ?	réactions de fusion évaporation, mesure des temps de fission des superlourds, synthèse de nouveaux isotopes et éléments, mesure de barrière de fission	ALTO, GANIL, Tandem Canberra, SPIRAL 2 (S3), Dubna, Jyväskylä, Argonne	FLUOX, CUBE (Canberra), GABRIELLA, SPIRAL2 (S3 LEB), GREAT, Gammasphere, JUROGAM, SIRIUS, nu-ball
4) Comment l'équation d'état de la matière nucléaire change en fonction de l'asymétrie proton-neutron ?			
Quelles sont les formes extrêmes que peut prendre un noyau ?	diffusion inélastique	GANIL	MAYA, ACTAR
Quels sont les éléments les plus lourds ?			
5) Quels est l'origine des éléments dans l'univers ?			
Quels sont les processus nucléaires mis à l'œuvre dans l'univers ?	Modélisation et étude de sensibilité		
Quelles sont les sections efficaces des réactions clés et les propriétés nucléaires des noyaux impliqués	Mesures directes et méthodes indirectes (transfert,...), Mesures directes combustion C+C, O+O ...	ALTO, GANIL, MILL (Munich), ANDROMEDE et ligne 90°	Split Pole, Q3D (Munich), MUST2, EXOGAM, Stella et Fatima
Quels est leur impact sur les modèles de nucléosynthèse ?	Calculs de taux de réactions et modélisation		
Quelle est l'origine de la matière organique interplanétaire ?	Analyse minéralogique chimique et isotopique de micrométéorites polaires	Plateforme SCALP-CSNSM/ MYRTHO/ Synchrotron SOLEIL / GANIL / NanoSIMS Institut Curie, MINHN / CRPG Nancy/ UMET Lille/ LCP / IPAG / Tohoku Univ. (J) / Univ. New Mexico (US)/ Univ. Hawaii (US)/ NASA GSFC Greenbelt (US)/ Carnegie Institution Washington (US)	
Quel est le contexte astrophysique de naissance du système solaire ?	Analyse isotopique de phases réfractaires de météorites et micrométéorites / Modèles théoriques	NanoSIMS Institut Curie, MINHN / CRPG Nancy/ ALTO / Integral / Carnegie Institution Washington (US)	
Quels sont les sites d'accélération du rayonnement cosmique galactique et quelles sont ses propriétés ?	Observation du rayonnement X et gamma induit/mesures de sections efficaces d'émission gamma	Satellites Integral, Fermi, eAStrogam, cyclotrons de HZ Berlin et IThemba LABS	pool Ge Orsay, AFRODITE