

Des noyaux « exotiques » à la Lumière Extreme : Les Nouvelles Frontières de la Physique Nucléaire

Sydney Gales^{1,2}

¹ *IPN Orsay UMR IN2P3/CNRS et Université Paris-Sud
15 rue Georges Clemenceau, 91406 Orsay Cedex, France*

² *ELI-NP, Institute IFIN-HH
30 Reactor Street, Bucharest-Magurele, 077125, Romania*

gales@in2p3.fr , sydney.gales@eli-np.ro

Résumé: Les avancées technologiques récentes dans les domaines des Accélérateurs d'ions (du proton à l'Uranium) de haute puissance ont rendu possible l'exploration de nouvelles régions de la carte des noyaux. Les faisceaux d'ions lourds stables de haute intensité permettent d'explorer la limite en masse M et en nombre atomique Z au moyen de réactions de fusion induites par des ions lourds de très haute intensité et à l'aide d'ensemble de sélection électromagnétique (spectromètre et séparateur) extrêmement performant qui arrivent à trier quelques-uns de ses éléments dit « Super-Lourds » ($Z > 104$) parmi le flot de plusieurs milliards de milliards d'autres noyaux produit. Cette exploration des limites de la stabilité est l'axe devenu le thème émergent majeur de la physique du noyau ces dernières décades. En effet l'avènement de faisceaux d'ions secondaires radioactifs a permis d'explorer des combinaisons neutron, proton du système quantique à N -corps qu'est le noyau atomique très éloignées ($N/Z \gg 1$) de ceux que l'on trouve à l'état stable dans la nature le long de la ligne de stabilité.

De part et d'autre de cette ligne de stabilité les noyaux riches en proton et neutrons nous font pénétrer dans une « Terra Incognita » d'où émergent des noyaux à halos prototype de matière neutronique très diluée, de nouvelles radioactivités « exotiques » inconnues à ce jour, des peaux de neutrons ou encore plus surprenant comme l'observation de l'effondrement du concept de magie ou fermeture de couches lorsqu'on s'éloigne de manière significative de la vallée de stabilité. Enfin la formation des noyaux lourds dans l'Univers passe par la connaissance des propriétés de ces espèces éphémères « exotiques » riches en neutrons (processus r par exemple), propriétés comme la masse, le temps de vie, les modes de désintégration radioactives et surtout les mesures des sections efficaces de production, qui sont aujourd'hui à notre portée grâce au développements de ces nouvelles installations véritables usines de faisceaux secondaires « exotiques » comme SPIRAL2 au Ganil (Fr), FAIR à Darmstadt(De), RIBF –RIKEN (Japon) ou encore FRIB aux USA. Les technologies employées, les ensembles de détection innovants et les programmes de physique de SPIRAL2 et FAIR en Europe seront discutés.

Dans un domaine différent, le développement de Lasers de Haute Puissance (multi-Petawatt) et la combinaison de ces nouveaux instruments avec les techniques d'accélération ont considérablement élargi le champ des recherches, tant fondamentales en Physique de Hautes énergies, Physique nucléaire, Astrophysique que dans leurs applications en science des matériaux, en identification et gestion des déchets nucléaires, en biologie et médecine.

Le projet appelé : « Extreme Light Infrastructure », ELI, a été sélectionné par le comité ESFRI et fait partie de la feuille de route européenne des Très Grandes Installations de Recherches (TGIR). ELI sera construit sur la base d'un réseau de trois installations complémentaires dans trois sites différents (Tchéquie, Hongrie, Roumanie), chacune dotées de Lasers de Haute puissance à la frontière de la technologie. Dans la proche banlieue de Bucarest sera construit le TGIR roumain ELI- NP (NP pour Nuclear Physics). ELI-NP, en

cours de construction depuis le début 2013, a pour objectif d'être une installation de recherches pour la communauté scientifique européenne et internationale. ELI-NP, développant un programme scientifique basé sur la mise en œuvre de deux équipements uniques au monde :

- Un ensemble de Deux Lasers de 10 PW

- Un faisceau de photons de haute énergie (0.2 à 19.5 MeV) monochromatique et de très haute brillance, résultat de la collision entre des paquets électrons de haute énergie (100-700 MeV) avec des photons produit par un laser « Joule class » à 100Hz par diffusion Compton inverse.

Les performances techniques attendues, les innovations et développements en instrumentation associées et les expériences clés prévues dans les premières années de fonctionnement de l'installation seront présentées.