
Synthèse et spectroscopie des noyaux superlourds aux limites

(Stage et Thèse)

DIRECTEUR DE THESE : BENOIT GALL

INSTITUT PLURIDISCIPLINAIRE HUBERT CURIEN, 23 RUE DU LOESS, 67037 STRASBOURG

TEL : 03 88 10 64 61 ; E-MAIL : BENOIT.GALL@IPHC.CNRS.FR

Le noyau atomique et la mécanique quantique nous réservent encore bien des secrets que nous pouvons révéler au travers d'expériences aux limites des capacités de nos instruments. Situé à l'extrême limite en masse de la charte des nucléides, le domaine des noyaux superlourds représente un des défis scientifiques majeurs du XXI^e siècle : existe-t-il un ultime îlot de stabilité nucléaire ? Combien de nouveaux éléments pouvons-nous encore synthétiser ? Quelle conclusion pourrions-nous en tirer à propos de la cohésion nucléaire ?

A ce jour, l'élément le plus lourd observé est l'élément $Z=118$ avec seulement quatre noyaux observés. Ces noyaux de ^{294}Og ont été produits à Dubna (Russie) par la fusion de noyaux de ^{48}Ca ($Z=20$) et de ^{249}Cf ($Z=98$) suivie par l'évaporation de 3 neutrons. L'élément le plus difficile à découvrir fut l'élément $Z=113$ (Nihonium). Il a fallu à nos collègues japonais 3 ans de faisceau cummulés sur 9 années calendaires pour observer 3 noyaux et valider la découverte de l'élément !

Les éléments 119 et 120 se placeront sur une nouvelle période du tableau de Mendeleïev ouvrant la voie à l'étude des couches électroniques g . Leur découverte nécessite des faisceaux isotopiques intenses de ^{50}Ti ($Z=22$), ^{51}V et ^{54}Cr . Le groupe DNE a impulsé des développements via la méthode MIVOC [1] et au travers de la réalisation d'un micro-four inductif. Ces faisceaux devraient permettre dans les 2 ans à venir la découverte de ces éléments.

En 2011, notre équipe a permis d'effectuer la première spectroscopie prompte d'un noyau superlourd, le ^{256}Rf ($Z=104$) à l'Université de Jyväskylä (Finlande). Nous avons pu établir la structure rotationnelle de ce noyau [2, 3] et confirmer la présence de trois isomères K [4]. Ces isomères K ont la particularité de signer les états quantiques nucléoniques. Notre équipe poursuit l'étude de ces isomères à Dubna avec l'ensemble GABRIELA + SHELS et très prochainement le DGFRS3 auprès de la SHE factory et un peu plus tard S3 + SIRIUS au GANIL.

Le stagiaire M2 se familiarisera avec les techniques d'analyses de données basées sur les corrélations génétiques. Il fera son code d'analyse de données brutes qui lui permettra d'accéder aux propriétés spectroscopiques de noyaux transferrmiens étudiés à Dubna. Il pourra aussi s'initier aux recherches de chaînes de décroissances dans nos données superlourds.

La thèse sera pour moitié consacrée à la synthèse de nouveaux éléments avec la quête du 119 à RIKEN (Japon) et celle du 120 à Dubna (RUSSIE). La seconde moitié sera consacrée à l'étude des isomères dans les superlourds avec notamment le nouveau système de plan focal pour SHELS et DGFRS3 à Dubna et les premières expériences de S3-SIRIUS au GANIL.

[1] Rubert J., Piot J., Asfari Z., Gall B.J.P., et al., (2012) Nucl Instr and Meth B 276 (2011) 33–37

[2] Greenlees P.T., Rubert J., Piot J., Gall B.J.P. et al., Phys. Rev. Lett. 109 (2012) 012501

[3] Gall B. & Greenlees P.T., Nucl. Phys. News 23 #3 (2013) 27-31

[4] Rubert J., Gall B.J.P., Dorvaux O., Greenlees P.T., Asfari Z. et al., to be published.

Synthesis and spectroscopy of superheavy nuclei at the limits

(Internship and Thesis)

PHD SUPERVISOR : BENOÎT GALL

INSTITUT PLURIDISCIPLINAIRE HUBERT CURIEN, 23 RUE DU LOESS, 67037 STRASBOURG
TEL : 03 88 10 64 61 ; E-MAIL : BENOIT.GALL@IPHC.CNRS.FR

The atomic nucleus and quantum mechanics still hold many secrets for us that we can reveal through experiments at the limits of the capabilities of our instruments. Situated at the extreme mass limit of the nuclide chart, superheavy nuclei represent one of the major scientific challenges of the 21st century: is there an ultimate island of nuclear stability? How many new elements can we still synthesize? What conclusion can we draw from this about nuclear cohesion?

To date, the heaviest element observed is $Z=118$ with only four nuclei observed. These ^{294}Og nuclei were produced in Dubna, Russia, by fusion of ^{48}Ca ($Z=20$) and ^{249}Cf ($Z=98$) nuclei followed by evaporation of 3 neutrons. The most difficult element to discover was $Z=113$ (Nihonium). It took our Japanese colleagues 3 years of cumulative beam over 9 calendar years to observe 3 nuclei and validate the discovery of the element!

Elements 119 and 120 will be placed on a new period of Mendeleev's table opening the possibility to study g electronic shells. Their discovery requires intense isotopic beams of ^{50}Ti ($Z=22$), ^{51}V and ^{54}Cr . The DNE group has impulsed key new developments using the MIVOC method [1] and developing an inductive micro-oven. These beams should allow the discovery of these new elements within the next 2 years.

In 2011, our team carried out at the University of Jyväskylä (Finland) the first prompt spectroscopy of a superheavy nucleus, the ^{256}Rf ($Z=104$). We were able to establish the rotational structure of this nucleus [2, 3] and confirm the presence of three K isomers [4]. These K isomers have the peculiarity of signing the nucleonic quantum states. Our team continues the study of these isomers in Dubna with the GABRIELA + SHELS instruments and very soon the new DGFRS3 at the SHE factory and a little later S^3 + SIRIUS at GANIL.

The M2 trainee will become familiar with data analysis techniques based on genetic correlations. He will develop his raw data analysis code that will allow him to access the spectroscopic properties of transfermium nuclei studied at Dubna. He will also be able to learn how to search for chains of decreases in our superheavy data.

Half of the thesis will be devoted to the synthesis of new elements with the search of 119 in RIKEN (Japan) and the search of 120 in Dubna (RUSSIA). The second half will be devoted to the study of isomers in superheavy nuclei, including the new focal plane system for SHELS and DGFRS3 at Dubna and the first experiments of S^3 -SIRIUS at GANIL.

[1] Rubert J., Piot J., Asfari Z., Gall B.J.P., et al., (2012) Nucl Instr and Meth B 276 (2011) 33–37

[2] Greenlees P.T., Rubert J., Piot J., Gall B.J.P. et al., Phys. Rev. Lett. 109 (2012) 012501

[3] Gall B. & Greenlees P.T., Nucl. Phys. News 23 #3 (2013) 27-31

[4] Rubert J., Gall B.J.P., Dorvaux O., Greenlees P.T., Asfari Z. et al., to be published.