

---

# Synthèse de nouveaux éléments superlourds et spectroscopie d'éléments lourds

(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<sup>e</sup> 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'oganesson ( $Z=118$ ) avec seulement quatre noyaux observés (3 en 2006 et 1 en 2012) [1]. Ces noyaux de  $^{294}\text{Og}$  ont été produits à Dubna (Russie) par la fusion de noyaux de  $^{48}\text{Ca}$  ( $Z=20$ ) et de  $^{249}\text{Cf}$  ( $Z=98$ ) suivie par l'évaporation de 3 neutrons. L'élément le plus difficile à découvrir fut le nihonium ( $Z=113$ ) [2]. 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  $^{50}\text{Ti}$  ( $Z=22$ ),  $^{51}\text{V}$  ( $Z=23$ ) et  $^{54}\text{Cr}$  ( $Z=24$ ) et les installations capables de les produire.

Au travers de son expertise tant en analyse de données rares que qu'en développements de faisceaux isotopiques [3] et de cibles, le groupe DNE est un élément moteur de ces programmes qui devront nous permettre de découvrir ces éléments dans les mois et années qui viennent. Notre tentative de synthèse d'oganesson en 2017 à RIKEN a donné une limite haute à la production de cet élément à partir de  $^{50}\text{Ti}$  [4]. Avec la synthèse de plusieurs livermorium ( $Z=116$ ) réalisée à Berkeley [5] nous avons confirmé que ce faisceau permettait de découvrir l'élément 120 dès que nous pourrions monter la cible de  $^{249}\text{Cf}$  à Berkeley. Ce résultat a été récemment confirmé par nos collègues russes avec les faisceaux de  $^{50}\text{Ti}$  et  $^{54}\text{Cr}$  que nous avons développés à Dubna.

**Le stagiaire M2** se familiarisera avec les techniques d'analyses de données basées sur les corrélations génétiques. Il mettra en place son code d'analyse de données brutes qui lui permettra d'accéder aux noyaux produits et à l'étude de leurs propriétés. Il pourra s'initier aux recherches de chaînes de décroissances dans nos données superlourds récentes. Si le calendrier le permet, il participera aux prises de données sur nos sites expérimentaux.

**La thèse qui suivra** sera pour moitié consacrée à la synthèse de nouveaux éléments avec la quête du 119 à RIKEN (Japon) et celle du 120 à Berkeley (USA). Il participera aux prises de données et à leur analyse. Il participera aussi au démarrage de notre nouveau laboratoire cibles destiné à produire des feuilles d'alliages innovants pour les faisceaux extrêmement intenses. Il participera également à notre programme de développement SHEXI sélectionné en 2025 pour un financement d'excellence ANR ainsi qu'au démarrage de l'équipement d'excellence S3-SIRIUS au GANIL.

[1] Yu. Ts. Oganessian et al., Nucl. Phys. A 944 (2015) 62-98

[2] K. Morita. Nucl. Phys. A 944 (2015) 30–61.

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

[4] B. J.P. Gall et al., J. Phys. Soc. Jpn., 94, 2025

[5] J.M. Gates et al., Phys. Rev. Lett., 133:172502, 2024

---

# Synthesis of new superheavy elements and spectroscopy of heavy element

(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 oganesson ( $Z=118$ ) with only four nuclei observed (3 in 2006 and 1 in 2012) [1]. These  $^{294}\text{Og}$  nuclei were produced in Dubna, Russia, by fusion of  $^{48}\text{Ca}$  ( $Z=20$ ) and  $^{249}\text{Cf}$  ( $Z=98$ ) nuclei followed by evaporation of 3 neutrons. The most difficult element to discover was the nihonium ( $Z=113$ ) [2]. 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  $^{50}\text{Ti}$  ( $Z=22$ ),  $^{51}\text{V}$  ( $Z=23$ ), and  $^{54}\text{Cr}$  ( $Z=24$ ) and installations able to produce them. Thanks to his expertise, the DNE group is present on these 3 programmes. They should lead us to discover new elements in the close coming years.

Through its expertise in both the analysis of rare data and in the field of isotopic beams [3] and targets, the DNE group is a driving force in these international programs, which should enable us to discover these elements in the coming months and years. Our attempt to synthesize oganesson in 2017 at RIKEN set an upper limit on the production of this element using  $^{50}\text{Ti}$  [4]. With the synthesis of several livermorium nuclei ( $Z=116$ ) achieved at Berkeley [5], we confirmed that this beam could allow the discovery of element 120 as soon as we are able to install the  $^{249}\text{Cf}$  target at Berkeley. This result was recently confirmed by our Russian colleagues using the  $^{50}\text{Ti}$  and  $^{54}\text{Cr}$  beams that we developed at Dubna.

**The Master's student** will become familiar with data analysis techniques based on genetic correlations. He will develop his own raw data analysis code, which will allow him to identify the nuclei produced and study their properties. He will also have the opportunity to search for decay chains in our recent superheavy element data. If the schedule allows, he will participate in data collection at our experimental sites.

**The subsequent PhD project** will be devoted in part to the synthesis of new elements, with the search for element 119 at RIKEN (Japan) and element 120 at LBNL Berkeley (USA). The student will take part in both data acquisition and analysis. He will also contribute to the first experiments in our new target laboratory, dedicated to producing innovative alloy foils for extremely intense beams. In addition, he will participate in our SHEXI development program, selected in 2025 for ANR excellence funding, as well as in the commissioning of the S3-SIRIUS equipment of excellence at GANIL.

[1] Yu. Ts. Oganessian et al., Nucl. Phys. A 944 (2015) 62-98

[2] K. Morita. Nucl. Phys. A 944 (2015) 30–61.

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

[4] B. J.P. Gall et al., J. Phys. Soc. Jpn., 94, 2025

[5] J.M. Gates et al., Phys. Rev. Lett., 133:172502, 2024