



Paris, le 3 novembre 2015

COMMUNIQUE DE PRESSE

Information sous embargo jusqu'au 3 novembre 23h

Une expérience franco-japonaise en quête des nombres magiques nucléaires

Une équipe franco-japonaise impliquant notamment des chercheurs du CEA, du CNRS, de l'Université Paris-Sud et de l'Université de Strasbourg, a conçu une expérience pour étudier des noyaux atomiques parmi les plus instables qui existent. Leurs premiers résultats sont publiés le 3 novembre 2015 dans *Physical Review Letters*. Les scientifiques avancent ainsi dans la compréhension des manifestations de l'interaction forte, une des quatre forces fondamentales de la nature, qui régit le comportement de la matière au sein des noyaux atomiques.

Quatre forces fondamentales régissent notre monde visible : la gravitation, l'interaction électromagnétique, l'interaction faible, responsable de la radioactivité, et l'interaction forte au cœur de la matière. La force nucléaire, dérivée de l'interaction forte, lie les nucléons (protons et neutrons) entre eux au sein du noyau des atomes. Elle est à l'origine de phénomènes quantiques complexes et de la fabrication des atomes, des plus légers aux plus lourds, dans les étoiles.

Certains noyaux, pour des nombres spécifiques de neutrons et protons, sont particulièrement stables par rapport aux autres. Les physiciens parlent alors de 'noyaux magiques'. Ils cherchent à comprendre les mécanismes responsables de cette stabilité relative et une description universelle des noyaux reste un défi pour les théories modernes.

Un programme d'excellence européen et un accélérateur japonais unique au monde

Pour rechercher des éléments de réponse à ce défi, le système Minos, un instrument scientifique a été construit pour effectuer la spectroscopie des noyaux instables, c'est-à-dire mesurer leurs niveaux d'énergie. Il est opérationnel depuis 2014 auprès de l'accélérateur *Radioactive Isotope Beam Factory* (RIBF) de l'institut de recherche japonais Nishina Center de Riken, la machine la plus performante au monde pour produire des noyaux riches en neutrons et observer des noyaux qui n'avaient encore jamais été étudiés.

Lever le mystère des nombres magiques

Au terme de cinq ans de développement technique au CEA et d'analyse de la première campagne expérimentale, l'équipe franco-japonaise vient de publier ses premiers résultats. La toute première expérience a permis d'étudier les noyaux de chrome et de fer les plus riches en neutrons accessibles à ce jour. Ces mesures sont publiées dans *Physical Review Letters* et questionnent le caractère magique de $N=50$ (nombre de neutrons) pour les noyaux riches en neutrons de cette région. Minos va continuer à être utilisé par d'autres expériences et la moisson de résultats ne fait que commencer. En particulier, il contribuera à élucider les mystères des nombres magiques pour les noyaux instables et à améliorer notre compréhension et modélisation du noyau atomique.

La participation française

Conçu et mis au point par une équipe de l'Institut de recherche sur les lois fondamentales de l'Univers (CEA Irfu), Minos est financé par le European Research Council (ERC), le programme d'excellence scientifique de l'Union européenne. L'ERC est la première agence de financement pan-européenne pour une « recherche à la frontière de la connaissance ». Initié en 2007, l'ERC constitue un des piliers du programme Horizon 2020.

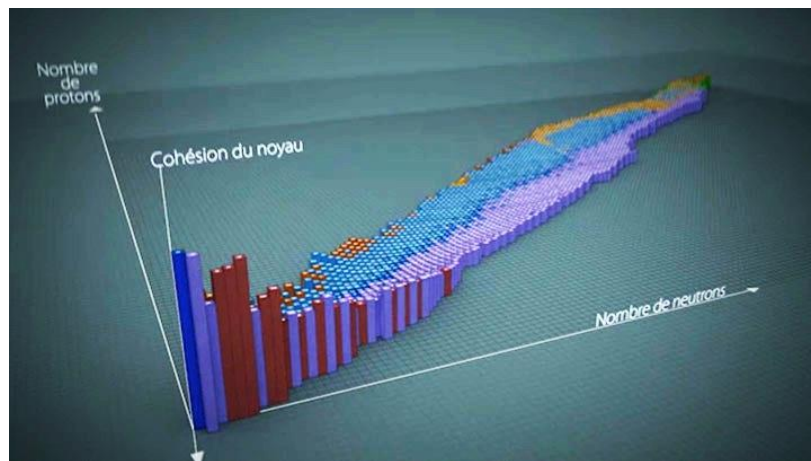
Les expériences ont été réalisées par les équipes de l'Irfu et de l'Institut de physique nucléaire d'Orsay (IPNO, CNRS/Université Paris-Sud). Les calculs théoriques ont été réalisés à l'Institut pluridisciplinaire Hubert Curien (IPHC, CNRS/Université de Strasbourg) et leur interprétation a impliqué l'IPHC et l'Irfu.

A propos du modèle en couches

Dans le noyau, la structure nucléaire est régie par l'interaction nucléaire entre les nucléons et dépend notamment des nombres de protons et de neutrons. Un modèle de structure nucléaire dit 'en couches' a été mis au point dans les années 40-50, grâce à l'étude des noyaux stables. Dans ce modèle, les nucléons sont rangés sur des niveaux d'énergie bien définis (appelés orbitales) de façon analogue aux orbitales des électrons dans le modèle atomique.

Pour certaines combinaisons de nombres de neutrons et protons, un noyau est particulièrement stable en comparaison de ses voisins lorsque des ensembles d'orbitales (les couches) sont entièrement remplies. Il est alors plus difficile à exciter et on parle dans ce cas de noyaux 'magiques'.

Le modèle en couches traditionnel établi avec les noyaux stables est remis en cause lorsqu'on étudie non plus les noyaux stables mais les noyaux radioactifs, aussi appelés 'noyaux instables'. De fait, les nombres magiques de protons et neutrons ne sont pas les mêmes pour les noyaux stables que pour les noyaux instables.



Les physiciens établissent les propriétés spectroscopiques des noyaux existants à l'état naturel ou synthétisés dans des accélérateurs de particules ou des réacteurs nucléaires. L'ensemble des noyaux connus forme la carte ci-dessus où ils sont classés en fonction de leur nombre de protons, de neutrons et de la cohésion du noyau. Ce diagramme forme ce que les physiciens appellent « la vallée de la stabilité ». © F. Durillon-Animéa/CEA

Référence

Extension of the $N = 40$ Island of Inversion towards $N = 50$: Spectroscopy of ^{66}Cr , $^{70,72}\text{Fe}$,
C. Santamaria et al., *Physical Review Letters*, 3 Novembre 2015. volume 115, eid 192501, doi 10.1103/PhysRevLett.115.192501.

Contact Presse

François Legrand - 01 64 50 20 11 - francois.legrand@cea.fr