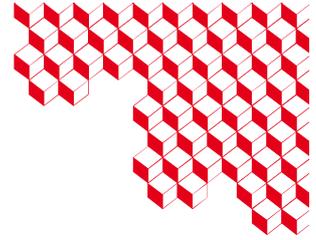




Institute of Research into the
Fundamental laws of the Universe

Nuclear Physics Department



PhD Defense on Tuesday, September 26th 2023, 10 a.m.

Bat 703, Room 135, CEA Saclay, Orme des Merisiers

Andrea PORRO

DPhN LENA

Ab initio description of monopole resonances in light- and medium-mass nuclei

Giant resonances (GRs) are the clearest manifestation of collective motions in the atomic nucleus. They can best be imagined in terms of vibrations of the nuclear surface in a liquid-drop picture, in which most, if not all, the nucleons take part to the process. In particular, the Giant Monopole Resonance (GMR) is also directly linked to the incompressibility of infinite nuclear matter, a key quantity entering the nuclear equation of state.

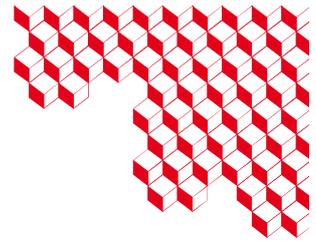
The GMR has largely been investigated, from a theoretical perspective, via the Quasiparticle Random Phase Approximations (QRPA) in the context of Energy Density Functional theories. In this frame, phenomenological interactions are used to solve the many-body Schrödinger equation under the assumption that excited states can be described as harmonic vibrations on an uncorrelated ground state, possibly breaking the symmetries of the nuclear Hamiltonian.

The last twenty years, in parallel, the so-called *ab initio* methods became a reliable tool to access nuclear ground-state properties, starting from realistic interactions rooted into the underlying quantum chromodynamics via chiral Effective Field Theory. *Ab initio* QRPA solvers were also developed, nowadays addressing Giant Resonances (GRs) in (doubly-) open-shell systems.

In this work, the Projected Generator Coordinate Method (PGCM) is used in an *ab initio* context for the first time to investigate the GMR in light- and medium-mass nuclei. This method is powerful to overcome some drawbacks, implicit in the formalisation of deformed QRPA; also, it allows treating the presence of anharmonic effects in an exact fashion. The comparison to consistent QRPA calculations is explicitly addressed, establishing *ab initio* PGCM as a trustful method to investigate the Physics of GRs.

LENA laboratory Nuclear Structure Theory Group
https://irfu.cea.fr/en/Phocece/Vie_des_labos/Ast/ast_visu.php?id_ast=4071

Contact: andrea.porro@cea.fr - +33 1 69 08 24 36



Soutenance de thèse le mardi 26 septembre 2023, 10h

Bat 703, Salle 135, CEA Saclay, Orme des Merisiers

Andrea PORRO

DPhN LENA

**Description des résonances monopolaires pour des noyaux
de masse légère et moyenne par des méthodes *ab initio***

Les Résonances Géantes (GRs) sont l'une des manifestations les plus évidentes des comportements collectifs au sein du noyau atomique. En utilisant une représentation inspirée du modèle de la goutte liquide, ce phénomène peut s'interpréter comme des vibrations de la surface nucléaire dans lesquelles prend part l'ensemble des nucléons. En particulier, la Résonance Géante Monopolaire (GMR) est directement reliée à l'incompressibilité nucléaire, une quantité fondamentale dans l'équation d'état nucléaire.

La GMR a été largement étudiée sur le plan théorique grâce à la *Quasiparticle Random Phase Approximation* (QRPA) basée sur des fonctionnelles énergie de la densité. Dans ce cadre, des interactions phénoménologiques sont utilisées pour résoudre le problème à N corps nucléaire sous l'hypothèse que les états excités soient des vibrations harmoniques d'un état non corrélé, qui brise potentiellement les symétries de l'hamiltonien nucléaire.

À partir des années 2000, les méthodes dites *ab initio* se sont imposées pour l'étude des propriétés de l'état fondamental des noyaux. Elles se proposent de partir de la théorie sous-jacente, c'est-à-dire la chromodynamique quantique, pour obtenir des interactions réalistes. Les codes numériques QRPA *ab initio* développés récemment permettent aujourd'hui d'accéder aux résonances géantes des systèmes à couches ouvertes.

Dans ce travail, la Méthode de la Coordonnée Génératrice (PGCM) a été utilisée pour la première fois afin d'étudier de manière *ab initio* la GMR des noyaux de masse légère et moyenne. Cette méthode est efficace pour contourner certaines limitations implicites aux calculs QRPA déformés, tout en permettant de traiter les effets anharmoniques. Notamment, la comparaison avec des calculs QRPA démontre que la PGCM *ab initio* est une méthode de choix pour l'étude des résonances géantes.

Laboratoire LENA- Groupe de Structure Nucléaire Théorique
https://irfu.cea.fr/Phocea/Vie_des_labos/Ast/ast_visu.php?id_ast=4070

Contact: andrea.porro@cea.fr - +33 1 69 08 24 36
