



Sujet de thèse:

Description de mouvements collectifs dans les noyaux d'atome au-delà de l'approche de la fonctionnelle de la densité dépendant du temps

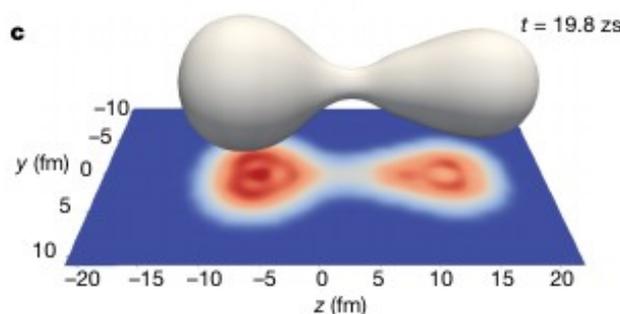
Contexte :

Prédire l'organisation et la dynamique des neutrons et protons au sein des noyaux d'atome est un véritable défi scientifique, crucial pour concevoir les technologies nucléaires du futur mais aussi pour répondre à des questions fondamentales comme l'origine des atomes lourds dans notre univers. Dans ce cadre, le CEA, DAM, DIF développe des approches théoriques visant à simuler la dynamique des constituants élémentaires du noyau atomique. Les équations du mouvement obtenues, dans le cadre de la mécanique quantique, sont résolues sur nos supercalculateurs. Les années 2010 ont vu une montée en puissance de l'approche dite de la fonctionnelle de la densité dépendant du temps (TDDFT) pour traiter ce problème. Malgré sa description révolutionnaire de certains phénomènes tels que les résonances géantes observées dans les noyaux d'atome ou encore la fission nucléaire, cette approximation possède des limites intrinsèques.

Objectifs :

Cette thèse vise à développer et explorer une nouvelle approche théorique permettant de décrire des mouvements collectifs de Fermions fortement corrélés. L'idée est de généraliser l'approche TDDFT afin de mieux décrire certaines observations comme l'amortissement des vibrations dans une gouttelette de Fermions. Partant de premiers travaux allant dans cette direction, le/la doctorante devra dériver les équations du mouvement de cette nouvelle approche puis les implémenter sous forme d'une librairie C++ optimisée et tirant profit des supercalculateurs du CEA. Le but sera alors d'étudier comment cette nouvelle approche améliore notre description de phénomènes tels que les résonances géantes dans les noyaux d'atomes ou encore la naissance des fragments générés lors d'une fission nucléaire.

Densité de matière dans un noyau d'atome en cours de fission



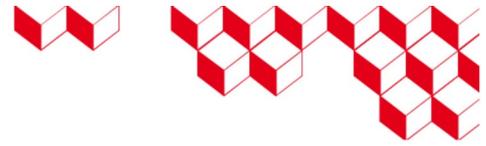
G. Scamps, C. Simenel, Nature (2019)

Qualités attendues chez le/la doctorant.e:

- Connaissances en mécanique quantique
- Appétence pour la programmation scientifique
- Notions en programmation C++ et/ou Python
- Aisance avec un environnement Linux
- Autonomie et force de proposition
- Capacité de présenter des résultats à l'oral comme à l'écrit

Encadrant:

David REGNIER
Université Paris-Saclay, CEA, LMCE
91680 Bruyères-le-Châtel, France
david.regnier@cea.fr
<https://www-lmce.cea.fr>



PhD title :

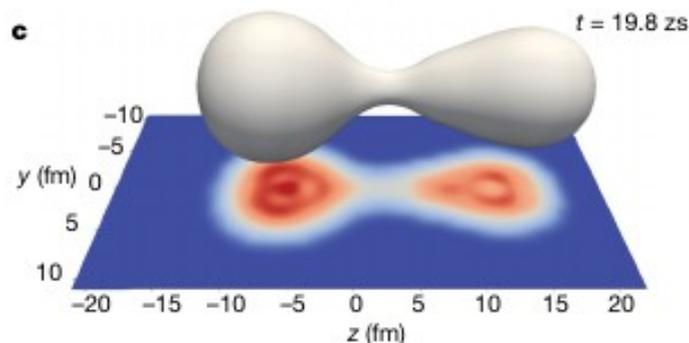
Description of collective motions in atomic nuclei beyond Time-Dependent Density Functional

Context :

Predicting the organization and dynamics of neutrons and protons within atomic nuclei is a significant scientific challenge, crucial for designing future nuclear technologies and addressing fundamental questions such as the origin of heavy atoms in our universe. In this context, CEA, DAM, DIF develops theoretical approaches to simulate the dynamics of the elementary constituents of atomic nuclei. The equations of motion, derived within the framework of quantum mechanics, are solved on our supercomputers. The 2010s saw the rise of the time-dependent density functional theory (TDDFT) approach for tackling this problem. While TDDFT has provided groundbreaking insights into phenomena such as giant resonances observed in atomic nuclei and nuclear fission, this approximation has intrinsic limitations.

Objectives :

This PhD project aims to develop and explore a novel theoretical approach to describe the collective motion of strongly correlated Fermions. The goal is to generalize the TDDFT framework to better describe observations such as the vibration damping in Fermions droplets. Building on initial work in this direction, the PhD candidate will derive the equations of motion for this new approach and implement them as an optimized C++ library designed to leverage the computational power of CEA's supercomputers. The objective will be to assess how this new theoretical framework enhances predictions of the damping of giant resonances in atomic nuclei and the formation of fragments during nuclear fission.



Matter density in a fissioning nucleus
G. Scamps, C. Simenel, Nature (2019)

Key skills

- Knowledge of quantum mechanics
- Interest in scientific programming
- Familiarity with C++ and/or Python programming
- Proficiency in a Linux environment
- Autonomy and initiative
- Ability to present results both orally and in writing

Supervisor:

David REGNIER
Université Paris-Saclay, CEA, LMCE
91680 Bruyères-le-Châtel, France
david.regnier@cea.fr
<https://www-lmce.cea.fr>