



Université Claude Bernard



# DIPLÔME NATIONAL DE DOCTORAT

(Arrêté du 25 mai 2016)

Date de la soutenance : **21 octobre 2022**

Nom de famille et prénom de l'auteur : **Monsieur DA COSTA Philippe**

Titre de la thèse : « *Interactions effectives de portée nulle et régularisées pour les calculs à l'approximation du champ moyen et au-delà* »



## Résumé

Au cours des dernières décennies, la méthode de la fonctionnelle de la densité d'énergie (« *Energy Density Functionnal* » ou EDF) a su s'imposer comme un outil de choix pour l'étude de l'ensemble de la carte des noyaux hormis les plus légers. À l'aide d'une interaction effective, d'un choix relativement simple pour la fonction d'onde décrivant le système et de l'application d'un principe variationnel, cette méthode permet de rendre compte d'un ensemble de propriétés du noyau atomique. Parmi ces propriétés on peut citer l'énergie ou la forme de l'état fondamental, les barrières de fission ou les bandes rotationnelles obtenues à l'aide de calculs à l'approximation du champ moyen (*single-reference*) ou encore les différents modes d'excitations du noyau qu'ils soient individuels ou collectifs à l'aide de calcul allant au-delà de l'approximation du champ moyen (*multi-reference*). Dans ce manuscrit, nous allons utiliser ce cadre théorique pour étudier les noyaux. Plus précisément nous allons discuter des propriétés et du pouvoir prédictif d'interactions effectives qui sont utilisées pour décrire différents systèmes nucléaires. Nous allons également présenter une nouvelle interaction effective permettant de résoudre certains problèmes rencontrés dans les calculs au-delà de l'approximation du champ moyen.

Dans la première partie nous mettrons l'accent sur la description de phénomènes liés à ce que l'on peut considérer comme la « surface » du noyau en utilisant une interaction de portée nulle (interaction de Skyrme). Cette étude s'inscrit dans la suite de travaux, initiés par R. Jodon, qui ont permis la création d'un protocole d'ajustement simple requérant principalement une contrainte sur le coefficient d'énergie de surface pour décrire différentes propriétés liées à la déformation. Nous partirons de ces résultats et étendrons le protocole en prenant en compte le terme à deux corps de la correction du mouvement du centre de masse lors de l'ajustement des paramètres de l'interaction puisqu'il a été démontré que ce terme a un impact direct sur les prédictions concernant les phénomènes liés à la déformation.

Dans la seconde partie, nous avons étudié des interactions de portée finie (de type « Gogny ») et leurs propriétés vis à vis d'instabilités de taille finie qui sont des transitions de phase non-physiques. Notre intérêt s'est plus particulièrement porté sur l'interaction D2 proposée par F. Chappert. Nous avons étudié les performances de cette interaction et surtout les améliorations apportées par

l'évolution du terme dépendant de la densité (ce terme étant de portée finie pour l'interaction D2 alors qu'il est de portée nulle pour les autres interactions de Gogny).

Toutes les interactions effectives discutées jusqu'à présent dans ce manuscrit contiennent un terme dépendant de la densité. Ce terme étant utilisé en raison de sa simplicité et parce qu'une interaction effective ne contenant que des termes à deux corps sans dépendance en densité ne permet pas de reproduire de manière satisfaisante les propriétés des noyaux et de la matière infinie à l'approximation du champ moyen. Il a cependant été démontré que ce terme dépendant de la densité conduisait à des problèmes formels et techniques pour les calculs au-delà de l'approximation du champ moyen.

Dans la dernière partie de ce manuscrit, dans le but d'avoir une interaction utilisable à l'approximation du champ moyen et au-delà, nous avons développé une interaction contenant des termes à deux corps régularisés et contenant un terme à trois corps « semi-régularisé » permettant de s'affranchir du terme dépendant de la densité. Cette interaction est la première permettant d'obtenir des résultats raisonnables à l'approximation du champ moyen et ne contenant pas de dépendance en densité ce qui ouvre la porte aux calculs au-delà du champ moyen. Ce manuscrit contient une description détaillée de la structure de cette interaction et du protocole qui a été utilisé pour ajuster ses paramètres.