



Projet personnel
3^e année de Bachelier en sciences physiques
Service de Physique Nucléaire et Subnucléaire

Méthodes algébriques en mécanique quantique

Des méthodes algébriques simples peuvent être utilisées pour résoudre des problèmes de mécanique quantique. Le cas de l'oscillateur harmonique est sans doute le plus connu, mais d'autres problèmes peuvent être traités.

Le but du projet est de résoudre plusieurs systèmes quantiques par ces méthodes algébriques en construisant explicitement les opérateurs d'échelles associés et en examinant les conditions d'existence. Le cas particulier de l'oscillateur harmonique sera également revisité en calculant ses états propres sans devoir résoudre la moindre équation différentielle.

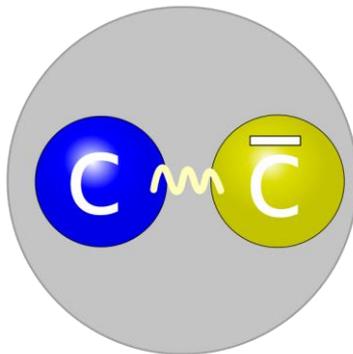
Ce travail sera effectué sous la supervision de Claude Semay.



Projet personnel
3^e année de Bachelier en sciences physiques

Service de Physique Nucléaire et Subnucléaire

Spectre des quarkoniums



Un quarkonium est un système lié d'un quark et d'un antiquark, comme illustré sur la figure ci-contre. Lorsque les quarks sont suffisamment massifs, une étude du quarkonium par l'équation de Schrödinger est tout à fait pertinente, pour autant qu'on utilise des potentiels d'interaction réalistes.

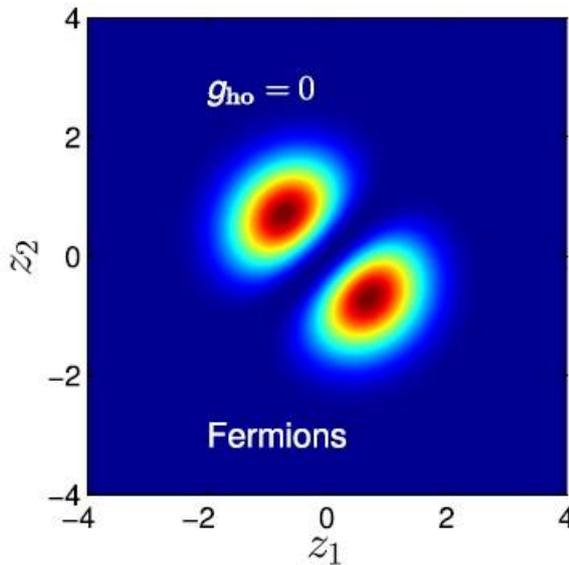
Le but du projet est de calculer les spectres de différents quarkoniums en utilisant une méthode variationnelle de résolution de l'équation de Schrödinger indépendante du temps qui fournit des bornes supérieures des niveaux d'énergie et des approximations des fonctions propres. Le principe est de développer des fonctions dites d'essai dans une base de fonctions connues. Le choix se portera sur les fonctions propres du puits infini. Les calculs numériques pourront se faire, soit au moyen du logiciel Mathematica, soit dans le langage Python.

Ce travail sera effectué sous la supervision de Claude Semay.



Projet personnel
3^e année de Bachelier en sciences physiques
Service de Physique Nucléaire et Subnucléaire

Deux et trois particules dans un piège quantique



L'étude de particules quantiques dans un piège apporte beaucoup d'informations sur le comportement différencié des fermions et des bosons.

Le but du projet est de résoudre par une méthode variationnelle les équations de Schrödinger indépendantes du temps pour deux et trois particules identiques dans un espace unidimensionnel piégées dans un potentiel harmonique et interagissant par une interaction de contact. Le projet nécessitera la création de codes de calcul écrit en Python.

$$\hat{H} = \sum_i \left\{ -\frac{\hbar^2}{2m_0} \frac{d^2}{dx_i^2} + \hat{V}_{\text{conf}}(x_i) \right\} + \sum_{i < j} \hat{V}_{\text{int}}(|x_i - x_j|)$$

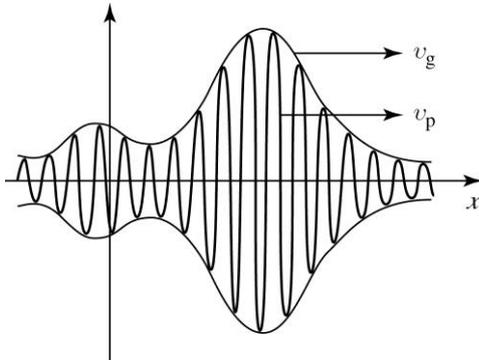
Ce travail sera effectué sous la supervision de Claude Semay.



Projet personnel
3^e année de Bachelier en sciences physiques

Service de Physique Nucléaire et Subnucléaire

Paquets d'ondes libres



En mécanique classique le mouvement d'une particule libre est décrit par une équation très simple dont la solution est un mouvement rectiligne à vitesse uniforme. En mécanique quantique, la résolution de l'équation de Schrödinger libre est un problème subtil donnant lieu à la notion de paquets d'ondes. Il s'agit d'enveloppes contenant un nombre arbitraire d'ondes élémentaires dont la propagation fait apparaître deux vitesses distinctes : la vitesse de phase et la vitesse de

groupe, cette dernière étant associée à la vitesse de la particule.

Le but du projet est d'étudier la physique de paquets d'ondes et d'examiner les liens entre les dynamiques classique et quantique des particules libres.

Ce travail sera effectué sous la supervision de Claude Semay.

Construction des fonctions d'ondes spin-saveur des baryons

Au début du XXe siècle, les physiciens pensaient qu'il n'y avait que 4 particules fondamentales : le proton, le neutron, l'électron et le photon. Cependant, dans les années qui suivent, d'autres particules exotiques furent découvertes, les hadrons. La tâche des physiciens étaient maintenant de classer ces particules et de déterminer leur structure interne. En 1961, Murray Gell-Mann proposa un modèle inspiré par des similitudes dans les masses de ces particules. Cette classification associe à chaque particule une représentation du groupe $SU(3)$ (voir figure ci-dessous). En incluant le spin, qui est associé au groupe $SU(2)$, il est possible de construire les fonctions d'ondes des hadrons les plus légers en étudiant le groupe $SU(6)$.

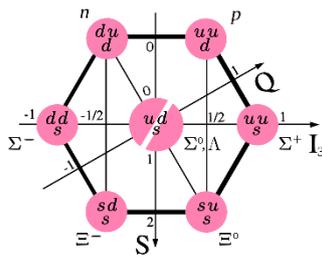


Figure : Décuplet des baryons à spin-1/2

L'objectif du stage est d'étudier les représentations du groupe $SU(6)$ en utilisant les tableaux de Young et de construire les fonctions d'ondes spin-saveur des baryons.

Ce travail sera effectué sous la supervision de Lorenzo Cimino.