

Groupe THEORIE

Journée M2PSA du 19 octobre 2017

Michel Rausch de Traubenberg, pour le Groupe THEORIE

IPHC/DRS et Université de Strasbourg

michel.rausch@iphc.cnrs.fr

Membres permanents

6 enseignants-chercheurs

- M. Johann BARTEL, Maître de Conférences Émerite
- M. Jerzy DUDEK, Professeur Émerite
- Mme Marianne DUFOUR, Maître de Conférences
- M. Hervé MOLIQUE, Maître de Conférences
- M. Janos POLONYI, Professeur
- M. Michel RAUSCH de TRAUBENBERG, Professeur

4 chercheurs CNRS

- M. Etienne CAURIER, Directeur de Recherches Emérite
- M. Rimantas LAZAUSKAS, Chargé de Recherches
- M. Frédéric NOWACKI, Directeur de Recherches
- Mme Kamila SIEJA, Chargée de Recherches

contact: prenom.nom@iphc.cnrs.fr

Etudiants en thèse

- Ines Rachid (Polonyi)

contact: prenom.nom@iphc.cnrs.fr

ACTIVITES DE RECHERCHE

**J. Bartel, E. Caurier, J. Dudek, M. Dufour, R. Lazauskas,
H. Molique, F. Nowacki, K. Sieja**

- Systèmes "few-body"
- Noyaux exotiques
- Evolution des couches loin de la stabilité
- Fusion-fission
- Réactions d'intérêt astrophysique
- Equation Faddeev-Yakubovsky
- Modèles en amas
- Modèle en couches
- Modèle de champ moyen auto-cohérent
- Décroissance double β et physique du neutrino.

J. Bartel, **E. Caurier**, J. Dudek, M. Dufour, R. Lazauskas,
H. Molique, **F. Nowacki**, **K. Sieja**

- Systèmes "few-body"
- **Noyaux exotiques**
- **Evolution des couches loin de la stabilité**
- Fusion-fission
- **Réactions d'intérêt astrophysique**
- Equation Faddeev-Yakubovsky
- Modèles en amas
- **Modèle en couches**
- Model de champ moyen auto-cohérent
- **Décroissance double β et physique du neutrino.**

J. Polonyi, M. Rausch de Traubenberg

- Théories de jauges (non)commutatives
- Condensat de Bose-Einstein
- Effets non perturbatifs
- Groupe de renormalisation
- Décohérence
- Supergravité :
 - 1 étude formelle
 - 2 étude de nouvelles solutions : applications en phénoménologie et cosmologie
- Théorie des groupes
 - 1 Rédaction d'un livre "pratique"
 - 2 Étude mathématique de structures exceptionnelles en relation avec les octonions – applications pour les GUT
- Théorie quantique des champs :
modèle de Euler-Heisenberg (formalisme de ligne d'univers)

J. Polonyi, M. Rausch de Traubenberg

- Théories de jauges (non)commutatives
- Condensat de Bose-Einstein
- Effets non perturbatifs
- Groupe de renormalisation
- Décohérence
- **Supergravité :**
 - ① étude formelle
 - ② étude de nouvelles solutions : applications en phénoménologie et cosmologie
- **Théorie des groupes**
 - ① Rédaction d'un livre "pratique"
 - ② Étude mathématique de structures exceptionnelles en relation avec les octonions – applications pour les GUT
- **Théorie quantique des champs :**
modèle de Euler-Heisenberg (formalisme de ligne d'univers)

Sujet de master proposé:

De la force radiative gamma à basse énergie vers l'origine des éléments dans l'Univers

Les éléments plus lourds que le fer sont créés par un processus de nucléosynthèse, dit capture rapide neutronique (*r-process*), qui a lieu lors des explosions de supernovae ou lors des collisions des étoiles à neutron. De nos jours, c'est le moins connu de tous les processus de nucléosynthèse et les chercheurs n'arrivent toujours pas à modéliser correctement les abondances des éléments observés dans l'Univers.

La connaissance du taux de capture neutronique est nécessaire pour environ 8000 noyaux afin de pouvoir modéliser et comprendre ce processus astrophysique. Les mesures de taux de réaction de ce type sont possibles seulement dans les noyaux stables et ceux avec des durées de vie longues. Pour cela, les modèles astrophysiques et les applications se fient à des prédictions théoriques, souvent basées sur des modèles assez simples des densités de niveaux nucléaires et de la force radiative gamma, qui sont les composants principaux des calculs de taux de réaction de capture neutronique.

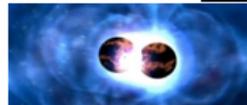
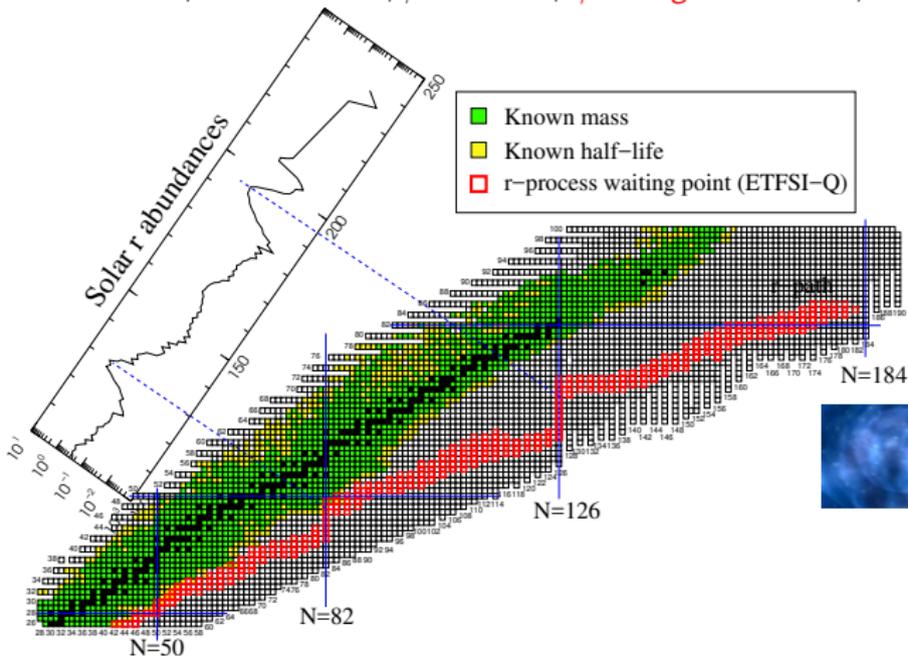
Récemment, grâce aux calculs théoriques de type modèle en couches à grande échelle, nous avons pu examiner la force radiative gamma à basse énergie dans quelques noyaux de masse $A=43-45$ [1, 2]. Ceci a démontré une tendance différente de celle prévue par certains modèles analytiques et les approches QRPA [3]. Les études plus systématiques dans d'autres régions de masse menés actuellement ont pour but de contraindre au mieux la force radiative à basse énergie et d'évaluer l'impact des effets trouvés dans les calculs théoriques sur le taux de capture neutronique d'intérêt d'astrophysique.

L'objectif de ce stage est de se familiariser avec les approches théoriques employées pour décrire les observables d'intérêt d'astrophysique, de prendre en main les outils de modèle en couches (codes, interactions) et de participer aux calculs de la force radiative gamma à basse énergie dans les noyaux de la masse moyenne. Le stage sera suivi par une proposition de thèse pour l'année 2018.

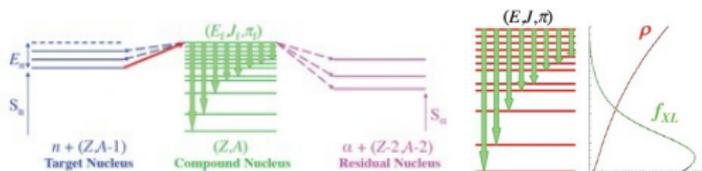
Ce travail fait partie du projet de recherche « Gamma Strength » en collaboration avec le groupe de structure nucléaire du CEA/ DAM Bruyères-le-Châtel et avec S. Goriely, astrophysicien de l'Université Libre de Bruxelles.

Making gold in nature: r-process nucleosynthesis

☛ Nuclear models are needed to provide input for r-process simulations:
masses, *level densities*, β half-lives, γ -Strength Functions, fission barriers...



Radiative neutron capture reactions

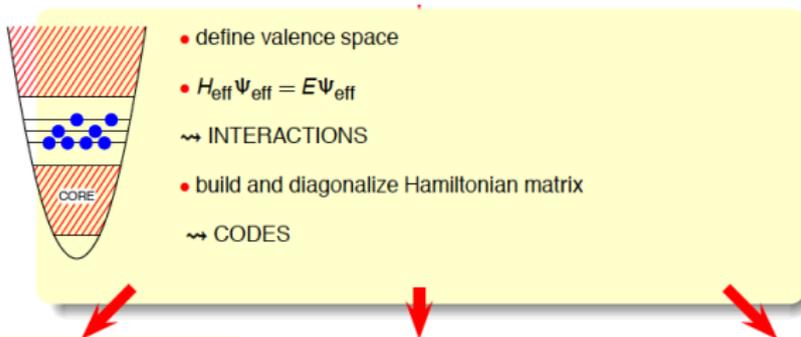


In the Hauser-Feshbach model for radiative neutron capture:

$$\sigma(n, \gamma) \approx \sum_{J, \pi} T_{\gamma}(J^{\pi}) = \sum_{J^{\pi} X L} \int 2\pi \epsilon_{\gamma}^{2L+1} f_{XL}(\epsilon_{\gamma}) \rho(E, J, \pi) d\epsilon_{\gamma}$$

- Low-energy enhancement of γ - Strength Functions observed recently in stable nuclei.
- It can alternate (n, γ) rates by a factor 10!
- Origin and extent of this phenomenon remain a mystery. Theoretical investigations are required.
- Large Scale Shell Model is currently the only nuclear structure model that can describe properly the radiative decay.

Large Scale Shell Model



Weak processes:

- β decays
- $\beta\beta$ decays

$$[T_{1/2}^{0\nu}(0^+ \rightarrow 0^+)]^{-1} = G_{0\nu} |M^{0\nu}|^2 (m_\nu)^2$$

↔ ASTROPHYSICS

↔ PARTICLE PHYSICS

Collective excitations:

- deformation, superdeformation
- superfluidity
- symmetries

Shell evolution far from stability:

- Shell quenching
- New magic numbers

↔ ASTROPHYSICS

-known as well as Configuration Interaction in chemistry and solid state physics

-variational method of solving many-body Schrödinger equation

Quelques remarques

- Les compétences acquises:
 - connaissances en structure et réactions nucléaires
 - en astrophysique nucléaire,
 - de méthodes des mélanges de configurations, modèle en couches à grande échelle,
 - prise en main des codes SM.
- Les compétences requises:
 - connaissances de fortran (ou autre langage de programmation), systèmes unix, linux,
 - connaissance de l'anglais.

☞ Les résultats obtenus feront l'objet d'une publication.

☞ Le sujet de ce stage constitue la base d'un projet de thèse qui sera proposé l'an prochain (*Nuclear observables for nucleosynthesis models*).

Encadrante du stage

Kamila SIEJA

kamila.sieja@iphc.cnrs.fr

Tél : 03 88 10 61 67

Localisation au sein de l'IPHC

Bâtiment 27, 2ème étage, bureau 212

Sujet de master proposé:

Proposition de sujet de stage M2 (2018) à l'Institut de Pluridisciplinaire Hubert Curien (IPHC)

Aspects formels et phénoménologiques de la SUSY : des principes de construction aux prédictions pour les collisionneurs

Le Modèle Standard de la physique des particules constitue le cadre théorique communément admis pour la description des phénomènes physiques à l'échelle des constituants élémentaires. Il est essentiellement basé sur la théorie quantique des champs et sur des principes de symétries liées d'une part au principe d'équivalence de la relativité restreinte (symétrie d'espace-temps) et d'autre part à l'invariance de jauge (symétries internes). Malgré un bon accord avec l'expérience, le Modèle Standard comporte des problèmes conceptuels qui laissent à penser qu'il existe une théorie plus fondamentale dont le Modèle Standard serait une théorie limite à basse énergie. Parmi les extensions possibles, la supersymétrie, qui est une extension non-triviale de l'algèbre de Poincaré, propose des solutions élégantes qui résolvent certains problèmes conceptuels du Modèle Standard.

Le présent sujet de stage est dédié à l'étude de la supersymétrie et se décline en deux volets : un volet formel consacré à la construction du modèle supersymétrique renormalisable le plus général couplant matière et champs de Yang-Mills ou de jauge supersymétrique, et un volet phénoménologique qui s'intéresse à un modèle supersymétrique réaliste, le NMSSM (Next-to-Minimal Supersymmetric Standard Model), et à ses signatures expérimentales.

Afin de construire le modèle supersymétrique couplant champs de matière et de jauge, l'étudiant approfondira ses connaissances sur les groupes de Poincaré et de Lorentz. Il devra maîtriser le calcul spinoriel et acquérir les compétences de base sur les symétries de l'espace-temps et son extension en supersymétrie. Une fois ces connaissances acquises, l'étudiant se familiarisera avec l'outil du superspace qui facilite grandement les calculs. Il s'attachera ensuite à construire le modèle de Wess-Zumino décrivant la matière et couplera celui-ci aux théories de jauge ou de Yang-Mills supersymétriques.

Dans une deuxième partie, les principes de construction de la supersymétrie seront appliqués au NMSSM après avoir pris en compte les termes qui brisent la supersymétrie de façon dite "douce" puis calculé *via* un programme informatique les matrices de masse pertinentes. On s'intéressera à une désintégration exotique du boson de Higgs du Modèle Standard et on étudiera la sensibilité de cette signature expérimentale dans le cadre de la phase 2 du détecteur CMS (Compact Muon Solenoid). En particulier, on quantifiera l'impact de l'augmentation de l'énergie dans le centre de masse des collisions et des conditions de *pile-up* (nombre d'interactions par croisement de faisceau).

Responsables de stage : RAUSCH DE TRAUBENBERG Michel (Prof) & CONTE Eric (MdC)
Téléphone : +33 (0)3 88 10 6533 & +33 (0)3 88 10 6385

Email : michel.rausch@iphc.cnrs.fr & eric.conte@iphc.cnrs.fr

Composition de l'équipe Théorie : J. Bartel (MC émérite), E. Caurier (DR émérite), J. Dudek (Pr émérite), M. Dufour (MC), R. Lazauskas (CR), H. Molière (MC), F. Nowacki (DR), J. Polonyi (Pr), I. RACHID (étudiant) M. Rausch de Traubenberg (Pr), K. Sieja (CR).

Encadrante du stage

Éric Conte et Michel Rausch de Traubenberg

eric.conte@iphc.cnrs.fr et michel.rausch@iphc.cnrs.fr

Tél : 03 88 10 63 85 et 03 88 10 65 33

Localisation au sein de l'IPHC

Bâtiment 21, 1er étage, bureau 106
Bâtiment 27, 2ème étage, bureau 203