

Prospectives Nationales 2020-2030 Physique Nucléaire et Astrophysique Nucléaire

Déclaration d'intention de contribuer aux perspectives

Question cadre : Comment arriver à une approche unifiée pour la structure et les réactions ?

Contribution bipartite composée de (ordre alphabétique)

Nom, Prénom, laboratoire

BOULAND Olivier, CEA/DEN/DER/SPRC/LEPh, C.E. Cadarache
LEAL, Luiz Carlos, IRSN IRSN/PSN-EXP/SNC/LN, Fontenay-aux-Roses

La méthode classique d'évaluation des données nucléaires pour la Physique des réacteurs, en vigueur depuis quatre décennies, atteint maintenant ses limites (quelques pourcent) en terme de réduction des incertitudes sur les sections efficaces neutroniques. Cette réduction des incertitudes s'articule autour des points suivants : la question de l'innovation technologique en terme expérimental, la propagation complète des matrices de variances-covariances expérimentales jusqu'au processus d'ajustement des paramètres de modèle, de la cohérence interne des modèles et leur fondement théorique et finalement de l'exhaustivité des informations expérimentales (en énergie, en types d'observable). En dehors de la question technologique non traitée ici, partie de la solution est reliée au champ actuellement trop restreint de la spectroscopie neutronique qui limite l'apport en terme d'informations expérimentales et au support théorique trop consanguin à notre discipline. Nos axes de recherche nous ont amené à définir un cadre plus universel (niveau fondamental du système composé formé) pour réaliser l'ajustement des paramètres du modèle en fonction de l'énergie d'excitation (centre de masse de l'interaction) et non plus de l'énergie de la particule incidente dans le laboratoire. Le type de paramètres précédemment ajustés (la largeur à mi-hauteur observée des résonances (état propre λ) qui dépend de l'énergie ; Γ_λ) est lui aussi recentré vers les paramètres fondamentaux du modèle (les amplitudes réduites de désexcitation indépendantes de l'énergie de l'état propre; γ_λ). En changeant de cadre de travail, les états d'énergie en dessous du seuil d'émission de la particule incidente (états liés) sont maintenant d'énergie positive, de sens physique et explicitement rattachés pour les noyaux légers aux informations de l'astrophysique (durées de vie telles communiquées dans la compilation d'Ajzenberg-Selove¹) et éventuellement calculables par les modèles de structure nucléaire. Ce changement de philosophie dans l'évaluation des sections efficaces implique la modélisation effective simultanée de toutes réactions nucléaires ouvertes menant au même système composé ; notamment les réactions de cinématique directe et réactions réciproques comme par exemple pour le système $^{17}\text{O}^*$, les sections efficaces mesurées $^{16}\text{O}(n,\alpha)^{13}\text{C}$ et $^{13}\text{C}(\alpha,n)^{16}\text{O}$. Ce qui a terme doit aboutir à une compilation de paramètres rattachés seulement au noyau traité (au sens structure nucléaire) et non pas à un mélange de grandeurs relatives soit au noyau cible, soit au système composé. Le nouveau cadre amène aussi ses vertus pour les noyaux lourds avec la voie compétitive de fission dont le seuil s'ouvre soit au-dessus du seuil d'émission neutronique (noyaux fertiles), soit en dessous (noyaux fissiles). Dans les deux cas, le calcul de la barrière de fission, rattachée aux états spécifiques de structure nucléaire des puits de l'état fondamental et de l'état isomérique, est cohérent avec l'échelle d'excitation du nouveau

¹ F. Ajzenberg-Selove, "Energy levels of light nuclei A=16-17," Nucl. Phys. A, vol. 460, p.1, 1986.

cadre dit « unifié ». Ce qui nous permet aussi d'intégrer explicitement les probabilités de désexcitation (par fission et désexcitation radiative) telles mesurées dans les expériences de substitution (« surrogate ») et bientôt en cinématique inverse (voies de fission, de désexcitation radiative et d'émission neutrons). Toutes mesurées en fonction de l'énergie d'excitation et impliquant les informations de structure nucléaire (quand elles sont disponibles théoriquement). Le but à terme de cet exercice est d'évaluer simultanément les sections efficaces neutroniques et particules chargées et éventuellement photons incidents sur une base cohérente. Notre objectif à moyen terme aussi réside dans la définition/création d'un fichier **restreint** de grandeurs fondamentales communes à la structure nucléaire, la physique des réacteurs et à l'astrophysique (actuellement en ordre dispersé) puisqu'une des clés de la réduction des incertitudes, au-delà de la diversification des observables, est le meilleur support théorique possible afin de fixer le maximum de paramètres sans avoir recours à leur ajustement. De même, le modèle de traitement des résonances résolues en énergie évolue de l'approximation Reich-Moore (considérant la voie de désexcitation radiative par son amplitude réduite totale ; somme de toutes les transitions individuelles $\gamma_{\lambda\gamma}$ de chaque état λ de la cascade) vers un formalisme pseudo-matrice R (= matrice R exacte + Reich-Moore) préservant l'information expérimentale disponible (les transitions individuelles $\gamma_{\lambda\gamma}$ mesurées via la partie purement matrice R du modèle) qui n'était pas utilisée précédemment.