

Résultats préliminaires pour la cinquième campagne INDRA pour des réactions Xe+Sn à basse énergie

Josiane MOISAN

GANIL, Caen - Université Laval, Québec, Canada



Résumé

Des données obtenues précédemment à l'aide du multidétecteur INDRA ont montré la survie inattendue de résidus lourds dans les réactions Xe+Sn à 25 MeV par nucléon. On peut supposer que ce résidu provient d'un noyau composé formé lors de collisions centrales s'étant désexcité. De nouvelles mesures effectuées à plus basse énergie, entre 8 et 20 MeV par nucléon, permettent de mieux comprendre la formation de ces résidus. Les résultats préliminaires provenant de ces mesures montreront des distributions en charges, avec et sans sélection sur les événements, pour chacune des énergies incidentes. On montrera que la charge du résidu le plus lourd détecté diminue avec l'énergie de bombardement.

5.1 Introduction

Lors des précédentes campagnes avec le multidétecteur 4π INDRA [1, 2], on a étudié les réactions Xe+Sn à des énergies entre 25 et 100 AMeV. Ces études ont montré la fragmentation de plus en plus dominante du système [3, 4, 5, 6, 7]. Ces événements représentent un régime de multifragmentation. En effet, les multiplicités des fragments allaient de 3 à 7. L'énergie d'excitation de ces fragments semblait augmenter avec l'énergie incidente puis saturer à 3 AMeV. Enfin, la charge moyenne du fragment le plus lourd diminuait de $Z = 37$ à $Z = 6$ avec l'énergie incidente. Tout proche du seuil de la multifragmentation, à 25 MeV par nucléon, on a pu montrer l'existence de fragments lourds atteignant des charges entre 60 et 70. Ces fragments avaient une distribution en vitesse centrée sur la vitesse du centre de masse du système. De plus ils étaient en coïncidence avec des multiplicités de particules chargées de l'ordre de 16 ainsi qu'avec deux fragments de masse intermédiaire en moyenne.

La survie de ces résidus à une énergie incidente de 25 AMeV peut suggérer la formation lors de collisions centrales d'un noyau composé chaud qui se désexcite par émission de neutrons, de particules légères chargées et de quelques fragments légers. Le résidu pourrait être formé par des fissions très asymétriques, des fluctuations des réactions binaires dissipatives [8] ou encore

par la fusion des deux partenaires à la limite de ce qui est autorisé par la répulsion coulombienne.

Pour mieux comprendre le processus conduisant à la production de ces résidus lourds, nous avons effectué des mesures à basse énergie, de 8 à 20 AMeV avec le multidétecteur INDRA (cinquième campagne). Ceci permettra d'extraire la fonction d'excitation de ces résidus. Pour ce faire, on veut déterminer la charge du résidu le plus lourd produit pour chacune des énergies. L'utilisation du multidétecteur de haute performance INDRA permettra de caractériser ces résidus ainsi que de montrer leur évolution en fonction de l'énergie de bombardement. De plus, il sera possible de compléter à plus basse énergie la systématique existante des réactions Xe+Sn déterminée à l'aide d'INDRA [3, 4, 5, 6, 7, 9, 10].

5.2 Aspects expérimentaux

L'expérience a été conduite au GANIL, avec le multidétecteur INDRA [1, 2]. INDRA détecte les produits de réaction chargés sur une surface d'environ 90% de l'espace 4π . Il est constitué de 17 anneaux de détection, chacun des anneaux contenant 12 ou 24 modules de détection pour un total de 336 modules de détection. Conçu de manière à tenir compte de la cinématique des réactions, pour les anneaux avant, c'est-à-dire pour des angles entre 3° et 45° , chaque module est formé par la succession d'une chambre d'ionisation, d'un détecteur silicium et un scintillateur d'iodure de césium. Les anneaux suivants ne contiennent qu'une chambre d'ionisation suivie d'un scintillateur d'iodure de césium. Les scintillateurs d'iodure de césium permettent l'identification en masse et en charge des particules légères chargées. Pour leur part, les chambres d'ionisation couplées à des siliciums permettent d'identifier en charge les fragments détectés jusqu'à des charges élevées. Pour les réactions utilisées dans cette analyse, dans le cas des charges $Z=1$ jusqu'à $Z=18$, l'erreur effectuée est d'environ $0.5Z$. En extrapolant cette identification, on obtient une erreur de $3Z$ pour l'élastique de xénon ($Z=54$). On utilise donc des calculs de pertes d'énergie, en tenant compte de l'erreur commise sur la charge du xénon pour extrapoler l'identification jusqu'à des charges autour de

90.

La calibration en énergie des détecteurs a été effectuée à l'aide de pics élastiques de xénon à 7 AMeV, de pics provenant d'une source alpha ainsi que de pics élastiques obtenus à partir de faisceaux secondaires sélectionnés par le spectromètre alpha du GANIL.

5.3 Résultats préliminaires

5.3.1 Identification des produits détectés

Pour déterminer la fonction d'excitation des résidus de fusion lourds, il est d'abord nécessaire de trouver le résidu maximal produit lors des réactions pour chacune des énergies incidentes utilisées. Pour ce faire, on doit identifier les produits détectés dans INDRA. Ceci a été rendu possible grâce aux cartes d'identification dE-E représentant la perte d'énergie dans la chambre d'ionisation en fonction de l'énergie perdue dans le silicium.

Dans la figure 5.1 on peut voir l'énergie perdue dans la chambre d'ionisation en fonction de l'énergie perdue dans le silicium des couronnes 4 et 5, c'est-à-dire pour un angle solide entre 7° et 14° , pour les réactions Xe+Sn aux énergies incidentes de 8, 12, 15 et 20 AMeV.

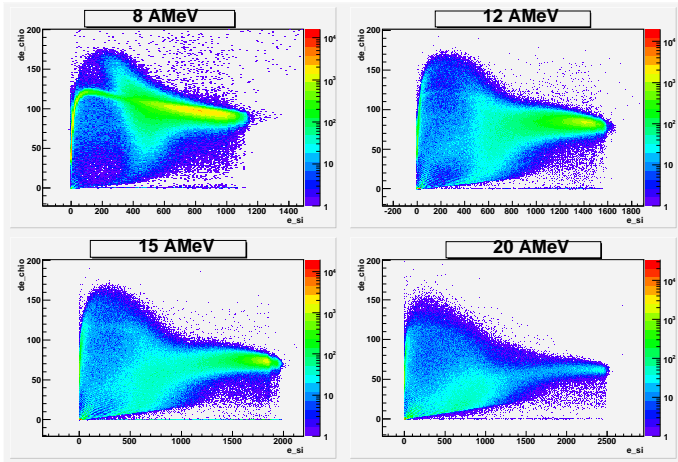


FIG. 5.1 – Energie perdue dans la chambre d'ionisation en fonction de l'énergie perdue dans le silicium dans les couronnes 4 et 5 (7° à 14°) pour la réaction Xe+Sn avec des énergies incidentes de 8, 12, 15 et 20 AMeV.

Ces cartes ont permis l'identification des produits de réaction. On peut y voir trois composantes : d'abord le quasi-projectile pour les plus hautes énergies du silicium (en x), une trainée à plus basse énergie du silicium correspondant à des événements binaires dissipatifs et

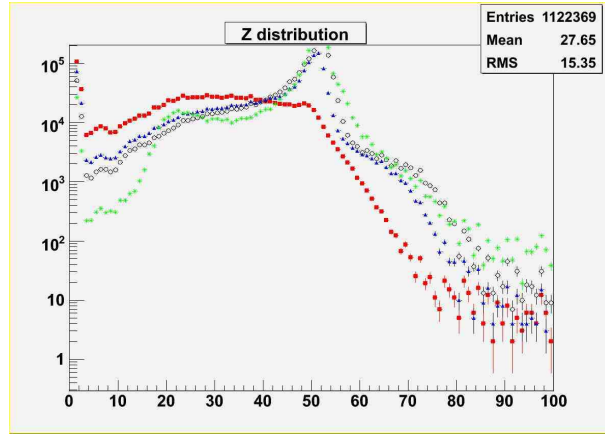


FIG. 5.2 – Distribution en charges dans les couronnes 4 et 5 (7° à 14°) pour la réaction Xe+Sn à des énergies incidentes de 8 AMeV (étoiles en vert), 12 AMeV (cercles en noir), 15 AMeV (triangles en bleu) et 20 AMeV (carrés en rouge).

enfin les résidus lourds aux plus hautes énergies perdues dans la chambre d'ionisation (en y).

5.3.2 Distributions en charges

Grâce à l'identification effectuée, il a été possible de faire des distributions en charges. Ceci permet de connaître la valeur de la charge maximale produite dans les réactions pour chacune des énergies incidentes. Ainsi, sur la figure 5.2, même sans sélection sur les événements, il y a déjà une évolution dans les distributions de charge. Au-delà d'une charge de $Z=54$ correspondant au quasi-projectile, on peut observer une composante qui représente les résidus lourds de fusion. De plus, la charge maximale atteinte semble diminuer avec l'énergie de bombardement.

5.3.3 Sélection des événements

Les quasi-projectiles sont surtout formés lors de collisions périphériques, avec un grand paramètre d'impact. Comme on est intéressé par les noyaux composés lourds formés lors de collisions centrales, on doit sélectionner les événements ayant un faible paramètre d'impact. Plusieurs observables peuvent être utilisées à cette fin. Pour le cas présent, et s'agissant de résultats préliminaires, une simple coupure sur la multiplicité des événements a été utilisée. La multiplicité des événements donne un bon indice de la centralité et de la violence d'une collision.

Dans la figure 5.3 on peut voir l'énergie perdue dans la chambre d'ionisation (dE) en fonction de la multiplicité pour les quatre énergies incidentes utilisées. On

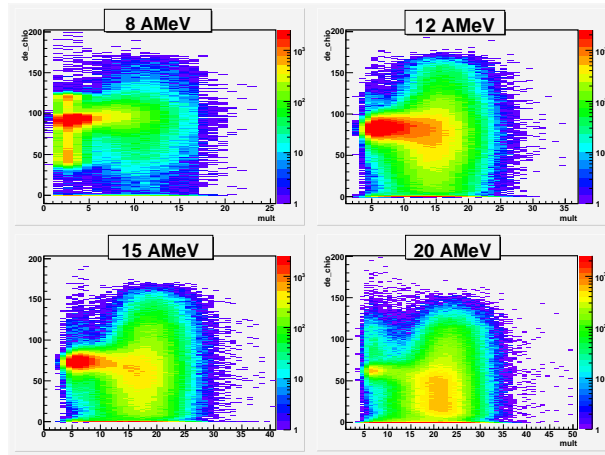


FIG. 5.3 – Energie perdue dans la chambre d’ionisation en fonction de la multiplicité dans les couronnes 4 et 5 (7° à 14°) pour la réaction Xe+Sn à des énergies incidentes de 8, 12, 15 et 20 AMeV.

observe une évolution avec l’énergie de bombardement. Dans les quatre cas, on peut dégager trois régions d’intérêt. Pour de faibles multiplicités, on observe un pic correspondant au quasi-projectile. Pour de hautes multiplicités et des valeurs élevées de dE , la région semble correspondre au résidu lourd de fusion. Enfin, pour de faibles valeurs de dE et une multiplicité élevée, sur les plus hautes énergies incidentes représentées, on peut voir un pic qui correspondrait plutôt à la fission du noyau composé.

A l’aide de cette figure, il a été décidé de garder les événements de hautes multiplicité de manière à sélectionner ceux qui correspondent à des collisions centrales, susceptibles de mener à la production d’un noyau composé de fusion. Cette valeur de haute multiplicité dépend évidemment de l’énergie incidente du faisceau.

5.3.4 Distributions en charges pour les événements sélectionnés

La sélection des événements ayant une grande multiplicité a permis de conserver ceux correspondant aux collisions centrales. Il a ainsi été possible de construire des distributions en charges plus précises pour le phénomène que l’on veut observer, soit le plus gros résidu lourd produit lors de collisions centrales. Sur la figure 5.4 on peut voir les mêmes courbes de distribution en charges qu’en 5.2 sauf qu’ici, la sélection en multiplicité est appliquée. On remarque que la bosse correspondant au quasi-projectile autour de $Z=54$ a fortement diminué, ce qui indique que la coupure a tendance à éliminer les événements périphériques. Ici encore on voit que la valeur atteinte par la charge maximale diminue avec

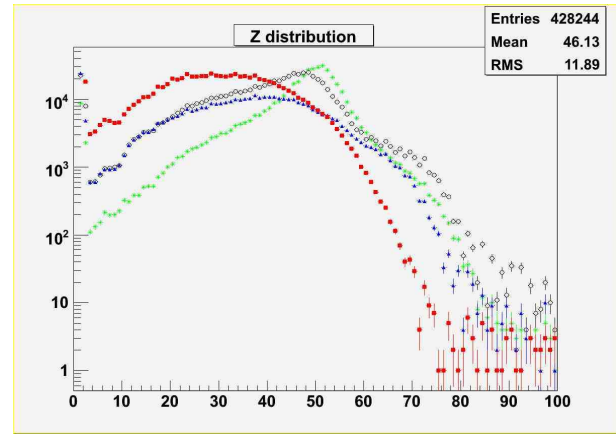


FIG. 5.4 – Distributions en charges des événements sélectionnés ayant une multiplicité élevée, correspondant aux collisions centrales, dans les couronnes 4 et 5 (7° à 14°) pour la réaction Xe+Sn à des énergies incidentes de 8 AMeV (étoiles en vert), 12 AMeV (cercles en noir), 15 AMeV (triangles en bleu) et 20 AMeV (carrés en rouge).

l’énergie de bombardement.

5.4 Discussion

En regardant de plus près la figure 5.4, on peut tirer quelques observations intéressantes. Premièrement, autour de $Z=50$ et ce pour les deux plus faibles énergies incidentes, il reste toujours une bosse même après la sélection en multiplicité. Si l’on considère que les quasi-projectiles sont brefs et bien éliminés par la coupure, à ces basses énergies, cette bosse pourrait être la signature d’une voie privilégiée de désexcitation pour un noyau composé ayant fissionné pour donner deux gros fragments d’une charge proche de $Z=50$. Cette bosse est d’ailleurs située à une charge légèrement plus faible pour la courbe de 12 AMeV par rapport à celle de 8 AMeV. Peut-être est-ce dû à un noyau composé plus lourd dans le cas de la réaction à 8 AMeV. De plus, si l’on regarde le comportement des 4 courbes aux alentours de $Z=70$, il y a une nette différence entre la courbe de 20 AMeV et celles de 8 et 12 AMeV. En effet, pour les deux plus faibles énergies, on observe une remontée absente à plus haute énergie. Ceci pourrait signifier que pour les plus basses énergies, il est plus facile de produire un noyau composé se désexcitant par évaporation de particules légères.

Cependant, avant de tirer des conclusions sur ces observations, il faut noter que ces résultats ne tiennent compte que d’un faible angle solide. Nous ne disposons donc pas de toute la statistique récoltée par INDRA.

En prenant tout l'angle solide, on arriverait peut-être à des observations différentes. De plus, ces courbes ne sont pas normalisées. Par contre une normalisation ne ferait probablement pas disparaître les différences de formes entre les quatre courbes.

5.5 Conclusion et perspectives

Des mesures à basse énergie avec le système Xe+Sn ont été effectuées à l'aide du multidétecteur INDRA. Les résultats préliminaires obtenus montraient une évolution de la charge du fragment le plus lourd produit à des énergies de bombardement de 8, 12, 15 et 20 AMeV. La charge maximale produite diminuait en augmentant l'énergie incidente du faisceau. Ceci était visible sur des distributions en charges avec et sans sélection des événements par une coupure en multiplicité.

Il sera prochainement possible d'affiner cette étude. En effet, on pourra utiliser l'identification des fragments détectés dans les autres couronnes du multidétecteur INDRA et ainsi disposer de statistique pour une plus grande couverture angulaire. De plus, on fera une sélection des événements plus fine, en utilisant, en plus de la multiplicité, l'énergie transverse des particules légères [11]. Enfin, en étudiant les produits en corrélation avec le plus gros fragment détecté, on comprendra mieux son processus de désexcitation.

Remerciements

C'est un plaisir de remercier le CNRS ainsi que l'Université Laval pour leur soutien financier. De même, je souhaite exprimer toute ma reconnaissance envers J. Frankland et A. Chbihi pour leur aide technique et morale apportées à ce travail. Je remercie bien sûr les organisateurs des "Journées de Rencontres des Jeunes Chercheurs" pour m'avoir permis de participer à cette conférence hors du commun.

Références

- [1] J. Pouthas et al., Nucl. Inst. and Meth. A357, 418 (1995).
- [2] J. Pouthas et al., Nucl. Inst. and Meth. A369, 222 (1996).
- [3] R. Bougault et al., Proc. XXXV Int. Wint. Meet. on Nucl. Phys., Bormio, Italy (1997).
- [4] N. Marie et al., Phys. Lett. B391, 15 (1997).
- [5] S. Salou, Thèse de doctorat, Université de Caen (1997).
- [6] S. Hudan, Proc. XXXVIII Int. Wint. Meet. on Nucl. Phys., Bormio, Italy (2000).
- [7] N. Marie et al., Phys. Rev. C58, 2565 (1998).
- [8] « Heavy ion collision », eds. R. Bock, Vol. 2, North-Holland (1980).
- [9] R. Bougault et al., Proc. XXXVIII Int. Wint. Meet. on Nucl. Phys., Bormio, Italy (2000).
- [10] N. Le Neindre, Thèse de doctorat, Université de Caen (1999).
- [11] S. Hudan, Thèse de doctorat, Université de Caen (2001).