

III.1.5 Existence d'un hypothétique moment angulaire critique inférieur.

Un certain nombre de fonctions d'excitation (HI, xn), mesurées à Orsay par Y. Le Beyec et al., semblent impliquer l'existence d'un moment angulaire critique inférieur en deçà duquel la fusion de deux noyaux suffisamment lourds est impossible. La question se pose donc de savoir à quel type de réaction correspondent les faibles paramètres d'impact. Pour tenter de trouver une réponse à cette question, nous avons entrepris l'étude de la distribution en angle et énergie des produits de la réaction (Cu + Zr). Une première mesure préliminaire de distribution angulaire a été faite mais n'a pas permis de conclure clairement à l'existence d'un mode de réaction particulière aux faibles moments angulaires.

(R. Babinet, R. Lucas, H. Nifenecker, J. Poitou)

III.2 ETUDES EN LIGNE : IDENTIFICATION DES PRODUITS DE REACTION PAR TELESCOPE $\Delta E-E$ ET MESURE DE TEMPS DE VOL

III.2.1 Résultats expérimentaux.

Combined $\Delta E - E$ and time of flight techniques have been used at the ALICE facility to measure the mass and the charge of light fragments emitted in heavy ion collisions. The following results have been undertaken: binary character of the deep inelastic $^{40}\text{Ar} + ^{58}\text{Ni}$ (^{40}Ar 280 MeV) + ^{58}Ni reaction, comparison for a deep inelastic ^{40}Ar elastic processes in the same reaction, no violation of the mass symmetry rule in the ^{40}Ar (^{40}Ar 280 MeV) + ^{58}Ni reaction and identification of the charge to mass degree of freedom in the first quasi-elastic reaction, ^{40}Ar (^{40}Ar 280 MeV) + Au.

III.2.1.1 Caractère binaire des collisions très inélastiques.

Dans une expérience multiparamétrique conduite auprès de l'accélérateur ALICE, deux fragments principaux émis lors de la réaction $^{40}\text{Ar} + ^{58}\text{Ni}$ à 280 MeV étaient détectés en coïncidence¹⁾. Les angles d'émission, les énergies et les vitesses (donc les masses) de ces deux fragments étaient mesurés événement par événement ; de plus, la charge du fragment le plus léger était aussi identifiée à l'aide d'un télescope à gaz $\Delta E-E$.

Le caractère principalement binaire de la réaction se manifeste déjà dans la distribution, centrée sur 180° , de l'angle d'émission relatif des deux fragments dans le système du centre de masse (fig.(III.2).1). Une conclusion plus quantitative implique la comparaison des taux de comptage avec et sans coïncidence. La largeur de la distribution angulaire azimutale des fragments peut être obtenue à partir du rapport de ces taux de comptage (avec et sans coïncidence) si le processus de réaction est binaire. Par ailleurs, cette

largeur peut aussi se déduire de la distribution angulaire radiale en supposant un processus d'évaporation purement isotrope. La comparaison de ces deux évaluations est indiquée dans le tableau (III.2).1 en fonction de la charge Z_1 du fragment léger détecté. Le bon accord obtenu prouve le caractère essentiellement binaire de la réaction.

Tableau (III.2).1

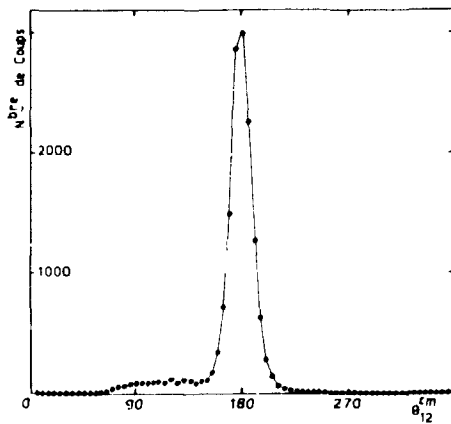


Fig.(III.2).1

Z_1	σ_{ϕ_1} (en degrés)	σ_{ϕ_2} (en degrés)
17	5,7	5,0
16	5,5	4,8
15	5,5	4,9
14	5,5	5,0
13	5,4	4,6
12	5,5	4,6
11	5,1	4,5
10	5,0	4,4

σ_{ϕ_1} : largeur de la distribution azimutale calculée à partir de la distribution radiale.
 σ_{ϕ_2} : largeur de la distribution azimutale calculée à partir du rapport des taux de comptage avec et sans coïncidence.

Enfin, la mesure de la vitesse et de l'énergie des fragments permet de déterminer, dans le cas d'un processus binaire, les masses avant et après évaporation. Le rapport de la masse moyenne évaporée par le fragment léger à sa propre masse moyenne est sensiblement constant en fonction de l'angle de détection du fragment lourd. On peut en déduire que la quantité de matière évaporée par un fragment croît à peu près linéairement avec sa masse. Ceci est en accord avec un partage de l'énergie d'excitation totale entre les deux fragments, proportionnel à leur masse.

III.2.1.2 Transition entre collisions très inélastiques et collisions quasi-élastiques.

Dans une étude précédente sur le système $^{40}\text{Ar} + ^{58}\text{Ni}$ à 280 MeV²⁾, on a montré que le mode d'asymétrie de charge (rapport Z/M des fragments) était un mode complètement relaxé pour la composante très inélastique de la section efficace de réaction²⁾. Au contraire, le rapport Z/M pour la composante quasi-élastique est directement relié à la nature du projectile (pour les fragments de masse voisine de celle du projectile). Par ailleurs, une description extrême des réactions entre ions lourds distingue généralement entre ces deux composantes, quasi-élastique et complètement relaxée. En

fait, il n'y a pas de frontière bien définie entre ces deux phénomènes et, dans cette nouvelle série d'expériences, $^{40}\text{Ar} + ^{58}\text{Ni}$ (280 MeV)² et $^{40}\text{Ca} + ^{64}\text{Ni}$ (182 MeV), l'intérêt a été porté sur la transition entre ces deux processus.

Pour les deux systèmes étudiés, la masse, la charge et l'énergie des produits de réaction ont été mesurées en fonction de leur angle d'émission. La section efficace différentielle double $d^2\sigma/dE_{\text{cm}}d\theta_{\text{cm}}$ a été obtenue pour chaque élément. Un exemple est donné sur la figure (III.2).2. Par ailleurs, la statistique était suffisante pour que, dans le cas des fragments de charge 19, on puisse obtenir cette même section efficace isotope par isotope (fig.(III.2).3). Les conclusions suivantes ont été obtenues^{3,4} :

. Il existe une corrélation entre la dissipation de l'énergie cinétique et la complexité de l'échange de matière entre le projectile et la cible. Ceci pourrait donner une indication sur les temps caractéristiques associés à la relaxation, d'une part du mouvement relatif, d'autre part du mode d'asymétrie en masse.

. Le degré de liberté d'asymétrie de charge est équilibré très rapidement, en moins de temps qu'il ne faut au système pour tourner au-delà de la direction du projectile incident.

. La relaxation de l'énergie cinétique est plus lente. En fait, une légère variation de l'énergie cinétique moyenne en fonction de l'angle d'émission dans le système du centre de masse est encore visible aux grands angles (qui correspondent aux angles de déflexion négatifs), c'est-à-dire que le système doit tourner au-delà de la direction zéro degré avant que l'énergie ne soit complètement relaxée.

. Enfin, le mode le plus lent semble être celui d'asymétrie de masse. Ceci apparaît dans l'évolution des distributions angulaires vers une distribution en $1/\sin \theta$ lorsque des asymétries de plus en plus grandes sont considérées.

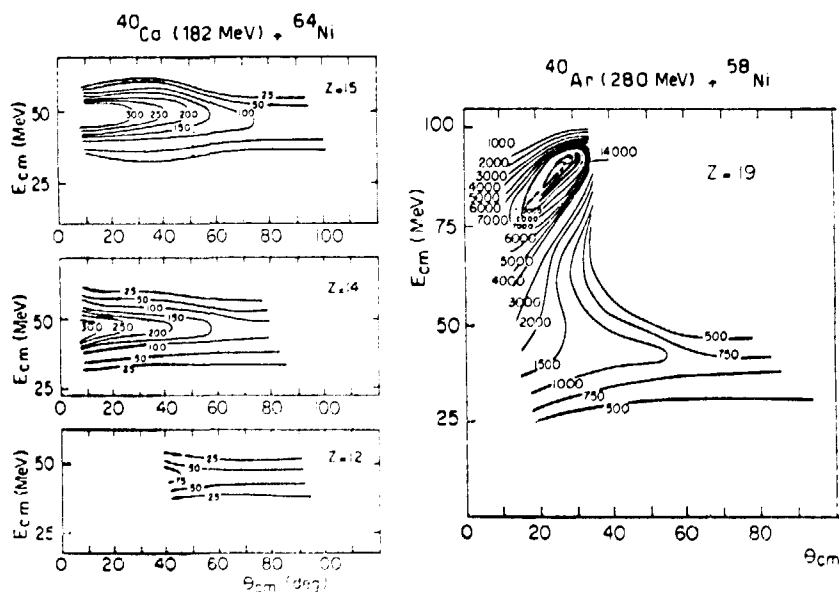


Fig.(III.2).2

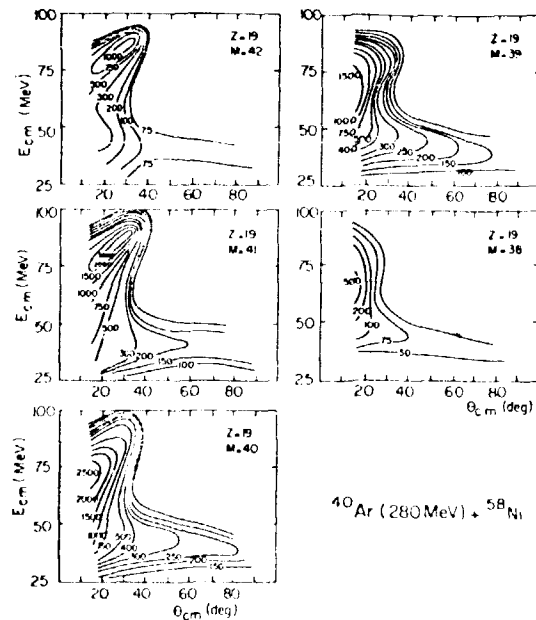


Fig.(III.2).3

III.2.1.3 Etude de l'asymétrie de masse.

De nombreuses études semblent indiquer que l'asymétrie de masse (rapport M_1/M_2 des masses de deux fragments complémentaires) n'est pas un mode collectif équilibré dans les collisions très inélastiques entre ions lourds. Afin de confirmer expérimentalement cette hypothèse, trois systèmes donnant le même noyau composite sont à l'étude : $^{52}_{24}\text{Cr} + ^{56}_{26}\text{Fe}$ (265 MeV), $^{160}_8 + ^{92}_{42}\text{Mo}$ (186 MeV), $^{40}_{20}\text{Ca} + ^{68}_{30}\text{Zn}$ (220 MeV).

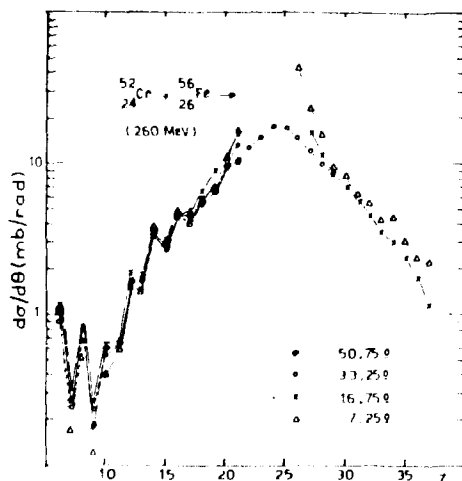


Fig.(III.2).4

L'étude expérimentale du premier système est achevée. L'analyse préliminaire des résultats indique une distribution de charge des produits de réactions, symétrique autour de la charge moyenne (fig.(III.2).4). Ce résultat est à rapprocher des résultats déjà obtenus sur un système voisin $^{40}\text{Ar} + ^{58}\text{Ni}$ (280 MeV) pour lequel l'asymétrie de masse dans la voie d'entrée (projectile + cible) semble être favorisée dans la distribution de masse des produits finals.

III.2.1.4 Equilibre de charge dans le processus de quasi-fission.

L'étude de la réaction $^{40}\text{Ar} + ^{58}\text{Ni}$ (280 MeV)^{2,3)} a montré que le mode d'asymétrie de charge (rapport Z/M des fragments) était équilibré très rapidement dans le processus de collisions très inélastiques. Par ailleurs, il semble que le temps d'interaction associé à ces collisions soit nettement plus long que le temps d'interaction associé au processus de quasi-fission observé dans la réaction $^{40}\text{Ar} + ^{197}\text{Au}$ (220 MeV)⁵⁾. Ceci est apparent dans le comportement respectif des distributions angulaires associées à ces deux réactions, l'une "piquée" vers l'avant (système Ar + Ni), l'autre centrée sur l'angle d'effleurement (système Ar + Au). Une expérience a donc été effectuée pour étudier le mode d'asymétrie de charge dans cette dernière réaction. L'analyse des résultats est actuellement en cours.

(S. Agarwal , R. Babinet, B. Cauvin, J. Galin⁺, B. Gatty⁺, J. Girard, D. Guerreau , M. Lefort⁺, H. Nifenecker, X. Tarrago)

Note et références de la section III.2.1

+ IPN, Laboratoire de Chimie Nucléaire, Orsay.

- 1) R. Babinet et al., Conférence de Caen, 6-10 septembre 1976, recueil des communications, p. 168.
- 2) B. Gatty et al., Nucl. Phys., 1975, A253, p. 511.
- 3) J. Galin et al., Z. Physik (à paraître).
- 4) S. Agarwal et al., Conférence de Caen, 6-10 septembre 1976, recueil des communications, p. 169.
- 5) S. Ouichaoui et al., Conférence de Caen, 6-10 septembre 1976, recueil des communications, p. 112.

III.2.2 Développements de détecteurs.

A programme of development in detection techniques for heavy ions has been started. An ionization chamber has been constructed for the charge determination of the reaction products. For time of flight measurements, it is shown that a time resolution of 40 ps (FWHM) can be achieved with channel plate detectors.

Les expériences décrites au paragraphe III.2.1 nous ont conduits à améliorer nos techniques de détection dans deux domaines différents : i) détermination de la charge Z des produits de réaction détectés ; ii) mesure du temps de vol de ces produits.