



3.1.3. MATIERE NUCLEAIRE TRES CHAUDE EN EQUILIBRE THERMODYNAMIQUE ?

B. BORDERIE, C.O. BACRI, D. DORÉ, J. FRANKLAND, E. PLAGNOL, M.F. RIVET, L. TASSAN-GOT ET LA COLLABORATION INDRA

Hot nuclear matter and thermodynamical equilibrium

Quasi-complete events from collisions between ^{36}Ar and ^{58}Ni corresponding to vaporised sources have been detected with the multidetector INDRA over the excitation energy range 10-28 A MeV. For the first time complete information concerning kinematical properties of emitted particles and chemical composition (mean values but also variances) are derived. Despite the very extreme conditions in which such sources are produced (binary collisions with short reaction times and source life-times), their properties are in agreement with the results of a statistical model including a final state excluded volume interaction and describing a gas of fermions and bosons in thermodynamical equilibrium.

Il existe aujourd'hui de nombreux modèles décrivant la désexcitation simultanée d'une source chaude produite dans les collisions noyau-noyau aux énergies intermédiaires qui supposent cette source en équilibre thermodynamique. Une telle hypothèse n'est

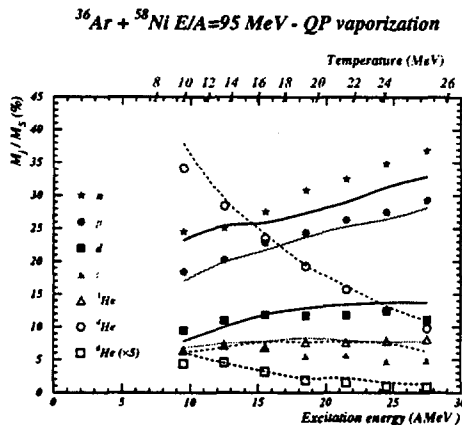
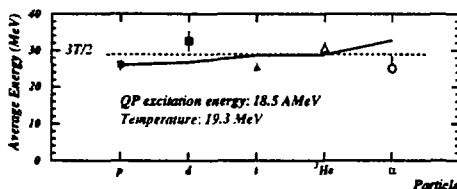


Figure 1:

Multiplicité moyenne des différentes particules émises par le quasi-projectile en fonction de l'énergie d'excitation par nucléon ; les symboles sont relatifs aux valeurs mesurées tandis que les courbes sont le résultat du calcul pour une densité $\rho=0.3\rho_0$ et une échelle en température nucléaire fixée par l'énergie d'excitation et indiquée sur l'axe en haut de la figure.



Énergie cinétique moyenne des différentes particules pour une tranche en énergie d'excitation par nucléon de 3 MeV centrée à 18,5 MeV (pour symboles et courbes, voir haut). La ligne en tirets correspond à $3/2 T$, valeur attendue pour un gaz de particules sans interaction. Les barres d'erreur expérimentales prennent en compte l'imprécision sur la reconstruction du quasi-projectile.

pas *a priori* naturelle si l'on a à l'esprit les temps mis en jeu dans les collisions

donnant naissance à ces sources chaudes. La durée d'une collision à faible paramètre d'impact et à une énergie incidente de 100 MeV par nucléon est extrêmement courte, de l'ordre de $1 - 2 \cdot 10^{-22}$ secondes, et la durée de vie de la ou des sources formées est du même ordre de grandeur. Un test sévère de l'hypothèse d'équilibre a pu être réalisé à partir de données quasi-complètes obtenues avec le détecteur INDRA sur des événements de collisions binaires dissipatives pour lesquels les produits finaux de désexcitation des sources sont réduits à de simples particules [1, 2]. Ces événements à faible section efficace sont appelés événements de vaporisation par analogie avec la formation d'un gaz de particules. Le système projectile-cible utilisé lors de cette étude était $^{36}\text{Ar} + ^{58}\text{Ni}$ à l'énergie maximum du GANIL, soit 95 MeV par nucléon. De grandes fluctuations sont présentes pour ces collisions binaires et l'on observe donc des distributions très larges tant de l'énergie dissipée (large domaine en vitesse relative des deux partenaires après la collision) que des masses des partenaires. Les tests concernant l'hypothèse d'un équilibre thermodynamique peuvent être ainsi réalisés à très haute énergie d'excitation par nucléon sur un vaste domaine allant de 10 à 28 MeV. Les neutrons qui ne sont pas détectés avec INDRA sont cependant comptés à partir du bilan en masse atomique et leur énergie est estimée à partir de celle des protons. Pour des raisons de seuils d'identification seules les données concernant les quasi-projectiles sont comparées à un modèle statistique décrivant cette source quasi-projectile comme un gaz de fermions et de bosons en équilibres thermique et chimique [3]. Les figures montrent le bon accord observé.

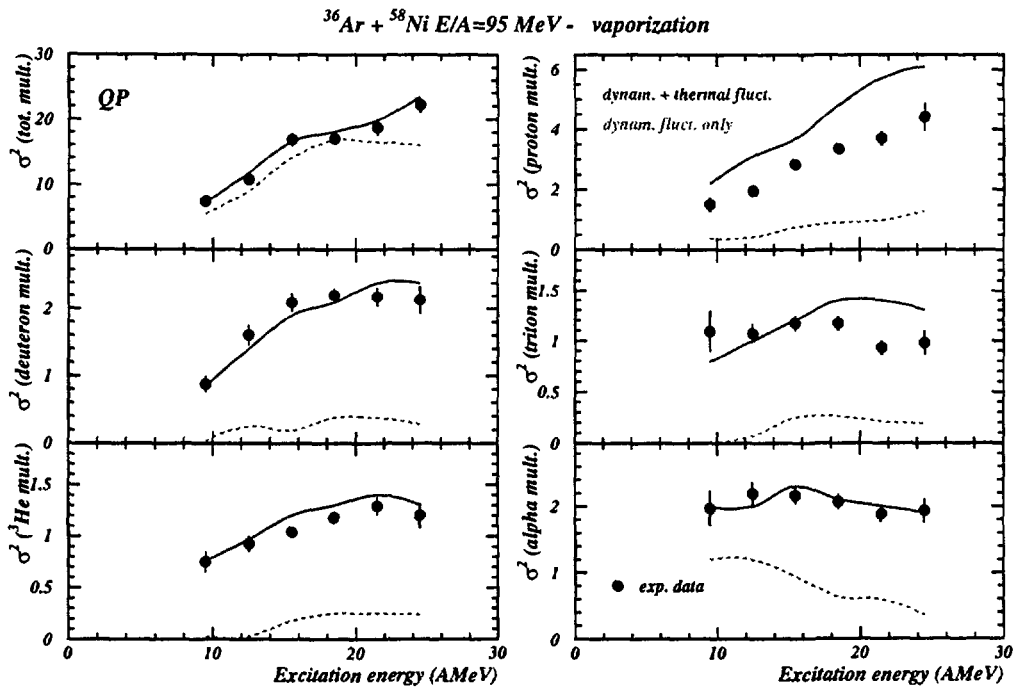


Figure 2: Variance des multiplicités de particules émises par le quasi-projectile; les points correspondent aux valeurs expérimentales et les courbes en trait plein au calcul de thermodynamique à l'équilibre. Les courbes en tirets sont relatives à un calcul prenant en compte les fluctuations en énergie d'excitation et en masse atomique des quasi-projectiles produits (fluct. dynamiques) sans fluctuations thermiques.

- [1] M.F. Rivet et al, *Phys. Lett.* **B388** (1996) 219.
- [2] B. Borderie et al, *Phys. Lett.* **B388** (1996) 224.
- [3] F. Gulminelli and D. Durand, *Nucl. Phys.* **A615** (1997) 117.