



# Noyaux toroïdaux et bulles en rotation et fragmentation nucléaire

G. Royer, C. Fauchard, F. Haddad, B. Jouault

**Abstract:** The energy of rotating bubble and toroidal nuclei predicted to be formed in central heavy-ion collisions at intermediate energies is calculated within the generalized rotating liquid drop model. Previously, a one-parameter shape sequence had been defined to describe the path leading to pumpkin-like configurations and toroidal shapes. New analytical expressions for the shape-dependent functions have been obtained. The potential barriers standing in these exotic deformation paths are compared with the three-dimensional and plane-fragmentation barriers. Metastable bubble-like minima only appear at very high angular momentum and above the three dimensional fragmentation barriers. In the toroidal deformation path of the heaviest systems exists a large potential pocket localised below the plane-fragmentation barriers. This might allow the temporary survival of heavy nuclear toroids before the final clusterisation induced by the surface and proximity tension.

Certains calculs microscopiques semi-classiques prédisent la formation de noyaux toroïdaux et de bulle en rotation lors de la collision d'ions lourds aux énergies intermédiaires. Une séquence de forme à un paramètre a été définie [1] pour décrire la transition continue d'une sphère à une forme de 'citrouille' puis à un tore dont le rayon augmente progressivement. Les caractéristiques géométriques telles que le volume, la surface, le moment d'inertie et le rayon carré moyen sont définies analytiquement. L'énergie de déformation des tores et bulles a été calculée à l'aide d'un modèle de la goutte liquide généralisé pour prendre en compte les effets de proximité nucléaire et les effets de température [2]. Cette énergie potentielle a été comparée avec celle de  $n$  fragments émis isotropiquement dans un plan ou dans l'espace tout entier. A  $T = 0$ , une haute barrière se dresse sans minimum déformé pour toutes les masses nucléaires existantes empêchant les noyaux non tournants de devenir toroïdaux. Pour les systèmes nucléaires les plus lourds formés dans les réactions d'ions lourds une profonde et large poche de potentiel apparait et correspond à un tore avec un large trou. Pour des masses supérieures à 200, l'énergie de ce minimum dans le chemin des déformations toroïdales est plus basse que dans le chemin de fragmenta-

tion plane dans une certaine plage de déformation qui s'agrandit avec la masse totale. Si la dynamique dans ces réactions entre ions lourds très massifs conduit effectivement les systèmes nucléaires dans la vallée des formes toroïdales, alors il est possible que ces systèmes toroïdaux survivent dans un état métastable avant de se désintégrer en  $n$  fragments sous l'influence des forces de tension superficielle. L'énergie des noyaux bulles est beaucoup plus élevée que celle des noyaux toroïdaux, pour une même valeur du paramètre de déformation. Aussi, si la dynamique conduit à des configurations creuses de type plutôt bulle, il est probable que le système évoluera vers une émission de fragments de type plutôt toroïdale, d'autant plus que les effets rotationnels auront tendance à augmenter le moment d'inertie et donc à aplanir la distribution de fragments.

## Références

- [1] C. Fauchard, G. Royer, Nucl.Phys.A 598 (1996) 125
- [2] G. Royer, F. Haddad, B. Jouault, Nucl.Phys.A 605 (1996) 403