IDENTIFICATION DES IONS DE $Z \leq 8$ PAR ASSOCIATION DE DEUX DÉTECTEURS SEMICONDUCTEURS

C. BRUN, J. GALIN, B. GATTY, M. LEFORT et X. TARRAGO,

Institut de Physique Nucléaire, 91-Orsay.

Résumé. — En bombardant une cible d'argent par des ions carbone ou azote nous formons, par un mécanisme de transfert de nucléons, des noyaux de $Z \leq 8$. Un ensemble de deux détecteurs solides montés en télescope nous permet d'identifier tous les noyaux formés et d'en mesurer l'énergie. La méthode d'identification de la masse a pour base les courbes parcourues-énergie données par Northcliffe. Les bandes magnétiques d'acquisition sont traitées, événement par événement, sur ordinateur.

Abstract. — When a silver target is bombarded by carbon or nitrogen ions, several nuclei of $Z \leq 8$ are obtained in transfer reaction processes. A two solid-state detector telescope allows us to identify all the nuclei and to measure their energy. The process used for mass identification is based on range energy curves given by Northcliffe. Data registered on magnetic tapes are treated on a computer event by event.

Les ions lourds provenant de la cible sont détectés par deux détecteurs solides type silicium barrière de surface montés en télescope. Le premier de ces deux détecteurs a une épaisseur de 50 μm environ; il est monté en dE/dx . Les ions lourds détectés s'arrêtent dans la deuxième jonction d'épaisseur 450 μm . L'angle solide du système est défini par un diaphragme de 4 mm de diamètre placé devant la première jonction et le tout est protégé des électrons secondaires arrachés de la cible par le faisceau, par une feuille d'aluminium de 1 μm .

L'électronique associée aux détecteurs comporte une double voie linéaire et une voie logique. La voie linéaire comprend, après la jonction, un préamplificateur de charge délivrant un signal à temps de montée très bref (10 à 20 ns). Le signal provenant de la première jonction est ensuite mis en forme par un amplificateur et envoyé à travers une porte dans le convertisseur analogique digital ΔE . D'autre part, ce même signal sorti du préamplificateur de la première jonction est ajouté au signal provenant du préamplificateur associé à la deuxième jonction dans un mélangeur linéaire (circuit somme). Le signal résultant est mis en forme dans un amplificateur et envoyé dans le convertisseur n° 2 (E) à travers une deuxième porte. Les deux portes sont ouvertes par le signal résultant de la voie logique.

L'origine de la voie logique est constituée par deux circuits « time pick-off ». A l'entrée de chaque « time pick-off », on envoie le signal issu de chaque préamplificateur très fortement différencié par une ligne d'environ 3 ns. Le signal ainsi obtenu passe ensuite dans un transformateur ayant une des extrémités du se-

condaire à la masse à travers 2,3 Ω . Ceci permet de travailler avec des seuils relativement faibles (3 MeV pour la première jonction, 1 MeV pour la deuxième) avec une dynamique très étendue (de l'ordre de 80), tout en ayant des fluctuations en temps d'un signal par rapport à l'autre inférieures à 10 ns. Les signaux délivrés par les « time pick-off » sont envoyés dans un circuit à coïncidences rapides de 30 ns de temps de résolution (2τ). Le signal résultant est envoyé dans un circuit à coïncidences lentes ($2\tau = 500$ ns) dans lequel arrive également le signal résultant du mélange des signaux délivrés par trois monocanaux permettant d'éliminer du comptage les événements correspondant aux ions diffusés élastiquement par la cible. L'un de ces monocanaux permet le comptage des événements dont l'énergie totale est inférieure à celle du pic élastique, les deux autres, placés sur la voie ΔE , permettent le comptage des événements dont le ΔE est de part et d'autre d'une bande de ΔE contenant le pic élastique.

Le signal résultant de la coïncidence lente est utilisé pour ouvrir les deux portes linéaires.

Chaque événement est ainsi codé sous la forme de deux nombres juxtaposés de dix positions binaires chacun (1024×1024 canaux) et stocké dans deux mémoires tampons à 256 positions chacune, mémoires qui sont alternativement vidées sur une bande magnétique. Les bandes magnétiques obtenues sont ensuite traitées sur ordinateur afin de caractériser chaque événement par la masse et le Z de l'ion correspondant et par son énergie.

La classification en Z des événements obtenus est facile et il suffit de comparer le produit $E \times \Delta E$ de chaque événement aux produits $E \cdot \Delta E$ limites corres-

pondant, dans l'espace $E, \Delta E$, aux courbes séparant les différents Z . La classification en masse des événements enregistrés est plus difficile. Après plusieurs tentatives plus ou moins fructueuses sur des méthodes complètement empiriques, nous avons choisi d'utiliser les relations parcours-énergie comme base de départ de la distribution des masses.

Soit $R(E, M)$ le parcours dans le silicium d'un ion de masse M et d'énergie E ; soit E_1 l'énergie laissée par cette particule dans la jonction 1 et E_2 celle laissée dans la jonction 2. Si l'épaisseur de la première jonction est T , nous avons : $T = R(E_1 + E_2, M) - R(E_2, M)$, soit pour une masse donnée M_0 , prise comme référence pour chaque Z : $T = R_{M_0}(E_1 + E_2) - R_{M_0}(E_2)$.

Si $F(E, M_1 - M_0)$ est la fonction qui exprime la différence de parcours pour deux ions de masse voisine et de même énergie, nous avons pour la masse M_1 :

$$T = R_{M_0}(E_1 + E_2) + F_{M_1}(E_1 + E_2) - R_{M_0}(E_2) - F_{M_1}(E_2).$$

Si nous exprimons que cette différence de parcours pour des ions voisins est une fonction de la masse et de l'énergie, et si nous admettons que ces variables sont séparables, nous pouvons l'écrire sous la forme du produit de deux fonctions S et G ne dépendant chacune

que d'une seule variable. L'épaisseur de la jonction s'écrit alors :

$$T = R_{M_0}(E_1 + E_2) + S(E_1 + E_2) \times G(M) - R_{M_0}(E_2) - S(E_2) \times G(M)$$

la fonction $R(E)$ étant établie pour une masse M_0 de référence pour chaque Z et $S(E)$ étant établie pour deux masses voisines M_0 et M_1 du même Z . La fonction traduisant la distribution de masse $G(M)$ reste inconnue, mais il suffit qu'elle prenne des valeurs différentes en fonction de la masse, ce qui est montré par l'expérience. Nous avons donc ainsi :

$$G(M) = \frac{R_{M_0}(E_1 + E_2) - R_{M_0}(E_2) - T}{S(E_2) - S(E_1 + E_2)}.$$

La fonction $G(M)$ prend la valeur zéro pour la masse de référence M_0 et la valeur 1 pour la masse M_1 . Les fonctions R et S sont des hyperboles traduisant très bien les relations parcours-énergie dans le domaine d'énergie qui nous intéresse, c'est-à-dire de 1 MeV à 100 MeV. Nous avons établi autant de fonctions R et S qu'il y a de Z à classer, c'est-à-dire du lithium à l'oxygène.

La largeur à mi-hauteur de la courbe expérimentale correspondant à une masse donnée ainsi obtenue est de 0,5 unité de masse, deux courbes correspondant à deux masses différentes d'une unité et d'égale intensité présentent un rapport pic sur vallée de 10 environ.