



**HAL**  
open science

# STRUCTURE INTERMÉDIAIRE A BASSE ÉNERGIE D'EXCITATION DANS LE CALCIUM-41

G. N. Johnson, H. Laurent, Franck Picard, J. Schapira

► **To cite this version:**

G. N. Johnson, H. Laurent, Franck Picard, J. Schapira. STRUCTURE INTERMÉDIAIRE A BASSE ÉNERGIE D'EXCITATION DANS LE CALCIUM-41. Journal de Physique Colloques, 1968, 29 (C1), pp.C1-92-C1-94. 10.1051/jphyscol:1968113 . jpa-00213340

**HAL Id: jpa-00213340**

**<https://hal.science/jpa-00213340>**

Submitted on 4 Feb 2008

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

## STRUCTURE INTERMÉDIAIRE A BASSE ÉNERGIE D'EXCITATION DANS LE CALCIUM-41

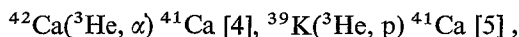
G. JOHNSON, H. LAURENT, F. PICARD et J. P. SCHAPIRA

Institut de Physique Nucléaire, Orsay

**Résumé.** — La corrélation angulaire  $^{40}\text{Ca}(d, p\gamma)^{41}\text{Ca}$  a été mesurée pour les niveaux à 3,209 ; 3,623 et 3,740 MeV. Pour le premier niveau nos résultats sont compatibles avec la fonction d'onde à 2 particules-1 trou  $\{(1 d_{3/2}^{-1})(1 f_{7/2}^{+2})^{J=2}\}^{J=7/2}$ , tandis que des mélanges de configurations, basés sur les calculs de W. J. Gerace, sont suggérés pour expliquer les résultats concernant les deux autres niveaux.

**Abstract.** — The angular correlation  $^{40}\text{Ca}(d, p\gamma)^{41}\text{Ca}$  has been measured for the 3,209, 3,623, and 3,740 MeV  $^{41}\text{Ca}$  states. Our results for the 3,209 MeV level are compatible with the 2 particle-1 hole wavefunction  $\{(1 d_{3/2}^{-1})(1 f_{7/2}^{+2})^{J=2}\}^{J=7/2}$ . Configuration mixtures, based on W. J. Gerace's calculations, are suggested to explain the results for the other two states.

**Introduction.** — Du fait de leur structure apparemment simple, prévue par le modèle en couches, les noyaux  $A = 41$  ont fait l'objet de nombreuses études. A part les niveaux à 1 particule, dont on a montré qu'ils sont fragmentés [1], d'autres, surtout au-dessus de 4 MeV, présentent des structures plus complexes, faisant probablement intervenir des excitations du cœur de  $^{40}\text{Ca}$ , comme le suggèrent de nombreux calculs effectués sur ce noyau [2, 3], ainsi que les expériences du type



et  $^{40}\text{Ca}(p, p')^{40}\text{Ca}$  [6].

Nous avons entrepris, au moyen de corrélations (d, p $\gamma$ ), l'étude des niveaux jusqu'à 4 MeV d'excitation dans  $^{41}\text{Ca}$ , en utilisant la méthode de Litherland et Ferguson [7]. L'expérience a été menée auprès de l'accélérateur de 4 MeV de la Faculté des Sciences d'Orsay, monitorée en ligne par un ordinateur IBM-1620, stockée sur bandes magnétiques puis analysée en différé. Nous présentons les premiers résultats concernant la corrélation angulaire sur les transitions au fondamental des niveaux à 3,209 ; 3,623 et 3,740 MeV d'excitation.

**Résultats.** — L'analyse en série de polynômes de Legendre est reproduite sur le tableau I. De même, la variation du  $\chi^2$  en fonction du rapport de multipolarité  $\delta$  a été calculée pour différentes valeurs du spin  $J$  de l'état considéré, et les meilleures courbes théoriques ont été portées avec les points expérimentaux sur la figure 1.

TABLEAU I

$E$	$A_2/A_0$	$A_4/A_0$	$A_6/A_0$
3,209	$-0,07 \pm 0,06$	$0,16 \pm 0,08$	$0,16 \pm 0,08$
3,623	$0,33 \pm 0,04$	$0,16 \pm 0,05$	—
3,740	$0,04 \pm 0,04$	$0,002 \pm 0,06$	—

**1° NIVEAU à 3,209 MeV.** — Ce niveau présente, comparativement aux autres niveaux voisins, une forte transition vers le fondamental, avec cependant un rapport d'embranchement vers le premier ou deuxième état excité (séparés de 68 keV). La corrélation présente un terme en  $P_6(\cos \theta)$ , et l'analyse du  $\chi^2$  fournit les spins possibles  $J = 7/2$  et  $\delta \simeq 0,97$ ; ou  $J = 9/2$  et  $\delta \simeq -0,07$ .

**2° NIVEAU A 3,623 MeV.** — La corrélation présente un terme important en  $P_2(\cos \theta)$ , ainsi qu'un terme non nul en  $P_4(\cos \theta)$ . Si le niveau voisin à 3,686 MeV ne perturbe pas la corrélation, le meilleur accord est obtenu pour  $J = 9/2$  et  $\delta \simeq -4$ . Nous reviendrons sur ce point dans la discussion.

**3° NIVEAU A 3,740 MeV.** — La corrélation est faiblement anisotrope et la plupart des spins la reproduisent avec une légère préférence pour  $J = 5/2$  et  $\delta \simeq 0,02$ .

**Discussion.** — **1° NIVEAU A 3,209 MeV.** — Ce niveau, excité par  $^{40}\text{Ca}(d, p)^{41}\text{Ca}$  [1], n'a pas une distribution angulaire de type « stripping ». Il est, par ailleurs, fortement excité par  $^{39}\text{K}(^3\text{He}, p)^{41}\text{Ca}$  [5]

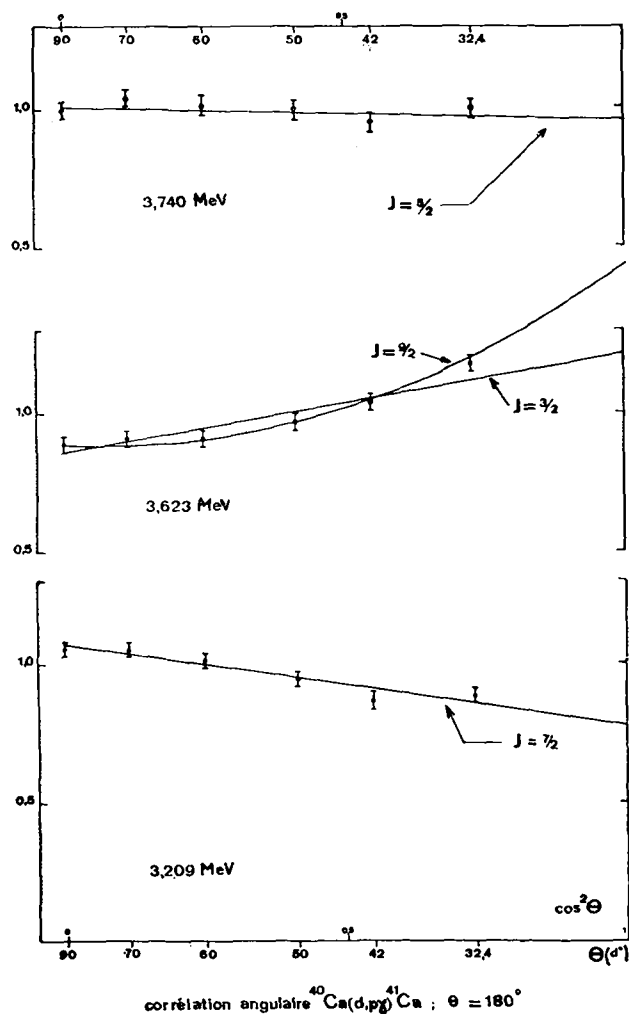


FIG. 1. — Corrélation angulaire  $^{40}\text{Ca}(d, py)^{41}\text{Ca}$ ;  $\theta = 180^\circ$ .

avec un moment de transfert  $L \neq 0$  (\*); cette réaction peuplant préférentiellement des niveaux à 2 particules-1 trou, nous avons cherché à voir si nos résultats étaient compatibles avec une telle structure. Le premier niveau  $\{ (1 d_{3/2}^{-1}) (1 f_{7/2}^{+2})_{T=1}^{J=0} \}_{T=1/2}^{J=3/2}$  est probablement le niveau à 2,017 MeV [4, 5]. On prévoit donc un des niveaux  $\{ (1 d_{3/2}^{-1}) (1 f_{7/2}^{+2})_{T=1}^{J=2} \}_{T=1/2}$  à environ 1,5 MeV au-dessus (le premier niveau  $2^+$  de  $^{42}\text{Ca}$  est à 1,524 MeV). Il est donc possible que l'état à 3,209 MeV ait la structure  $\{ (1 d_{3/2}^{-1}) (1 f_{7/2}^{+2})_{T=1}^{J=2} \}_{T=1/2}^{J=7/2}$ , puisqu'une telle configuration se désexcitera essentiellement vers le fondamental en émettant un rayonnement gamma d'où la composante  $E1$  sera absente (la transition est en effet  $1 f_{7/2} \rightarrow 1 d_{3/2}$ ). Or la corrélation angulaire

(\*) **Erratum.** — Le niveau en question est celui à 2,890 et non le niveau à 3,209 MeV, comme une erreur typographique l'avait indiqué dans la référence [5].

indique un tel comportement, puisque la présence du terme en  $P_6(\cos \theta)$  nécessite une composante octupolaire dans la transition, ce qui n'est possible que si la composante  $E1$  est fortement retardée.

2° NIVEAU A 3,623 MeV. — Ce niveau a une distribution angulaire de type stripping avec  $l_n = 1$  [1]. On a attribué la valeur  $1/2$  au spin de ce niveau, en observant un léger creux dans sa distribution angulaire, vers  $100^\circ$ . Nos résultats excluent  $1/2$  comme spin de ce niveau, et si l'on admet les résultats de T. A. Belote [1] on est conduit à la valeur  $J = 3/2$ . Ceci n'est admissible que si le terme en  $P_4(\cos \theta)$  de notre corrélation provient uniquement du niveau parasite à 3,686 MeV. Dans ce cas, cet état serait peut-être le troisième fragment du niveau  $2 p_{3/2}$  (les deux premiers étant les niveaux à 1,949 et 2,471 MeV). Un tel niveau est prévu par W. J. Gerace [3] vers 3,90 MeV du fait du mélange possible de configurations à 1 particule, 3 particules-2 trous et 5 particules-4 trous (il est d'ailleurs intéressant de noter que ce troisième fragment a une composante à 1 particule du même ordre que celle intervenant dans le niveau à 2,471 MeV). Ces conclusions seraient évidemment contredites si une analyse plus serrée de nos résultats montrait l'existence du terme en  $P_4(\cos \theta)$ ; dans ce cas le spin de ce niveau serait au moins  $5/2$ .

3° NIVEAU A 3,740 MeV. — Nos résultats sont en accord avec ceux de T. A. Belote [1] qui attribue à ce niveau une caractéristique à 1 particule,  $2 d_{5/2}$ ; cependant la réaction  $^{39}\text{K}(^3\text{He}, p)^{41}\text{Ca}$  peuple très bien ce niveau avec  $L = 0$ , ce qui suggérerait une composante à 2 particules-1 trou dans la fonction d'onde de cet état. Il y a là une difficulté qui pourrait peut-être être levée par l'étude du mode de désexcitation gamma.

**Conclusion.** — Parallèlement aux distributions angulaires, les corrélations angulaires peuvent apporter des renseignements sur la nature des niveaux. Nous avons montré que le ralentissement dipolaire observé pour le niveau à 3,209 MeV suggère que cet état est constitué d'un trou  $1 d_{3/2}$  couplé au premier état  $2^+$  de  $^{42}\text{Ca}$ . Nous avons également obtenu les spectres gamma en coïncidence avec un compteur Ge-Li, que nous n'avons pas encore dépouillés. Ces spectres nous indiqueront si le niveau à 3,209 MeV se désexcite vers le premier ou deuxième état excité de  $^{41}\text{Ca}$ , et ceci sera une information supplémentaire sur sa nature. Cette étude suggère donc la possibilité d'existence de niveaux à structure intermédiaire à basse énergie d'excitation dans  $^{41}\text{Ca}$ .

## Références

- [1] BELOTE (T. A.), SPERDUTO (A.) et BUECHNER (W. W.), *Phys. Rev.*, 1965, **139**, B 80.
- [2] GILLET (V.), *Thèse*, Université de Paris, 1962.
- [3] GERACE (W. J.) et GREEN (A. M.), *Nucl. Phys.*, 1967, **A 93**, 110.
- [4] BOCK (R.), DUHM (H. H.) et STOCK (R.), *Phys. Letters*, 1965, **18**, 61.
- [5] BELOTE (T. A.), FU TAK DAO, DORENBUSCH (W. E.), KUPERUS (J.) et RAPAPORT (J.), *Phys. Letters*, 1966, **23**, 480.
- [6] BEUZIT (P.), COTTON (E.), CASSAGNOU (Y.), CINDRO (N.), DELAUNAY (J.), FOUAN (J.) et PAPINEAU (L.), *Colloque de Physique Nucléaire*, Bordeaux, mars 1967, *J. Physique*, 1968, 29 supp. au fasc. 1, p. C 1 - 94.
- [7] LITHERLAND (A. E.) et FERGUSON (A. J.), Rapport A. E. C. L., n° 1231.

**ESSAI DE MISE EN ÉVIDENCE  
DES ÉTATS A DEUX PARTICULES-UN TROU DANS  $^{41}\text{Sc}$   
PAR LA DIFFUSION INÉLASTIQUE DES PROTONS SUR  $^{40}\text{Ca}$**

P. BEUZIT, Y. CASSAGNOU, N. CINDRO (\*), E. COTTON,  
J. DELAUNAY, J. P. FOUAN et L. PAPINEAU  
Service de Physique Nucléaire à Basse Energie  
Centre d'Etudes Nucléaires de Saclay, France

**Résumé.** — Des états à 2 particules-1 trou dans  $^{41}\text{Sc}$ , analogues à ceux excités par  $^{39}\text{K}$  ( $^3\text{He}$ , p) dans  $^{41}\text{Ca}$ , ont été étudiés par diffusion inélastique des protons sur  $^{40}\text{Ca}$  par la méthode suggérée par Bolsterli et al. (*Phys. Rev. Letters*, 1966, **17**, 878). Une certaine correspondance entre ces deux ensembles d'états a été trouvée.

**Abstract.** — Two-particle one-hole states in  $^{41}\text{Sc}$ , analogous to those excited by  $^{39}\text{K}$  ( $^3\text{He}$ , p) in  $^{41}\text{Ca}$ , were studied by inelastic scattering of protons on  $^{40}\text{Ca}$  by the method suggested by Bolsterli et al. (*Phys. Rev. Letters*, 1966, **17**, 878). A certain correspondence in the excitation energies of the two sets of states has been found.

Les études récentes sur la structure nucléaire ont démontré que le modèle en couches, employé à l'origine pour la description des niveaux les plus bas du noyau, reste valable aux hautes énergies d'excitation. Cette validité a permis l'extension du modèle aux réactions nucléaires, en décrivant les premières étapes d'une réaction en termes de configurations simples du modèle en couches. Ces configurations seraient excitées aussi bien dans le noyau résiduel que dans le noyau composé. Dans le cas de la diffusion inélastique des nucléons sur un noyau à couches complètes, les premiers états intermédiaires seraient dus à des configurations à 2 particules-1 trou ( $2p - 1t$ ). Bolsterli et al. [1] ont proposé une méthode pour étudier les relations entre ces états et les états à  $2p - 1t$  excités dans le noyau résiduel. Cette méthode consiste à exciter les niveaux dans le noyau composé, analogues aux niveaux à  $2p - 1t$  dans le noyau résiduel.

Dans cet esprit, nous avons étudié le noyau  $^{41}\text{Sc}$ , analogue de  $^{41}\text{Ca}$ . Les niveaux à  $2p - 1t$  dans ce dernier peuvent être excités directement par la réaction  $^{39}\text{K}$  ( $^3\text{He}$ , p) [2] ou par l'excitation du cœur dans la réaction  $^{40}\text{Ca}$  (d, p) [1, 3]. Les états analogues dans  $^{41}\text{Sc}$ , obtenus dans la diffusion élastique de protons sur  $^{40}\text{Ca}$ , auront la même structure. Si un certain état dans  $^{41}\text{Ca}$  a une configuration à  $2p - 1t$ , son analogue dans  $^{41}\text{Sc}$  aura une largeur relativement grande pour l'émission d'une particule laissant le noyau de  $^{40}\text{Ca}$  dans un état à  $1p - 1t$ . Or, dans  $^{40}\text{Ca}$  il y a un état  $3^-$  à 3,74 MeV dont le caractère  $1p - 1t$  est bien connu, qui peut être utilisé pour vérifier ces prédictions.

Les résultats d'une mesure de la fonction d'excitation de la réaction  $^{40}\text{Ca} + p$  dans le domaine d'énergie  $E_p = 6,6-7,4$  MeV sont présentés sur la figure 1. On doit s'attendre à ce que les résonances contenant des configurations à  $2p - 1t$  se désexcitent préférentiellement sur l'état  $3^-$  à 3,74 MeV. Les énergies d'excita-

(\*) Détaché de l'Institut Ruder Bošković, Zagreb.