



HAL
open science

NIVEAUX ROTATIONNELS DES NOYAUX LÉGEBS IMPAIR-IMPAIRS DÉFORMÉS

J. Picard, A. de Pinho

► **To cite this version:**

J. Picard, A. de Pinho. NIVEAUX ROTATIONNELS DES NOYAUX LÉGEBS IMPAIR-IMPAIRS DÉFORMÉS. *Journal de Physique Colloques*, 1966, 27 (C1), pp.C1-42-C1-44. 10.1051/jphyscol:1966111 . jpa-00212995

HAL Id: jpa-00212995

<https://hal.science/jpa-00212995>

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.

Sa distribution angulaire ne peut être interprétée de façon satisfaisante qu'en utilisant un mélange $l_p = 0$, $l_p = 2$, si l'on utilise la théorie en ondes planes.

On observe un groupe qui correspondrait dans ^{15}O à une énergie de 7,8 MeV, dont l'origine est encore douteuse du fait de la faible intensité du groupe de neutrons et de la complexité des gammas associés.

Le niveau de 7,55 MeV a une distribution angulaire interprétable comme un mélange $l_p = 0$, $l_p = 2$.

La faible intensité des groupes de neutrons associés aux niveaux d'énergie supérieure à 8 MeV ne nous permet pas encore d'interpréter leurs distributions angulaires.

Conclusions. — Nos conclusions concernant les 5 premiers niveaux de ^{15}O sont analogues à celles de Evans et collaborateurs [1]. Les niveaux de 5,2 MeV ont une parité + avec $1/2 < J < 7/2$. Le niveau de 6,16 MeV a une parité — et peut être considéré comme le niveau de configuration $^2P_{3/2}$. Les deux niveaux de 6,79 MeV et 6,85 MeV ont une parité + et des spins égaux à $1/2$ ou $3/2$. Hebbard et Marion [5] ont corrélié le niveau de 6,79 MeV avec celui de 7,31 MeV de ^{15}N et lui attribuent un spin $3/2$.

Pour les niveaux de 7,2 MeV et 7,56 MeV les distributions angulaires indiquent une parité + qui est satisfaisante tant du point de vue de la comparaison avec ^{15}N , que des prévisions avec le modèle $(j - j)$ [6]. Il faut toutefois remarquer que l'on se trouve près du seuil de protons et que la théorie en onde plane n'est pas forcément satisfaisante dans ce domaine.

Bibliographie

- [1] EVANS (W. H.), GREEN (T. S.), MIDDLETON (R.), *Proc. Phys. Soc.*, 1953, A **66**, 108-114.
- [2] HEBBARD (D. F.), POVH (B.), *Nuclear Physics*, 1959, **13**, 642-654.
- [3] POVH (B.), HEBBARD (D. F.), *Phys. Rev.*, 1959, **115**, p. 608-613.
- [4] ROSIER (L. H.), DESCHAMPS (Y.), AVIGNON (P.), International Conference on the Study of Nuclear Structure with Neutrons. Anvers, juill. 19-23 1965.
- [5] MARION et coll., *Phys. Rev.*, 1955, **100**, p. 46.
- [6] INGLIS (D. R.), *Rev. Mod. Physics*, 1953, **25**, n° 2, p. 390.
- [7] WARBURTON (E. K.), OLNESS (J. W.), ALBURGER (D. E.), *Phys. Rev.*, 1965, **140**, p. 1202 B.

NIVEAUX ROTATIONNELS DES NOYAUX LÉGERS IMPAIR-IMPAIRS DÉFORMÉS

J. PICARD

Centre d'Etudes Nucléaires de Saclay

et

A. G. DE PINHO

Instituto de Fisica, P. U. C., Rio de Janeiro, Brasil

Résumé. — Les premiers niveaux rotationnels des noyaux légers impair-impairs déformés : ^{18}F , ^{20}F , ^{22}Na , ^{24}Na , ^{26}Al , ^{28}Al , ^{30}P sont calculés en utilisant les fonctions d'onde du modèle unifié et en représentant l'interaction résiduelle neutron-proton par une force à deux corps.

Abstract. — The low lying rotational levels of deformed odd-odd light nuclei : ^{18}F , ^{20}F , ^{22}Na , ^{24}Na , ^{26}Al , ^{28}Al , ^{30}P , are calculated using the unified model wave function and taking into account neutron-proton interaction through a residual two-body force.

La levée de dégénérescence du doublet $K = \Omega_p \pm \Omega_n$ dans ^{18}F , ^{22}Na et ^{26}Al a été décrite dans le cadre du modèle unifié [1]. Les premiers niveaux de ^{18}F et ^{26}Al ont également été calculés dans le modèle des couches [2]; néanmoins, les fonctions d'onde de

Nilsson utilisées ici donnent un meilleur accord avec les spectres expérimentaux.

Dans l'approximation adiabatique, la fonction d'onde du modèle unifié pour ces noyaux peut s'écrire sous la forme du produit antisymétrisé des fonctions

18F		20F		26Al		28Al																																																																																	
Expérience	Calcul	Expérience	Calcul	Expérience	Calcul	Expérience	Calcul																																																																																
	4.08 = 2 ⁺ 3.92 = 2 ⁺		3.35 = 3 ⁺ 3.34 = 5 ⁺		3.84 = 6 ⁺ 3.73 = 3 ⁺	4.74 = (45 ⁺) 4.32 = (27 ⁺) 4.12 = (27 ⁺)	4.49 = 4 ⁺																																																																																
1.04 = 0 ⁺ 0.94 = 3 ⁺	1.08 = 0 ⁺ 0.96 = 3 ⁺	2.20 = (27 ⁺) 2.05 = (27 ⁺) 1.97 = (27 ⁺) 1.85 = 1 ⁺ 1.06 = 1 ⁺ 0.65 = (27 ⁺)	1.80 = 4 ⁺ 1.05 = 1 ⁺ 0.66 = 3 ⁺	2.08 = 2 ⁺ 1.89 = 2 ⁺ 1.78 = 1 ⁺ 1.06 = 1 ⁺	2.15 = 2 ⁺ 0.533 = 1 ⁺ 0.229 = 0 ⁺ 0. = 5 ⁺	2.21 = (45 ⁺) 2.14 = (27 ⁺)	2.11 = 4 ⁺ 1.97 = 3 ⁺																																																																																
0. = 1 ⁺	0. = 1 ⁺	0. = 2 ⁺	0. = 2 ⁺	0.229 = 0 ⁺ 0. = 3 ⁺	0. = 0 ⁺ 0. = 5 ⁺	0.031 = 2 ⁺ 0. = 3 ⁺	0.030 = 2 ⁺ 0. = 3 ⁺																																																																																
<table border="1"> <thead> <tr> <th>noyau</th> <th>force</th> <th>η</th> <th>$\frac{H}{\hbar^2}$ (kev)</th> <th>$\frac{V}{\hbar^2}$ (MeV)</th> <th>\mathcal{M}</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>18F</td> <td>Soper</td> <td>6</td> <td>500</td> <td>35</td> <td>0.17</td> </tr> <tr> <td>20F</td> <td>Soper</td> <td>2</td> <td>210</td> <td>48</td> <td>0.0</td> </tr> <tr> <td>22Na</td> <td>Soper</td> <td>6</td> <td>275</td> <td>37</td> <td>0.0</td> </tr> <tr> <td>24Na</td> <td>Rosenfeld</td> <td>6</td> <td>330</td> <td>43</td> <td>0.0</td> </tr> <tr> <td>26Al</td> <td>Soper</td> <td>4</td> <td>320</td> <td>42</td> <td>0.0</td> </tr> <tr> <td>28Al</td> <td>Newby Konopsky</td> <td>4</td> <td>290</td> <td>41</td> <td>0.0</td> </tr> <tr> <td>30P</td> <td>Soper</td> <td>2</td> <td>550</td> <td>42</td> <td>0.17</td> </tr> </tbody> </table>		noyau	force	η	$\frac{H}{\hbar^2}$ (kev)	$\frac{V}{\hbar^2}$ (MeV)	\mathcal{M}	18F	Soper	6	500	35	0.17	20F	Soper	2	210	48	0.0	22Na	Soper	6	275	37	0.0	24Na	Rosenfeld	6	330	43	0.0	26Al	Soper	4	320	42	0.0	28Al	Newby Konopsky	4	290	41	0.0	30P	Soper	2	550	42	0.17	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">22Na</th> <th colspan="2">24Na</th> <th colspan="2">30P</th> </tr> <tr> <th>Expérience</th> <th>Calcul</th> <th>Expérience</th> <th>Calcul</th> <th>Expérience</th> <th>Calcul</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> <td>3.80 = 5⁺ 3.77 = 3⁺</td> <td></td> <td>6.69 = 3⁺</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>2.32 = 2⁺ 2.20 = 4⁺</td> <td>1.88 = 1⁺ 1.84 = 2⁺</td> <td>5.03 = 3⁺</td> <td>3.99 = 2⁺</td> </tr> <tr> <td>0.666 = 0⁺ 0.593 = 1⁺ 0. = 3⁺</td> <td>0.666 = 0⁺ 0.591 = 1⁺ 0. = 3⁺</td> <td></td> <td>1.79 = 2⁺</td> <td>2.94 = 2⁺ 2.84 = 2⁺ 2.72 = 2⁺ 2.54 = 2⁺</td> <td>2.43 = 2⁺</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>0.472 = 1⁺ 0. = 4⁺</td> <td>0.470 = 1⁺ 0. = 4⁺</td> <td>0.705 = 1⁺ 0.686 = 0⁺ 0. = 1⁺</td> <td>0.720 = 1⁺ 0.686 = 0⁺ 0. = 1⁺</td> </tr> </tbody> </table>		22Na		24Na		30P		Expérience	Calcul	Expérience	Calcul	Expérience	Calcul			3.80 = 5 ⁺ 3.77 = 3 ⁺		6.69 = 3 ⁺				2.32 = 2 ⁺ 2.20 = 4 ⁺	1.88 = 1 ⁺ 1.84 = 2 ⁺	5.03 = 3 ⁺	3.99 = 2 ⁺	0.666 = 0 ⁺ 0.593 = 1 ⁺ 0. = 3 ⁺	0.666 = 0 ⁺ 0.591 = 1 ⁺ 0. = 3 ⁺		1.79 = 2 ⁺	2.94 = 2 ⁺ 2.84 = 2 ⁺ 2.72 = 2 ⁺ 2.54 = 2 ⁺	2.43 = 2 ⁺			0.472 = 1 ⁺ 0. = 4 ⁺	0.470 = 1 ⁺ 0. = 4 ⁺	0.705 = 1 ⁺ 0.686 = 0 ⁺ 0. = 1 ⁺	0.720 = 1 ⁺ 0.686 = 0 ⁺ 0. = 1 ⁺
noyau	force	η	$\frac{H}{\hbar^2}$ (kev)	$\frac{V}{\hbar^2}$ (MeV)	\mathcal{M}																																																																																		
18F	Soper	6	500	35	0.17																																																																																		
20F	Soper	2	210	48	0.0																																																																																		
22Na	Soper	6	275	37	0.0																																																																																		
24Na	Rosenfeld	6	330	43	0.0																																																																																		
26Al	Soper	4	320	42	0.0																																																																																		
28Al	Newby Konopsky	4	290	41	0.0																																																																																		
30P	Soper	2	550	42	0.17																																																																																		
22Na		24Na		30P																																																																																			
Expérience	Calcul	Expérience	Calcul	Expérience	Calcul																																																																																		
		3.80 = 5 ⁺ 3.77 = 3 ⁺		6.69 = 3 ⁺																																																																																			
		2.32 = 2 ⁺ 2.20 = 4 ⁺	1.88 = 1 ⁺ 1.84 = 2 ⁺	5.03 = 3 ⁺	3.99 = 2 ⁺																																																																																		
0.666 = 0 ⁺ 0.593 = 1 ⁺ 0. = 3 ⁺	0.666 = 0 ⁺ 0.591 = 1 ⁺ 0. = 3 ⁺		1.79 = 2 ⁺	2.94 = 2 ⁺ 2.84 = 2 ⁺ 2.72 = 2 ⁺ 2.54 = 2 ⁺	2.43 = 2 ⁺																																																																																		
		0.472 = 1 ⁺ 0. = 4 ⁺	0.470 = 1 ⁺ 0. = 4 ⁺	0.705 = 1 ⁺ 0.686 = 0 ⁺ 0. = 1 ⁺	0.720 = 1 ⁺ 0.686 = 0 ⁺ 0. = 1 ⁺																																																																																		

d'onde intrinsèques du proton et du neutron célibataires (supposés dans la même orbite que dans les noyaux impairs voisins [12]) et de la fonction propre du rotateur. L'hamiltonien total du système est $H = H_p + H_{rot} + H_{résid}$ où H_p décrit les particules indépendantes dans le puits de Nilsson [3], H_{rot} représente les énergies rotationnelle, intrinsèque, de couplage particule-particule et de couplage particule-rotateur. $H_{résid}$ représente l'interaction des particules dépareillées par l'intermédiaire d'une force à deux corps dont l'extension radiale est du type gaussien et les paramètres de mélange (W, B, M, H) sont tirés de la littérature [4-9].

Les autres paramètres du calcul sont : (i) La portée ρ et la profondeur V_0 de la force à deux corps. Les niveaux se déplacent peu si V_0/ρ est maintenu constant, aussi a-t-on fixé $\rho = 0,395$ fm (ii). Les paramètres propres au modèle [3] : μ rapport des intensités des forces $s.l$ et l^2 , le moment d'inertie \mathcal{J} du noyau et sa déformation η . Seuls, ici, V_0, \mathcal{J} et η ont été variés et les amplitudes utilisées sont celles tabulées par Nilsson [3] ou Bishop [10]. Les résultats du calcul, dont les détails sont donnés dans un article antérieur [11], sont comparés avec l'expérience dans les schémas suivants. Seuls les niveaux dus aux configurations fondamentales sont considérés.

Lorsque la force de Coriolis peut être négligée ($^{22}\text{Na}, ^{24}\text{Na}$ et ^{26}Al , Ω_p et $\Omega_n \neq 1/2$) l'écartement du doublet est déterminé par $\hbar^2/2 \mathcal{J}$ et la force à deux corps. Or $\hbar^2/2 \mathcal{J}$ peut être fixé par la distance entre

deux niveaux de la même bande donc l'écartement du doublet permet d'obtenir des informations sur la fonction d'onde et la force à deux corps utilisées. Pour le moment, seuls les premiers niveaux de chaque bande sont complètement identifiés. Le mélange de configuration avec les états de particule indépendante, qui n'a pas été considéré ici, ne semble pas devoir être trop important pour les premiers niveaux. Un calcul Hartree-Fock récent [13] montre en effet un « gap » important entre les niveaux 1/2 - 3/2 de la région $^{20}\text{Ne} - ^{24}\text{Mg}$. En dépit de sa simplicité, le présent modèle prédit l'ordre correct pour les niveaux, leur position étant quelque peu erronée. La position relative des membres du doublet peut être obtenue simplement avec une force telle que le coefficient de $\sigma_n \cdot \sigma_p$ soit positif (force de Soper, par exemple); cela est impossible lorsque ce coefficient est négatif comme dans les forces [9] obtenues par analyse des spectres des noyaux à couches fermées.

Bibliographie

- [1] KELSON (I.), *Phys. Rev.*, 1964, **134 B**, 267.
- [2] FERGUSON (J. M.), *Nucl. Phys.*, 1964, **59**, 97.
- [3] NILSSON (S. G.), *Kgl. Danske Videnskab. Selskab. Mat. Fys. Medd.*, 1955, **29**, n° 16.
- [4] ROSENFELD (L.), *Nuclear Forces* (North Holland, Amsterdam, 1948), p. 233.
- [5] SOPER (J. M.), *Phil. Mag.*, 1957, **2**, 1219.
- [6] SERBER (R.) cf. PRESTON (M. A.), *Physics of the Nucleus* (Addison-Wesley, 1962), p. 96.

- [7] FERRELL (R. A.) et VISSCHER (W. N.), *Phys. Rev.*, 1956, **102**, 450.
 [8] NEWBY (N.) et KONOPINSKI (E. J.), *Phys. Rev.*, 1959, **115**, 434.
 [9] GILLET (V.), Thèse, Paris (1962).
 [10] BISHOP (G. R.), *Nucl. Phys.*, 1959-60, **14**, 376.
 [11] DE PINHO (A. G.) et PICARD (J.), Rapport C. E. A. R 2730 (Saclay).
 [12] BOHR (A.) et MOTTELSON (B.), *Kgl. Danske Vidensk. Selskab. Mat. Fys. Medd.*, 1953, **27**, n° 16.
 [13] KELSON (I.) et LEVINSON (C. A.), *Phys. Rev.*, 1964, **134 B**, 269.

NIVEAUX DE $^{24,25,26}\text{Mg}$ EXCITÉS PAR LES RÉACTIONS (α, α'), ($\alpha, {}^3\text{He}$) et (α, t)

G. BRUGE, J. C. FAIVRE et G. VALLOIS
Centre d'Etudes Nucléaires de Saclay

A. BUSSIÈRE et P. ROUSSEL
Laboratoire Joliot-Curie, Orsay

Résumé. — La diffusion inélastique des particules α permet d'étudier le couplage cœur-particule et d'exciter les états « collectifs » ; les réactions (α, t) et ($\alpha, {}^3\text{He}$) aboutissent à des états « de particules » : nos expériences permettent l'étude simultanée de ces deux types d'excitation.

Abstract. — Inelastic scattering of α particles enable us to study the core-particle coupling and to populate « collective » states ; (α, t) and ($\alpha, {}^3\text{He}$) reactions excite « particle » states ; both types of excitation have been studied in our experiment.

Après l'étude par diffusion (α, α') du couplage faible d'un proton avec un cœur de Ni [1] nous avons étudié le couplage fort dans la couche *sd*. Avec un dispositif identificateur de particules (circuit multiplicateur pour les particules de charge unité et du type Goulding [2] pour les particules de charge 2) nous avons observé les réactions de stripping ($\alpha, {}^3\text{He}$) et (α, t) pour comparer les états obtenus aux états collectifs excités par diffusion (α, α').

Les particules α de 44 MeV du cyclotron de Saclay sont diffusées par des cibles de Mg d'environ 1 mg/cm². Le système de détection comporte des jonctions dE/dx à barrière de surface de 150 μ , suivies de jonctions E au Si(Li) de 2,2 mm, et permet la mesure simultanée à deux angles avec une résolution globale d'environ 0,8 %.

Pour les réactions (α, α'), les distributions angulaires obtenues présentent les oscillations caractéristiques d'une forte absorption. Les relations de phase bien connues sont ici moins observées que dans les noyaux plus lourds et la détermination des spins et parités en est rendue plus difficile.

Nous avons observé, dans ^{24}Mg , le niveau 0^+ à 6,44 MeV et un niveau 5^- à 7,59 MeV. Deux groupes

octupolaires apparaissent dans ^{26}Mg alors que seul le groupe le plus énergétique apparaît dans ^{24}Mg . Les niveaux de parité non naturelle 3^+ ne sont presque pas excités. Plusieurs doublets ou triplets n'ont pu être résolus quoique dans certains cas nous puissions connaître le niveau prépondérant.

Le couplage fort du neutron impair de ^{25}Mg au cœur ^{24}Mg est clairement mis en évidence par l'excitation de la bande de rotation $K = 5/2^+$ du fondamental, 1,61 MeV $7/2^+$ et 3,40 MeV $9/2^+$: les deux distributions angulaires sont tout à fait analogues et ressemblent à celle du premier niveau 2^+ de ^{24}Mg , en accord avec la relation [3] :

$$\frac{d\sigma_l}{d\Omega} (IK \rightarrow I'K) = \langle I I K 0 | I' K \rangle^2 \frac{d\sigma}{d\Omega} (0 \rightarrow l).$$

Les valeurs du paramètre de déformation δ_l obtenues par la méthode de Blair, Sharp et Wilets [4] sont présentées dans la figure 1. Contrairement aux noyaux plus lourds, la valeur du paramètre Δ/L n'est pas constante pour les différentes excitations d'un même noyau : ceci doit être dû à des processus d'excitation multiples comme, par exemple, pour l'état 4^+ à 4,12 MeV dans ^{24}Mg . Une étude plus détaillée à