

Coexistence de forme dans le noyau 187Au

M.A. Deleplanque, C. Gerschel, M. Ishihara, N. Perrin, V. Berg, C. Bourgeois, M.G. Desthuilliers, J.P. Husson, P. Kilcher, J. Letessier

▶ **To cite this version:**

M.A. Deleplanque, C. Gerschel, M. Ishihara, N. Perrin, V. Berg, et al.. Coexistence de forme dans le noyau 187Au. Journal de Physique Lettres, 1975, 36 (9), pp.205-208. 10.1051/jphyslet:01975003609020500 . jpa-00231189

HAL Id: jpa-00231189
https://hal.science/jpa-00231189

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.

Classification
Physics Abstracts
4.470

COEXISTENCE DE FORME DANS LE NOYAU ^{187}Au

(1) M. A. DELEPLANQUE, C. GERSCHEL, M. ISHIHARA (*), N. PERRIN
(2) V. BERG, C. BOURGEOIS (**), M. G. DESTHUILLIERS (***), J. P. HUSSON (****), P. KILCHER et J. LETESSIER

Division de Physique Nucléaire, Institut de Physique Nucléaire, 91406 Orsay, France

(*Reçu le 23 avril 1975, révisé le 28 mai 1975, accepté le 4 juin 1975*)

Résumé. — L'or a été formé dans la désintégration de ^{187}Hg et dans la réaction ^{175}Lu(^{16}O, 4 nγ)^{187}Au. Les deux bandes découplées construites sur les états intrinsèques $h_{9/2}$ et $h_{11/2}$ impliquent la coexistence de déformations respectivement *prolate* et *oblate*. Le comportement des états de haut spin est discuté par rapport au platine 186.

Abstract. — In ^{187}Au, studied by radioactivity and by the ^{175}Lu(^{16}O, 4 nγ) ^{187}Au reaction at 95 MeV, two decoupled bands are built on $h_{9/2}$ and $h_{11/2}$ intrinsic states, implying, as in ^{189}Au, the coexistence of prolate and oblate deformations. The behavior of high spin states is analysed and compared to ^{186}Pt.

Récemment, des résultats sur les ors impairs obtenus par réaction (ions lourds, *x*n) ont permis d'attribuer une déformation aplatie (oblate) aux ors les plus lourds (A = 195 à 191) [1] ; de plus, dans le noyau ^{189}Au [2, 3], la coexistence de déformations allongée (prolate) et aplatie a été mise en évidence. En effet, pour les noyaux d'or, le niveau de Fermi en protons se trouve situé entre les couches $h_{11/2}$ et $h_{9/2}$. L'observation de bandes découplées, par effet de Coriolis, pour une orbitale $h_{11/2}$, indique [4, 5] une déformation aplatie ; pour le noyau ^{189}Au, où apparaît en plus une bande découplée sur l'état $9/2^-$, les deux formes

(1) Réactions (ions lourds, *x*n).
(2) Radioactivité (séparateur ISOCELE).
(*) Institute of Nuclear Study, Tokyo, Japon.
(**) Université Paris VII.
(***) Centre de Spectroscopie Nucléaire et de Spectrométrie de masse, 91406 Orsay.
(****) Université Paris VI.

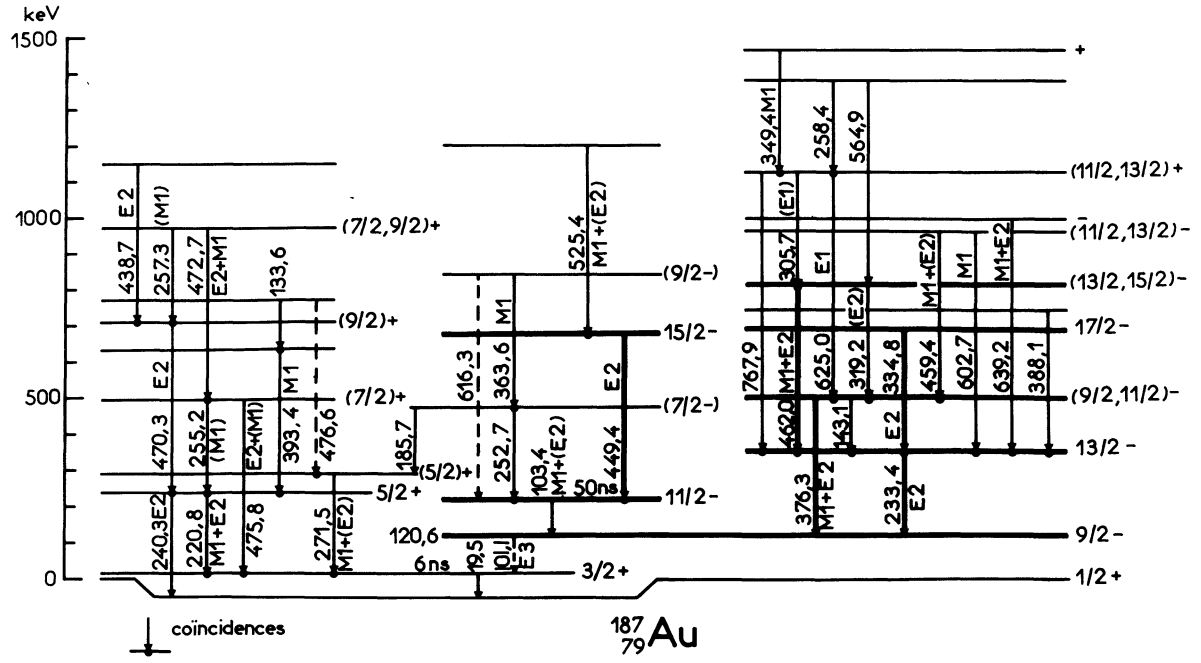


FIG. 1. — Schéma partiel de la désintégration de ^{187}Hg. Les transitions qui ont été également observées dans la réaction ^{175}Lu(^{16}O, 4n)^{187}Au ainsi que les niveaux qui en découlent sont en traits épais.

Article published online by EDP Sciences and available at http://dx.doi.org/10.1051/jphyslet:01975003609020500

aplatie et allongée coexistent, le paramètre de déformation ayant une valeur plus grande pour la forme allongée. De plus, dans ce noyau, la *bande* $h_{11/2}$ est plus alimentée que la *bande* $h_{9/2}$ [3].

L'étude de ^{187}Au a été entreprise par la réaction ^{175}Lu(^{16}O, 4n)^{187}Au et par la décroissance radioactive de ^{187}Hg ($T_{1/2} = 133 \pm 13$ s). La réaction par ions lourds a été effectuée à 95 MeV au cyclotron à énergie variable d'Orsay. La cible ^{175}Lu de 1 mg/cm^2 est autosupportée. Les mesures comprennent des spectres gamma directs, des distributions angulaires et des coïncidences tridimensionnelles (E_{γ_1} -E_{γ_2}, temps entre γ_1 et γ_2). Les expériences de radioactivité ont été réalisées auprès du séparateur d'isotopes ISOCELE [6] en ligne sur le faisceau du synchrocyclotron d'Orsay. Une cible d'or fondu est bombardée par des protons de 157 MeV, les produits de réaction (p, xn) sont ionisés, accélérés, puis séparés isotopiquement. Le faisceau d'ions séparés est focalisé sur une bande de mylar aluminisé ; la source ainsi obtenue est transportée devant les détecteurs (γ et e^-) à l'aide d'un dérouleur de bande. Dans la deuxième ligne du séparateur, le faisceau est recueilli sur des pastilles, un système automatique permet d'envoyer régulièrement ces pastilles dans un spectromètre β de type Gerholm [7]. Nous avons effectué des spectres directs (γ, e^-), des coïncidences (γ-γ-t et e^--γ), des mesures de vies moyennes (coïncidences e^--e^- et e^--γ). Les premiers spectres directs d'électrons de conversion et gamma avaient été obtenus auprès du séparateur ISOLDE du C. E. R. N. L'analyse des expériences a été effectuée avec l'ordinateur IBM 370-135 du laboratoire (A. R. I. E. L.).

Le schéma de niveaux partiel de ^{187}Au obtenu par radioactivité est présenté sur la figure 1. Les coefficients de conversion tirés des spectres directs d'électrons et gamma nous donnent les multipolarités des principales transitions. Nous ne parlerons ici que des points délicats de ce schéma :

1) la transition de 19,5 keV a été mise en évidence sur le spectre d'électrons obtenu avec le spectromètre Gerholm (Fig. 2). Le spectre gamma observé en coïncidence avec la raie de conversion M de la transition de 19,5 keV permet, par l'intermédiaire des raies de 271,5 et 185,7 keV, de proposer l'état isomérique à 120,6 keV. La période du niveau de 19,5 keV est $T_{1/2} = (6 \pm 1)$ ns.

2) les résultats concernant les énergies et les conversions des transitions de 101,1 et 103,4 keV sont tout à fait compatibles avec une transition de 101,1 keV de nature E3($\alpha_L = 75 \pm 20$) et une transition de 103,4 keV de nature essentiellement M1. C'est ce qui permet de proposer la transition de 101,1 keV comme désexcitant l'état isomérique de 120,6 keV vers l'état de 19,5 keV.

3) l'ensemble des résultats obtenus nous conduit à supposer que la transition de 103,4 keV est double ; en effet, la transition de 103,4 keV présente exactement les mêmes caractéristiques que la transition de 78 keV

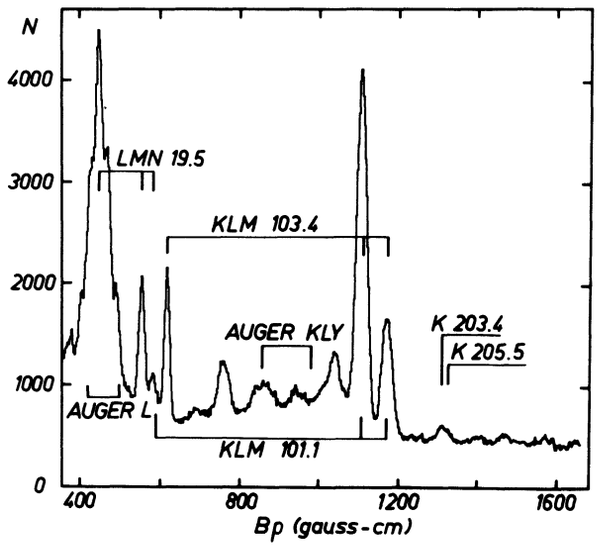


FIG. 2. — Spectre d'électrons de basse énergie de ^{187}Au obtenu avec une préaccélération de 9,7 kV.

dans ^{189}Au : nature essentiellement M1, retard ($T_{1/2} = 50 \pm 8$ ns) par rapport à la transition E2 de 449,4 keV. Bien que située entre deux états isomériques, elle est observée en coïncidence rapide avec les transitions de 271,5 et 153,7 keV (non placée). Une étude systématique des noyaux d'or voisins [8, 9] (1), ainsi que les résultats obtenus par ions lourds dans le noyau ^{187}Au nous font attribuer le spin $9/2^-$ au niveau de 120,6 keV. Les autres spins sont déduits à l'aide des multipolarités des transitions. Comme dans l'or 189, il existe une transition M1 retardée entre les niveaux $11/2^-$ et $9/2^-$, mais leur position relative est l'inverse de celle des ors plus lourds. Dans ces deux noyaux les transitions sont retardées d'un facteur $F_{SP} \simeq 2 \times 10^4$ par rapport au modèle à une particule.

Les principaux résultats obtenus par la réaction ^{175}Lu(^{16}O, 4n)^{187}Au sont présentés dans le tableau I. On observe deux bandes découplées (Fig. 3) construites sur les états $11/2^-$ et $9/2^-$, la *bande* $h_{9/2}$ étant la plus alimentée conformément à l'évolution du niveau de Fermi entre ^{189}Au et ^{187}Au. Les coïncidences énergie-temps ont permis d'établir que les transitions de la *bande* $h_{9/2}$ dépeuplent un niveau isomérique de période $T_{1/2} \simeq 100$ ns, et que celles de la *bande* $h_{11/2}$ dépeuplent un niveau isomérique de période environ 25 ns.

L'ensemble des résultats obtenus indique donc la coexistence des formes allongée et aplatie dans le noyau ^{187}Au. Lorsque les noyaux d'or deviennent de plus en plus déficients en neutrons, on constate que la déformation de la forme allongée augmente ($E(j+2 \rightarrow j) = 321$ keV pour ^{189}Au et 233 keV pour ^{187}Au) alors que celle de la forme aplatie est stationnaire jusqu'à ^{187}Au puisque de ^{195}Au à ^{187}Au l'énergie

(1) Berg, V., Hoglund, A., communication privée.

TABLEAU I

^{187}Au

E_γ (keV)	A_2 %	I_γ	Multipolarité	Remarques
233,5 ± 0,2	0,10 ± 0,04	100 ± 13	E2	(c), (e)
334,7 ± 0,2	0,13 ± 0,04	74 ± 10	E2	(c), (e)
413,8 ± 0,3		63 ± 12	(E2)	(a), (c)
449,5 ± 0,3	0,15 ± 0,09	51 ± 8	E2	(d), (e)
491,4 ± 0,2	0,24 ± 0,07	73 ± 11	E2	(c)
509,2 ± 0,5		40 ± 20		(a), (b), (c)
566,5 ± 0,3		57 ± 10	(E2)	(a), (c)
709,6 ± 0,4	0,23 ± 0,18	22 ± 5	(E2)	(d)
731,6 ± 0,4	0,06 ± 0,17	25 ± 5	(M1 + E2, E2)	(d)

(a) Ces raies sont doubles et à cause du déplacement Doppler à 26°, la détermination de l'anisotropie est très imprécise.

(b) L'énergie et l'intensité de cette transition sont très approximatives à cause de la présence de la raie de 511 keV.

(c) Ces transitions sont alimentées en majorité par un état isomérique de période ≃ 100 ns, ce qui atténue leur anisotropie et permet entre autres d'isoler la raie de 509,2 keV de la raie d'annihilation.

(d) Ces transitions sont alimentées en majorité par un état isomérique de période ≃ 25 ns.

(e) La multipolarité de ces raies a été confirmée par les mesures de coefficient de conversion en radioactivité.

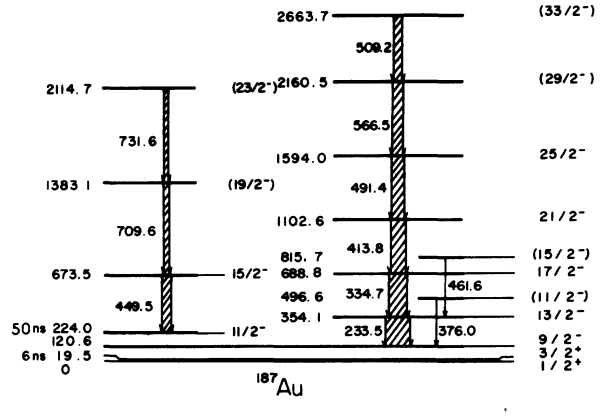


FIG. 3. — Schéma partiel du noyau ^{187}Au. Les niveaux en traits fins ont été observés par radioactivité. Les niveaux en traits épais ont été observés dans l'expérience ^{175}Lu(^{16}O, 4n)^{187}Au. La transition de 103,4 keV entre les niveaux 11/2⁻ à 224,0 keV et 9/2⁻ à 120,6 keV a été aussi observée dans cette réaction, mais son intensité n'a pu être déterminée.

des transitions de cette bande reste à peu près constante [3].

La situation des états de spin $j + 1$ (où j est le moment angulaire de la particule impaire) à l'intérieur des deux bandes indique comme dans les ors plus lourds l'existence d'asymétrie γ [5]. Mais le rapport

$$R = \frac{E(j+1) - E(j)}{E(j+2) - E(j)} = 1{,}6 \text{ (bande } h_{9/2})$$

et 2,2 (bande $h_{11/2}$)

manifeste des déformations non axiales moins importantes que dans les ors plus lourds où R reste compris entre 1,3 et 1,4.

Comme dans $^{189}_{79}$Au [2] et dans les noyaux $^{189}_{77}$Ir et ^{187}Ir [10], la *bande* $h_{9/2}$ présente une analogie avec la bande quasi-rotationnelle fondamentale des cœurs pairs-pairs voisins. En particulier, la réaction

^{174}Yb(^{16}O, 4n)^{186}Pt à 95 MeV

nous a permis d'observer les états de la bande quasi-rotationnelle fondamentale jusqu'au spin 14^+ : en plus des transitions de 191,5, 298,6, 387,0, 464,3 et 514,6 keV placées par Burde *et al.* [11], nous avons observé (voir Tabl. II) deux transitions de 478,0 keV

TABLEAU II

^{186}Pt

E_γ (keV)	Transition	I_γ	A_2 exp %	Remarques
191,5 ± 0,2	$2^+ \rightarrow 0^+$	100 ± 7	0,07 ± 0,05	
298,6 ± 0,3	$4^+ \rightarrow 2^+$	100 ± 7	0,10 ± 0,05	
387,0 ± 0,3	$6^+ \rightarrow 4^+$	80 ± 6	0,12 ± 0,05	
464,3 ± 0,4	$8^+ \rightarrow 6^+$	68 ± 7		(b)
478,0 ± 0,8	$12^+ \rightarrow 10^+$	46 ± 14	(0,22 ± 0,09)	(a)
488,9 ± 0,5	$(14^+ \rightarrow 12^+)$	24 ± 2	0,29 ± 0,10	
514,6 ± 0,6	$10^+ \rightarrow 8^+$	56 ± 6		(b)

(a) Cette raie est un doublet et correspond à deux transitions, l'une dans ^{185}Pt et l'autre dans ^{186}Pt. Le coefficient A_2 correspond à l'anisotropie du doublet. Dans ^{185}Pt cette transition est de caractère E2, ce qui implique une nature E2 pour la transition de ^{186}Pt.

(b) Le déplacement Doppler (à 26°) dans ces groupes complexes de raies rend impossible la détermination du coefficient A_2.

et 488,9 keV, de multipolarité probable E2, en coïncidence avec l'ensemble de ces raies, alors que la raie de 551 keV proposée par ces auteurs comme désexcitant l'état 12^+ n'est pas observée en coïncidence avec l'ensemble de la bande. Nous suggérons donc que ces transitions de 478,0 keV et 488,9 keV désexcitent respectivement les niveaux 12^+ et 14^+ du platine 186. Sur la figure 4, nous avons porté les courbes donnant

$$\frac{2\,\mathfrak{J}(I)}{\hbar^2} = \frac{4\,I - 2}{E\gamma(I \to I - 2)}$$

en fonction du carré de la fréquence de rotation

$$(\hbar\omega)^2 = \frac{E\gamma^2(I \to I - 2)}{4}$$

pour la bande yrast du platine 186 et pour la *bande* $h_{9/2}$ du noyau ^{187}Au (I est le moment angulaire total pour le niveau considéré, $\mathfrak{J}(I)$ le moment d'inertie pour le niveau de spin I). Des résultats récents [12, 13] ont montré l'importance de l'étude des noyaux impairs dans l'interprétation du *backbending*. Dans les noyaux ^{186}Pt et ^{184}Pt, le *backbending* observé à partir du spin 10^+ peut être interprété par l'alignement d'une paire de protons $h_{11/2}$ sur le moment angulaire de rotation. Ceci est cohérent avec l'observation du *backbending* dans la *bande* $h_{9/2}$ du noyau ^{187}Au (Fig. 4).

Ces résultats sont en accord avec ce que l'on connaît des déformations des noyaux de cette région [10, 14, 15, 16]. Ils permettent de souligner le rôle de l'orbitale $1/2^-$ [541] qui, fortement descendante, tend à augmenter la déformation. Au contraire l'orbitale $1/2^-$ [501] ascendante favorise la symétrie sphérique. On peut en particulier conclure que l'influence des paires de protons $h_{11/2}$ est importante pour définir la forme aplatie et peu déformée des mercures et des platines

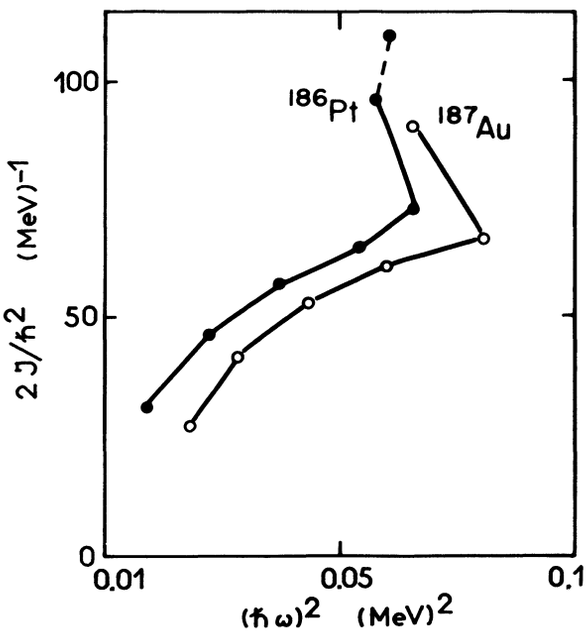


FIG. 4. — $2\,\mathfrak{J}/\hbar^2$ en fonction de $(\hbar\omega)^2$ pour ^{186}Pt et ^{187}Au.

plus lourds [16, 17]. C'est sans doute en partie à cause de la participation de plus en plus prépondérante des paires de protons $h_{9/2}$ que les platines les plus déficients [16] et les osmiums [18] deviennent déformés et allongés.

Remerciements. — Nous remercions très vivement l'équipe d'ISOCELE qui a assuré la mise au point et le fonctionnement du séparateur pour ces expériences. Nous remercions également les équipes qui assurent le fonctionnement du synchrocyclotron et du cyclotron à énergie variable.

Bibliographie

[1] TJOM, P. O., MAIER, M. R., BENSON, D., STEPHENS, F. S. and DIAMOND, R. M., *Nucl. Phys.* A **231** (1974) 397.

[2] BERG, V., DELEPLANQUE, M. A., GERSCHEL, C. and PERRIN, N., *Proceedings of the International Conference on Nuclear Structure and Spectroscopy* (Amsterdam, North Holland) **1** (1974) 113.

[3] DELEPLANQUE, M. A., GERSCHEL, C., PERRIN, N. et BERG, V. (à paraître dans *Nucl. Phys.*).

[4] STEPHENS, F. S., DIAMOND, R. M., LEIGH, J. R., KAMMURI, T. and NAKAI, K., *Phys. Rev. Lett.* **29** (1972) 438.

[5] MEYER TER VEHN, J., STEPHENS, F. S. and DIAMOND, R. M., *Phys. Rev. Lett.* **32** (1974) 1383.

[6] The Orsay on-line separator : ISOCELE (à paraître).

[7] GERHOLM, T. R. and LINDSKOG, J., *Ark. Fys.* **24** (1963) 171.

[8] BERG, V. et BOURGEOIS, C., *J. Physique* **36** (1975) 613.

[9] VIEU, C., thèse Orsay (1974).

[10] ANDRÉ, S. *et al.*, *Int. Conf. on Reactions between complex nuclei* (Nashville, North Holland) **1** (1974) 192.

[11] BURDE, J., DIAMOND, R. M. and STEPHENS, F. S., *Nucl. Phys.* A **92** (1967) 306.

[12] WARD, D., *Int. Conf. on Reactions between complex nuclei* (Nashville, North Holland) **2** (1974) 417.

[13] LIEDER, R. M., *Proceedings of the International Conference on Nuclear Structure and Spectroscopy* (Amsterdam, North Holland) **2** (1974) 212.

[14] HAMILTON, J. H. *et al.*, *Int. Conf. on Reactions between complex nuclei* (Nashville, North Holland) **1** (1974) 178.

[15] NEWTON, J. O., STEPHENS, F. S. and DIAMOND, R. M., *Nucl. Phys.* A **236** (1974) 225.

[16] FINGER, M. *et al.*, *Nucl. Phys.* A **188** (1972) 369.

[17] BEUSCHER, H., DAVIDSON, W. F., LIEDER, R. M., NESKAKIS, A. and MAYER-BORICKE, C., *Phys. Rev. Lett.* **32** (1974) 843.

[18] SODAN, H. *et al.*, *Nucl. Phys.* A **237** (1975) 333.