



Doctoral Thesis

Etude des transitions bêta une fois interdites de Cl-38, K-42 et Rb-88 par la méthode des corrélations angulaires β - γ

Author(s):

Hess, Roger

Publication Date:

1968

Permanent Link:

<https://doi.org/10.3929/ethz-a-000087768> →

Rights / License:

[In Copyright - Non-Commercial Use Permitted](#) →

This page was generated automatically upon download from the [ETH Zurich Research Collection](#). For more information please consult the [Terms of use](#).

Thèse n° 3995

Etude des transitions bêta
une fois interdites de ^{38}Cl , ^{42}K et ^{88}Rb
par la méthode des corrélations angulaires β - γ

THÈSE

présentée à l'Ecole Polytechnique Fédérale, Zurich
pour l'obtention du grade de Docteur ès Sciences naturelles

par

ROGER HESS

dipl. phys. EPF
né le 10 août 1937
de Genève

Acceptée sur proposition du

rapporteur: Prof. Dr J. P. BLASER
corapporteur: Prof. Dr P. E. MARMIER



Bâle
Imprimerie Birkhäuser S. A.
1968

Etude des transitions bêta une fois interdites de ^{38}Cl , ^{42}K et ^{88}Rb par la méthode des corrélations angulaires $\beta-\gamma$

Summary. First forbidden β transitions of the type $2^- \beta 2^+$ have been studied in the decays of ^{38}Cl and ^{42}K by measuring $\beta-\gamma$ directional correlations and $\beta-\gamma$ circular polarization correlations. Large negative values of the anisotropy factors, particularly in the case of ^{38}Cl , confirm that these β -transitions can not be described by the ξ -approximation. Therefore, all the nuclear matrix elements (NME) may be computed from the experimental data and the available results of shape factor measurements. The Morita formalism has been used. The CVC prediction and the Ahrens-Feenberg relation were assumed for the analysis. Possible deviation from these relations have been discussed. The results are characterized by the predominance of the NME of tensor order zero ($\int \sigma \cdot r$ and $\int \gamma_0$) and by a non-vanishing value of $\int B_{ij}$. The NME of tensor order one are completely absent in one of the solutions. An attempt has been made to explain these results within the framework of the shell model with configurations mixing.

The analogue β -transition in the decay of ^{88}Rb has also been investigated. The $\beta-\gamma$ directional correlation has been measured. A large positive anisotropy factor was found, which rules out the ξ -approximation in this case also.

I. Introduction

Les nombreuses études expérimentales et théoriques de cette dernière décennie ayant pour objet l'interaction faible ont clarifié considérablement nos conceptions dans ce domaine [1]. Le formalisme de la désintégration bêta des noyaux semble, d'une manière générale, établi [2]. Aussi l'étude des transitions bêta est devenu une méthode d'investigation de la structure nucléaire.

D'autre part, bien que ces expériences soient toujours délicates, et les fréquents désaccords entre les résultats de différents auteurs sont là pour le confirmer, elles sont actuellement plus facilement réalisables, surtout grâce au développement prodigieux des moyens électroniques.

Les éléments de matrice nucléaire (EMN) sont les paramètres de la théorie. Ces grandeurs, analogues aux amplitudes de multipolarité d'une transition électromagnétique, sont étroitement liées aux propriétés des états nucléaires entre lesquels a lieu la transition bêta. Il devient alors intéressant d'estimer ces paramètres à partir de l'expérience. L'estimation est aisée dans le cas des transitions permises [3], décrites par deux EMN seulement, $\int 1$ et $\int \sigma$; aussi un grand nombre de ces transitions ont déjà fait l'objet de systématiques et de comparaisons à des prévisions théoriques [4].

L'analyse des transitions une fois interdites est plus compliquée; d'une part, six EMN contribuent à leur description, bien que souvent ce nombre soit restreint par des considérations sur les moments angulaires J_i et J_f des états du noyau, et d'autre part,

Nous avons effectué une nouvelle analyse pour contrôler la validité de ces prévisions; les amplitudes relatives du mélange $\alpha = \alpha_{3/2}/\alpha_{7/2}$ et $\beta = \alpha_{1/2}/\alpha_{7/2}$ ont naturellement été considérées comme variable, tout comme A_0 : $-1 \leq A_0 \leq +3$. Par contre nous avons gardé A_1 constant: $A_1 = A_{CVC} = 3,13$. Les résultats sont portés graphiquement dans la figure 16, les axes correspondants à α et β . Il existe des solutions quel que soit $A_0 \geq 1,5$, bien que seuls les plans $A_0 = 1,8, 2,4$ et $3,0$ soient indiqués. L'amplitude $\alpha_{3/2}$ de la configuration ${}_n(2 p_{3/2})$ est très large; en fait, contrairement à ce que nous supposons dans (59), elle doit être du même ordre de grandeur que celle de ${}_n(1 f_{7/2})$.

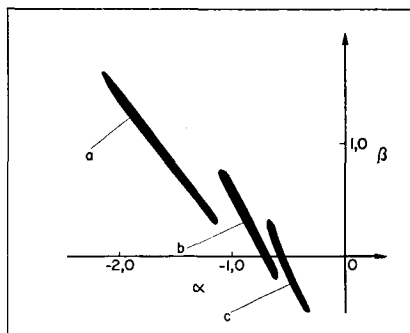


Figure 16

Amplitudes relatives α et β des composantes ${}_n(2 p_{3/2})$ et ${}_n(2 p_{1/2})$ par rapport à celle de ${}_n(1 f_{7/2})$ dans la fonction d'onde $|2-; {}^{38}\text{Cl}\rangle$ (modèle des couches avec mélange de configurations).

Les parties noires correspondent aux solutions possibles compatibles avec les observables de la transition ${}^{38}\text{Cl } 2^- \beta 2^+ {}^{38}\text{A}$; (a): $A_0 = 1,8$, (b): $A_0 = 2,4$ et (c): $A_0 = 3,0$.

Alors, comme dans le cas de ${}^{42}\text{K}$, nous voyons que le modèle des couches, même quelque peu raffiné, n'explique pas la transition β . En ce qui concerne la contribution de ${}_n(p_{1/2})$ dans (59), la situation n'est pas aussi nette, car le paramètre β peut s'annuler. Cependant si nous supposons que la prévision $A_0 = 1,5$ de AHRENS et FEENBERG (47) est correcte, alors l'amplitude $\alpha_{1/2}$ trouvée par l'analyse est elle aussi trop élevée pour être raisonnable.

V. Résumé et conclusions

Dans ce travail nous avons déterminé les corrélations directionnelles $2^- \beta_2 2^+ \gamma_1 0^+$ de la désintégration de ${}^{38}\text{Cl}$, ${}^{42}\text{K}$ et ${}^{88}\text{Rb}$ (tableaux 5, 7 et 9). Pour ${}^{42}\text{K}$, nos mesures sont en excellent accord avec celles de STEFFEN [47]; par contre pour ${}^{38}\text{Cl}$, nous obtenons un effet plus important que celui observé par MACQ [44]. En ce qui concerne le ${}^{88}\text{Rb}$, le facteur d'anisotropie trouvé $\varepsilon(W)$ est de signe opposé à ceux de ${}^{38}\text{Cl}$ et ${}^{42}\text{K}$; il est plus élevé que ceux constatés dans les corrélations analogues de la désintégration de ${}^{84}\text{Rb}$ et ${}^{86}\text{Rb}$ [5]. Nous avons également mesuré les corrélations $\beta_2 - \gamma_1$ polarisé circulairement de ${}^{38}\text{Cl}$ et ${}^{42}\text{K}$ (tableaux 6 et 8). Nos résultats pour ${}^{42}\text{K}$ confirment ceux de CHABRE [48], bien que nous n'observions pas une dépendance angulaire marquée en $P_3(\cos \theta)$.

En comparant ces différents résultats, nous voyons clairement que la structure nucléaire influence fortement le comportement de ces transitions $2^- \beta_2 2^+$. Toutefois

il est difficile d'utiliser ces informations puisque six EMN interviennent. A ce sujet nous avons examiné plus particulièrement les cas de ^{38}Cl et ^{42}K , où nous disposions encore des mesures du facteur de correction du spectre β $C(W)$. Malgré l'excellente précision des données expérimentales, principalement de ^{42}K , il s'est avéré difficile de rechercher indépendamment les valeurs des six EMN [54]. C'est pourquoi, dans une première analyse numérique, nous avons employé les prévisions théoriques entre w et v de AHRENS et FEENBERG [60] et entre x et y de la théorie du courant vectoriel conservé [58]. L'application de ces deux relations a restreint les domaines de solutions des autres paramètres, qui par ailleurs restent relativement étendus. Les constatations suivantes ressortent du calcul:

^{42}K : Les EMN d'ordre tensoriel 0 sont dominants, $w \approx -18,5 z$. Ceux d'ordre 1 sont nettement moins importants; ils peuvent être complètement négligés. D'autre part, la valeur de l'EMN d'ordre 2, $\int B_{ij}$, comparée à celle de la transition unique $2^- \beta_1 0^+$ sur l'état fondamental de ^{42}Ca , semble atténuée par un effet d'annulation. Nous avons également tenté de contrôler la prévision de AHRENS et FEENBERG; de $A_0 > 1,13$, nous voyons que l'ordre de grandeur de cette prévision est correct.

^{38}Cl : Il est nécessaire de considérer les EMN d'ordre 0 et 2 pour expliquer la transition β : $w \approx -2 z$. Les EMN d'ordre 1 sont soit petits soit d'une importance comparable à celle de w ou z . A la différence de ^{42}K , nous n'observons pas un changement notable de l'EMN $\int B_{ij}$ en comparant les transitions β_1 et β_2 .

Le modèle des couches a servi de cadre à la seconde analyse numérique. Il résulte des fonctions d'onde élémentaires des états nucléaires considérés (les nucléons de valence sont dans les configurations ${}_n(1 f_{7/2})$ pour les neutrons et ${}_p(1 d_{3/2})$ pour les protons), ainsi que de la règle de sélection j , que seul $\int B_{ij}$ est différent de zéro. Cependant les expériences ne vérifient manifestement pas ce caractère de la transition β . La situation ne s'améliore guère en supposant une participation des configurations plus élevées. En effet nous constatons qu'il faut alors considérer des mélanges très importants, ce qui est contraire aux conditions de validité du modèle.

Peut-être, comme l'a suggéré LIPNIK [73], est-il nécessaire de supposer des composantes déformées aussi bien dans les noyaux mères [74] que les noyaux filles pour comprendre ces transitions $2^- \beta 2^+$. En particulier, nous savons que la contribution ψ_{def} de ^{42}Ca provient de $K_f = 0$ [64]. Si la partie correspondante de ^{42}K est $K_i = 0$, les EMN d'ordre 1 sont nuls [75] tandis que ceux d'ordre 0 et 2 sont différents de zéro, ce qui est en accord avec notre analyse. Par contre, il est impossible d'envisager $K_i = 1$ ou 2 car seuls les EMN d'ordre 1 et 2 ou 2 respectivement seraient alors différents de zéro.

Remerciements

Nous prions Monsieur le Professeur J.-P. BLASER qui a bien voulu s'intéresser à ce travail et lui accorder son constant soutien, de trouver ici l'expression de notre profonde gratitude.

Nous tenons à remercier tout spécialement Monsieur P. LIPNIK pour ses nombreuses suggestions et les fructueuses discussions que nous avons eues.

Nous sommes tout particulièrement reconnaissant envers Messieurs J. BRUNNER, L. GRENACS, F. GASSMANN, F. GYGAX, F.-C. RÖHMER, W. RUEGG et J.-W. SUNIER