



HAL
open science

Parcours et structure fine des rayons α du protactinium

Tsien San-Tsiang, M. Bachelet, G. Bouissières

► **To cite this version:**

Tsien San-Tsiang, M. Bachelet, G. Bouissières. Parcours et structure fine des rayons α du protactinium. Journal de Physique et le Radium, 1946, 7 (6), pp.167-170. 10.1051/jphysrad:0194600706016700 . jpa-00233974

HAL Id: jpa-00233974

<https://hal.science/jpa-00233974>

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.

PARCOURS ET STRUCTURE FINE DES RAYONS α DU PROTACTINIUM [*]

Par TSIEN SAN-TSIANG.

Laboratoire de Chimie nucléaire du Collège de France.

M. BACHELET et G. BOUSSIÈRES.

Laboratoire Curie de l'Institut du Radium.

Sommaire. — On détermine, au moyen d'un amplificateur proportionnel, les parcours des rayons α du protactinium par différence avec celui des rayons α du polonium.

Le spectre des rayons α du protactinium est constitué par un groupe principal (80-85 pour 100), de parcours égal à $3,511 \pm 0,010$ cm, et deux groupes satellites (chacun 8-10 pour 100) de 3,23 et 3,20 cm respectivement. Les énergies des rayons γ déduites de cette structure fine des rayons α ($E_\gamma = 290$ et 320 eKV) sont en bon accord avec celles trouvées par Meitner dans l'étude du spectre magnétique des électrons de conversion.

1. **Introduction.** — Le parcours des rayons α du Pa a été déterminé par Geiger en 1922 [1]. La valeur du parcours extrapolé obtenue dans ses expériences est 3,67 cm qui correspond à un parcours moyen 3,63 cm à 760 mm de Hg et 15° C. Dernièrement, Ringo [2], en utilisant un spectrographe magnétique à 60° des rayons α , a trouvé une valeur de 5,053 MeV pour l'énergie des rayons α du Pa, la valeur correspondante du parcours moyen serait 3,57 cm. Cet auteur a indiqué, en outre, qu'il ne semble pas y avoir une structure fine décelable des rayons α , bien que Meitner [3] ait trouvé, dans la spectrographie magnétique des électrons de conversion, des rayonnements γ pour cet élément.

Pour élucider la divergence de ces deux déterminations et voir s'il existe une structure fine des rayons α , nous avons repris l'étude du parcours moyen, en utilisant une source de Pa très concentré, en vue de déterminer avec plus de précision l'énergie de désintégration.

2. **Appareil.** — L'appareillage utilisé est celui que l'un de nous a employé, en collaboration avec M^{me} Joliot-Curie, pour la détermination du parcours des rayons α de l'ionium [4]. Il est constitué d'une chambre différentielle montée sur un amplificateur proportionnel. Le faisceau canalisé des rayons α émis par une couche mince d'une préparation radioactive pénètre dans la chambre différentielle dont les deux compartiments ont chacun une épaisseur de 2 mm. La feuille d'entrée du premier compartiment et la feuille qui sépare les deux parties de la chambre sont en aluminium mince

dont l'équivalent en air est de 0,8 mm. La chambre est reliée à l'amplificateur proportionnel qui communique ses impulsions à un oscillographe cathodique. On compte seulement par observation visuelle les impulsions supérieures à 70 pour 100 de l'élongation maximum, ce qui revient à diminuer l'épaisseur efficace de la chambre et, par conséquent, augmenter le pouvoir séparateur.

3. **Sources.** — Les sources du Pa ont été obtenues en déposant par électrolyse du protactinium en couche mince sur des feuilles de nickel. Nous avons opéré dans un petit creuset en platine de 10 cm³ servant d'anode avec un agitateur en platine. La cathode était constituée par une feuille de nickel de 5/100^e de millimètre d'épaisseur, interposée entre deux lamelles de plexiglass de 1 mm d'épaisseur collées sur la périphérie avec du plexigum. La surface du dépôt était délimitée par un orifice circulaire de 4 mm de diamètre pratiqué dans l'une des lamelles de plexiglass.

Le bain électrolytique, préparé à partir d'un produit protactinifère soigneusement purifié de tous les descendants du Pa, avait la composition suivante :

Oxydes (Ta_2O_5 , ZrO_2 , Pa_2O_5)...	6 mg dont 3,2 mg Pa élément
FH en solution à 45 g/l.....	0,5 cm ³
(C_2H_5) ₃ N en solution aqueuse à 10 pour 100 en volume.....	2,5 cm ³
H ₂ O.....	2 cm ³
	pH = 6.

L'intensité du courant était de 0,15 mA et la durée d'électrolyse de quelques minutes.

La cathode était ensuite soigneusement lavée à l'eau distillée et séchée. Avec une lame de rasoir on dégageait la lame de nickel qui était parfaitement propre et portait un dépôt de Pa dont la coloration était due à des phénomènes d'interférence.

Nous avons utilisé successivement deux sources. D'après les activités superficielles (environ 0,8 et 4 u. e. s. par cm^2), on estime les masses superficielles des deux sources à 0,03 et 0,15 mg/cm^2 ; on calcule que l'absorption des rayons α dans la couche active est respectivement équivalente à celle de 0,1 et 0,5 mm d'air. On a donc corrigé les résultats obtenus pour le parcours moyen, de la moitié de ces valeurs.

4. Procédés expérimentaux. — Comme il est difficile de mesurer en valeur absolue le parcours, en raison de la difficulté qu'il y a à déterminer la partie de la chambre qui doit être prise comme origine des distances, on a déterminé le parcours des rayons α du Pa par différence avec ceux du Po, comme dans le cas de l'ionium. Une petite source de polonium, fraîchement préparée par électrolyse, d'intensité analogue à la source du protactinium, a été utilisée dans des conditions tout à fait semblables, cette source peut être considérée comme infiniment mince.

Le faisceau des rayons α , canalisé dans un angle solide de $7,8 \times 10^{-3}$ stéradians, était limité par un diaphragme de 2 mm placé sur la source et un diaphragme de 2 mm placé à 2 cm de celle-ci. Tout le système, source-canaliseur, pouvait être éloigné ou rapproché de la chambre, et la distance était mesurée à l'aide d'un vernier au $1/20^{\text{e}}$ de millimètre.

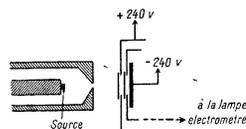


Fig. 1.

5. Résultats. — A. EXISTENCE DE LA STRUCTURE FINE DES RAYONS α DU PA. — Quand on trace la courbe représentant le nombre des rayons qui se terminent dans la chambre en fonction de la distance de la source, on obtient pour le polonium des courbes en cloche approximativement symétriques. Mais pour le protactinium (source faible) on observe un excès notable de rayons courts. Ce qui semble indiquer l'existence d'une structure fine des rayons α du Pa; mais il n'y a pas, cependant, assez de rayons

pour déterminer d'une manière précise, le parcours de ces rayons courts.

En vue d'avoir de meilleures statistiques de ces derniers, nous avons utilisé la deuxième source (source forte). Avec cette source, nous avons pu mettre en évidence l'existence de la structure fine des rayons α du Pa correspondant à des rayons d'environ 3 mm plus courts que ceux du groupe principal.

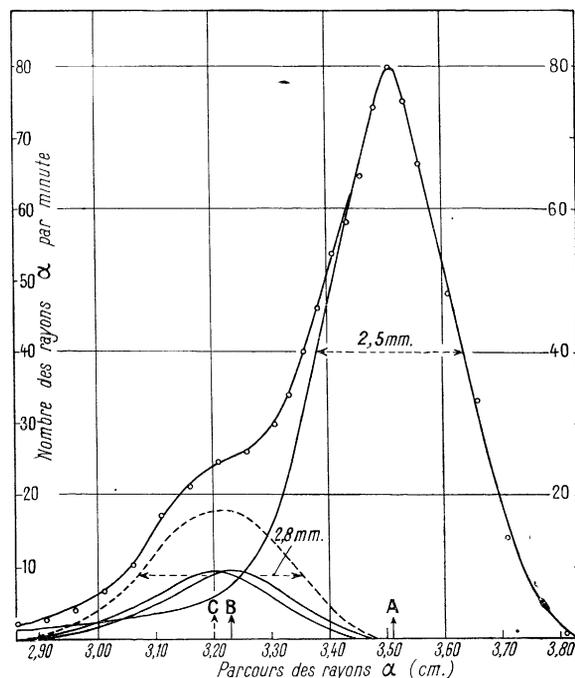


Fig. 2.

B. PARCOURS DU GROUPE PRINCIPAL DES RAYONS α DU PA. — Plusieurs expériences ont été faites avec chaque source de Pa et deux sources de Po. La largeur de la courbe de distribution est de 2,0 mm pour le polonium et 2,1 et 2,5 mm respectivement, pour le groupe principal des deux sources de Pa, ce qui s'accorde bien avec ce que l'on prévoit d'après l'absorption de la couche active. Les valeurs du parcours du groupe principal obtenues ont été rapportées à la pression de 760 mm de Hg et à la température de 15° C. Il se trouve que les différences de pression et de température ont été grandes entre les diverses déterminations, toutefois, les valeurs après correction se sont montrées très concordantes.

En admettant pour le parcours moyen des rayons α du Po, la valeur $3,843 \pm 0,006$ cm [5], on a obtenu, pour le parcours moyen du groupe principal des rayons α du Pa les valeurs suivantes (en cm) :

Première source...	3,508	3,515	3,514	3,506
Deuxième source...	3,508	3,514	3,509	3,514

On peut admettre, pour le parcours moyen des rayons α du Pa, dans l'air à 15° C et 760 mm de pression, la valeur

$$R_{Pa} = 3,511 \pm 0,010 \text{ cm.}$$

Le parcours extrapolé serait 3,54 cm, en admettant 3,87 cm [6] pour celui des rayons α du Po. Ce qui correspond à une énergie des rayons α de 5,00 MeV et une vitesse initiale de $1,655 \times 10^9 \text{ cm:sec.}$

La valeur du parcours moyen trouvée dans nos expériences est plus petite que celle de Geiger (3,63 cm), et même plus petite que celle déterminée plus récemment par Ringo (3,57 cm). Par contre elle s'accorde dans la limite des erreurs expérimentales avec les résultats sur le parcours extrapolé obtenus récemment par deux d'entre nous. Il serait souhaitable de faire cette étude par d'autres méthodes pour élucider cette divergence de valeurs.

C. PARCOURS DES GROUPES DE LA STRUCTURE FINE DES RAYONS α DU PA. — Les courbes de distribution du nombre de rayons en fonction du parcours peuvent être décomposées en deux autres courbes correspondant l'une au groupe principal et l'autre à la structure fine et dont les maxima sont

situés respectivement à environ 3,5 et 3,2 cm. L'intensité de la structure fine correspond à environ 15-20 pour 100 de celle du groupe principal.

La largeur de la courbe du groupe principal est de 2,5 mm, ce qui s'accorde bien avec ce que l'on prévoit pour l'absorption par la couche active. Par contre, pour les rayons courts la largeur est de 2,8 mm, c'est-à-dire notablement plus que ce que l'on peut admettre pour une raie α monocinétique. Aussi la courbe relative aux rayons courts (pointillée) pourrait elle-même être décomposée en deux courbes, ayant chacune une largeur de 2,5 mm et correspondant à deux groupes de rayons d'intensité voisine. Cette décomposition permet de conclure que le rayonnement du Pa est constitué par un groupe principal de 3,511 cm de parcours et de deux groupes satellites de 3,23 et 3,20 cm.

D. COMPARAISON AVEC LES RÉSULTATS DE LA SPECTROGRAPHIE MAGNÉTIQUE DES ÉLECTRONS DE CONVERSION. — Nous indiquons dans le tableau ci-dessous les énergies des rayons α et celles qu'on en déduit pour les rayons γ résultant de cette structure fine. On voit que dans la limite des erreurs expérimentales (10 ekV), elles sont en bon accord avec celles de deux des trois raies γ indiquées par Meitner (323, 294 et 95 ekV), d'après l'analyse du spectre magnétique des électrons de conversion.

Groupe des rayons α .	Parcours moyen (cm).	E_α (MeV).	Énergie de désintégration (MeV).	E_γ (ekV) déduite	
				de la structure fine des rayons α .	du spectre magnétique des électrons de conversion.
A.....	$3,511 \pm 0,010$	$5,00 \pm 0,01$	5,09	290 ± 10 (γ_1)	294
B.....	3,23	4,72	4,80	320 ± 10 (γ_2)	323
C.....	3,20	4,69	4,77		

6. Conclusion et discussion. — Le noyau du protactinium se désintègre pour donner un noyau d'actinium en émettant des rayons α . Il résulte de nos expériences qu'environ 80-85 pour 100 des désintégrations se font par transition directe à l'état fondamental du noyau d'actinium, 8-10 pour 100 au premier niveau excité

$$\Delta E_{\gamma_1} = E_B - E_A \simeq 290 \text{ ekV}$$

et 8-10 pour 100 au deuxième niveau excité

$$\Delta E_{\gamma_2} = E_C - E_A \simeq 320 \text{ ekV.}$$

L'énergie de désactivation de ces deux niveaux est libérée, soit sous forme de photons (de 290 et 320 ekV), soit sous forme d'électrons de conversion. Les données de Meitner sur l'intensité relative des élec-

trons de conversion et nos résultats sur la structure fine conduisent à admettre l'analogie de nature des deux rayonnements γ .

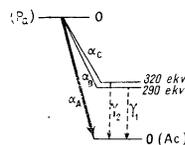


Fig. 3.

En effet, nous savons d'après nos expériences que la probabilité d'excitation des deux niveaux est à peu près égale. D'après Meitner, l'intensité des électrons

de conversion interne de la radiation de 290 ekV est plus grande que celle de 320 ekV (intensité relative des électrons extraits du niveau $K = 100$ et 70 pour $E_\gamma = 290$ et 320 ekV). Ce qui signifie que, pour la première, la probabilité d'être émise sous forme de photon est plus petite que pour la deuxième. Par conséquent, le coefficient de conversion interne de la radiation de 290 ekV est légèrement plus grand que celui de la radiation de 320 ekV. Ceci est une conséquence naturelle si les deux radiations sont de même nature.

Il peut exister un autre groupe de rayons α responsable du troisième rayonnement γ trouvé par Meitner ($E_\gamma = 95$ ekV). Leur intensité doit être de

moins de 5 pour 100 de l'intensité du groupe principal, à moins que son parcours soit trop voisin de ceux des groupes indiqués, pour que nous puissions le détecter par notre méthode.

Nous remercions vivement M. Debiere, M. et M^{me} Joliot-Curie pour la possibilité qu'ils nous ont donnée de faire ces recherches dans leurs laboratoires, pour les conseils bienveillants qu'ils n'ont cessé de nous donner et pour l'intérêt qu'ils ont porté à ce travail.

Deux d'entre nous remercient également le Centre National de la Recherche Scientifique qui leur a permis de poursuivre ces recherches.

Manuscrit reçu le 20 mars 1946.

BIBLIOGRAPHIE.

[*] TSIEN SAN-TSIANG, M. BACHELET et G. BOUSSIÈRES, *Phys. Rev.*, 1946, 69, p. 39.

Dans cette note, il y a deux fautes d'impression : 1° Pa mixed with «La» lire «Ta» au lieu de «La»; 2° $E_\gamma = 287$ ekV lire 294 ekV.

[1] H. GEIGER, *Z. für Physik*, 1922, 8, p. 45.

[2] R. RINGO, *Phys. Rev.*, 1940, 58, p. 942.

[3] L. MEITNER, *Z. für Physik*, 1928, 50, p. 15.

[4] I. CURIE et TSIEN SAN-TSIANG, *J. de Physique*, 1945, 6, p. 162.

[5] M. G. HOLLOWAY et M. S. LIVINGSTONE, *Phys. Rev.*, 1938, 54, p. 18.

[6] I. CURIE, *Ann. de Phys.*, 1925, 3, p. 299.