



HAL
open science

Sur les rayonnements émis au cours de la transmutation $R_{Ac} \rightarrow Ac_x$ - Deuxième partie

Marcel Frilley, Salomon Rosenblum, Manuel Valadares, Georges Bouissières

► To cite this version:

Marcel Frilley, Salomon Rosenblum, Manuel Valadares, Georges Bouissières. Sur les rayonnements émis au cours de la transmutation $R_{Ac} \rightarrow Ac_x$ - Deuxième partie. Journal de Physique et le Radium, 1955, 16 (5), pp.378-384. 10.1051/jphysrad:01955001605037800 . jpa-00235168

HAL Id: jpa-00235168

<https://hal.science/jpa-00235168>

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.

SUR LES RAYONNEMENTS ÉMIS AU COURS DE LA TRANSMUTATION $\text{Rac} \rightarrow \text{AcX}$

DEUXIÈME PARTIE (1).

PAR MARCEL FRILLEY, SALOMON ROSENBLUM,
MANUEL VALADARES et GEORGES BOUSSIÈRES,Laboratoire Curie, Paris,
Laboratoire du Grand aimant permanent, Bellevue.

Sommaire. — Dans cette seconde partie, l'analyse des résultats de la structure fine des rayons α et de la diffraction des rayons γ , comparée aux données nouvelles obtenues en spectrographie magnétique des électrons de conversion interne, est étendue aux énergies de 100 à 335 keV. Un schéma de niveaux de AcX^* est établi qui est compatible avec les résultats des trois méthodes. La nature et la polarité des rayonnements γ sont déterminées. Une évaluation du coefficient de conversion interne du rayonnement E_1 de 50 keV est faite. Le résultat est comparable à celui que nous avons obtenu antérieurement et en accord avec la valeur théorique.

Dans la première partie de ce Mémoire nous avons étudié les rayonnements γ d'énergie inférieure à 100 keV de la transmutation $\text{Rac} \rightarrow \text{AcX}$. Des résultats nouveaux avaient pu être obtenus à la suite des mesures que nous avons faites sur le spectre d'électrons de conversion avec un spectrographe magnétique à grande dispersion et des sources de Rac très pures.

Ce spectre avait été examiné dans l'intervalle d'énergies de 10 à 60 keV. Nous en avons poursuivi l'examen jusqu'à 335 keV et, disposant de sources plus intenses, nous avons observé quelques raies nouvelles dans la région déjà étudiée. Nous répétons les résultats donnés dans la première partie avec de légères rectifications dues à l'emploi, pour la conversion des HR en énergies, de valeurs plus récentes des constantes fondamentales.

1. Confrontation des résultats obtenus antérieurement par différentes méthodes. —

1° RÉGION DES ÉMISSIONS γ D'ÉNERGIE INFÉRIEURE A 100 keV. — Les résultats exposés dans la première partie nous avaient permis de résoudre certains problèmes que posait l'examen des données plus anciennes. Le seul élément nouveau à introduire dans cette région est le travail de Hyde [12] qui conduit à supposer que la transition de 50 keV se placerait, dans le schéma des niveaux, plus haut que nous ne l'indiquions. Cette hypothèse sera examinée ci-dessous.

2° RÉGION DES ÉMISSIONS γ D'ÉNERGIES COMPRIS ENTRE 100 et 335 keV. — Le rapprochement, dans cette région, des données de la spectrographie des rayons α , de la spectrographie par diffraction des rayons γ et de la spectrographie magnétique des électrons de conversion indiquait une certaine

confusion mais ne présentait pas cependant de sérieuses difficultés d'interprétation comme dans la région des faibles énergies.

Nos mesures nouvelles portant sur le spectre d'électrons de conversion permettent de préciser l'analyse du spectre γ et le schéma de niveaux et d'arriver à une concordance convenable des résultats obtenus par les trois méthodes.

2. Nouvelles mesures et leur interprétation. —

1° SPECTROGRAPHIE DES ÉLECTRONS DE CONVERSION. — Le tableau VI est le complément vers les grandes énergies du tableau III (voir 1^{re} partie) pour les mesures de HR.

Le tableau VII contient l'ensemble du spectre; les calculs d'énergie des raies à partir des valeurs des HR ont été refaits avec des constantes plus récentes.

2° SPECTRE γ . — Dans le tableau VIII nous avons classé les raies d'électrons de conversion et indiqué les valeurs des $h\nu$ dont la conversion peut être observée dans deux niveaux au moins.

Les autres raies n'ont pas été classées; parmi elles, un certain nombre sont des raies Auger dont l'attribution ne pourra être faite que lorsque d'autres transmutations conduisant également à un élément $Z = 88$ auront été étudiées.

3° NATURE ET POLARITÉ DES RAYONNEMENTS γ .

— Dans le tableau IV de la première partie de ce Mémoire, nous avons déjà classé les rayonnements γ d'énergie inférieure à 100 keV. Les calculs plus précis des coefficients de conversion permettent d'ajouter les remarques suivantes :

a. La conversion des rayonnements E_2 de 29,95 et 31,62 keV dans les trois niveaux L devrait donner des raies dont les intensités, d'après la théorie, seraient

(1) *J. Physique Rad.*, 1954, 15, 45.

TABLEAU VI.

Électrons de conversion de la transmutation RAc → AcX.

Hahn et Meitner [5].						Hahn et Meitner [5].							
Surugue [6].		Nos mesures.		Observations.		Surugue [6].		Nos mesures.		Observations.			
HR.	I.	HR.	I.	HR.	I.	HR.	I.	HR.	I.	HR.	I.		
876	20	881	0,08	881,4	m	-	-	1420	0,05	-	-		
-	-	893	0,2	-	-	-	-	1436	<0,05	-	-		
912	20	916	0,25	917	m	Raie large floue		-	-	1529	m		
951	20	954	<0,05	955,2	m	(¹)		1525	30	1541	0,7	1539	m
-	-	966	0,5	966	f	(²)		1546	60	1557	0,8	1563	tF
982	15	(980)	<0,05	978	f			-	-	1576	<0,05	1581	m
-	-	-	-	985	tf			-	-	1594	<0,05	1589	f
-	-	-	-	994	f			1597	20	-	-	1614	F
996,5	40	997	0,4	1003,3	F			-	-	1635	<0,05	1631	m
1010	20	1020	0,2	1023	F			1634	50	1650	0,5	1653	tF
-	-	(1047)	<0,05	-	-			1663	20	1681	<0,05	1691	F
-	-	1070	0,1	1081	m	Mesure peu précise		-	-	-	-	1698	f
1075	50	1079	0,05	1085	F			-	-	-	-	1723	m
-	-	1094	<0,05	1091	f			1703	20	-	-	1729	m
-	-	-	-	1097	f			-	-	(1747)	<0,05	1748	f
1093	30	1106	1,5	1104	F	(³)		1745	20	1760	2	1772	m
-	-	-	-	1113	tf			1773	10	1781	0,3	1794	F
1108	30	1118	0,1	1124	F			-	-	-	-	1797	tf
-	-	-	-	1129	f			-	-	1812	<0,05	-	-
1132	20	-	-	-	-	(⁴)		-	-	-	-	1823	F
-	-	1160	<0,05	-	-			1808	40	(1827)	0,05	1827	tF
-	-	1164	0,15	1159	f			-	-	-	-	1830	f
1159	30	1170	0,05	1170	F	Raie large		-	-	-	-	1841	m
1178	10	1191	0,05	1190	f			1872	30	1876	2,5	1889	F
-	-	1201	<0,05	-	-			-	-	1898	<0,05	1905	f
1195	10	1208	0,4	1208	m			-	-	1930	0,4	1958	m
-	-	1217	<0,05	-	-			-	-	1985	0,1	2005	f
-	-	1249	<0,05	-	-			-	-	-	-	2021	f
-	-	1290	6	1295	F			2010	20	2030	0,06	2039	m
1291	80	1295	0,7	1303	F	(⁵)		-	-	2048	0,05	2074	m
-	-	1350	0,05	-	-			-	-	2096	0,1	2101	m
1367	30	1373	0,1	1380	m			-	-	2156	0,8	2167	m
-	-	1395	-	1391	f			-	-	2186	0,07	2201	f
1396	60	(1407)	0,6	1412	tF			-	-	-	-	2228	f

(¹) Entre les raies de HR = 881,4 et HR = 955,2, nous avons observé quatre raies très faibles de HR ≈ 892, 905, 935 et 940. Il est possible que ces raies n'appartiennent pas au spectre de RAc → AcX.

(²) Surugue attribue cette raie à la transmutation AcX → An. En effet, l'intensité relative de cette raie augmente lorsque la source vieillit, mais elle existe déjà dans le spectre RAc → AcX.

(³) Surugue classe cette raie dans le spectre AcX → An. D'accord avec Hahn et Meitner, nous l'attribuons au spectre RAc → AcX.

(⁴) Surugue a observé une raie de HR = 1140 qu'il a attribuée à la transmutation An → AcA. Nous avons observé aussi une raie de HR = 1141, mais son intensité augmente beaucoup avec l'âge de la source. Il peut s'agir d'une superposition d'une raie appartenant au spectre RAc → AcX avec une raie d'un spectre des descendants, mais s'il en est ainsi la raie du spectre RAc → AcX serait très faible.

(⁵) Le pouvoir séparateur du spectrographe employé par Hahn et Meitner ne permettait pas de dédoubler la raie de HR = 1291.

(⁶) Surugue attribuait cette raie aux spectres des transmutations AcX → An → AcA. Nous confirmons l'interprétation de Hahn et Meitner qui la considéraient comme une des raies les plus intenses du spectre du RAc → AcX.

(⁷) Une raie d'un spectre des descendants se superpose à cette raie.

(⁸) Lorsque la source vieillit, cette raie devient large en raison de la formation d'une raie appartenant aux descendants vers HR 2165 (énergie légèrement inférieure à la raie de HR 2167 du spectre RAc → AcX).

(⁹) Surugue a observé encore quelques raies d'énergie plus élevée qu'il a attribué à la transmutation RAc → AcX. Nous n'avons, jusqu'à présent, étudié les spectres que jusqu'à 335 keV.

TABLEAU VII.

Énergies des électrons du spectre de conversion
de la transmutation RAc → AcX.

HR	I.	E	HR	I.	E	HR	I.	E
(Oe/cm).		(keV).	(Oe/cm).		(keV).	(Oe/cm).		(keV).
351,6	tf	10,76	853,5	F	60,46	1563	tF	182,3
362,4	m	11,42	860,5	f	61,41	1581	m	185,9
377,7	tf	12,39	881,4	m	64,25	1589	f	187,6
389,0	f	13,14	917	m	69,2	1614	F	192,7
408,7	F	14,48	955,2	m	74,75	1631	m	196,2
432,7	m	16,20	966	f	76,3	1653	tF	200,8
543,8	F	25,37	978	f	78,1	1691	F	208,8
551,8	F	26,10	985	tf	79,2	1698	f	210,2
560,6	m	26,92	994	f	80,5	1723	m	215,5
570,2	m	27,83	1003,3	F	81,93	1729	m	216,8
580,9	F	28,85	1023	F	84,95	1748	f	220,9
589,8	m	29,72	1081	m	94,08	1772	m	226,1
601,4	F	30,87	1085	F	94,72	1794	F	230,8
609,6	F	31,69	1091	f	95,69	1797	tf	231,5
620,6	m	32,81	1097	f	96,66	1823	F	237,1
638,6	F	34,68	1104	F	97,80	1827	tF	238,0
660	tf	37,0	1113	tf	99,27	1830	f	238,7
683	tf	39,5	1124	F	101,1	1841	m	241,1
714,4	tF	43,05	1129	f	102,0	1889	F	251,7
720,1	f	43,72	1159	f	106,9	1905	f	255,3
726,2	f	44,43	1170	F	108,8	1958	m	267,2
740,2	tF	46,09	1190	f	112,2	2005	f	277,9
747,7	f	46,98	1208	m	115,3	2021	f	281,5
767,4	F	49,39	1295	F	130,7	2039	F	285,7
774,7	m	50,29	1303	F	132,2	2074	m	293,7
798,1	m	53,22	1380	m	146,4	2101	m	300,0
811,9	m	55,00	1391	f	148,5	2167	m	315,5
826,8	F	56,93	1412	tF	152,5	2201	f	323,5
833,4	F	57,78	1529	m	175,4	2228	f	329,9
836,7	tf	58,23	1539	m	177,4			

dans les rapports $L_I : L_{II} : L_{III} = 2 : 100 : 100$ (*). Du point de vue expérimental, il semble que la raie de conversion en L_I serait plus intense par rapport à la raie de L_{II} ; en outre, la raie L_{II} serait plus faible que L_{III} . Toutefois les raies de conversion en L de ces rayonnements γ ont des énergies très faibles (1,0 à 16 keV) et se placent dans une région où la loi de noircissement du film employé varie peut-être très rapidement.

b. Pour le rayonnement E_I de 50,13 keV, l'expérience nous donne le rapport $L_I : L_{II} : L_{III} = 7 : 8 : 10$ et l'on a, théoriquement, $L_I : L_{II} : L_{III} = 10 : 8 : 9$. Remarquons que dans le cas de l'Am 241 [13] on trouve pour le rayonnement E_I de 59,62 keV le rapport expérimental $L_I : L_{III} = 1 : 1,2$ tandis que le rapport théorique est $L_I : L_{III} = 1 : 0,8$. On serait tenté de conclure que la conversion interne d'un rayonnement E_I favorise L_{III} par rapport à ce qui est prévu par la théorie; il faudra pourtant

(*) Toutes les valeurs théoriques que nous utilisons ont été calculées pour $Z = 85$.

attendre des données plus complètes sur la conversion interne, surtout en ce qui concerne sa variation avec le numéro atomique (les nombres théoriques ont été déterminés pour $Z = 85$ et l'on a, dans la transmutation RAc → AcX, $Z = 88$ et dans le cas Am 241 → Np 237, $Z = 93$).

c. Pour les rayonnements de 100,4, 113,3 et 256,4 keV on observe des raies de conversion en L_{II} et L_{III} ayant des intensités du même ordre; pour les deux derniers rayonnements on observe encore la raie de conversion en L_I , mais plus faible que la raie L_{II} . D'après les tables de conversion on peut éliminer l'hypothèse des rayonnements magnétiques purs et celle des dipôles électriques purs. Il doit s'agir par conséquent de rayonnements électriques purs de polarité supérieure à 1 ou de mélanges de rayonnements $M_I + E_{I+1}$.

En ce qui concerne les rayonnements 100,4 et 113,3 keV, le fait qu'on les observe par diffraction cristalline [4] élimine l'hypothèse de rayonnements électriques de polarité supérieure à 2. Il reste, par conséquent, comme seule hypothèse les rayonnements E_2 pur ou $M_I + E_2$. Or, il y a entre les spectres d'électrons de ces deux rayonnements γ quelques différences, bien que leurs énergies soient voisines; ainsi, on n'observe pas la raie de conversion en L_I du rayonnement de 100,4 keV, tandis qu'elle est bien visible pour le rayonnement de 113,3 keV et la raie de conversion en M_I du premier de ces deux rayonnements est faible, tandis que la raie de conversion dans le même niveau du deuxième rayonnement γ est intense. L'ensemble des faits signalés nous porte à classer le rayonnement de 100,4 keV comme un quadrupôle électrique pur et le rayonnement de 113,3 keV comme un mélange de dipôle magnétique et quadrupôle électrique. Remarquons que pour le rayonnement de 100,4 keV on trouve un rapport expérimental $L_{II} : L_{III} = 10 : 8$ égal à celui prévu théoriquement pour un E_2 ; pour le rayonnement de 113,3, on a expérimentalement $L_{II} : L_{III} = 10 : 7$ (le rapport théorique serait le même). Cette différence est dans le sens prévu dans l'hypothèse d'un rayonnement $M_I + E_2$.

Des considérations analogues portent à croire que le rayonnement de 256,4 keV est un quadrupôle électrique (E_2). Dans ce cas on peut recourir aussi pour le classement au rapport des intensités des raies de conversion en K et L_{II} , bien que ce rapport soit beaucoup moins précis que celui qui correspond à deux sous-niveaux L . Pour ce rayonnement de 256,4 keV, on a les rapports :

Expérimentaux.	Théoriques E_2 .
$\frac{K}{L_{II}} \simeq 1,2$	$\frac{K}{L_{II}} = 1,4$
$L_I : L_{II} : L_{III} = (1,6) : 10 : 4$	$L_I : L_{II} : L_{III} = 2,5 : 10 : 5$

La détermination de l'intensité de L_I est très

TABLEAU VIII.
Classement des raies d'électrons de conversion.

Énergies (keV).				Énergies (keV).			
Électrons de conversion.	Niveaux Z = 88 (1).	hν.	hν (valeurs moyennes).	Électrons de conversion.	Niveaux Z = 88 (1).	hν.	hν (valeurs moyennes).
10,76	19,23 (L _I)	29,99	29,95 E ₂	101,1	103,9 (K)	205,0	205,0 M _I
11,42	18,48 (L _{II})	29,90		185,9	19,2 (L _I)	205,1	
14,48	15,44 (L _{III})	29,92		(2)	-	-	
25,37	4,66 (M _{I,II})	30,03		130,7	103,9 (K)	234,6	234,6 M _I
26,10	3,79 (M _{III})	29,89		215,5	19,2 (L _I)	234,7	
28,85	1,13 (N _{I,II})	29,98		(3)	-	-	
29,72	0,20 (O _{II})	29,92	132,2	103,9 (K)	236,1	236,1 M _I	
12,39	19,23 (L _I)	31,62	216,8	19,2 (L _I)	236,0		
13,14	18,48 (L _{II})	31,62	231,5	4,8 (M _I)	236,3	236,3 M _I	
16,20	15,44 (L _{III})	31,64	152,5	103,9 (K)	256,4		
26,92	4,66 (M _{I,II})	31,58	237,1	19,2 (L _I)	256,3	256,4 E ₂	
27,83	3,79 (M _{III})	31,62	238,0	18,5 (L _{II})	256,5		
30,87	19,23 (L _I)	50,10	241,1	15,4 (L _{III})	256,5	256,5 E ₂	
31,69	18,48 (L _{II})	50,17	251,7	4,8 (M _I)	256,5		
34,68	15,44 (L _{III})	50,12	255,3	1,2 (N _I)	256,5	256,5 E ₂	
43,05	18,48 (L _{II})	61,53	182,3	103,9 (K)	286,2		
46,09	15,44 (L _{III})	61,53	267,2	19,2 (L _I)	286,4	286,3 M _I	
56,93	4,66 (M _{I,II})	61,59	281,5	4,8 (M _I)	286,3		
57,78	3,79 (M _{III})	61,57	200,8	103,9 (K)	304,7	304,8 M _I	
60,46	1,13 (M _{I,II})	61,59	285,7	19,2 (L _I)	304,9		
61,41	0,20 (O _{II})	61,61	300,0	4,8 (M _I)	304,8	304,8 M _I	
81,93	18,48 (L _{II})	100,41	208,8	103,9 (K)	312,7		
84,95	15,44 (L _{III})	100,39	293,7	19,2 (L _{II})	312,9	312,8 M _I	
95,69	4,66 (M _{I,II})	100,35	230,8	103,9 (K)	334,7		
99,27	1,13 (N _{I,II})	100,40	315,5	19,2 (L _I)	334,7	334,7 M _I	
94,08	19,23 (L _I)	113,31	329,9	4,8 (M _I)	334,7		
94,72	18,48 (L _{II})	113,20				113,3 M _I + E ₂	
97,80	15,44 (L _{III})	113,24					
108,8	4,7 (M _{I,II})	113,5				113,3 M _I + E ₂	
112,2	1,1 (N _{I,II})	113,3					

(1) Énergies des niveaux, d'après Y. Cauchois [11].

(2) La raie de conversion en M_I doit être cachée par la raie très forte de 200,8 keV.

(3) La raie de conversion en M_I doit être cachée par la raie forte de 230,8 keV.

incertaine parce que la raie correspondante se place à côté de la raie L_{II}.

Pour tous les autres rayonnements γ on observe seulement, en ce qui concerne la couche L, la conversion dans le niveau L_I. Ce fait exclut immédiatement l'hypothèse de rayonnements électriques purs. De même sont à exclure les rayonnements M₃ purs ou d'ordre supérieur.

On a seulement pour critère de classification le rapport des intensités $\frac{K}{L_I}$ qui est, comme nous l'avons dit, peu précis. Dans la précision des mesures il semble être le même pour tous ces rayonnements et de l'ordre de 7 à 9. Théoriquement le rapport $\frac{K}{L_I}$

est de l'ordre de 6 pour M_I et de l'ordre de 4 pour M₂. Il est par conséquent très probable que tous ces rayonnements sont des dipôles magnétiques.

4° COMPARAISON ENTRE LES RÉSULTATS DE LA SPECTROGRAPHIE α, DE LA SPECTROGRAPHIE γ PAR DIFFRACTION CRISTALLINE ET DE LA SPECTROGRAPHIE MAGNÉTIQUE DES ÉLECTRONS DE CONVERSION. — Le tableau IX montre que les résultats des trois méthodes concordent d'une façon satisfaisante, compte tenu de leurs degrés respectifs de précision.

5° SCHÉMA DE NIVEAUX DE L'AcX*. — La connaissance de la structure fine du spectre α émis dans la transmutation RA c → AcX permet d'établir sans ambiguïté le schéma de niveaux de l'AcX*; pour-

tant les intervalles énergétiques entre les différents niveaux sont connus avec peu de précision (de l'ordre de ± 4 keV). L'étude du spectre γ permet, en se basant sur la connaissance préalable du schéma de niveaux donnée par la structure fine α , d'améliorer la précision en ce qui concerne l'énergie des différents niveaux.

TABLEAU IX.
Énergies (keV).

$\Delta\alpha$.	$h\nu$, diff. crist.	$h\nu$ conv. int.
29 (1 \rightarrow 0)	-	29,95
30 (2 \rightarrow 1)	-	31,62
48 (7 \rightarrow 6)	50,0	50,13
50 (3 \rightarrow 1)		
54 (10 \rightarrow 9)	57	-
59 (2 \rightarrow 0)	-	61,57
79 (3 \rightarrow 0)	79,5	-
100 (10 \rightarrow 7)	100,5	100,4
110 (4 \rightarrow 0)	113	113,3
-	(129)(*)	-
173 (5 \rightarrow 0)	-	(173,1)
209 (6 \rightarrow 1)	208	205,0
238 (6 \rightarrow 0)	240	{ 234,6 236,1
257 (7 \rightarrow 1)	258	256,4
286 (7 \rightarrow 0)	-	286,3
303 (9 \rightarrow 1)	-	304,8
307 (8 \rightarrow 0)	-	312,8
332 (9 \rightarrow 0)	-	334,7
386 (10 \rightarrow 0)	-	-

(*) Probablement second ordre de la raie de 258 keV.

L'étude du spectre γ met nettement en évidence les transitions directes vers le niveau fondamental des niveaux 1, 2, 4, 7, 8 et 9; en ce qui concerne les autres niveaux on peut faire les remarques suivantes : pour le niveau 3 on connaît par diffraction cristalline le rayonnement de 79,5 keV qui doit correspondre à la transition 3 \rightarrow 0; pour le niveau 5 on observe dans le spectre d'électrons de conversion une raie de 69,2 keV qui pourrait correspondre à la conversion dans la couche *K* d'un rayonnement γ de 173,1 keV, mais on n'observe pas de raie de conversion dans la couche *L*. Pour le niveau 6 on a

deux rayonnements de 234,6 et 236,1 keV et l'on ne peut pas dire lequel correspond à la transition 6 \rightarrow 0. Nous verrons ci-dessous qu'on est conduit à admettre que la raie 6 de structure fine α correspond à un niveau double : $6_a = 234,6$, $6_b = 236,1$ keV. Enfin, pour le niveau 10 on n'observe pas d'électrons de conversion correspondant à un rayonnement γ d'environ 386 keV.

On observe trois transitions vers le niveau 1 : 2 \rightarrow 1, 7 \rightarrow 1 et 9 \rightarrow 1, avec les énergies respectives de 31,62, 256,4 et 304,8 keV.

Si l'on admet que le niveau 6 correspond à l'énergie de 236,1 keV, on aura comme différence 7 - 6 = 286,3 - 236,1 = 50,2 keV. Par conséquent, la précision des mesures ne permet pas de distinguer si le rayonnement γ de 50,13 keV correspond à la transition 3 \rightarrow 1 (voir 1^{re} partie de ce Mémoire), ou à la transition 7 \rightarrow 6. Mais récemment Hyde [12] a observé que le rayonnement de 50 keV est en coïncidence, dans la transmutation RAc \rightarrow AcX, avec un rayonnement de 235 ± 5 keV; l'observation de Hyde porte, par conséquent, à admettre que le rayonnement de 50 keV correspond, au moins en grande partie, à la transition 7 \rightarrow 6 en cascade avec 6 \rightarrow 0. S'il en est ainsi on doit conclure que le rayonnement de 49,8 \pm 0,3 keV observé dans la transmutation AcK \rightarrow AcX est différent du rayonnement de 50 keV de RAc \rightarrow AcX, car dans le premier cas il n'y a pas émission d'un rayonnement de 235 keV.

Parmi les rayonnements γ que nous avons observés, il ne reste à classer que le rayonnement de 100,4 keV obtenu aussi par diffraction cristalline. Dans la précision des mesures il ne peut correspondre qu'à la différence

$$334,7 - 234,6 = 100,1 \text{ keV.}$$

Si l'on admet cette hypothèse, on est obligé de considérer que le niveau 6 est un niveau double formé par deux niveaux séparés de 1,5 keV (236,1 - 234,6 keV). La structure fine α indique bien une différence 10 \rightarrow 7 égale à 100 keV, mais il est peu probable que le rayonnement γ intense de 100,4 keV provienne du niveau 10, dont l'intensité est très faible.

Remarquons enfin que le rayonnement de faible intensité de 57 keV observé par diffraction cristal-

TABLEAU X.
Transitions γ .

En cascade.	Directes.
31,62 (2 \rightarrow 1) + 29,95 (1 \rightarrow 0) = 61,57 keV.....	61,57 keV (2 \rightarrow 0)
.....	113,3 (4 \rightarrow 0)
205,0 (6 _a \rightarrow 1) + 29,95 (1 \rightarrow 0) = 234,9.....	234,6 (6 _a \rightarrow 0)
256,4 (7 \rightarrow 1) + 29,95 (1 \rightarrow 0) = 286,3 }.....	286,3 (7 \rightarrow 0)
50,13 (7 \rightarrow 6 _b) + 236,1 (6 _b \rightarrow 0) = 286,2 }.....	
.....	312,8 (8 \rightarrow 0)
304,8 (9 \rightarrow 1) + 29,95 (1 \rightarrow 0) = 334,7 }.....	334,7 (9 \rightarrow 0)
100,4 (9 \rightarrow 6 _a) + 234,6 (6 _a \rightarrow 0) = 335,0 }.....	

line correspond peut-être à la transition 10→9, ce qui conduirait à admettre pour le niveau 10 une énergie de 392 keV.

En résumé, on peut classer les transitions γ conformément au tableau X et l'on est conduit au schéma de niveaux de la figure 4.

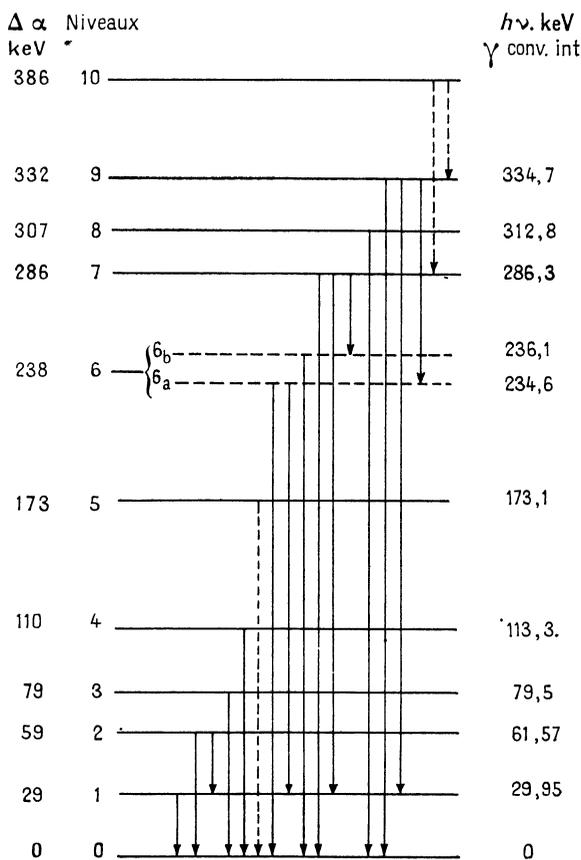


Fig. 4. — Schéma des niveaux de AcX*.

3. Coefficient de conversion interne du rayonnement γ de 50 keV. — Dans la première partie de ce Mémoire nous avons utilisé les données de la structure fine des rayons α pour établir que la valeur expérimentale du rapport $\frac{NeL}{N\gamma}$ pour le rayonnement de 50 keV était compatible avec la valeur théorique qui serait de l'ordre de 0,6 (rayonnement E_1). Le contrôle de ce calcul nous était fourni par le rapport des intensités des raies HR 601,4 et HR 714,4 qui expérimentalement et théoriquement est égal à 1/3 environ. Il en résultait, indirectement, que l'intensité absolue de la raie HR 714,4 devait être très différente de celle antérieurement admise ($4 \cdot 10^4$ électrons/désintégration). Pour vérifier ce résultat, nous avons essayé d'évaluer expérimentalement le nombre absolu d'électrons NeL_{II} (HR 714,4) à partir des intensités connues des raies A des spectres d'électrons de conversion des transmu-

tations RTh→ThX et ThC→ThC". Nous nous sommes efforcés, dans toutes les comparaisons d'intensités qu'implique cette méthode, de choisir les intensités des sources et les temps de pose, de manière à ne faire intervenir que des rapports voisins de l'unité entre les noircissements photographiques, afin d'éliminer les erreurs qu'introduirait le recours aux lois de noircissement.

D'une part, nous avons comparé les intensités de la source de RAc pur et la source étalon de RTh ou ThB + C + ..., en utilisant leur rayonnement α pour produire, dans les mêmes conditions géométriques, le noircissement direct d'un film. D'autre part, en utilisant le spectrographe magnétique, nous avons enregistré sur un même film la raie du RAc de HR 714,4 Oe/cm, la raie A du RTh (HR 893,3 Oe/cm) et la raie A du ThC (HR 533,66 Oe/cm); ainsi, l'énergie de la raie de HR 714,4 dont on veut évaluer l'intensité électronique est comprise entre celles des deux raies étalons.

Nous avons obtenu ainsi pour l'intensité électronique de la raie de HR 714,4 Oe/cm la valeur :

$$Ne(HR714,4) = 5 \cdot 10^{-2} \text{ électrons/désintégration}$$

(ancienne valeur $4 \cdot 10^{-4}$ électrons/désintégration). Étant donné la méthode simple et directe que nous avons employée pour la comparaison des intensités, nous ne croyons pas que notre mesure puisse être entachée d'une erreur supérieure à un facteur 4.

Comme le rapport expérimental des intensités des raies HR 601,4 (conversion en L_1 du rayonnement γ de 50 keV) et HR 714,4 est de 1/3 (ancienne valeur 1/20), on obtient

$$Ne(HR601,4) = 1,6 \cdot 10^{-2} \text{ électrons/désintégration}$$

(ancienne valeur $2 \cdot 10^{-5}$ électrons/désintégration).

Pour le calcul du coefficient de conversion du rayonnement γ de 50 keV on avait admis que le nombre de photons de ce rayonnement par désintégration était

$$N_\gamma(50 \text{ keV}) = 3 \cdot 10^{-2} \text{ photons/désintégration.}$$

Récemment, Hyde [12] a déterminé ce nombre en employant un spectromètre à scintillation et a obtenu la valeur

$$N_\gamma(50 \text{ keV}) = 15 \pm 5 \cdot 10^{-2} \text{ photons/désintégration.}$$

L'appréciation de l'intensité de ce rayonnement dans les spectres de diffraction cristalline semble aussi indiquer que la valeur $3 \cdot 10^{-2}$ est trop petite.

En admettant pour N_γ les valeurs limites de $3 \cdot 10^{-2}$ et $15 \cdot 10^{-2}$, on obtient respectivement

$$\frac{NeL_1}{N_\gamma} = \frac{1,6 \cdot 10^{-2}}{3 \cdot 10^{-2}} = 0,5 \text{ électrons } L_1/\text{photon}$$

et

$$\frac{NeL_1}{N_\gamma} = \frac{1,6 \cdot 10^{-2}}{15 \cdot 10^{-2}} = 0,1 \text{ électrons } L_1/\text{photon,}$$

c'est-à-dire

$$0,1 < \frac{NeL_I}{N_\gamma} < 0,5 \text{ électrons } L_I/\text{photon.}$$

Enfin, si l'on tient compte du rapport expérimental des intensités des trois raies de conversion dans les niveaux L_I , L_{II} et L_{III} du rayonnement γ de 50 keV (voir 1^{re} partie), on obtient pour le coefficient total de conversion L la valeur

$$0,4 < \frac{NeL}{N_\gamma} < 2 \text{ électrons } L/\text{photon.}$$

Les tables de Rose et al. [14] donnent pour le coefficient total de conversion L d'un rayonnement γ de 50 keV dipôle électrique la valeur 0,6, tandis que les coefficients correspondant à un dipôle magnétique et à un quadrupôle électrique seraient respectivement 30 et 300. Comme nous observons trois raies de conversion en L ayant la même intensité, il ne s'agit pas d'un rayonnement pur M_I ou E_2 , mais peut-être d'un mélange $M_I + E_2$. Cette hypothèse peut aussi être éliminée, car le coefficient de conversion serait dans ce cas compris entre 30 et 300 (environ 75).

Cette détermination expérimentale du coefficient de conversion du rayonnement γ de 50 keV confirme par conséquent, en employant des données tout à fait différentes, la conclusion établie dans la première partie de ce Mémoire; à savoir que le rayonnement γ de 50 keV doit être considéré comme un dipôle électrique.

4. Conclusions. — Les résultats obtenus ont été établis en utilisant les données anciennes de la structure fine α et de la spectrographie γ par diffraction, associées avec des mesures nouvelles précises des raies de conversion interne par spectrographie

magnétique. La précision de ces mesures est due à l'emploi d'un spectrographe à grande dispersion et à aimant permanent ainsi qu'à la préparation, par des méthodes récemment mises au point, de sources très pures de RAc. Enfin, le développement récent des calculs théoriques des coefficients de conversion interne nous a amenés à faire des hypothèses que les mesures expérimentales nous ont permis de vérifier.

1° Un schéma cohérent des niveaux de AcX* a été établi qui est en bon accord avec les résultats des différentes méthodes spectrographiques confrontées. Ce schéma présente cependant une anomalie constituée par un niveau double. Nous avons été conduits à cette interprétation par des considérations d'intensités qui s'opposent à rattacher une transition γ intense à une raie de structure fine α faible.

2° La nature et la polarité des rayonnements γ ont pu être déterminées.

3° Le coefficient de conversion interne du rayonnement γ de 50 keV a été estimé par deux méthodes basées sur des données expérimentales indépendantes. Les deux résultats sont concordants et voisins de la valeur théorique attribuable à un rayonnement E_I .

Manuscrit reçu le 13 janvier 1955.

ERRATUM.

Première partie, p. 45, 2^e colonne, 16^e ligne, lire : (L_{II} dans l'hypothèse...).

BIBLIOGRAPHIE (suite).

[12] HYDE E. K. — *Phys. Rev.*, 1954, **94**, 1221.

[13] MILSTED J., ROSENBLUM S. et VALADARES M. — *C. R. Acad. Sc.*, 1954, **239**, 259 et 700.

[14] ROSE M. E. — Communication privée.