



HAL
open science

Spectres L d'émission et d'absorption du radium (88). Niveaux caractéristiques

Horia Hulubei

► **To cite this version:**

Horia Hulubei. Spectres L d'émission et d'absorption du radium (88). Niveaux caractéristiques. Journal de Physique et le Radium, 1937, 8 (6), pp.260-266. 10.1051/jphysrad:0193700806026000 . jpa-00233506

HAL Id: jpa-00233506

<https://hal.science/jpa-00233506>

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.

SPECTRES L D'ÉMISSION ET D'ABSORPTION DU RADIUM (88). NIVEAUX CARACTÉRISTIQUES

Par HORIA HULUBEI.

Maitre de recherches scientifiques.

(Laboratoire de Chimie physique de l'Université de Paris.)

Sommaire. — Le spectre de rayons X du radium n'était pas connu. L'auteur a recherché ses spectres d'émission et d'absorption L . Quelques centièmes de milligramme de Radium suffisent pour obtenir, par excitation cathodique, toutes les raies de dipôle et les principales raies de quadripôle. Pour enregistrer toutes les émissions les plus faibles, actuellement connues pour les atomes lourds, les temps de pose n'ont pas dépassé une heure; dans ces conditions, l'émission propre, ondulatoire et corpusculaire, de la très petite quantité de radium employée, n'est pas décelable sur les clichés.

L'auteur donne la mesure de plus de quarante raies d'émission.

L'absorption a été obtenue à l'aide d'un écran constitué par une couche mince homogène de 4 mg de chlorure de radium étalés sur une surface d'à peu près 0,5 cm². Les trois discontinuités et deux raies blanches d'absorption (L_{III} et L_{II}) ont été mesurées.

A partir de la fréquence d'absorption L_{III} et des fréquences des raies d'émission du Radium, les énergies des différents niveaux électroniques de cet élément ont été déterminées pour la première fois.

On ne possédait jusqu'ici pratiquement aucune donnée expérimentale sur les spectres de rayons X des atomes radioactifs connus situés entre le bismuth (83) et le thorium (90) dans le tableau de Mendeleeff. Ceci s'explique si l'on songe que la radioactivité et la rareté mêmes de ces atomes en rendent l'étude spectroscopique difficile.

Je me suis proposé d'analyser les spectres d'émission et d'absorption X du Radium (88). La connaissance de ces spectres devait permettre une détermination directe des niveaux caractéristiques de cet atome. Il devenait alors possible, entre autres, de calculer avec une meilleure précision, à l'aide de ces niveaux et de ceux du bismuth et du thorium, par application de la loi de Moseley, les niveaux énergétiques des éléments voisins qui n'ont pas encore pu être étudiés expérimentalement, et de prévoir avec plus de sûreté leurs fréquences caractéristiques.

J'expose ci-dessous mes recherches relatives au spectre L complet du Radium, qui ont déjà fait l'objet de quelques brèves communications (1).

Les résultats numériques de cette étude m'ont aidé, tout dernièrement, à suivre avec plus de rigueur l'identification d'émissions X que j'observe avec les alcalins lourds extraits de certains minéraux, émissions attribuables à l'élément de numéro atomique 87.

Spectre d'émission.

Technique expérimentale. — L'excitation cathodique directe avait lieu dans un tube à rayons X ordinaire à filament incandescent, monté sur une pompe à diffusion à gros débit. Le tube a été de suite très stable dans son fonctionnement; le chlorure ne s'est

pratiquement pas évaporé, puisque j'ai pu faire, sans que l'émission caractéristique se soit sensiblement affaiblie, une série de clichés successifs pour explorer tout le domaine spectral voulu, et avec des temps de pose croissants, de manière à observer même des émissions faibles.

Ce travail terminé, j'ai démonté le tube et l'ai nettoyé, dans son ensemble, par des procédés mécaniques et chimiques, de manière à récupérer le Radium sur l'anticathode et sur les parois où il aurait pu diffuser.

Quelques centièmes de milligramme suffisent pour obtenir toutes les raies de dipôle et les raies fortes de quadripôle, avec un bon contraste.

Pour des émissions plus difficiles à observer, où l'on a besoin de quantités un peu plus grandes de substance émettrice, et pour éviter, comme dans le cas du Radium, une contamination fâcheuse de l'appareillage, une excitation cathodique à l'extérieur d'un tube à électrons est tout indiquée. Nous disposons, au laboratoire de Chimie physique, d'un tube à électrons pouvant débiter presque 1 kW d'électrons à l'air libre, avec des vitesses allant de 30 kV à 250 kV. Pour un régime permanent de 3 mA à l'extérieur du tube, la facilité de fonctionnement d'un tel appareil est comparable à celle d'un tube ordinaire à rayons X pour rayonnements de dureté moyenne.

Un champ magnétique approprié peut concentrer assez bien le faisceau large d'électrons sur l'anticathode constituée par la substance étudiée étalée sur une cupule profonde de un à deux dixièmes de millimètre, bien refroidie et convenablement orientée. Cette cupule est couverte, pour le cas du Radium, avec une feuille d'aluminium de 0,01 mm d'épaisseur, ce qui empêche

que de l'émanation diffuse dans le laboratoire.

Les électrons employés doivent avoir alors assez de vitesse pour exciter le spectre recherché, après passage des deux feuilles minces d'aluminium.

Des cylindres en aluminium plombé, entourant l'anticathode, protègent contre le rayonnement diffusé et laissent sortir les émissions à l'étude, seulement dans la direction voulue.

L'émission de la source large ainsi constituée peut être très facilement analysée à l'aide d'un dispositif à focalisation comme celui, bien connu, décrit par Y. Cauchois.

Au total, je n'ai employé que 0,4 mg de Radium, pratiquement récupéré à la fin de toute cette étude. Comme on le verra plus loin cette toute petite quantité m'a permis d'observer non seulement les émissions fortes de diagramme avec une grosse intensité, mais encore d'avoir la majorité des émissions de quadri-pôle et hors diagramme bien mesurables, même celles qui n'ont pu être décelées que pour quelques éléments, et tout récemment, grâce au perfectionnement de la technique.

Le spectrographe comportait un cristal de quartz de 0,1 mm d'épaisseur, courbé sous 40 cm de rayon, placé à environ 15 cm de la fenêtre de sortie du tube qui était en aluminium de 0,01 mm d'épaisseur. Un grand écran de plomb, percé d'un trou pour laisser passer le large faisceau de rayons X utilisable dans cet appareil à focalisation, le protégeait encore contre les rayonnements parasites.

J'ai employé les plans (130) du quartz dont la constante réticulaire n'est que de 4,17 Å; pour le premier ordre la dispersion est alors de 5,5 U.X./mm dans cette région spectrale⁽²⁾. En quelques minutes, pour une excitation de 35 kV et 10 mA environ, j'obtenais, sur plaques Lumière Opta, toutes les raies de dipôle. Pour les émissions faibles, les temps de pose n'ont jamais dépassé une heure. Dans ces conditions, l'émission propre de la très petite quantité de Radium employée ne produisait aucune impression décelable sur la plaque, distante de la source d'à peu près 60 cm.

Dans la planche I, on trouvera reproduits quatre de mes clichés.

[a) Ra *L*l; b) Ra *L*α; c) Ra *L*β,η; d) Ra *L*γ].

Les mesures ont été faites directement sur les clichés à l'aide d'un comparateur à faible grossissement ainsi que sur les microphotogrammes respectifs enregistrés au microphotomètre de Moll.

Pour mesurer les raies faibles j'ai eu souvent recours à un appareil à projection très lumineux, de la Société Genevoise, à l'aide duquel je projetais simultanément, sur une grande surface dépolie, le cliché à mesurer et une échelle finement graduée qui lui était superposée. Le contraste est nettement supérieur à celui que l'on obtient dans l'observation microscopique. On mesure ainsi la position d'une raie faible du spectre à 0,01 mm près, ce qui correspond, pour la dispersion de mes clichés, à 0,05 U. X environ.

Analyse des spectres. — J'ai tout d'abord identifié les principales raies les plus fortes du Radium dont j'ai fait la mesure par rapport aux nombreuses raies de référence, enregistrées sur au moins une certaine hauteur des mêmes spectres. J'ai fait plus spécialement entrer dans les calculs les longueurs d'onde tabulées dans le traité de Siegbahn⁽³⁾ pour les émissions suivantes :

Y *K*α₁, Zr *K*α₁, Zr *K*β₁, Rb *K*α₁, Mo *K*α₁, Mo *K*β₁,
As *K*α₁, Se *K*β₁, Br *K*α₁, Tl *L*γ₁, Th *L*β₁, Th *L*β_{2,3},
Th *L*γ₁, U *L*α₁, U *L*β₁, Bi *L*α₁.

J'ai choisi le plus souvent les raies *K*, qui sont connues, je pense, avec une meilleure précision. J'ai retenu pour les raies du Radium les moyennes de nombreuses déterminations faites sur plusieurs clichés. Les écarts individuels sur ces moyennes ne dépassaient pas quelques centièmes d'U. X. A l'aide des fréquences correspondantes et du niveau d'absorption *L*_{III} déterminé ultérieurement, comme on le verra ci-dessous, j'ai calculé les principaux niveaux *L*, *M*, etc., du Radium. Ces données m'ont aidé à identifier les émissions faibles que j'ai ensuite pointées sur les poses longues. Pour ces raies faibles les mesures ont été faites soit par rapport aux émissions déjà citées, soit, si elles en étaient plus proches, par rapport aux émissions fortes du Radium lui-même dont j'avais déjà déterminé les longueurs d'onde. Comme d'habitude, la plupart des raies peuvent être tabulées dans le schéma classique des niveaux (raies de diagramme) tandis qu'un certain nombre n'y peuvent trouver place (raies hors diagramme).

La précision sur les longueurs d'onde des raies très faibles doit être, suivant leur intensité, de quelques centièmes à un ou deux dixièmes d'U. X.

Planche II (c), j'ai reproduit, à titre d'exemple, un cliché plus posé de la région *L*β du Radium.

Raies de diagramme. — (Tableau I). — J'ai rassemblé dans le tableau I l'ensemble des passages prévisibles pour le spectre *L* de diagramme avec mes résultats relatifs au Radium. J'ai groupé toutes les raies en 3 classes suivant le niveau final de l'émission respective *L*_I, *L*_{II} ou *L*_{III}. La 1^{re} colonne indique le passage, la 2^e la nomenclature usuelle, s'il en existe; dans la 3^e j'ai noté s'il s'agit d'une émission de dipôle (*d*) ou de quadri-pôle (*q*).

Certaines des fréquences observées sont voisines de celles de passages qui sont doublement interdits, car ils correspondent à *l* : 0 → 0 ou *j* : 1/2 → 1/2. Malgré cela, je les ai provisoirement identifiées à ces passages; la colonne 3 du tableau porte pour elles la mention *i*. Des émissions de cette nature ont été observées dans les spectres *K* par Beuthe⁽⁴⁾, Hulubei-Cauchois⁽⁵⁾, puis Carlsson (*K**M*_I)⁽⁶⁾; ultérieurement dans les spectres *L* des éléments lourds par Kaufmann⁽⁷⁾ (*L*_I *N*_I pour 77, 79, 81, 82, 83 et *L*_I *O*_I pour 73, 77, 81, 82, 83) et Y. Cauchois⁽⁸⁾ (¹³) (*L*_I *M*_I, *L*_I *N*_I, *L* *O*_I, *L*_{II} *N*_{II} pour 78; *L*_I *N*_I et *L*_I *O*_I pour 75). J'ai mesuré pour le Radium des fréquences voisines de *L*_I *N*_I et *L*_{II} *O*_{II}.

TABLEAU I.

TRANSI-TIONS	NOTATION	NATURE DE LA RAIE	λ U.X.	νR obs.	νR calculé	$\sqrt{\nu R}$ obs.
<i>L_I</i>						
<i>M_I</i>	—	<i>i</i>	—	—	1 061,68	—
<i>M_{II}</i>	β_4	<i>d</i>	838,97	1 086,48	—	32,957
<i>M_{III}</i>	β_3	<i>d</i>	801,07	1 137,56	—	33,728
<i>M_{IV}</i>	β_{10}	<i>q</i>	773,85	1 477,58	—	34,346
<i>M_V</i>	β_9	<i>q</i>	766,98	1 488,13	—	34,469
<i>N_I</i>	—	<i>i</i>	686,0	1 328,4	1 327,74	36,447
<i>N_{II}</i>	γ_2	<i>d</i>	680,58	1 338,96	—	36,592
<i>N_{III}</i>	γ_3	<i>d</i>	673,98	1 352,07	—	36,771
<i>N_{IV}</i>	—	<i>q</i>	665,2	1 369,9	1 369,98	37,012
<i>N_V</i>	—	<i>q</i>	664,0	1 372,4	1 372,38	37,046
<i>N_{VI, VII}</i>	—	<i>q</i>	—	—	1 394,78	—
<i>O_I</i>	—	<i>i</i>	non séparable de Th γ_1	(1 398,16)	1 398,06	—
<i>O_{II}</i>	γ_4	<i>d</i>	649,96	1 402,04	—	37,44
<i>O_{III}</i>	γ_4	<i>d</i>	648,30	1 405,63	—	37,492
<i>O_{IV, V}</i>	—	<i>q</i>	645,5	1 411,7	1 411,76	37,572
<i>P_I</i>	—	<i>q</i>	—	—	1 413,58	—
<i>P_{II, III}</i>	γ_{13}	<i>d</i>	643,79	1 415,48	—	37,623
<i>L_{II}</i>						
<i>M_I</i>	η	<i>d</i>	905,54	1 006,33	—	31,723
<i>M_{II}</i>	—	<i>i</i>	—	—	1 030,73	—
<i>M_{III}</i>	β_{17}	<i>d</i>	842,4	1 082,1	1 082,41	32,895
<i>M_{IV}</i>	β_1	<i>d</i>	812,06	1 422,47	—	33,499
<i>M_V</i>	—	<i>q</i>	non séparable de β_5	(1 432,57)	1 432,71	—
<i>N_I</i>	γ_3	<i>d</i>	746,25	1 272,28	—	35,669
<i>N_{II}</i>	—	<i>i</i>	non observée	—	1 283,51	—
<i>N_{III}</i>	—	<i>q</i>	702,8	1 296,6	1 296,62	36,009
<i>N_{IV}</i>	γ_1	<i>d</i>	693,49	1 314,60	—	36,257
<i>N_V</i>	—	<i>q</i>	691,8	1 317,2	1 316,97	36,293
<i>N_{VI, VII}</i>	—	<i>q</i>	non séparable de γ_2	(1 338,96)	1 339,37	—
<i>O_I</i>	γ_8	<i>d</i>	678,7	1 342,66	—	36,642
<i>O_{II}</i>	—	<i>i</i>	676,6	1 346,8	1 346,59	36,699
<i>O_{III}</i>	—	<i>q</i>	675,0	1 350,0	1 350,48	36,742
<i>O_{IV}</i>	γ_6	<i>d</i>	671,89	1 356,28	—	36,828
<i>O_V</i>	—	<i>q</i>	non séparable de γ_6	—	—	—
<i>P_I</i>	—	<i>d</i>	671,0	1 358,08	—	36,852
<i>P_{II, III}</i>	—	<i>q</i>	670,0	1 360,4	1 360,03	36,880
<i>L_{III}</i>						
<i>M_I</i>	<i>l</i>	<i>d</i>	1 164,77	782,36	—	27,971
<i>M_{II}</i>	<i>l</i>	<i>q</i>	non séparable de W γ_5	(806,57)	806,88	—
<i>M_{III}</i>	<i>s</i>	<i>q</i>	—	—	858,26	—
<i>M_{IV}</i>	γ_2	<i>d</i>	1 014,45	898,29	—	29,971
<i>M_V</i>	α_1 (1)	<i>d</i>	1 002,65	908,86	—	30,147
<i>N_I</i>	β_6	<i>d</i>	869,08	1 048,54	—	32,381
<i>N_{II}</i>	—	<i>q</i>	860,0	1 059,6	1 059,66	32,552
<i>N_{III}</i>	—	<i>q</i>	849,4	1 072,8	1 072,77	32,754
<i>N_{IV}</i>	β_{15}	<i>d</i>	835,49	1 090,70	—	33,025
<i>N_V</i>	β_2	<i>d</i>	833,64	1 093,42	—	33,063
<i>N_{VI, VII}</i>	β_7	<i>q</i>	816,9	1 115,50	—	33,399

(1) M. de Broglie avait donné pour cette raie : 1 010 U.X.

TABLEAU I (suite).

TRANSI-TIONS	NOTATION	NATURE DE LA RAIE	λ U.X.	νR obs.	νR calculé	$\sqrt{\nu R}$ obs.
<i>L_{III}</i>						
<i>O_I</i>	β_7	<i>d</i>	814,5	1 118,80	—	33,448
<i>O_{II}</i>	—	<i>q</i>	non séparable de β_1	(1 122,17)	1 122,74	—
<i>O_{III}</i>	—	<i>q</i>	—	—	1 126,33	—
<i>O_{IV, V}</i>	β_5	<i>d</i>	804,60	1 132,57	—	33,654
<i>P_I</i>	—	<i>d</i>	803,3	1 134,41	—	33,681
<i>P_{II, III}</i>	—	<i>q</i>	802,4	1 136,4	1 136,48	33,706

Dans la 4^e colonne du tableau j'ai donné soit la longueur d'onde mesurée par moi pour l'émission considérée, soit l'indication de l'émission du radium ou d'un autre élément, qui a pu la masquer si je ne l'ai pas observée. Dans la 5^e colonne se trouvent les fréquences en ν/R d'après les longueurs d'onde mesurées; ou suivant le cas, la fréquence de l'émission superposée (en petits caractères). Dans la 6^e colonne j'ai indiqué, pour les raies faibles, la fréquence du passage correspondant calculée avec les niveaux déterminés à l'aide des raies fortes (tableau IV). La 7^e colonne indique les valeurs expérimentales pour $\sqrt{\nu/R}$.

Les raies 671,0 et 803,3. Manifestation probable du niveau P_I dans le spectre d'émission. La raie 803,3 est plus forte que sa voisine 802,4 que j'ai identifiée à l'émission de quadripôle $L_{III}, P_{II, III}$. D'autre part, j'observe une émission faible à 671,0. Les différences de fréquence entre L_{III} et L_{II} et ces deux émissions sont respectivement égales à 3,31 et 3,13 ν/R . Il m'a donc semblé probable qu'il s'agissait des deux passages de dipôle $L_{III} P_I$ et $L_{II} P_I$, non encore signalés pour aucun élément.

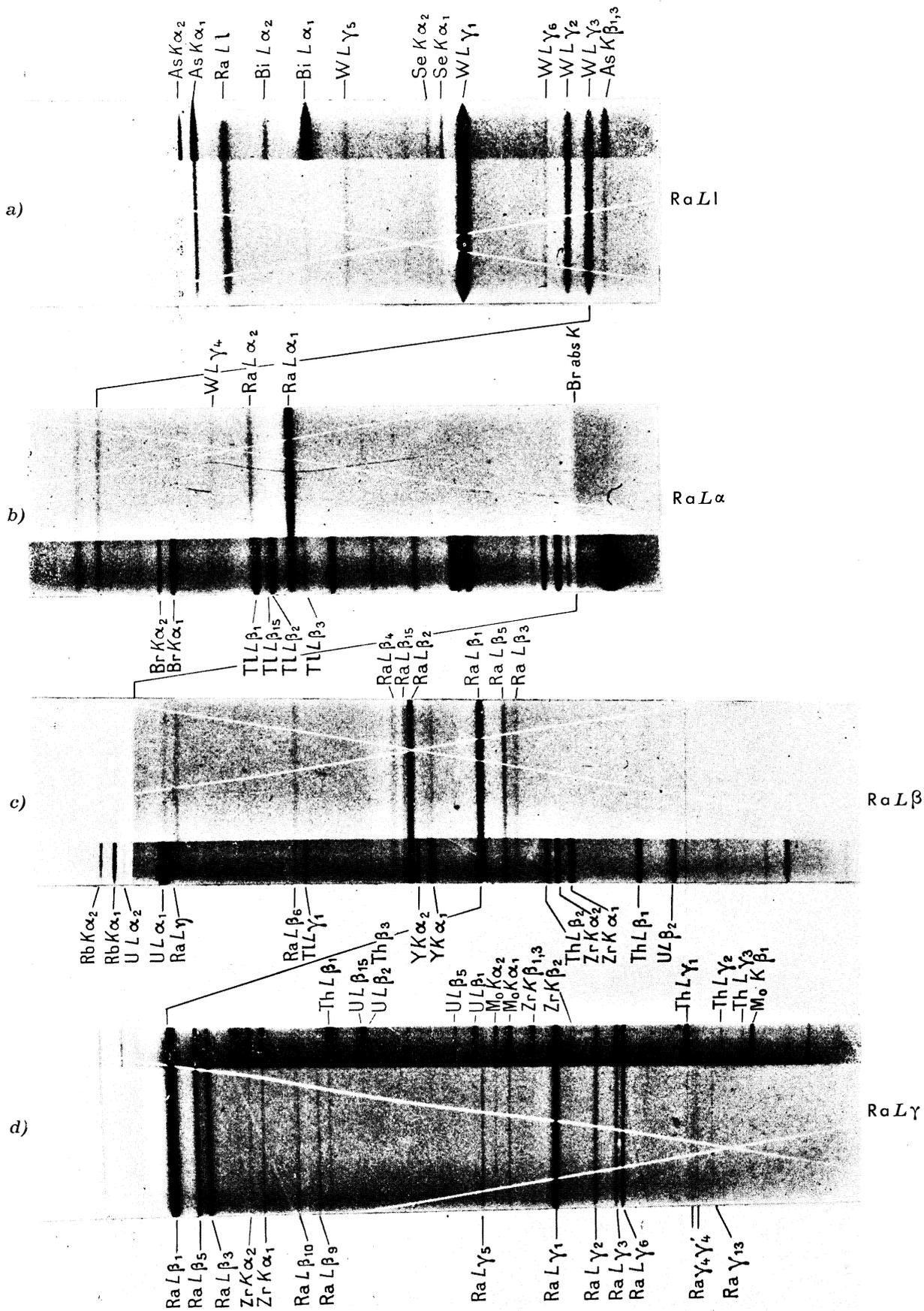
Cependant, dans une étude du spectre L de l'uranium, faite avec un spectrographe Cauchois, Cläesson (9) a observé une raie de longueur d'onde 723,71 U. X. qu'il considère comme étant, très vraisemblablement, une raie d'étincelle. Il me semble qu'il s'agit là de la même émission que je vois pour le radium à 803,3 et qu'elle représenterait alors $L_{III} P_I$ pour l'uranium. Ceci donne pour cet élément :

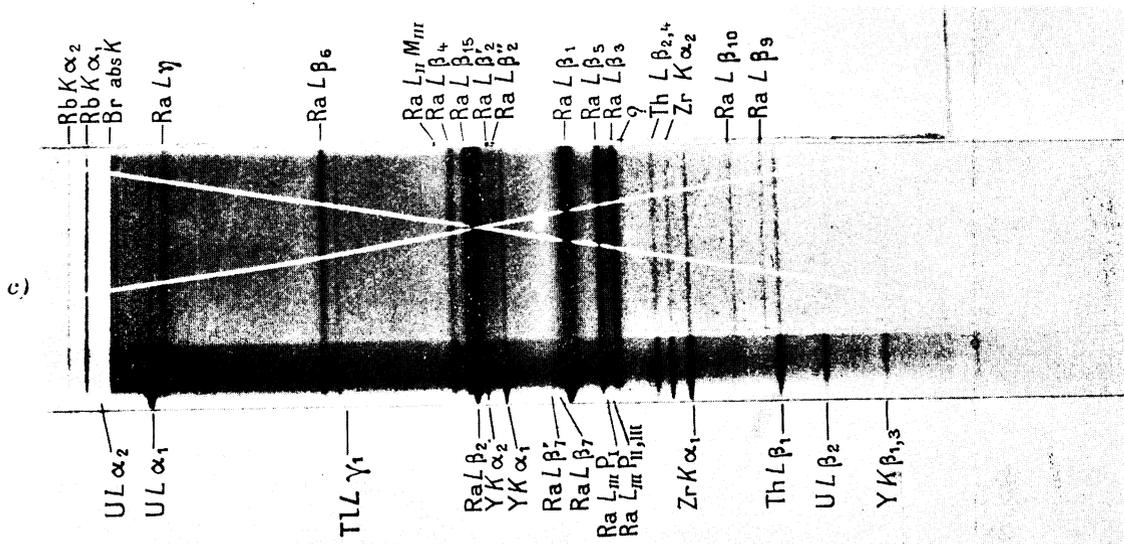
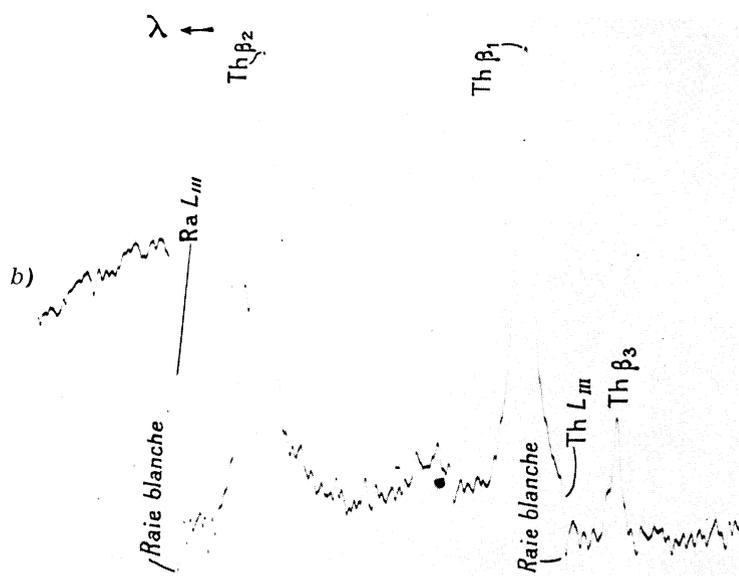
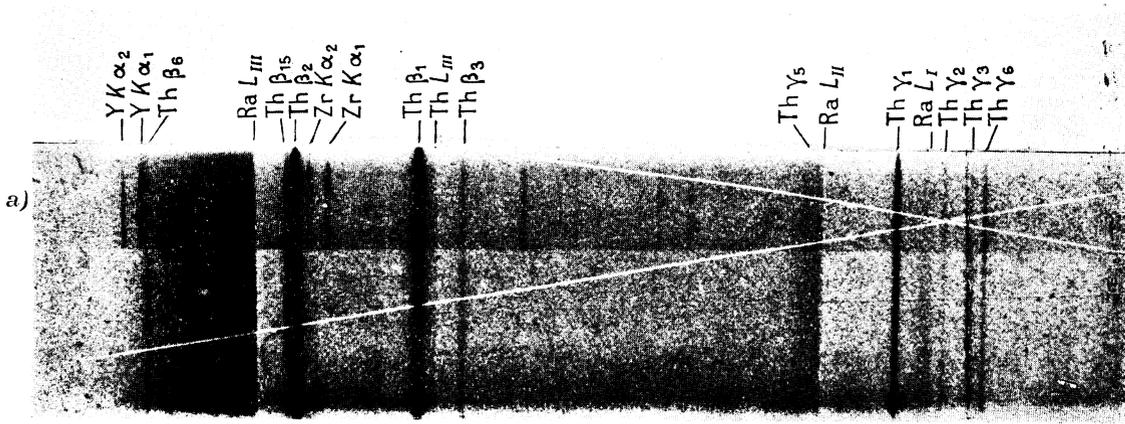
$$U P_I = L_{III} - L_{II} P_I = 1 264,2 (*) - 1 259,26 = 4,94 \nu/R.$$

Remarquons de suite que les raies très faibles, observées vers les courtes ondes de β_5 pour le platine et l'or, par quelques auteurs (7), (8), (10) ne peuvent pas s'interpréter comme dues au passage $L_{III} P_I$, leur fréquence, dans ces cas, étant supérieure à L_{III} .

Il serait intéressant de rassembler du matériel expérimental complémentaire nécessaire à la compréhension de ces différentes émissions.

(*) D'après le spectre d'absorption (16).





Raies « hors diagramme ». — Les raies dont la fréquence n'apparaît pas comme étant la différence de deux niveaux normaux de l'atome sont, selon l'habitude, considérées ici comme des raies hors diagramme et ont été tabulées à part (tableau II). Je les ai divisées en trois groupes.

TABLEAU II.

SATELLITES DE	NOTATION DE LA RAIE	λ EN U. X.	ν/R	$\sqrt{\nu/R}$	$\Delta\nu/R$	$\sqrt{\Delta\nu/R}$
α_1	α'	1 000,95	910,40	30,173	1,54	1,24
	α^{ix}	999,30	911,90	30,198	3,04	1,74
	α^x	non séparable de $Tl \beta_3$	(912,63)		(3,77)	(1,94)
β_2	β_2'	829,97	1 097,95	33,135	4,83	2,20
	β_2''	828,73	1 099,60	33,160	6,48	2,54
	β_2'''	824,8	1 104,8	33,238	11,7	3,4
	β_2^{iv}	822,8	1 107,5	33,280	14,4	3,8
γ_2	$\gamma_2'(?)$	677,1	1 345,8	36,685	6,8	2,6

a) **Satellites de α_1 .** — On sait que le groupe *L* α des éléments lourds comporte une importante émission hors diagramme. Sur mes poses longues *L* α_1 du radium est accompagnée, vers les courtes ondes, d'une bande complexe très intense, dans laquelle trois raies, au moins, sont bien visibles. A la précision possible pour ces mesures, l'une d'elles coïncide avec *L* β_3 du Tl ($Tl \beta_1$ et $Tl \beta_2$ se devinent aussi sur ces clichés; ce métal ayant été employé précédemment dans mon tube pour des spectres de référence quelques traces résiduelles ont pu donner leur émission). Toutefois, d'après l'intensité de $Tl \beta_1$, il semblerait qu'une émission du radium lui-même soit superposée à $Tl \beta_3$. Outre cette raie douteuse deux autres raies sont attribuables au radium sans ambiguïté. J'ai formé les valeurs de $\Delta\nu/R$ et $\sqrt{\Delta\nu/R}$, rapportées à la fréquence de Ra *L* α_1 en ν/R (colonnes 4 et 5). Les valeurs de $\sqrt{\Delta\nu/R}$ trouvées ici indiquent que les émissions observées seraient α' , α^{ix} et éventuellement α^x pour le radium, émissions qui ont été récemment analysées pour une série d'éléments lourds (¹⁴).

b) **Satellites de β_2 .** — Pour un grand nombre d'éléments on connaît jusqu'à 8 satellites de β_2 , la parenté des émissions considérées avec β_2 étant probable d'après la variation linéaire de la valeur respective de $\sqrt{\Delta\nu/R}$ avec le numéro atomique croissant (³), (¹²), (⁷), (⁸), (¹³). Pour le radium, j'observe, vers les courtes ondes par rapport à β_2 , quatre raies dont deux très intenses. En tenant compte de la valeur de $\Delta\nu/R$ rapporté à β_2 pour

chacune d'elles et des observations des auteurs cités pour d'autres éléments, je les ai identifiées comme étant β_2' , β_2'' , β_2''' et β_2^{iv} .

c) **Satellites de γ_2 .** — On connaît également pour plusieurs éléments lourds un ou deux satellites de γ_2 . J'observe une raie faible vers les courtes ondes de γ_2 . Sans doute s'agit-il de γ_2' .

d) **La raie 798,8 U. X.** — Une raie relativement intense se voit bien à 798,8 U. X. ($1140,87/R$). Quoique voisine de l'émission *K* α_1 du césium dans le 2° ordre (799,18 U. X.) elle semble attribuable au radium, car il est très improbable que celle-ci puisse paraître dans les conditions de mes expériences. La raie 798,8 U. X., plus courte que les discontinuités *L*_{III} du radium, serait peut être un satellite de β_3 .

Spectre d'absorption.

Technique expérimentale. — Deux des discontinuités *L* du radium avaient été observées par M. de Broglie (¹⁴). Je désirais reprendre les mesures et les compléter, afin d'avoir, pour les trois discontinuités d'absorption, une précision comparable à celle que j'avais pour le spectre d'émission, dans l'ensemble de cette étude.

L'écran absorbant était constitué par une couche mince et homogène de 4 mgrs de chlorure de radium très pur, d'environ 0,5 cm² de surface.

Un trou ayant la forme de la fenêtre de sortie du tube à rayons X a été percé dans une plaque de plomb. Une feuille d'aluminium de 0,01 mm d'épaisseur obstruait le trou et servait de support à la couche de radium. Une feuille de cellophane recouvrait la préparation, de manière à éviter la diffusion de l'émanation dans le laboratoire (*).

Le rayonnement à absorber était émis par une anticathode de cuivre recouverte d'oxyde de thorium. J'ai travaillé avec 50 kV seulement afin de ne pas être gêné par le fond continu dur réfléchi dans des ordres supérieurs sur la région spectrale à étudier.

Les raies du thorium ainsi que quelques émissions supplémentaires, enregistrées sur une petite hauteur des mêmes clichés, m'ont servi de références pour la mesure des spectres d'absorption.

Comme on le voit sur le cliché et le microphotogramme reproduits planche II (a) et (b) les discontinuités *L* du radium apparaissent avec un bon contraste. Les déterminations de longueurs d'onde ont pu, par suite, être faites avec précision.

J'ai pointé, sur les originaux, la position du maximum de contraste. Sur les microphotogrammes, j'ai déterminé, selon l'usage actuel, la longueur d'onde du point d'inflexion de la courbe de noircissement. Je n'ai pas remarqué d'écarts systématiques entre les nombres

(*) Les 4 milligrammes de Chlorure de Radium nous ont été fournis par la Société nouvelle du Radium à Gif.

déduits des mesures sur les clichés mêmes ou sur les microphotogrammes. J'ai donc retenu les moyennes générales. Elles sont rassemblées dans le tableau III. Je donne planche II (b) un exemple de microphotogramme (absorption L_{III} du radium; grossissement 7). On y distingue bien la raie blanche et une structure de la crête.

TABLEAU III.

DÉSIGNATION	λ EN U.X.	νR	$\sqrt{\nu/R}$	$\Delta \nu R$
L_{III} discontinuité	801,09 ⁽¹⁾	1 137,54	33,727	
L_{III} raie blanche	800,70	1 138,09	33,736	0,55
L_{II} discontinuité	669,34 ⁽²⁾	1 361,44	36,898	
L_{II} raie blanche	658,97	1 362,20	36,908	0,76
L_I discontinuité	643,20	1 416,77	37,640	
M. de Broglie a donné : ⁽¹⁾ $L_{III} = 802$. ⁽²⁾ $L_{II} = 670$.				

D'après les conceptions actuelles sur le mécanisme de la parution des discontinuités d'absorption X et en tenant compte des règles de sélection qui s'y appliquent, les crêtes principales L_{III} et L_{II} du radium doivent correspondre à des passages $2p \rightarrow 6d$ et la crête L_I à un passage $2s \rightarrow 7p$. Dans ce cas, les énergies des niveaux extérieurs en jeu sont, sans doute, encore suffisamment définies pour que la parution de raies blanches soit possible⁽¹³⁾.

Je n'analyserai pas, pour le moment, les structures secondaires observables sur mes clichés. Je n'exposerai pas non plus ici les observations que l'on peut faire pour le radium, quant aux raies blanches et structures secondaires, quant à la disposition des discontinuités par rapport à certaines raies d'émission, etc. Ces questions trouveront leur place dans un exposé consacré aux spectres d'absorption.

On remarquera que les discontinuités L du thorium, dues à l'absorption propre dans l'anticathode, apparaissent aussi sur mes spectres. L_{III} est particulièrement nette et présente une raie blanche très contrastée; j'ai mesuré les longueurs d'onde de la discontinuité et de la raie blanche par rapport aux raies voisines du thorium lui-même (β_1 et β_3). Les résultats sont assez différents de ceux connus actuellement⁽¹⁴⁾.

Détermination des niveaux caractéristiques du radium. — En admettant, selon l'usage, comme valeur absolue de la fréquence du niveau L_{III} , la fréquence de la discontinuité d'absorption expérimentale, j'ai calculé à l'aide des fréquences d'émission correspondantes

TABLEAU IV.

Calcul des niveaux à partir de $L_{III} = 1\ 137,54 \nu/R$.

$L_{II} - L_{III}$			L_{II}
	ν/R	ν/R moyen	
$\eta - l \dots \dots$	223,97	} 223,85	1 361,39
$\gamma_5 - \beta_6 \dots \dots$	223,74		
$\beta_1 - \alpha_2 \dots \dots$	223,88		
$\gamma_1 - \beta_{15} \dots \dots$	223,90		
$\gamma_6 - \beta_3 \dots \dots$	223,71		
L_{II} abs. — L_{III} abs.	223,90		
$L_I - L_{III}$			L_I
	ν/R	ν/R moyen	
$\beta_{10} - \alpha_2 \dots \dots$	279,29	} 279,26	1 416,90
$\beta_9 - \alpha_1 \dots \dots$	279,27		
L_I abs. — L_{III} abs.	279,23		
M_I .			
$L_{II} - \eta \dots \dots \dots$	355,06	} 355,12	
$L_{III} - l \dots \dots \dots$	355,18		
M_{II} .			
$L_I - \beta_4 \dots \dots \dots$	330,62	330,62	
M_{III} .			
$L_I - \beta_3 \dots \dots \dots$	279,24	279,24	
M_{IV} .			
$L_{II} - \beta_1 \dots \dots \dots$	239,22	} 239,24	
$L_{III} - \alpha_2 \dots \dots \dots$	239,25		
M_V .			
$L_{III} - \alpha_1 \dots \dots \dots$	228,68	228,68	
N_I .			
$L_{II} - \gamma_5 \dots \dots \dots$	89,11	} 89,06	
$L_{III} - \beta_6 \dots \dots \dots$	89,00		
N_{II} .			
$L_I - \gamma_2 \dots \dots \dots$	77,84	77,84	
N_{III} .			
$L_{II} - \gamma_3 \dots \dots \dots$	64,73	64,73	

TABLEAU IV (suite).

	ν/R	ν/R moyen	
N_{IV} .			
$L_{II} - \gamma_1 \dots\dots$	46,79	} 46,82	
$L_{III} - \beta_{15} \dots\dots$	46,84		
N_V .			
$L_{III} - \beta_2 \dots\dots$	44,42	44,42	
$N_{VI, VII}$			
$L_{III} - \beta'_7 \dots\dots$	22,02	22,02	
O_I .			
$L_{II} - \gamma_8 \dots\dots$	18,73	} 18,74	
$L_{III} - \beta_7 \dots\dots$	18,74		
O_{II} .			
$L_I - \gamma'_4 \dots\dots$	14,76	14,76	
O_{III} .			
$L_I - \gamma_4 \dots\dots$	11,17	11,17	
$O_{IV, V}$.			
$L_{II} - \gamma_6 \dots\dots$	5,11 (O_{IV})	} 5,04	
$L_{III} - \beta_8 \dots\dots$	4,97 ($O_{IV, V}$)		
P_I .			
$L_{II} - L_{II} P_1 \dots\dots$	3,31	} 3,22	
$L_{III} - L_{III} P_1 \dots\dots$	3,13		
$P_{II, III}$.			
$L_I - \gamma_{13} \dots\dots$	1,32	1,32	

moyennes correspondantes. Le tableau IV indique d'ailleurs le détail des calculs. On voit que L_{II} est calculée à l'aide de plusieurs émissions de dipôle, L_I à l'aide des deux émissions de quadripôles β_9 et β_{10} . Tous les autres niveaux sont alors déterminés à partir de L_I , L_{II} et L_{III} . Le tableau V rassemble les moyennes obtenues. La deuxième colonne donne les fréquences en ν/R ; la troisième les valeurs de $\sqrt{\nu/R}$; la quatrième donne l'énergie de ces mêmes niveaux en volts. Dans la 5^e colonne figurent les valeurs de ces niveaux relevées dans le traité de Radioactivité de M^{me} Curie.

TABLEAU V.

NIVEAU	FRÉQUENCE EN ν/R	$\sqrt{\nu/R}$	VALEUR EN VOLTS	
			observée.	interpolée.
L_I	1 416,80	37,640	19 193,4	19 250
L_{II}	1 361,39	36,897	18 442,7	18 400
L_{III}	1 137,54	33,727	15 410,2	15 400
M_I	355,12	18,845	4 810,8	4 845
M_{II}	330,62	18,183	4 478,9	4 500
M_{III}	279,24	16,710	3 782,9	3 770
M_{IV}	239,24	15,467	3 241,0	3 240
M_V	228,68	15,122	3 097,9	3 100
N_I	89,06	9,437	1 206,5	1 195
N_{II}	77,84	8,823	1 054,5	1 055
N_{III}	64,73	8,045	879,9	876
N_{IV}	46,82	6,842	634,3	625
N_V	44,42	6,665	601,8	595
$N_{VI, VII}$	22,02	4,693	298,3	
O_I	18,74	4,32 ₉	253,9	
O_{II}	14,76	3,84 ₂	199,9	
O_{III}	11,17	3,34 ₂	151,3	
$O_{IV, V}$	5,04	2,24 ₅	68,3	
P_I	3,22	1,79 ₄	43,6	
$P_{II, III}$	1,32	1,14 ₉	17,9	

Conclusion. — Une étude détaillée du spectre L du radium à été exposée. Ce spectre n'avait pas encore été étudié.

Les niveaux électroniques du radium (à l'exception du niveau K) ont été calculés, pour la première fois, à partir des fréquences d'émission et d'absorption caractéristiques déterminées expérimentalement.

Les valeurs obtenues ici pourront servir, entre autres, à faciliter l'étude quantitative, par spectrographie de masse, des émissions corpusculaires et photoélectriques du radium lui-même et des éléments radioactifs voisins.

mesurées ici, la plupart des autres niveaux du radium.

Je n'ai fait entrer dans les calculs que les fréquences des raies les plus fortes, pour lesquelles la longueur d'onde avait été mesurée au centième d'unité X. Lorsque plusieurs passages portaient d'un même niveau initial je les ai pris en considération et j'ai déterminé les

Ce travail a été fait au laboratoire de Chimie physique de Paris Je suis heureux de pouvoir dire toute ma reconnaissance à M. Jean Perrin pour l'intérêt qu'il

porte à mon travail et les facilités qu'il veut bien m'accorder pour me permettre de mener à bien mes recherches.

Manuscrit reçu le 20 avril 1937.

BIBLIOGRAPHIE

- | | |
|---|--|
| (1) H. HULUBEL. <i>C. R.</i> , 1936, 203 , p. 399; 1936, 203 , p. 542; 1936, 203 , p. 665. | (9) H. CLAESSON. <i>Z. Physik</i> , 1936, 101 , 499. |
| (2) H. HULUBEL. <i>C. R.</i> , 1935, 200 , p. 1530. | (10) H. CLAESSON. <i>Z. Physik</i> , 1933, 85 , 231. |
| (3) M. SIEGBAHN. <i>Spektroskopie der Röntgenstrahlen</i> , 2 ^{te} Aufl. | (11) Y. CAUCHOIS. <i>C. R.</i> , 1935, 200 , 1194; 1935, 201 , 721; 1935, 202 , 2068. |
| (4) H. BEUTHE. <i>Z. Physik</i> , 1930, 60 , p. 603. | (12) S. KAUFMAN. <i>Phys. Rev.</i> , 1934, 45 , 385. |
| (5) H. HULUBEL. Y. CAUCHOIS. <i>C. R.</i> , 1933, 196 , p. 1294. | (13) Y. CAUCHOIS. <i>C. R.</i> , 1937, 204 , 255. |
| (6) E. CARLSSON. <i>Z. Physik</i> , 1933, 84 , p. 119. | (14) M. DE BROGLIE. <i>Internat. critical tables</i> , 1929, 6 , p. 43. |
| (7) S. KAUFMAN. <i>Phys. Rev.</i> , 1934, 45 , 613. | (15) VELDRAAMP. <i>Physica</i> , 1935, 2 , 25. |
| (8) Y. CAUCHOIS. <i>C. R.</i> , 1935, 201 , 598. | (16) A. SANDSTRÖM. <i>Z. Physik</i> , 1930, 69 , 632. |
-