

LES LARGEURS DE QUELQUES NIVEAUX ATOMIQUES ET LES RENDEMENTS DE FLUORESCENCE (*)

LÍDIA SALGUEIRO (**), MARIA TERESA RAMOS (**),
J. G. FERREIRA (**)

RÉSUMÉ — On calcule des valeurs concernant la variation, avec le numéro atomique Z , des largeurs des niveaux atomiques K , L_{II} , L_{III} , M_{IV} , M_V , N_{IV} et N_V et des valeurs pour les rendements de fluorescence des couches électroniques L_{II} et L_{III} des éléments de numéro atomique compris entre 37 et 50.

ABSTRACT — Some results, concerning the widths of atomic shells K , L_{II} , L_{III} , M_{IV} , M_V , N_{IV} et N_V are presented; values for the L_{II} and L_{III} fluorescence yields, in the region $37 \leq Z \leq 50$ are reported.

1 — INTRODUCTION

On calcule, dans ce travail, des valeurs concernant les largeurs des couches électroniques K , L_{II} , L_{III} , M_{IV} , M_V , N_{IV} et N_V et les rendements de fluorescence ω_2 et ω_3 des niveaux atomiques L_{II} et L_{III} , dans la région de nombres atomiques entre 37 et 50. Ces valeurs ont été calculées d'après quelques résultats expérimentaux et théoriques sur les largeurs des raies spectrales X , obtenues par plusieurs auteurs. La bibliographie scientifique, en ce qui concerne les largeurs des niveaux atomiques est très

(*) Reçu le 1 juin 1971.

(**) Boursier de l'«Instituto de Alta Cultura».

pauvre; récemment SCOFIELD (1), en employant le modèle relativiste de Hartree-Fock-Slater, a calculé les largeurs radiatives des niveaux atomiques K et L, pour des éléments de nombre atomique compris, respectivement, entre 13 et 92 et entre 29 et 92.

PARRATT (2), GOKHALE (3) et, plus récemment, NELSON et al. (4) ont déterminé, expérimentalement, les largeurs des raies $K\alpha_1$ et $K\alpha_2$ pour plusieurs éléments. En ce qui concerne les largeurs des raies L du spectre de rayons X, WILLIAMS (5), BRILL (6) et COOPER (7) ont publié des résultats pour des éléments de numéro atomique $Z > 70$; nous avons employé, dans nos calculs, leurs valeurs se rapportant aux raies $L\alpha_1$, $L\beta_1$, $L\beta_2$ et $L\gamma_1$, qui sont les plus intenses.

BHALLA (8) a calculé les rendements ω_2 et ω_3 pour $Z > 37$, d'après les largeurs des raies $K\alpha_1$ et $K\alpha_2$ présentées par GOKHALE et NELSON et al.; les conclusions obtenues par BHALLA, en employant les résultats de GOKHALE, semblent être acceptables, quoiqu'il n'y a pas des valeurs expérimentales pour comparer; cependant, ses déterminations de ω_2 et ω_3 pour $Z > 50$, d'après les largeurs présentées par NELSON et al. ne sont pas d'accord avec les résultats expérimentaux de PRICE et al. (9).

Nous avons pu calculer les largeurs des couches K, L_{II} et L_{III} , désignées, respectivement, par Γ_K , $\Gamma_{L_{II}}$ et $\Gamma_{L_{III}}$, en fonction du numéro atomique Z , en employant des valeurs de ω_K , obtenues d'après une expression récente, présentée par BYRNE et al. (10), des largeurs radiatives des couches K et L (1), des largeurs des raies $K\alpha_1$ et $K\alpha_2$ (3) et les rendements de fluorescence ω_2 et ω_3 (9).

Nous avons aussi calculé les valeurs pour les rendements ω_2 et ω_3 dans la région $37 < Z < 50$, où il n'y a pas de déterminations expérimentales; les largeurs des raies $K\alpha_1$ et $K\alpha_2$, pour les éléments de $Z > 50$, ont été calculées et comparées aux valeurs obtenues par NELSON et al.; en nous servant des résultats des largeurs des raies du niveau L (5, 6, 7), il a été possible de trouver les valeurs pour les largeurs des couches électroniques M_{IV} , M_V , N_{IV} et N_V , pour quelques éléments.

2 — DÉTERMINATION DE LA LARGEUR DU NIVEAU K

La largeur totale Γ_K et la largeur d'Auger Γ_K^A , du niveau K, ont été calculées en nous servant des expressions:

$$\omega_K = \frac{\Gamma_K^R}{\Gamma_K} \quad (1)$$

et

$$\Gamma_K = \Gamma_K^R + \Gamma_K^A; \quad (2)$$

Γ_K^R représente la largeur radiative du niveau K et ω_K le rendement de fluorescence du même niveau. Nous avons employé les valeurs de Γ_K^R , en fonction de Z , présentées par SCOFIELD, et les rendements ω_K ont été obtenus de l'expression

$$\omega_K = \frac{1}{1 + \alpha Z^{-m}} \quad (3)$$

présentée par BYRNE et al. et qui comprend tous les résultats expérimentaux et théoriques de ω_K , pour des valeurs déterminées des paramètres α et m .

Dans les colonnes 1 et 2 du tableau I, sont enregistrées les valeurs de ω_K , pour les éléments de numéro atomique Z compris entre 20 et 92, calculées, d'après l'expression (3), en employant les valeurs suivantes pour α et m , indiquées par BYRNE et al.

$$\alpha = (1,16 \pm 0,07) \times 10^5 \quad m = 3,36 \pm 0,02 \quad (\text{exp.})$$

et

$$\alpha = (1,25 \pm 0,05) \times 10^5 \quad m = 3,41 \pm 0,01 \quad (\text{théor.}).$$

Dans le même tableau nous présentons aussi des valeurs concernant Γ_K et Γ_K^A , dans la région des nombres atomiques $20 < Z < 92$.

La fig. 1 nous montre la variation de Γ_K et Γ_K^A avec le numéro atomique. L'accord entre nos résultats et ceux de BHALLA

TABLEAU I

Z	ω_K		Γ_K (eV)		Γ_K^A (eV)	
	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)
20	0,169±0,009	0,180±0,006	0,71±0,04	0,67±0,02	0,59±0,04	0,55±0,02
21	0,193±0,010	0,205±0,007	0,71±0,04	0,67±0,02	0,57±0,04	0,53±0,02
22	0,218±0,011	0,232±0,007	0,85±0,04	0,80±0,02	0,67±0,04	0,62±0,02
23	0,245±0,012	0,260±0,008	0,91±0,04	0,85±0,03	0,68±0,04	0,63±0,03
24	0,272±0,012	0,290±0,009	1,01±0,04	0,94±0,03	0,73±0,04	0,67±0,03
25	0,300±0,014	0,319±0,009	1,11±0,05	1,04±0,03	0,78±0,05	0,71±0,03
26	0,329±0,014	0,348±0,010	1,20±0,05	1,14±0,03	0,81±0,05	0,74±0,03
27	0,358±0,015	0,379±0,011	1,30±0,05	1,23±0,03	0,83±0,05	0,76±0,03
28	0,386±0,015	0,408±0,010	1,44±0,05	1,36±0,03	0,88±0,05	0,80±0,03
29	0,415±0,016	0,437±0,010	1,55±0,05	1,47±0,04	0,91±0,05	0,83±0,04
30	0,442±0,016	0,465±0,010	1,69±0,06	1,61±0,04	0,94±0,06	0,86±0,04
31	0,470±0,016	0,493±0,010	1,85±0,06	1,76±0,04	0,98±0,06	0,89±0,04
32	0,498±0,016	0,521±0,010	2,00±0,06	1,91±0,04	1,01±0,06	0,92±0,04
33	0,524±0,017	0,546±0,010	2,16±0,07	2,07±0,04	1,03±0,07	0,94±0,04
34	0,549±0,017	0,571±0,010	2,38±0,07	2,29±0,05	1,07±0,07	0,98±0,05
35	0,571±0,018	0,595±0,009	2,58±0,07	2,48±0,05	1,11±0,07	1,00±0,05
36	0,595±0,017	0,617±0,009	2,83±0,07	2,73±0,05	1,15±0,07	1,05±0,05
37	0,617±0,017	0,641±0,009	3,09±0,07	2,97±0,05	1,18±0,07	1,07±0,05
38	0,637±0,016	0,662±0,009	3,30±0,08	3,17±0,05	1,20±0,08	1,07±0,05
39	0,658±0,015	0,685±0,009	3,60±0,08	3,46±0,05	1,23±0,08	1,09±0,05
40	0,676±0,014	0,699±0,009	3,98±0,08	3,85±0,06	1,29±0,08	1,16±0,06
41	0,694±0,013	0,719±0,009	4,30±0,08	4,27±0,06	1,32±0,08	1,29±0,06
42	0,714±0,013	0,735±0,009	4,66±0,09	4,53±0,06	1,33±0,09	1,20±0,06
43	0,725±0,013	0,746±0,009	5,06±0,09	4,91±0,06	1,40±0,09	1,25±0,06
44	0,746±0,013	0,763±0,008	5,50±0,10	5,37±0,06	1,40±0,10	1,27±0,06
45	0,758±0,012	0,781±0,008	6,02±0,10	5,84±0,06	1,46±0,10	1,28±0,06
46	0,769±0,012	0,794±0,008	6,42±0,10	6,22±0,06	1,48±0,10	1,28±0,06
47	0,787±0,012	0,806±0,008	6,89±0,11	6,72±0,06	1,47±0,11	1,30±0,07
48	0,794±0,011	0,813±0,007	7,33±0,11	7,16±0,06	1,51±0,11	1,34±0,07
49	0,806±0,010	0,826±0,007	7,82±0,11	7,63±0,06	1,52±0,11	1,32±0,07
50	0,820±0,010	0,833±0,006	8,65±0,12	8,51±0,07	1,56±0,12	1,42±0,08
51	0,826±0,011	0,840±0,006	9,35±0,12	9,19±0,07	1,63±0,12	1,47±0,08
52	0,840±0,010	0,855±0,006	10,05±0,13	9,87±0,07	1,61±0,13	1,43±0,08
53	0,847±0,009	0,862±0,006	10,70±0,14	10,51±0,08	1,64±0,15	1,45±0,09
54	0,855±0,008	0,870±0,005	11,74±0,14	11,55±0,09	1,70±0,15	1,51±0,10
55	0,862±0,008	0,877±0,005	12,76±0,14	12,54±0,09	1,76±0,15	1,54±0,10
56	0,870±0,007	0,877±0,005	13,31±0,14	13,19±0,10	1,74±0,15	1,62±0,11

TABLEAU I (cont.)

Z	ω_K		Γ_K (eV)		Γ_K^A (eV)	
	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)
57	0,877±0,007	0,885±0,005	14,14±0,14	13,89±0,10	1,74±0,15	1,49±0,11
58	0,877±0,007	0,893±0,004	15,22±0,15	14,95±0,10	1,87±0,16	1,60±0,12
59	0,885±0,007	0,901±0,004	16,27±0,15	15,98±0,11	1,87±0,16	1,58±0,13
60	0,893±0,007	0,901±0,004	17,38±0,15	17,22±0,11	1,86±0,17	1,70±0,13
61	0,893±0,007	0,909±0,004	18,48±0,16	18,15±0,12	1,98±0,18	1,65±0,14
62	0,901±0,006	0,912±0,003	19,59±0,17	19,35±0,12	1,94±0,19	1,70±0,15
63	0,909±0,006	0,917±0,003	20,68±0,18	20,50±0,13	1,88±0,20	1,70±0,16
64	0,910±0,006	0,920±0,003	22,09±0,19	21,85±0,13	1,99±0,21	1,75±0,16
65	0,914±0,006	0,924±0,003	23,79±0,19	23,53±0,13	2,04±0,21	1,78±0,17
66	0,918±0,006	0,928±0,003	24,94±0,19	24,78±0,14	2,04±0,22	1,88±0,18
67	0,922±0,006	0,931±0,003	26,46±0,20	26,21±0,15	2,06±0,23	1,81±0,19
68	0,925±0,005	0,935±0,003	28,11±0,21	27,81±0,16	2,11±0,24	1,81±0,20
69	0,928±0,005	0,937±0,003	29,85±0,21	29,56±0,17	2,15±0,25	1,86±0,21
70	0,932±0,005	0,940±0,002	31,81±0,22	31,55±0,17	2,16±0,26	1,90±0,22
71	0,935±0,004	0,942±0,002	33,58±0,23	33,33±0,18	2,18±0,28	1,93±0,23
72	0,937±0,004	0,945±0,002	35,75±0,25	35,45±0,19	2,25±0,30	1,95±0,24
73	0,940±0,004	0,948±0,002	37,56±0,26	37,24±0,20	2,26±0,31	1,94±0,25
74	0,942±0,004	0,950±0,002	39,68±0,26	39,38±0,21	2,28±0,32	1,98±0,27
75	0,945±0,004	0,952±0,002	42,01±0,27	41,70±0,22	2,31±0,33	2,00±0,29
76	0,948±0,004	0,954±0,002	43,99±0,27	43,71±0,23	2,29±0,34	2,01±0,31
77	0,950±0,004	0,957±0,002	46,21±0,28	45,87±0,24	2,31±0,36	1,97±0,33
78	0,952±0,004	0,958±0,002	48,98±0,28	48,65±0,25	2,38±0,37	2,05±0,34
79	0,953±0,004	0,960±0,002	51,50±0,29	51,16±0,26	2,40±0,39	2,06±0,36
80	0,955±0,003	0,962±0,002	54,13±0,31	53,77±0,28	2,43±0,40	2,07±0,38
81	0,957±0,003	0,962±0,002	56,85±0,33	56,52±0,29	2,45±0,42	2,12±0,40
82	0,959±0,003	0,964±0,002	59,76±0,35	59,42±0,31	2,46±0,44	2,12±0,41
83	0,961±0,003	0,965±0,002	62,64±0,37	62,38±0,33	2,44±0,46	2,18±0,43
84	0,962±0,003	0,967±0,002	65,97±0,38	65,56±0,35	2,57±0,48	2,16±0,45
85	0,963±0,003	0,968±0,002	68,85±0,39	68,49±0,36	2,55±0,51	2,19±0,47
86	0,964±0,003	0,969±0,002	71,78±0,40	71,41±0,38	2,58±0,53	2,21±0,49
87	0,966±0,003	0,971±0,002	74,95±0,42	74,56±0,39	2,55±0,56	2,16±0,52
88	0,967±0,003	0,972±0,002	78,49±0,43	78,09±0,40	2,59±0,59	2,19±0,54
89	0,968±0,002	0,973±0,001	82,64±0,45	82,22±0,42	2,64±0,62	2,22±0,57
90	0,970±0,002	0,974±0,001	86,61±0,47	86,09±0,44	2,61±0,65	2,09±0,60
91	0,971±0,002	0,975±0,001	90,73±0,49	90,36±0,46	2,63±0,67	2,26±0,63
92	0,972±0,002	0,976±0,001	94,46±0,51	94,09±0,48	2,66±0,69	2,29±0,66

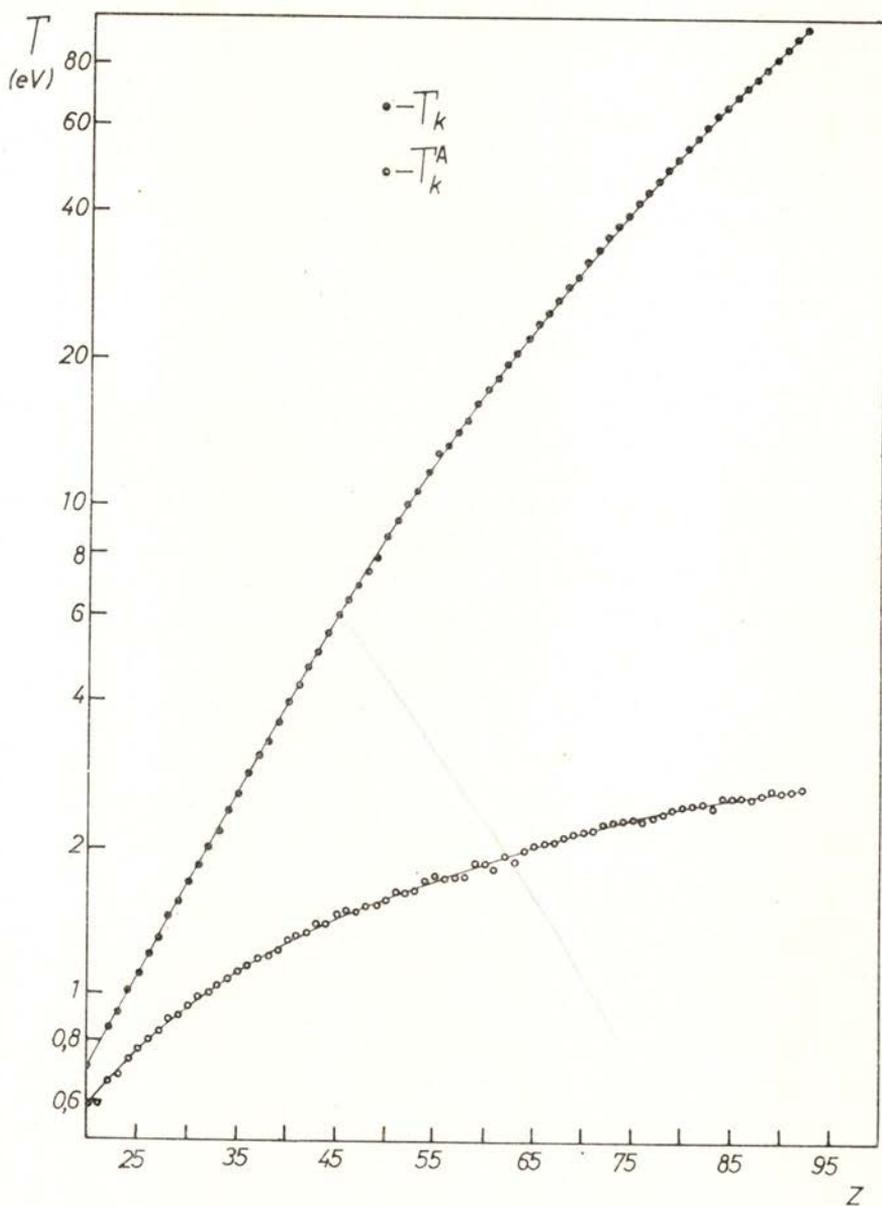


Fig. 1

Variation de T_K et T_K^A , avec le numéro atomique.

nous assure que les valeurs de ω_K obtenues de l'expression (1) et les calculs de SCOFIELD, en ce qui concerne Γ_K^R ont une précision satisfaisante.

3—LARGEURS DES COUCHES ÉLECTRONIQUES L_{II} ET L_{III} , POUR DES ÉLÉMENTS DE NUMÉRO ATOMIQUE Z , ENTRE 20 ET 92; RENDEMENTS DE FLUORESCENCE ω_2 ET ω_3 , DANS LA RÉGION $37 < Z < 50$

Les raies $K\alpha_1$ et $K\alpha_2$ sont originées dans des transitions électroniques $K \rightarrow L_{III}$ et $K \rightarrow L_{II}$ et, par conséquent, sont valables les relations suivantes entre les largeurs de ces raies et les correspondantes couches électroniques,

$$\Gamma_{K\alpha_1} = \Gamma_K + \Gamma_{L_{III}} \quad (4)$$

et

$$\Gamma_{K\alpha_2} = \Gamma_K + \Gamma_{L_{II}} \quad (5)$$

Dans la région $20 < Z < 50$ nous avons calculé $\Gamma_{L_{III}}$ et $\Gamma_{L_{II}}$, par substitution dans les relations (4) et (5) des largeurs des raies $K\alpha_1$ et $K\alpha_2$, déterminées par PARRATT (2) et GOKHALE (3) et des valeurs Γ_K , présentées dans le tableau I.

Pour les éléments de numéro atomique $Z > 71$, il nous a semblé préférable calculer les valeurs de $\Gamma_{L_{II}}$ et $\Gamma_{L_{III}}$ par les expressions :

$$\omega_2 = \frac{\Gamma_{L_{II}}^R}{\Gamma_{L_{II}}} \quad (6)$$

et

$$\omega_3 = \frac{\Gamma_{L_{III}}^R}{\Gamma_{L_{III}}} \quad (7)$$

En effect, BHALA a montré que, pour les éléments de $Z > 50$, les valeurs de ω_2 et ω_3 , obtenues d'après les mesures de NELSON

et al. sur les largeurs des raies $K\alpha_1$ et $K\alpha_2$, ne sont pas d'accord avec les résultats de PRICE et al.

Nous avons pris les résultats de PRICE et al., en ce qui concerne les rendements ω_2 et ω_3 , et les valeurs de SCOFIELD pour Γ_{LII}^R et Γ_{LIII}^R . Dans la région de nombres atomiques $51 \leq Z \leq 70$, il n'y a pas de résultats expérimentaux qu'on puisse utiliser dans le calcul de Γ_{LII} et Γ_{LIII} . Dans les tableaux II et III nous présentons, respectivement, les largeurs des niveaux atomiques Γ_{LIII} , Γ_{LII} et Γ_{LIII}^A , ainsi calculées, pour $20 \leq Z \leq 92$ et les rendements de fluorescence ω_3 , ω_2 pour $37 \leq Z \leq 50$.

La largeur du niveau atomique K a été déterminée pour le samarium ($Z=62$) par GEIGER et al. (11); KAYE (12) a aussi mesuré, avec une précision de 20%, les largeurs des niveaux atomiques K, LII et LIII de l'ytérium ($Z=70$). Les valeurs obtenues par ces auteurs sont les suivantes:

	K	LII	LIII
Z = 62	17 ± 3 eV	—	—
Z = 70	32 eV	4 eV	5 eV

Il y a accord satisfaisant entre ces résultats et ceux présentés dans les tableaux I et II.

TABLEAU II

Z	$\Gamma_{L_{III}}$ (eV)	$\Gamma_{L_{II}}$ (eV)	$\Gamma_{L_{III}}^A$ (eV)
20	1,05±0,10	0,98±0,09	
21	1,15±0,09	1,34±0,11	
22	1,15±0,11	1,48±0,12	
23	1,35±0,12	1,76±0,14	
24	1,54±0,13	2,04±0,16	
25	1,98±0,16	2,32±0,18	
26	2,17±0,18	2,50±0,19	
37	1,30±0,11	1,70±0,20	1,27±0,23
38	1,53±0,12	1,49±0,21	1,50±0,24
39	1,50±0,13	1,56±0,22	1,46±0,25
40	1,51±0,14	1,95±0,25	1,47±0,29
41	1,67±0,14	1,72±0,25	1,62±0,29
42	1,76±0,16	2,00±0,28	1,70±0,32
43	1,82±0,16	1,86±0,29	1,75±0,33
44	1,65±0,17	1,82±0,31	1,57±0,35
45	1,84±0,19	1,89±0,33	1,75±0,38
46	2,02±0,20	1,97±0,35	1,91±0,40
47	2,20±0,21	2,49±0,39	2,08±0,44
48	2,65±0,23	2,70±0,42	2,52±0,48
49	2,60±0,24	2,93±0,44	2,45±0,50
50	2,50±0,25	3,62±0,50	2,33±0,56
71	4,00±0,56	4,40±0,89	2,99±0,56
72	4,68±0,51	4,08±0,62	3,61±0,51
73	4,58±0,45	4,83±0,80	3,42±0,45
74	4,57±0,62	4,74±0,84	3,33±0,62
75	4,56±0,69	4,84±1,00	3,26±0,69
76	4,79±0,50	4,91±0,81	3,40±0,50
77	5,70±0,78	5,43±0,99	4,20±0,78
78	5,08±0,46	5,38±0,84	3,47±0,46
79	5,42±0,43	5,54±0,81	3,70±0,43
80	4,98±0,68	5,15±0,99	3,15±0,68
81	5,03±0,69	5,58±1,10	3,09±0,69
82	5,82±0,46	6,72±1,08	3,76±0,46
83	6,10±0,49	6,68±1,02	3,89±0,49
90	6,25±0,51	8,12±1,37	3,02±0,51
92	7,18±0,58	7,87±1,17	3,59±0,58

Les figures 2 et 3 montrent la variation de ω_2 et ω_3 , respectivement, avec le nombre atomique; dans la région de $Z \geq 71$, on a marqué les valeurs de ω_2 et ω_3 , obtenues par PRICE *et al.*

TABLEAU III

Z	ω_3	ω_2
37	0,0222 \pm 0,0021	0,0172 \pm 0,0021
38	0,0220 \pm 0,0019	0,0231 \pm 0,0034
39	0,0262 \pm 0,0023	0,0262 \pm 0,0038
40	0,0302 \pm 0,0029	0,0242 \pm 0,0032
41	0,0320 \pm 0,0028	0,0317 \pm 0,0047
42	0,0350 \pm 0,0033	0,0320 \pm 0,0046
43	0,0384 \pm 0,0034	0,0395 \pm 0,0062
44	0,0479 \pm 0,0050	0,0466 \pm 0,0080
45	0,0492 \pm 0,0052	0,0513 \pm 0,0090
46	0,0518 \pm 0,0052	0,0560 \pm 0,0100
47	0,0543 \pm 0,0053	0,0503 \pm 0,0079
48	0,0506 \pm 0,0044	0,0528 \pm 0,0082
49	0,0580 \pm 0,0054	0,0545 \pm 0,0082
50	0,0677 \pm 0,0068	0,0493 \pm 0,0068

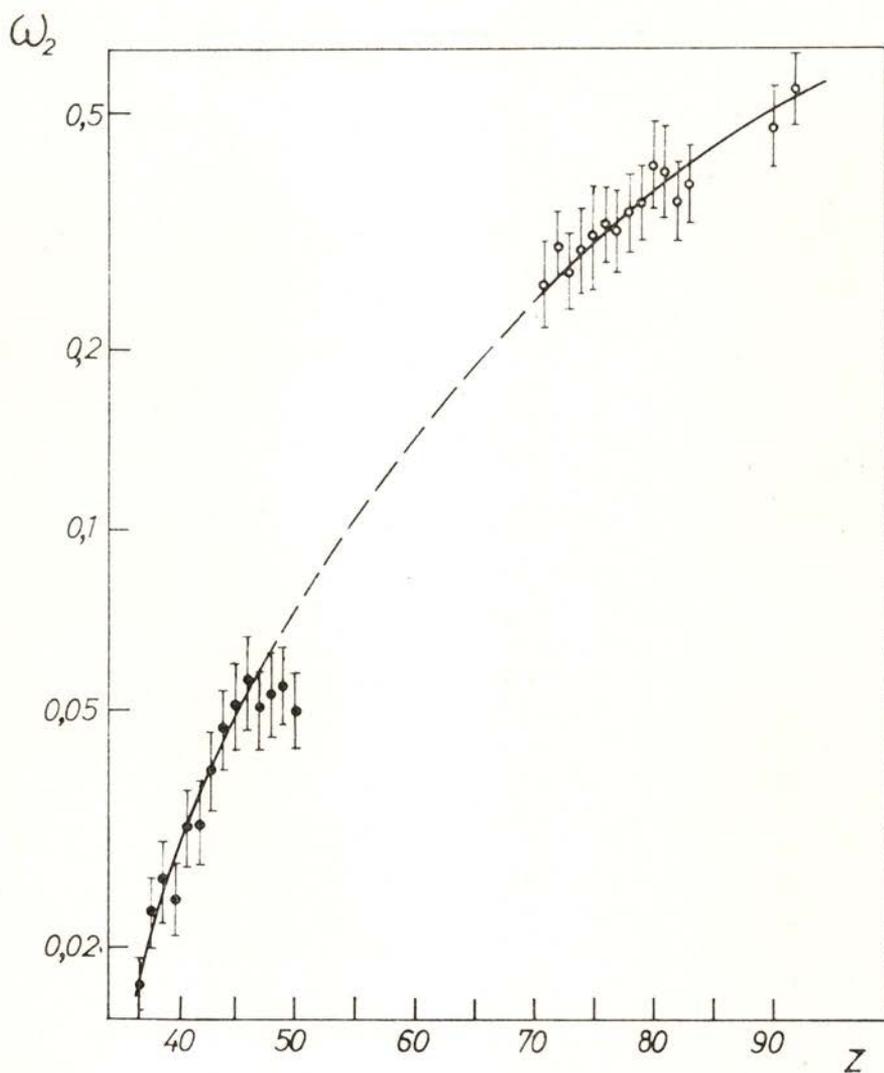


Fig. 2

Variation de ω_2 avec le nombre atomique.

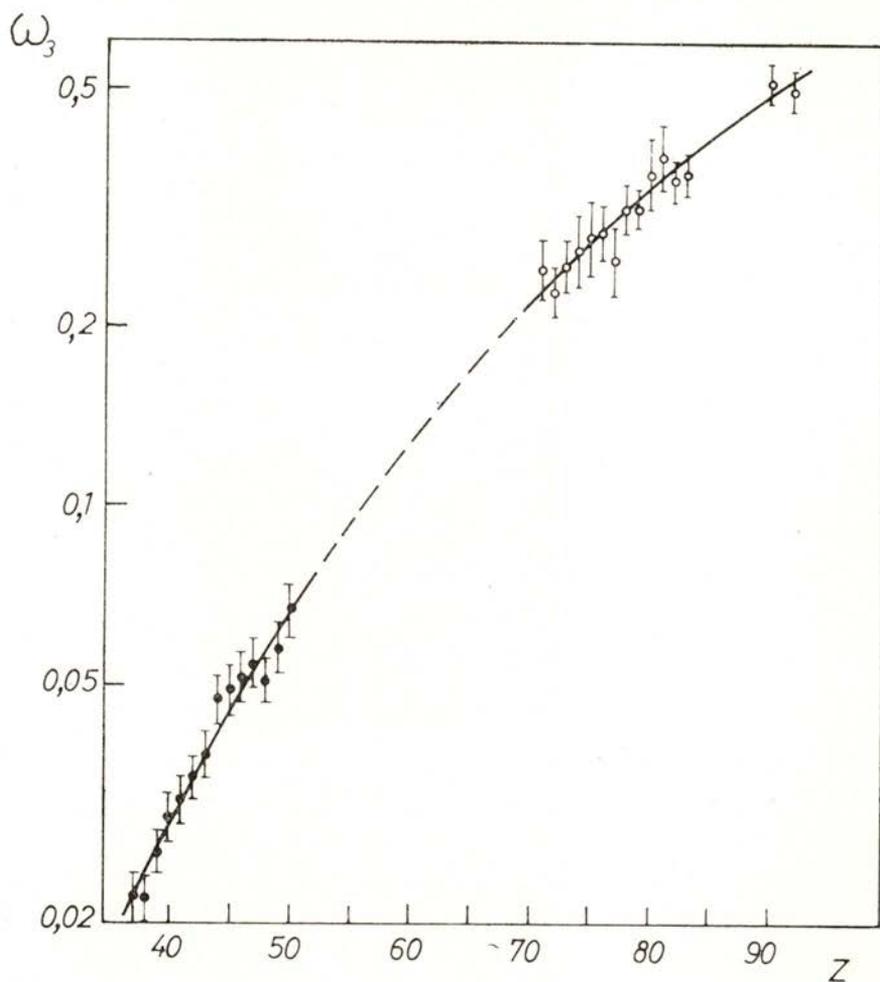


Fig. 3

Variation de ω_3 avec le nombre atomique.

Les expressions (4) et (5) nous ont permis de calculer les largeurs des raies K_{α_1} et K_{α_2} , dans la région $71 \leq Z \leq 92$, qu'on présente dans le tableau IV

TABLEAU IV

Z	$\Gamma_{K_{\alpha_1}}$ (eV)	$\Gamma_{K_{\alpha_2}}$ (eV)
71	37,58±0,60	37,98±0,92
72	40,42±0,57	39,83±0,67
73	42,14±0,52	42,39±0,84
74	44,25±0,67	44,42±0,88
75	46,57±0,74	46,85±1,03
76	48,78±0,57	48,90±0,85
77	51,90±0,83	51,64±1,03
78	54,06±0,54	54,35±0,88
79	56,93±0,52	57,05±0,86
80	59,10±0,75	59,26±1,04
81	61,88±0,76	62,43±1,15
82	65,58±0,58	66,48±1,13
83	68,74±0,61	69,32±1,08
90	92,86±0,69	94,73±1,45
92	101,64±0,77	102,33±1,28

Dans la fig. 4 on fait la comparaison entre nos résultats et ceux de NELSON et al.

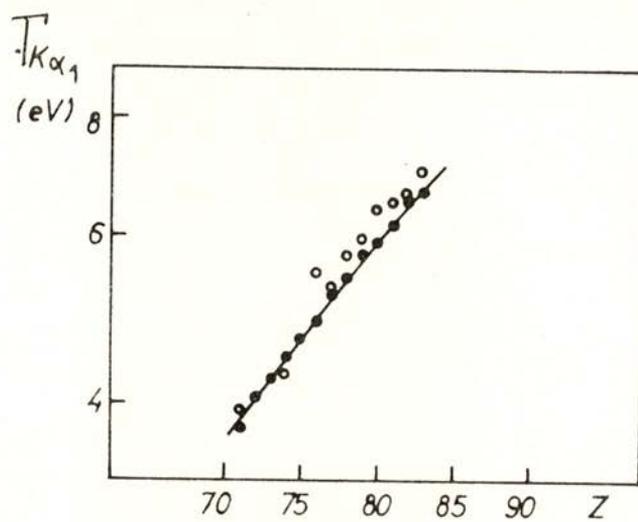


Fig. 4a

Variation de $\Gamma_{K\alpha_1}$ avec le nombre atomique
 • — nos résultats; ○ — déterminations de Nelson.

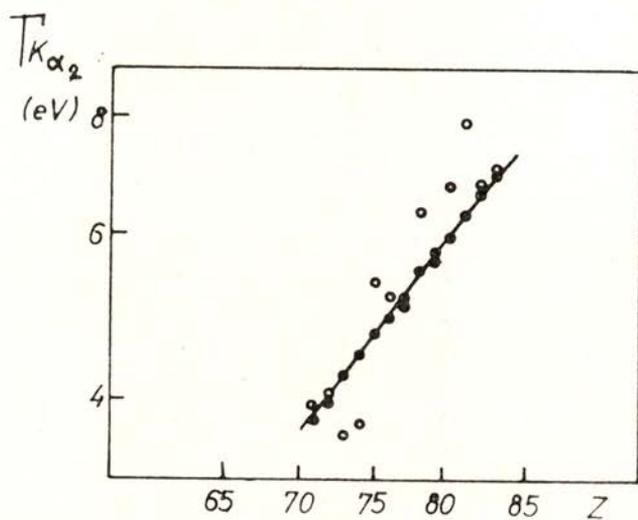


Fig. 4b

Variation de $\Gamma_{K\alpha_2}$ avec le nombre atomique
 • — nos résultats; ○ — déterminations de Nelson.

4 — LARGEURS DES COUCHES M_{IV} , M_V , N_{IV} et N_V

Les largeurs des couches M_{IV} , M_V , N_{IV} et N_V ont été calculées d'après les valeurs de $\Gamma_{L_{II}}$ et $\Gamma_{L_{III}}$, que nous avons obtenues, et des déterminations expérimentales de WILLIAMS, BRILL et COOPER, en ce qui concerne les largeurs des raies L_{α_1} , L_{β_1} , L_{β_2} et L_{γ_1} . Ces rayonnements sont originés dans les transitions électroniques suivantes :

$$L_{III} \rightarrow M_V (L_{\alpha_1}), \quad L_{II} \rightarrow M_{IV} (L_{\beta_1}), \quad L_{III} \rightarrow N_V (L_{\beta_2})$$

et

$$L_{II} \rightarrow N_{IV} (L_{\gamma_1}).$$

On peut alors écrire les relations :

$$\begin{aligned} \Gamma_{L_{\alpha_1}} &= \Gamma_{L_{III}} + \Gamma_{M_V} \\ \Gamma_{L_{\beta_1}} &= \Gamma_{L_{II}} + \Gamma_{M_{IV}} \\ \Gamma_{L_{\beta_2}} &= \Gamma_{L_{III}} + \Gamma_{N_V} \\ \Gamma_{L_{\gamma_1}} &= \Gamma_{L_{II}} + \Gamma_{N_{IV}} \end{aligned} \tag{8}$$

entre les largeurs de ces raies et des niveaux atomiques, qui interviennent dans les transitions électroniques.

Dans le tableau V nousregistrons les résultats obtenus des équations (8) pour les largeurs $\Gamma_{M_{IV}}$, Γ_{M_V} , $\Gamma_{N_{IV}}$ et Γ_{N_V} .

TABLEAU V

Z	$\Gamma_{M_{IV}}$ (eV)	Γ_{M_V} (eV)	$\Gamma_{N_{IV}}$ (eV)	Γ_{N_V} (eV)
71	2,3±0,91	—	—	6,1±0,6
73	1,8±0,81	—	4,7±0,8	5,2±0,5
74	a) 1,8±1,85	—	4,6±1,0	5,2±0,7
	b) 2,4±0,86	2,6±0,6	5,7±1,0	5,5±0,8
	c) (2,4±0,86)	—	—	—
75	1,7±1,01	—	4,7±1,0	5,2±0,7
76	1,7±0,83	—	4,5±0,8	5,1±0,6
77	a) 1,4±1,00	—	4,2±1,0	4,0±0,8
	b) 2,2±1,01	2,4±0,8	6,2±1,1	5,6±1,0
78	a) 1,8±0,9	—	4,7±0,9	5,0±0,6
	b) 2,5±0,9	3,3±0,5	5,9±1,0	6,5±0,5
79	a) 1,9±0,8	—	4,6±0,9	4,7±0,6
	b) 2,8±0,8	3,2±0,5	5,9±1,0	6,0±0,7
81	a) 2,1±1,1	—	4,4±1,1	5,2±0,8
	b) 3,3±1,1	4,4±0,7	6,6±1,2	7,2±0,9
82	—	—	—	—
	—	3,7±0,5	5,6±1,2	—
83	a) —	—	—	—
	b) 2,9±1,1	3,7±0,5	5,8±1,2	6,0±0,8
90	c) (4,8)	—	—	—
92	a) —	—	—	—
	b) 6,4±1,2	5,9±0,6	8,0±1,4	8,9±1,0

a) COOPER [7]; b) WILLIAMS [5]; c) BRILL [6]

C'est la première fois, à notre connaissance, qu'on présente des valeurs concernant les largeurs des couches atomiques M_{IV} , M_V , N_{IV} et N_V , bien que la précision des calculs ne soit pas très grande; il est donc désirable la réalisation d'autres travaux sur ce même sujet.

BIBLIOGRAPHIE

- (1) J. H. SCOFIELD, *Phys. Rev.*, **179**, 9, 1969.
- (2) L. G. PARRATT, *Phys. Rev.*, **44**, 695, 1933.
- (3) B. G. GOKHALE, *Ann. Phys.* **7**, 852, 1952.
- (4) G. C. NELSON, W. JOHN et B. G. SAUNDERS, *Phys. Rev.*, **187**, 1, 1969 ;
Phys. Rev. A, **2**, 542, 1970.
- (5) J. H. WILLIAMS, *Phys. Rev.*, **45**, 71, 1934.
- (6) A. BRILL, *Physica*, **13**, 481, 1947.
- (7) J. N. COOPER, *Phys. Rev.*, **61**, 234, 1942.
- (8) C. P. BHALLA, *Phys. Rev. A*, **2**, 2575, 1970.
- (9) R. E. PRICE, H. MARK et C. D. SWIFT, *Phys. Rev.*, **176**, 3, 1968.
- (10) J. BYRNE et N. HOWART, *J. Phys. B: Atom. Molec. Phys.*, **3**, 280, 1970.
- (11) J. S. GEIGER, R. L. GRAHAM et J. S. MERRIT, *Nuc. Phys.*, **48**, 97, 1963.
- (12) G. KAYE, *Nuc. Phys.*, **68**, 529, 1965.