

NOUVELLES RAIES GAMMA OBSERVÉES DANS UNE SOURCE DE RADIUM-226 AVEC UN DÉTECTEUR Ge (Li)

par RAOELINA ANDRIAMBOLOLONA, Professeur titulaire,
RANDRIANARIVONY Edmond, collaborateur technique

Laboratoire de Physique Nucléaire et Appliquée
Faculté des Sciences
Université de Madagascar, BP 4279
Antananarivo, Madagascar

RÉSUMÉ

L'étude du spectre énergétique d'une source de Rn-226 à l'aide d'un détecteur Ge(Li) a montré l'existence de 25 nouvelles raies (252,3 keV ; 527,4 keV ; 560,6 keV ; 586,9 keV ; 707,6 keV ; 850,9 keV ; 867,0 keV ; 881,1 keV ; 889,5 keV ; 896,3 keV ; 948,7 keV ; 998,1 keV ; 1076,2 keV ; 1086,5 keV ; 1095,9 keV ; 1182,4 keV ; 1218,4 keV ; 1253 keV ; 1271,4 keV ; 1336,4 keV ; 1361,3 keV ; 1425,8 keV ; 1606,9 keV ; 1692,5 keV ; 2409,4 keV. Après avoir discuté l'origine de ces raies, il est proposé que d'autres mesures indépendantes soient faites pour confirmer ou infirmer l'existence de ces nouvelles raies.

ABSTRACT

The determination of Ra-226 source energy spectrum by means of a Ge (Li) detector has shown the existence of 25 new rays (252,3 keV ; 527,4 keV ; 560.6 keV ; 586.9 keV ; 707.6 keV ; 850.9 keV ; 867.0 keV ; 881.1 keV ; 889.5 keV ; 896.3 keV ; 948.7 keV ; 998.1 keV ; 1076.2 keV ; 1086.5 keV ; 1095.9 keV ; 1182.4 keV ; 1218.4 keV ; 1253.1 keV ; 1271.4 keV ; 1336.4 keV ; 1361.3 keV ; 1425.8 keV ; 1606.9 keV ; 1692.5 keV ; 2409.4 keV. The origin of these rays is discussed about and other independent experiments are suggested in order to confirm or not their existence.

1. INTRODUCTION

Le radium Ra-226 et ses descendants jouent un rôle important dans les analyses qualitatives et quantitatives des roches uranifères en spectrométrie gamma. En effet, les spectres énergétiques du Ra-226, du radon Rn-222, du Th-230, ainsi que ceux des descendants du Rn-226 sont presque entièrement ceux de 2 nucléides, le Pb-214 et le Bi-214, dans la région allant de 240 keV à 2 440 keV. Aussi, est-il intéressant de connaître avec le maximum de précision et d'information le spectre du Ra-226 et de ses descendants.

De même, comme nous ne disposons pas suffisamment de sources radioactives au Laboratoire de Physique nucléaire et appliquée pour les différentes utilisations (calibration, mesure d'efficacité, ...) il est utile de bien connaître les nombreuses raies d'une source de Rn-226 disponible au LPNPA. C'est ainsi que nous avons été amenés à nous intéresser au spectre énergétique d'une source de Rn-226, de $9\mu\text{Ci}$, scellée dans un verre que nous possédons. Nous avons fait trois mesures de 300 000 s chacune avec le même échantillon pour bien être certains que les raies ne proviennent pas d'un phénomène parasite quelconque (instabilité du courant d'alimentation, dérive des appareillages électroniques, contamination possible lors des manipulations, ...).

Nous avons déterminé en tout 188 raies. Certaines des raies observées ne figurent que dans la «Table des Isotopes, 7^e édition, 1979, de C.-M. LEDERER, V.-S. SHIRLEY (4) et ne figurent pas par exemple dans les références (1)-1967; (2)-1975; ou (3)-1975. Mais en plus, nous avons observé 25 nouvelles raies non signalées nulle part et dont l'identification ne nous paraît pas évidente. Nous avons refait l'expérience avec un échantillon de sulfate de radium enfermé dans un flacon de verre, et nous avons pu les observer à nouveau. Les résultats sont donnés sur le tableau IV. Nous avons alors cherché les radioisotopes dont les énergies gamma se rapprochent aux énergies de ces nouvelles raies. Le résultat est donné sur le tableau V. Ces radioisotopes peuvent soit être contenus dans l'air, ou dans le verre soit provenir d'une excitation des éléments environnant la source de Rn-226. Le matériel, dont nous disposons au LPNPA, ne permet pas de préciser l'origine de cette trentaine de raies.

2. CONDITIONS EXPERIMENTALES. RESULTATS. CONCLUSION

Les raies observées sont résumées dans le tableau I. Le Ra-226 et ses descendants, en des proportions négligeables, sont des

éléments de $T_{1/2} = 1580$ ans, qui se désintègrent par émission α de particules α de 4,78 MeV. Ils sont donc présents dans l'air et dans le verre.

Le radon Rn-222, de $T_{1/2} = 3,8$ jours, se désintègre par émission α de particules α de 5,49 MeV. Il est présent dans l'air et dans le verre. Les descendants du Rn-222, qui sont des éléments de $T_{1/2}$ allant de 3,8 jours à 138 jours, se désintègrent par émission α de particules α de 4,78 MeV. Ils sont donc présents dans l'air et dans le verre.

Le temps d'enregistrement de chaque mesure est de 300 000 s. La région explorée est la région gamma correspondant à la bonne sensibilité du détecteur Ge(Li) (vers 100 keV jusqu'à 3 200 keV).

La calibration de la chaîne est faite à l'aide des sources suivantes: Am-241 (59,54 keV); Cd-109 (88,0 keV); Na-22 (511 keV); Cs-137 (661,594 keV); Mn-54 (834,84 keV); Zn-65 (1116 keV); Co-60 (1173,226 keV et 1332,483 keV). Les courbes d'étalonnage sont des droites comme nous nous y attendons. Les coefficients de régression linéaires sont voisins de la valeur 0,999 999 9.

Les bruits de fond ont été soustraits.

Pour les premières mesures, nous avons utilisé un analyseur multicanal MCA Canberra, modèle 8 100 E. Tous les calculs (calibration, erreurs statistiques, aire nette) ont dû être faits à la main. Par la suite, nous avons pu disposer d'un analyseur multicanal plus perfectionné, MCA Canberra, modèle 8 180 E, qui a permis le traitement mécanique, donc plus rapide, des données. Toutefois, le dépouillement des pics a été fait à la main par visualisation sur l'écran CRT par mesure de précaution.

Pour être certains que les pics existent, nous avons fait trois mesures dont les résultats sont resumés sur le tableau II. Nous les comparons avec les données des références (1), 1967; (2) 1975; (3) 1975; (4) 1979. La neuvième colonne donne les raies des radioisotopes de la famille de l'uranium U-238, raies dont la plupart sont celles des descendants Pb-214 et Bi-214 du Ra-226. Nous donnons aussi les aires nettes et les erreurs statistiques, ainsi que les intensités relatives au pic 295 keV du Pb-214 (sans correction du coefficient d'efficacité du détecteur). Nous avons pris le pic 295 keV du Pb-214 plutôt que le pic 609 keV qui est double (609,3121 keV du Bi-214, et 610,5 keV du Ra-226). D'ailleurs les deux résultats sont à peu près identiques car l'intensité relative du pic 609 keV par rapport au pic 295 keV est très voisine de l'unité (1,03).

Le tableau III donne les moyennes des résultats avec les remarques. Il y a des raies que nous n'avons pas pu observer pour différentes raisons (raies noyées dans la bosse Compton, raies d'intensités trop faibles, raies dont la séparation exige un matériel plus perfectionné et d'autres techniques, ...). Il fait aussi apparaître vingt-cinq nouvelles raies qui ne sont signalées par aucune référence à notre disposition. Nous avons été alors amené à refaire une autre mesure avec une autre source radioactive, du sulfate de radium, et à chercher si ces raies y sont présentes. Les résultats sont donnés sur le tableau IV en comparaison avec les premières mesures.

Nous retrouvons les 24 raies 752,9 keV; 527,4 keV; 560,7 keV; 536,9 keV; 295 keV; 350,9 keV; 367,0 keV; 381,1 keV; 396,3 keV; 948,7 keV; 998,1 keV; 1076,2 keV; 1086,6 keV; 1096,9 keV; 1180,4 keV; 1213,4 keV; 1253,1 keV; 1271,4 keV; 1306,4 keV; 1361,3 keV; 1425,9 keV; 1500,9 keV; 1660,0 keV; 2409,4 keV.

sur les tableaux II et III. Les coefficients de régression linéaire sont voisins de 0,999 999 9.

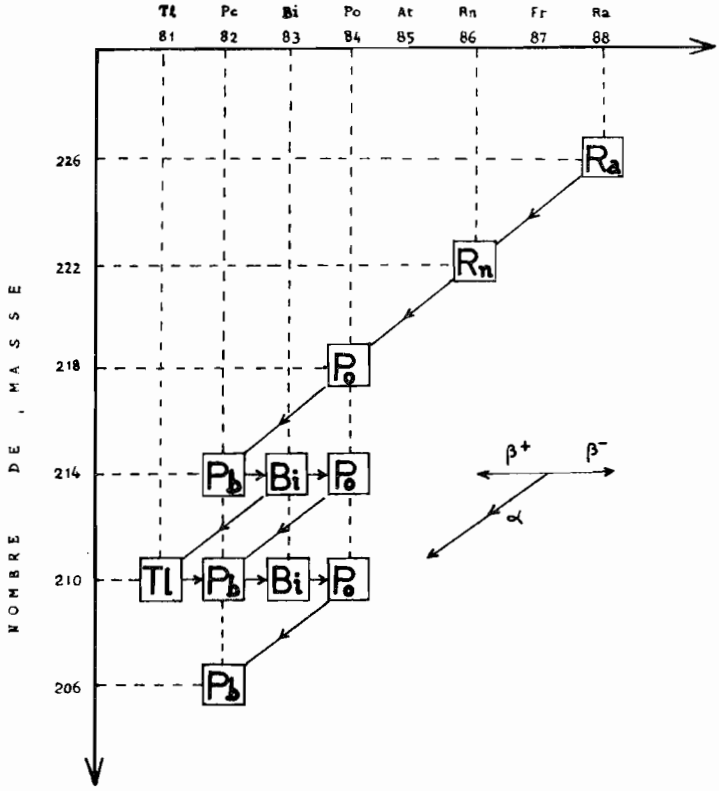
La prochaine étape du travail est de chercher l'origine de ces raies et les radioisotopes correspondants.

REMERCIEMENTS

Le présent travail a pu être accompli grâce à la dotation par l'Agence Internationale de l'Energie Atomique (AIEA — PNUD) d'une simple chaîne Ge(Li) de détection de spectra gamma au Laboratoire de Physique nucléaire et de Physique Appliquée (LPNPA). Nous voudrions aussi remercier les deux techniciens MM. RAZAKABOAY B. et RANO HARISON M. pour la maintenance des appareils.

TABLEAU I

Le Ra-226 et ses descendants



Ra-226: 599 y

Rn-222: 3,8235 d

Po-218: 3,05 mh

Pb-214: 26,8 m

Bi-214: 19,0 m

Po-214: 16EN7 μs

Tl-210 G 1,30 m

Pb-210: 22,26 y

Bi-210: 5,013 d

Po-210: 138,3763 d

Pb-206: stable

TABEAU II

Résultats des mesures. — Comparaison

Energie (keV)	Intensité relative	Erreur p. 100	Aire nette	Radio-isotopes de la famille de l'U-238	Références				Intensité relative à 295 keV	
					[1] LEDNER et al (1957)	[2] SIMON et al (1975)	[3] HEATH 1975			[4] LEDNER et al (1979)
							Moyenne	Ecart-type		
43,0	45,9	8,72	1.013.324	Pb-210	46,503		46,503		$1,54 \cdot 10^{-2}$	
50,0	52,7	4,12	1.459.692	Pb-214	53,226		53,226		$2,20 \cdot 10^{-2}$	
60,0	68,2	13,17	1.020.750	Th-230	67,73		67,73		$1,53 \cdot 10^{-2}$	
70,0	74,2	0,91	7.128.144	Bi-214 Pb-214					$1,52 \cdot 10^{-1}$	
80,0	76,8	0,05	21.559.350	KX Bi-214					$3,32 \cdot 10^{-1}$	
83,8	84,5	0,25	2.974.800	Th-231 Th-231	82,11 84,21	0,3	83,8		$4,14 \cdot 10^{-2}$	
86,5	87,1	2,14	11.348.188	Bi-214 Pb-214					$1,76 \cdot 10^{-1}$	
89,7	89,7	10,19	2.570.650	Bi-214 Pb-214					$4,15 \cdot 10^{-2}$	

Energie mesure	Ecart type mesure	Références				Radio- isotopes de la famille de l'U-238	Aire nette	Erreur p. 100	Intensité relative à 295 keV	
		[1] LEDERER et al (1867)	[2] HEATH et al (1975)	[3] HEATH 1975						[4] LEDERER et al (1979)
				Moyenne	Ecart- type					
221,0	91,0	93,33		94,64	0,20	Pb-214	257,800	22,14	4,06.10 ⁻³	
221,0	96,1	98,43		98,37	0,15	U(KX)	184,751	35,18	2,73.10 ⁻³	
221,0	114,6	114,5		114,35	0,25	U(KX)	269,613	4,91	4,32.10 ⁻³	
			137,30			Pb-214				
						Pb-214				
221,0	186,0	185,7	186,00	186,02	0,06	Ra-226	22.046,051	0,13	3,25.10 ⁻¹	
221,0	195,5	195,5	195,90	195,67	0,12	Pb-214	711,373	1,22	8,76.10 ⁻³	
						Pb-214				
						Pb-214				
221,0	252,9		241,92	241,91	0,03	Pb-214			5,73.10 ⁻⁴	

TABLEAU II

Résultats des mesures. — Comparaison

Nos mesures			Références				Radio-isotopes de la famille de l'U-238	Aire nette	Erreur p. 100	Intensité relative à 295 keV
Première mesure	Deuxième mesure	Troisième mesure	[1] LEDERER et al (1867)	[2] HÉMON et al (1975)	[3] HEATH 1975 Moyenne Ecart-type	[4] LEDERER et al (1979)				
258,8	258,2	258,9		258,80	258,79	0,06	258,82	0,66	3,66.10 ⁻³	
							260,5			
							262,275			
274,1	273,7	274,6	274,5	274,52	274,53	0,05	273,37	0,69	2,59.10 ⁻³	
							274,801			
281,0	279,8	280,6			280,94	0,12	280,941	3,03	3,54.10 ⁻³	
							286,96			
295,5	294,4	295,2	295,5	295,22	295,7	0,02	295,217	0,04	1,00	
							298,1			
304,9	304,0	303,9		304,70	304,43	0,12	304,43	5,65	2,83.10 ⁻³	
							305,13			
							305,45			
314,2	319,7	314,2		314,10	314,17	0,15	314,24	2,86	3,68.10 ⁻³	
323,6	322,8	323,6			323,62	0,10	324,35	6,85	1,14.10 ⁻³	

TABLEAU II

Résultats des mesures. — Comparaison

Nos mesures			Références				Radio-isotopes de la famille de l'U-238	Aire nette	Erreur p. 100	Intensité relative à 295 keV ^a
Première mesure	Deuxième mesure	Troisième mesure	(1) LEDERER et al (1867)	(2) HEMON et al (1975)	(3) HEATH 1975					
					Moyenne	Ecart-type				
333,9	332,2	333,1			333,61	0,12	Bi-214	296.329	2,37	4,19.10 ⁻³
							Bi-214			
					347,1	0,8	Bi-214			
351,8	352,1	352,0	352,0	352,00	351,900	0,028	Pb-214	79.769.520	0,04	1,51
							Bi-214			
	386,7	386,2			386,0		Bi-214			
388,5	388,9	388,7	389,0	388,90	388,0		Bi-214	1.541.879	0,49	2,26.10 ⁻³
395,3	395,8	395,4	395,97	395,97	396,01	0,12	Bi-214	1.759.656	0,36	2,57.10 ⁻³
							Bi-214	132.468	8,71	2,06.10 ⁻³
405,6	405,8	405,8	405,50	405,50	405,74	0,03	Bi-214	405.762	3,21	5,94.10 ⁻³
							Ra-226			
							Ra-226			

TABLEAU II

Résultats des mesures. — Comparaison

Nos mesures				Références				Radio-isotopes de la famille de l'U-238	Aire nette	Erreur p. 100	Intensité relative à 295 keV
Première mesure	Deuxième mesure	Troisième mesure	[1] LEDERER et al (1967)	[2] HEMON et al (1975)	[3] HEATH 1975 Moyenne	[3] HEATH 1975 Ecart-type	[4] LEDERER et al (1979)				
418,4	418,2	417,4	420				420,5	Ra-226	108,590	18,08	$1,59 \cdot 10^{-3}$
							426,55	Bi-214			
							440,46	Bi-214			
							449,371	Ra-226			
455,0	454,6	454,8	455,00		454,77	0,12	454,7712	Bi-214	883,490	1,27	$1,02 \cdot 10^{-2}$
461,9	461,8	462,0	462,00		461,80	0,10	462,12	Pb-214	424,454	1,90	$6,20 \cdot 10^{-3}$
469,7	469,6	469,6	470,00		469,69	0,12	469,69	Bi-214	267,844	3,31	$3,64 \cdot 10^{-3}$
							470,68	Pb-214			
474,6	474,1	474,2	474,60		474,38	0,10	474,3810	Bi-214	180,417	3,75	$2,45 \cdot 10^{-3}$
480,7	480,4	480,5	480,60		480,42	0,08	480,502	Pb-214	582,659	1,16	$8,90 \cdot 10^{-3}$
487,0	486,8	487,3	487,0		487,08	0,08	487,2520	Pb-214	776,081	0,97	$1,18 \cdot 10^{-2}$
491,8	493,0	493,0					494,610	Bi-214	25,251	28,32	$3,66 \cdot 10^{-4}$
501,2	500,8	499,9	500				502,26	Bi-214	16,487	42,40	$2,79 \cdot 10^{-4}$

Nos mesures			Références				Radio-isotopes de la famille de l'U-238	Aire nette	Erreur p. 100	Intensité relative à 295 keV
Première mesure	Deuxième mesure	Troisième mesure	[1] LEDERER et al (1967)	[2] HEMON et al (1975)	[3] HEATH 1975 Moyenne Ecart-type	[4] LEDERER et al (1979)				
510,5	508,5	509,4	510,0	510,00	511,5	0,4	510,2 511,04	0,53	3,26.10 ⁻²	
519,9	518,0	518,8					520,46	24,84	2,72.10 ⁻⁴	
524,2	523,1	524,0					525,06	25,11	2,67.10 ⁻⁴	
528,2	526,6	527,4						38,19	1,79.10 ⁻⁴	
533,6	532,6	533,5		533,85	533,69	0,08	533,80	2,37	3,52.10 ⁻²	
537,7	538,0	537,9		538,70	536,94	0,20	536,9420 538,74	4,93	2,09.10 ⁻²	
543,0	543,6	543,5		543,45	543,40	0,05	543,405 544,09	4,00	2,31.10 ⁻²	
546,8	546,5	546,4					547,13	8,64	1,43.10 ⁻²	
560,9	559,9	561,8						43,91	2,51.10 ⁻⁴	
572,8	572,3	572,2			572,83	0,15	572,8315	5,79	1,52.10 ⁻²	
580,6	579,7	579,9		580,25	580,15	0,04	580,302	1,17	7,82.10 ⁻²	

Nos mesures			Références				Radio-isotopes de la famille de l'U-238	Aire nette	Erreur p. 100	Intensité relative à 295 keV
Première mesure	Deuxième mesure	Troisième mesure	[1] LEDEKER et al (1967)	[2] HÉMON et al (1975)	[3] HEATH 1975 Moyenne	[4] LEDEKER et al (1979)				
588,2	584,8	587,8					11.324	47,00	$2,06.10^{-4}$	
595,0	595,4	596,2				596,08	18.673	29,15	$2,60.10^{-4}$	
609,5	609,3	609,1	609,3 610	609,45	609,318	609,3121 610,5	70.562.244	0,02	1,03	
615,5	614,9	615,6			615,78	615,786 617,13	557.893	1,98	$8,03.10^{-3}$	
632,6	632,4	632,9				626,46				
639,4	640,1	639,3			633,14	631,24 633,14	94.278	7,53	$1,34.10^{-3}$	
648,9	648,5	648,7			639,37	639,37	54.161	10,29	$7,42.10^{-4}$	
665,9	665,0	665,8	666,0	665,40	661,07	649,187 661,46	54.100	10,14	$7,72.10^{-4}$	
					665,453	665,45322	1.129.290	0,86	$2,60.10^{-3}$	

Nos mesures		Références				Radio-isotopes de la famille de l'U-238	Aire nette	Erreur p. 100	Intensité relative à 295 keV	
Première mesure	Centrale	Pointe	[1] LEDERER et al (1967)	[2] HEMON et al (1975)	[3] HEATH 1975 Moyenne					[4] LEDERER et al (1979)
683,0	683,2	682,2		683,22	683,22	0,06	683,226	110.014	6,10	1,49.10 ⁻³
697,4	697,9	697,3			697,90	0,25	697,9025	92.388	6,48	1,12.10 ⁻³
703,6	702,9	703,1	703,0	703,10	703,11	0,04	703,114	583.684	1,07	8,13.10 ⁻³
707,5	706,2	708,0						72.262	11,02	1,09.10 ⁻³
719,1	709,8	711,0		719,69	710,6	0,3	710,82	17.970	22,35	2,63.10 ⁻⁴
719,9	719,0	719,2	721	719,70	719,86	0,03	719,863	516.486	1,56	7,18.10 ⁻³
727,6	727,3	727,1			727,8	0,8	727,88			
733,3	733,7	731,0		733,92	733,65	0,10	733,651	42.692	13,72	6,27.10 ⁻⁴
741,8	741,6	741,6					741,510	440.089	1,64	6,3.10 ⁻³
752,1	752,8	752,2		752,70	752,84	0,03	752,843	135.569	4,30	2,04.10 ⁻³
							766,04			

Nos mesures			Références				Radio-isotopes de la famille de l'U-238	Aire nette	Erreur p. 100	Intensité relative à 295 keV
Première mesure	Deuxième mesure	Troisième mesure	[1] LEDERER et al (1867)	[2] HEMON et al (1975)	[3] HEATH 1975 Moyenne Ecart-type	[4] LEDERER et al (1979)				
768,1	767,9	763,2	768,7	768,10	768,361	0,018	768,356	0,16	8,70.10 ⁻⁴	
774,9	775,5	775,7	777					47,78	1,01.10 ⁻⁴	
785,3	785,1	786,1	786,0	785,90	785,910	0,020	785,952 786,1	0,76	1,84.10 ⁻³	
							792,1			
799,9	800,1	799,2	800		799,76	0,15	799,7 799,7615	13,41	7,06.10 ⁻⁴	
							804,3			
806,6	806,0	805,8	806,0	806,10	806,174	0,018	806,174	0,50	1,98.10 ⁻²	
815,4	814,0	814,8			815,08	0,15	815,0815	11,60	7,35.10 ⁻⁴	
821,7	820,3	821,5	821	821,00	821,18	0,03	821,183	3,81	1,57.10 ⁻³	
826,6	826,1	825,8	825		826,12	0,03	826,23	3,76	1,91.10 ⁻³	
832,3	831,4	831,9			832,35	0,20	832,352	23,95	3,01.10 ⁻⁴	
838,8	839,8	838,9	839,0	839,05	839,025	0,015	839,202	1,05	8,83.10 ⁻³	

Nos mesures			Références				Radio-isotopes de la famille de l'U-238	Aire nette	Erreur p. 100	Intensité relative à 295 keV
Première mesure	Deuxième mesure	Troisième mesure	[1] LEDERER et al (1867)	[2] HEMON et al (1975)	[3] HEATH 1975	[4] LEDERER et al (1979)				
					Moyenne	Ecart-type				
	845,6	845,6					Bi-214	40,619	15,91	$6,08 \cdot 10^{-4}$
851,1	850,9							7,746	58,77	$9,76 \cdot 10^{-5}$
868,5	867,1	865,4						5,941	72,13	$8,85 \cdot 10^{-5}$
874,2	873,0	873,3	874	874,01				21,125	28,14	$3,67 \cdot 10^{-4}$
880,2	884,3	878,3						7,917	40,17	$1,01 \cdot 10^{-4}$
889,5	889,8	889,5						6,263	75,32	$1,20 \cdot 10^{-4}$
896,3	897,3	896,4						13,561	40,17	$2,33 \cdot 10^{-4}$
904,2	904,4	904,5		904,25	904,25	0,25	Bi-214	91,683	6,63	$1,17 \cdot 10^{-3}$
							Bi-214			
934,5	933,9	933,8	934,5	934,10	934,052	0,020	Bi-214	3,090,173	0,37	$4,40 \cdot 10^{-3}$
943,1	942,4	943,4					Bi-214	44,538	16,17	$5,99 \cdot 10^{-4}$
948,2	949,2	948,7						12,100	39,26	$1,48 \cdot 10^{-4}$
964,0	964,8	964,8		964,05	964,08	0,03	Bi-214	344,025	2,42	$5,07 \cdot 10^{-3}$
975,8	975,2	974,9					Bi-214	12,238	42,54	$1,54 \cdot 10^{-4}$

Première mesure	Nos mesures		Références				Radio-isotopes de la famille de l'U-238	Aire nette	Erreur p. 100	Intensité relative à 295 keV	
	Centrifuge	Ecart-type	[1]	[2]	[3] HEATH 1975						[4]
			LEDERER et al (1867)	HEMON et al (1975)	Moyenne	Ecart-type					
989,2	988,7	988,4				989,26	Bi-214	48,10	$1,23 \cdot 10^{-4}$		
998,3	999,0	997,0						32,46	$2,41 \cdot 10^{-4}$		
1014,0	1013,8	1013,0				1013,410	Bi-214	55,64	$1,34 \cdot 10^{-4}$		
1032,5	1032,1	1032,3			1032,37	1032,378	Bi-214	8,42	$7,02 \cdot 10^{-4}$		
1045,5	1044,8	1044,3				1038,06	Bi-214				
1050,8	1051,6	1052,3		1051,90	1051,961	1045,46	Bi-214	27,74	$2,31 \cdot 10^{-4}$		
				1051,90		1051,963	Bi-214	2,46	$3,59 \cdot 10^{-3}$		
1070,2	1069,9	1069,5		1070,10	1069,96	1066,98	Bi-214				
1076,6	1076,4	1075,4				1069,968	Bi-214	2,90	$3,35 \cdot 10^{-3}$		
1087,0	1086,0	1085,9						45,43	$9,10 \cdot 10^{-3}$		
1095,5	1096,4	1095,9						41,76	$1,7 \cdot 10^{-4}$		
1104,2	1103,1	1105,4		1104,10	1104,08	1103,73	Bi-214	11,36	$5,28 \cdot 10^{-4}$		
						1104,81	Bi-214	4,60	$1,50 \cdot 10^{-4}$		

Nos mesures			Références				Radio-isotopes de la famille de l'U-238	Aire nette	Erreur p. 100	Intensité relative à 295 keV
Première mesure	Deuxième mesure	Troisième mesure	[1] LEDERER et al (1867)	[2] HEMON et al (1975)	Moyenne	Ecart-type				
1119,9	1121,0	1120,0	1120,5	1120,10	1120,276	0,022	1120,287	0,14	1,74.10 ⁻¹	
1133,6	1134,2	1133,4			1133,66	0,03	1130,8 1133,663	1,10	2,76.10 ⁻³	
1155,0	1155,2	1154,9	1155,0	1155,0	1155,19	0,02	1155,192	0,57	1,89.10 ⁻³	
1172,2	1172,4	1172,6			1173,05	0,10	1173,05	15,85	2,69.10 ⁻⁴	
1182,0	1182,5	1182,8						2,28	3,55.10 ⁻³	
1207,3	1207,0	1207,9	1207	1207,65	1207,68	0,03	1207,683	1,73	4,70.10 ⁻³	
1218,8	1218,7	1217,7						12,19	5,02.10 ⁻⁴	
							1226,86			
							1230,51			
1237,6	1237,4	1238,7	1238,0	1237,95	1238,109	0,028	1218,111	0,33	6,37.10 ⁻³	
1253,1	1252,6	1253,7						2,60	3,48.10 ⁻³	
1271,1	1271,3	1271,9						21,08	4,13.10 ⁻⁴	
1280,6	1280,8	1281,5	1281,0	1280,80	1280,96	0,02	1280,962	0,68	1,42.10 ⁻³	

Nos mesures			Références				Radio-isotopes de la famille de l'U-238	Aire nette	Erreur p. 100	Intensité relative à 295 keV
Première mesure	Deuxième mesure	Troisième mesure	[1] LEDEBER et al (1867)	[2] HEFON et al (1975)	[3] HEATH 1975 Moyenne Ecart-type	[4] LEDEBER et al (1979)				
1303,6	1302,9	1303,9			1303,76	0,08	1303,768	66,948	7,58	$9,19.10^{-4}$
1316,2	1316,8	1316,9			1316,96	0,15	1316,96	46,855	10,80	$5,73.10^{-4}$
1336,5	1335,6	1337,2					1330,06	23,805	19,46	$4,26.10^{-4}$
1340,1		1340,3					1341,53	9,027	41,68	$1,14.10^{-4}$
1360,6	1362,7	1360,8					1353,08	8,254	55,77	$1,09.10^{-4}$
1377,0	1377,0	1378,2	1377,5	1377,45	1377,651	0,030	1377,669	2,467,240	0,27	$3,52.10^{-3}$
1384,8	1386,0	1384,6		1385,15	1385,312	0,030	1385,313	349,729	1,30	$4,25.10^{-3}$
1402,2	1399,9	1400,3		1401,50	1401,505	0,035	1392,5	946,618	0,73	$1,29.10^{-2}$
1408,6	1407,8	1407,4	1407,5	1407,90	1407,978	0,035	1401,504	1.133,104	0,45	$1,49.10^{-2}$
				1414,24			1407,984			
							1415,8			
							1419,7			

Nos mesures			Références				Radio-isotopes de la famille de l'U-238	Aire nette	Erreur p. 100	Intensité relative à 295 keV
Première mesure	Douzième mesure	Troisième mesure	[1] LEDERER et al (1867)	[2] HEMON et al (1975)	[3] HEATH 1975					
					Moyenne	Ecart-type				
1425,7	1425,1	1426,6								$1,39 \cdot 10^{-3}$
1473,3	1473,7	1472,1			1479,22	0,12	1471,16	89,26	6,679	$5,97 \cdot 10^{-4}$
1479,3	1479,4	1478,9			1509,19	0,04	1479,221	12,04	50,116	$4,11 \cdot 10^{-4}$
1510,1	1508,8	1509,6	1509,0	1509,20	1538,50	0,06	1509,229	0,62	1.215,871	$1,83 \cdot 10^{-3}$
1539,0	1538,7	1539,4		1538,80	1541,32	0,06	1538,506	3,21	169,889	$2,88 \cdot 10^{-3}$
1542,6	1544,3	1543,3	1541	1543,30	1583,22	0,04	1543,326	10,11	53,564	$7,13 \cdot 10^{-4}$
1583,9	1582,6	1584,3	1583	1583,15	1594,73	0,08	1583,224	1,33	384,503	$5,39 \cdot 10^{-3}$
1594,1	1593,8	1595,2		1594,70	1599,31	0,06	1594,738	7,01	58,502	$9,63 \cdot 10^{-4}$
1599,9	1599,5	1598,9	1600	1599,45			1599,316	2,13	164,096	$2,44 \cdot 10^{-3}$
1606,3	1607,1	1607,3						15,26	22,018	$2,23 \cdot 10^{-4}$
1635,3	1634,8	1636,7						15,21	22,519	$3,483 \cdot 10^{-4}$
1661,7	1660,2	1662,4	1661	1661,30	1661,28	0,06	1636,64	0,88	593,568	$8,49 \cdot 10^{-3}$
1684,4	1683,0	1684,8		1684,00	1683,994	0,040	1657,46	3,64	92,292	$1,22 \cdot 10^{-3}$
							1661,286			
							1683,994			

Nos mesures			Références				Radio-isotopes de la famille de l'U-238 ⁶	Aire nette	Erreur p. 100	Intensité relative à 295 keV
Première mesure	Deuxième mesure	Troisième mesure	[1] LEDERER et al (1867)	[2] HÉMON et al (1975)	[3] HEATH 1975 Moyenn3	[4] LEDERER et al (1979)				
1692,4	1693,7	1691,6					141.517	2,36	1,49.10 ⁻³	
1730,0	1728,9	1730,8	1729,0	1729,50	1729,60	1729,602	Bi-214	0,34	2,19.10 ⁻³	
1764,6	1764,1	1763,9	1764,5	1764,45	1764,51	1764,502	Bi-214	0,11	1,20.10 ⁻¹	
1783,0	1782,0	1783,6		1783,31		1782,11	Bi-214	33,54	1,11.10 ⁻⁴	
1813,6	1813,2	1814,0				1813,74	Bi-214	57,08	6,74.10 ⁻³	
1839,1	1838,2	1839,6		1838,40	1838,36	1838,365	Bi-214	2,06	3,16.10 ⁻³	
1847,6	1848,4	1846,4	1847,0	1847,40	1847,44	1847,423	Bi-214	0,46	1,31.10 ⁻³	
1873,5	1873,8	1872,4		1873,10	1873,16	1873,166	Bi-214	3,85	1,32.10 ⁻³	
1890,8	1889,9	1890,1			1890,35	1890,351	Bi-214	8,78	4,91.10 ⁻⁴	
1896,9	1897,2	1895,9	1897	1896,75	1896,0	1896,33	Bi-214	3,90	1,22.10 ⁻³	
						1898,74	Bi-214			
1935,4	1936,8	1936,8				1935,84	Bi-214	4,73	1,18.10 ⁻³	
1992,3	1991,3	1991,8				1994,715	Bi-214	60,11	5,16.10 ⁻⁵	
						2004,51	Bi-214			

Nos mesures			Références				Radio-isotopes de la famille de l'U-238	Aire nette	Erreur p. 100	Intensité relative à 295 keV
Première mesure	Deuxième mesure	Troisième mesure	[1] LEDERER et al (1867)	[2] LEDERER éHEMON et al (1975)	[3] HEATH 1975 Moyenn3	Ecart-type				
2011,1	2010,2	2011,1			2010,71	0,15	2010,7115	13,916	15,22	$1,97 \cdot 10^{-4}$
2016,5	2016,4	2017,1		2016,94		*	2016,7	11,530	20,37	$1,58 \cdot 10^{-4}$
2052,4	2053,3	2051,0			2021,0	1,0	2021,83			
					2052,94	0,15	2052,94	27,704	9,12	$3,78 \cdot 10^{-4}$
2090,5	2088,6	2089,1	2090	2089,88	2089,51	0,15	2089,51	20,273	12,86	$2,55 \cdot 10^{-4}$
2109,9	2109,4	2111,1	2110	2110,00	2109,90	0,12	2109,9013	56,130	4,84	$8,16 \cdot 10^{-4}$
2119,0	2117,5	2119,3	2117,0	2118,50	2118,54	0,08	2118,553	497,088	0,65	$7,30 \cdot 10^{-3}$
2146,6	2145,9	2147,8			2147,8	0,4	2147,84	6,264	25,37	$8,72 \cdot 10^{-5}$
							2176,86			
2192,5	2190,8	2194,5			2192,8	0,4	2192,62	47,754	20,45	$7,76 \cdot 10^{-4}$
2204,6	2203,6	2204,0	2203,0	2204,25	2204,12	0,07	2204,21	2,005,461	0,21	$2,92 \cdot 10^{-3}$
2234,7	2233,9	2235,0	2234,00					1,464	72,50	$2,34 \cdot 10^{-5}$
							2251,24			

Nos mesures			Références				Radio-isotopes de la famille de l'U-238é	Aire nette	Erreur p. 100	Intensité relative à 295 keV
Première mesure	Deuxième mesure	Troisième mesure	[1] LEDERER et al (1867)	[2] HEMON et al (1975)	[3] HEATH 1975 Moyenn3	[4] LEDERER et al (1979)				
2259,1	2259,4	2258,7			2259,7	2259,74	Bi-214	14,05	1,44.10 ⁻⁴	
2265,6	2267,4	2264,9			2266,6	2266,63	Bi-214	40,97	3,79.10 ⁻⁵	
						2270	Bi-214			
						2284,47	Bi-214			
2293,7	2292,4	2292,9	2292,0	2293,45	2293,36	2293,36	Bi-214	1,39	1,60.10 ⁻⁵	
2310,8	2312,7	2310,7				2312,24	Bi-214	39,12	3,68.10 ⁻⁵	
						2324,810	Bi-214			
2331,7	2330,9	2329,7		2331,70	2331,0	2331,33	Bi-214	13,83	9,96.10 ⁻⁵	
						2360,96	Bi-214			
						2369,36	Bi-214			
2377,5	2375,8	2376,7			2376,7	2377,02	Bi-214	30,48	5,42.10 ⁻⁵	
2409,4	2409,0					2390,96	Bi-214	68,46	3,48.10 ⁻⁵	
								1,876		

Nos mesures			Références				Radio-isotopes de la famille de l'U-238é	Aire nette	Erreur p. 100	Intensité relative à 295 keV
Première mesure	Deuxième mesure	Troisième mesure	[1] LEDERER et al (1867)	[2] HEMON et al (1975)	[3] HEATH 1975 Moyenn3 Ecart-type	[4] LEDERER et al (1979)				
2421,9	2422,4	2421,7				2423,53	Bi-214	1.336	63,19	$1,99.10^{-5}$
2447,9	2446,8	2448,9		2448,00	2447,71	2447,81	Bi-214	547.263	0,33	$7,94.10^{-5}$
2504,8	2506,2	2505,9			2505,7	2482,84	Bi-214			
						2505,62	Bi-214	1.634	28,17	$2,81.10^{-5}$
						2551,01	Bi-214			
						2604,51	Bi-214			
						2630,95	Bi-214			
						2662,01	Bi-214			
2695,9	2694,8	2693,7		2696,10	2694,6	2694,82	Bi-214	9.364	6,23	$1,43.10^{-6}$
						2699,43	Bi-214			
						2719,43	Bi-214			

Nos mesures			Références				Radio-isotopes de la famille de l'U-238	Aire nette	Erreur p. 100	Intensité relative à 295 keV
Première mesure	Deuxième mesure	Troisième mesure	[1] LEDERER et al (1867)	[2] LEDERER ÉHEMON et al (1975)	[3] HEATH 1975 Moyenn3 Ecart-type	[4] LEDERER et al (1979)				
2768,8	2767,8	2767,8	2770,8		2772,20 0,3	2770,02	Bi-214	7,37	9,63.10 ⁻⁵	
2785,0	2787,2	2734,3			2786,1 0,5	2786,12	Bi-214	35,02	2,31.10 ⁻⁵	
2826,2	2825,5	2827,8			2827,0 1,0	2827,03	Bi-214	33,04	1,56.10 ⁻⁵	
2877,7	2876,2	2879,4			2880,1 0,4	2860,98 2880,43	Bi-214 Bi-214	19,77	3,28.10 ⁻⁵	
2891,1	2895,3	2892,7		2888,37	2893,3 0,5	2893,63	Bi-214	25,39	1,58.10 ⁻⁵	
2922,4	2919,6	2923,0			2921,7 0,4	2922,12	Bi-214	9,69	5,19.10 ⁻⁵	
						2928,78	Bi-214			
						2934,98	Bi-214			
						2940,01	Bi-214			

TABLEAU II

Résultats des mesures. — Comparaison (Suite et fin)

Nos mesures		Références				Radio-isotopes de la famille de l'U-238	Aire nette	Erreur p. 100	Intensité relative à 295 keV
Première mesure	Déclinaison	[1] LEDERER et al (1867)	[2] HEMON et al (1975)	[3] HEATH 1975 Moyenne	[4] LEDERER et al (1979)				
2976,8	2979,2	2975,5		2978,5	2978,82	Bi-214	4,204	9,32	5,89.10 ⁻⁶
3051,2	3053,2	3060,4	2990,00	2999,6	2988,710	Bi-214	2,098	16,39	3,57.10 ⁻⁶
3058,2	3060,5	3069,4	3070,00	3053,6	3053,92	Bi-214	5,654	6,32	8,02.10 ⁻⁶
3078,6	3080,3	3079,9		3081,6	3081,7	Bi-214	1,702	40,50	3,81.10 ⁻⁶
					3093,98	Bi-214		21,98	
					3136,31	Bi-214			
					3142,64	Bi-214			
					3160,57	Bi-214			
3180,2	3179,5	3186,8			3183,64	Bi-214	431	73,81	5,28.10 ⁻⁶
					3233,3	Bi-214			
					3269,7	Bi-214			

TABLEAU III

Moyennes des résultats. — Remarques

Nos mesures	Références				Ecart-type	Nombre de fois d'observations de la raie	Remarques
	[4] LEDERER et al 1979	[3] HEATH et al 1975	[2] HEMON et al 1975	[1] LEDERER et al 1967			
Moyenne							
45,9	46,503			46,502	46,511	0,008	2
52,9	53,226			53,23	53,228	0,002	2
67,7	67,73			67,8	67,76	0,05	2
74,2				74,96	74,96		1
76,7				77,10	77,10		1

TABLEAU III

Moyennes des résultats. — Remarques

Nos mesures		Références				Nombre de fois d'observations de la raie		Remarques	
Moyenne	Ecart-type	[4] LEDERER et al 1979	[3] HEATH et al 1975	[2] HEMON et al 1975	[1] LEDERER et al 1967	Moyenne	Ecart-type		
84,0	0,3	82,11 84,21	83,8		83,80	83,80	3	1	Raie donnée par une référence et confirmée par nous.
86,7	0,3				87,3	87,3	3	1	<i>Idem.</i>
89,1	0,4				89,49	89,49	3	1	<i>Idem.</i>
93,4	0,4		94,64		93,33	93,98	3	2	Raie donnée par deux références et confirmée par nous.
97,9	0,2		98,37		98,43	98,40	3	2	<i>Idem.</i>
114,0	0,9		114,35		114,5	114,42	3	2	<i>Idem.</i>
		137,453				137,453	0	1	Raie non détectée, noyée dans une bosse Compton.

No. mesure	Références				Ecart-type	Nombre de fois d'observations de la raie		Remarques
	[4] CHAMBER ET AL 1975	[3] HEATH ET AL 1975	[2] HEMON ET AL 1975	[1] LEDERER ET AL 1967		Moyenne	Dans nos mesures	
	141,36					141,36	0 1	Raie non détectée, noyée dans une bosse Compton
	205,6					205,6	0 1	<i>Idem.</i>
	238,4					238,4	0 1	<i>Idem.</i>
	241,924	241,91	241,92		0,007	241,918	0 3	<i>Idem.</i>
	260,5					260,5	2 0	Nouvelle raie.
	262,275					262,275	0 1	Raie masquée par la raie 258,82 keV.
	273,37					273,37	0 1	Raie masquée par la raie 258,82 keV.
							3 1	Raie donnée par une référence et confirmée par nous.

Nos mesures	Références						Nombre de fois d'observations de la raie		Remarques	
	Ecart-type	[4] LEDERER et al 1979	[3] HEATH et al 1975	[2] HEMON et al 1975	[1] LEDERER et al 1967	Moyenne	Ecart-type	Dans nos mesures		Dans les références
230,5	0,5	280,841	280,94			280,9405	0,0005	3	2	Raie donnée par deux références et confirmée par nos mesures.
		286,96				286,96		0	1	Raie masquée par la raie 280,941 keV.
		298,1				298,1		0	1	
		305,13 305,45				305,29	0,22	0	2	Raie masquée par la raie 304,52 keV.
323,3	0,4	324,35	323,62			323,62	0,36	3	2	Raie donnée par deux références et confirmée par nos mesures.
333,1	0,7	333,61	331,61			333,61	0	3	2	<i>Idem.</i>

Nos mesures		Références					Nombre de fois d'observations de la raie		Remarques		
		[1] LEIDERER et al 1979	[2] HEMON et al 1975	[3] HEATH et al 1975	[1] LEDERER et al 1967	Moyenne	Ecart-type	Dans nos mesures		Dans les références	
Moyenne	Ecart-type	334,95	338,56	347,18	364,26	376,66	386,53	414,605	0	1	Raie masquée par la raie 333,61 keV.
									0	1	
									0	1	
									0	1	
									0	1	
386,4	0,2	386,0					0,28		2	2	Raie donnée par deux références et confirmée par nos mesures.
									0	1	Raie se trouvant entre deux raies intenses.

Nos mesures		Références						Nombre de fois d'observations de la raie		Remarques	
		[1] LEDERER et al 1979	[2] HEMON et al 1975	[3] HEATH et al 1975	[4] HEMON et al 1975	[1] LEDERER et al 1967	Moyenne	Ecart-type	Dans nos mesures		Dans les références
Moyenne	Ecart-type										
418,0	0,4	420,25				420	420,25	0,25	3	2	Raie donnée par deux références et confirmée par nous.
		426,55					426,55		0	1	Raie masquée par la raie 420,5 keV.
		440,46					440,46		0	1	
		449,371					449,371		0	1	
492,6	0,5	494,610					494,610		3	1	Raie donnée par une référence et confirmée par nous.
500,6	0,5	501,13				500	501,13	1,26	3	2	<i>Idem.</i>
518,9	0,8	520,46					520,46		3	1	<i>Idem.</i>

Nos mesures		Références					Nombre de fois d'observations de la raie		Remarques
		[4] LEDERER et al 1979	[3] HEATH et al 1975	[2] HEMON et al 1975	[1] LEDERER et al 1967	Moyenne	Ecart-type	Dans nos mesures	
Moyenne	Ecart-type								
523,8	0,5	525,06				525,05		3	1
527,4	0,6							3	0
546,6	0,2	547,13				547,13		3	1
560,7	0,6							3	0
572,4	0,3	572,8315	572,83			572,830	0,001	3	2
586,9	1,5							3	0

Nos mesures		Références					Nombre de fois d'observations de la raie		Remarques	
Moyenne	Ecart-type	[4] LEDERER et al 1979	[3] HEATH et al 1975	[2] HEMON et al 1975	[1] LEDERER et al 1967	Moyenne	Ecart-type	Dans nos mesures		Dans les références
595,5	0,5	596,08				596,08		3	1 •	Raie donnée par une référence et confirmée par nos mesures.
		600,665				660,665		0	1	
		617,13				617,13		0	1	Raie masquée par la raie 625,78 keV.
		626,46				626,46		0	1	Raie prise entre deux pics intenses.
		631,24				631,24		0	1	Raie masquée par la raie 633,14 keV.
632,6	0,2	633,14	633,14			632,50	1,09	3	2	Raie donnée par deux références et confirmée par nos mesures.

Nos mesures		Références					Nombre de fois d'observations de la raie		Remarques	
Moyenne	Ecart-type	[4] LEDERER et al 1979	[3] HEATH et al 1975	[2] HEMON et al 1975	[1] LEDERER et al 1967	Moyenne	Ecart-type	Dans nos mesures		Dans les références
639,6	0,3	639,37	639,37			639,37	0	3	2	Raie donnée par deux références et confirmée par nos mesures.
648,7	0,2	649,187	649,18			649,183	0,005	3	2	<i>Idem.</i>
		661,46	661,07			661,2	0,2	0	2	
		687,76				687,76		0	1	
		693,35				693,35		0	1	Raie masquée par la raie 697,9025 keV.
697,5	0,3	697,9025	697,50			697,901	0,008	3	2	Raie donnée par deux références et confirmée par nos mesures.
707,6	0,3							3	0	Raie nouvellement détectée.
727,3	0,4	727,88	727,8			727,84	0,05	3	2	Raie récemment trouvée et confirmée par nos mesures.

Nos mesures		Références					Nombre de fois d'observations de la raie		Remarques
		[4] LEDERER et al 1979	[3] HEATH et al 1975	[2] HEMON et al 1975	[1] LEDERER et al 1967	Moyenne	Ecart-type	Dans nos mesures	
Moyenne	Ecart-type								
741,7	0,9	741,510				741,510		3	1
		766,04				766,04		0	1
775,4	0,3	792,1				792,1		3	0
		804,3				804,3		0	1
814,7	0,6	815,0815	815,08			815,080	0,001	0	1
		832,352	832,35			832,351		3	2
831,9	0,4						0,001	3	2

Raie donnée par une référence et confirmée par nous.

Nouvelle raie.

Raie donnée par deux références et confirmée par nos mesures.

Idem.

Nos mesures		Références					Nombre de fois d'observations de la raie		Remarques
		[4] LEDERER et al 1979	[3] HEATH et al 1975	[2] HEMON et al 1975	[1] LEDERER et al 1967	Moyenne	Ecart-type	Dans nos mesures	
Moyenne	Ecart-type								
846,0	0,6	847,24				847,24		2	1
850,9	0,1							2	0
867,0	1,2							3	0
873,8	0,4			874,01	874	874,005	0,070	3	2
881,1	2,5							3	0
889,2	0,4							3	0
896,7	0,4							3	0
		915,84				915,84		0	1

Nos mesures		Préférences						Nombre de fois d'observations de la raie		Remarques
Moyenne	Ecart-type	[4] LEDEKER et al 1979	[3] HEATH et al 1975	[2] HEMON et al 1975	[1] LEDEKER et al 1967	Moyenne	Ecart-type	Dans nos mesures	Dans les références	
943,0	0,4	943,34				943,34		3	1	Raie donnée par une référence et confirmée par nous.
948,7	0,4							3	0	Nouvelle raie.
975,3	0,4	976,210				975,210		3	1	Raie donnée par une référence et confirmée par nous.
988,8	0,3	989,26				989,26		3	1	<i>Idem.</i>
998,1	0,8							3	0	Nouvelle raie.
1013,9	0,7	1013,410				1013,410		3	1	Raie donnée par une référence et confirmée par nous.

Nos mesures		Références					Nombre de fois d'observations de la raie		Remarques
		[4] LEDERER et al 1979	[3] HEATH et al 1975	[2] HEMON et al 1975	[1] LEDERER et al 1967	Moyenne	Ecart-type	Dans nos mesures	
Moyenne	Ecart-type								
1032,3	0,2	1032,378	1032,37			1032,374	0,005	3	2
		1038,06				1038,6		0	1
1044,9	0,5	1045,46				1045,46		3	1
		1066,98				1066,98		0	1
1076,2	0,6							3	0
1086,5	0,8							3	0
1095,9	0,4							3	0

Nos mesures		Références					Nombre de fois d'observations de la raie		Remarques	
Moyenne	Ecart-type	[4] LEDERER et al 1979	[3] HEATH et al 1975	[2] HEMON et al 1975	[1] LEDERER et al 1967	Moyenne	Ecart-type	Dans nos mesures		Dans les références
		1130,8				1130,8		0	1	Raie masquée par la raie 1133,663 keV.
1133,7	0,3	1133,663	1133,66			1132,70	1,55	3	2	Raie donnée par deux références et confirmée par nous.
1172,4	0,2	1173,05	1173,051			1173,050	0,01	3	2	<i>Idem.</i>
1182,4	0,3							3	0	Nouvelle raie.
1218,4	0,5							3	0	<i>Idem.</i>
		1226,86				1226,86		0	1	
		1230,51				1230,51		0	1	
1253,1	0,4							3	0	Nouvelle raie.

Nos mesures		Références						Nombre de fois d'observations de la raie		Remarques		
		Moyenne	Ecart-type	[4] LEDERER et al 1979	[3] HEATH et al 1975	[2] HEMON et al 1975	[1] LEDERER et al 1967	Moyenne	Ecart-type		Dans nos mesures	Dans les références
	1271,4	0,3								3	0	Nouvelle raie.
	1303,5	0,4	1303,768	1303,76				1303,764	0,005	3	2	Raie donnée par deux références et confirmée par nous.
	1316,6	0,3	1316,96	1316,96				1316,96	0	3	2	<i>Idem.</i>
	1336,4	0,6	1330,6					1330,06		0	1	Raie masquée par la raie 1336,5 keV.
	1340,2	0,1	1341,53					1341,53		3	0	Nouvelle raie.
										2	1	Raie donnée par une référence et confirmée par nous.
			1353,08					1353,08		0	1	

Nos mesures		Références				Nombre de fois d'observations de la raie		Remarques
Moyenne	Ecart-type	[4] LEDERER et al 1973	[3] HEATH et al 1975	[2] HEMON et al 1975	[1] LEDERER et al 1967	Moyenne	Ecart-type	
1361,4	0,9	1392,5				1392,5		3 0 Nouvelle raie.
		1415,8		1414,24		1415,02	1,10	0 1 0 2
1425,8	0,6	1419,7				1419,7		0 1
1473,0	0,7	1471,16				1471,16		3 0 Nouvelle raie.
1479,2	0,2	1479,221	1479,22			1479,220	0,001	3 1 Raie donnée par une référence et confirmée par nous.
1696,9	0,4							3 2 Raie donnée par deux références et confirmée par nos mesures.
								3 0 Nouvelle raie.

Nos mesur		Références					Nombre de fois d'observations de la raie		Remarques		
		Moyenne	Ecart type	[1] LEATHER 1949	[2] HEMON et al 1975	[3] HEATH et al 1975	[4] LEDERER et al 1967	Moyenne		Ecart type	Dans nos mesures
1635,6	0,8	1635,64					1636,64		3	1	Raie donnée par une référence et confirmée par nos mesures.
1782,9	0,6	1782,46	1783,31			1782,71	1657,46	0,84	0	1	
1813,6	0,8	1813,77				1813,74			3	2	Raie donnée par deux références et confirmée par nos mesures.
1890,3	0,9	1890,31		1890,35		1890,3505		0,0007	3	2	Raie donnée par une référence et confirmée par nos mesures.

Nos mesures		Références					Nombre de fois d'observations de la raie		Remarques
		[1] LEDERER et al 1967	[2] HEMON et al 1975	[3] HEATH et al 1975	[4] LEDERER et al 1983	Moyenne	Ecart- type	Dans nos mesures	
Moyenne	Ecart type								
1936,3	0,7	1898,74 1935,84				1898,74 1935,84	0 3	1 1	Raie donnée par une référence et confirmée par nous.
1991,3	0,4	1994,715 2004,51				1994,715 2004,51	3 0	1 1	<i>Idem.</i>
2010,8	0,4	2010,715 2010,71				2010,710	3	2	Raie donnée par deux références et confirmée par nous.
2016,4	0,1	2016,7 2021,03	2016,94			2016,82 2021,41	3 0	2 2	<i>Idem</i>

Nos mesures		Références						Nombre de fois d'observations de la raie		Remarques
		[4] LEDERER et al 1979	[3] HEATH et al 1975	[2] HEMON et al 1975	[1] LEDERER et al 1967	Moyenne	Ecart-type	Dans nos mesures	Dans les références	
Moyenne	Ecart-type									
2052,2	0,9	2052,94	2052,94					3	2	Raie donnée par deux références et confirmée durant nos mesures.
		2085,05						0	1	
2146,8	0,8	2147,84	2147,8					3	0	
		2176,86						0	1	
2192,6		2192,62	2192,8					3	2	
2234,5	0,5				2234,00			3	1	Raie donnée par une référence et confirmée par nous.
		2251,24						0	1	

Nos mesures		Références						Nombre de fois d'observations de la raie		Remarques	
		Ecart-type		[4] LEDERER et al 1979	[3] HEATH et al 1975	[2] HEMON et al 1975	[1] LEDERER et al 1967	Moyenne	Ecart-type		Dans nos mesures
2259,1	0,8	2259,74	2259,7				2259,72	0,03	3	2	Raie donnée par deux références et confirmée par nos mesures.
2266,0	1,0	2266,63	2266,6				2266,61	0,02	3	2	<i>Idem.</i>
		2270					2270		0	1	Raie masquée par la raie 2266,63 keV.
		2284,47					2284,47		0	1	
2311,4	0,9	2312,24					2312,24		3	1	Raie donnée par une référence et confirmée par nous.
		2324,810					2324,810		0	1	
		2360,96					2360,96		0	1	

Nos mesures		Références					Nombre de fois d'observations de la raie		Remarques
		[4] LEDERER et al 1979	[3] HEATH et al 1975	[2] HEMON et al 1975	[1] LEDERER et al 1967	Moyenne	Ecart-type	Dans nos mesures	
Moyenne	Ecart-type								
2376,3	0,8	2369,36 2377,02	2376,7			2369,36 2376,86	0,22	0	1
								3	2
								0	1
2409,4	0,4	2390,96				2390,96		3	0
2422,0	0,3	2423,53				2423,53		3	1
2505,6	0,6	2505,62	2505,7			2505,66	0,05	3	2

Raie donnée par deux références et confirmée par nous.

Nouvelle raie.

Raie donnée par une référence et confirmée par nous.

Raie donnée par deux références et confirmée par nos mesures.

Nos mesures		Références					Nombre de fois d'observations de la raie		Remarques	
		[4] LEDERER et al 1979	[3] HEATH et al 1975	[2] HEMON et al 1975	[1] LEDERER et al 1967	Moyenne	Ecart-type	Dans nos mesures		Dans les références
Moyenne	Ecart-type									
		2551,01				2551,01	0	1		
		2604,51				2604,51	0	1		
		2630,95				2630,96	0	1		
		2662,01				2662,01	0	1		
		2699,43				2699,43	0	1		
		2719,43				2719,43	0	1		
2785,5	1,2	2786,12	2786,1			2786,11	3	2		Raie récemment donnée.
2826,5	0,9	2827,03	2827,0			2827,01	3	2		<i>Idem.</i>
		2860,98				2860,98	0	1		

Nos mesures		Préférences						Nombre de fois d'observations de la raie		Remarques
		[4] LEDERER et al 1979	[3] HEATH et al 1975	[2] HÉMON et al 1975	[1] LEDERER et al 1967	Moyenne	Ecart-type	Dans nos mesures	Dans les références	
Moyenne	Ecart-type									
2877,8	1,3	2880,43	2880,1			2880,26	0,23	3	2	Raie récemment donnée.
				2888,37		2888,37		0	1	c
2893,0	1,7	2893,63	2893,3			2893,46	0,23	3	2	Raie récemment trouvée.
2921,7	1,5	2922,12	2921,7			2921,91	0,29	3	2	
		2928,78				2928,78		0	1	
		2934,98				2934,98		0	1	
		2940,01				2940,01		0	1	
2977,2	1,5	2978,82	2979,5			2978,16	0,48	3	2	Idem.
		2988,710		2990,00		2989,57	0,74	0	3	

Nos mesures	Références					Nombre de fois d'observations de la raie		Remarques	
	Ecart-type	[4] LEDERER et al 1979	[3] HEATH et al 1975	[2] HEMON et al 1975	[1] LEDERER et al 1967	Moyenne	Ecart-type		Dans nos mesures
Moyenne									
2997,5	3,1	3000,2	2999,6			2999,9	0,42	3	2
3050,6	4,0	3053,92	3053,6			3053,76	0,22	3	2
3069,0	0,6			3070,00	3070	3070,00	0	3	2
3079,6	0,7	3081,7	3081,6			3081,65	0,07	3	2

TABLEAU III

Moyennes des résultats. — Remarques (suite et fin)

Nos mesures		Références				Nombre de fois d'observations de la raie		Remarques			
		[4] LEDERER et al 1979	[3] HEATH et al 1975	[2] HEMON et al 1975	[1] LEDERER et al 1967	Moyenne	Ecart-type		Dans nos mesures	Dans les références	
Moyenne	Ecart-type										
		3093,98					0	1			
		3136,31					0	1			
		3142,64					0	1			
		3160,57					0	1			
3178,8	1,4	3183,64					3	1			Raie donnée par une référence et confirmée par nous.
		3233,3					0	1			
		3269,7					0	1			

TABLEAU IV

Radium 226			Sulfate de radium		
Energie déterminée	Erreur p. 100	Intensité relative	Energie déterminée	Erreur p. 100	Intensité relative
252,3	26,35	$5,73 \cdot 10^{-4}$	251,3	32,49	$7,3 \cdot 10^{-4}$
527,4	48,42	$1,79 \cdot 10^{-4}$	526,8	59,20	$2,25 \cdot 10^{-4}$
560,6	41,59	$2,51 \cdot 10^{-4}$	559,5	47,65	$3,55 \cdot 10^{-4}$
586,9	8,10	$2,06 \cdot 10^{-4}$	588,8	99,99	$9,92 \cdot 10^{-5}$
707,6	8,10	$1,09 \cdot 10^{-3}$	707,6	27,90	$2,81 \cdot 10^{-4}$
850,9	69,11	$9,73 \cdot 10^{-5}$	850,5	48,61	$1,55 \cdot 10^{-4}$
867,0	70,11	$8,85 \cdot 10^{-5}$	866,9	66,28	$1,88 \cdot 10^{-4}$
881,1	71,39	$1,01 \cdot 10^{-4}$	878,9	80,81	$9,7 \cdot 10^{-5}$
889,5	60,10	$1,20 \cdot 10^{-4}$			
896,3	37,56	$2,33 \cdot 10^{-4}$	895,3	53,59	$3,02 \cdot 10^{-4}$
948,7	51,67	$1,48 \cdot 10^{-4}$	946,9	99,99	$1,11 \cdot 10^{-4}$
998,1	38,73	$2,41 \cdot 10^{-4}$	996,8	31,86	$4,68 \cdot 10^{-4}$
1 076,2	73,30	$9,10 \cdot 10^{-5}$	1 077,8	99,99	$6,69 \cdot 10^{-5}$
1 086,5	60,34	$1,07 \cdot 10^{-4}$	1 088,1	99,78	$1,09 \cdot 10^{-4}$
1 095,9	14,93	$5,28 \cdot 10^{-4}$	1 096,7	14,84	$7,37 \cdot 10^{-4}$
1 182,4	2,53	$3,55 \cdot 10^{-3}$	1 181,9	3,30	$3,86 \cdot 10^{-3}$
1 218,4	16,15	$5,02 \cdot 10^{-4}$	1 218,1	16,25	$5,98 \cdot 10^{-4}$
1 253,1	2,88	$3,48 \cdot 10^{-3}$	1 253,4	3,46	$3,42 \cdot 10^{-3}$
1 271,4	20,11	$4,13 \cdot 10^{-4}$	1 270,6	99,99	$7,73 \cdot 10^{-5}$
1 336,4	20,08	$4,26 \cdot 10^{-4}$	1 316,0	21,98	$4,59 \cdot 10^{-4}$
1 340,1	75,54	$1,14 \cdot 10^{-4}$	1 341,7	56,21	$1,60 \cdot 10^{-4}$
1 361,3	63,53	$1,09 \cdot 10^{-4}$	1 361,8	89,38	10^{-4}
1 425,8	6,26	$1,39 \cdot 10^{-3}$	1 425,5	7,31	$1,53 \cdot 10^{-3}$
1 606,9	27,21	$2,23 \cdot 10^{-4}$	1 607,2	23,74	$2,72 \cdot 10^{-4}$
1 692,5	5,35	$1,49 \cdot 10^{-3}$	1 692,4	3,35	$2,02 \cdot 10^{-3}$
2 409,4	64,11	$3,48 \cdot 10^{-5}$	2 410,4	73,39	$1,18 \cdot 10^{-5}$

TABLEAU V

Radioisotopes dont l'énergie est à 10 keV près des nouvelles raies

Nos mesures		Radioisotopes dont l'énergie est à plusieurs keV près des nouvelles raies									
Moyenne	Ecart type										
252,3	0,4	84 Rbm(250keV) 37	132 Xe(250keV) 54	151 Nd(254keV) 60							
527,4	0,6	115 Cd(520keV) 48	132 I(520keV) 53	205 Bi(520keV) 83	77 Br(520keV) 35	77 As(525keV) 33	133 I(525keV) 53				
560,6	0,6	130 I(525keV) 53	135 I(535keV) 53	140 Ba(537keV) 56							
		148 Pm(551keV) 61	82 Br(554keV) 35	91 Sr(558keV) 38	76 As(559keV) 33	91 Ym(559keV) 39	92 Y(560keV) 39				
		205 Bi(560keV) 83	122 Sb(561) 51	208 Tl(563) 81							
586,9	1,5	232 Th(583keV) 90	228 Th(583keV) 90	95 Tcm(584keV) 43	89 Zr ^m (589keV) 40	101 Mo(592keV) 42					

Nos mesures		Radioisotopes dont l'énergie est à plusieurs keV près des nouvelles raies										
Moyenne	Ecart type											
707,6	0,3	94 Nb(702keV) 41	205 Bi(703keV) 83	101 Mo(705keV) 42	110 Ag ^m (706,680keV) 47	124 Sb(709,32)						
		166 Ho ^m (710keV) 67										
850,9	0,1	135 I(840keV) 53	152 Eu ^m (841keV) 63	27 Mg(842keV) 12	56 Mn(845keV) 25	134 I(848keV : 860keV) 53						
867,0	1,2	134 I(860keV) 53	208 Tl(860keV) 81	152 Eu(867,388keV) 63	94 Nb(871keV) 41	94 Ni ^m (871keV) 41						
881,1	2,5	94 Nb(871keV) 41	94 Ni ^m (871keV) 41	160 Tb(879keV) 65	110 Ag ^m (884keV) 47	46 Sc(887keV) 21						
		134 I(890keV) 53										

TABLEAU V

Radioisotopes dont l'énergie est à 10 keV près des nouvelles raies

Nos mesures		Radioisotopes dont l'énergie est à plusieurs keV près des nouvelles raies											
Moyenne	Ecart type												
889,5	0,4	160	Tb(879keV)	110	Ag ^m (884keV)	46	Sc(887keV)	134	I(890keV)	142	La(890keV)	88	Y(898keV)
		65		47		21		53		57		39	
		88	Rb(899keV)										
		37											
896,3	0,4	46	Sc(887keV)	134	I(890keV)	142	(890keV)	88	Y(898keV)	88	Rb(899keV)		
		21		53		57		39		37			
948,7	0,4	52	Mn(935keV)	115	Cd ^m (935keV)	28	Mg(950keV)	132	I(952keV)				
		25		48		12		53					
998,1	0,8	205	Bi(988keV)	48	(990keV)	27	Mg(1010keV)	138	Cs(1010keV)	148	Pm ^m (1010keV)		
		63		23		12		35		61			
1076,2	0,6	125	Sn(1063keV)	86	Rb(1077keV)	156	Eu(1080keV)						
		50		37		63							

Nos mesures		Radioisotopes dont l'énergie est à plusieurs keV près des nouvelles raies							
Moyenne	Ecart type								
1 086,5	0,8	86 37	156 63	Eu(1080keV)	86 39	Y(1084keV)	$^{116}_{49}\text{I}^m$ (1085keV)	59 26	Fe(1097keV)
1 095,9	0,4	59 26		Fe(1097keV)					
1 182,4	0,3	60 27	182	Co(1173keV)	Ta(1189,05keV)	106 47	Ag ^m (1200keV)		
1 218,4	0,5	156 63		Eu(1230keV)					
1 253,1	0,4	89 37	182	Ru(1256keV)	Ta(1257,4keV)				
1 271,4	0,3	$^{116}_{49}\text{I}^m$	182	$^{116}_{49}\text{I}^m$ (1270keV)	Ta(1273,7keV)	22 11	Na(1274keV)		

TABLEAU V

Radioisotopes dont l'énergie est à 10 keV près des nouvelles raies (suite et fin)

Nos mesures		Radioisotopes dont l'énergie est à plusieurs keV près des nouvelles raies	
Moyenne	Ecart type		
1 336,4	0,6	60 Co(1332keV)	182 Ta(1342,7keV)
		27	28 Mg(1350keV)
1 340,1	0,1	60 Co(1332keV)	182 Ta(1342,7keV)
		27	28 Mg(1350keV)
1 361,3	0,9	56 Co(1360,25keV)	24 Na(1368keV)
			11
1 425,8		138 Cs(1430keV)	52 V(1430keV)
		55	23 Mn(1430keV)
1 606,9		140 La(1597keV)	52 Mn(1430keV)
			25
1 692,5		124 Sb(1690keV)	57
			51
2 409,4			

RÉFÉRENCES

- (1) C.M. LEDERER, J.-M. HOLLANDER, I. PERIMAN. — Tables of Isotopes, John Wiley and Sons, 6th edition, 1967.
- (2) G. HEMON, A. MANET, J.-C. PILIPPOT. — Spectrometrie gamma tme avant et après activation sur des échantillons de minerai d'Oklo, in. The OKLO Phenomenon, Proceeding of a symposium, Libreville, 23-27 june 1975, IAEA, Vienna, 1975, p. 437
- (3) R.-L. HEATH. — Gamma-ray spectrum catalogué, ANCR 1000-2, 3rd edition, vol. 2 of 2, 1975.
- (4) C.-M. LEDERER, V.-S. SHIRLEY. — Tables of Isotopes, 7th édition, Wiley — interscience, 1979.