Zeitschrift: Helvetica Physica Acta
Band: 15 (1942)
Heft: II

Artikel: Classement des Masses atomiques. III, Les atomes radioactifs naturels
Autor: Jacquerod, Adrien
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-111300

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 10.12.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Classement des Masses atomiques III.
Les atomes radioactifs naturels.

par **Adrien Jaquerod.**

(22. I. 42.)

Les masses des atomes radioactifs ne sont pas connues avec une grande précision. Par contre, l'énergie mise en jeu dans les transformations radioactives permet de calculer avec une exactitude remarquable les défauts de masse que présentent ces atomes les uns par rapport aux autres. Il est donc possible d'étendre aux atomes en question le classement exposé dans les deux premières parties de ce travail.

Dans le tableau I ne figuraient que quatre atomes radioactifs: il s'agissait d'une première étude sommaire. Dans le tableau V ci-joint on a par contre reproduit toutes les données fournies par HAHN, FLÜGGE et MATTAUCH[1]); on y a ajouté celles relatives aux atomes qui précèdent immédiatement les éléments radioactifs: Os, Ir, Pt, Au, Tl, Pb, Bi, de façon à opérer le raccordement avec les atomes stables.[2])

Dans ce tableau V figurent, pour chaque atome, en plus de Z et A, le nombre n de part. α contenues dans le noyau; l'*excès* proton-neutron tel qu'il est précisé dans la seconde partie de ce travail, (p. 74); le défaut de masse ΔM; la valeur de $\Delta' M$ donnée par l'expression (9); enfin des données calculées dont il sera question plus bas.

Si l'on porte sur un graphique les valeurs de ΔM figurant dans la 6ème colonne du tableau V en fonction de A, on constate que les points s'alignent de façon admirable. L'effet n'est saisissant que si l'on opère avec une très grande échelle, de sorte qu'il a paru inutile de reproduire ici ce graphique. Seuls les premiers atomes radioactifs: Po, AcC′, ThC′, RaC′ sortent très sensiblement de l'alignement. La droite qui passe le mieux possible par

---

[1]) O. HAHN, S. FLÜGGE und J. MATTAUCH. Phys. Ztschr. **41**, p. 1 (1940).

[2]) Les valeurs de M calculé pour Tl et Bi ne concordent pas exactement avec celles figurant dans les tableaux II et III; pour ces dernières, un mode de calcul graphique avait été utilisé.

Tableau V.

Atome	Z	A	n	Excès prot-neut	ΔM	ΔM calc	$\Delta' M \times 10^3$	M calculé
Os	76	190	38	0 – 38	1,600	1,6051	449	190,0331
		192	38	0 – 40	1,618	1,6192	467	192,0369
Ir	77	191	38	1 – 38	1,606	1,6121	455	191,0342
		193	38	1 – 40	1,623	1,6262	472	193,0380
Pt	78	194	39	0 – 38	1,632	1,6332	450	194,0391
		195	39	0 – 39	1,641	1,6402	459	195,0410
		196	39	0 – 40	1,651	1,6472	470	196,0430
		198	39	0 – 42	1,664	1,6612	482	198,0469
Au	79	197	39	1 – 40	1,659	1,6542	477	197,0441
Tl	81	203	40	1 – 42	1,693	1,6962	481	203,0542
		205	40	1 – 44	1,711	1,7102	499	205,0581
Pb	82	204	41	0 – 40	1,701	1,7032	459	204,0554
		208	41	0 – 44	1,737	1,7312	495	208,0632
Bi	83	209	41	1 – 44	1,747	1,7383	505	209,0641
Po	84	210	42	0 – 42	1,752	1,7452	479	210,0654
AcC′		211	42	0 – 43	1,754	1,7511	481	211,0684
ThC′		212	42	0 – 44	1,761	1,7570	488	212,0715
RaC′		214	42	0 – 46	1,772	1,7689	499	214,0775
AcA		215	42	0 – 47	1,776	1,7748	503	215,0806
ThA		216	42	0 – 48	1,781	1,7807	508	216,0836
RaA		218	42	0 – 50	1,791	1,7926	518	218,0896
EmAc	86	219	43	0 – 47	1,798	1,7985	495	219.0911
EmTh		220	43	0 – 48	1,805	1,8044	502	220,0941
EmRa		222	43	0 – 50	1,815	1,8162	512	222,1002
AcX	88	223	44	0 – 47	1,822	1,8222	489	223,1015
ThX		224	44	0 – 48	1,827	1,8281	494	224,1045
Ra		226	44	0 – 50	1,840	1,8399	507	226,1106
Ac	89	227	44	1 – 50	1,847	1,8458	514	227,1128
RdAc	90	227	45	0 – 47	1,847	1,8458	483	227,1120
RdTh		228	45	0 – 48	1,852	1,8518	488	228,1150
Io		230	45	0 – 50	1,864	1,8636	500	230,1211
Th		232	45	0 – 52	1,875	1,8754	511	232,1272
Pa	91	231	45	1 – 50	1,870	1,8695	506	231,1233
U_{II}	92	234	46	0 – 50	1,888	1,8873	494	234,1316
AcU		235	46	0 – 51	1,893	1,8932	499	235,1347
U_I		238	46	0 – 54	1,910	1,9110	516	238,1437

tous les points, à l'exception des quatre premiers, a pour équation:

$$\Delta M = 0{,}00592\, A + 0{,}5020 \qquad (15)$$

Les valeurs calculées pour les atomes radioactifs au moyen de cette expression (15) figurent dans la 7ème colonne du tableau V. On peut ainsi comparer avec les valeurs expérimentales, et constater qu'à partir de AcA jusqu'à U_{II} les écarts ne dépassent guère une unité de la troisième décimale, qu'ils sont donc à peu près de l'ordre de grandeur de la précision des mesures.

La relation (2) qui définit ΔM, et la relation (15), conduisent immédiatement à la relation suivante, qui permet de calculer la masse d'un atome radioactif quelconque:

$$M = 1{,}00303\, A - 0{,}00082\, Z - 0{,}5020 \qquad (16)$$

Les valeurs des masses atomiques calculées par cette expression (16) figurent dans la dernière colonne du tableau V.

La droite (15) a un coefficient angulaire plus petit que celle relative aux éléments lourds; ces deux droites se coupent au point $A = 210$; $\Delta M = 1{,}7452$, soit au point occupé par Po^{210}, valeur calculée; l'existence d'une troisième discontinuité est ainsi établie.

Cette discontinuité apparaît encore plus nettement si l'on calcule $\Delta' M$, conformément aux considérations développées dans la 2ème partie, expression (9), et si l'on construit le graphique correspondant. Les valeurs de $\Delta' M$ figurent dans la 8ème colonne du tableau V; elles sont naturellement basées sur les ΔM expérimentaux. Le graphique est reproduit par la fig. 7. L'alignement des points figuratifs sur le réseau de droites est si frappant que l'on a pu tracer les *droites calculées*, et qu'elles ne se distinguent pas sensiblement de celles que l'on aurait tracées « de sentiment » d'après la position des points figuratifs.

La discontinuité est surtout apparente dans le brusque changement des coefficients angulaires des droites de même *excès*. Elle se manifeste aussi par l'ordre remarquable qui s'introduit dans la région des atomes radioactifs, succédant au désordre qui règne chez les derniers représentants des atomes lourds: pour ceux-ci, les ΔM sont mal connus.

Les deux classes d'atomes sont raccordées (voir Hahn, Flügge et Mattauch, loc. cit.) par l'intermédiaire des valeurs de ΔM pour Pb et Bi; le tableau V et la fig. 7 montre et clairement que ces dernières ne sont pas sûres, et l'imprécision qui leur correspond se retrouve chez les premiers atomes radioactifs; graduellement l'ordre s'établit, presque parfait pour la raison précisée plus haut.

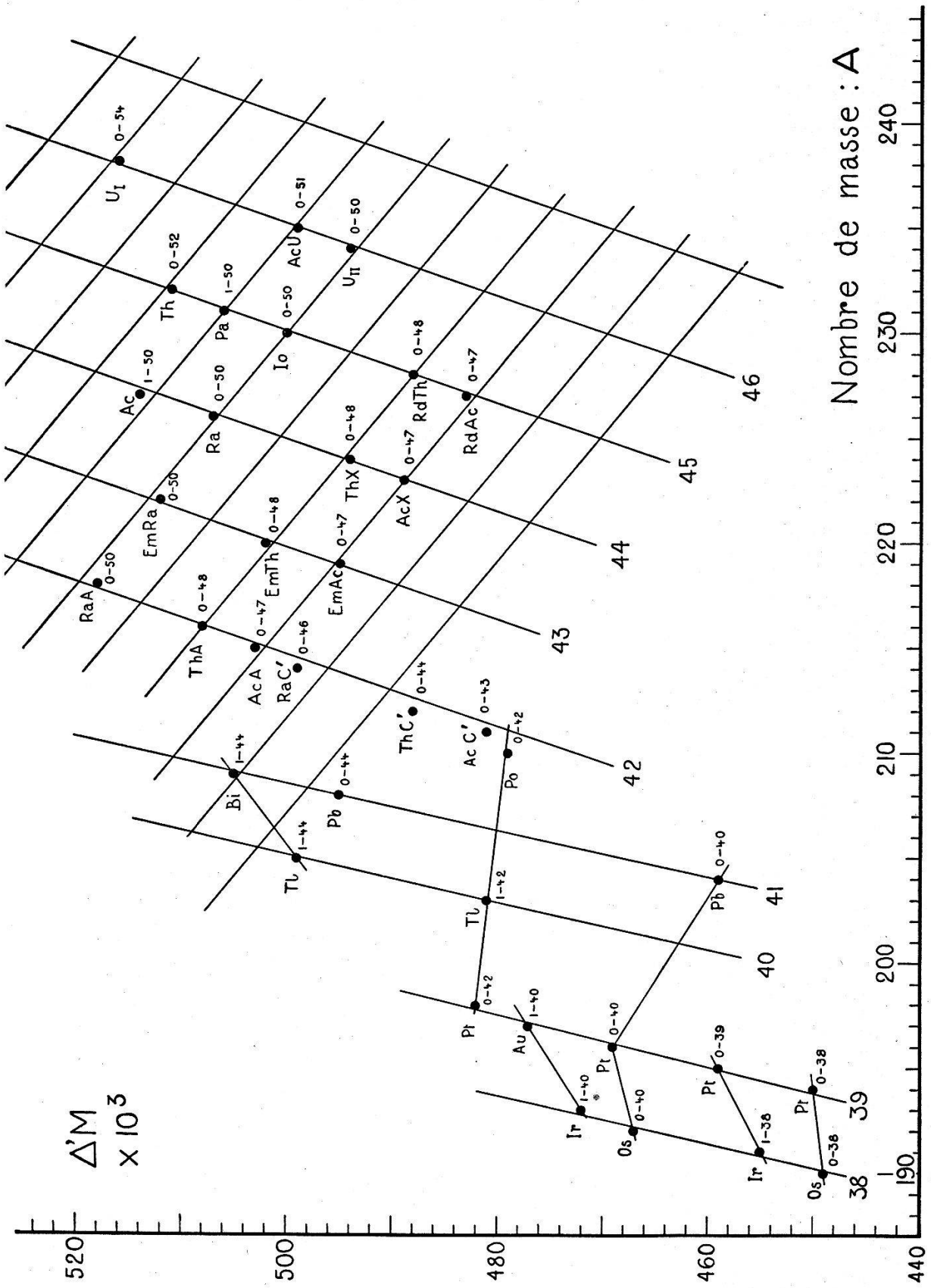
ΔM
× 10³
520
500
480
460
440
Nombre de masse : A
190
200
210
220
230
240
38
39
40
41
42
43
44
45
46
U I
Th
Pa
AcU
U II
Ac
Ra
Io
RdTh
RdAc
RaA
EmRa
EmTh
ThX
AcX
ThA
AcA
RaC'
EmAc
ThC'
AcC'
Bi
Pb
Po
Tl
Pt
Au
Ir
Os

Fig. 7.

Tout porte à croire, me semble-t-il, que les valeurs calculées de M pour la dernière classe d'atomes sont très proches de la réalité. Elles sont rattachées non à Pb et Bi seulement comme les valeurs expérimentales, mais à l'ensemble des éléments lourds, de Xe à Bi, représenté par la droite ③; elles reposent ensuite sur la variation linéaire de ΔM, très solidement établie.

Il va sans dire que les raisonnements sont réversibles: de même que, de l'énergie mise en jeu dans les transformations radioactives on peut déduire les défauts de masse, réciproquement, de la connaissance des défauts de masse — donc des masses atomiques elles-mêmes — on peut déduire l'énergie des rayonnements radioactifs. Les régularités qui ont été mises en évidence, si elles se vérifient en se précisant encore, permettront donc d'atteindre, ou de prévoir, des dégagements énergétiques qui ne seraient pas directement accessibles. Ces considérations seront particulièrement intéressantes lorsqu'on les appliquera aux atomes radioactifs artificiels.

Il y aurait de nouveau énormément à glaner dans l'examen détaillé de la fig. 7; chacun pourra le faire à loisir en suivant par exemple sur le graphique l'évolution des trois familles radioactives, et en précisant la position des atomes qui n'y figurent pas (UX_1, UX_2, RaB, RaC, etc.) jusqu'aux divers isotopes du plomb. On reconnaîtra que la représentation est particulièrement suggestive. Pour ne pas trop allonger, je ne considérerai qu'un point bien curieux.

Certains éléments des séries de l'Uranium (de U_{II} à RaA) du Thorium (de RdTh à ThA) et de l'Actinium (de RdAc à AcA) se placent respectivement sur les droites d'*excès* 50, 48, 47; l'activité est uniformément α. Ces atomes laissent libre la droite d'excès 49, et l'on songe immédiatement, pour l'occuper, à la famille radioactive hypothétique, objet de tant de recherches infructueuses. Afin de conserver la belle régularité de cette région les atomes de cette série, si l'on dénommait E l'élément de tête, seraient: ${}_{90}RdE^{229} \rightarrow {}_{88}EX^{225} \rightarrow {}_{86}EmE^{221} \rightarrow {}_{84}EA^{217}$; puis viendrait un ${}_{82}EB^{213}$ qui, par deux évolutions β, donnerait ${}_{84}EC'^{213}$ et finalement ${}_{82}Pb^{209}$, ce dernier étant un isotope d'existence douteuse.

Cette évolution pouvait déjà être prévue. Mais le point curieux est celui-ci: dans le graphique de la fig. 7 il n'y a point de place pour l'élément 85, le fameux Eka-iode recherché depuis si longtemps et que l'on a cru si souvent découvrir. Il me semble que l'on peut prévoir que, pour une raison inconnue, *cet atome 85 ne saurait exister* (je parle bien entendu d'atome *naturel*).

Son noyau, en effet, contiendrait 42 part. α, et son *excès* serait de la forme $1 - K$, puisque Z est impair. Son point figuratif se placerait donc nécessairement quelque part sur la droite $n = 42$ de la fig. 7. Mais cette droite ne porte que des atomes d'*excès* $0 - K$, depuis Po (0—42) jusqu'à RaA (0—50); la place libre, comme d'ailleurs toutes celles d'excès 49, devrait donc correspondre à 0—49 et à un atome de $Z = 84$, afin de ne pas troubler l'ordre majestueux de cette région du graphique.

Tout ce qu'on peut dire c'est que, *si il existait*, cet élément 85 aurait peut-être l'excès 1—48, et par suite le nombre de masse 217; on peut calculer sa masse atomique qui serait 217,0858; son poids atomique: 217,026. Mais il est bien possible que le domaine de l'existence réelle lui soit à tout jamais interdit . . . On pourrait alors le baptiser *Adynaton* qui, en grec, veut dire « impossible », et lui assigner le symbole Ad. En compensation de sa non-existence, il *serait* radioactif, naturellement, ce qui est une maigre consolation . . .

La vérification des calculs concernant les masses des atomes radioactifs n'est guère possible, puisque celles-ci sont mal connues. Je me bornerai simplement à faire remarquer que les valeurs reproduites dans le tableau V pour Ra^{226}, Th^{232} et U, si on les traduit en unités chimiques, coïncident encore mieux avec les poids atomiques chimiques que celles du tableau II; ces dernières supposaient que les atomes radioactifs font partie du groupe des éléments lourds, tandis que nous venons de voir qu'ils forment un groupe naturel distinct. Voici cette vérification, qui tient compte, cette fois, de la composition isotopique de l'Uranium.

Tableau II.

Elément	*M* calculé		Poids atomique
	échelle phys.	échelle chim.	
Ra^{226}	226,1106	226,0484	226,05
Th^{232}	232,1272	232,0634	232,12
U_{II}^{234}	234,1316		
AcU^{235}	235,1347	238,048	238,07
U_{I}^{238}	238,1437		

Pour terminer je voudrais encore attirer l'attention sur un fait qui pourrait avoir une signification théorique importante et profonde: pour les quatre groupes d'atomes, à l'exception des atomes les plus légers, le défaut de masse ΔM est une fonction linéaire

du nombre de masse; les coefficients angulaires p des droites correspondantes ont les valeurs suivantes:

① atomes légers	0,00995
② atomes moyens	0,008890
③ atomes lourds	0,007006
④ atomes radioactifs	0,005920

Ces coefficients sont entre eux, à 1% près, comme les nombres entiers 10, 9, 7, 6. Il est difficile d'y voir l'effet d'un hasard; on songe bien plutôt à *une quantification des quatre «couches»* que les considérations qui précèdent mettent en évidence dans la constitution de l'édifice nucléaire.

Neuchâtel, Institut de physique de l'Université.