

Tables des Constantes Radioactives

Léon Kolowrat

► **To cite this version:**

Léon Kolowrat. Tables des Constantes Radioactives. Radium (Paris), 1914, 11 (1), pp.1-6.
<10.1051/radium:019140011010100>. <jpa-00242627>

HAL Id: jpa-00242627

<https://hal.archives-ouvertes.fr/jpa-00242627>

Submitted on 1 Jan 1914

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.

LE RADIUM

La Radioactivité, les Radiations, l'Ionisation

JOURNAL DE PHYSIQUE

THÉORIQUE ET EXPÉRIMENTALE

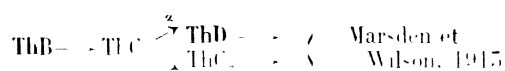
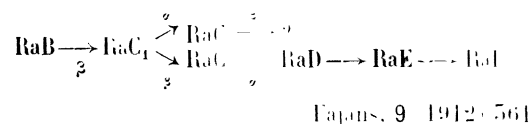
MÉMOIRES ORIGINAUX

Tables des Constantes Radioactives

Par Léon KOLOWRAT

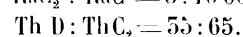
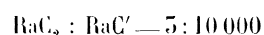
La rédaction du *Radium* ayant décidé de rendre périodique la publication de ces tables, la présente édition paraît à un an d'intervalle de la précédente; ce temps a suffi pour qu'un assez grand nombre de modifications soit devenu nécessaire. Il a été ajouté un tableau relatif aux dosages et une liste de références qui doit permettre de retrouver l'origine de chaque nombre.

A propos de la première colonne du TABLEAU I, on peut observer qu'outre les trois produits d'embranchement (U, RaC_2 et ThB) qu'on y trouve, l'actinium appartient probablement aussi à la même catégorie; Hahn et Meitner le font dériver de l' U_1 . La position de l' U_1 n'est pas très certaine, car il pourrait aussi bien dériver de l' U_2 . Pour les embranchements qui partent du RaC_1 et du ThC_1 , les schémas auxquels on semble actuellement d'accord sont les suivants :



« points de bifurcation » entre les nombres des atomes qui se désintègrent suivant les deux modes sont :

T. 44.



La troisième colonne contient les valeurs de la période de transformation T ; on peut en déduire la vie moyenne en multipliant T par 1,4427. Les périodes des substances U_2 , ionium, RaC' et ThC_2 sont purement hypothétiques; elles ont été calculées par Geiger et Nuttall d'après la relation linéaire qu'ils ont trouvée entre $\log \lambda$ et le logarithme du parcours a .

La quatrième colonne donne les valences chimiques des éléments, déterminées par les expériences de Hevesy (10 (1915) 81, 84); certains nombres ont été modifiés dans une note plus récente.

Dans la colonne intitulée « rayonnement », on a supprimé l'indication des rayons γ . Au point de vue de la théorie formulée par Rutherford, le pouvoir d'émettre des rayons γ , sous une excitation appropriée, devrait appartenir indistinctement à tous les éléments. Chadwick et Russell ont récemment constaté une émission γ pour l'ionium qui ne possède pas de rayonnement β .

Les valeurs des parcours a sont données d'après Geiger et Nuttall (10 (1915) 279); elles ont toutes été déterminées par ces auteurs, exception faite pour les trois nombres de Klemm et Kleeman (emanation du radium, 10 (1915) 280) qui ont pu avoir une idée du parcours dans une expérience qui n'a pas été décrite, ce que le par...

$\sqrt{\lambda}$. A étant le poids atomique de la substance et δ la densité. Pour un corps composé, A est remplacé par un nombre équivalent, calculé en admettant une relation d'additivité; ainsi, pour l'air ce nombre est 14,4.

Les coefficients d'absorption μ_x proviennent en grande partie (v. la liste des références) d'un travail de Kovarik [7 (1910) 226]. Pour l'UX₂, 14,4 est une valeur moyenne indiquée par H. W. Schmidt en 1909; plus exactement (Schmidt, 1910), on a $\mu_x = 12,4 + 34,6 x$. Pour le RaB, outre le groupe de rayons porté au tableau, on en distingue un autre plus pénétrant; d'après Fajans et Makower [9(1912)507] les coefficients des deux groupes sont 15 et 91; selon H. W. Schmidt [3(1906)526] il y aurait trois groupes: 15,1, 80 et 890.

Le rayonnement β du RaC, considéré en bloc, peut être représenté, d'après Schmidt, par la formule empirique

$$i = 49e^{-55x} + 25e^{-15.1x}$$

Le coefficient 16,5, indiqué en regard des derniers membres de la famille du Th, est relatif à un mélange de ThC₁ + ThD (+ ThC₂) en équilibre; d'après Hahn [9(1912)506], on a :

ThC ₁ + ThC ₂	$\mu = 14$
ThD	22
ThC ₁ + ThC ₂ + ThD	17

Les coefficients μ_γ (Al) ont été déterminés récemment par Rutherford et ses collaborateurs. Dans la plupart des cas, plusieurs espèces de rayons ont pu être mises en évidence; elles correspondent, suivant Rutherford, aux diverses séries des « rayonnements caractéristiques » dont l'existence a été établie par Barkla.

Les valeurs de μ_γ (Pb) sont celles de Russell et Soddy; dans les expériences de ces auteurs, l'électroscope était placé à 15 cm au-dessus de la substance active et protégé par 1 cm de plomb; les écrans absorbants se trouvaient immédiatement au-dessus de la substance. Ce dispositif ne convenait pas dans le cas de l'AcD; les nombres relatifs à deux autres dispositifs ont été 1,20 et 1,85.

D'après Russell et Soddy, le coefficient μ_γ est assez exactement proportionnel à la densité de la substance absorbante, lorsque celle-ci est un des métaux usuels (le plomb fait exception)¹; le rapport $\mu \delta$ est égal en moyenne à 0,040 pour les rayons γ du RaC, et à 0,047 pour ceux de l'UX₂. Pour l'aluminium, ces auteurs ont trouvé: UX₂, μ_γ (Al) = 0,155; RaC, 0,115; AcD, 0,217; mésothorium 2, 0,119; ThD, 0,092, le tout en accord avec les nombres plus récents de Rutherford et Richardson.

1. Avec une approximation moins grande, la même relation vaut aussi pour les autres substances, y compris les gaz.

Voici encore quelques données sur l'absorption des rayons γ .

Rayons.	Substance absorbante.	μ_γ	Auteur.
RaC	air, 15° et 760 ^{mm}	0,000059	Chadwick, 1912
	air, 22° et 750 ^{mm}	0,000045	Hess, 1911
	mercure	0,595	Russell, 1915
	verre	0,100	Russell et
Mésoth. 2	verre	0,115	Soddy, 1911

TABLEAU II. Les poids atomiques sont ceux que la Commission internationale a conservés pour 1914. En ce qui concerne le radium, voici les résultats expérimentaux actuellement en présence :

Mme Curie, 1907 : 226,54 [4 (1907) 349, nombre ramené à Ag = 107,88, Cl = 55,457].

Gray et Ramsay, 1912 : 226,26 [40 (1913) 214, nombre corrigé de 0,10 par Hönigschmidt].

Hönigschmidt, 1912 : 225,97 \pm 0,012 [40 (1915) 215, moyenne de 17 déterminations sur RaCl₂ et RaBr₂].

Les nombres relatifs au dégagement de chaleur par le radium proviennent des travaux de Meyer et de Hess. Rutherford et Robinson [40(1915)85] obtiennent des résultats assez voisins, qu'ils décomposent comme suit selon les divers produits et les diverses espèces de rayons :

	Rayons α	Rayons β	Rayon γ	Total
Radium . . .	25,1	»	»	25,1
Emanation . .	28,6	»	»	28,6
Radium A . .	50,5	»	»	50,5
Radium B et C.	59,4	4,7	6,4	50,5
Total . . .	125,6	4,7	6,4	154,7

D'après ce tableau, l'effet du radium en équilibre, dans une enceinte qui absorbe 18 pour 100 des rayons γ , serait :

$$125,6 + 4,7 + 0,18 \times 6,4 = 129,5 \text{ cal-gr. par heure.}$$

TABLEAU III. Les valeurs de e , n et N , trouvées par Millikan dans sa dernière série d'expériences [40 (1913) 566], sont données dans son mémoire sous la forme suivante :

$$e = 4,774 \pm 0,009 \times 10^{-10}$$

$$n = 2,705 \pm 0,005 \times 10^{10}$$

$$N = 6,062 \pm 0,012 \times 10^{25}$$

La constante N_e de Faraday est déterminée par le quotient du poids atomique de l'argent (107,88) par son équivalent électrochimique (1,11800, c'est le nombre qui définit l'ampère international). Le quotient exact, multiplié par 100, est 9649,4; Millikan adopte 9650 et le *Recueil de Constantes* de la Soc. française de physique, 9649. Le nombre n est donné par la relation $n = N : 22\,412$, où 22 412 est la valeur universellement acceptée pour le volume d'une molécule-gramme d'un gaz parfait à 0° et 760 mm.

Tableau I.

λ = constante radioactive. $q = q_0 e^{-\lambda t}$ $\lambda T = \text{lognat } 2$
T = période de transformation (temps après lequel la moitié de la substance se trouve transformée).
 α = parcours des rayons α dans l'air, à la pression normale et à la température indiquée.
 μ_{Al} = coefficient d'absorption des rayons β dans l'aluminium. }
 μ_{Pb} = — des rayons β dans l'aluminium. }
 — des rayons γ dans le plomb. }
 $\mu D = \text{lognat } 2 = 0,69315$. Si D est l'épaisseur d'eau qui absorbe la moitié du rayonnement.

Substances	λ en sec. ⁻¹	T	Valence	Rayonne- ment.	α en cm.		μ_{Al} en cm. ⁻¹	μ_{Pb} en cm. ⁻¹	μ_{Pb} en cm. ⁻¹
					0°	15°			
Uranium 4.	$4,3 \cdot 10^{-18}$	$5,0 \cdot 10^3$ ans.	4	α	2,37	2,00	...	...	...
Uranium Y	$3,4 \cdot 10^{-6}$	1,5 jours.	...	β	...	...	env. 300	...	...
Uranium X ₁	$3,3 \cdot 10^{-7}$	24,6 jours.	4	β	...	...	110	24: 0,50: 0,140	0,72
Uranium X ₂	0,0100	1,10 min.	...	β	...	...	11,4	...	...
Uranium 2.	$1,10 \cdot 10^{-14}$	$2,10^6$ ans?	6	α	2,75	2,90	...	...	...
Ionium.	$1,10 \cdot 10^{-15}$	$2,10^6$ ans?	4	α	2,85	3,00	...	...	...
Radium.	$1,26 \cdot 10^{-11}$	1730 ans.	2	α, β	3,13	3,30	env. 200	354: 16: 0,27	...
Émanation du radium	$2,085 \cdot 10^{-6}$	3,85 jours.	0	α	3,94	4,16	...	...	...
Radium A	$3,85 \cdot 10^{-5}$	3,0 min.	2	α	4,50	4,75	...	...	...
Radium B	$4,33 \cdot 10^{-4}$	26,7 min.	2	β	...	...	75	230: 40: 0,51	...
Radium C ₁ } Radium C	$5,93 \cdot 10^{-4}$	19,5 min.	3	α, β	...	...	43,5	0,115	0,50
Radium C ₂ }	$8,3 \cdot 10^{-5}$	1,4 min.	...	β	...	...	...	...	...
Radium C' }	$7,10^{-7}$	10^{-6} sec.?	...	α	6,57	6,94	...	...	...
Radium D	$7,3 \cdot 10^{-9}$	16,5 ans.	2	β	...	...	130	40: 0,09	...
Radium E	$1,6 \cdot 10^{-6}$	5,0 jours.	3	β	...	...	43,3	...	...
Radium F (= polonium)	$5,90 \cdot 10^{-8}$	136 jours.	2	α	3,58	3,7	...	585	...
Actinium. . . . .	...	...	3	...	...	...	...	...	...
Radioactinium.	$4,1 \cdot 10^{-7}$	19,9 jours.	4	α, β	4,36	4,60	170	22: 0,27	...
Actinium X.	$7,6 \cdot 10^{-7}$	11,4 jours.	2	α	4,17	4,40	...	...	...
Émanation d'actinium	0,18	10 sec.	0	α	5,40	5,70	...	...	...
Actinium A.	3,0	...	2	α	6,16	6,50	...	...	...
Actinium B.	$3,2 \cdot 10^{-4}$	29,1 min.	2	β	...	...	r. mous.	120: 31: 0,45	...
Actinium C	$3,37 \cdot 10^{-5}$	2,10 min.	3	α	3,12	3,40	...	...	...
Actinium D.	$2,26 \cdot 10^{-5}$	4,71 min.	...	β	...	...	28,5	0,198	1,2 à 1,8
Thorium.	$1,2 \cdot 10^{-18}$	$1,8 \cdot 10^{10}$ ans.	4	α	2,58	2,72	...	...	...
Mésothorium 1	$4,0 \cdot 10^{-9}$	...	2	...	...	...	...	...	...
Mésothorium 2	$3,4 \cdot 10^{-9}$	60 jours.	3	β	...	...	env. 30	20: 0,110	0,62
Radiothorium.	$1,06 \cdot 10^{-8}$	...	4	α	3,67	3,87	...	...	...
Thorium X.	$2,20 \cdot 10^{-6}$	...	2	α	4,08	4,30	...	...	...
Émanation du thorium	0,0128	...	0	α	4,74	5,00	...	...	...
Thorium A.	3,0	...	2	α	3,40	3,70	...	...	...
Thorium B.	$1,8 \cdot 10^{-7}$	...	2	β	...	...	110,0	...	...
Thorium C ₁ . . . . .	...	60 min.	3	$\alpha, \beta?$	4,00	4,80	...	10,3	...
Thorium D	$3,7 \cdot 10^{-5}$	3,4 min.	...	β	...	...	...	...	...
Thorium C ₂	$7,10^{-10}$	10^{11} sec.?	...	α	8,16	8,60	...	...	...
Potassium . . . . .	...	...	1	β	...	...	...	...	...
Rubidium . . . . .	...	...	1	β	...	...	...	...	...

Le Radium.

Tableau II.

Poids atomiques : Ur = 238,5	Th = 232,4	Ra = 226,4	Pb = 207,10	He = 3,99
Émanation du radium (Nt) = 222,4				
Dégagement de chaleur par 1 gr. de Ra privé de ses produits	25,2 calories-gramme par heure.			
— — — en équilibre avec ses produits jusqu'au RaC inclus, tous les rayons α et β et 18 pour 100 des rayons γ étant utilisés	132,3 — —			
Production d'hélium par 1 gr. de Ra en équilibre avec ses produits jusqu'au RaC :	156 mm ³ par an			
Émanation du radium. Un curie (= quantité d'émanation en équilibre avec 1 gr. de Ra) occupe 0,60 mm ³ à 0° et à 760 mm.				
Temp. de liquéfaction — 62° C à 760 mm. ; temp. de solidification — 71° ; temp. critique + 104° 5.				

Tableau III.

Charge élémentaire. en u. é.-s.	(Rutherford)	(Millikan)
	$e = 4,65 \cdot 10^{-10}$	$4,77 \cdot 10^{-10}$
Nombre de molécules dans 1 cm ³ de gaz parfait à 0° et 760 mm. (nombre de Loschmidt).	$n = 2,78 \cdot 10^{19}$	$2,71 \cdot 10^{19}$
Nombre de molécules dans 1 molécule-gramme	$N = 6,23 \cdot 10^{25}$	$6,06 \cdot 10^{25}$
$Ne = 9649$ u. é.-m. = $2,895 \cdot 10^{14}$ u. é.-s. ;	$ne = 1,292 \cdot 10^{10}$ u. é.-s.	
Rayons α . Charge = 2 charges élémentaires.	$\frac{e}{m} = 1,454 \cdot 10^{14}$ u. é.-s. = $4,837 \cdot 10^5$ u. é.-m.	
Nombre des particules émises par seconde par 1 gr. de Ra au minimum ou par 1 curie d'Em, de RaA ou de RaC	3,4 · 10 ¹⁰	
Nombre des particules émises par seconde par 1 gr. de Ra en équilibre	13,6 · 10 ¹⁰	
Vitesse initiale en cm/sec	Ra $v_0 = 4,61 \cdot 10^9$	EmRa 1,74 · 10 ⁹
Nombre d'ions produits par 1 particule sur tout le parcours	1,53 · 10 ³	1,74 · 10 ³
Rayons β . Charge = charge élémentaire.	$\frac{e}{m} = \frac{e}{m_0} \sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2}$, $\frac{e}{m_0} = 5,301 \cdot 10^{17}$ u. é.-s. = $1,767 \cdot 10^7$ u. é.-m.	RaA 4,82 · 10 ⁹
Nombre des particules émises par sec. par 1 curie de RaB, de RaC ou de RaE : de l'ordre de	3,4 · 10 ¹⁰	
Vitesses, en centièmes de la vitesse de la lumière [$c = 3 \cdot 10^{10}$ cm/sec] :		
UrX ₁	Spectre continu.	
Ra	52 65.	
RaB + RaC	{ Danysz . . . 30 ₁ 41 ₂ 64 ₂ 70 ₆ 75 ₅ 78 ₅ 86 ₇ 94 ₅ 96 ₆ et d'autres faibles plus faibles. { B., H., M. 36 41 63 69 74 80 86 94 — 98.	
RaD + RaE	{ Danysz . . . 34 ₂ 39 ₀ et spectre continu jusqu'à 94 ₄ . { B., H., M. 33 39 et spectre continu.	
Radioactinium	38 43 49 53 60 67 73.	
AeX	60? 66? 74? 91.	
Mésothorium 2	37 39 43 50 57 60 66 et > 70.	
ThX	47 51.	
ThB	63 72	
ThC ₁ ThC ₂	29 30 31 72.	
Nombre d'ions produits par seconde par les rayons β d'un curie de RaB	0,7 · 10 ¹⁴	
— — — de RaC	4 · 10 ¹⁴	
Rayons γ . Nombre d'ions produits par seconde par les rayons γ d'un curie de RaC	8,4 · 10 ¹⁴	

RENSEIGNEMENTS UTILES POUR LES DOSAGES

Dosage des substances à l'état solide par les rayons α dans un condensateur à plateaux.

	Meyer	Meyer et Paneth										
Couche-étalon à oxyde d'urane, courant de saturation par cm^2 d'une couche épaisse de U_3O_8 pesant environ 0,02 gr. par cm^2	5,79.10 ⁻¹⁵ amp.	5,78.10 ⁻¹⁵ amp.										
Nombre de cm^2 de cette couche qui équivaut à 1 gr d'uranium.	796	785										
Courant de saturation produit par la moitié de l'activité totale l'autre moitié étant absorbée par le plateau	2,51.10 ⁻¹⁹ amp.	2,28.10 ⁻¹⁵ amp.										
<table border="0" style="display: inline-table; vertical-align: middle;"> <tr> <td rowspan="2" style="font-size: 2em; vertical-align: middle;">}</td> <td>d'un gr d'uranium U1-U2</td> <td rowspan="2" style="font-size: 2em; vertical-align: middle;">}</td> <td rowspan="2" style="vertical-align: middle;">Geiger, 1909.</td> </tr> <tr> <td>d'un gr de Ra privé de ses produits</td> </tr> <tr> <td rowspan="2" style="font-size: 2em; vertical-align: middle;">}</td> <td>d'un gr de Ra en équilibre avec ses produits jusqu'au R₁ inclus</td> <td rowspan="2" style="font-size: 2em; vertical-align: middle;">}</td> <td rowspan="2" style="vertical-align: middle;">19,8.10⁻⁴ amp.</td> </tr> <tr> <td></td> </tr> </table>	}	d'un gr d'uranium U1-U2	}	Geiger, 1909.	d'un gr de Ra privé de ses produits	}	d'un gr de Ra en équilibre avec ses produits jusqu'au R ₁ inclus	}	19,8.10 ⁻⁴ amp.		4,05.10 ⁻⁴ amp.	
}		d'un gr d'uranium U1-U2			}		Geiger, 1909.					
	d'un gr de Ra privé de ses produits											
}	d'un gr de Ra en équilibre avec ses produits jusqu'au R ₁ inclus	}	19,8.10 ⁻⁴ amp.									

Quantité de radium en équilibre avec 1 gr. d'uranium.

D'après les valeurs des périodes adoptées dans le tableau 1	5,24.10 ⁻⁷ .
D'après les expériences récentes de Heumann et Marckwald sur les pechblendes [10 (1915) 218]	5,55.10 ⁻⁷ .

Emanation du Radium.

1 gr de Ra produit 0,00751 curie d'émanation par heure. Ra : RaCl₂ = 0,761.
 1 gr de RaCl₂ = 0,00572 — — — — — RaCl₂ : RaBr₂ = 0,770.
 1 curie = quantité d'émanation en équilibre avec 1 gr de Ra.
 1 unité Mache = 5,64.10⁻¹⁰ curie/litre.
 [concentration d'émanation telle qu'un litre (p. ex. d'une eau ou d'un gaz) contient une quantité d'émanation qui (sans ses produits) détermine, dans le cas limite d'une utilisation complète des rayons α , un courant i_α égal à 0,001 u. é.-s.].

Courant de saturation produit par 1 curie d'émanation et rapporté au cas d'une utilisation complète des rayons.

Emanation privée de ses produits	{	Valeur théorique 5,4.10 ¹⁰ × 4,65.10 ⁻¹⁰ =	2,75.10 ⁻⁵ amp.	0,92.10 ⁻⁵ amp.
		Expériences de Duane et Laborde (1910), condensateur cylindrique	2,49	0,85
Émanation en équilibre avec ses produits	{	— — Meyer et Hess (1912) — —	2,7	0,90
		— — Flamm et Mache (1915) — à plateaux	2,75	0,92
Émanation en équilibre avec ses produits	{	— — Duane et Laborde (1910) — cylindrique	6,51	2,10
		— — Flamm et Mache (1915) — à plateaux	6,20	2,07

Courant produit dans un condensateur cylindrique de forme donnée (S surface, V volume, formules empiriques de Duane :

Émanation en équilibre $i = i_0 \left(1 - 0,372 \frac{S}{V}\right)$ Émanation privée de ses produits $i = i_0 \left(1 - 0,517 \frac{S}{V}\right)$.

Courant produit par l'émanation privée de ses produits, dans un condensateur à plateaux et à anneau de garde (nombres théoriques et provisoires de Flamm et Mache, a est le parcours des particules de l'émanation, d la distance des plateaux)

d/a	0,05	0,10	0,15	0,20	0,50	0,50	0,75	1	1,5	2	5
	0,144	0,204	0,252	0,340	0,500	0,500	0,700	0,800	0,800	0,800	0,800

La valeur de $e m$ pour une particule α a été calculée en admettant que la particule possède 2 charges élémentaires et une masse atomique égale à 5,99 ($e m = 2 \times 9649 : 5,99$ u. é.-m.); le nombre expérimental de Rutherford est $5,07 \cdot 10^5$ u. é.-m.

Le nombre $5,4 \cdot 10^{10}$ trouvé par Rutherford pour l'émission des particules α par 1 gr. de Ra se rapporte à un étalon de radium qui a différé de l'étalon international; mais, ainsi que le fait remarquer Meyer [*Wien. Ber.*, **422** (1915)], il s'harmonise bien avec les valeurs probables des autres constantes fondamentales.

Les vitesses v_0 des particules α ont été calculées par Geiger et Nuttall en vertu de la relation $v_0^5 a = \text{const.}$; en adoptant $2,06 \cdot 10^9$ cm/sec pour le cas du RaC, on a pour un élément quelconque :

$$v_0 = 1,075 \sqrt[5]{a} \cdot 10^9 \text{ cm/sec.}$$

Les nombres d'ions produits par une particule sont donnés d'après Geiger, qui les a déterminés graphiquement sur les courbes d'ionisation; ils diffèrent légèrement de ceux qu'on obtient en admettant une variation en raison de $a^{\frac{2}{5}}$, comme le voudrait la théorie.

Sur le nombre de particules qui constituent les rayons β , des renseignements nouveaux sont fournis par les travaux de Danysz et Duane [**9** (1912) 417] et de Moseley [**40** (1915) 91]. En même temps que l'émanation en équilibre émet 5 particules α (dans les transformations de l'émanation elle-même, du RaA et du RaC), elle émet (dans les transformations du RaB et du RaC) :

2,2 particules β suivant Moseley.
5 à 4 — Danysz et Duane.

RÉFÉRENCES :

- Périodes.* U1 : Meyer, 1915; Me Coy, 1915. UY : Antonoff, 1911. UA1 : Russell et Soddy, 1910. U₂X₂ : Fajans et Göhring 1915; Hahn et Meitner (1,17; Fleck 1,15, tous en 1915. U₂ et *ionium* : Geiger et Nuttall, 1912.
- Ra* : Meyer, 1915. *Emanation du Ra* : Mme Curie, 1910. *RaA* : Rutherford, 1904. *RaB* et *RaC*₁ : Lerch, 1907. *RaC*₂ : Fajans, 1911. *RaC'* : Geiger et Nuttall, 1912. *RaD* et *RaE* : Antonoff, 1910. *RaF* : Regener 1912 $156,0 \pm 0,5$; Schweidler, 1912 $156,5 \pm 0,5$.
- Radioactinium* : Hahn, 1909; Hahn et Rothenbach, 1915. *AcX* : Hahn et Rothenbach, 1915 (11,6); Me Coy et Leman, 1915 (11,55). *Emanation d'Ac* : Debierne, 1904; Leslie, 1912. *AcA* : Moseley et Fajans, 1911. *AcB* : Hess, 1907. *AcC* : Hahn et Meitner, 1908. *AcD* : Kovarik, 1911.
- Th* : Me Coy, 1915. *Mésothorium 1 et 2* : Hahn, 1908. *Radiothorium* : Blanc, 1907. *ThX* : Lerch, 1905; Me Coy et Viol, 1915. *Emanation du Th* : Bronson 1905; Leslie, 1912. *ThA* : Moseley et Fajans, 1911. *ThB* : Lerch 1907; Me Coy et Viol, 1915. *ThC*₁ : Lerch, 1907 (60,4); Marsden et Darwin, 1912 (60,3); Me Coy et Viol, 1915 (60,8). *ThD* : Hahn et Meitner, 1909; Marsden et Darwin, 1912. *ThC*₂ : Geiger et Nuttall, 1912.
- Valences* : Hevesy. *Phys. Zeitschr.*, **44** (1915) 1202, sauf pour U1, U2, AcA, AcB, AcC et les émanations.
- Parcours* : Geiger et Nuttall, 1912.
- Coefficients μ_2* : UX₁ et UX₂ : Schmidt, 1909. *Ra* : Hahn et Meitner, 1909 (312); Kolowrat, 1910 (200). *RaB*, *RaC*₁, *RaD*, *RaE*, *AcD*, *ThB*, *ThC*₁ + *ThD* : Kovarik, 1910. *Radioactinium et mésothorium 2* : Hahn, 1908. *K* et *Rb* : Henriot, 1910.
- Coefficients μ_1* : Rutherford, Richardson, Chadwick, 1915-1914; Russell et Soddy, 1911.
- Tableau II. Dégagement de chaleur* : Meyer et Hess, 1912; Hess, 1912; Rutherford et Robinson, 1915. *Production d'hélium* : Boltwood et Rutherford, 1911. *Volume d'un curie d'émanation*; Rutherford, 1909. *Température de liquéfaction, etc.*: Ramsay et Gray, 1910.
- Tableau III. Charge élémentaire, etc.* : Rutherford et Geiger, 1908; Millikan, 1915. *Vitesse des particules α* : Geiger et Nuttall, 1912. *Nombre d'ions par particule α* : Geiger, 1909. *Rapport e/m_0 pour les rayons β* : Wolz, 1909 (1,767); Malassez, 1911 (1,769); Bestelmeyer, 1911 (1,766). *Vitesse des rayons β* : Danysz, 1915; Baeyer, Hahn et Meitner, 1911-1915. *Nombre d'ions produit par les rayons β et γ* : Eve, 1911 et 1914.