



**HAL**  
open science

## Chaleur développée dans une masse d'oxyde de thorium par suite de sa radioactivité

G.B. Pegram, H. Webb

► **To cite this version:**

G.B. Pegram, H. Webb. Chaleur développée dans une masse d'oxyde de thorium par suite de sa radioactivité. Radium (Paris), 1908, 5 (9), pp.271-276. <10.1051/radium:0190800509027101>. <jpa-00242306>

**HAL Id: jpa-00242306**

**<https://hal.science/jpa-00242306v1>**

Submitted on 4 Feb 2008

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire HAL, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



HAL Authorization

---

---

**MÉMOIRES TRADUITS**

---

**Chaleur développée dans une masse d'oxyde  
de thorium par suite de sa radioactivité**

Par G. B. PEGRAM et H. WEBB

[Laboratoire de physique. — Université de Columbia.]

Dans une courte note déjà parue<sup>1</sup> les auteurs du présent mémoire ont décrit une expérience destinée à mettre en évidence et à mesurer la vitesse avec laquelle une masse d'oxyde de thorium dégage de la chaleur par suite de sa radioactivité. Le présent mémoire donne les résultats d'expériences plus soignées sur le même sujet.

1. *Science*, 27 mai 1904. — *Le Radium*, 5-1908.

La méthode d'expérimentation consiste brièvement en ceci : l'oxyde de thorium — (le produit employé n'était pas pur, mais consistait en anciens résidus de Welsbach dont nous sommes redevables à l'obligeance de M. H. Lieber) — l'oxyde de thorium était contenu dans une ampoule de Dewar, sphérique, de cinq litres, suspendue dans un cylindre métallique, placé lui-même dans un bain de glace. On mesurait la différence de température entre l'oxyde de thorium et le

bain de glace au moyen de couples thermo-électriques dont une soudure était dans l'oxyde et l'autre au contact de la paroi métallique. On produisait ensuite au sein de l'oxyde un dégagement de chaleur de vitesse connue en faisant passer un courant électrique dans un fil qui y était plongé et on déterminait la différence de température entre l'oxyde et la glace, quand elle avait atteint une valeur constante. Comme les différences de température étaient très petites, on les supposait proportionnelles aux vitesses des dégagements de chaleur; des différences de température mesurées et de la vitesse connue du dégagement de chaleur produit par le courant, on pouvait déduire la vitesse du dégagement de chaleur produit par l'oxyde de thorium.

Dans l'ampoule de Dewar D, fig. 1, se trouvaient 4<sup>kg</sup>,1 d'oxyde de thorium, qui la remplissaient à peu près jusqu'en haut du goulot. Le cylindre de métal, V, à l'intérieur duquel l'ampoule était suspendue au moyen d'une corde, avec un intervalle de 1 centimètre entre elle et la paroi cylindrique, consistait en un tube d'acier de 55 centimètres de long sur 27 centimètres de diamètre muni d'un fond et d'un couvercle en laiton. L'objet de ce cylindre était d'abord de protéger mécaniquement l'ampoule de Dewar; mais, pour assurer la siccité complète dans l'ampoule et pour diminuer en même temps la vitesse du rayonnement calorifique, le cylindre était rendu étanche et on y réduisait la pression à 0<sup>mm</sup>,4 de mercure. Cette étanchéité ne fut pas obtenue sans quelque peine; il fallut, pour l'obtenir, galvaniser fortement le tube d'acier en dehors et en dedans et employer des fonds en laiton laminé. Dans ces plaques de laiton étaient creusées des cannelures circulaires dans lesquelles pénétraient les bords du cylindre et les joints étaient rendus étanches par un ciment à la gutta-percha et à la résine. L'étanchéité obtenue fut finalement si parfaite qu'un manomètre ordinaire à mercure n'indiqua pas de changement de pression pendant une durée de plusieurs mois.

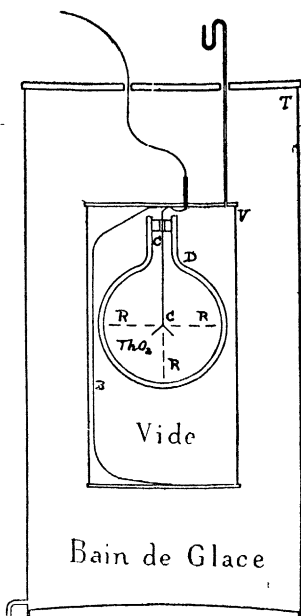


Fig. 1.

Le bain de glace était placé dans un réservoir cylin-

drique en fer, de 100 centimètres de profondeur et 50 centimètres de diamètre, laissant un intervalle de 11 centimètres entre sa paroi et celle du cylindre V; au fond, un petit tube de vidange permettait l'écoulement de l'eau de fusion. En dessous et tout autour du réservoir il y avait encore un matelas de ouate, épais de 12 centimètres au moins. Le réservoir était muni d'un couvercle en bois, recouvert de morceaux de feutre épais. On se servait de glace (artificielle) brisée en fragments de 2 à 20 centimètres cubes. La consommation quotidienne était de 15 kilogrammes environ. Comme on le voit plus loin dans les tables, les couples thermo-électriques manifestaient en général une petite différence de température entre le couvercle et le fond du cylindre métallique V; le fond était plus chaud.

Les couples thermo-électriques étaient formés d'un fil de fer de 0<sup>mm</sup>,17 de diamètre et d'un fil de constantan de 0<sup>mm</sup>,11; les jonctions étaient soudées. Le fil était isolé à la soie et les soudures, dénudées, étaient recouvertes d'une mince couche de paraffine. Il y avait trois séries de couples. Les cinq couples, tels que C, de la série principale, que nous appellerons la *série centrale*, avaient une soudure disposée radialement au centre de la masse d'oxyde de façon à être à moins de 2 centimètres de ce centre. Les autres soudures, extérieures à l'ampoule, étaient exactement appliquées sur le couvercle du cylindre métallique, dont elles n'étaient séparées que par une mince feuille de mica pour l'isolement. Pour contrôler le bon fonctionnement de ces couples, on avait intercalé un fil conducteur permettant de mesurer séparément la force électromotrice de deux couples et celle des trois autres. La somme des nombres ainsi obtenus ayant été trouvée en concordance avec la force électromotrice des cinq couples ensemble, on ne fit plus usage de cette méthode de mesure par fractions.

Les couples de la seconde série, R, que nous appellerons la *série radiale*, avaient une soudure à moins de deux centimètres du centre de la masse d'oxyde et l'autre soudure à moins de deux centimètres de la paroi de l'ampoule; les fils allant d'une soudure à l'autre étaient donc disposés radialement, quatre d'entre eux étant dans le plan horizontal passant par le centre et les deux autres sur la verticale du centre; cette série comprenait donc six couples. Ils donnaient approximativement la différence de température entre le centre et la région externe de la masse d'oxyde de thorium. Les couples de cette série servaient aussi à faire passer le courant de chauffage destiné à introduire avec une vitesse connue de la chaleur dans l'ampoule. Comme ce courant était extrêmement petit, l'échauffement ou le refroidissement aux soudures, dus à l'effet Peltier, étaient considérables par rapport à la quantité de chaleur dégagée par effet Joule, et, pour remédier à cet inconvénient, un commutateur

renversait deux fois par minute le sens du courant.

La troisième série d'éléments thermo-électriques, B, servait à contrôler l'uniformité de la température du cylindre métallique. Une série de soudures étaient près du couvercle et l'autre reposait sur le fond.

Les fils de cuivre partant des éléments thermo-électriques sortaient du cylindre métallique à travers un tube soudé dans le couvercle; ils étaient mastiqués dans ce tube avec de la cire et traversaient le bain de glace à l'intérieur d'un tube de caoutchouc à vide. Ils étaient également mastiqués dans le bout extérieur de ce tube pour éviter que l'humidité ne se condensât sur eux à l'extrémité, froide, de ce tube. Ces fils aboutissaient à des blocs de cuivre avec godets à mercure, disposés en tableau de manière à permettre toutes les connexions voulues au potentiomètre, etc., au moyen de petits cavaliers en cuivre placés entre les godets. Le tableau était placé dans une boîte en bois pour éviter les variations brusques de température.

La force électromotrice des éléments thermoélectriques était mesurée par opposition au moyen d'un potentiomètre à fil rectiligne. Ce fil était en cuivre, avait un mètre de longueur et une résistance de 0,087 ohms; il était placé en série avec une résistance de 30,000 ohms et une pile de 1,46 volts de force électromotrice. La chute de potentiel le long de un centimètre de ce fil était alors de  $0,042 \cdot 10^{-6}$  volts. Toutes les parties conductrices du potentiomètre étaient en cuivre. Hors du bain de glace c'était le seul métal employé à part le mercure des godets et certaines parties du galvanomètre. Cet appareil était un galvanomètre à cadre suspendu et à très grande sensibilité, construit par la « Weston Electrical Instrument Company ». Sa résistance était de 31,2 ohms et une division de l'échelle correspondait à une différence de potentiel de  $8,2 \cdot 10^{-9}$  volts entre les bornes. Il était également placé dans une boîte en bois pour uniformiser sa température, les tiges de connexion étant en aluminium.

La masse d'oxyde de thorium n'était pas partout à la même température; la région centrale était plus chaude. Supposons que la distribution des températures soit la même, à un facteur constant près, dans le cas, où l'on emploie un courant de chauffage et dans le cas où l'on ne l'emploie pas; supposons de plus que nous connaissions dans chaque cas l'excès de la température d'un point déterminé de la masse, par exemple d'un point voisin de la surface, sur celle du bain de glace. Le rapport des quantités de chaleur dégagées dans les deux cas est alors égal au rapport des températures de ce point. La série radiale de couples nous donne la différence de température entre le centre de la masse d'oxyde et la région située à deux centimètres de la surface externe. Si l'on retranche les nombres fournis par cette série de

couples de ceux qui correspondent à la série centrale, on obtient la différence de température entre la région située à deux centimètres de la surface et le bain de glace. Or, sans courant de chauffage, la différence de température entre le centre et la région externe est environ le quart de la différence de température entre cette région et le bain de glace, tandis qu'avec le courant de chauffage elle en est le tiers. Cette concentration de la chaleur au centre dans le second cas est du reste une conséquence évidente de la disposition en « étoile » des fils de chauffage; mais il est également évident que cette différence dans la distribution des températures ne produit pas une grande erreur sur le résultat, quand on dit que la vitesse du dégagement de chaleur dans la masse est, dans les deux cas, proportionnelle à l'élévation de température de l'oxyde de thorium à deux centimètres de profondeur. Car dans cette région la température est beaucoup plus près qu'au centre de la valeur qu'elle aurait si la distribution était identique à celle qui est réalisée quand on n'emploie pas le courant de chauffage; l'erreur en question est donc certainement moindre que la différence entre un tiers et un quart.

L'échauffement et le refroidissement par effet Peltier des soudures de la série radiale, qui sert aussi au courant de chauffage, se fait très nettement sentir sur la mesure de la force électromotrice de ces couples quand on la détermine aussitôt après avoir coupé le courant; pour éviter la perturbation due à cette variation de température tout à fait locale, il fallait donc attendre quelque temps après la rupture du courant pour procéder à la mesure. Quarante-cinq minutes suffisaient d'ailleurs amplement. Pendant ce temps l'ampoule, dans son ensemble, se refroidissait légèrement. On déterminait la vitesse de refroidissement par une série de mesures portant sur une période de temps considérable; elle fut trouvée correspondre à une diminution de l'excès de température de moitié en trente-cinq heures. Nous avons pu, d'après cela, faire subir aux mesures les corrections convenables pour tenir compte de l'intervalle écoulé entre le moment où le courant de chauffage avait été coupé et celui où les lectures avaient été faites.

Aucune correction n'a été faite pour la petite différence de température entre le couvercle et le fond du cylindre métallique, car on a constaté qu'elle ne produisait aucune modification appréciable sur les résultats. Les couples du cylindre servaient seulement à contrôler la constance de la température du bain de glace. Aucune mesure de température n'était faite sur l'oxyde de thorium quand les couples du cylindre accusaient des différences de température importantes ou une variation rapide.

La table (A) permet de voir aisément l'effet de la concentration de la chaleur au centre quand le courant de chauffage était employé. Les lectures qui corres-

Tableau des résultats.

(A) Avec courant de chauffage; puissance dépensée à l'intérieur de l'ampoule : $15,25 \cdot 10^{-5}$ watts.							
Dates	Intervalle entre la cessation du courant et la mesure	Nombres de centimètres du fil du potentiomètre; $1^m = 0,012 \cdot 10^{-6}$ volts.					Couples du cylindre
		Couples centraux	Couples de la série radicale $\times \frac{5}{6}$	Différence	Corrigée pour l'intervalle d'attente		
29 mai . . .	8 <sup>h</sup> ,45 soir.	90 min.	134,2	54,0	80,2	82,7	»
—	9 <sup>h</sup> ,50 soir.	135 —	127,5	47,3	80,3	83,6	12,0
—	10 <sup>h</sup> ,50 soir.	195 —	120,0	45,7	76,3	81,5	8,8
—	11 <sup>h</sup> ,50 soir.	275 —	115,8	57,5	76,3	83,6	11,1
30 mai . . .	9 <sup>h</sup> ,45 soir.	60 —	156,8	52,7	84,1	85,8	7,5
—	10 <sup>h</sup> ,45 soir.	120 —	126,6	45,0	85,6	87,1	6,6
31 mai . . .	7 <sup>h</sup> ,00 soir.	75 —	141,2	55,5	87,7	90,0	3,6
—	8 <sup>h</sup> ,00 soir.	135 —	134,8	47,0	87,8	92,0	4,5
—	9 <sup>h</sup> ,00 soir.	195 —	124,8	41,5	85,5	89,0	3,7
1 <sup>er</sup> juin . . .	7 <sup>h</sup> ,50 soir.	80 —	153,5	52,3	81,2	85,4	8,1
—	8 <sup>h</sup> ,20 soir.	130 —	126,5	47,5	79,0	82,6	7,2
—	9 <sup>h</sup> ,00 soir.	170 —	122,7	43,0	79,7	84,4	8,7
2 juin . . .	10 <sup>h</sup> ,55 soir.	150 —	125,2	46,3	78,9	85,0	7,5
3 —	8 <sup>h</sup> ,15 soir.	60 —	142,2	57,5	84,7	86,4	7,8
—	9 <sup>h</sup> ,20 soir.	125 —	152,7	46,5	86,2	90,0	»
—	10 <sup>h</sup> ,10 soir.	175 —	126,0	43,5	82,5	87,6	7,2
4 juin . . .	1 <sup>h</sup> ,40 soir.	40 —	145,8	62,5	85,3	84,4	»
—	2 <sup>h</sup> ,50 soir.	90 —	151,4	52,3	79,1	81,4	»
—	3 <sup>h</sup> ,50 soir.	150 —	125,4	45,0	78,9	85,0	6,6
—	4 <sup>h</sup> ,50 soir.	210 —	119,4	40,5	78,9	84,8	»
						moyenne :	85,4
(B) Oxyde de thorium sans courant de chauffage.							
10 juin . . .	10 <sup>h</sup> ,00 mat.	»	50,0	8,2	21,8	»	5,7
11 —	7 <sup>h</sup> ,00 mat.	»	51,2	8,5	22,7	»	6,0
15 —	9 <sup>h</sup> ,00 mat.	»	27,6	8,0	19,6	»	5,1
15 —	10 <sup>h</sup> ,00 soir.	»	26,1	8,2	17,9	»	4,5
14 —	1 <sup>h</sup> ,50 soir.	»	28,9	8,0	20,9	»	3,9
15 —	1 <sup>h</sup> ,15 soir.	»	26,4	9,7	16,7	»	4,8
16 —	10 <sup>h</sup> ,50 mat.	»	50,6	7,0	13,6	»	2,4
16 —	5 <sup>h</sup> ,00 soir.	»	50,0	7,9	22,1	»	4,8
17 —	1 <sup>h</sup> ,45 soir.	»	26,7	6,9	19,8	»	6,6
						moyenne :	19,5
(C) Avec courant de chauffage; puissance dépensée à l'intérieur de l'ampoule : $7,03 \times 10^{-5}$ watts.							
19 juin . . .	10 <sup>h</sup> ,50 soir.	180 min.	66,9	22,8	44,1	46,8	3,9
21 —	10 <sup>h</sup> ,50 mat.	60 —	79,8	51,2	48,6	49,6	(2,1)
21 —	11 <sup>h</sup> ,00 soir.	240 —	69,3	21,5	47,8	51,9	»
						moyenne :	48,8
(D) Oxyde de thorium, sans courant de chauffage.							
28 juin . . .	9 <sup>h</sup> ,00 mat.	»	26,4	4,8	21,2	»	3,0
—	1 <sup>h</sup> ,00 soir.	»	28,2	5,5	22,7	»	»
—	8 <sup>h</sup> ,00 soir.	»	29,4	5,8	23,6	»	0,9
29 juin . . .	9 <sup>h</sup> ,00 mat.	»	26,5	5,5	21,0	»	0,9
—	2 <sup>h</sup> ,50 soir.	»	27,0	5,5	21,5	»	1,0
1 <sup>er</sup> juillet . .	9 <sup>h</sup> ,00 mat.	»	23,1	6,8	16,3	»	5,0
						moyenne :	21,0
(E) Avec courant de chauffage; puissance dépensée à l'intérieur de l'ampoule : $7,03 \cdot 10^{-5}$ watts.							
2 juillet . . .	4 <sup>h</sup> ,45 soir.	45 min.	74,1	24,2	49,9	50,7	»
3 —	2 <sup>h</sup> ,50 soir.	90 —	71,1	29,2	47,9	49,3	»
4 —	2 <sup>h</sup> ,00 soir.	90 —	71,1	23,5	47,6	49,0	»
						moyenne :	49,7

pondent aux couples des séries centrale et radiale diminuent d'abord rapidement par suite de la diffusion de la chaleur à partir du centre, puis la différence entre les lectures reste sensiblement constante. Ce n'est pas cette vitesse de décroissance qui est employée pour faire la correction déjà mentionnée, mais la vitesse, beaucoup plus grande, de refroidissement d'ensemble de l'ampoule.

Pour s'affranchir des forces électromotrices perturbatrices pouvant exister dans le circuit extérieur au bain de glace, on prenait toujours la moyenne des lectures faites au potentiomètre en établissant d'abord les connexions d'une certaine manière, puis en les renversant. Il n'y avait quelquefois aucune différence entre les deux lectures, quelquefois, au contraire, la différence ne s'élevait pas à moins de 60 pour 100 de la plus petite. La table ne contient que les moyennes.

La différence effective de température entre l'oxyde de thorium et le bain de glace, calculée d'après la constante thermo-électrique du couple, était, sans courant de chauffage de 5, 4. 10<sup>-3</sup> C.

La résistance de la série radiale de couples était de 52,8 ohms (y compris les fils conducteurs aboutissant au goulot de l'ampoule); celle de la série centrale était de 87,0 ohms (sans compter les fils conducteurs).

En résumé, les tableaux ci-dessus nous fournissent les moyennes suivantes, exprimées en centimètres du fil du potentiomètre (1 centimètre correspondant à 0,042. 10<sup>-6</sup> volt) :

Sans courant de chauffage. . . . .	19,6.
Avec un courant de chauffage correspondant à 7,05. 10 <sup>-3</sup> watts. . . . .	49,2.
Avec un courant de chauffage correspondant 15,25. 10 <sup>-3</sup> watts . . . . .	85,4.

c'est-à-dire que les différences entre la température de la couche extérieure de l'oxyde de thorium et celle du bain de glace sont :

(a) Par suite de la radioactivité de l'oxyde ThO <sup>2</sup> . . . . .	19,5.
(b) Par suite du travail effectué par 7,05. 10 <sup>-3</sup> watts . . . . .	49,2 — 19,6 = 29,6.
(c) Par suite du travail effectué par 15,25. 10 <sup>-3</sup> watts . . . . .	85,4 — 19,6 = 65,8.

Le rapport de (a) à (b) fournit pour la vitesse du dégagement de chaleur produit par l'oxyde, le nombre 4,66. 10<sup>-5</sup> watts; le rapport de (a) à (c) conduit à 4,54. 10<sup>-5</sup> watts; la moyenne des deux résultats étant 4,55. 10<sup>-5</sup> watts. Tandis que le rapport des watts utilisés est de 15,25/7,05 = 2,17, celui des différences de température qui leur correspondent est 65,8:29,6 = 2,22, ce qui représente une très bonne concordance. Par gramme de l'oxyde de thorium employé, la vitesse du dégagement de chaleur est de 4,55. 10<sup>-5</sup>:4100 = 1,11. 10<sup>-8</sup> watts, un peu plus d'un centième d'erg

par seconde et par gramme. Exprimée au moyen des unités souvent employées par Rutherford, cette vitesse est de 9,60. 10<sup>-6</sup> calorie-grammes par heure et par gramme. Le bromure de radium en état d'équilibre fournit 65 calories par heure et par gramme. Ainsi donc, d'après l'énergie totale qu'il développe par seconde, le bromure de radium en état d'équilibre est 6,8. 10<sup>6</sup>, soit à peu près 7 millions de fois aussi actif que l'oxyde de thorium étudié par nous.

Toutefois, cet oxyde de thorium n'était pas en équilibre radioactif et son activité était bien inférieure à celle qui correspondrait à cet état. Le Dr Otto Hahn, de l'Université de Berlin, a eu l'obligeance de comparer, par des expériences d'ionisation, l'activité de notre oxyde de thorium avec celle de spécimens dont il connaît l'histoire, et en particulier le temps écoulé depuis leur préparation; il est arrivé à cette conclusion que notre oxyde, bien qu'il contint, à l'analyse chimique, 90 pour 100 de ThO<sup>2</sup>, n'a qu'une activité égale à 46 pour 100 de celle de l'oxyde pur dans son état d'équilibre ou minéral; c'est à quoi il fallait s'attendre si, comme il est probable, le thorium était séparé du minerai depuis huit ou dix ans, et s'il contenait de 5 à 10 pour 100 d'impuretés. Il est intéressant de calculer, d'après nos résultats, quelle doit être la vitesse du dégagement de chaleur dans une masse d'oxyde de thorium où sont présents tous les produits de désagrégation dans les proportions qui correspondent à l'état d'équilibre. Si l'on adopte l'hypothèse, très plausible, d'après laquelle le dégagement de chaleur provient presque entièrement de l'énergie cinétique des particules  $\alpha$ , on ne peut pas considérer, en général, les effets d'échauffement et d'ionisation comme proportionnels quand on compare des mélanges de substances actives émettant des particules  $\alpha$  dont les intervalles d'ionisation ne sont pas les mêmes, car le pouvoir ionisant d'une particule  $\alpha$  n'est pas proportionnel à son énergie cinétique. Nous pouvons alors discuter le cas présent comme il suit :

Dans l'oxyde de thorium employé par nous, il y avait, à côté du thorium lui-même, du méso-thorium et du radio-thorium en quantités à peu près égales à la moitié de celles qui correspondraient à l'équilibre avec le thorium, ainsi que tous les produits de décomposition du radio-thorium en équilibre avec ce corps, puisque la vitesse de décroissance du radiothorium est très faible par rapport à celle de chacun de ses produits de désagrégation. Le thorium donne des rayons  $\alpha$  de faible distance d'ionisation (probablement 3 cm environ dans l'air), le méso-thorium donne des rayons  $\beta$  seulement, que l'on peut négliger par rapport aux rayons  $\alpha$ , tandis que le radio-thorium (RaTh) et ses produits de désagrégation donnent 5 séries de rayons  $\alpha$  dont quelques-uns ont un grand intervalle d'ionisation. Or si nous comparons les actions ionisantes totales de deux échantillons de matière, contenant

l'un et l'autre, mais en quantités différentes, RaTh et ses produits de désagrégation en équilibre avec lui, la comparaison nous fournira simplement les quantités relatives de la même substance radioactive contenue dans les deux échantillons; le rapport des vitesses de dégagement de chaleur dans les deux substances sera donc égal au rapport des actions ionisantes. Ce que nous nous proposons actuellement, c'est de comparer l'ionisation due au thorium contenu dans notre substance et à ses produits de décomposition en quantité égale à la moitié de la quantité correspondant à l'équilibre, avec l'ionisation due au thorium et à ses produits de décomposition en quantité égale à celle qui correspond à l'équilibre. Mais puisque les rayons  $\alpha$  du thorium ont une faible distance d'ionisation, et par conséquent ne fournissent, dans l'un et l'autre cas, qu'une faible partie de l'ionisation ou du dégagement de chaleur par rapport à ce que fournissent les cinq séries de rayons  $\alpha$  plus pénétrants du RaTh et de ses

produits de désagrégation, il est évident que les vitesses des dégagements de chaleur doivent être très sensiblement dans le rapport des effets d'ionisation, même si l'ionisation due aux particules  $\alpha$  de différentes distances d'ionisation n'est pas exactement proportionnelle à leur énergie. [Une discussion plus précise pourra être faite sur ce point quand l'intervalle d'ionisation des rayons  $\alpha$  du thorium sera déterminé]. Nous pouvons donc dire que la vitesse du développement d'énergie au sein de la matière employée par nous est les 46 centièmes de celle avec laquelle l'oxyde de thorium pur, en équilibre avec tous ses produits de désintégration, dégage de l'énergie; cette vitesse est ainsi, finalement, de  $0,96.10^{-5}$ ;  $0,46 = 2,1.10^{-5}$  calories par heure et par gramme. Le bromure de radium, dans son état d'équilibre (comprenant jusqu'au radium C), libère de la chaleur 5,2 millions de fois plus vite.

[7 mars 1908.]

[Traduit par L. DUNOYER]