



HAL
open science

Influence des températures élevées sur la loi de décroissance de l'activité induite déposée par le radium

H.L. Bronson

► **To cite this version:**

H.L. Bronson. Influence des températures élevées sur la loi de décroissance de l'activité induite déposée par le radium. Radium (Paris), 1906, 3 (3), pp.72-77. 10.1051/radium:019060030307201 . jpa-00242172

HAL Id: jpa-00242172

<https://hal.science/jpa-00242172>

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.

❖ ❖ ❖ ❖ ❖

Influence des températures élevées sur la loi de décroissance de l'activité induite déposée par le radium.

Par H. L. BRONSON,

Attaché à l'Université de Montréal.

UNE description de la méthode que j'ai employée et quelques-uns des résultats que j'ai obtenus ont déjà été publiés antérieurement dans l'« American Journal of Science » au cours des mois de février et juillet 1905².

En raison de la nouveauté de cette méthode et de son application très satisfaisante à la détermination des courbes de décroissance des substances radioactives, elle est présentée ici avec quelque détail¹.

Dispositif expérimental et méthode de mesure.

Ordinairement, lorsque l'on veut comparer entre eux des courants d'ionisation à l'aide d'un électromètre, la vitesse de déplacement de l'aiguille est prise comme mesure du courant. Dans ces conditions, on suppose que la capacité du système et que le retard

de l'aiguille par rapport au potentiel sont indépendants de la vitesse de déplacement. Ces hypothèses peuvent être légitimes dans quelques cas, mais elles ne le sont certainement plus si les courants que l'on compare ont des valeurs très différentes, ou si l'aiguille se déplace très vite. Dans ce dernier cas, il est possible de ralentir le mouvement de l'aiguille en adjoignant à l'électromètre des capacités en dérivation, mais cela entraîne la nouvelle obligation de mesurer ces capacités, ce qui est assez long et jamais tout à fait satisfaisant.

Cette méthode de « vitesse » présente encore de plus grandes difficultés expérimentales quand il s'agit de mesurer des courants d'ionisation dont la valeur varie rapidement : en effet, d'après la nature même de la méthode, les observations ne peuvent pas être instantanées et ne peuvent pas, par conséquent, se succéder à de très courts intervalles. On voit donc

1. *Phil. Mag.* janv. 1906. p. 145.

2. Voir *Le Radium*.

bien l'intérêt que présentera un procédé de mesure plus rapide et plus direct.

La méthode décrite ci-après, suggérée par le professeur Rutherford, s'est montrée d'une application très pratique et très satisfaisante pour toutes les mesures radioactives qu'a tentées l'auteur de ce travail.

Voici la théorie de cette méthode :

Un coup d'œil jeté sur la figure 1, montre que le montage de l'appareil diffère seulement du montage

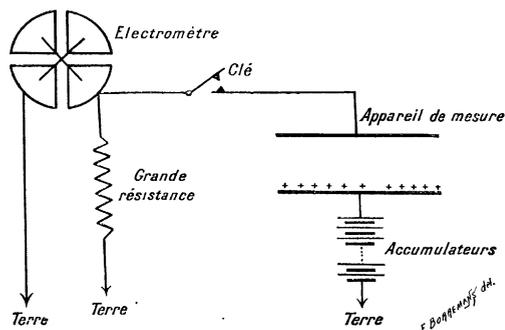


Fig. 1.

ordinaire parce que l'une des paires de quadrants de l'électromètre est reliée non seulement au récipient de mesure, mais encore à la terre par l'intermédiaire d'une grande résistance.

Il est évident, dans ces conditions, que si la clé est fermée le courant d'ionisation qui provient de l'appareil de mesure élèvera d'une façon graduelle le potentiel des quadrants jusqu'à ce que le courant de conduction à travers la grande résistance soit devenu égal au courant d'ionisation. Puisque, d'autre part, ce courant de conduction est proportionnel à la différence de potentiel, au moment où l'équilibre sera atteint, le courant d'ionisation sera également proportionnel à cette différence de potentiel.

Si l'électromètre est bien établi, les déviations, lorsqu'elles seront petites, seront proportionnelles à cette même différence de potentiel des quadrants. Cela constitue un appareil simple à lecture directe.

J'ai essayé d'employer des résistances d'environ 10^{11} ohms constituées par un enduit d'alcool amylique et de carbone sur du verre; et les résultats obtenus par ce procédé étaient bien comparables à ceux que fournissait la méthode de « vitesse de déplacement ».

Toutefois, les résistances ne demeuraient pas suffisamment constantes et pouvaient fausser les résultats. Cela provenait probablement d'un phénomène de polarisation ou d'un effet dû aux variations de température.

Alors le professeur Rutherford imagina qu'il était possible d'employer un courant d'ionisation à la place du courant de conduction à travers une grande résistance.

L'emploi d'un tel dispositif est possible parce que le courant d'ionisation à travers un gaz, soumis à une cause ionisante constante, est proportionnel à la dif-

férence de potentiel entre les plateaux quand cette différence de potentiel est petite. Toutes les substances fortement radioactives, qui resteront approximativement constantes au cours d'une expérience, peuvent être employées comme source ionisante. Dans le cas actuel, c'est un plateau de bismuth très radioactif du Dr Sthamer, de Hambourg, qui fut utilisé. L'activité de ce plateau provenait d'un dépôt de ce que l'on appelle le radio-tellure de Marckwald¹ et de cette façon on n'avait pas affaire à des rayons pénétrants. Si, au contraire, on avait employé un sel de radium, il aurait fallu envelopper l'appareil qui l'aurait contenu par un revêtement de plomb très épais afin d'éviter toute influence des rayons pénétrants sur les autres parties de l'appareil.

Les avantages de cette méthode de « déviation constante » sont manifestes; les déviations sont indépendantes de la capacité, et, de ce fait, les appareils de mesure peuvent être interchangeables sans entraîner de causes d'erreur; les mesures peuvent être exécutées dans de grandes limites sans aucune difficulté et les observations peuvent être faites instantanément et aussi près les unes des autres qu'on peut le désirer. En effet, dans quelques cas, les mesures se succédaient à cinq secondes d'intervalle.

La précision d'une mesure individuelle est toutefois limitée par une légère oscillation de l'aiguille. Des essais répétés ont été faits pour éliminer cet effet par une meilleure protection contre les actions électrostatiques extérieures et par un soin tout particulier des contacts, mais sans aucun succès.

L'explication la plus plausible de ce fait semble être que le courant d'ionisation lui-même subissait des variations extrêmement petites et rapides. Mais toutefois, cette difficulté n'a pas d'importance, car l'erreur qu'elle entraîne sur une mesure individuelle est rarement aussi forte que 1 pour 100.

Pour la conduite des expériences actuelles, j'ai trouvé que le dispositif le plus pratique et le plus satisfaisant était le suivant :

L'électromètre était un électromètre à quadrants ordinaire qui se distinguait seulement par son aiguille très légère en mica argenté suspendue par un fil fin de bronze phosphoreux. L'aiguille était constamment reliée à une batterie de petits accumulateurs qui maintenait son potentiel constant. Selon l'usage, l'aiguille était maintenue à un potentiel de 85 volts et elle donnait une déviation de 15 centimètres pour une différence de potentiel de 1 volt entre les quadrants.

En employant un fil de suspension plus fin et en augmentant la tension de l'aiguille, il était possible de centupler la sensibilité. L'échelle avait 1 mètre de long et n'était qu'à 1 m. 80 de l'électromètre,

1. Le radiotellure a été démontré par M^{me} Curie être identique au polonium découvert par elle.

(Note du traducteur).

mais il était possible, en la tournant d'un petit angle, d'obtenir que les déviations lues sur cette échelle soient, sur toute sa longueur, proportionnelles à la différence de potentiel des quadrants avec une erreur maxima d'environ 0,5 pour 100.

Dans le cas où le courant à mesurer produisait une déviation supérieure à 1 mètre, on faisait subir une modification à ce dispositif. Au moyen de la batterie B (fig. 2) et des deux boîtes de résistance R_1 et R_2 le po-

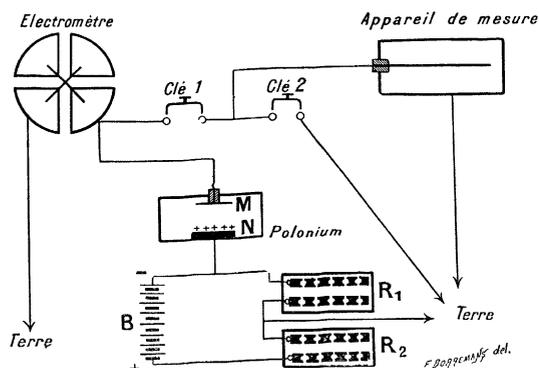


Fig. 2.

tentiel du plateau de radiotellure était abaissé au-dessous du potentiel de la terre. Cela diminuait de la même quantité la différence de potentiel entre les quadrants, et rendait ainsi la déviation mesurable à l'aide de l'échelle divisée.

De cette façon, des courants d'ionisation qui auraient produit une déviation de 1^m,50 pouvaient encore être mesurés. Cela était la limite des courants mesurables parce que si des courants plus forts que ceux-ci traversaient l'appareil à radiotellure, ils n'étaient plus proportionnels à la différence de potentiel entre les plateaux.

Il est certain qu'avec une substance plus active telle que le bromure de radium, les courants resteraient proportionnels sur une plus grande étendue.

Le radiotellure et la plaque M qui était au-dessus de lui étaient recouverts d'une feuille d'aluminium très mince afin d'éliminer autant que possible toute différence de potentiel de contact; l'ensemble était enfermé dans une enceinte métallique pour éviter les courants d'air et les effets électrostatiques. Afin de tenir compte d'une faible différence de potentiel de contact qui existait toujours, il y avait une clé supplémentaire entre l'appareil de mesure et l'électromètre. Quand les 2 clés étaient fermées, l'appareil de mesure et les 4 quadrants de l'électromètre étaient reliés au sol; quand la clé 2 était ouverte, la connection avec la terre était supprimée et l'appareil de mesure était relié à l'électromètre; quand la clé 1 était ouverte, la connection au sol des quadrants AA était coupée et la lecture faite dans ces conditions était le vrai zéro, ce qui éliminait toute erreur qui aurait pu provenir de la

différence de potentiel de contact. L'appareil tout entier était enveloppé avec soin par un écran métallique afin d'éviter toute action électrostatique extérieure; les clés étaient manœuvrées mécaniquement de l'extérieur.

Résultats obtenus par Curie et Danne.

Au cours d'une étude attentive de la loi de décroissance de l'activité induite déposée par le radium, il fut recherché si celle-ci était modifiée d'une façon permanente par les températures élevées. La conclusion à laquelle je suis parvenu est en contradiction avec celle de Curie et Danne¹, et démontre que les températures comprises entre 700 et 1100° centigrades ne modifient pas d'une façon permanente la loi de décroissance de l'activité induite.

Miss Gates² a montré que si un fil de platine recouvert de radioactivité induite du radium était porté au rouge blanc, la matière active était volatilisée et se déposait sur les corps froids environnants. Curie et Danne ont étendu nos connaissances à ce sujet en montrant que les corps constituant l'activité induite n'étaient pas également volatils.

De plus, ils trouvèrent aussi que la loi de décroissance semblait avoir été modifiée d'une façon permanente par la température élevée. Le tableau suivant donne quelques-uns de leurs résultats :

| A | Θ |
|-------|------|
| 650° | 23,3 |
| 850° | 24,6 |
| 1000° | 21,0 |
| 1100° | 20,5 |
| 1250° | 24,1 |
| 1500° | 25,4 |

Dans ce tableau, A représente, en degrés centigrades, la température à laquelle était portée l'activité induite et Θ est la « période », c'est-à-dire le temps, en minutes, que met l'activité à baisser de la moitié de sa valeur. Curie et Danne ont encore trouvé que toutes les courbes étaient des exponentielles. Ils en conclurent que la loi de décroissance avait été altérée d'une façon permanente, et que, quand la température croît, la « période » passe par une valeur minima aux environs de 1100° centigrades pour augmenter ensuite. Il n'était pas inadmissible que les hautes températures pussent diminuer la période de décroissance de l'activité induite, mais il semblait très remarquable que cette période passât par un minimum pour augmenter ensuite avec les températures encore plus élevées.

Résultats des recherches actuelles.

Il paraissait possible que tous les résultats de Curie et Danne pussent s'expliquer par les différences de volatilité des corps qui constituent l'activité induite. Pour vérifier cette hypothèse, un fil de cuivre sur

1. *Comptes rendus*. CXXXVIII, p. 748, 1904.
2. *Physical Review*. Mai, 1905.

lequel la matière active avait été déposée fut enfermé dans un tube à combustion duquel aucun produit volatil ne pouvait s'échapper.

Une étude préalable du tube de verre montra qu'il résistait à des températures suffisantes pour faire fondre le fil de cuivre qu'il renfermait, c'est-à-dire qu'on pouvait le porter sans crainte à une température de 1100° C environ.

Dans tous les cas où il fut fait usage de hautes températures, les fils furent chauffés dans un petit four électrique établi par le D^r C. A. Timme de Berlin. Ce four avait été préalablement étalonné au moyen d'un couple thermo-électrique platine-rhodium.

Dans diverses expériences, les fils étaient maintenus dans le four pendant des temps différents, mais cela paraissait n'avoir qu'une très faible influence sur le résultat.

Après avoir été retiré du four, le tube de verre renfermant le fil activé était recouvert avec une feuille mince d'aluminium et placé au fond d'un condensateur cylindrique. Dans ces conditions, l'ionisation dans l'appareil de mesure était produite seulement par les rayons β . Dans certains cas où le fil était chauffé sans être enfermé dans un tube de verre, c'est le fil lui-même qui servait d'électrode centrale dans l'appareil de mesure. Parfois, il était recouvert d'une feuille de plomb assez épaisse pour arrêter tous les rayons α , mais généralement, il restait nu et alors l'ionisation était en grande partie produite par les rayons α .

Comme les courbes obtenues ont été les mêmes dans chaque cas, il sera inutile d'indiquer quel procédé fut appliqué à chaque expérience particulière.

La courbe B (fig. 5) est la courbe logarithmique

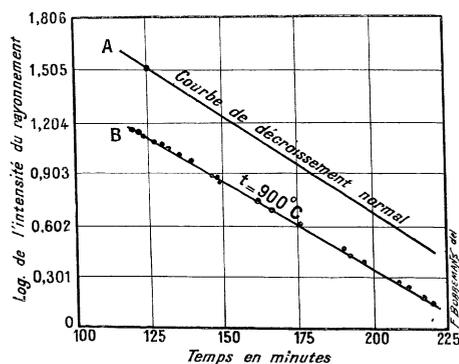


Fig. 5.

de décroissance obtenue quand le dépôt actif a été enfermé dans un tube de verre et chauffé à 900° C. et A est la courbe de décroissance du dépôt actif dans les conditions normales, c'est-à-dire quand il n'a pas été soumis aux températures élevées. Ces courbes sont approximativement parallèles, et l'on peut en con-

clure que la loi de décroissance n'était pas altérée d'une façon appréciable par une température de 900° C.

Un grand nombre d'expériences ont été faites par ce procédé à des températures variant entre 700° et 1100° C. mais, dans aucun cas, la période n'a été inférieure à 26 minutes.

Si donc, comme les expériences précédentes semblent le montrer, les résultats de Curie et Danne peuvent s'expliquer par la volatilisation d'un ou de plusieurs corps parmi ceux qui constituent la radioactivité induite, il ne faut pas nous attendre à voir la période de décroissance relative à la matière active qui reste sur le fil dépendre uniquement de la température, car il doit y avoir d'autres conditions, à côté de la température, qui modifient la quantité de matière volatilisée ; et il fut démontré que tel était bien le phénomène. Par exemple, si les produits volatils étaient chassés du tube de verre par un courant d'air au moment de la chauffe ou par l'introduction dans le four d'une tige de cuivre froid pendant quelques secondes avant que l'on enlevât

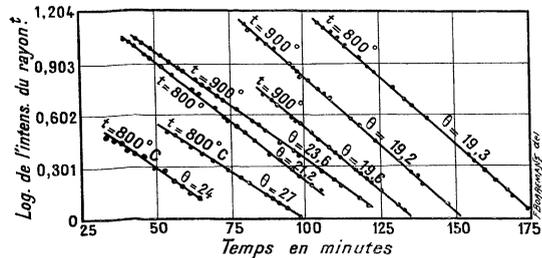


Fig. 4.

le fil de platine, la période de décroissance du produit qui restait sur le fil était toujours plus petite.

La figure 4 est un bel exemple des résultats obtenus quand la matière active est déposée sur un fil de platine et chauffée dans le four.

A, B, C, et G sont 4 courbes de décroissance du dépôt actif après une chauffe aux environs de 800° C. Pour les 5 autres courbes, la température employée est d'environ 900° C. Le temps est compté à partir du moment où le fil a été retiré de l'émanation :

Les premiers points des courbes F et G seraient respectivement aux environs de 200 et 500 minutes, car dans ces deux cas, les fils n'ont été mis dans le four que plusieurs heures après avoir été retirés de l'émanation. Comme on s'y attendait, la période a varié considérablement, mais elle fut toujours plus petite quand on prit soin de chasser le produit volatil du fourneau avant d'enlever le fil.

Un grand nombre d'autres courbes furent déterminées à des températures plus basses ou plus élevées, mais toujours les résultats obtenus furent semblables.

Il y avait, cependant, un fait très remarquable au sujet de toutes les courbes déterminées et, principalement, au sujet de celles pour lesquelles on avait pris

soin d'éliminer les produits volatils : en effet, un grand nombre d'entre elles avait des périodes comprises entre 19 et 20 minutes. La seule explication possible de ce fait paraissait être qu'il était resté dans ces conditions une matière radioactive simple qui émettait des rayons et dont l'activité diminuait de moitié en 19 minutes environ.

D'autre part, Rutherford¹ a montré que, si l'on néglige la première demi-heure, la courbe de décroissance de la radioactivité induite du radium est interprétée d'une façon satisfaisante en imaginant deux produits successifs, le radium B et le radium C; la matière B n'émettant aucun rayonnement, et la matière C émettant des rayons α , β et γ . En prenant 28 minutes comme période de décroissance pour l'un de ces produits, il a calculé que la période de l'autre devait être de 21 minutes. Théoriquement, il n'y a aucune différence si la période la plus longue est attribuée à la matière B ou à la matière C, mais les expériences de Curie et Danne signalées ci-dessus entraînent ces auteurs à attribuer la période la plus longue au radium C.

Les résultats publiés dans cet article, au contraire, montrent que c'est au radium B qu'appartient la plus longue. Dans ces conditions, le radium devient analogue au thorium et à l'actinium qui possèdent tous les deux un produit de transformation privé de rayonnement dont la période est plus longue que celle du produit de transformation immédiatement postérieur.

Il y a encore un point à éclaircir : Curie et Danne ont établi que leurs courbes étaient exponentielles, et les courbes de la figure 4 sembleraient confirmer ceci.

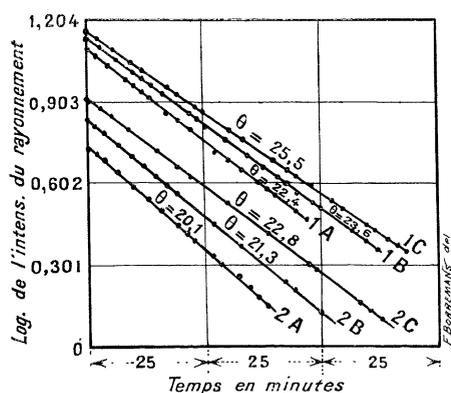


Fig. 5.

Mais, si les différentes périodes obtenues sont dues à un mélange, en proportions variables, des deux substances dont l'une émet des rayons et possède une période de 19 minutes tandis que l'autre n'émet aucun rayonnement et possède une période de 26 minutes,

1. *Philosophical transactions*, vol. CCIV. p. 496.

il est évident que la loi de décroissance du mélange doit aller en diminuant, car le produit à longue période diminuant le plus lentement, il doit exister en proportion de plus en plus grande dans le mélange. Afin d'éclaircir ce point, j'ai mesuré, après chauffe et pendant très longtemps la décroissance d'activité du dépôt radioactif.

La figure 5 montre les résultats de deux expériences de cette espèce. 1A, 1B et 1C sont trois portions d'une même courbe obtenue après avoir chauffé le dépôt actif à 650° C. 1A fut déterminée aussitôt après la chauffe, 1B après environ 2 heures, et 1C après environ 4 heures. Les valeurs respectives de la période ont été 22,4 — 25,6 — et 25,5 minutes. Dans le cas de la courbe 2 la température était d'environ 800° C. 2A a été mesuré immédiatement après la chauffe, 2B environ 1 heure plus tard et 2C 2 heures et demie plus tard. Les valeurs obtenues pour la période ont été respectivement 20,1 — 21,3 et 22,8 minutes. On voit donc que les courbes obtenues après chauffe n'étaient plus exponentielles mais avaient une période de plus en plus grande.

Courbe de décroissance de l'activité induite par le radium.

Quoique les valeurs les plus faibles que j'ai obtenues pour la période du radium C soient 19,2 et 19,5 minutes (valeurs calculées d'après F et G fig. 4), il paraît cependant probable que, même dans ces cas, tout le radium B n'avait pas été éliminé et que, par conséquent, la vraie période de C n'était pas éloignée de 19 minutes.

Il serait intéressant de contrôler la valeur ci-dessus en comparant la courbe de décroissance expérimentale avec la courbe théorique calculée en admettant que la période du radium C est 19 minutes.

La période de la dernière portion de la courbe de

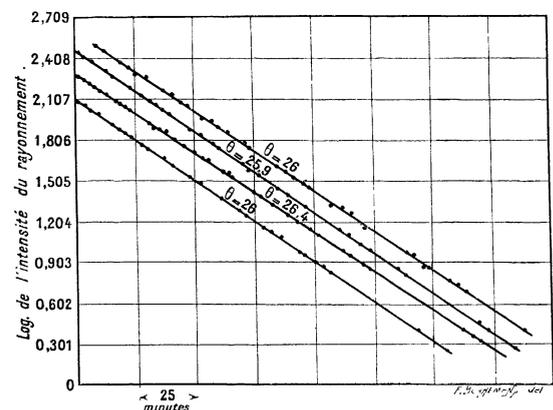


Fig. 6.

décroissance de l'activité induite du radium est considérée ordinairement comme ayant une durée de 28 minutes. Cela est à peu près la valeur correcte de la période deux heures et demie après que l'on a retré

l'activité induite hors de l'émanation. Mais si on mesure cette période cinq ou six heures plus tard, on trouvera un nombre considérablement plus faible.

La figure 6 montre les portions finales de 4 courbes de décroissance. Le premier point de chaque courbe a été déterminé plus de quatre heures et demie après que l'on eut enlevé le dépôt radioactif hors de l'émanation; même encore dans ces conditions, les courbes ne sont pas exactement exponentielles.

Ces courbes donnent 26,4 minutes comme valeur moyenne de la période du dépôt radioactif entre cinq et sept heures après qu'il a été séparé de l'émanation. D'après cela on peut facilement calculer que la période finale de décroissance, qui correspond au radium B est environ 25,8 minutes. Les résultats expérimentaux ne sont pas assez nombreux pour que cette dernière idée soit certaine, et la moyenne d'un grand nombre d'autres valeurs obtenues indiquerait que 25,8 minutes doit être un peu trop faible. Il paraît cependant certain que la période du radium B est très voisine de 26 minutes.

Les valeurs théoriques du tableau suivant ont été

| TEMPS | LONGUE ACTIVATION | | COURTE ACTIVATION | |
|-------|-------------------|-----------------|-------------------|-----------------|
| | VALEUR OBSERVÉE | VALEUR CALCULÉE | VALEUR OBSERVÉE | VALEUR CALCULÉE |
| 50 | 52,9 | 55,1 | 5,57 | 5,61 |
| 60 | 45,4 | 45,7 | 5,19 | 5,17 |
| 70 | 35,7 | 35,7 | 2,75 | 2,75 |
| 80 | 28,9 | 28,8 | 2,51 | 2,29 |
| 100 | 18,5 | 18,5 | 1,56 | 1,54 |
| 120 | 11,6 | 11,6 | 1,01 | 1,00 |
| 140 | 7,2 | 7,2 | 0,64 | 0,65 |
| 160 | 4,4 | 4,5 | 0,595 | 0,595 |
| 180 | 2,65 | 2,65 | 0,241 | 0,242 |
| 200 | 1,59 | 1,58 | 0,148 | 0,147 |
| 220 | 0,95 | 0,95 | 0,089 | 0,089 |
| 240 | 0,56 | 0,57 | 0,054 | 0,054 |
| 260 | 0,55 | 0,55 | 0,052 | 0,052 |
| 280 | 0,19 | 0,20 | 0,0186 | 0,0191 |

obtenues en supposant que 2 produits de transformation seulement intervenaient dans le dépôt d'activité induite, et que les périodes de ceux-ci étaient respectivement 26 et 19 minutes.

La première partie de la courbe qui est spécialement influencée par le premier produit de transformation à évolution rapide est encore à l'étude. Quand ceci sera terminé, il sera peut-être nécessaire de prendre pour le radium C une période légèrement inférieure à 19 minutes, afin qu'il y ait une concordance aussi parfaite que possible entre la théorie et l'expérience. De toute façon, la concordance très exacte indiquée ci-dessus entre les courbes théoriques et pratiques et de plus les mesures individuelles qui ont été effectuées pour l'une et l'autre période, semblent démontrer d'une façon concluante que 26 et 19 minutes sont approximativement les valeurs respectivement correctes des périodes de décroissance du radium B et du radium C.

Conclusions.

Les expériences ci-dessus semblent démontrer :

1° Que les températures comprises entre 700 et 1100 degrés centigrades ne modifient pas d'une façon permanente la loi de décroissance de l'activité induite dépassée par le radium.

2° Que le radium B et non le radium C a la période de décroissance la plus longue.

5° Que les valeurs antérieures de 28 et 26 minutes sont l'une et l'autre trop fortes pour les périodes de décroissance respectives des radiums B et C, et que 26 et 19 minutes sont les vraies valeurs.

Et je termine en ayant le plaisir d'exprimer ma reconnaissance au professeur Rutherford pour ses nombreux et importants conseils et pour l'aimable intérêt qu'il apporta à ce travail.

(Traduit de l'anglais par A. LABORDE.)

