

**Quelques résultats expérimentaux sur la sensibilité de
l'analyse spectrale par absorption, aux fréquences des
rayons X, et sur le spectre d'absorption de haute
fréquence du radium**

Maurice de Broglie

► **To cite this version:**

Maurice de Broglie. Quelques résultats expérimentaux sur la sensibilité de l'analyse spectrale par absorption, aux fréquences des rayons X, et sur le spectre d'absorption de haute fréquence du radium. J. Phys. Theor. Appl., 1919, 9 (1), pp.31-36. 10.1051/jphystap:01919009003101 . jpa-00242020

HAL Id: jpa-00242020

<https://hal.archives-ouvertes.fr/jpa-00242020>

Submitted on 1 Jan 1919

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.

**QUELQUES RÉSULTATS EXPÉRIMENTAUX SUR LA SENSIBILITÉ
DE L'ANALYSE SPECTRALE PAR ABSORPTION, AUX FRÉQUENCES DES RAYONS X,
ET SUR LE SPECTRE D'ABSORPTION DE HAUTE FRÉQUENCE DU RADIUM ;**

Par M. Maurice DE BROGLIE.

Les méthodes d'analyse spectrale, basées sur les spectres d'émission et d'absorption des rayons X, apportent un moyen de plus de déceler la présence d'éléments connus et, probablement, d'en découvrir de nouveaux ; cette branche de la science est encore trop jeune pour entrer dès à présent dans la pratique courante, mais on peut commencer à prévoir quel ordre de sensibilité elle permet d'atteindre et à citer quelques résultats d'expérience.

L'analyse spectrale par rayons X se présente sous trois formes principales :

1° La substance dont on recherche le spectre est incorporée à l'anticathode (c'est-à-dire placée à l'intérieur de l'ampoule et fixée d'une manière ou d'une autre sur la surface qui reçoit le jet des rayons cathodiques) ; quand l'anticathode elle-même contient des impuretés, leurs lignes principales se retrouvent également dans le spectre émis.

Moseley, Siegbahn, Stenstrom et d'autres auteurs ont ainsi obtenu le spectre de diverses substances, tassées en poudre fine dans des rainures de l'anticathode.

Il est probable que cette méthode est celle qui possède le plus de sensibilité, c'est-à-dire celle qui permet de déceler les plus petites quantités d'éléments à reconnaître dans la substance à analyser, mais elle offre un inconvénient grave, qui est d'introduire la matière à étudier dans le tube et de faire le vide dans ces conditions.

Les dégagements de gaz et de vapeurs rendent l'opération délicate ; l'échauffement de l'anticathode et l'effet direct des rayons cathodiques tendent à désagréger la matière soumise au bombardement ; le vide ne se maintient pas et l'ampoule est rapidement hors d'usage. Une opération de ce genre reste encore, en somme, un travail très délicat de laboratoire ;

2° On peut opérer par rayons secondaires ; c'est-à-dire analyser le spectre émis par la substance à étudier, quand elle est soumise elle-même à un faisceau primaire de rayons X émis par un tube ordinaire.

J'ai publié dans le *Journal de physique* ⁽¹⁾ un certain nombre de renseignements sur cette question et je n'y reviendrai pas aujourd'hui ; je me bornerai à citer deux exemples où j'ai eu l'occasion d'employer cette méthode. Des oxydes déposés sur le filament d'une lampe de télégraphie sans fil à trois électrodes ont pu être étudiés (au point de vue de leurs constituants à poids atomique élevé) sans ouvrir la lampe ; un plateau de laiton doré contenu dans un microphone de sous-marin a été reconnu comme laiton doré sans démonter l'appareil.

3° On peut enfin profiter de la simplicité et de la netteté des phénomènes d'absorption présentés par tous les éléments vis-à-vis des rayons X, pour chercher à les caractériser par la présence de leur bande critique d'absorption.

Pour tous les corps simples expérimentés, il existe une discontinuité brusque dans le coefficient d'absorption, pour une longueur d'onde très voisine de celle des raies du groupe K, qui possède la plus haute fréquence.

Cette particularité spectrale est aisément mise en évidence par la photographie au cristal tournant et se traduit par un changement très brusque dans l'intensité de l'impression photographique. L'intensité initiale étant I_0 , l'intensité I_x , après traversée d'une épaisseur x d'écran, est :

$$I_x = I_0 e^{-\mu x}.$$

Si le coefficient μ saute brusquement d'une valeur μ_1 à une valeur

(1) *Journal de Physique*, 1916, p. 227.

μ_2 , les intensités de chaque côté seront I_1 et I_2 telles que :

$$I_1 = I_0 e^{-\mu_1 x}, \quad I_2 = I_0 e^{-\mu_2 x}, \quad \frac{I_1}{I_2} = e^{-(\mu_1 - \mu_2)x}.$$

Le contraste mesuré par le rapport $\frac{I_1}{I_2}$ croîtra donc exponentiellement avec x .

Prenons le cas des éléments voisins du poids atomique 100, pour lesquels μ_1 est de l'ordre de $8 \mu_2$, et μ_2 de l'ordre de 100 en unités C. G. S. ; le contraste sera mesuré par e^{-700x} . C'est-à-dire que pour une épaisseur x de un dixième de millimètre, le rapport des intensités de part et d'autre de la discontinuité sera de l'ordre de e^{-7} ; l'intensité passera de 1.000 à moins de 1.

Pratiquement, en tenant compte du voile des plaques, de la présence des spectres d'ordre supérieur, plus pénétrants, qui viennent se superposer dans la région considérée, il faut, pour un contraste bien visible, que le rapport calculé des intensités reste supérieur à 2. J'ai fait quelques recherches quantitatives, pour apprécier jusqu'à quelle dilution on peut descendre, tout en gardant un enregistrement suffisant des phénomènes d'absorption.

La solution absorbante expérimentée était une solution de chlorure de Baryum dans l'eau, sans présence d'autres éléments chimiques; ce qui intervient donc, pour limiter l'épaisseur sous laquelle on pourra faire traverser la solution par les rayons, c'est seulement l'absorption par le solvant, qui finit naturellement par dominer quand la dilution augmente.

Dans la région où l'on peut songer à enregistrer des spectres d'absorption, dans des conditions faciles, c'est-à-dire pour des longueurs d'onde inférieures à $\lambda = 2.10^{-8}$ centimètre des corps, tels que l'aluminium, le verre, l'eau, le celluloïd ne présentent pas d'absorption sélective; l'aluminium et le verre sont environ neuf fois plus absorbants que l'eau et le celluloïd; il y aura donc lieu de renfermer les solutions dans de petits récipients de celluloïd.

A l'endroit de la bande critique du Baryum ($\lambda = 0,328. 10^{-8}$ centimètre), l'épaisseur d'eau qui absorbe de moitié l'énergie incidente est de l'ordre de 30 millimètres, de sorte qu'on peut admettre une épaisseur totale de solution traversée de l'ordre de quelques centimètres.

Une solution de chlorure de Baryum contenant 5 grammes de sel

par litre a donné une opposition bien tranchée sous une épaisseur de 3 centimètres ; avec des épaisseurs un peu plus grandes on peut encore reconnaître la présence du Baryum dans une solution contenant 1 gramme de sel par litre ; en considérant le prisme ayant pour base la surface de la fente (2 à 3 millimètres carrés), on voit qu'il contient une quantité de Baryum inférieure à 1 milligramme.

Si l'on dispose à l'état solide de la substance à essayer, c'est donc seulement une quantité de cet ordre qui sera nécessaire ; on n'aura qu'à la disposer sur la fente, et on ne la perdra pas ainsi qu'il arrive dans les réactions spectroscopiques lumineuses utilisant la flamme ou l'étincelle.

Enfin il ne faut pas oublier que la bande d'absorption d'un corps peut masquer celle d'un autre corps ; par exemple une petite quantité d'un élément, mêlée à un grand excès d'un autre élément de poids atomique un peu supérieur, sera difficile à reconnaître par absorption.

Bandes d'absorption du Radium. — Les résultats qui sont exposés plus haut montrent qu'on peut, avec de très petites quantités de matière, obtenir des résultats dans les spectres d'absorption des rayons X. On peut donc, en particulier, étudier des préparations concentrées de substances radioactives.

En voici quelques exemples :

a) Un petit tube de verre (épaisseur des parois 0^{mm},3) percé d'un trou capillaire contient environ 2 milligrammes de sulfate de radium précipité à 90 0/0 ; le reste étant surtout constitué par du sulfate de Baryum ; on le place devant la fente du spectrographe et on explore par photographie la région qui correspond aux longueurs d'onde inférieures à 0,5 10⁻⁸ centimètre. On doit trouver là la bande K du radium aux environs de 1°15' sur le sel gemme, puis la bande K du Baryum ($\lambda = 0,328 \cdot 10^{-8}$ centimètre).

On trouve, en effet, la bande du Baryum très fortement marquée ; il y a bien une indication pour la présence de la bande K du radium, mais sans netteté suffisante ; j'ai pu, autrefois⁽¹⁾, suivre les bandes K des éléments jusqu'au bismuth (N = 83) où la discontinuité est encore très nette, le thorium (N = 92) donnait un phénomène flou, le radium (N = 88) se place entre les deux ; les rayons correspondant à

(1) *Journal de Physique*, 1916, p. 16.

sa bande K sont déjà si pénétrants que le bord de la bande ne peut être déterminé exactement.

La même préparation dans le même tube est examinée par les rayons de longueur d'onde 0,5 à 1,2 10^{-8} centimètre ; on voit encore très fortement le second ordre de la bande du Baryum, mais les parois de verre et la substance elle-même absorbent énergiquement le fond continu qui permettrait de voir les phénomènes d'absorption relatifs à la région considérée ; il faut opérer autrement et, en particulier, rejeter les parois de verre, dès qu'elles dépassent quelques dixièmes de millimètres d'épaisseur.

b) On s'est alors adressé à une préparation, également de sulfate de radium, contenue dans un tube en celluloïd de 2 millimètres de paroi ; avec cette grande épaisseur de celluloïd le résultat est encore approximativement le même ; cette préparation montre encore très fortement la bande du Baryum.

c) Une solution contenant environ 25 milligrammes de chlorure de radium par centimètre cube est renfermée dans un tube d'acétate de cellulose, à paroi mince de 2 millimètres de diamètre (il y a 20 millimètres cubes de solution, soit 0,5 milligramme de chlorure de radium), en explorant les longueurs d'onde de 0,5 à 1,2 10^{-8} centimètre, on trouve deux bandes caractéristiques qui sont les bandes L_1 et L_2 de l'élément radium ; elles correspondent aux longueurs d'ondes suivantes :

L_1	$\lambda = 0,802 \cdot 10^{-8}$ centimètre,
L_2	$\lambda = 0,668 \cdot 10^{-8}$ centimètre.

Une bande faible tombe à 0,707 10^{-8} centimètres et n'a pu recevoir d'attribution certaine ; cette longueur d'onde conviendrait à la bande L_2 de l'émanation, mais la quantité extraordinairement faible de cet élément ne permet pas de regarder cette origine comme vraisemblable ; de plus, la raie double $K\alpha$ du molybdène, souvent présente à l'état d'impureté dans le spectre des tubes Coolidge, vient se placer à peu près au même endroit et peut ajouter au noircissement de cette région de la plaque.

Une autre préparation, plus pure, de chlorure de radium à 95,5 0/0 ne contenant plus que 0,5 0/0 de Baryum, a fourni les mêmes résultats et ne présentait plus, d'une façon sensible, la bande caractéristique du Baryum.

Les deux bandes L_1 et L_2 du radium ont bien les positions qui assignent à cet élément le nombre atomique 88 d'après la loi :

$$\sqrt{\nu} = aN + b \quad \left(\nu = \frac{1}{\lambda} \right)$$

qui s'applique aux bandes L des éléments jusqu'ici expérimentés.

En première approximation, il ne paraît donc pas y avoir, pour les éléments radioactifs tels que le radium, de particularité remarquable dans la région L d'absorption ; je considère néanmoins comme probable, qu'aux très hautes fréquences, dépassant de beaucoup la région K d'absorption, les éléments radioactifs doivent présenter des phénomènes d'absorption remarquables, en raison du caractère instable de leur noyau.
