

MÉMOIRES ORIGINAUX

Sur l'ionisation de la vapeur d'eau par les rayons α du polonium

Par B. BIANU

[Faculté des Sciences de Paris. Laboratoire de M

Les particules α traversant les gaz ionisent une partie des molécules rencontrées et le phénomène est représenté par la courbe de Bragg dont la forme varie suivant la nature du gaz traversé.

On a remarqué aussi que les gaz soumis à l'action des rayons α sont le siège de réactions chimiques qui prennent parfois des proportions importantes. Divers physiciens se sont proposé d'étudier s'il y a une relation entre le phénomène d'ionisation et la réaction chimique produite sur le passage des rayons α . Les travaux de M. Lind¹ ont montré que la réaction chimique est proportionnelle à l'ionisation; d'autres travaux cependant et notamment ceux de MM. Duane et O. Scheuer² ont montré que dans le cas de la vapeur d'eau le nombre d'ions est de beaucoup plus grand que le nombre de molécules du gaz formé sous l'action des rayons α .

A la suite de ces travaux Mme Curie et M. Debierne ont bien voulu me proposer de faire des expériences directes sur l'ionisation produite par les rayons α du polonium dans la vapeur d'eau. La méthode que j'ai employée est la même que celle employée par M. Taylor³, c'est-à-dire que j'ai tracé la courbe de Bragg dans la vapeur d'eau et la même courbe dans l'air à une pression telle que le parcours soit le même. Dans ces conditions le rapport entre les surfaces des courbes d'ionisation est le même que le rapport des ionisations totales. D'après les résultats obtenus par M. Bragg et confirmés par MM. Taylor et Laby⁴ on s'attendait à ce que le parcours dans la vapeur d'eau fût plus grand que le parcours dans l'air et surtout à la température ambiante. L'étude de cette question à une température de 20° par exemple aurait nécessité l'emploi des appareils de Bragg de dimensions considérables et des lames fortement actives pour avoir un courant d'ionisation appréciable; c'est pour cela que j'ai préféré expérimenter à une température élevée, où le parcours est plus faible et les ordonnées de la courbe de Bragg constituées par des courants plus forts. L'appareil qui s'imposait était l'appareil de Bragg modifié suivant les conditions de l'expérience:

il fallait donc qu'il pût tenir le vide et que les isolants employés résistassent à une température voisine de 100°, sans qu'ils dégagent des vapeurs en quantité appréciable. Parmi les isolants qu'on emploie couramment dans les mesures de radioactivité j'ai choisi l'ambre qui a l'avantage de résister à une température de 100° sans que l'isolement électrique soit devenu mauvais.

Dans les expériences qu'on fait à la température ambiante on a l'habitude de mastiquer les diverses parties de l'appareil; étant donné les conditions de l'expérience que je me proposais de faire, il fallait renoncer complètement à l'emploi du mastic et maintenir par pression les pièces composant l'appareil.

La figure 1 indique les dispositifs adoptés et la construction détaillée de l'appareil¹. E est le plateau qui est en communication avec l'électromètre par l'intermédiaire de la tige E', sur laquelle on visse la pièce E'' et sur celle-ci la tige E'''. La tige E est isolée du reste de l'appareil par le bouchon d'ambre A: entre la pièce E'' et A se trouve une rondelle en cuir graissé b qui étant pressée par E'' empêche l'air de rentrer. L'ambre A est fixé sur le couvercle en laiton D par la pièce H qui par l'intermédiaire de la bague O exerce une forte pression sur A. Entre O et A et entre A et D il existe les bagues en cuir a et m. Sur H on visse le tube T coudé à angle droit qui protège la tige E' contre l'eau qui chauffe l'appareil. En V il se trouve un dispositif analogue qu'on n'a pas dessiné et qui sert pour amener la tension à la toile B. Celle-ci est fixée sur le couvercle D par trois pièces en ambre dont une seulement (L) est représentée sur la figure.

A son tour le couvercle D repose sur le cylindre c et celui-ci sur le cylindre F; à l'aide de deux vis on serre fortement a et ce dispositif s'est montré suffisant pour maintenir un bon vide. L'intérieur du cylindre F est mis en communication par le tube T₁ avec un petit réservoir à eau (N) et par le tube T₂ avec une trompe à mercure. Pour éviter l'emploi des raccords entre F et T₂ on a fait passer la trompe à mercure par un tube en ambre qui se

1 S. C. Liss. *Le L.*

1912 426.

2 W. G. Duane et

Le Radium, 40 1915 25

3 Liss.

4

1. 0
par M

ruit au laborato-

à vide serrés à volonté à l'aide des pinces π_1 et π_2 . M est la tige qui porte les divisions en millimètres et

qu'un tube en laiton qui présente une ouverture longitudinale représentée en pointillé et à l'intérieur duquel se trouve un tube en verre à parois très épaisses.

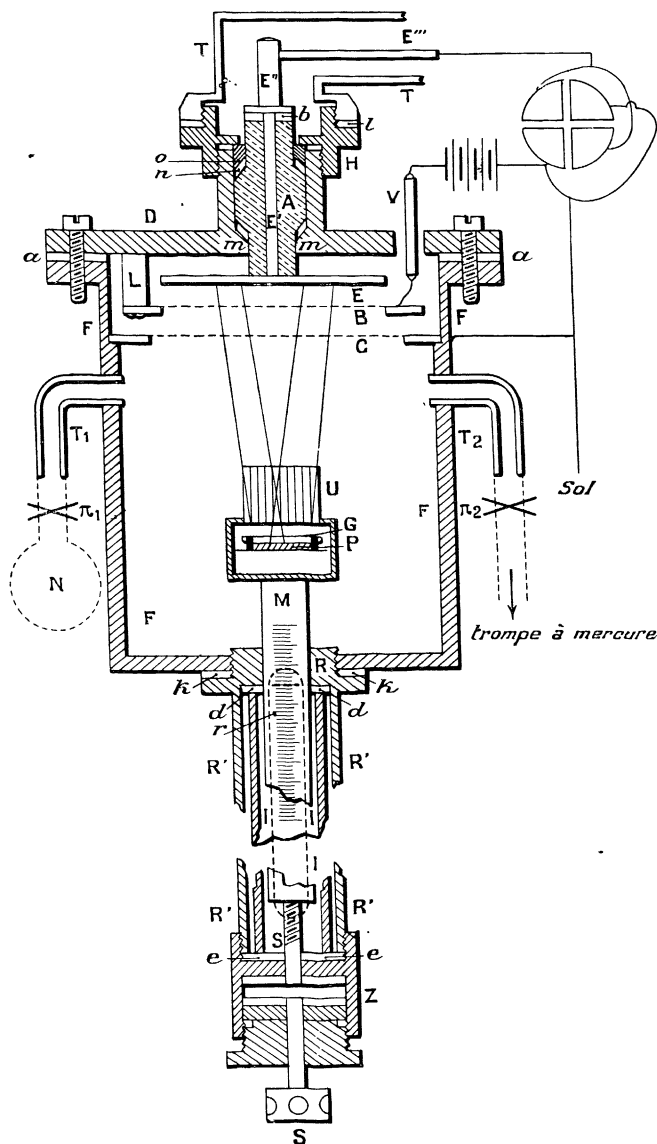


Fig. 1.

aussi la lame active P couverte d'un écran en argent G. Le rayonnement α était canalisé par un canalisateur U formé d'une série de petits tubes juxtaposés.

La tige M est guidée par la pièce R qui par un bout se visse sur le fond du cylindre F en serrant le cuir k et à l'autre bout on peut y visser la pièce Z. La vis S permet de déplacer la tige M et par conséquent on peut faire varier la distance de la matière active à la chambre d'ionisation. On remarque sur la figure que l'ensemble des pièces Z et S est analogue à celui qu'on a employé dans l'appareil construit pour l'étude des courbes de Bragg en fonction de la pression¹. La partie R', de la pièce R n'est

En vissant Z sur R' le tube I subit une compression longitudinale; on voit en d et e les cuirs qui évitent le contact entre le tube en verre et le métal et qui empêchent l'air ou l'eau de rentrer dans l'appareil. Sur le tube en laiton R' on a soudé un fil (r) fin (1,10 mm) parallèle aux divisions de la tige M et qui sert comme trait de repère pour mesurer la distance de la matière active à la chambre d'ionisation.

Tout l'appareil était plongé dans un bain d'eau dont la température était maintenue aussi constante que possible.

Une objection qui s'impose, c'est que l'emploi du cuir graissé entre les diverses parties de l'appareil pourrait introduire des erreurs importantes à cause de la vapeur émise à température élevée.

Seulement, j'ai pu constater qu'après quelques expériences le parcours des rayons α , à une même température, devenait constant, ce qui s'explique en admettant que toute la graisse avait disparu. En effet, le cuir après avoir été chauffé dans le vide plusieurs fois perdait toute souplesse et devenait dur comme le bois, tout en conservant la forme donnée par les surfaces des pièces qui le pressaient.

Pour faire une expérience, on commence par faire un vide aussi avancé que possible à l'aide de la trompe à mercure, et on le maintient un certain temps, de sorte que l'appareil étant chauffé, les liquides donnant des vapeurs finissent par disparaître complètement. En serrant la pince π_2 , l'intérieur du cylindre F se trouve isolé et conserve le vide qu'il y avait au moment de la fermeture; en mesurant le courant dû à l'ionisation, on le trouve négligeable.

On établit les communications avec le réservoir (N) à eau distillée, et la vapeur entre dans l'appareil de Bragg, et si la température est maintenue sensiblement constante, elle se comporte comme un gaz sans se condenser sur les isolants.

On pouvait se rendre compte de l'isolement en chargeant par un poids le quartz piézoélectrique lorsqu'on était au delà du parcours des rayons α : la charge électrique communiquée au plateau E (fig. 1) diminuait très lentement, ce qu'on pouvait observer par le déplacement très lent du spot. Pour l'étude

de la question, j'ai commencé par déterminer le parcours des rayons α du polonium dans la vapeur saturante à diverses températures. Pour mieux préciser la fin du parcours, les mesures ont été faites sans canaliser les rayons, ce qui permet de déterminer avec plus de précision l'endroit où la courbe du courant d'ionisation rencontre l'axe des distances.

Le tableau suivant donne le parcours des rayons α du polonium dans la vapeur saturante à diverses températures :

Température	Parcours	Température	Parcours
75 ^o ,5	15 ^m ,5	91 ^o ,4	8 ^m ,56
76 ^o ,4	14 ^m ,8	95 ^o ,5	7 ^m ,82
78 ^o ,4	14 ^m ,0	95 ^o ,4	7 ^m ,25
80 ^o ,1	12 ^m ,5	95 ^o ,7	7 ^m ,20
85 ^o ,4	11 ^m ,5	96 ^o ,7	7 ^m ,00
88 ^o ,7	9 ^m ,15	97 ^o ,5	6 ^m ,59
89 ^o ,6	8 ^m ,85		

La figure 2 indique la courbe du parcours en fonction de la température. D'après MM. Bragg et Kleemann¹, si l'on désigne par a_0 le parcours dans l'air,

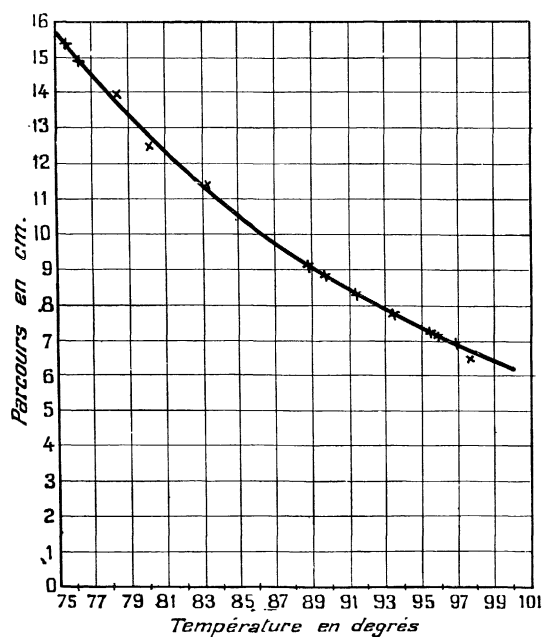


Fig. 2.

et par a le parcours dans un gaz de même concentration moléculaire, c'est-à-dire à la même pression et température, on doit avoir la relation $\frac{a_0}{a} = \frac{\sum n \sqrt{p}}{5,79 \times 2}$ où p est le poids atomique et n le nombre des atomes de même espèce constituant la molécule du gaz considéré. Le parcours dans la vapeur d'eau à 100°, d'après la courbe représentée sur la figure 2, est

1. Mme CURIE, *Traité de radioactivité*, t. II, p. 107.

6,2 cm et, dans l'air à 100°, calculé d'après sa densité, est de 5,08 cm. On a donc : $\frac{a_0}{a} = \frac{5,08}{6,2} = 0,819$. Si l'on tient compte de la relation

$$\frac{a_0}{a} = \frac{\sum n \sqrt{p}}{5,79 \times 2}$$

on a :

$$\frac{a}{a_0} = \frac{2\sqrt{1} - \sqrt{16}}{5,79 \times 2} = \frac{6}{11,58} = 0,791.$$

Cette valeur du rapport $\frac{a_0}{a}$ concorde bien avec ce qu'on vient de trouver par expérience: l'écart entre la valeur trouvée et la valeur calculée d'après la loi de la racine carrée est d'environ 5,5 pour 100. MM. Bragg et Kleemann¹ ont trouvé des écarts de même ordre de grandeur et même un peu plus grands.

Le parcours étant déterminé en fonction de la température, pour se rendre compte de l'ionisation totale, il suffit de tracer deux courbes de Bragg, une dans la vapeur d'eau et l'autre dans l'air, ayant la même longueur de parcours. Ainsi, par exemple, à la température de 85°, le parcours dans la vapeur d'eau est égal à 11,4 cm; il faut tracer la courbe de Bragg dans l'air sec à la pression de 26,5 cm où le parcours est le même.

La figure 5 montre ces deux courbes : I est la courbe dans la vapeur d'eau à 85° et II la courbe dans l'air sec à 26,5 cm de pression. La courbe dans la vapeur d'eau rappelle un peu la courbe obtenue

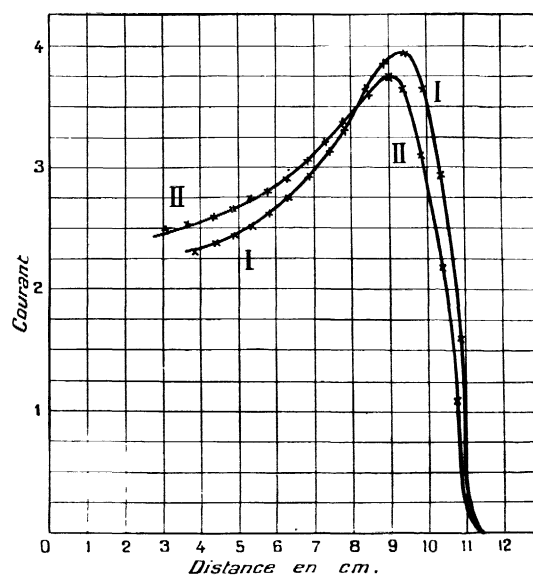


Fig. 5.

par M. Bragg et Kleemann dans l'hydrogène. L'ionisation dans l'air sec est donc un peu plus élevée que dans la vapeur d'eau.

1. *Phil. Mag.*, 26, 1917.

totale dans la vapeur d'eau est sensiblement égale à l'ionisation totale dans l'air. Il est difficile d'obtenir une bonne courbe de Bragg pour la vapeur d'eau, à

atteindre cette dernière partie de la courbe de saturation. On voit que la vapeur d'eau (si elle ne se condense pas) isole assez bien même à haute température de sorte qu'il est absolument inutile d'employer des desséchants dans des électromètres où d'habitude le voltage n'est pas très élevé.

D'après la théorie développée par M. J. S. Townsend¹ la troisième partie de la courbe de saturation est due à l'ionisation produite par le choc entre les électrons et les molécules rencontrées.

Si l'on désigne par l la distance entre la toile de la chambre d'ionisation ($l = 0,55$ cm) et le plateau relié à l'électromètre, par n_0 le nombre d'ions produits par les rayons α , par n le nombre total d'ions (dus aux rayons α et à l'ionisation par choc) et si α est le nombre d'ions produits par choc par un ion

négatif sur un parcours de 1 cm on a :

$$\frac{n}{n_0} = \frac{e^{\alpha l} - 1}{\alpha l}, \quad (1)$$

cause des très petites variations de température, il arrive souvent que de la vapeur d'eau en très faible quantité se condense sur l'ambre qui isole le plateau E (fig. 1), ce qui fait que les courants mesurés sont diminués. On se rend compte qu'un tel phénomène s'est produit en traçant la courbe en sens inverse, et on observe alors qu'à la même distance de la matière active on ne retrouve plus les mêmes courants que précédemment, et cela parce que petit à petit de la vapeur est venue se condenser en plus grande quantité là où il existait déjà des traces de condensation. La courbe I de la figure 5 a été tracée dans les deux sens et à la même distance de la matière active; le courant d'ionisation était sensiblement le même.

En ce qui concerne la tension nécessaire pour obtenir le courant de saturation dans la région du maximum elle a été déterminée en même temps qu'on traçait la courbe I de la figure 5.

La figure 4 indique le courant d'ionisation en fonction de la tension à laquelle se trouve la toile de la chambre d'ionisation. On y remarque trois parties, comme dans le cas de la courbe du courant de saturation tracée dans l'air; la courbe de Bragg à 85° a été tracée à une tension de 580 volts par cm, c'est-à-dire un peu avant le commencement de la troisième partie.

La tension de la vapeur saturante à 85° est de 40,05 cm²; dans le cas de l'air sous cette pression il faudrait un nombre de volts beaucoup plus grand pour

¹ J. S. Townsend, *Recueil de Constantes Physiques*, t. 1, p. 18.

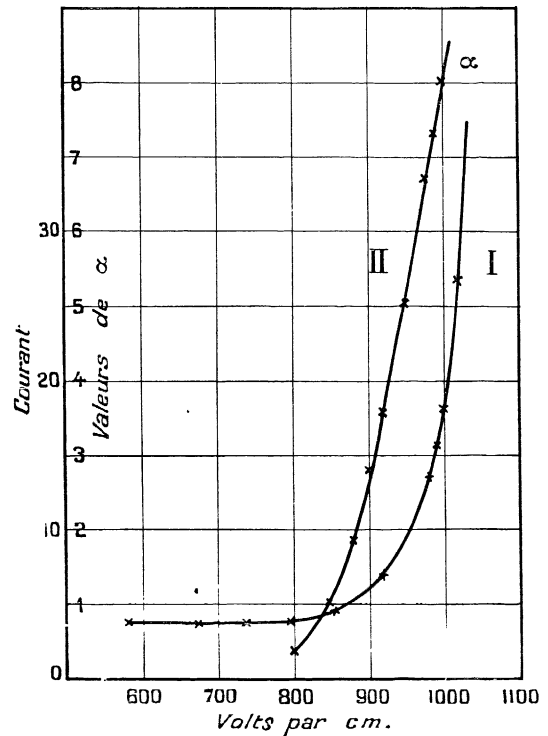


Fig. 5.

¹ J. S. TOWNSEND, *The Theory of Ionisation of Gases by Collision*.

$\frac{n}{n_0}$ est égal au rapport des courants correspondants qui sont donnés par la courbe du courant en fonction de la différence de potentiel. La relation (1) nous donne donc la valeur de z en fonction de la tension en volts par cm et les résultats obtenus sont représentés par la courbe II de la figure 5. La figure 6 représente la fonction $\frac{z}{p} = f\left(\frac{X}{p}\right)$, X étant les volts par cm et p la pression du gaz. M. Townsend a déduit par calcul la forme de la fonction $f\left(\frac{X}{p}\right)$, il trouve :

$$\frac{z}{p} = Ne^{-\frac{Np}{X}}$$

où N est le maximum de z et représente le nombre de

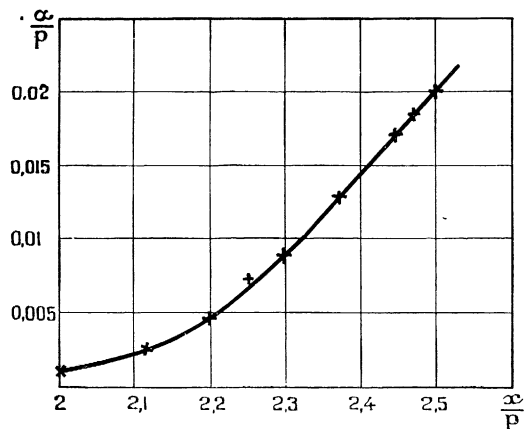


Fig. 6.

collisions entre un ion négatif et les molécules du gaz sur un parcours de 1 cm à 1 mm de pression, et V la chute de potentiel, le long du libre parcours d'un ion, nécessaire pour que celui-ci acquière une vitesse suffisante pour pouvoir ioniser. D'après ses expériences il trouve $N = 12,9$ et $V = 22,4$ et la valeur de z trouvée est plus grande que celle calculée. Dans

l'expérience que j'ai faite la pression était de 400 mm et pour $X = 1000$ volts, on devrait donc avoir :

$$\frac{z}{p} = 12,9 e^{-\frac{28,4 \times 1000}{1000}} = 12,9 e^{-28,4} = \frac{12,9}{1,6 \times 10^{10}}$$

or, d'après l'expérience $\frac{z}{p} = 0,02$ valeur beaucoup

plus grande que $\frac{z}{p} = \frac{12,9}{1,6 \times 10^{10}}$.

Ce travail confirme donc la loi de la racine carrée énoncée par MM. Bragg et Kleemann et l'ionisation totale est approximativement égale à l'ionisation totale dans l'air, ce qu'on pouvait prévoir d'après la composition moléculaire de la vapeur d'eau. Dans le cas des gaz si a est le parcours et p la pression on a trouvé $a \times p = Cte$, dans le cas de la vapeur si d est la densité et a le parcours, j'ai vérifié à 5 pour 100 près que $ad = Cte$ du moins entre 75° et 100°; si p est en gr par cm³ et a en cm, la valeur moyenne de la Cte est 0,00575. La trop grande discordance entre les valeurs de $\frac{z}{p}$ trouvées par expérience et les valeurs

tirées de la formule $\frac{z}{p} = Ne^{-\frac{Np}{X}}$ lorsque les pressions sont grandes m'a obligé à signaler ce fait.

Seulement il pourrait se faire que l'écart que je trouve soit dû au fait que le champ électrique est mal déterminé à cause de l'emploi d'une toile chargée négativement ce qui fait que le champ n'est pas uniforme.

Je me propose de refaire cette expérience en remplaçant la toile par un écran qui laisse passer les rayons α et en protégeant le disque E (fig. 1) d'un anneau de garde.

En terminant je remercie bien sincèrement Mme Curie et M. Debièvre qui ont bien voulu me confier l'étude de cette question.

ou le 5 Mars 1914.