

Sur l'ionisation de différents gaz par les particules α du radium

W.H. Bragg

► **To cite this version:**

W.H. Bragg. Sur l'ionisation de différents gaz par les particules α du radium. Radium (Paris), 1906, 3 (7), pp.199-201. <10.1051/radium:0190600307019900>. <jpa-00242188>

HAL Id: jpa-00242188

<https://hal.archives-ouvertes.fr/jpa-00242188>

Submitted on 1 Jan 1906

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.

Sur l'ionisation de différents gaz par les particules α du radium

Par W. H. BRAGG,

Professeur de physique à l'Université de Montréal.

DANS un mémoire « sur la recombinaison des ions dans l'air et dans d'autres gaz » (*Phil. Mag.*, avril 1906, p. 466), M. Kleeman et moi avons décrit les premières recherches sur l'ionisation totale produite dans différents gaz par la particule α du radium, et l'influence exercée sur cette ionisation par les conditions physiques. Avec l'aide de M. Madson, j'ai fait, depuis, un grand nombre d'expériences sur ce sujet. C'est une question vaste et difficile, qui sur bien des points n'est pas élucidée. Pourtant quelques résultats se dégagent qui peuvent avoir leur intérêt et leur importance.

On a pu voir, dans le mémoire cité plus haut, que l'ionisation totale d'un gaz peut se mesurer par le produit des coordonnées d'un certain point de la courbe d'ionisation. Le mesure vraie est naturellement l'aire de cette courbe. Mais l'expérience montre que toutes les courbes d'ionisation obtenues avec le radium en équilibre radioactif sont de la même forme et ne diffèrent que par l'application d'un facteur constant à toutes leurs ordonnées ou à toutes leurs abscisses. Aussi le produit des coordonnées d'un point type de la courbe est-il proportionnel à l'aire totale et peut-il être pris pour mesure relative de l'ionisation totale.

Dans toutes les expériences qui suivent, les particules α traversent à angle droit une chambre d'ionisation dont l'électrode supérieure est une lame de laiton et l'électrode inférieure une toile de laiton, la distance entre les électrodes est d'environ 5^{mm}. Une force électromotrice de 500 volts est appliquée d'ordinaire à la toile, ce qui correspond à un champ de 1000 volts. Ce champ est généralement suffisant pour assurer la saturation, c'est-à-dire pour éviter toutes les erreurs dues à la diffusion, à la recombinaison générale et à la recombinaison initiale. En cas d'insuffisance du champ, on calcule et on applique la correction convenable. La chambre d'ionisation est enfermée dans un récipient suffisamment étanche, sauf aux hautes températures, et placé à son tour dans un four électrique. Le gaz étudié peut de la sorte être soumis à des pressions et à des températures différentes. Dans le cas de substances telles que le benzène et le tétrachlorure de carbone, une température de 60° à 70° est nécessaire pour avoir une densité convenable. Mais les hautes températures ont l'inconvénient de nuire à l'isolement et à l'étanchéité. Il a fallu

remplacer le soufre par du verre, car le soufre se craquelle sous l'influence des inégales dilatations. Dans le cas de vapeurs, une certaine quantité d'air pénètre par les fentes de l'appareil, surtout à température un peu élevée. Cette quantité se détermine de temps à autre en ouvrant la communication entre le récipient et un ballon où l'on a fait le vide, et déterminant le poids du mélange qui passe dans le ballon. Le ballon et ses raccords sont dans le four, et la communication se fait du dehors par un robinet à clef. De cette façon on évite la condensation dans les tubes froids. Cette méthode n'est pas toujours employée, car sitôt que le « pouvoir d'arrêt » d'un gaz pour les rayons α est suffisamment connu, la proportion du mélange est plus commodément et au moins aussi exactement connue par les variations du parcours des rayons α dans le gaz.

Le défaut d'isolement se détermine en mesurant la déviation de l'électromètre d'abord pendant 10 secondes, puis pendant 20. Si l'isolement était parfait, la seconde lecture serait double de la première. Cela n'est jamais tout à fait le cas, et le facteur de correction se déduit de la comparaison des deux lectures. Le facteur qu'il faut appliquer à la lecture de 10 secondes varie de 1,05 à 40° jusqu'à 1,10 à 70° ; à 90° il est beaucoup plus grand.

L'ionisation totale se mesure par le produit RI . L'ordonnée R est le parcours de la particule α due au produit du radium qui, après le radium C, donne les particules de plus grand parcours. Dans l'air à 20° C., et sous la pression de 760 mm., $R = 4,85$ cm., très sensiblement. L'abscisse I est l'ionisation produite dans la chambre décrite plus haut quand le milieu de celle-ci est à une distance de 4 cm. 85 de la couche de radium, ou, plus correctement, elle est proportionnelle à l'ionisation qui serait produite dans une chambre infiniment profonde à cette distance. L'effet est entièrement dû aux particules du RaC, la chambre étant hors de portée pour toutes les autres.

Les deux quantités R et I diffèrent essentiellement l'une de l'autre à deux points de vue. D'abord la première est facile à mesurer avec exactitude, et non la seconde. Le parcours d'une particule α dans un gaz peut se mesurer en quelques minutes avec une précision de 1 ou 2 pour 100, et avec une précision bien plus grande si l'on opère avec soin ; c'est peut-être la

plus facile des mesures faites dans ces expériences. La plus grande difficulté de beaucoup réside dans la purification et dans l'analyse des gaz.

L'abscisse I, par contre, est très difficile à mesurer. Elle est affectée par la variation de sensibilité de l'électromètre, le défaut d'isolement, les changements de dimension de l'appareil, l'insuffisance du champ électrique. Aucun de ces défauts n'affecte le parcours. Mais ce n'est pas seulement dans le détail des mesures que ces deux quantités diffèrent. Elles semblent être des constantes physiques de catégorie toute différente. Le pouvoir d'arrêt de l'atome est une constante de cet atome qui n'est modifiée ni par l'entrée de l'atome dans un groupement moléculaire, ni par la pression, ni par la température. Dans un mémoire du *Phil. Mag.*, sept. 1905, M. Kleeman et moi avons donné une liste du pouvoir d'arrêt de différentes substances, et, depuis lors nous avons fait beaucoup d'expériences dans le même sens. Nous n'avons jamais trouvé d'écart à la loi additive qui soit supérieure aux erreurs expérimentales. En d'autres termes, le parcours d'une particule α dans un gaz peut toujours se prévoir en partant de la composition du gaz. Bien plus, les pouvoirs d'arrêt des différents atomes sont très sensiblement proportionnels à la racine carrée de leurs poids.

Il semble même qu'on puisse faire un pas de plus. Si l'on consulte la liste donnée dans le mémoire précité, ou le tableau A plus complet, on voit que les écarts même à la loi de la racine carrée du poids suivent un ordre systématique. Bien que dépendant essentiellement de la racine carrée du poids, les nombres ont une tendance vers la proportionnalité aux poids eux-mêmes. Sur le moment, nous n'avons pas fait attention à ce phénomène, qui semblait parasite. Mais il s'est confirmé si régulièrement dans toutes les déterminations ultérieures qu'il semble légitime d'en chercher une explication physique.

Si nous admettons l'exactitude de l'explication donnée déjà pour la loi de la racine carrée, savoir que l'énergie de la particule α se dépense surtout dans l'arrachement des électrons situés sur le bord des disques atomiques, le complément naturel de cette explication sera la possibilité, pour les électrons situés dans toute l'épaisseur du disque atomique, d'être ébranlés par le passage de la particule et de lui faire perdre, sous forme de rayonnement, une faible partie de son énergie proportionnelle au poids de l'atome. Si w est le poids atomique, le pouvoir d'arrêt d'un atome pourrait donc s'exprimer par la formule

$$a\sqrt{w} + bw$$

le premier terme étant d'ordinaire le plus important de beaucoup. L'accord étroit des nombres de la 1^{re} et de la 5^e colonne du tableau A montre que cela est très sensiblement le cas,

TABLEAU A
Pouvoirs d'arrêt des différents gaz.

GAZ	VALEUR EXPÉRIMENTALE Air = 1	PROPOR- TIONNELLE à \sqrt{w} Air = 1	PROPOR- TIONNELLE à w Air = 1	$0,118\sqrt{w} +$ $0,005 w$
H ₂	0,245	0,264	0,0695	0,242
O ₂	1,055	1,054	1,41	1,04
N ₂ O	1,46	1,52	1,55	1,49
CO ₂	1,47	1,51	1,55	1,48
CS ₂	2,18	1,95	2,71	1,96
C ₂ H ₂	1,11	1,17	0,905	1,15
C ₂ H ₄	1,55	1,44	0,975	1,57
C ₆ H ₆	5,37	5,55	2,71	5,55
C ₈ H ₁₈	5,59	5,86	2,56	5,66
CH ₃ Br	2,09	2,05	5,28	2,41
CH ₂ I	2,58	2,55	4,90	2,52
C ₂ H ₅ Cl	2,56	2,51	2,25	2,50
C ₂ H ₅ I	5,15	5,06	5,40	5,20
CHCl ₃	5,12	2,95	5,81	5,00
C ₄ H ₁₀ O	5,40	5,67	2,57	5,51
CCl ₄	4,02	5,59	5,41	5,68

TABLEAU B
Pouvoirs d'arrêt de différents métaux.

MÉTAL	VALEUR EXPÉRIMENTALE Air = 1	PROPOR- TIONNELLE à \sqrt{w} Air = 1	RAPPORT DES DEUX PRÉCÉDENTES COLONNES
Al	1,45	1,57	1,06
Fe	2,26	1,97	1,15
Ni	2,46	2,20	1,12
Cu	2,45	2,10	1,16
Ag	5,17	2,79	1,16
Sn	5,37	2,88	1,17
Ph	4,16	5,68	1,15
Au	4,45	5,70	1,20
Pb	4,27	5,78	1,15

En ce qui concerne la pression et la température, je n'ai trouvé jusqu'ici aucun effet attribuable à leurs variations. La quantité $\frac{RP}{T}$ semble être une constante, P désignant la pression et T la température absolue. Ceci implique que le pouvoir d'arrêt d'un atome est indépendant de P et de T. Des exemples de la constance de RP quand T est constant se trouvent dans le mémoire sur « la recombinaison des ions dans l'air et dans d'autres gaz ». Le résultat expérimental suivant peut servir à illustrer le fait que R est proportionnel à T quand P est constant. Le récipient d'ionisation, rempli avec de l'air, fut chauffé jusqu'à 90°C, la pression étant 765^{mm}. On trouve pour R la valeur 5,98. Or, pour $p = 760^{\text{mm}}$ et $T = 20^{\circ}\text{C}$, $R = 4,85$, on vérifie qu'on a

$$\frac{4,85 \times 565 \times 760}{5,98 \times 255 \times 765} = 1,005.$$

Il a naturellement été signalé par bien des observateurs que les effets d'ionisation du radium sont grandement indépendants de la pression, de la tempé-

rature, et en général des conditions physiques et chimiques. Mais l'extension de ce fait au parcours des rayons α est un résultat nouveau.

En résumé, le parcours des rayons α dans un gaz donné est d'abord facile à mesurer et ensuite étroitement lié à la constitution du gaz indépendamment de son état. C'est là un contraste agréable avec certaines autres propriétés radioactives et souvent un marchepied commode dans des endroits difficiles.

La quantité I est d'ordre absolument différent. Elle est beaucoup plus difficile à mesurer exactement, comme je l'ai déjà signalé, et de plus l'ionisation totale d'un gaz ne dépend pas seulement de son poids atomique. La structure moléculaire intervient pour une part. Peut-être aussi les différents atomes ne fournissent-ils pas des ions en nombre simplement proportionnel à l'énergie qu'ils absorbent, mais ce point n'est pas encore suffisamment éclairci.

Un exemple de ces variations a déjà été donné dans le mémoire cité. On a fait voir que, dans le chlorure d'éthyle, RI est beaucoup plus grand que dans l'air. La différence vraie doit être encore un peu plus grande que la différence observée, car on n'a pas fait la correction due au mélange d'air.

De même RI , dans le pentane normal (C_5H_{12} presque pur), est une fois et demie plus grand que dans l'air, et la même chose est certainement vraie du benzène (C_6H_6), bien que cette vapeur soit plus difficile à traiter que le pentane, attendu qu'il faut une température supérieure. Généralement parlant, les gaz les plus complexes fournissent le plus d'ions. Mais le nombre fourni ne dépend pas seulement du nombre des atomes dans la molécule. L'acétylène (C_2H_2) fournit 25 pour 100 de plus que l'air, CO_2 avec un seul atome en moins ne fournit que 5 pour 100 de plus que l'air, l'éthylène (C_2H_4) fournit autant d'ions que l'acétylène, bien qu'il ait deux atomes de plus. Il est vrai que dans ce dernier cas les atomes supplémentaires sont très légers et H^+ lui-même a une valeur de RI légèrement inférieure à celle de l'air. Mes mesures sur ce point concordent avec celles de Rutherford.

D'autre part, l'influence de la complexité moléculaire ressort de la comparaison de l'acétylène et de l'éthylène avec le benzène et le pentane.

Pour bien interpréter cette comparaison, il faut se rappeler que la particule α dépense exactement la même fraction de son énergie dans tous les gaz (BRAGG, *Phil. Mag.*, novembre 1905).

Ainsi, dans différents gaz il se produit, pour la même dépense d'énergie, des nombres d'ions différents. Il est bien clair pourtant que cela n'implique pas que la particule α trouve plus facile de produire des ions dans certains gaz que dans d'autres. Car alors il y aurait dans le pouvoir d'arrêt des atomes un

terme dépendant du nombre des ions produits. Mais nous savons que le pouvoir d'arrêt est lié au poids atomique par une loi très simple, tandis que le nombre des ions ne l'est pas. Il est clair que l'énergie dépensée par la particule α dans un atome et l'ionisation résultante ne sont pas directement connexes : il y a un chaînon intermédiaire.

Ou bien les ions produits par la particule α en produisent d'autres dans certains cas, ou quelques-uns d'entre eux n'arrivent pas à sortir de l'atome. Il y a quelque chose qui empêche de retrouver la loi simple concernant la dépense d'énergie par la particule α dans l'étude de l'ionisation totale. Il me semble de plus en plus clair, d'après nos expériences, qu'il s'agit d'une ionisation secondaire à l'intérieur de la molécule elle-même. Les ions récemment formés, ou peut-être les rayons X qui accompagnent l'ionisation, ont parfois assez d'énergie pour produire de nouveaux ions avant de quitter la molécule. Par exemple, une molécule de C_6H_6 enlève à la particule α juste autant d'énergie que trois molécules de C_2H_2 . Mais la molécule de C_6H_6 donne lieu à un plus grand nombre d'ions que les trois molécules de C_2H_2 . Ceci peut s'expliquer en admettant que les douze atomes du benzène sont enchevêtrés au point qu'un ion projeté par l'un d'eux garde assez d'énergie au moment où il en choque un autre pour en détacher un nouvel électron. Une autre conséquence sera que les ions émergents d'une molécule C_6H_6 se meuvent plus lentement que ceux de C_2H_2 et sont plus aptes à une recombinaison initiale. L'expérience confirme cette vue : il est plus difficile de saturer le benzène que l'acétylène.

L'ionisation secondaire semble se produire plutôt à l'intérieur qu'à l'extérieur de la molécule, car sa valeur ne semble pas dépendre de la distance mutuelle des molécules. L'ionisation totale est indépendante de la pression, et bien évidemment aussi du champ électrique, comme le montre l'existence même de la saturation¹.

Traduit par L. Bloch.

1. Le mémoire de M. Bragg se termine par le détail des calculs de quelques expériences :

L'auteur y a ajouté quelques remarques.

1° Sur une expérience de Rutherford, semblant indiquer qu'il est plus facile d'obtenir le courant de saturation dans un gaz, si ce gaz est soustrait à l'action de la source d'ionisation. M. Madson a été incapable de retrouver un résultat semblable.

2° Sur une note déjà ancienne de M. Becquerel (*Phys. Zeitsch.*, 15 octobre) relative à des expériences de déviation magnétique. On sait que depuis cette époque M. Becquerel a adopté les idées de M. Rutherford. La discussion très ingénieuse de M. Bragg a donc perdu de son importance.

3° Sur l'origine de la charge positive de la particule α . M. Bragg émet l'idée que cette charge est consécutive à une ionisation subie par la particule α dans ses chocs au sein même de la couche radioactive qui lui donne naissance. Cette idée s'appuie sur le fait qui ressort du tableau B, savoir que la particule α perd son énergie à l'intérieur des solides par le même mécanisme qu'au sein des gaz, c'est-à-dire par suite d'un travail d'ionisation.

L. B.

