

M. Pożaryski i St. Wachowski.

Sur la conductibilité de la décharge annulaire.

*O przewodności wyladowania pierścieniowego *).*

Streszczenie.

Bezelektrodowe wyladowanie pierścieniowe było otrzymane po raz pierwszy przez W. Hittorfa¹⁾ w roku 1884. Od tego czasu liczni fizycy badali to zjawisko, jako to: J. J. Thomson²⁾, E. Lecher³⁾, B. Davis⁴⁾, R. Wachsmuth i B. Winawer⁵⁾, A. Hartmann⁶⁾. Metody zastosowane miały cały szereg wad, to też wyniki otrzymane różniły się znacznie między sobą. Nasza metoda usunęła wady metod użytych dotychczas (rys. 4 tekstu francuskiego). Wewnątrz cewki L_1 znajdowała się szklana kula, w której odbywało się wyladowanie pierścieniowe. Stosując cewkę L_2 , o uzwojeniu przeciwnem względem uzwojenia cewki L_1 i połączonej z nią szeregowo, otrzymaliśmy w pewnej płaszczyźnie znoszenie się strumieni tych cewek. Umieszczając tam cewkę L_3 , włączoną w obwód termogalwanometru, mierzyliśmy wielkości prądów wyladowania pierścieniowego. Otrzymane krzywe zależności natężenia tych prądów od ciśnienia wykazują bardzo wybitne jedno maksimum przy pewnem ciśnieniu danego gazu. Dla różnych gazów ciśnienia, odpowiadające maksimum, były różne. Nie zauważyliśmy wpływu natężenia prądu wzbudzającego na położenie maksimum (rys. 5 dla wodoru i rys. 6 dla tlenu).

Panu profesorowi M. Wolfkemu za inicjatywę do tej pracy i cenne wskazówki w czasie jej realizacji składamy serdeczne podziękowanie.

Zakład Fizyczny I Politechniki Warszawskiej.

Rękopis otrzymany dn. 11 lutego 1931.

*) Praca ta była referowana dnia 26 września 1930 r. na V Zjeździe Fizyków Polskich w Poznaniu.

C'est en 1884 que W. Hittorff¹⁾ a produit pour la première fois une décharge annulaire sans électrodes, mais ce n'est que sept ans plus tard que M. J. J. Thomson²⁾ a commencé à étudier ce phénomène qui ensuite fut appelé en son honneur la décharge annulaire de Thomson. De nombreux physiciens, tels que MM. E. Lecher³⁾, B. Davis⁴⁾, R. Wachsmuth et B. Winawer⁵⁾, A. Hartmann⁶⁾, ont étudié depuis là la décharge annulaire.

Pour se rendre compte du mécanisme de ce phénomène, on a étudié l'intensité du courant de ces décharges en fonction de la pression du gaz, et par là une grandeur physique qui est étroitement liée avec l'intensité, la conductibilité du gaz.

Les méthodes de mesure appliquées dans ces recherches peuvent être rangées en deux catégories:

- I. des méthodes qui introduisent des électrodes supplémentaires,
- II. des méthodes sans électrodes.

Les méthodes qui appartiennent à la première catégorie, se servant d'électrodes en qualité de sondes, introduisent toute une série de facteurs indirects qui compliquent la marche du phénomène.

Le premier caractère des sondes est celui qu'elles agissent mécaniquement sur les molécules mêmes du gaz, car des masses électriques se groupent autour des sondes et ces masses agissent certainement sur les ions dus au champ produit par la décharge annulaire, et entraînent ou, au contraire, accélèrent le mouvement des ions. Puis, ces électrodes causent une variation du champ fondamental en introduisant un champ nouveau; la preuve ce sont des décharges électriques supplémentaires à bandes. Enfin les électrodes dégagent des gaz contenus par occlusion; quelquefois les électrodes mêmes peuvent émettre des électrons.

Les raisons qui viennent d'être exposées nous font conclure que, pour étudier la conductibilité d'un gaz dans un champ sans électrodes,

il est préférable d'appliquer des méthodes qui n'emploient pas de sondes; en outre il est désirable que le vase à l'intérieur duquel la décharge annulaire a lieu soit aussi volumineux que possible pour l'influence des parois soit diminuée.

MM. J. J. Thomson et Lecher ont appliqué dans leurs recherches des méthodes qui ne se servent pas

d'électrodes, MM. Davis, Wachsmuth et Winawer ont introduit des électrodes.

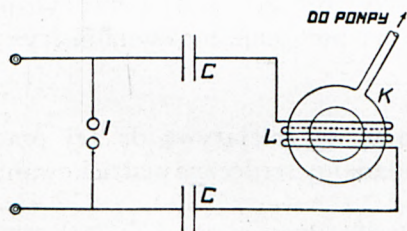


Fig. 1.

M. J. J. Thomson a produit des décharges annulaires (rys. 1) dans une vase sphérique *K*, le champ magnétique variable étant obtenu à l'aide d'un courant dans la bobine *L*.

Le circuit, composé de la bobine *L*, du condensateur *C* et de l'éclateur *I* était parcouru par un courant alternatif de haute fréquence et de haute tension. M. Thomson a étudié l'action des décharges annulaires jouant le rôle d'écrans électriques par rapport aux couches intérieures du gaz dans la sphère. A cet effet il a employé deux sphères concentriques. On maintient une pression constante dans la sphère intérieure, et c'est alors que le phénomène de la décharge annulaire se produit d'une manière tout à fait complète. La sphère extérieure était réunie à une pompe. Les spires de la bobine d'induction *L* étaient enroulées à l'extérieur. Quand la pression dans la sphère extérieure était relativement considérable, la sphère intérieure luisait sous l'influence du courant alternatif de haute fréquence qui passait par la bobine. A mesure que la pression dans la sphère extérieure baissait, un anneau lumineux s'y faisait voir et la décharge dans la sphère intérieure disparaissait. On pouvait même constater cette disparition un peu avant, par conséquent on remarquait que la sphère extérieure agissait en guise d'écran électrique même à des pressions du gaz auxquelles il est un mauvais conducteur.

Les observations de M. Thomson ont fourni à M. Lecher une base pour élaborer une méthode permettant de mesurer l'intensité du courant d'une décharge annulaire. Il a placé à l'intérieur d'un vase ayant la forme de celui de Dewar une bobine faisant partie du circuit de mesure. Une autre bobine, celle-ci inductrice, se trouvait en dehors. A mesure que se produisait la décharge annulaire, l'action de la bobine extérieure sur celle qui était à l'intérieur était amortie par la décharge annulaire dans le gaz raréfié se trouvant entre les parois du vase. Dans ces conditions on observait les variations de l'intensité du courant dans le circuit de mesure. Ces variations étaient le résultat de l'inégalité de l'action de deux agents inducteurs: de la bobine extérieure et de la décharge dans le gaz.

Le côté faible de la méthode de M. Lecher est celui que les décharges se produisent dans un espace serré entre les parois d'un vase de Dewar, ce qui amène une influence considérable de ces parois; puis cette méthode demande l'observation de variations d'une action intense de la bobine inductrice produites par de faibles courants dans le gaz, ce qui n'est pas rationnel au point de vue d'une méthode de mesure.

M. Davis, puis MM. Wachsmuth et Winawer, ont placé des sondes dans le vase dans lequel se produisaient les décharges

annulaires. En introduisant ces sondes ils ont en même temps introduit les défauts et les erreurs possibles dues à l'influence de ces sondes sur la marche même du phénomène.

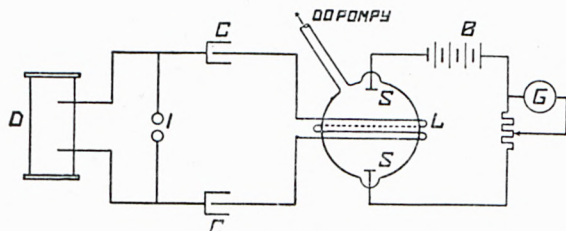


Fig. 2.

Le dispositif de MM. Wachsmuth et Winawer pour produire la décharge annulaire était le même que celui de M. Thomson (rys. 2): on lançait un courant alternatif de haute fréquence au moyen d'une bobine d'induction D et d'un éclateur I dans un circuit composé d'une bobine L et de bouteilles de Leyde C .

On introduisait des sondes S dans la sphère. Le circuit des sondes comprenait une batterie B dont la tension était de 40 V et un galvanomètre G en dérivation.

Lorsque la pression dans la sphère est considérable et la tension inductrice a acquis une certaine valeur, le gaz n'est pas ionisé. La résistance de la couche d'air est considérable, le galvanomètre n'est pas dévié. A mesure que la pression du gaz baisse et que la décharge annulaire apparaît, le circuit des sondes est parcouru par un courant qui fait dévier le galvanomètre.

La courbe qui montre l'intensité du courant en fonction de la pression (rys. 3) accuse un maximum à une pression p_1 , un minimum à p_2 . Lorsque la pression continue à baisser, le courant croît rapidement, donc la conductibilité croît aussi. On a trouvé par ex. pour l'hydrogène: $p_1 = 1.5$ mm, $p_2 = 0.15$ mm; pour l'air: $p_1 = 0.9$ mm, $p_2 = 0.09$ mm. On ne réglait pas le courant dans le circuit inducteur.

La nouvelle méthode que nous avons élaborée écarte les défauts de la méthode à électrodes et de celle de M. Lecher.

Voici les détails du dispositif que nous avons adopté (rys. 4).

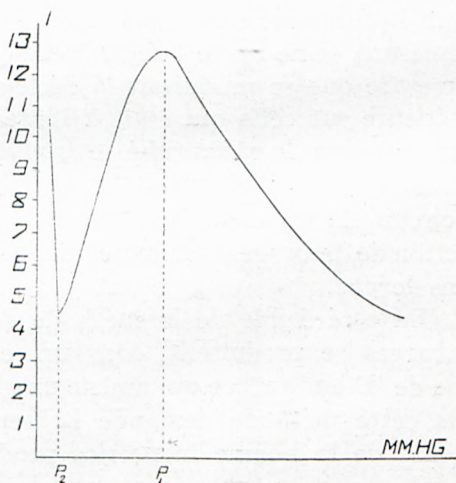


Fig. 3.

On produisait un courant de haute fréquence et de haute tension dans un circuit composé de bobines et de condensateurs, à l'aide d'un éclateur I , muni d'un ventilateur qui en soufflant renouvelait l'air.

La bobine était divisée en deux parties: L_1 et L_2 ayant chacune le même nombre de spires de même diamètre, mais enroulées en sens inverses. Ces bobines étaient placées loin l'une de l'autre. On introduisait dans l'une de ces bobines une sphère en verre contenant se gaz étudié qu'on raréfiait peu à peu. C'est dans cette

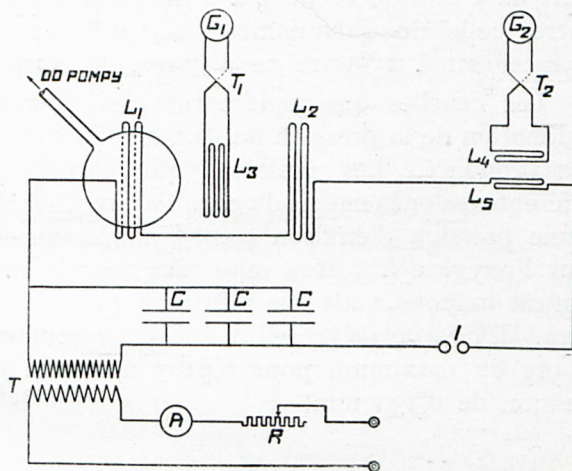


Fig. 4.

sphère que se produisaient les décharges annulaires. Pour étudier l'intensité du courant dans le gaz on plaçait entre les bobines L_1 et L_2 parcourues par le courant de haute fréquence une bobine de mesure L_3 reliée à une pile thermoélectrique T_1 et à un galvanomètre G_1 . On plaçait la bobine de telle manière que la déviation du galvanomètre était aussi petite que possible lorsqu'il n'y avait pas de courant dans le gaz; alors la pression du gaz était celle de l'atmosphère et aucun phénomène lumineux ne se produisait.

A mesure que le gaz était raréfié, la déviation du galvanomètre G_1 croissait, en rapport avec l'intensité des courants annulaires dans la sphère. Il est permis de croire que dans ces conditions le graphique de la déviation du galvanomètre en fonction de la pression du gaz représente, d'après une certaine échelle, la variation de l'intensité des courants dans le gaz en fonction de la pression.

Dans le circuit primaire du transformateur on maintenait l'intensité du courant inducteur de haute fréquence constante au moyen d'une résistance R convenable, cette intensité ayant été contrôlée au moyen d'une autre pile thermoélectrique T_2 et d'un galvanomètre G_2 intercalé par induction dans le circuit du courant de haute fréquence.

La puissance du transformateur employé T était de 3 kVA; le rapport de transformation 6000/113 V. On a employé trois condensateurs en parallèle. La capacité de deux d'entre eux était de 3400 cm chacun, celle du troisième 8700 cm. Le diamètre de la sphère, à l'intérieur de laquelle les décharges avaient lieu, était de 22 cm. Les bobines L_1 et L_2

étaient composées chacune de 5 spires de fil isolé de 4 mm de diamètre. La sensibilité du galvanomètre G_1 était: $1,3 \times 10^{-4}$ amp. pour un déplacement de 1 mm de l'échelle à 1 mètre de distance du miroir du galvanomètre, celle du galvanomètre G_2 : $1,6 \times 10^{-5}$ ampères pour 1 mm de déplacement à 1 mètre de distance du miroir.

Les courbes qui représentent les déviations du galvanomètre G_1 en fonction de la pression du gaz dans la sphère présentent un maximum très prononcé. Les pressions qui correspondent au maximum sont différentes selon la nature du gaz. Par ex. pour l'air le maximum correspond à une pression d'environ 0,0075 mm, pour l'hydrogène à 0,0034 mm, pour l'oxygène à 0,0105 mm. On n'a pas remarqué que l'intensité du courant inducteur ait une influence quelconque sur la position du maximum. L'hydrogène présente un seul maximum, l'oxygène présente en dehors du maximum pour 0,0105 mm une légère élévation pour une pression de 0,130 mm.

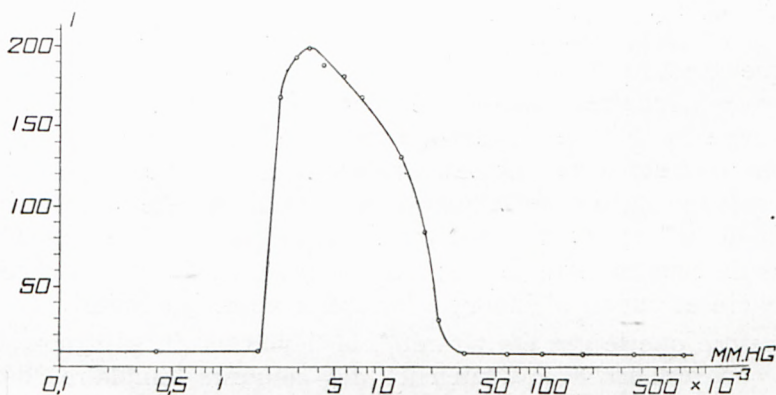


Fig. 5.

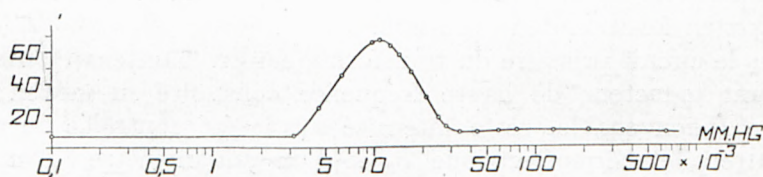


Fig. 6.

Les fig. 5 et 6 font voir les courbes correspondant à l'hydrogène (fig. 5) et à l'oxygène (fig. 6); l'intensité du courant dans la bobine L_1 était pour l'hydrogène 65,5 divisions de l'échelle, pour l'oxygène 71 divisions.

Nous nous empressons d'exprimer notre vive reconnaissance à Monsieur le Professeur Dr. M. W o l f k e pour les conseils précieux, qu'il nous a donnés pendant la réalisation de notre méthode de mesure.

RENOIS.

- ¹⁾ W. Hittorf: Wied. Ann., 21, 137, 1884.
- ²⁾ J. J. Thomson: Phil. Mag. 32, 321, 450, 1891.
- ³⁾ E. Lecher: Phys. ZS., 5, 179, 1904.
- ⁴⁾ B. Davis: Phys. Rev., 20, 129, 1905 (Bergen Davis).
- ⁵⁾ R. Wachsmuth et B. Winawer: Ann. d. Phys., 42, 585, 1913.
- ⁶⁾ G. Mierdel: Phys. ZS., 25, 240, 1924.

I. Institut de Physique de l'Ecole Polytechnique de Varsovie.

Manuscrit reçu le 11 février 1931.