



Rayons anodiques

Otto Reichenheim

► **To cite this version:**

Otto Reichenheim. Rayons anodiques. J. Phys. Theor. Appl., 1908, 7 (1), pp.692-699.
<10.1051/jphystap:019080070069201>. <jpa-00241393>

HAL Id: jpa-00241393

<https://hal.archives-ouvertes.fr/jpa-00241393>

Submitted on 1 Jan 1908

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.

RAYONS ANODIQUES (1);

Par M. OTTO REICHENHEIM.

Si l'on considère la charge gazeuse d'un tube ordinaire de Geissler, la cathode semble avoir une influence beaucoup plus grande que l'anode sur la décharge. La chute cathodique, c'est-à-dire le saut du potentiel qui a lieu dans les confins cathode-gaz, l'espace à raré-

(1) Conférence faite à la Société française de Physique: Séance du 23 avril 1908. Voyez aussi les *Comptes Rendus* de la *Deutsche Physikal. Gesellschaft*, VIII, 21, p. 534-566; IX, 4, p. 76-83; IX, 9, p. 200-204; IX, 19-20, p. 374-378; X, 5, p. 217-223.

faction progressive du gaz autour de la cathode, et surtout les rayons émis à un vide élevé par la cathode (rayons cathodiques), sont les phénomènes qui attirent d'abord l'attention et qui ont aussi fait que la cathode a été en première ligne l'objet des recherches de nombreux savants. C'est aussi de la cathode qu'émanent même les rayons-canaux, découverts par Goldstein en 1889, rayons qui ont une charge électrique positive et que l'on avait d'abord supposé souvent émaner de l'anode. Il semble par suite vraiment que l'anode ne participe pas d'une manière sensible à tout le phénomène de décharge. Et pourtant il existe un certain parallèle entre l'anode et la cathode. L'anode, elle aussi, possède dans certains cas un espace obscur, seulement il y a une différence quantitative entre cet espace obscur anodique et le cathodique. A un vide élevé, ce dernier peut avoir plusieurs centimètres, tandis que le premier n'a été observé que d'un millimètre de grandeur. En outre, nous trouvons également une chute de potentiel à l'anode ; mais, dans ce cas aussi, la différence entre les deux électrodes n'est que quantitative : tandis qu'à la cathode la chute peut s'élever à plusieurs milliers de volts, on ne trouve à une anode normale que 20 à 30 volts.

Étant donné surtout cette analogie des phénomènes, M. Gehrcke et moi nous demandâmes si, dans des conditions appropriées, l'anode ne serait pas, elle aussi, susceptible d'être le siège d'une radiation et d'émettre des ions positifs. Les nombreux essais entrepris pour trouver cette radiation hypothétique, en modifiant la forme et la position de l'anode et en se servant d'anodes en matière appropriée, furent d'abord complètement infructueux, lorsqu'un hasard mit enfin sur la bonne piste. Dans un tube dans lequel était placée une cathode de Wehnelt, se trouvait un fil de platine d'environ 3 centimètres de longueur, servant d'anode. Immédiatement après avoir raccordé ce tube à 110 volts, on fut surpris de voir aussitôt apparaître des rayons bien nets, d'une teinte jaunâtre, partant d'un petit point clair, l'anode. Très intensifs au début, ces rayons pâtirent rapidement et disparurent au bout de quelques secondes. L'examen montra qu'ils provenaient de traces de borax restées par hasard à la surface du fil de platine qu'on avait soudé au fil de cuivre servant de conducteur du courant. Une anode de platine bien nettoyée ne dénotait pas ce phénomène ; mais, dès qu'on la mettait en contact avec du borax ou du sel de cuisine, les rayons jaunâtres re-venaient aussitôt avec une grande intensité.

Ce premier essai ayant montré le chemin pour les essais ultérieurs, ceux-ci furent poursuivis dans cette direction et l'on reconnut bientôt qu'outre le borax et le sel de cuisine une grande série d'autres sels, tels que par exemple LiCl , Li^2CO_3 , KCl , K^2CO_3 , RbCl , CsCl , CaCl^2 , BaCl^2 , en un mot tout sel fondant facilement et dissocié électriquement à l'état fondu, peuvent aussi servir d'agents actifs à l'anode. Il n'était donc pas étonnant que les oxydes alcalino-terreux, qui sont tout spécialement actifs à une cathode Wehnelt et qui ne se dissocient pas même à une température élevée, se soient montrés inactifs à l'anode. On obtient avec les corps indiqués ci-dessus des phénomènes lumineux qui émanent de l'anode et montrent les lignes spectrales du métal correspondant. Dans ces conditions, la première chose à faire était d'étudier en détail la nature de cette radiation. Toutefois ces rayons, provenant évidemment d'un potentiel faible, se prêtaient peu à l'étude, à cause de leur vitesse, vraisemblablement faible, et de leur forte absorption. En se servant de la cage Faraday, dans laquelle on recueillait les rayons, on pouvait bien démontrer leur charge électrique positive, mais il n'était pas possible de mesurer leurs déviabilités magnétique et électrique, à l'aide desquelles la grandeur et la vitesse des particules radiantés se calculent. Nous passerons sous silence les divers dispositifs d'essais pour la production de rayons rapides, nous bornant à parler de celui qui est actuellement utilisé.

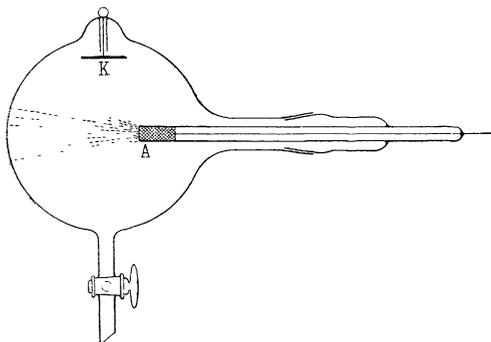


FIG. 1.

La lettre K de la *fig. 1* désigne une cathode constituée par un disque d'aluminium; l'anode est formée par une barre de sel A, en-

tourée circulairement de verre et à laquelle le courant est amené par un fil de cuivre introduit à l'intérieur. Le tube de verre a 2 à 3 millimètres de diamètre. Comme matière appropriée à la fabrication de l'anode, on peut se servir des mélanges d'un des sels indiqués plus haut, par exemple de LiBr, LiI, NaI, avec du graphite en poudre, le tout fondu ensemble. Les iodures sont les sels qui conviennent le mieux, non seulement parce que leur point de fusion est plus élevé, mais aussi pour une autre cause, que nous verrons plus loin.

Avec un vide convenable, une anode en iodure de lithium donne au passage du courant (qui fut fourni par une machine à influence à 30 plateaux) des rayons aciculaires de couleur rouge clair, qui montrent les lignes du lithium dans le spectroscope et produisent aux points où ils touchent le verre une fluorescence rouge jaunâtre. Les sels de sodium donnent des rayons jaunes, ceux de thallium des rayons verts et ceux de strontium des rayons bleus.

Il est surprenant qu'il se produise à ces anodes des chutes anodiques de plusieurs milliers de volts, de sorte que la chute anodique est souvent sensiblement supérieure à la chute cathodique; la cause de cette grande différence de potentiel s'explique en partie par les essais mentionnés à la fin de ce rapport. Ces rayons se prêtent beaucoup mieux que les précédents aux recherches, à cause de leur plus grande vitesse. Les essais ont montré que les rayons sont perpendiculaires à la surface de l'anode, d'où ils partent; que des corps qu'on interpose sur le trajet des rayons projettent des ombres nettes; que les rayons produisent à leur point d'incidence des fluorescences caractéristiques et qu'ils sont déviés dans le sens de rayons à charge positive par des champs magnétiques et électriques. Comme on le voit, on peut très bien les mettre en parallèle avec les rayons cathodiques, et les différences que l'on trouve sont seulement quantitatives, mais non qualitatives.

On se demande maintenant si les particules projetées par les anodes sous forme de rayons se composent de petites particules de sel, ou si elles sont constituées par des ions métalliques qui s'échappent du sel fondu et dissocié; il nous est possible de répondre à cette question, si nous pouvons déterminer le rapport de la charge électrique à la masse de la particule volante, $\frac{e}{\mu}$, car nous savons que ce rapport est égal à $9,5 \times 10^3$ pour un ion hydrogène.

Cette détermination a été faite de deux manières : premièrement, à l'aide de l'effet de Doppler, comme le fit Stark pour les rayons-canaux. En observant une ligne spectrale d'un faisceau de rayons anodiques, se déplaçant vers la fente d'un spectroscopie, on remarque deux lignes au lieu d'une seule qu'on voit ordinairement, une « intensité reposante » (*eine ruhende Intensität*), comme l'appelle Stark, suivie (du côté des longueurs d'ondes plus courtes) d'un espace obscur assez large, puis de l'« intensité mouvementée » consistant en une clarté plus étendue, nette au bord extrême et vague au bord interne. Si l'on photographie cet effet de Doppler, que l'on détermine la grandeur du décalage des lignes et que l'on mesure la chute anodique à l'aide d'une sonde située dans le voisinage de l'anode, on peut alors calculer $\frac{\varepsilon}{\mu}$ et la vitesse v des rayons.

En utilisant des rayons de sodium, nous avons calculé que, pour une chute anodique de 2200 volts, la vitesse des rayons les plus rapides est égale à :

$$v = 1,4 \times 10^7 \text{ cm/sec,}$$

et que

$$\left(\frac{\varepsilon}{\mu}\right)_{\text{Na}} = 0,43 \times 10^3.$$

En tenant compte de la valeur indiquée ci-dessus de l'ion hydrogène, nous obtenons :

$$\frac{\mu_{\text{Na}}}{\mu_{\text{H}}} = 21,$$

ce qui correspond presque au poids atomique du sodium.

L'autre méthode de détermination de $\frac{\varepsilon}{\mu}$ et de v consistait à mesurer la déviation des rayons dans un champ magnétique connu et à déterminer en même temps la chute anodique. Le tableau suivant donne un aperçu de quelques grandeurs trouvées pour les rayons de lithium, de sodium et de strontium :

Élément	v (cm/sec)	$\frac{\varepsilon}{\mu}$	$\frac{\mu}{\mu_{\text{H}}}$	Poids atomique connu
Sodium	$1,76 \times 10^7$	$0,40 \times 10^3$	23	23
Lithium	$2,40 \times 10^7$	$1,15 \times 10^3$	8,3	7
Strontium	$1,08 \times 10^7$	$0,21 \times 10^3$	90	88

On a admis, pour calculer le poids atomique du strontium, que la

charge ϵ de la particule de strontium est le double de celle de la particule de lithium ou de sodium ; cette supposition est motivée par la double valeur du strontium.

Comme on le voit par ce tableau, les valeurs ici trouvées se rapprochent beaucoup des poids atomiques déterminés à l'aide d'autres méthodes. Nous sommes par conséquent en droit d'admettre que *ces rayons anodiques sont constitués par des ions métalliques positifs dont la vitesse provient du passage de la chute anodique.*

Une autre considération importante s'impose : Quelle est, pour ces anodes, la cause de la chute, de hauteur anormale, qui est d'un ordre de grandeur tout autre que la chute anodique normale ? La solution, au moins partielle, de ce problème est également due à une observation fortuite. On remarqua un jour, dans un tube renfermant plusieurs barres actives de sels, que des rayons intenses étaient aussi émis par une anode sur laquelle ne se trouvait aucun sel ; cette anode était simplement constituée par un fil de cuivre entouré d'un tube de verre ouvert et se terminant à l'intérieur de celui-ci à environ 4^{cm},5 de son bout. Selon toute apparence, ces rayons anodiques ne provenaient pas de traces de sel qui aurait été distillé des barres de sel voisines dans la direction du fil. En effet, ces rayons ne prenaient pas naissance sur le fil même, mais se formaient à l'extrémité du tube de verre. Ils ne montraient pas les lignes spectrales des sels en question, mais surtout les lignes de l'hydrogène. Il s'agissait donc évidemment de « rayons de striction », c'est-à-dire de rayons ayant leur origine dans un étranglement du chemin suivi par le courant dans le gaz.

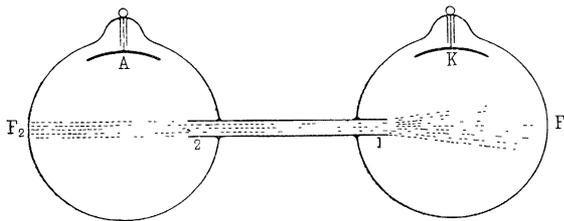


FIG. 2.

Afin de pouvoir étudier ces rayons indépendamment de l'action de l'anode elle-même, nous procédâmes à leur examen dans des tubes semblables à ceux de la *fig. 2*.

Si l'on remplit un tel tube d'hydrogène et si l'on y fait le vide, on constate au passage du courant la présence non seulement de rayons cathodiques partant de la cathode, mais aussi de « rayons cathodiques de striction », sortant du tube de jonction des deux sphères du côté de l'anode; c'est un fait généralement connu. On ne peut toutefois découvrir aucun rayon positif; mais, si l'on introduit des traces de vapeur d'iode dans le tube, il se produit aussitôt des rayons positifs de striction. Soit A l'anode et K la cathode dans la *fig. 2*; ces rayons sortent par le raccord tubulaire 1; ils montrent au spectroscopie les lignes de l'hydrogène et provoquent en F_1 , à un vide approprié, la fluorescence caractéristique des rayons positifs; en 2, il y a production de « rayons cathodiques de striction », qui produisent une fluorescence verte en F_2 . Cet essai démontre clairement que la production de rayons anodiques de striction est favorisée au plus haut point par la présence d'une faible quantité d'iode. On remarqua, au cours des essais, qu'en plus de l'iode d'autres halogènes ou leurs combinaisons, par exemple le brome, le chlore, HBr, HI, HCl, peuvent provoquer la naissance de rayons anodiques de striction. Les essais dans la vapeur d'iode furent toutefois les plus réussis. C'est ce qui explique le fait mentionné plus haut que les iodures sont justement les sels convenant le mieux pour la production des rayons anodiques. Il ressortit également des essais qu'en présence des corps mentionnés ci-dessus, non seulement l'hydrogène, mais aussi l'oxygène et l'hélium, ont la faculté de produire des rayons, tandis qu'avec l'azote les résultats furent infructueux. Les rayons de l'oxygène ont une couleur grise, ceux de l'hélium une couleur variant du verdâtre au rougeâtre aux différentes parties des rayons.

On constata, à l'aide de sondes introduites aux endroits appropriés, que, dans le raccord tubulaire 1, il y a une chute de potentiel élevée, pouvant atteindre des valeurs de 2000 volts et plus, tandis que, dans le reste du tube de jonction, le gradient de potentiel est très petit. Aussi bien les rayons cathodiques de striction que les rayons anodiques de striction ont leur origine dans le raccord 1. L'anode même dénote aussi dans ces tubes, s'il s'y trouve de l'hydrogène et de l'iode, une chute de potentiel très élevée, et, avec une surface d'anode suffisamment petite, on obtient par suite aussi qu'il s'en échappe des rayons anodiques d'hydrogène. Nous sommes donc en face d'un cas *d'émission de rayons positifs d'une anode métallique, par exemple en aluminium, à une température ordinaire.*

Il ressort des essais qui viennent d'être décrits que l'iode et les autres corps mentionnés ci-dessus jouent un rôle important, aussi bien pour la formation de rayons anodiques que pour celle de rayons anodiques de striction. Pour le moment, il est impossible de se prononcer avec certitude sur le mécanisme de ces phénomènes.

Les spectres des rayons anodiques sont d'une nature excessivement simple. Les rayons de sodium montrent, par exemple, au spectroscopie les lignes D ; ceux de lithium, les lignes rouges, orange et bleues. Des essais, encore non publiés, que j'ai faits avec des rayons de sels alcalino-terreux, ont fourni également des spectres très simples en comparaison de ceux des étincelles et des arcs. On ne trouve, par exemple dans le spectre des rayons anodiques de strontium, en plus de la ligne principale 4 608, que deux paires isolées 4 216, 4 078, 4 306, 4 162, qui ont la même différence vibratoire et, comme le montrèrent Runge et Precht, ont une parenté étroite avec le poids atomique du strontium. Il y a des particularités analogues pour le calcium et le baryum ; les rayons de calcium sont violets et ceux de baryum bleus.

En plus de ces rayons, composés d'ions métalliques, on obtient parfois, avec des anodes de calcium et de baryum, surtout si elles sont fraîchement préparées et renferment encore une assez grande quantité d'eau, des rayons d'une teinte plus rougeâtre, qui montrent au spectroscopie une série de bandes rouges, que l'on attribue généralement à l'oxyde. Mais il n'est pas possible de dire, pour le moment, si ces rayons se composent vraiment de particules d'oxyde métallique. Toutefois est-il que l'on a, dans les rayons anodiques, un moyen de déterminer les porteurs des différentes lignes spectrales.
