Sur la lumière positive et le passage de l'électricité dans les gaz

P. Villard

► To cite this version:

P. Villard. Sur la lumière positive et le passage de l'électricité dans les gaz. Radium (Paris), 1908, 5 (11), pp.336-338. 10.1051/radium:01908005011033600 . jpa-00242315

HAL Id: jpa-00242315

<https://hal.science/jpa-00242315>

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.

EXTRAITS

Sur la lumière positive et le passage de l'électricité dans les gaz¹

Par P. VILLARD

[Laboratoire de physique de l'École normale.]

On explique habituellement le passage de l'électricité dans les gaz par un double phénomène d'ionisation et de recombinaison des ions libérés. Cette conception, sur laquelle nous ne nous étendrons pas, n'est pas celle de l'auteur qui par un nombre assez considérable d'observations et d'expériences a pu mettre clairement en évidence que ce phénomène repose sur un tout autre mécanisme physique.

L'ionisation d'un gaz peut aider à l'établissement de la décharge disruptive, en ce cas son rôle se réduit à une sorte « d'amorçage » ; cependant si cette ionisation atteint une certaine valeur, l'étincelle ou la décharge dans les tubes à gaz raréfiés disparaît. On peut cependant constater que le courant continue à passer ; seul le phénomène lumineux est supprimé.

Ces faits peuvent s'observer en faisant agir sur les décharges électriques lumineuses des agents d'ionisation puissants, tels que les rayons du radium, les rayons cathodiques, les rayons de Lénard, une flamme, un fil métallique incandescent, etc. Nous verrons au cours de ce mémoire des exemples de cette suppression de la lumière positive par les rayons cathodiques.

Après ces considérations, nous arrivons à l'étude des formes de la décharge : Prenons un tube de 80 à 90 centimètres de longueur sur 5 centimètres de diamètre, contenant de l'air à 15 millimètres de pression environ, et relié au transformateur. Vers 6000 à 8000 volts efficaces apparaissent des lueurs, des aigrettes courent sur les parois. A 10 000 volts la décharge devient régulière, il se forme des stratifications avec une faible gaine négative. L'intensité, qui n'atteint pas une moyenne de 1 milliampère, est limitée par la résistance propre du tube. La décharge normale présentant les caractères correspondant à la pression de 15 millimètres se constitue à 12 000 volts. A ce moment, l'intensité s'élève instantanément à un dixième d'ampère environ et le voltage descend à 7000 volts. Ce sont alors les résistances extérieures qui limitent l'intensité.

La décharge, une fois constituée, on observe les aspects connus du phénomène de Geissler : gaine négative, espace noir de Faraday et lumière positive ; cette dernière, qui n'occupe que la région axiale du tube,

augmente de diamètre avec la raréfaction et croît en longueur avec l'intensité. Ces accroissements sont accompagnés d'une diminution notable de potentiel aux bornes du tube. Le régime ne peut donc être stable avec une source à potentiel constant qu'à condition de mettre en circuit une résistance donnant lieu à une chute de tension croissant avec le courant.

Vers les pressions de 0^{mm},1 le phénomène est tout autre, la lumière négative entourant la cathode est très développée et la chute cathodique croît avec le courant. Contrairement au cas précédent, le régime du courant est stable et ne peut augmenter que si le voltage s'élève.

Nous arrivons maintenant à une autre forme de la décharge, la décharge disruptive : l'auteur suppose une ampoule à rayons cathodiques reliée à une forte bouteille de Leyde qu'on peut charger progressivement par une source quelconque. On constate par exemple un commencement d'émission cathodique vers 6000 volts avec augmentation continue et régime stable pour chaque voltage entre 6000 et 12 000 volts. Si l'on cesse d'alimenter la bouteille, l'alimentation du tube continue et le voltage descend jusqu'à 6000 volts où l'émission s'arrête, la bouteille restant chargée jusqu'à cette dernière différence de potentiel.

Si l'on atteint 12 000 volts, il en est autrement ; à ce moment précis une brillante luminescence apparaît entre la cathode et l'anode, luminescence accompagnée d'un bruit sec comme celui d'une étincelle ; on constate alors que la bouteille est complètement déchargée. C'est une véritable étincelle disruptive jouant le rôle de court-circuit. Ce phénomène s'obtient à toutes les pressions, avec des différences de potentiel appropriées à ces pressions et à la forme des tubes.

Dans ces expériences, on a constaté que, quand la décharge disruptive succède à la décharge régulière, le trait lumineux, arc ou étincelle, qui relie les électrodes, ne suit pas le même parcours aux environs de la cathode que dans le second cas. Si la

1. Ce travail est extrait d'un mémoire d'ensemble publié dans le *Journal de Physique* en mai 1908. Les clichés qui accompagnent cet extrait nous ont été obligeamment prêtés par le *Journal de Physique*.

décharge disruptive est précédée par le phénomène de Geissler le trait de feu évite la gaine négative et aboutit à la cathode au point où cette gaine cesse d'exister; de même dans un tube à rayons cathodiques le trait de feu n'aboutit jamais au point d'émission de ces rayons.

Différentes considérations suivent sur les modifications à apporter à ces expériences par l'adjonction de résistances ou de self-induction; les figures 2 et 5 nous montrent quelques-unes de ces modifications, la figure 1 indique le montage général de l'expérience.

L'effet observé dans la décharge disruptive provenant d'un condensateur est identique à l'arc électrique, ce qui a pu être vérifié par l'emploi de batteries d'accumulateurs à haute tension, avec lesquels cette décharge, convenablement réglée par une résistance

cet espace augmenter avec la raréfaction des tubes, c'est-à-dire avec l'augmentation du libre parcours des rayons issus de la cathode.

Cette hypothèse est vérifiée directement dans la figure 4 représentant un tube dont la partie horizontale est terminée par deux électrodes A, C, reliées à une première source, alors que les électrodes A', C', de la partie verticale, reliées à une autre source, peuvent envoyer un faisceau cathodique au milieu de la colonne positive en O; on remarque qu'en ce point apparaît un espace obscur. Si l'on dévie les rayons issus de C' par un aimant, cet espace se comble immédiatement. Différentes modifications de cette expérience donnent le même résultat.

L'auteur aborde ensuite la question de la déviation

Fig. 1. — Montage de l'expérience.

Fig. 2. — Distance des électrodes, 10 centimètres.

Fig. 3. — Distance des électrodes, 7 centimètres.

Fig. 1. — Condensateur de 1 à 2 microfarads relié à un voltmètre statique (non figuré); ballon de 15 centimètres de diamètre; électrodes d'aluminium de 2^m.5, dont l'une mobile dans une coulisse (soutenue par un tube de verre non figuré); pression, 15 millimètres.

Fig. 2. — I, II, III et IV, décharges sans résistance ni self; voltages de charge croissant de 2000 à 5000 volts. — V et VI, décharge à 5000 volts avec résistance de 5000 et 5000 ohms en série.

Fig. 3. — I, 2000 volts sans résistance. — II et III, 5000 volts sans résistance; disparition totale de la gaine négative. — IV, 5000 volts avec résistance de 200 ohms. — V, 5000 volts et 5000 ohms; réapparition de la gaine négative.

extérieure, affecte la forme d'un arc constant une fois le potentiel critique atteint.

En étudiant les deux formes de la décharge on peut constater que la gaine négative semble empêcher

magnétique de la lumière positive. La condition la plus simple pour cette étude consiste à prendre un large tube contenant de l'air à la pression de 1 centimètre au moins, de façon que la lumière positive n'occupe que la région axiale, et offre l'aspect d'un cordon lumineux assez mince.

Si on met ce tube entre les branches d'un aimant, on obtient la déformation indiquée à la figure 5. On

Fig. 4

la propagation de la lumière positive; ce qui semble expliqué par les considérations du début. L'espace noir de Faraday résulterait en effet de l'ionisation intense déterminée par les rayons cathodiques et serait limité au parcours de ces rayons. On voit, en effet,

T. V.

Fig. 5.

remarque qu'en M, où l'écart est maximum, la tangente est parallèle à la direction initiale, c'est-à-dire que la déviation est nulle au point où le champ est maximum, ce qui ne peut être expliqué par l'hypothèse d'une convection électrique des ions ou particules chargées. On voit, de plus, qu'en a et a' il y a deux points d'inflexion indiquant que la déviation de

la lumière positive change deux fois de signe dans un champ magnétique constant.

On explique pourtant facilement ces effets en imaginant que la colonne anodique est une chaîne extensible, pourvue de cohésion, tendue entre les électrodes et se comportant comme un conducteur souple. D'autres expériences confirment cette façon de voir.

Quant aux actions électrostatiques, elles sont ce que fait prévoir la théorie; les divers points du conducteur souple formé par la chaîne de lumière positive étant à des potentiels différents doivent s'attirer. La vérification du phénomène peut se faire avec un tube en U à branches rapprochées; on obtient alors les résultats suivants : pour des courants de 0^o,001 à 0,004, l'action électrodynamique qui tend à ouvrir la boucle en U est plus faible que l'action électrostatique et il y a attraction des branches; vers 0^o,1 l'action électrodynamique prédomine et la boucle tend à s'élargir.

Vient ensuite la question de la chronophotographie de la décharge, question étudiée au moyen du dispositif suivant : un objectif extra-lumineux d'ouverture $\frac{f}{4}$ environ, adapté à une petite chambre noire, donne une image réelle de la décharge; près du plan focal conjugué est placé une large fente encadrant l'image, dans ce plan focal peut glisser une plaque sensible placée dans un châssis à

Fig. 6. — Chronophotographie montrant que la lumière positive part de l'anode. Electrodes distantes de 11 centimètres dans un ballon rempli d'air à 15 millimètres.

La décharge est d'abord photographiée sur la plaque au repos (image supérieure). Cette partie de la plaque est ensuite masquée par le volet du châssis et ce dernier, ramené à un bout de la coulisse, est mis en mouvement et passe en vitesse devant l'objectif. L'inconvénient de la courbure imprimée à la lumière positive par l'air chaud est évité en plaçant l'appareil photographique verticalement au-dessus du ballon; on a ainsi une projection horizontale rectiligne de la décharge.

Le temps croît de haut en bas sur la figure. Les décharges se succèdent à $\frac{1}{12}$ de seconde d'intervalle (courant alternatif avec soupape).

coulisse que l'on déplace à la main. Quand la décharge est alimentée par un transformateur, l'intervalle de deux images successives donne la mesure du temps, la durée de la période étant exactement connue.

La figure 6 donne le résultat obtenu avec un ballon

rempli d'air à la pression de 15 mm., la distance des électrodes étant de 11 centimètres et la fréquence étant de 42 périodes par seconde.

Une autre épreuve (fig. 7) montre les formes que

Fig. 7. — Chronophotographies obtenues avec le dispositif de la fig. 1 (décharge d'un condensateur). — Distance des électrodes, 10 centimètres; pression, 15 millimètres.

- I. 2400 volts. — Phénomène de Geissler avec régime permanent. Décharge visiblement incomplète du condensateur.
- II. 2300 volts. — Phénomène de Geissler suivi d'un arc déchargeant complètement le condensateur et éteignant la lumière négative.
- III. 5000 volts sans résistance. — Durée inappréciable.
- IV. 5000 volts, 200 à 500 ohms. — Durée notable.
- V. 500 volts, 5000 ohms. — Suppression de l'arc et retour au cas n° 1.

prend la décharge quand le tube est monté sur un condensateur dont le potentiel varie.

Les questions qui viennent ensuite ont trait aux phénomènes mécaniques et à l'expérience de Melde, réalisée en prenant comme corde vibrante la lumière positive, puis aux particularités de l'allumage à haute fréquence.

Vient ensuite l'étude de l'influence de la distance des électrodes dont on déduit le principe suivant : « Le voltage nécessaire à l'établissement d'une décharge électrique entre plateaux parallèles est minimum quand la distance des plateaux est égale à l'épaisseur d'espace obscur qui correspond au courant minimum exigé par la décharge. »

La dernière question traitée porte sur le rôle préparatoire des ions. Différentes expériences réalisées par l'auteur montrent que « l'ionisation est nécessaire pour préparer la route de l'étincelle, le courant de convection qu'elle produit servant à franchir le seuil d'établissement de la décharge proprement dite ». La fin du mémoire est un résumé des faits les plus importants que nous avons signalés au cours de cette analyse, et dont la mise en lumière constitue certainement un des plus remarquables travaux qui aient été faits sur cette question à la fois si intéressante et si pleine de difficultés.

Extraits par L. MATOUF.

[Reçu le 15 juillet 1908.]