Sur la structure et les propriétés des rayons magnéto-cathodiques dans un champ uniforme

M. Gouy

► To cite this version:

M. Gouy. Sur la structure et les propriétés des rayons magnéto-cathodiques dans un champ uniforme. Radium (Paris), 1911, 8 (4), pp.129-134. 10.1051/radium:0191100804012900 . jpa-00242461

HAL Id: jpa-00242461

<https://hal.science/jpa-00242461>

Submitted on 1 Jan 1911

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.

MÉMOIRES ORIGINAUX

Sur la structure et les propriétés des rayons magnéto-cathodiques dans un champ uniforme ¹

Par M. GOUY

[Faculté des Sciences de Lyon. — Laboratoire de Physique].

I. Analyse du faisceau magnéto-cathodique.

En recevant sur une très petite ouverture un pareil faisceau, qui ne montre aucune structure définie, on peut isoler des filets de rayons où l'on reconnaît l'enroulement hélicoïdal que forment les trajectoires des électrons dans un champ magnétique.

L'expérience réussit bien en prenant pour cathode une boule de 6 mm de diamètre. L'anode est un cylindre métallique de 8 cm de diamètre, dont l'axe est perpendiculaire au champ magnétique. Une feuille de métal le divise en deux compartiments, dont l'un contient la cathode, et l'autre un écran de willémité. Une ouverture de 0^{mm},6 de diamètre, percée dans cette cloison, laisse passer un filet magnéto-cathodique, dont la trace sur l'écran est observée et photographiée à travers une glace parallèle. L'axe de la chambre noire est perpendiculaire au champ magnétique, en sorte que, si l'on déplace l'écran seul, les images produites sur lui restent au point et peuvent être photographiées sur la même plaque, marquant ainsi la trajectoire et les modifications du filet soumis à l'étude.

Les effets observés dépendent de la position de la cathode², du voltage V et du champ H; c'est ce dernier qu'on peut faire varier le plus commodément. On peut classer ces effets comme il suit :

a) Il y a une suite de points $F_1, F_2, F_3, \dots$ où le filet produit sur l'écran une tache de la dimension de l'ouverture, et dont les distances à l'ouverture forment une progression arithmétique³. Entre ces foyers, le filet forme un fuseau creux, qui se manifeste sur

l'écran par une circonférence lumineuse, à milieu obscur, qui a sa dimension maximum au milieu de l'intervalle des foyers, et diminue quand on se rapproche de l'un d'eux. Il est rare que la circonférence soit entièrement fermée.

La figure 1 représente ce cas (a) ; la photographie est à l'échelle de 2 : 1. La flèche indique le sens où marchent les rayons. On distingue le 1^{er} et le 2^e foyer, et les figures intermédiaires, qui se montrent ici ovalisées par la perspective et l'obliquité de

Fig. 1.

l'écran, mais sont circulaires sur l'écran quand il est normal aux rayons⁴.

b) Ces apparences se modifient en ce que la figure forme un croissant en se réduisant à un arc plus ou moins étendu, tel qu'une demi-circonférence par exemple, ce qui permet néanmoins de déterminer les foyers. Quelquefois aussi on a plusieurs taches lumineuses, qui se réduisent à une seule aux foyers.

c) Le filet est partout étroit, mais les taches successives sur l'écran dessinent une sinusoïde. Ce cas est le plus simple au point de vue de la discussion théorique, mais la sinusoïde étant très allongée, les expériences sont moins démonstratives, et je m'en suis peu occupé.

1. Les conditions de ces expériences sont telles en général que les rayons magnéto-cathodiques soient normalement formés, c'est-à-dire que la pression est inférieure à 0,1 mm et le champ supérieur à 700 gauss. Le courant est continu, fourni par une machine électrostatique ou par une batterie d'accumulateurs.

2. La ligne de force magnétique passant par le centre de l'ouverture doit rencontrer la cathode sous une incidence très oblique, pour que les effets décrits plus loin se produisent.

3. J'ai vu 4 de ces foyers, les dimensions de l'appareil ne permettant pas davantage. Ils diminuent un peu de netteté en s'éloignant de l'ouverture.

4. Voici les données de cette expérience : voltage 9500 : champ 1480. La distance de la cathode à l'ouverture est d'environ 25 mm, comme pour les autres expériences du tableau qui suit.

Reprenons l'examen des cas (a) et (b). Soient p l'intervalle des foyers consécutifs et R le rayon de la circonférence dessinée sur l'écran au milieu de leur intervalle. Le tableau I donne les valeurs en millimètres.

Tableau I.

V	II	p	R	p_0	p_1	Cathode	Gaz ¹
5200	1470	9,5	»	10,3	»	boule 6 ^{mm}	Air (courant).
6600	2180	7,1	»	7,9	»	id.	id.
6800	1540	13,0	1,5	12,7	12,0	id.	Hydrogène (courant).
8500	1580	15,0	1,2	14,1	15,5	id.	id.
7400	1520	10,5	1,5	11,9	11,5	id.	id.
9050	2240	7,8	0,5	9,0	8,8	id.	id.
9500	1480	15,7	1,4	15,9	15,2	id.	id.
12800	1910	15,5	1,5	12,5	11,6	id.	Gaz de la cathode.
11200	1880	15,0	1,5	11,9	11,2	id.	id.
11000	2590	8,2	0,6	9,5	9,1	id.	id.
9500	2500	8,5	0,6	9,0	8,7	id.	id.
10100	1870	15,0	0,7	11,2	11,0	id.	id.
5400	1070	14,0	1,5	14,5	15,9	id.	Oxygène.
4950	750	18,0	1,5	20,0	19,2	id.	id.
5700	1050	16,5	»	15,5	»	plaque ²	Hydrogène (courant).
5760	1110	14,5	»	14,4	»	id.	id.

1. La pression était de 80% à 40%.

2. Plaque de 1 cm de côté, l'angle de la surface avec le champ étant 20° à 50°.

Examinons maintenant comment s'expliquent ces phénomènes dans la théorie électronique. La périodicité, qui en est le trait dominant, s'explique d'elle-même si les trajectoires d'électrons qui traversent l'ouverture sont des hélices de même pas, car après un intervalle d'un pas ces trajectoires se trouveront dans les mêmes positions relatives. Calculons le pas p de ces hélices, en admettant que les électrons partent sans vitesse de la surface de la cathode. Soient V la chute de potentiel du point considéré jusqu'à la cathode, v la vitesse de l'électron, θ la durée d'un tour autour de l'axe de l'hélice, δ le diamètre de celle-ci. Nous avons les équations.

$$\frac{1}{2}mv^2 = eV, \quad \theta = \frac{2\pi}{H} \cdot \frac{m}{e}, \quad r^2 = \left(\frac{p}{\theta}\right)^2 + \left(\frac{\pi\delta}{\theta}\right)^2$$

d'où :

$$p^2 = \frac{8\pi^2 V}{H^2} \cdot \frac{m}{e} - \pi^2 \delta^2.$$

Le tableau précédent donne les valeurs p_0 de p calculées en supposant δ nul¹; les valeurs de p trouvées en diffèrent peu, ce qui est naturel, les hélices étant très allongées. Mais l'expérience elle-même peut nous renseigner sur leur diamètre δ .

Soit O l'ouverture (fig. 2), le plan de la figure étant normal au champ. Considérons toutes les hélices dont les projections passent au point O . Si elles ont toutes même diamètre δ , ces projections forment

1. On prend $\frac{e}{m} = 1,77 \cdot 10^7$.

une rosace ayant son centre en O , et pour diamètre 2δ . En général, quelques-unes seulement de ces trajectoires hélicoïdales rencontrent l'écran en O , mais en disposant de V et surtout de H , on arrive à les faire passer toutes par l'ouverture, ce qui est facilité

par ce fait que cette ouverture a des dimensions appréciables. Alors, aux distances $\frac{p}{2}, \frac{5p}{2}, \frac{9p}{2}$, de l'écran, ces trajectoires occuperont les points A situés sur la circonférence extérieure, et ces points A en nombre infini dessineront une circonférence lumineuse de rayon δ (ou R du tableau)¹. Nous avons donc au moins une valeur moyenne de δ , si cette quantité varie d'une hélice à l'autre d'une manière continue.

Les valeurs p_1 du tableau ont été ainsi calculées; elles se rapprochent plus que p_0 des valeurs trouvées p , sauf

pour quelques expériences faites avec $V > 10\,000$,

Fig. 2.

où les oscillations ont faussé quelque peu les résultats².

1. Ceci ne serait rigoureux que si le diamètre de l'ouverture était négligeable vis-à-vis de δ . Mais l'erreur est corrigée en majeure partie, car R a été mesuré au milieu de l'épaisseur du trait brillant qui dessine la circonférence, et cet aperçu suffit au degré de précision des mesures.

2. On ne saurait trop insister sur la nécessité de se préoccuper, dans toutes les recherches de ce genre, des difficultés que créent les oscillations du courant. Quand les phénomènes dé-

Il serait intéressant de comparer δ avec des valeurs calculées *à priori*. Faute de mieux, nous pourrions envisager deux cas extrêmes ; α désignera l'angle que fait le champ magnétique avec la normale à la cathode.

1° Supposons que le champ électrique soit nul partout, sauf dans une couche infiniment mince à la surface de la cathode. On a :

$$\delta = \frac{2 \sin \alpha}{H} \sqrt{2V \frac{m}{e}}$$

2° Supposons au contraire que le champ électrique soit partout uniforme. On a :

$$\delta = 2 \frac{m}{e} \frac{\operatorname{tg} \alpha}{H^2} \frac{V}{l},$$

l désignant la distance du point considéré à la cathode, mesurée sur la ligne de force magnétique.

Si l'on fait $V = 10\,000$, $H = 2000$, $\alpha = 45^\circ$ et $l = 2$ cm, ces formules donnent $2^{\text{mm}},4$ et $0^{\text{mm}},14$. Les diamètres réels sont intermédiaires entre les valeurs calculées par les deux formules, et un peu plus voisins des premières.

II. — Les caustiques des trajectoires des électrons.

D'ordinaire, le sillon que trace dans le gaz le faisceau magnéto-cathodique ne montre pas de structure déterminée, et ses bords sont un peu estompés, surtout dans des champs modérés et avec des voltages élevés. Cependant une structure très caractérisée est visible dans des conditions favorables, et surtout au moyen d'un écran phosphorescent. La tache lumineuse que produit le faisceau sur l'écran, lorsque la cathode a une forme régulière, montre des bords très nets, et même dessinés par un trait plus brillant que le fond ; d'autres lignes brillantes se montrent aussi dans l'intérieur de la tache, et varient avec la position de l'écran, le champ magnétique et le voltage.

Prenons, par exemple, pour cathode une boule de 8 mm de diamètre, placée à 7 cm environ de la paroi de verre, distance mesurée sur une ligne de force

pendent du potentiel, ce qui est ordinaire, elles produisent un trouble, puisque l'on observe une superposition d'effets correspondant à des potentiels différents, et il n'est pas nécessaire pour cela qu'il y ait des oscillations, de simples variations suffisent. Mais, dans bien des cas, le régime oscillatoire, quand il s'établit, correspond à un état de choses nouveau, qu'on ne peut rapprocher des phénomènes normaux. Cette difficulté empêche d'ordinaire d'utiliser les voltages supérieurs à 10 000, pour lesquels les oscillations sont difficiles à éviter ; elle exige une surveillance attentive, soit au moyen du téléphone, soit en examinant l'aspect de la décharge, où les oscillations se laissent toujours reconnaître.

magnétique. Pour 150 gauss, on a sur le verre une tache de 20 mm à 50 mm de diamètre avec un point brillant en son centre. Le champ augmentant, ce point disparaît, et la ligne qui formait le contour extérieur se contracte et finit par former un point central pour 220 gauss. En même temps, une autre circonférence brillante est apparue, qui limite la tache, maintenant plus petite. Cette nouvelle ligne se contracte en son centre pour 280 gauss, et ainsi de suite. Jusqu'à 1500 gauss, on voit ainsi les circonférences apparaître et se contracter, mais à la fin elles s'évanouissent avant d'avoir atteint le centre, et le milieu de la tache garde un éclat uniforme.

Lorsque le point central existe, il forme une sorte de foyer où concourt une assez notable partie du faisceau, car si en ce point on met un très petit écran, il en résulte une ombre qui couvre la majeure partie de la tache formée sur un écran plus éloigné.

En prenant pour cathode un fil cylindrique, on peut faire une étude plus détaillée du phénomène. Sur un écran parallèle au fil, la tache forme une

Fig. 5.

bande limitée par deux lignes brillantes, avec deux lignes parallèles dans son intérieur ; ces dernières peuvent se réduire à une seule ligne médiane, qui est alors très brillante, et forme une sorte de ligne focale. Pour avoir à la fois une représentation de ces divers cas, on peut incliner l'écran et la cathode, de manière que les rayons extrêmes du faisceau utilisé diffèrent en longueur de 2 cm ou 5 cm. Le faisceau produit sur l'écran une longue bande lumineuse, qui se résout en une suite de figures égales et équidistantes, dessinées par des lignes lumineuses sur un fond peu éclairé. Quand le champ augmente, ces figures se resserrent et se déplacent en même temps, en marchant dans le sens où décroît la longueur des rayons.

Ces figures ont la forme de V très aigus, à côtés un peu convexes, et sont emboîtées les unes dans les au-

tres, de telle sorte qu'elles présentent toutes leur pointe du côté où les rayons augmentent de longueur, leur bissectrices étant alignées suivant le milieu de la bande lumineuse (fig. 3) ¹.

Les linéaments qui les forment, étudiés à la loupe, n'ont souvent pas plus de 0^{mm},1 de largeur, et sont délicatement dessinés ². Les côtés convexes des V forment le contour extérieur de la bande lumineuse, et en dehors d'eux il n'y a aucune phosphorescence. La longueur du V et sa largeur diminuent quand le champ augmente, sans que la bande puisse jamais être moins large que la cathode. Si le diamètre de cette dernière est trop grand, les côtés du V ne se rejoignent plus, et par suite sa pointe n'est pas formée; la bande montre alors un éclat uniforme en son milieu, avec des côtés barbelés.

Si la cathode a un diamètre inférieur à 1^{mm},3, les figures en V commencent à montrer une distorsion qui s'accroît quand le diamètre diminue, et pour 0^{mm},5 elles ont une forme très compliquée. Il en est de même quand on emploie, au lieu d'un fil cylindrique, une bande étroite, très oblique sur le champ.

Sans écran, cette structure périodique du faisceau magnéto-cathodique peut quelquefois être vue et

Fig. 4.

surtout photographiée le long du sillon tracé dans le gaz, principalement dans l'espace obscur pré-cathodique. La figure 4 reproduit une photographie ³ faite à l'échelle 2 : 1. On y distingue près de la cathode les figures en V, analogues à celles qui se dessinent sur l'écran phosphorescent, et on constate que la cathode correspond à un maximum de largeur. Dans la partie brillante du faisceau, ces figures sont noyées dans une lumière d'une autre origine, dont nous reparlerons dans un moment.

1. Le cliché est à l'échelle de 5 : 2 environ. Le voltage est sensiblement 4000, le champ est de 1550 g. et 2500 g. La cathode, de 2 mm de diamètre, est perpendiculaire au champ, et l'écran très incliné. Les nuages lumineux ne proviennent pas de l'écran, mais du gaz.

2. Une lame de verre (cristal) convient bien pour observer ces détails très fins, et donne une lumière bleue propre à la photographie. Ces finesses se perdent en grande partie dans la reproduction.

3. Cathode de 1,5 mm de diamètre sur 6 mm de longueur, perpendiculaire au champ et parallèle au rayon visuel. Voltage 5500, champ 1550, courant 0.6 milliampère, pression 20 μ . air.

L'explication de ces apparences doit évidemment être cherchée dans la manière dont les trajectoires des électrons se concentrent en certaines portions de l'espace, en formant des *caustiques* tout à fait comparables aux caustiques des rayons lumineux, et qui sont, comme elles, les enveloppes des rayons individuels. La discussion ne peut en être faite, faute de connaître exactement les trajectoires individuelles.

III. — La lumière du faisceau magnéto-cathodique est due surtout à un effet rétrograde.

Reprenons l'expérience du chapitre I. Si l'obstacle (écran phosphorescent ou tout autre) arrête le filet magnéto-cathodique aux points où il forme les foyers F_1, F_2, F_3 , le sillon lumineux tracé dans le gaz est une ligne fine, en réalité un petit cylindre qui a pour section la tache produite sur l'écran, tout le long de son parcours depuis l'ouverture, et même dans les régions où le filet forme un fuseau creux. Si au contraire le filet rencontre l'obstacle là où il forme fuseau, le sillon lumineux est large sur toute sa longueur, même là où le filet forme des foyers. Ce sillon n'est donc pas produit par l'illumination du gaz par les rayons incidents, mais consiste en un effet de retour, qui ne dépend que de l'état où se trouve le filet quand il rencontre l'obstacle où il se termine.

De même, quand on observe un faisceau magnéto-cathodique qui donne sur l'écran phosphorescent les figures en V (chap. II), on est surpris de ne pas voir cette structure si caractérisée se montrer suivant la longueur du faisceau dans la partie brillante, en dehors de l'espace obscur pré-cathodique. A la vérité, la

photographie en montre quelque chose dans des circonstances favorables, mais la presque totalité de la lumière dans cette région y est étrangère.

Voici du reste la preuve directe de cet effet rétrograde. Dans le cylindre-anode (fig. 5), plaçons une cathode formée d'un fil perpendiculaire au champ, qui est lui-même dans le plan de la figure. Le faisceau forme une nappe d'éclat sensiblement uniforme, depuis l'espace obscur jusqu'à l'anode. Si, dans cette nappe, on met un obstacle, comme un fil normal au plan de la figure et relié à l'anode, on voit ce fil former une ombre noire du côté opposé à la cathode, et une ombre grise du côté de celle-ci jusqu'à l'espace obscur où elle disparaît. Si, au lieu d'un fil, on prend une lame, on voit de même l'ombre noire A, et l'ombre grise B, mais celle-ci n'est obscure que si la lame est très inclinée sur les rayons; en deçà de 45°, la différence entre B et le reste de la nappe est insensible, et on voit seulement deux lignes grises aux bords de l'espace B.

Il y a donc quelque chose qui revient de l'anode à la cathode en illuminant le gaz¹; il est vraisemblable

Fig. 5.

que ce sont les rayons cathodiques ayant subi la réflexion diffuse sur l'anode, qui reviennent en hélices serrées.

IV. — *Franges du faisceau magnéto-cathodique.*

L'effet rétrograde dont nous venons de parler est plus intense, et la lumière plus vive, quand l'obstacle où se termine le faisceau porte une charge négative, soit que celle-ci ait été apportée par le faisceau lui-même (cathode secondaire), soit que l'obstacle soit une cathode auxiliaire. C'est un mode de décharge que j'ai nommé action inter-cathodique², et qui fera l'objet d'un autre travail. L'éclat lumineux de chaque filet du faisceau sur toute sa longueur, jusqu'à l'espace obscur, dépend alors, d'une manière souvent très marquée, de la phase où se trouve la structure périodique de ce filet au point où il rencontre l'obstacle. Sur la figure 3, on peut remarquer en effet que les petits nuages lumineux sont produits dans le gaz en des régions déterminées des figures en V tracées sur l'écran, qui paraissent correspondre à la plus grande concentration de la lumière phosphorescente.

De là résultent des franges longitudinales qui sillonnent le faisceau magnéto-cathodique, lorsque celui-ci forme une nappe un peu étendue. Ces franges sont parallèles au champ magnétique, et sont donc formées de rayons dont l'intensité lumineuse varie de l'un à l'autre suivant une loi périodique. On les produit aisément en faisant arriver le faisceau sur la paroi de

verre de l'ampoule (fig. 6)¹; elles se produisent aussi très bien quand la cathode et l'obstacle sont deux fils situés dans un même plan, ce dernier étant à un potentiel inférieur de 100 volts environ à celui de l'anode. Enfin l'anode elle-même produit de pareilles franges, mais fort pâles, et qui ne seraient guère visibles sans leurs mouvements caractéristiques.

En effet, toutes ces franges, lorsqu'on fait varier l'intensité du champ magnétique, se déplacent régulièrement, et se succèdent les unes aux autres, en marchant avec des vitesses inégales, de telle sorte qu'elles se resserrent quand le champ augmente. Elles se comportent donc absolument comme font les franges d'interférences quand on passe du rouge au violet. Elles se déplacent aussi, à champ constant, quand on fait varier la position de la cathode ou celle de l'obstacle.

Les mesures faites sur les clichés (particulièrement avec un fil de 1^{mm}, 5), montrent que les maxima correspondent à des rayons dont les longueurs sont en progression arithmétique, dont la raison a paraît proportionnelle à $\frac{\sqrt{V}}{H}$; pour 2000 volts et 1000 gauss, on a sensiblement 7^{mm}. La longueur du rayon pour les franges brillantes a paru être un multiple entier de a , mais il n'en serait peut-être plus de même pour d'autres cathodes. Quoi qu'il en soit, on en déduit

Fig. 6.

aisément le déplacement des franges quand le champ varie. On voit aussi qu'elles sont d'autant plus serrées que la cathode et la paroi forment un angle plus ouvert, et que, à champ constant, si le système éprouve une déformation, les franges se déplacent de manière que la longueur du rayon reste constante.

La raison a n'est autre évidemment que la période de la structure du filet magnéto-cathodique, qui elle-même est le pas moyen p de l'hélice pour les diverses trajectoires qui forment le filet². Il est donc

1. Il est clair que l'ombre grise B nous montre seulement la différence entre l'action de l'obstacle et celle de l'anode qu'il cache. J'ai pris pour obstacle des lames de platine, d'aluminium et de laiton sans constater une différence d'intensité bien sensible. L'ombre A est absolument noire, ne recevant ni rayons directs ni rayons rétrogrades.

2. *Comptes rendus*, 20 juin 1910.

1. Vraie grandeur : 2200 volts ; 750 gauss ; 2,9 milliam-pères ; pression 17 μ . Les franges commencent à être visibles vers 80 μ ; elles se produisent bien entre 10 μ et 20 μ , et il est préférable d'employer des courants d'au moins un milliam-père.

2. La valeur trouvée (7 mm, est un peu petite ; d'après les

probable que a diminue un peu en se rapprochant de la cathode, et c'est ce que l'expérience semble confirmer.

Une variante de ces expériences consiste à réaliser une teinte plate en rendant les rayons d'égale longueur; elle réussit surtout avec la cathode auxiliaire mentionnée plus haut. Si l'on fait varier le champ magnétique, on voit l'éclat uniforme du faisceau varier périodiquement (sauf dans l'espace obscur), et on peut ainsi compter une dizaine d'alternances entre 500 et 2000 gauss¹.

V. — Les rayons magnéto-cathodiques transportent des charges négatives.

Lorsqu'on place dans le cylindre-anode de petites plaques reliées à l'anode, et telles que les rayons magnéto-cathodiques soient entièrement reçus par elles, on constate que ces plaques recueillent la presque totalité du courant; si les plaques sont isolées, elles s'électrisent négativement d'une manière très apparente. Lorsqu'en tournant un peu l'ampoule, on fait tomber les rayons sur l'anode, les plaques ne recueillent presque plus rien. Les rayons servent donc de véhicule au courant. Sur leur parcours, le gaz est assez fortement ionisé, comme on s'en assure au moyen de sondes².

Toutefois, ce n'est pas par conduction, mais par convection que les rayons transportent le courant. M. Villard, M. Righi et M. Thirkill ont déjà étudié cette question, en recevant les rayons dans un cylindre de Faraday, sans obtenir d'indications nettes à l'électromètre, à cause, comme ils l'ont pensé avec raison, de la déperdition due à l'ionisation du gaz ambiant. Une autre technique m'a donné, au contraire, une électrisation considérable. Pour diminuer la déperdition, le faisceau intense et de section très réduite est reçu sur une très petite lame de métal, émaillée au revers et sur ses côtés. Le cylindre-anode est divisé

données, on devrait avoir 9,4 mm pour une hélice de diamètre nul, 8,9 mm pour un diamètre de 1 mm et 7 mm pour un diamètre de 2 mm. Mais ici le champ électrique n'est pas exactement connu, et la chute de potentiel est probablement plus petite que le voltage V de l'ampoule.

1. Voici un autre phénomène périodique, observé pendant ces expériences. Si l'on augmente le vide et le voltage jusqu'à ce qu'on approche du point où il se produit spontanément un état oscillatoire dans l'ampoule, on peut constater que cet état s'établit et cesse périodiquement une dizaine de fois, pendant que le champ varie de 500 à 2000 gauss. Pour un voltage trop faible, l'état oscillatoire ne s'établit pas; pour un voltage trop fort, il ne cesse pas. Ces oscillations sont rendues manifestes par le téléphone et par le changement très visible qu'elles produisent dans la décharge.

2. Comptes rendus, 15 mars 1909. Hors du faisceau, le gaz est moins conducteur et plus obscur qu'en l'absence du champ.

en deux compartiments par une cloison de métal, percée d'une fenêtre garnie d'une toile très fine¹. L'un de ces compartiments contient la cathode, et l'autre la lame. L'anode est au potentiel zéro.

Dans l'hydrogène, la lame, toujours négative, ne prend que quelques volts tant que la pression est sensiblement supérieure à 100 μ . Le vide augmentant, il se fait un changement assez brusque, et la lame prend plusieurs dizaines, puis plusieurs centaines de volts, jusqu'à 1000 v. ou 2000 v. dans certains cas, pour des champs de 2000 g. et des vides de 20 μ . Ce voltage varie dans le même sens que le champ². Si l'on déplace quelque peu la lame, de façon qu'elle ne reçoive plus le faisceau, son potentiel tombe à à quelques volts.

Dans l'air ou dans l'oxygène, les effets sont du même ordre, mais un peu moins considérables³.

Si l'on remplace la toile métallique par une feuille de métal percée d'une ouverture de la dimension du faisceau, on a des effets un peu moins marqués, qui atteignent pourtant 400 volts avec l'hydrogène⁴.

Les expériences de ce chapitre nous montrent que les rayons magnéto-cathodiques transportent, par convection, des charges négatives, ce qui est bien d'accord avec les autres phénomènes étudiés dans ce travail, qui ne peuvent s'expliquer qu'en admettant que ces rayons sont formés de trajectoires hélicoïdales d'électrons. A ce point de vue, les mesures de la période sont tout à fait démonstratives. Les rayons magnéto-cathodiques sont donc formés de rayons cathodiques, mais on peut se demander si le champ magnétique ne donne pas aux électrons des propriétés nouvelles; l'expérience seule peut répondre. L'existence des franges, étudiées au chapitre IV, pourrait faire penser à une périodicité rappelant celle des *accès* de Newton, mais peut-être sera-t-il possible d'en rendre compte plus simplement.

[Manuscrit reçu le 10 mars 1911].

1. La cathode est un fil de 1,5 mm de diamètre et 6 mm de longueur; la lame a 1 mm sur 4 mm. La toile a 65 fils au centimètre; le courant est de 0,6 milliampère, et le champ de 500 à 2500 gauss. La distance de la cathode à la toile est de 4 cm environ.

2. Si la lame est reliée à l'anode, elle recueille 10 à 15 pour cent du courant total de l'ampoule.

3. M. Thirkill mentionne que dans ses expériences, la pression a varié de 0,6 mm à 0,1 mm (*Proc. Roy. Soc.*, mars 1910). C'est donc l'insuffisance du vide, jointe aux grandes dimensions du récepteur (cylindre de Faraday), qui a empêché l'électromètre de donner des indications sensibles.

4. Dans ce cas, il se produit entre la lame et la cathode l'action inter-cathodique, qui fait baisser le voltage. La toile métallique diminue beaucoup cette action, comme d'autres expériences l'avaient montré, ce qui rend compte du voltage plus fort qu'elle permet d'obtenir.