



HAL
open science

Production des rayons cathodiques par les rayons ultra-violets

M. Lamotte

► **To cite this version:**

M. Lamotte. Production des rayons cathodiques par les rayons ultra-violets. J. Phys. Theor. Appl., 1902, 1 (1), pp.778-784. 10.1051/jphystap:019020010077801 . jpa-00240690

HAL Id: jpa-00240690

<https://hal.science/jpa-00240690>

Submitted on 4 Feb 2008

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.

PRODUCTION DES RAYONS CATHODIQUES PAR LES RAYONS ULTRA-VIOLETS ;

Par M. M. LAMOTTE.

Hertz a découvert qu'un conducteur possédant une charge négative la perd rapidement quand il est frappé par des rayons ultraviolets. Les circonstances dans lesquelles se produit ce phénomène ont amené plusieurs physiciens, entre autres Lenard, J.-J. Thomson, Merritt et Stewart⁽¹⁾, à penser qu'il représentait une forme particulière des rayons cathodiques.

Effectivement, on y retrouve les caractères essentiels de ces derniers. Les trajectoires des charges perdues par le conducteur irradié forment des rayons de direction définie, qui sont déviés par le champ magnétique, et qui provoquent l'ionisation des gaz qu'ils traversent.

I. *Expériences dans le vide extrême.* — Ces expériences sont dues à Lenard. Elles ont été effectuées dans le vide extrême, obtenu dans un récipient sans mastiquage ni rodage graissé. On fait fonctionner la pompe en chauffant le récipient et y faisant passer les décharges de la bobine d'induction jusqu'à ce que ces décharges refusent de le traverser.

Deux électrodes identiques, formées de deux disques circulaires plans, parallèles l'un à l'autre, sont disposées dans le récipient vide. L'une reçoit les rayons ultraviolets à travers une lame de quartz ; l'autre, destinée à recueillir les charges perdues par la première, est reliée à un électromètre.

1° *Intensité de la déperdition.* — L'intensité de la déperdition, c'est-à-dire la quantité d'électricité perdue par unité de temps, est proportionnelle à l'intensité des rayons ultraviolets. Dans de très larges limites, elle est indépendante de la différence de potentiel entre l'électrode irradiée et l'électrode réceptrice. Cependant, quand cette différence de potentiel descend au-dessous de 100 volts, l'intensité de la déperdition diminue en même temps que cette différence.

Cette constance de l'intensité ne s'observe que dans le vide extrême

⁽¹⁾ LENARD, *Ann. de Ph.*, II, p. 339-373 ; VIII, p. 149-199 ; — MERRITT et STEWART, *Ph. Rev.*, XI, 230-231 ; — J.-J. THOMSON, *Ph. Mag*, XLVIII, 547-567.

et ne serait sans doute rigoureuse que dans le vide parfait : déjà, quand la pression est de $0^{\text{mm}},002$, elle éprouve un accroissement bien marqué quand la différence de potentiel augmente.

2° Trajectoire des charges : déviation par le champ magnétique, direction d'émission. — Lenard a reconnu par l'expérience que les charges perdues dans le vide extrême suivent des rayons de direction définie. Ces rayons sont déviés par un champ magnétique. De l'observation de cette déviation, on déduit, comme on le sait, le rapport $\frac{e}{\mu}$ de la masse électrique des charges élémentaires à leur masse mécanique. La valeur ainsi trouvée est différente de celle que donnent les rayons cathodiques ordinaires.

L'émission ne se fait pas exclusivement suivant les directions normales à la cathode, mais est diffuse. L'existence de cette diffusion est liée à celle d'une vitesse initiale des charges élémentaires.

Un champ magnétique intense est susceptible de faire disparaître en apparence le rayonnement. La déviation des trajectoires est telle qu'elles reviennent vers l'électrode irradiée avant d'avoir rencontré aucun conducteur extérieur. On obtient le même résultat en portant l'électrode irradiée à un potentiel supérieur de 2,1 volts à celui de l'enceinte. On en conclut que la vitesse initiale est de l'ordre de grandeur de $10^8 \frac{\text{cm}}{\text{sec}}$.

II. *Expériences dans le vide ordinaire.* — Dans ces expériences, le vide n'est pas poussé aussi loin, c'est-à-dire qu'on ne supprime pas le graissage et le masticage et qu'on n'enlève pas les dernières traces des gaz occlus ou adhérents aux électrodes.

1° Intensité de la déperdition : influence du champ extérieur. — L'intensité de la déperdition est proportionnelle à l'intensité (moyenne) des rayons ultra-violets. Elle dépend aussi du champ extérieur, c'est-à-dire du champ dû à des causes autres que les charges mêmes de l'électrode. Ce champ sera dit positif, s'il tend à entraîner l'électricité dans le sens de la déperdition, négatif s'il est de sens inverse. Suivant l'intensité de ce champ, on peut distinguer cinq phases dans le phénomène.

Phase I. — Le champ est positif, très grand en valeur absolue : toutes les charges qui tendent à s'échapper de l'électrode irradiée A y sont ramenées par l'action du champ avant d'avoir rencontré un autre conducteur.

Phase II. — Le champ est encore positif, mais plus faible : l'électrode irradiée perd sa charge d'une manière continue, mais ces charges se perdent sur les parois de verre sans arriver jusqu'à l'électrode réceptrice B.

Phase III. — Le champ est positif, mais plus petit encore : une partie des trajectoires commence à atteindre l'électrode réceptrice : d'où trois portions à distinguer dans la masse totale d'électricité enlevée à l'électrode A. Par convention, cette masse sera prise pour unité : 1,00. Une fraction B atteint l'électrode réceptrice ; une autre I — A revient sur l'électrode irradiée ; enfin le reste A — B se perd sur les parois de verre. La quantité B augmente de plus en plus à mesure que l'intensité du champ extérieur diminue.

Phase IV. — Le champ extérieur est négatif : il n'y a plus de pertes sur les parois : l'électrode B reçoit tout ce que perd A.

Phase V. — Le champ extérieur est négatif et assez grand, en valeur absolue, pour qu'aucune charge ne revienne plus sur A, mais que toutes atteignent B.

Contrairement à ce qui passe dans l'air à la pression ordinaire, c'est une différence de potentiel déterminée entre l'électrode irradiée et l'enceinte qui provoque la disparition de l'effet photo-électrique.

Vitesse initiale, rayons réfléchis. — Abstraction faite des pertes latérales, les quantités A et B sont égales, et on peut les représenter en fonction du champ extérieur par une courbe. L'étude de cette courbe permet de se rendre compte de la répartition des vitesses initiales entre les divers ordres de grandeur. Mais il ne faut pas négliger l'influence des rayons réfléchis à la surface de A et qui, en arrivant en B, provoquent une déperdition de cette électrode. Si B ne reçoit rien de A (phase II), la quantité que nous avons appelée A représente le pouvoir réflecteur α de la surface de l'électrode A pour les rayons ultra-violet. Effectivement, les valeurs de A mesurées dans ces conditions ne dépendent pas de l'intensité totale des rayons, mais de la nature de la source et aussi de la nature de la surface de l'électrode. Quand on a déterminé α , on peut éliminer ensuite dans les résultats l'influence de cette réflexion et définir la fonction Y(X), qui représente la déperdition de l'électrode irradiée en fonction du champ extérieur X.

Répartition des vitesses en dehors de l'électrode. — Il suffit de considérer les composantes normales des vitesses, les seules qui interviennent. Parmi les charges élémentaires qui s'échappent de l'élec-

trode, quand le champ extérieur a une intensité P en valeur absolue, il y en a une fraction Y ($- P$) du nombre total qui possèdent une vitesse initiale supérieure à celle que peut annihiler le champ P (cf. ci-dessus, phase III). Réciproquement, cette vitesse est aussi celle que communiquerait aux charges en question le champ P , s'il existait seul.

Les vitesses observées ne dépassent guère celle qui correspond à 2 volts : les vitesses inférieures se trouvent en proportion qui décroît rapidement quand elles s'éloignent de cette limite.

Le phénomène résultant est la différence des rayonnements issus de A et de B ; ces deux rayonnements se propagent donc en sens contraire dans le même espace sans se troubler.

Les vitesses initiales sont indépendantes de l'intensité totale des rayons ultra-violet, de la direction de la polarisation de ces rayons, mais varient avec la nature de la source qui leur a donné naissance.

Si le champ extérieur est négatif, c'est son intensité qui définit celle du phénomène photo-électrique ; s'il est positif, c'est la différence de potentiel totale entre les électrodes A et B. Dans un champ non uniforme, l'effet est d'autant plus petit que le champ est plus faible au voisinage de l'électrode irradiée.

Existence d'une force antagoniste à la déperdition au voisinage de la surface. — L'existence d'une telle force expliquerait l'effet d'un champ extérieur positif : elle est confirmée par ce qu'un corps chargé négativement conserve sa charge dans le vide, malgré l'action de son propre champ. Il faut supposer que cette force se fait sentir jusqu'à une très petite distance de la surface seulement. En traversant la région où s'exerce cette force, les charges élémentaires éprouvent une perte de vitesse. La vitesse qu'on mesure est celle que possèdent les charges en dehors de cette région ; nous l'appellerons vitesse *extérieure*. Cette vitesse, augmentée de la perte, sera dite vitesse *intérieure*.

On peut définir une fonction F ($- P$), qui représente le nombre de charges élémentaires qui ont une vitesse intérieure supérieure à P , comme Y ($- P$) représente le nombre des charges qui ont une vitesse extérieure plus grande que P . En construisant les courbes qui figurent F et Y en fonction du champ extérieur X , on reconnaît que Y dépend seulement de la répartition des vitesses, quand X est positif, mais aussi de la loi suivant laquelle la force antagoniste varie avec la distance, quand X est négatif.

Vitesses intérieures. — D'après la forme des courbes Y (X), il faut admettre que les vitesses initiales des charges libérées par les rayons ultra-violetes sont pour la plupart relativement grandes; les autres se trouvent en proportion d'autant moindre qu'elles s'écartent davantage de celle-là.

Origine de la force antagoniste superficielle. — L'origine la plus simple qu'on puisse attribuer à cette force antagoniste, c'est de supposer qu'elle provient de l'action s'exerçant entre les charges échappées de la surface et leurs images électriques dans cette surface.

Cette force existe sûrement et satisfait à la condition de décroître avec une extrême rapidité lorsqu'on s'éloigne de la surface.

Déviations des rayons de déperdition par le champ magnétique : expériences de J.-J. Thomson, de Merritt et Stewart. — Lenard a observé et mesuré cette déviation dans le vide extrême (Voir ci-dessus). J.-J. Thomson en a démontré l'existence et en calcule la valeur par une méthode indirecte ; il calcule l'intensité du champ magnétique nécessaire pour qu'une partie des charges revienne sur l'électrode irradiée, ce qui se traduit par une diminution apparente de la déperdition.

Merritt et Stewart emploient un procédé analogue à celui de Lenard. Une électrode est placée vis-à-vis de l'électrode irradiée et de chaque côté de celle-là sont disposées symétriquement deux autres. On mesure les charges reçues par ces dernières pour différentes intensités du champ magnétique. La déviation est d'autant moindre, en d'autres termes les rayons sont d'autant plus rigides, que la différence de potentiel sous laquelle ils prennent naissance est plus grande : c'est ce qu'on constate aussi sur les rayons cathodiques ordinaires.

III. *Expériences dans les gaz à une pression notable.* — Les rayons de déperdition rendent conducteurs les gaz qu'ils traversent.

Merritt et Stewart font remarquer que l'électrode réceptrice n'atteint pas un potentiel très élevé. Le potentiel limite est beaucoup plus faible que s'il était déterminé seulement par la répulsion des charges existant déjà sur le récepteur. L'explication la plus simple, c'est que les rayons rendent l'air conducteur et qu'ensuite l'électrode chargée négativement attire à elle les ions positifs. Merritt et Stewart ont démontré directement l'existence de cette conductibilité : une des électrodes latérales est chargée à l'aide d'une pile sèche, et on constate entre les deux la production d'un courant dont le sens change avec le signe de la charge.

Lenard fait pénétrer les rayons à travers une toile métallique serrée dans une enceinte métallique close et constate, à l'intérieur, l'existence de véhicules positifs. Que le gaz soit l'air, l'hydrogène ou le gaz carbonique, ces véhicules ne se produisent que si la pression ne dépasse pas une certaine valeur et si la différence de potentiel est supérieure à une certaine limite. Ceci confirme ce que fait prévoir le caractère unipolaire de la déperdition, à savoir que les rayons de déperdition provoquent l'ionisation du gaz seulement quand leur vitesse atteint une valeur déterminée.

Le trajet moyen des charges élémentaires, quand le gaz est sous la pression limite, s'évalue, dans les conditions où opérait Lenard, à 10 fois environ celui des molécules gazeuses. Ce nombre est plus faible que le nombre trouvé avec les rayons cathodiques, plus rapides. Ce résultat vient appuyer l'idée que les rayons cathodiques sont d'autant moins diffus et d'autant moins absorbables que leur vitesse est plus grande.

D'après l'ensemble des propriétés connues des rayons cathodiques, on est amené à adopter une constitution particulière des molécules et des atomes. L'espace occupé par la molécule ou par l'atome est impénétrable à ses congénères; mais, à l'intérieur, la molécule ou l'atome sont formés par des particules plus ténues, que séparent de nombreux intervalles libres et qui possèdent une grande liberté de mouvement.

Le nombre des véhicules positifs libérés paraît proportionnel à l'excès de la vitesse des charges élémentaires sur la vitesse limite. Il est à peu près le même, qu'on enlève ou non les dernières traces de gaz, ce qui semble indiquer que ces véhicules sont empruntés aux vapeurs résiduelles. Il croît avec la différence de potentiel entre les deux électrodes et, pour la même valeur de cette différence, avec la distance des deux électrodes.

IV. *Phénomènes dans les gaz à la pression ordinaire.* — Dans les gaz, sous la pression ordinaire, le phénomène photo-électrique est très faible, fait assez surprenant, qu'on n'a pas encore expliqué d'une manière satisfaisante. Il est dû sans doute, d'après ce qui précède, à l'absorption rapide des rayons dans les gaz à la pression ordinaire. Il se forme une couche double à la surface de l'électrode, et l'action de cette couche double provoque le retour à l'électrode des charges perdues; la faible déperdition observée tient seulement à la diffusion des véhicules.

Ce n'est que sous une pression assez réduite que le phénomène peut se manifester à une certaine distance de la surface, alors que le trajet libre moyen des véhicules a acquis une certaine grandeur.
