

## Sur la distribution des rayons Röntgen émis par un tube focus

Par G. W. C. KAYE

[Trinity College, Cambridge.]<sup>5</sup>

Ce mémoire est l'exposé de quelques expériences préliminaires sur la distribution des rayons Röntgen, produits dans les conditions d'un tube focus moderne. Ces expériences ont été entreprises au commencement de l'année 1909 et sont actuellement en cours d'exécution, mais il a paru utile de présenter les résultats déjà acquis pour les raisons qui vont suivre.

La distribution des rayons X au moment où ils émanent de leur source, a attiré l'attention, même dans les cas des formes les plus primitives des tubes de Röntgen, dans lesquelles ces rayons étaient produits par le choc des rayons cathodiques contre les parois de verre du tube. J. J. Thomson<sup>1</sup> a remarqué que, dans ce cas, il y avait plus de rayons X correspondant à une émission normale qu'à une émission oblique; il a expliqué ce fait par l'absorption et l'affaiblissement plus grands des rayons obliques qui ont un plus long parcours dans le verre.

J. J. Thomson a montré de plus, en se servant d'une pellicule photographique hémisphérique, que le choc des rayons cathodiques contre un obstacle plan faisant  $45^\circ$  avec le faisceau, s'accompagne d'une émission de rayons X à peu près uniforme dans toutes les directions jusqu'à ce qu'on arrive au voisinage du plan du plateau.

S. P. Thompson<sup>2</sup> a observé aussi en 1897 que l'intensité

reste à peu près uniforme jusqu'à un certain angle rasant où elle s'annule brusquement. Campbell Swinton<sup>3</sup> a observé, avec une anticathode inclinée à  $45^\circ$  sur le faisceau cathodique, que les rayons incidents normaux sont plus aptes à produire des rayons Röntgen que les rayons obliques.

Les résultats de Swinton avec les rayons X et les rayons cathodiques réfléchis peuvent se résumer ainsi : lorsque l'angle d'incidence des rayons cathodiques diminue, la production de rayons X s'accroît, le nombre des rayons cathodiques réfléchis diminue et la charge (négative) reçue par l'anticathode s'accroît<sup>4</sup>.

Il reste à noter au sujet de la distribution des rayons X les deux résultats suivants : Ham<sup>5</sup> et Bordier<sup>7</sup> ont montré indépendamment l'un de l'autre qu'il y a une absence complète d'uniformité dans la distribution des rayons émis par un tube focus du type ordinaire. Dans un plan déterminé par le faisceau cathodique et la normale à l'anticathode, l'intensité est maximum dans une direction faisant un angle de  $60^\circ$  avec la

nature. Il est noté pour  $45^\circ$  et  $60^\circ$  d'incidence, deux valeurs un peu différentes, 1,54 et 1,55. La valeur moyenne  $e = 4,69$  ne diffère pas beaucoup du nombre adopté ci-dessus.

1. *Conduction of Electricity through Gases*, 2<sup>e</sup> Ed. p. 646.  
2. THOMPSON, *Phil. Trans.*, A, 1907, 471.

3. En admettant pour la charge d'un ion-gramme monovalent : 96580 coulombs.

4. Mémoire présenté à la *Königlich Preussischen Akademie der Wissenschaften*, le 22 juillet 1904.

5. Travail présenté à la *Royal Society of London* le 9 Décembre 1909; communiqué par M. J. J. Thomson.

6. SWINTON, *Roy. Soc. Proc.*, 63 1898 452.

7. Pour des angles d'incidence supérieure à  $50^\circ$  l'anticathode reçoit une charge positive.

8. HAM, *Amer. Assoc. Adv. Science*, Janvier 1908.

9. BORDIER, *Archives Electr. Médicale*, 16 1908 299.

normale et diminue brusquement suivant une loi cosinusoidale à partir de cette direction 1.

Le tube Röntgen, dans lequel les rayons cathodiques sont dirigés sur une anticathode inclinée à 45° sur le faisceau, a été introduit par Jackson et est devenu le modèle universel. Il a réalisé un tel progrès sur ses prédécesseurs (dans lesquels les parois agissaient comme anticathode) que beaucoup de ses inconvénients n'ont pas été examinés suffisamment.

1° L'obliquité de l'anticathode sur le faisceau cathodique tend à accroître la surface d'émission des rayons X. L'étude photographique a montré que plus cette surface est petite, mieux défini est le faisceau de rayons X :

2° Dans la plupart des cas il n'est pas possible de supprimer entièrement avec un tube fonctionnant sur bobine, les courants inverses nuisibles. En tenant compte de la disposition de l'anticathode, on voit que le faisceau des rayons cathodiques, qui pendant la phase inverse part de l'anticathode, rencontre le verre et augmente considérablement le danger d'une étincelle perçant le tube.

On peut remédier à ces deux inconvénients en faisant tourner l'anticathode de 45°, jusqu'à la rendre parallèle à la cathode. De plus, on se trouve dans le cas de l'incidence normale pour les rayons cathodiques. Il reste à vérifier le fait expérimentalement et à voir si par suite de cette modification il y a perte ou gain au point de vue de l'efficacité du rayonnement.

**Appareil.**

La figure 1 représente un tube de Röntgen construit dans ce but. L'anticathode (en platine) est montée sur un pivot et peut tourner autour d'un axe vertical, grâce à un dispositif magnétique que l'on comprend facilement par l'examen de la figure. Un petit trou, ménagé dans un écran de plomb, à la hauteur du plan horizontal passant par les centres de l'anticathode et de la cathode concave, permet l'accès d'un faisceau de rayons X (d'environ 5 degrés) dans une

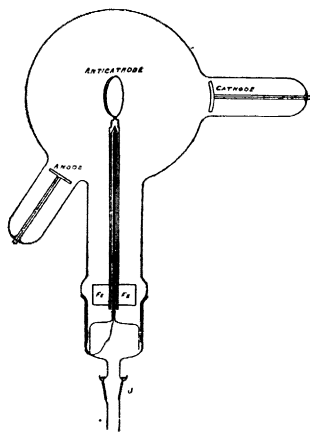


Fig. 1.

chambre d'ionisation. Le tube pouvant tourner autour du joint J, une seule chambre d'ionisation suffit pour la mesure de l'intensité des rayons X dans un azimut

quelconque. Ces mesures ont été faites avec un électroscope Wilson étalonné, en tenant compte des conditions habituelles d'isolement et de protection. Un tube à charbon entouré d'air liquide pouvait être relié à l'ampoule par un tube capillaire. Grâce à cette disposition, il était possible de maintenir la pression très constante pendant un temps considérable.

La décharge était produite par une bobine d'induction, et le potentiel mesuré par la longueur (entre deux sphères polies) de l'étincelle alternative. L'anticathode, à terre, était reliée métalliquement à l'anode. L'examen ultérieur de la paroi du tube a montré qu'elle était d'une épaisseur uniforme (d'environ 0,05 cm.), ce qui a facilité la réduction des observations.

**Résultats.**

Un accident arrivé au tube a arrêté momentanément les opérations, mais quelques-uns des résultats obtenus sont intéressants à noter.

J'ai d'abord examiné le cas de l'incidence normale des rayons cathodiques avec une anticathode épaisse.

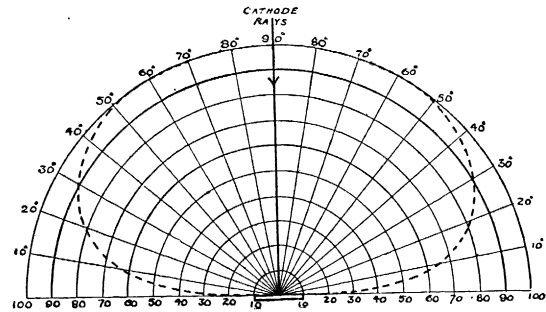


Fig. 2 - Anticathode épaisse de Pt; long d'étincelle 8 mm, sans écran

Fig. 2.

La figure 2 montre aisément la distribution des rayons X, la longueur du rayon vecteur dans une direction quelconque étant proportionnelle à l'intensité dans cette direction. Une région de 20 degrés de chaque côté de la normale n'a pu être explorée par suite de la présence de la cathode. On voit que, pour recueillir les plus fortes intensités du rayonnement dans un tube disposé comme celui-ci, il ne faut pas dépasser un angle de 50 degrés de part et d'autre de la normale à l'anticathode; il y a une chute importante de l'intensité quand on s'approche de l'angle rasant. Lorsque le tube est durci et que des rayons cathodiques plus rapides bombardent l'anticathode, la chute de l'intensité est moins prononcée, ce qui s'explique d'ailleurs par l'absorption moindre des rayons obliques.

J'ai l'intention d'obtenir des courbes analogues pour des anticathodes très minces, dans lesquelles la dispersion des rayons cathodiques peut ne pas être complète. La distribution des rayons X émis dans ces

1. KAYE, Rayons de Ro. L. Science Progrès, Octobre 1890.

conditions donnera des résultats très intéressants<sup>1</sup>.

J'ai obtenu les courbes de distribution correspondantes pour des positions obliques de l'anticathode. La figure 5 représente les résultats obtenus dans l'un de ces cas. La distribution des rayons mous n'est pas

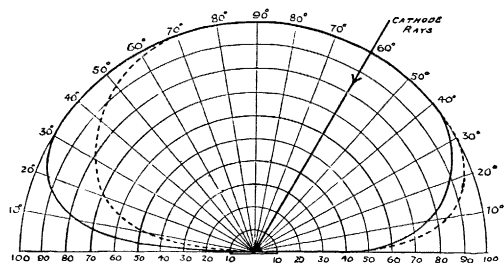


FIG 5.—Anticathode épaisse de Pt., longueur d'étincelle 8 mm., sans écran—ligne pointillée, écran Al d'épaisseur 14 mm. — ligne pleine

Fig. 5.

tout à fait symétrique autour de l'anticathode, ce qui est probablement dû à un manque d'uniformité dans l'épaisseur de l'ampoule. On obtient une distribution plus uniforme quand on arrête les rayons mous par un écran et ne considère que les rayons durs. On a donné la valeur 100 à l'intensité maxima pour les rayons mous et durs. Comme précédemment, plus le tube est dur, plus la chute de l'intensité est brusque quand on approche du plan de l'anticathode, quoique cette chute ne soit pas aussi brusque que l'ont dit certains expérimentateurs d'après les expériences de fluorescence.

On pourrait peut-être dire que, dans les cas d'incidence oblique, il existe évidemment une région d'intensité maximum, située généralement aux environs de l'angle de réflexion spéculaire des rayons cathodiques. Pourtant je n'insisterai pas sur ce point avant d'avoir obtenu un plus grand nombre de courbes: dans la figure 5, par exemple, le maximum qui semblerait devoir être rencontré, pour les rayons durs, à environ 15 degrés de la normale, n'est pas marqué.

On peut remarquer, avec la même réserve, que dans le cas de l'incidence normale, une intensité maxima semble exister à un angle d'environ 55 degrés de chaque côté de la normale. Sans doute, une telle réflexion spéculaire quelconque serait plus prononcée avec une anticathode d'aluminium. Je rappelle ce point: Campbell Swinton<sup>2</sup> a montré que les rayons cathodiques peuvent en partie subir une réflexion régulière, et puisque le choc des rayons réfléchis contre les parois de verre engendre les rayons X, l'excès de rayons dans une telle direction aurait dans tous les cas une explication partielle.

J'ai montré dans une note présentée à la Société

1. KAYE, The emission of Röntgen Rays from thin Metallic Sheets, *Proc. Camb. Phil. Soc.*, Octobre 1909.

2. CAMPBELL SWINTON, *Brit. Soc. Phys.*, 64 1898: 517.

Royale<sup>1</sup> que les rayons Röntgen d'une anticathode quelconque peuvent se diviser en deux groupes, l'un qui est homogène, et l'autre qui ne l'est pas. La portion homogène (rayonnement mou), est caractéristique du radiateur, la dureté du rayonnement dépendant du poids atomique de l'anticathode, et un peu seulement de la dureté du tube: le coefficient d'absorption est en accord avec celui de la radiation Röntgen secondaire homogène du métal. La qualité de la portion hétérogène et dure ne dépend pas du radiateur mais seulement du tube: l'intensité est proportionnelle au poids atomique. Si le tube est suffisamment mou, presque toute la radiation est homogène. Il serait intéressant de rechercher l'effet sur la distribution lorsque le tube est durci et que le faisceau de rayons a changé de nature.

#### *Obliquité de l'anticathode.*

La dureté et l'intensité des rayons X (pour la direction la plus favorable dans chaque cas) ont été trouvés, pour une très longue série de mesures, indépendantes de l'obliquité de l'anticathode de platine. Dans quelques cas, la condition d'incidence normale a donné les résultats les plus avantageux, mais la supériorité n'était pas grande. La fluorescence de l'ampoule, qui est due aux rayons cathodiques secondaires de l'anticathode croissait d'une façon très marquée et très frappante, à mesure que l'écart par rapport à l'incidence normale devenait plus grand, mais les rayons X n'ont pas manifesté une variation correspondante.

La position à 45°, universellement employée dans les tubes focus modernes, ne présente donc aucun avantage de plus que toute autre position. En effet, l'incidence normale des rayons cathodiques est préférable puisqu'elle répond aux objections dont j'ai précédemment parlé. Bien plus, les effets désastreux des courants inverses peuvent, avec une incidence normale, être complètement supprimés, par l'emploi d'une anticathode très concave. Le faisceau inverse des rayons cathodiques venant de l'anticathode serait alors reçu entièrement par la cathode et le faisceau de rayons X pourrait être limité à la zone d'intensité maximum.

Je viens d'apprendre que MM. Müller de Hambourg, viennent de faire un nouveau tube — le tube focus central — dans lequel la condition d'incidence normale est satisfaite. Il n'y a pas de doute qu'un tel tube sera reconnu meilleur que le modèle ordinaire et aura une importance commerciale considérable.

Je ne vois pas d'autres bonnes raisons à cette pratique invariable de mettre une anode en aluminium dans un tube de Röntgen que de réduire l'émission de l'anticathode qui a lieu avec les courants inverses.

1. KAYE, *Phil. Trans.*, A. 209 1908: 125.

Il est tout à fait probable, pourtant, qu'avec une incidence normale et une anticathode en forme de sphère, la présence d'une anode deviendrait tout à fait inutile, car presque tout le métal émis se déposerait sur la cathode, où il ne présenterait aucun inconvénient. L'absence d'anode aurait l'avantage de simplifier la construction du tube.

Le tube à rayons X modèle devrait avoir une cathode concave en aluminium, ou mieux en tantale

(cathode refroidie d'une façon quelconque) faisant face parallèlement à une sphère de métal dense ou à une anticathode de tantale. Le refroidissement de la cathode diminue la tendance au durcissement du tube par l'usage. De plus, le tantale a un point de fusion très élevé et n'a pratiquement pas d'émission. Je remercie MM. J. J. Thomson et W.H. Bragg pour l'intérêt qu'ils ont porté à ce travail.

[Reçu le 20 décembre 1909].

---