



HAL
open science

Description d'un tube électronique puissant

Y. Cauchois

► **To cite this version:**

Y. Cauchois. Description d'un tube électronique puissant. J. Phys. Radium, 1932, 3 (11), pp.512-519.
10.1051/jphysrad:01932003011051200 . jpa-00233119

HAL Id: jpa-00233119

<https://hal.archives-ouvertes.fr/jpa-00233119>

Submitted on 1 Jan 1932

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.

DESCRIPTION D'UN TUBE ÉLECTRONIQUE PUISSANT

Par Y. CAUCHOIS.

Laboratoire de Chimie physique de Paris.

Sommaire. — Description d'un tube à électrons du type « Lenard-Coolidge », qui a supporté un débit intérieur de 30 mA, sous des tensions de 40 à 125 KV. La puissance du faisceau extérieur est de l'ordre de l'hectowatt.

L'obtention de faisceaux cathodiques extérieurs à l'espace où ils sont produits est devenue d'une technique courante et même semi-industrielle ; les tubes « Lenard-Coolidge » se multiplient, tandis que l'on en découvre un champ d'application qui va s'élargissant.

Dans la majorité des applications, il serait du plus grand intérêt de disposer, non seulement d'une large zone de vitesses possibles pour les électrons, mais aussi d'un débit électronique extérieur élevé. Or jusqu'ici, alors que les beaux travaux classiques de Coolidge ont permis la construction de tubes à électrons pouvant fonctionner sous 300 et même 500 KV, il semble que l'on ne se soit pas attaché à augmenter le débit dans le tube et simultanément le rendement de la fenêtre de sortie, afin d'obtenir à l'extérieur des faisceaux cathodiques intenses ⁽¹⁾.

J'ai donc cru intéressant de décrire un tube qui a supporté des débits intérieurs élevés (jusqu'à 30 mA) et a donné en régime continu des débits électroniques extérieurs de l'ordre du milliampère, sous des tensions allant jusqu'à 125 KV. Ce tube a été construit au laboratoire de chimie physique de Paris pendant l'hiver 1929-1930 ; des difficultés d'ordre matériel ont retardé sa mise en action, mais il est en fonctionnement depuis juillet 1931. Il fait partie d'un ensemble de montages destinés à une série cohérente de recherches.

Remarques sur la réalisation d'un tube à électrons. — Il serait superflu de rappeler ici le développement historique de cette question, ainsi que les détails classiques de technique auquel il a conduit.

Il s'agit de réaliser un tube Coolidge à rayons X dans lequel l'anticathode soit remplacée par une pièce métallique forée, fermée par une mince feuille métallique transparente aux rayons cathodiques (à partir d'un certain seuil de potentiel) qui assure l'étanchéité parfaite nécessaire au bon fonctionnement. Cette feuille absorbe une partie de l'énergie du faisceau incident, et par suite s'échauffe ; il faut donc éliminer continuellement des quantités de chaleur d'autant plus élevées que l'énergie consommée est plus grande, sous peine de voir se produire la fusion de la feuille ; d'ailleurs, il est plus difficile de faire supporter au tube, pour une même puissance appliquée, des débits élevés plutôt que des voltages élevés. Dans la conception d'un tel tube, les plus grands soins doivent être apportés à l'étude de la partie anodique, en particulier du voisinage immédiat de la fenêtre, en vue du refroidissement.

Ces tubes sont normalement montés à demeure sur pompe à vide ; la qualité du vide conditionne les possibilités de fonctionnement d'un tube donné ; en outre, la vitesse de

⁽¹⁾ La bibliographie relative à ces questions déborderait le cadre de cet article et sera donnée dans des publications ultérieures.

pompage doit être aussi grande que possible pour faciliter l'élimination immédiate des dégagements gazeux inévitables lors d'une première application de la haute tension.

Description du tube. — La figure 1 donne un schéma de principe du tube réalisé. Le cliché 1, planche I, en reproduit une photographie d'ensemble.

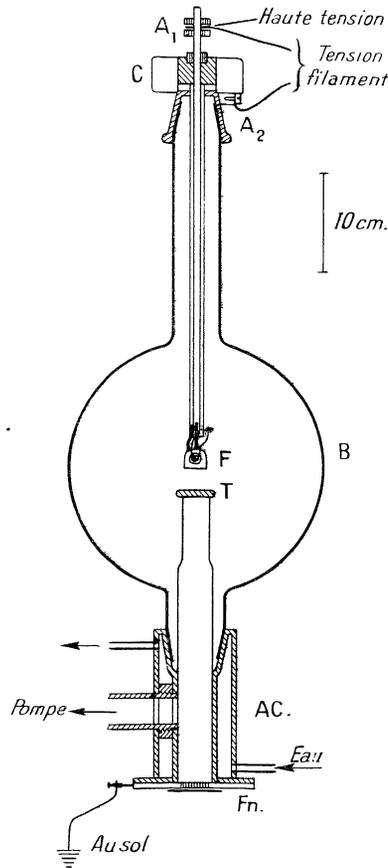


Fig. 1.

Il comprend trois parties : une cathode métallique, un corps en verre et une pièce anodique en cuivre rouge portant la fenêtre.

1° *La cathode.* — Pièce C, figure 1. — Nous avons employé sans retouche, pour des raisons de commodité matérielle, la cathode d'un tube à rayons X « Beaudouin ». Nous l'équiperons avec un filament de tungstène (F) enroulé en spirale, logé au centre d'une petite cupule de concentration, d'un modèle courant dans le commerce et dont la mise en place est instantanée. La longueur totale de la pièce cathodique est d'environ 40 cm. Sa tête porte un rodage cône en laiton.

2° *Le corps du tube.* — Une grosse sphère creuse en verre (B), d'environ 25 cm de diamètre, terminée par deux ajutages munis respectivement de deux rodages cônes auxquels s'adaptent les rodages des pièces cathodique et anodique, constitue le corps du tube et assure l'isolement de deux parties métalliques.

3° *La pièce anodique.* — La partie essentielle et originale du tube est la pièce anodique (AC, fig. 1). Elle est entièrement en cuivre rouge. Elle est constituée par une pièce massive cylindrique forée d'un cylindre de 38 mm de diamètre, et travaillée à sa partie supérieure de manière à constituer un rodage conique où vient s'emboîter la pièce de verrerie. On y visse un tube (T) qui sert à la protection électrostatique et empêche l'impact des électrons sur le verre. Elle porte vers le bas une plaque annulaire rodée plan (diamètre intérieur 38 mm — diamètre extérieur 120 mm) sur laquelle s'appliquent les porte-fenêtres.

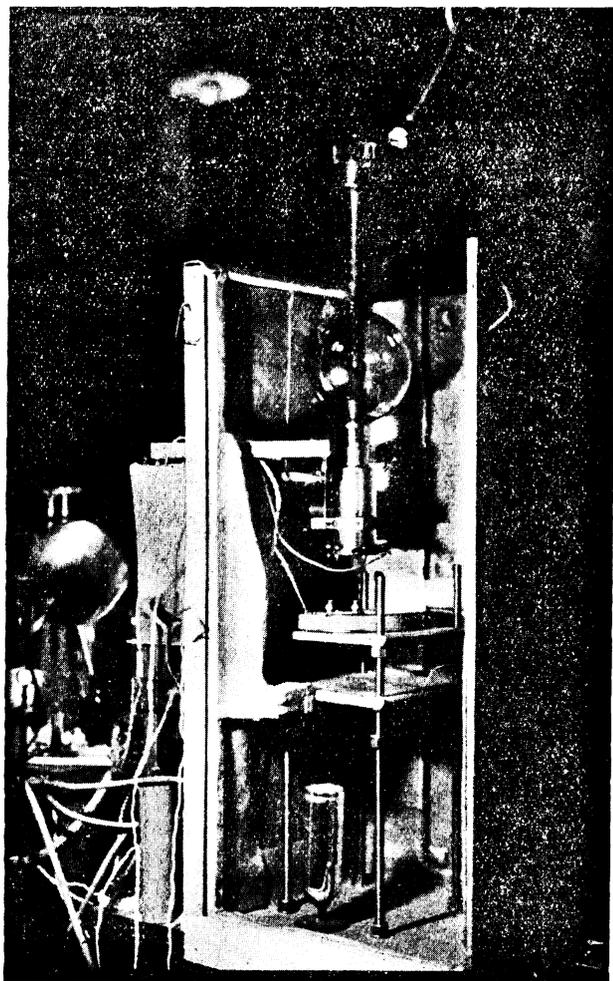


Planche I.

Le refroidissement des rodages et par suite de la fenêtre est assuré par une puissante circulation d'eau entre le corps cylindrique et une deuxième paroi extérieure.

La pièce anodique est d'ailleurs munie d'une large tubulure latérale (diamètre intérieur 25 mm), terminée par un rodage qui assure la liaison étanche avec la pompe à vide servant à l'évacuation de l'ensemble du tube.

Les porte-fenêtres. — La fenêtre métallique mince est portée par l'une des faces d'une

plaque circulaire de cuivre rouge, dont la partie centrale est forée d'un certain nombre de canaux cylindriques, sur une surface correspondant au diamètre intérieur de l'anode, soit 38 mm. L'autre face de cette plaque est rodée plan et s'applique sur le rodage plan terminal de la pièce anodique, contre lequel elle peut être fortement pressée à l'aide de six boulons. En fait, pour permettre l'adaptation intime d'une autre pièce (cylindre de Faraday ou vase contenant la substance à irradier par exemple), chaque plaque est rodée plan sur ses deux faces. Une borne vissée dans l'épaisseur du porte-fenêtre permet sa mise au sol. Nous disposons actuellement de plusieurs plaques qui ne diffèrent que par leur forage. L'une est forée de 175 trous de 1 mm de diamètre (n° 1), une autre de 37 trous de 4,2 mm (n° 2); une troisième de 37 trous de 5 mm (n° 3); les trous sont disposés suivant le schéma classique des hexagones réguliers. On peut concevoir des forages divers, appropriés aux études particulières auxquelles est destiné le faisceau de rayons Lenard.

La fenêtre. — Etant données les vitesses que nous voulions obtenir pour les électrons à l'extérieur du tube, et les voltages dont nous pouvons disposer, nous ne nous sommes pas spécialement préoccupés de diminuer outre mesure l'épaisseur de la fenêtre, ce qui entraînerait une trop grande fragilité. Nous utilisons couramment des feuilles d'aluminium laminé, d'une épaisseur variant autour de 10 μ , faciles à se procurer dans le commerce pour un prix très bas; sous ces épaisseurs, on trouve sans difficultés des surfaces saines de plusieurs centimètres de côté, parfaitement étanches au vide. L'examen d'une feuille avant sa mise en place se fait à l'aide d'un faisceau de lumière intense dans une chambre obscure. Une feuille est appliquée sur son porte-fenêtre à l'aide d'un simple masticage à la picéine. Nous avons constaté que le contact mécanique de la feuille métallique contre la grille de cuivre rouge suffit entièrement, surtout à l'air libre, à l'élimination par conductibilité thermique des quantités de chaleur qui prennent naissance dans la fenêtre par suite de l'énergie électronique qu'elle absorbe, même pour des débits élevés, et sans qu'un refroidissement additionnel extérieur à l'air comprimé soit nécessaire. Un échauffement d'une quarantaine de degrés au voisinage du masticage produirait un ramollissement de la picéine qui pourrait entraîner une brusque rentrée d'air, ce que nous n'avons jamais eu à déplorer. L'aluminium se comporte très bien, et nous l'avons donc préféré à tout autre métal de point de fusion plus élevé qui serait par contre plus absorbant.

Différentes firmes fabriquent des fenêtres spéciales qui présentent soit un bord annulaire renforcé, soit même une véritable grille de quelques dixièmes de millimètres d'épaisseur, obtenus par dépôt électrolytique convenable sur une lame métallique beaucoup plus mince généralement en nickel; mais l'achat en est coûteux, la préparation au laboratoire en serait délicate et longue, et nous n'y avons pas eu recours.

Nous avons songé à utiliser des dépôts métalliques sans support, obtenus par pulvérisation cathodique, mais ceci même nous a paru inutilement compliqué.

Nous nous en sommes jusqu'ici tenu à la technique simple et économique décrite ci-dessus; le choix et le masticage d'une lame et le montage du porte-fenêtre équipé demandent au plus deux ou trois heures de travail, et les fenêtres ainsi montées ont duré plusieurs mois.

Technique du vide. — Le tube est actuellement vidé par une pompe moléculaire de Holweck; on évite ainsi l'entrée de vapeur de mercure qui pourrait souiller les parties métalliques; mais une pompe à diffusion d'huile à grand débit serait ici spécialement indiquée. Un gros robinet métallique permet d'isoler le tube de la pompe. Immédiatement après ce robinet on a placé sur une tubulure latérale un piège de Pyrex contenant un peu de charbon de noix de coco spécialement préparé; ce piège est plongé dans l'azote liquide au moment voulu, selon la méthode ordinaire; la présence de cet adsorbant énergique dans l'enceinte vidée augmente le degré de vide limite et la vitesse de succion; il améliore donc les conditions de fonctionnement du tube et stabilise son régime: il permet même de faire travailler le tube assez longtemps en arrêtant les pompes.

La qualité du vide est de première importance si l'on désire faire travailler le tube en

régime continu prolongé sous grande puissance, avec toute la stabilité désirable et avec un bon rendement. Il y a donc lieu d'observer tout spécialement les précautions ordinaires relatives à la technique du vide. En particulier il est prudent de dégraisser aussi bien que possible la feuille d'aluminium avant son montage, afin de la débarrasser des matières grasses dont elle s'est imprégnée lors du laminage.

Les rodages plans, pour être effectivement interchangeables sans préjudice pour l'étanchéité, ont été rodés sur trois plans de cuivre rouge rectifiés, selon la technique d'obtention des plans optiques. Le rodage, comme d'ailleurs tout le travail mécanique du cuivre rouge, demande quelque soin, mais l'on est récompensé par le comportement au vide de cette excellente matière, et par sa très bonne conductibilité qui permet d'éliminer sans difficultés de grandes quantités de chaleur.

Source de haute tension. — La source de haute tension employée est un générateur de tension constante de la Compagnie générale de radiologie, permettant d'atteindre 30 mA sous 125 KV., monté en autorégulation.

Fonctionnement du tube. — Après une rentrée d'air dans le tube nous l'avons toujours pompé une dizaine d'heures en chauffant le charbon vers 400° avant d'appliquer la tension.

Il est normal de voir se produire sous tension au début, quelques dégagements; le tube est « formé » selon les tours de main habituels; après quelques moments il peut fonctionner en régime stable pendant des heures sous grande puissance, sans le moindre accident.

Un très léger dégagement gazeux, même s'il ne se manifeste pas par une lueur à l'intérieur de l'ampoule, ni par un accroissement insolite du débit au milliampèremètre du générateur, se traduit immédiatement par un changement d'aspect de la gaine lumineuse produite dans l'air, au voisinage de la fenêtre, par le faisceau sortant, et une brusque diminution du débit électronique extérieur. Le débit extérieur apparaît comme le meilleur test de la qualité du vide et décèle la plus subtile augmentation de pression. On conçoit que la présence de traces de gaz dans le tube entraîne une dispersion du faisceau cathodique avant la fenêtre, et diminue le rendement.

Nous employons d'ordinaire en régime un débit intérieur de 10 à 15 milliampères sous une tension variant de 40 à 125 KV, mais nous avons atteint toute la puissance du générateur : 30 mA, sous 125 KV, soient 3,75 KW.

Etant donnée la structure du tube, il serait vraisemblablement possible d'y appliquer des tensions bien supérieures, au prix peut-être d'une modification de la tête de cathode.

Mesure du débit électronique extérieur. — Rendement. — Les mesures du débit électronique extérieur ont été faites selon la méthode classique de Jean Perrin, à l'aide du cylindre de Faraday.

L'appareil qui nous a servi est représenté par le schéma figure 2. Il s'applique directement sur le rodage plan extérieur du porte-fenêtre.

Avec les grands débits à mesurer, le cylindre collecteur subit un fort échauffement, il s'agissait donc de l'isoler électriquement du cylindre extérieur de protection à l'aide d'un bon isolant qui puisse en outre supporter des températures assez élevées; le « mycalex » nous a donné entière satisfaction sur ces deux points.

Le vase est soigneusement vidé et reste constamment sur pompe pendant les mesures.

De nombreuses déterminations, pour différentes tensions appliquées et différents débits intérieurs, ont été faites lorsque le tube était équipé avec le porte-fenêtre n° 1 dont la surface évidée est d'environ 137 mm².

On a tracé figure 3 les courbes de variation du débit lu au milliampèremètre A figure 2 en fonction du débit intérieur indiqué par le milliampèremètre basse tension du générateur, pour différents voltages appliqués : ce sont des droites; il y a donc une bonne proportion-

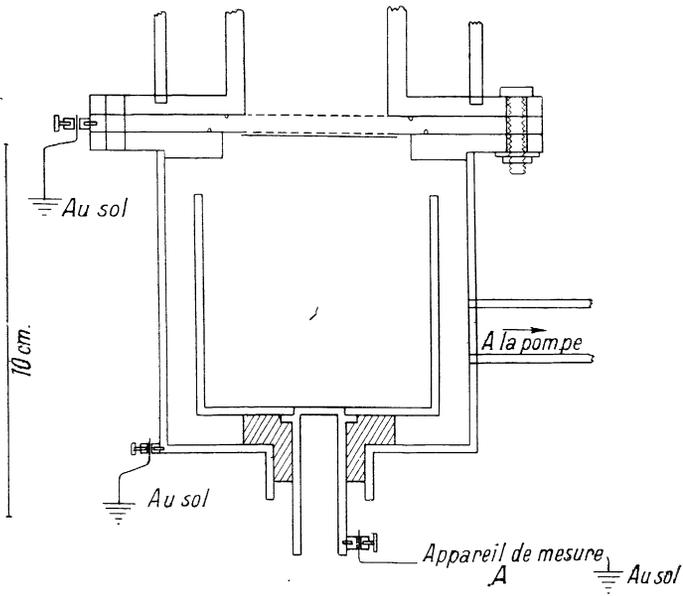


Fig. 2

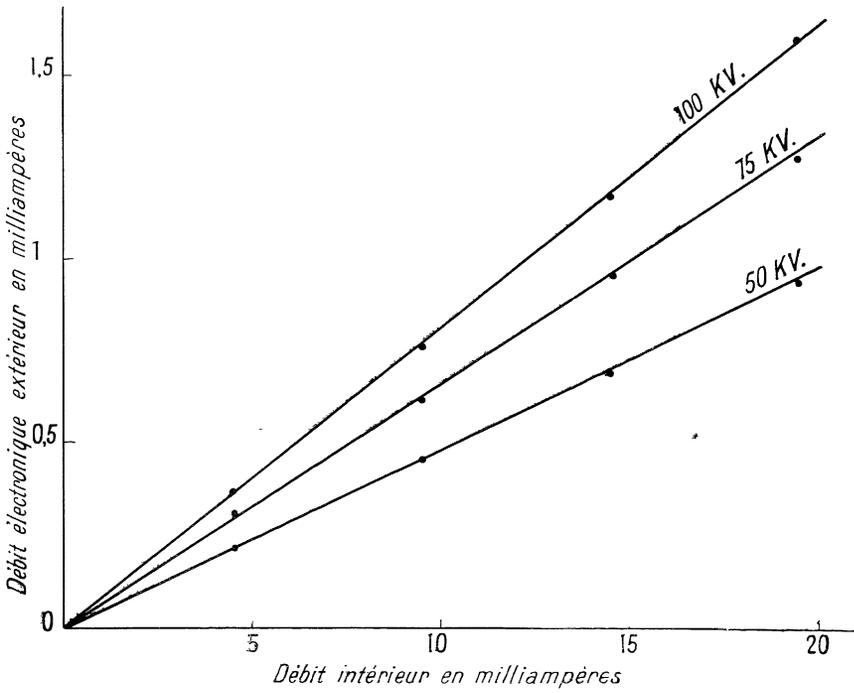


Fig. 3.

nalité entre ces deux débits. Un calcul simple conduit, pour les rendements, aux valeurs suivantes :

sous :	50 KV	75 KV	100 KV
rendement :	0,048	0,066	0,081

Nous avons repris sommairement ces mesures avec le porte-fenêtre n° 2 de surface utile 512 mm². Autour de 80 KV les rendements sont de l'ordre de 0,15. Les débits extérieurs ont dépassé le milliampère.

Nous n'avons fait aucune correction pour le rayonnement électronique secondaire ni pour les photoélectrons qui pourraient prendre naissance sur les parois métalliques sous l'impact des rayons X inévitablement émis, correction qui reste d'ailleurs très faible. Mais les nombres donnés ici ne figurent qu'afin de rendre compte des puissances extérieures utilisables et ne prétendent pas à une grande précision ; on voit que, pour des vitesses de l'ordre de 0,4 à 0,5 *c*, ces puissances ont pu facilement atteindre 50 à 100 watts.

Nous avons dit que le débit électronique extérieur est extrêmement sensible pour déceler la moindre variation de pression à l'intérieur du tube, or nous avons constaté que le milliampèremètre A restait parfaitement stable sous les puissances citées.

Grâce à ce tube, et en laissant sortir les électrons dans l'atmosphère, on peut observer tous les effets connus des rayons cathodiques sur la matière, dont certains, en particulier quelques fluorescences et phosphorescences, sont, par suite de la puissance dépensée ici, d'une remarquable beauté.

Le montage comporte l'emploi d'une bobine qui permet la concentration du faisceau par le champ magnétique, sur une surface donnée, à l'aide d'une technique déjà classique.



Planche II.

A partir d'une cinquantaine de kilovolts appliqués, les électrons sortant dans l'air l'ionisent et l'excitent fortement ; ceci se manifeste par une vive émission de lumière bleue violacée formant une gaine de dimensions d'autant plus grandes que l'énergie du faisceau est plus élevée. Le cliché 2, planche I, reproduit une photographie du voisinage de la fenêtre sous tension (70 KV environ) ; on y distingue les objets environnants, uniquement éclairés par la lueur de la gaine.

De nombreuses oxydations ou transformations chimiques se produisent instanta-

nément dans le faisceau, surtout pour ces grands débits. La plus gênante est la formation d'ozone et sans doute aussi d'oxydes d'azote à partir de l'air, qui rend l'atmosphère de la pièce malsaine et même irrespirable au bout de quelques minutes si l'on n'a soin d'entourer le montage d'une boîte plombée étanche, et de pomper constamment à même cette boîte les produits toxiques formés.

En outre, une pièce métallique bombardée à l'air par le faisceau s'altère promptement et l'altération amorcée se poursuit souvent même après l'irradiation ; ceci entraîne un grave inconvénient en ce qui concerne la fenêtre et son support, qu'il faut soigner et protéger du mieux possible contre toute attaque.

En terminant, je veux dire toute ma gratitude à M. Jean Perrin, directeur du laboratoire et à M. Francis Perrin, assistant, qui ont bien voulu suivre de près et encourager mon travail, et m'ont donné les possibilités matérielles de mener à bien ce montage. M. Horia Hulubei, chef de travaux à la Faculté des Sciences de Jassy, m'a été constamment un collaborateur et un conseiller précieux et je tiens à lui exprimer mon amicale reconnaissance.

Manuscrit reçu le 15 août 1932.

