



HAL
open science

Les Ampoules en radiologie médicale

J. Belot

► **To cite this version:**

J. Belot. Les Ampoules en radiologie médicale. Radium (Paris), 1905, 2 (3), pp.99-106. 10.1051/radium:019050020309900 . jpa-00242125

HAL Id: jpa-00242125

<https://hal.science/jpa-00242125>

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.

Les Ampoules en radiologie médicale

Il faut, pour produire des rayons de Röntgen, un courant électrique à haute tension et un tube à air raréfié. Deux instruments sont donc indispensables : d'une part, un générateur électrique convenable, et, d'autre part, une ampoule radiogène.

Dans toute instrumentation, l'appareil capital est celui qui joue le rôle de transformateur d'énergie : l'ampoule de Crookes, transformant le courant électrique en rayons X, doit donc occuper la place prépondérante.

En effet, celui qui connaît bien la structure et le fonctionnement de l'ampoule à air raréfié, autrement dit son anatomie et sa physiologie, celui-là sait ce qu'il y a d'essentiel en radiologie.

Le radiographe possesseur d'une bonne ampoule, obtient des radiographies intéressantes; l'examen radioscopique n'est possible qu'avec un tube de bonne qualité et la radiothérapie réclame un appareil souple, régulier et constant.

Aujourd'hui, on trouve dans le commerce des ampoules qui répondent aux exigences des plus difficiles, mais il n'en a pas été toujours ainsi. Il suffit pour s'en convaincre de remarquer combien les tubes actuels sont différents de ceux qu'employait Röntgen.

Cependant, parmi tous les modèles existant, les uns sont bons, les autres le sont moins; quelques-uns répondent à un but spécial et de ce fait sont réservés à certaines applications délicates. Si nous voulions les énumérer tous, il nous faudrait plusieurs pages et nous serions, à coup sûr, incomplets. Aussi, allons-nous essayer de montrer les différents progrès qu'à fait le tube de Crookes, depuis la découverte de Röntgen, et nous verrons que chaque perfectionnement constitue pour ainsi dire, la caractéristique d'un type d'ampoule radiogène.

Le tube de Crookes, utilisé par le physicien de Wurzburg quand il fit sa découverte, se composait d'une ampoule de verre portant deux électrodes métalliques, l'une servant d'anode, l'autre de cathode.

Les premières ampoules utilisées en radiologie, étaient en forme de poire très allongée : la cathode située à la partie supérieure était constituée par un disque d'aluminium, sur le côté se trouvait l'anode qui se terminait par un fil de platine. En faisant tra-

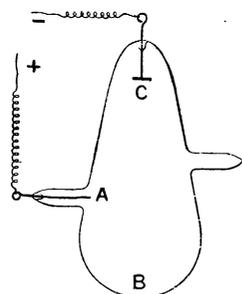


Fig. 1. — Ampoule de Crookes.
A, anode; C, cathode; B, surface du tube qui devient fluorescente.

verser cette ampoule par des décharges électriques convenables, toute la partie de la paroi située en face de la cathode s'illumine par suite du choc des rayons cathodiques et donne naissance à une certaine quantité de rayons de Röntgen.

Ainsi constituée l'ampoule présentait de grandes imperfections. Les images obtenues sur l'écran fluoroscopique ou sur la plaque photographique étaient extrêmement confuses. Celles-ci sont en effet produites par les ombres de corps plus ou moins opaques aux rayons X. Ces ombres obéissent pour leur production aux lois ordinaires de la lumière.

Pour que l'ombre d'un objet soit nette et fidèle, il faut que la source lumineuse qui l'éclaire soit réduite sinon à un point unique, du moins à une très petite surface. Or, dans les premières ampoules, toute la partie opposée à la cathode était un foyer d'émission de rayons de Röntgen; la netteté des images obtenues s'en ressentait naturellement. Aussi pour obtenir de beaux clichés, était-on obligé de réduire l'étendue du champ lumineux, en interposant entre lui et le sujet, un diaphragme; mais ce procédé avait l'inconvénient de prolonger le temps de pose, car il supprimait une grande partie des radiations. Enfin, la paroi de verre qui donnait naissance aux rayons Röntgen, s'échauffait rapidement par suite du choc des rayons cathodiques. Elle devenait poreuse, fondait ou se brisait, et le tube était rapidement mis hors d'usage.

Frappés par le peu de netteté des images obtenues, les physiciens et les radiologistes tentèrent de corriger ce défaut en modifiant l'ampoule. Ils cherchèrent à établir un tube dans lequel l'étendue du foyer radiogène fut réduit à une petite surface.

Colardeau créa un appareil, qui avait la forme d'un cylindre de faible diamètre fermé à ses deux extrémités. La cathode, de même diamètre que le tube, occupait une des extrémités et l'anode était située sur le côté. La surface donnant naissance aux rayons X se réduisait alors à un tout petit disque, puisque le cylindre de verre mesurait les dimensions d'une cigarette. Les images obtenues étaient plus nettes, mais le tube était fragile et sa puissance très limitée. Il n'y avait du reste là aucun principe nouveau, seul le volume de l'ampoule primitive avait été modifié.

Focus métalliques.

Pour obtenir un foyer radiogène punctiforme ou du moins peu étendu, il fallait arriver à faire converger les rayons issus de la cathode en un espace sinon punctiforme, du moins de très petite surface. Pour cela, on eut l'idée de remplacer la cathode filiforme ou

plane par un disque concave, à concavité dirigée vers l'intérieur du tube. Le rayon de courbure fut choisi tel que les rayons cathodiques puissent converger en un point de la paroi de l'ampoule.

Malheureusement, un tel appareil n'aurait pu fonctionner que quelques instants. En effet, les rayons cathodiques, convergeant en un point unique, auraient fait fondre immédiatement la paroi du tube et l'auraient mis ainsi hors d'usage.

Aussi, interposa-t-on au milieu de l'ampoule, sur

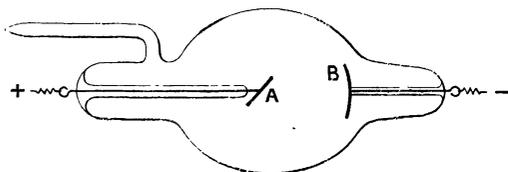


Fig. 2. — Tube à focus.

A. focus servant aussi d'anode; B. cathode concave.

le trajet des rayons cathodiques, une lame métallique. La courbure de la cathode fut modifiée de façon à faire converger exactement les rayons cathodiques au centre de cet obstacle métallique (focus) : il devint le foyer d'émission des rayons de Röntgen. Ces appareils prirent le nom de tubes à focus et ce serait Sylvanus Thomson qui, le premier, aurait eu l'idée de ce perfectionnement. On peut les appeler ampoules de Röntgen, par opposition au tube de Crookes.

Le foyer d'émission devint ainsi punctiforme, partant, on put obtenir des images nettes en radioscopie et en radiographie; la science nouvelle avait fait un grand progrès.

La lame métallique ne fut pas placée parallèle au plan de la cathode. On lui donna une inclinaison de 45° par rapport au rayon normal incident direct émis du centre de la cathode au centre du focus lui-même. Comme les rayons X sont émis dans toutes les directions limitées par le plan du focus, ils purent grâce à cet artifice être presque entièrement utilisés, la cathode ne gênant presque pas leur propagation.

De plus, le focus étant en métal, pouvait supporter sans inconvénient une température élevée. On le fit en nickel pur, puis en platine et mieux en platine iridié; il était de ce fait beaucoup moins susceptible de fondre que le verre : la durée des ampoules fut ainsi considérablement prolongée et leur puissance fut accrue.

Aujourd'hui, sans exception, toutes les ampoules employées à la production des rayons de Röntgen sont des ampoules à focus.

On sait que dans une ampoule de Crookes, peu importe le point où est située l'anode. Or, comme le focus ne peut rester suspendu dans l'espace, comme il est forcément relié à la paroi de l'ampoule par une tige métallique, il devait naturellement venir à l'idée

des constructeurs de se servir de ce focus comme anode pour faire entrer le courant dans l'ampoule.

C'est en effet ce qu'on a réalisé, le focus sert en même temps d'anode. Mais ce n'est pas parce qu'il est anode qu'il donne des rayons de Röntgen; il en fournit parce qu'il est sur le trajet des rayons cathodiques, parce qu'il est l'anti-cathode. Quelques constructeurs, surtout en Allemagne, ont conservé l'anode primitive et ont ainsi établi des tubes dits bi-anodiques.

Réglage des ampoules.

On sait qu'il existe parmi les radiations que peut émettre une ampoule des rayons X de qualité différente, depuis des rayons très peu pénétrants jusqu'à des rayons très pénétrants.

Or il faut, en radiologie, pouvoir obtenir à volonté des radiations ayant la qualité désirée et quand celle-ci aura été atteinte il faut pouvoir la maintenir pendant un certain temps.

La qualité des Rayons X émis par une ampoule dépend essentiellement de la différence de potentiel qui existe entre ses deux électrodes. Plus la différence de potentiel sera élevée, plus les rayons produits seront pénétrants; moins la différence de potentiel sera grande, moins les rayons produits seront pénétrants. Dans le premier cas l'étincelle équivalente sera longue; dans le second, elle sera beaucoup plus courte.

Cette différence de potentiel dépend elle-même de deux facteurs :

1° De la différence de potentiel existant entre les deux pôles de la source;

2° De la résistance électrique de l'ampoule.

La différence de potentiel aux bornes de la source, varie suivant les appareils utilisés. Elle dépend pour des générateurs de même type de leur mode de construction et de leur puissance. La longueur de l'étincelle que l'on peut faire éclater entre les deux pôles de ces appareils en donne une idée approximative.

Si nous supposons une même ampoule reliée à des générateurs électriques différents, les résultats, eux aussi, seront différents. Prenons une ampoule moyennement molle, relierons-la à un générateur électrique capable d'établir entre les deux pôles, une différence de potentiel élevée (plusieurs milliers de volts) mais relativement faible; elle aura une étincelle équivalente assez courte et donnera des rayons peu pénétrants. Mettons la même ampoule en relation avec un autre générateur capable de maintenir entre ses deux pôles une bien plus grande différence de potentiel; il y aura aussi nécessairement, entre les deux électrodes de l'ampoule, une plus grande différence de potentiel, ce qui se traduira au spintermètre par une plus grande longueur de l'étincelle équivalente et cette

ampoule donnera des rayons plus pénétrants que tout à l'heure.

La résistance électrique de l'ampoule est un facteur beaucoup plus important. Suivant que cet appareil oppose au passage du courant une résistance plus ou moins grande, la différence de potentiel entre ses deux électrodes est plus ou moins grande (avec une source électrique constante) et les rayons émis sont plus ou moins pénétrants.

La résistance de l'ampoule dépend elle-même de deux facteurs capitaux : de son mode de construction et du degré de raréfaction de son atmosphère intérieure.

Le premier facteur, mode de construction, a une certaine importance. Suivant que l'ampoule est plus ou moins grande, qu'elle a telle ou telle forme, que ses électrodes sont plus ou moins éloignées l'une de l'autre, que la cathode est plus ou moins distante de la paroi de l'ampoule, qu'elle a, elle-même, telle ou telle forme, les rayons émis sont plus ou moins pénétrants, leur qualité est différente.

On a cherché à régler les ampoules, c'est-à-dire à leur faire émettre des rayons de différentes qualités, en faisant varier ces divers facteurs. Des artifices de construction ont permis d'éloigner ou de rapprocher l'une de l'autre les électrodes d'une ampoule au cours de son fonctionnement. On obtenait ainsi des rayons plus ou moins pénétrants. On arrivait à un résultat analogue en approchant ou en éloignant la cathode de la paroi du tube. Quelques ampoules sont disposées de façon à permettre cette variation. Un tube de verre placé à l'intérieur de l'ampoule autour de la tige supportant la cathode peut s'en rapprocher plus ou moins par glissement.

Malheureusement toutes ces dispositions compliquées donnent des résultats plus théoriques que pratiques : leur fonctionnement est efficace pendant quelque temps, puis elles deviennent insuffisantes et il arrive un moment où l'ampoule n'est plus réglable.

Mais la résistance électrique de l'ampoule dépend d'un autre facteur bien plus important : le degré de raréfaction de son atmosphère. Plus la raréfaction sera élevée, plus la différence de potentiel des deux électrodes sera grande, et plus les rayons de Röntgen produits seront pénétrants.

Aussi semblerait-il naturel, quand on achète des ampoules, d'en acquérir des molles, des dures, des intermédiaires et qu'ainsi avec un jeu d'ampoules semblables en apparence, mais dont l'atmosphère intérieure aurait été raréfiée à des degrés différents, on pourrait satisfaire à tous les besoins de la radioscopie et de la radiographie. C'est en effet ainsi que l'on procédait, il y a quelques années, parce que l'on ne pouvait pas faire autrement. Pour que cette solution soit bonne, il faudrait qu'au cours du fonctionnement et

de l'existence d'une ampoule, son degré de raréfaction intérieure restât toujours identique. Malheureusement les choses ne se passent pas ainsi. A mesure qu'elle fonctionne, elle oppose une résistance de plus en plus grande au passage du courant électrique, résistance qui se traduit par une longueur de plus en plus grande de l'étincelle équivalente, et elle fournit des rayons de plus en plus pénétrants. Cette ampoule qui a commencé par être molle, est devenue moyennement dure, puis durcissant toujours, est devenue si résistante au passage du courant électrique que celui-ci ne peut plus la traverser et que l'on est dans l'obligation de la mettre de côté. Cette ampoule a vécu.

Voilà ce que montre l'observation. Tout se passe, comme si une pompe invisible retirait de cette ampoule, à mesure qu'elle fonctionne, une partie du gaz qu'elle contient encore dans sa cavité.

Que devient ce gaz? La pompe invisible qui retire ainsi une partie du gaz que contient l'ampoule, ce sont les électrodes métalliques qui absorbent le gaz d'une part, et d'autre part, la paroi de verre qui, si elle n'absorbe par les gaz, a tout au moins la propriété de les faire adhérer à sa surface d'une manière qui n'est pas encore complètement élucidée.

Comment remédier à cet inconvénient? Il y a à cela des palliatifs qui sont au nombre de deux : c'est d'abord le repos, c'est ensuite la chaleur.

Si on laisse reposer pendant un certain temps, une ampoule qui vient de fonctionner et qui est devenue de plus en plus dure, on constate qu'elle a repris, sinon complètement, du moins partiellement, son état primitif. Les gaz absorbés par les électrodes ont été dégagés par elles; ceux qui étaient devenus adhérents à la paroi intérieure du verre s'en sont également séparés.

Au début de la vie d'une ampoule, il suffit d'un repos de courte durée, pour lui rendre ses qualités premières. A mesure qu'elle avance dans l'existence, il lui faut des repos plus prolongés, repos qui ne lui rendent qu'incomplètement ses qualités premières. Enfin, vient un moment où le repos est insuffisant.

Il y a un moyen plus rapide que le repos, c'est le chauffage. Quand on porte à 100 ou 150 degrés les parois de verre d'une ampoule, on sépare de ces parois les gaz qui y sont adhérents et l'on fait dégager par les électrodes ceux qu'elles ont absorbés.

On a conseillé jadis de mettre les tubes de Röntgen à l'étuve: aujourd'hui on emploie une simple lampe à alcool ou mieux un chalumeau à gaz, à l'aide duquel on chauffe rapidement et également toute la surface de l'ampoule, en ayant soin de respecter les soudures, car alors on risquerait de les faire éclater. Cette opération s'appelle en pratique radiologique « le coup de torchon ».

La chaleur est un procédé excellent pour diminuer la résistance d'une ampoule, mais il en est de ce

moyen comme du précédent. il n'a qu'un temps. Bien vite on arrive à un point où il faut chauffer l'ampoule non plus pendant quelques secondes, mais pendant plusieurs minutes, pour la ramener, d'une façon tout à fait passagère, à son état primitif. Ce sont là de graves inconvénients auxquels on a cherché à remédier et auxquels, il faut bien le dire, on est parvenu à remédier.

Toutes les ampoules dans lesquelles on a une fois pour toutes raréfié l'atmosphère intérieure, dont on ne peut plus modifier le degré de vide, sinon partiellement ou imparfaitement par le chauffage, sont des *ampoules non réglables*.

Il faut réserver le nom d'*ampoules réglables* à celles dont on peut modifier à volonté le degré de raréfaction intérieure. Seules, elles doivent être employées en radiologie, les autres ne donnant jamais que des résultats médiocres.

Les ampoules réglables se divisent en deux catégories : les ampoules réglables dans un sens seulement, c'est-à-dire celles qu'on peut ramollir quand elles sont devenues trop dures, auxquelles on peut ajouter du gaz lorsqu'elles en ont perdu, et les ampoules réglables dans les deux sens, c'est-à-dire celles qu'on peut à volonté ramollir si elles sont devenues trop dures, ou durcir si elles sont devenues trop molles, auxquelles, en un mot, on peut ajouter ou retirer du gaz.

Le type des ampoules de la première catégorie est l'ampoule à potasse.

Dans un petit ajutage communiquant avec l'appareil, on a enfermé une substance très avide d'eau, de la potasse. Quand l'ampoule est devenue trop dure, une partie du gaz ayant été absorbée par les parois et les électrodes, on chauffe à l'aide d'une lampe à alcool ce petit ajutage. On fait ainsi dégager à la potasse une partie de la vapeur d'eau qu'elle avait absorbée et on voit l'ampoule devenir moins résistante et donner des rayons moins pénétrants.

M. Chabaud, dans ses tubes à potasse, faisait le vide après avoir chassé l'air par un courant d'acide carbonique; la potasse restituait par le chauffage une partie du gaz qu'elle avait absorbé.

On a substitué à la potasse d'autres corps se comportant de la même façon sous l'influence de la chaleur, tels que le palladium, la poudre de charbon, etc.

Ces ampoules ont évidemment une durée plus longue que celles qui ne sont pas réglables, mais il arrive cependant un moment où, la potasse ayant dégagé tous les gaz qu'elle contenait, n'est plus capable de modifier le degré de vide de l'appareil. Tout en ayant une durée plus longue que les précédentes, ces ampoules n'en ont pas moins une existence très limitée.

Il existe un grand nombre d'ampoules de la seconde catégorie, c'est-à-dire dans lesquelles on peut à volonté rendre du gaz quand elles n'en ont plus assez, ou en

retirer quand elles en ont de trop. Elles peuvent se grouper autour de deux types principaux : les ampoules dans lesquelles le système de réglage permet d'introduire du gaz de l'extérieur à l'intérieur de l'ampoule ou d'en faire sortir de l'intérieur à l'extérieur et celles dans lesquelles il existe une disposition telle qu'on peut faire dégager à un corps situé à l'intérieur des gaz qu'il a emmagasinés ou faire absorber par un autre corps des gaz qui sont autour de lui, et cela par une simple dérivation du courant électrique qui alimente le tube.

Le premier système est français, le second est d'origine allemande.

Les ampoules réglables françaises ont été imaginées par un physicien, M. Villard. Elles sont connues sous

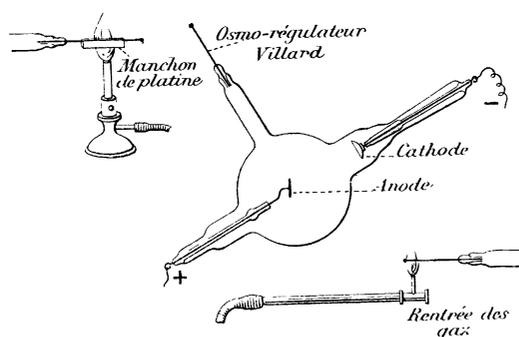


Fig. 3. — Ampoule Chabaud à osmo-régulateur de Villard.

le nom d'ampoules à osmo-régulateur de Villard. Elles ne diffèrent des autres que par l'adjonction d'un ajutage latéral en verre. Celui-ci communique, d'une part, avec la cavité de l'ampoule et porte, d'autre part, un petit tube de platine fermé à son extrémité libre et dont l'extrémité ouverte, soudée à la paroi de verre, est en communication avec la cavité de l'ampoule. C'est ce petit tube de platine qui permet d'introduire du gaz dans l'ampoule ou d'en retirer.

MM. Troost et Sainte-Claire Deville ont montré que lorsqu'une paroi de platine est chauffée au rouge, elle devient perméable à l'hydrogène et à l'hydrogène seul : tel est le fait sur lequel s'appuie l'osmo-régulateur.

Si l'ampoule, par suite de son fonctionnement, devient trop résistante, il suffit de porter au rouge le tube de platine en le chauffant avec une flamme de gaz ou d'alcool.

Toutes les flammes contiennent de l'hydrogène : l'osmo-régulateur chauffé devient perméable à l'hydrogène, et l'hydrogène de la flamme, passant à travers la paroi de l'osmo-régulateur, comme à travers une cloison poreuse, pénètre dans l'ampoule.

Dès qu'on retire la flamme, le tube de platine se refroidit et cesse alors d'être perméable : l'hydrogène qui a pénétré dans l'appareil n'en peut plus sortir.

Quand, au contraire, le tube est trop peu résistant, on procède d'une autre façon. L'osmo-régulateur est

coiffé d'un petit manchon de platine que l'on porte au rouge avec un chalumeau à gaz. Le manchon de platine chauffé au rouge devient perméable ; l'osmo-régulateur, à l'intérieur du manchon, est chauffé au rouge également, et devient, par suite, perméable à l'hydrogène ; mais l'osmo-régulateur n'est plus, comme tout à l'heure, en contact avec l'hydrogène de la flamme ; il est dans un courant d'air. Aussi qu'arrive-t-il ? Qu'une fraction de l'hydrogène contenu dans l'ampoule sort à travers la paroi de l'osmo-régulateur, et l'ampoule devient plus résistante qu'elle n'était.

Grâce à cette invention si ingénieuse, on peut à volonté durcir ou mollir une ampoule, lui faire émettre successivement des rayons très pénétrants et des rayons très peu pénétrants avec toute la série intermédiaire, et la maintenir pendant toute la durée de l'opération radiologique au même degré de raréfaction, de façon à lui faire produire la même qualité de rayons, depuis le commencement jusqu'à la fin.

En radioscopie, il est indispensable de pouvoir faire varier la pénétration des rayons que l'on utilise, sans perdre de vue l'écran fluorescent. Aussi a-t-on adapté aux supports d'ampoules un dispositif qui permet de chauffer à volonté l'osmo-régulateur, par la simple manœuvre d'un robinet ou d'un levier placés à portée de la main du médecin qui pratique l'examen radioscopique. Cet artifice permet seulement de ramollir l'ampoule ; mais, en pratique, il est suffisant, car un tube en fonctionnement normal tend ordinairement à durcir et devient rarement mou.

Le second type d'ampoules réglables peut être représenté par celle que construit Müller.

Elle porte, reliée par un ajustage, une petite am-

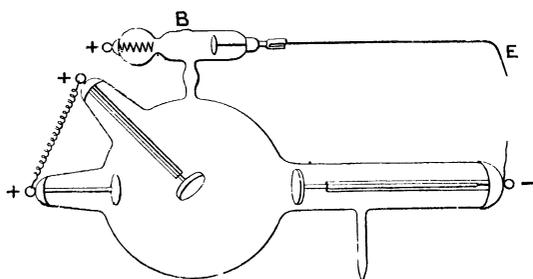


Fig. 4. — Ampoule Müller.

B, ampoule auxiliaire pour le réglage ; E, tige pour le réglage automatique.

poule auxiliaire, pourvue elle-même d'une petite cathode et d'une petite anode. La cathode auxiliaire est formée d'une substance dont le fabricant ne donne pas la composition, mais qui est capable de dégager des gaz lorsqu'elle est traversée par un courant électrique. Quand l'ampoule est devenue trop dure et qu'on veut la rendre molle, on change les connexions de l'ampoule, de manière que le pôle négatif de la

source soit en connexion non plus avec la cathode principale, mais avec la cathode auxiliaire. Le courant passant par la cathode auxiliaire lui fait dégager des gaz, et l'ampoule qui était très résistante, le devient moins.

Grâce à des dispositifs spéciaux, le médecin peut, au cours d'un examen radioscopique, ramollir cette ampoule sans se déplacer.

Si l'ampoule est trop molle et si on veut la durcir, ce sont les connexions avec l'anode qu'il faut changer. On réunit le pôle positif à l'anode auxiliaire ; celle-ci est formée par une espèce de petite spire métallique, qui, sous l'influence du passage du courant, est pulvérisée de façon qu'une poussière métallique circule dans cette petite ampoule auxiliaire et absorbe les gaz qui y sont contenus.

Les ampoules de ce type sont réglables dans les deux sens, mais d'après l'expérience, elles le sont avec moins de précision, avec moins de sûreté que les ampoules à osmo-régulateur.

Elles présentent, surtout sur le prospectus, une supériorité sur les ampoules à osmo-régulateur, c'est qu'elles sont auto-réglables. Voici comment s'obtient

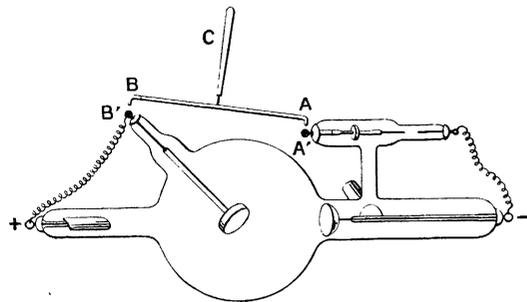


Fig. 5. — Tube de Drisler.

Bi-anodique avec en V l'ampoule auxiliaire pour le réglage.

cet auto-réglage : De la cathode auxiliaire part une tige métallique mobile en ce point et dont l'extrémité peut être rapprochée ou éloignée d'une autre tige métallique en connexion avec la cathode principale. Supposons que l'ampoule soit en fonctionnement et qu'elle émette des rayons d'une certaine qualité. A l'aide d'une tige isolante, approchons la tige mobile de celle qui est reliée à la cathode principale jusqu'à ce qu'une étincelle éclate, puis éloignons-la juste assez pour que l'étincelle n'éclate plus. Dans ces conditions, le courant va de l'anode principale à la cathode principale ; mais, par suite du fonctionnement, il arrive un moment où l'ampoule devient plus résistante qu'elle n'était et où, par conséquent, il y a entre ses électrodes une plus grande différence de potentiel. A ce moment l'étincelle va éclater entre les deux tiges métalliques extérieures ; le courant va passer à la fois par la cathode principale et la cathode auxiliaire. Cette dernière dégage du gaz, et dès que l'ampoule est

revenue au degré de raréfaction où elle était auparavant, la différence de potentiel entre ses électrodes s'abaisse et le courant n'est plus capable de triompher de la résistance opposée par la couche d'air qui sépare les deux tiges extérieures. Il n'y a plus d'étincelle et la cathode secondaire ne dégage plus de gaz.

Ce dispositif ingénieux est très séduisant ; mais l'expérience montre que ces ampoules ne sont réglables que pendant un certain temps. Il arrive un moment où on est obligé de les régler en changeant les connexions et par suite d'arrêter la marche pour effectuer cette opération.

Somme toute, malgré leurs avantages théoriques et économiques, ces ampoules ne permettent par la précision de réglage si utile en radiographie, si indispensable en radiothérapie, au même degré que les ampoules à osmo-régulateur de Villard.

Suppression d'une partie des rayons pariétaux et secondaires. — On sait que, dans une ampoule en activité, la fluorescence est déterminée par des rayons cathodiques qui viennent frapper la paroi de verre. De chacun des points de cette paroi frappés par les rayons cathodiques sont émis des rayons de Röntgen. Par opposition aux rayons focaux partis de l'anode, on peut les appeler des rayons pariétaux.

Ils sont peu pénétrants, mais, dans certains cas, ils peuvent atteindre l'écran ou la plaque et nuire à la netteté des images en donnant des pénombres. Ces rayons pariétaux ne sont du reste pas les seuls qu'il y ait intérêt à supprimer.

Les rayons de Röntgen ont la propriété de faire émettre à tous les corps qu'ils frappent ou qu'ils traversent, des rayons qu'on appelle secondaires. Ils sont moins pénétrants que les rayons primaires, mais peuvent modifier également la netteté des images s'ils arrivent jusqu'à la plaque ou jusqu'à l'écran.

Il y a donc avantage à se débarrasser sinon de tous ces rayons pariétaux et secondaires, du moins d'un certain nombre d'entre eux. On a, dans ce but, imaginé différents dispositifs. On a placé un diaphragme, près de l'anticathode, sur le trajet des rayons X. De même, on a fait des ampoules dont la paroi est formée de deux verres différents. La plus grande partie est en cristal, c'est-à-dire en verre imperméable aux rayons de Röntgen : puis, dans cette sphère de cristal, est agencé et soudé, avec de grandes difficultés techniques, un segment circulaire de sphère qui est formé, non plus de cristal, mais de verre ordinaire. De cette façon, les rayons partis de l'anode traversent très facilement la portion de la paroi formée de verre ordinaire, tandis qu'ils sont arrêtés partout ailleurs par la paroi de cristal.

Les ampoules à anti-cathode conique remplissent le même but. Au lieu d'être une simple lame, l'anticathode est constituée par un cône creux supporté par une tige métallique et percé d'une ouverture circu-

laire qui permet aux rayons venus de la cathode de pénétrer dans l'intérieur du cône. Au point où ils convergent, ils donnent naissance à des rayons de Röntgen qui se dirigent dans toutes les directions, mais qui sont arrêtés en partie par les parois du cône anticathodique. De cette ampoule, part simplement un faisceau conique de rayons X, bien suffisant pour les usages courants. En même temps que les rayons de Röntgen, partent aussi, du focus, des rayons cathodiques diffusés ; mais la surface de l'ampoule ne présente plus tout un hémisphère fluorescent : la fluorescence est réduite à un petit disque circulaire. On supprime ainsi une grande partie des rayons parasites.

Les images qu'on obtient avec ces ampoules sont très nettes et très précises ; ces tubes sont également très avantageux en radiothérapie, car ils limitent presque automatiquement le champ d'action.

Ampoules à anticathode renforcée.

Pour éviter le déplacement du sujet pendant une opération radiographique, on a cherché à diminuer le temps de pose en augmentant la quantité de rayons photogéniques.

Pour cela, il suffisait d'augmenter la quantité d'énergie électrique qui traverse l'ampoule, d'élever, par conséquent, l'intensité du courant.

Mais cette intensité était forcément limitée par la crainte de fondre l'anticathode et de détériorer ainsi l'ampoule.

On sait qu'un des grands avantages de l'invention du focus réside dans ce fait que la lame métallique

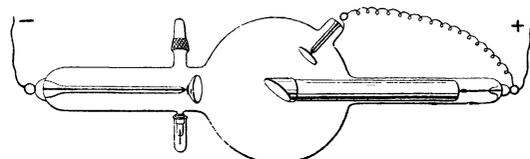


Fig. 6. — Tube allemand à anticathode renforcée.

peut supporter une température beaucoup plus élevée que la paroi de verre. En la faisant en platine iridié, elle est déjà capable de résister à un courant assez intense, ou plutôt aux rayons cathodiques produits par ce courant. Cependant cette lame rougit, et si l'on fait traverser l'ampoule par une grande quantité d'énergie électrique, elle est capable de fondre. C'est un inconvénient auquel on a cherché à remédier, de la manière la plus simple, en remplaçant la mince lame de métal qui constituait l'anticathode par une grosse masse métallique. Les ampoules pourvues de cet artifice s'appellent des ampoules à anticathode renforcée.

Il est certain que cette grosse masse métallique peut supporter une plus grande quantité d'énergie électrique, mais le perfectionnement est plus apparent que réel. Ces ampoules présentent, en effet, un grand

défaut. En s'échauffant, la masse anticathodique laisse dégager les gaz qu'elle avait pu absorber, et, de cette façon, une ampoule qui donnait des rayons de pénétration moyenne au début de son fonctionnement, produit, au bout de quelques instants, des rayons de moins en moins pénétrants. Ces ampoules sont donc très irrégulières et ne peuvent donner de bons résultats.

Quand on veut éviter l'échauffement d'un corps quelconque, on le refroidit par un procédé artificiel, et c'est ordinairement à l'eau que l'on s'adresse. Ce liquide, chauffé à l'air libre, ne dépasse guère une température supérieure à 100 degrés, mais s'évapore d'autant plus que la source calorifique est plus chaude.

De l'industrie, ce procédé est passé en radiologie. La lame anticathodique forme le fond d'un véritable cylindre creux qui est, soit en métal, soit en verre. Ce cylindre, qui sort de l'ampoule, se termine par un petit vase rempli d'eau. On conçoit qu'il faudra long-

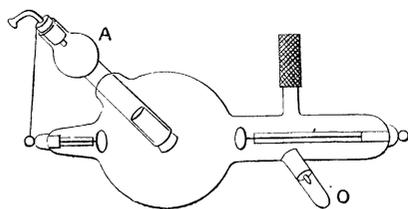


Fig. 7. — Tube allemand à anticathode refroidie.

temps avant que la masse d'eau contenue dans ce réservoir soit portée à l'ébullition et soit vaporisée. Du reste, si l'intensité du courant qui doit traverser le tube, ou la longue durée du fonctionnement permettaient d'avoir quelque crainte, il suffirait de renouveler l'eau par un simple système de circulation à deux tubes. On pourra ainsi faire fonctionner l'ampoule pendant des heures sans que l'anticathode rougisse. On n'aura plus à craindre la fusion de cet organe, et le tube conservera sa régularité habituelle.

Ampoules pour Radiothérapie.

Jusqu'à présent on a cherché à obtenir des images nettes par le centrage absolu des électrodes, c'est-à-dire en réduisant à un espace punctiforme le foyer d'émission des rayons de Röntgen.

Vint la radiothérapie, et avec elle les choses changèrent. Il n'est plus nécessaire d'avoir un point unique d'émission; au contraire il y a tout avantage à ce que les rayons proviennent d'une plus grande surface, de façon à ce que la quantité absorbée par les différents points d'une région soit sensiblement égale.

On sait, en effet, que cette quantité varie comme le carré de la distance et le sinus de l'inclinaison. Si les rayons sont émis par une grande surface (toute la lame

anticathodique), les facteurs précédents n'entreront pas, pour ainsi dire, en ligne de compte.

Aussi, a-t-on fait des ampoules dont les électrodes étaient moins bien centrées: par suite, leur prix fut moins élevé.

Comme cette nouvelle méthode thérapeutique s'a-

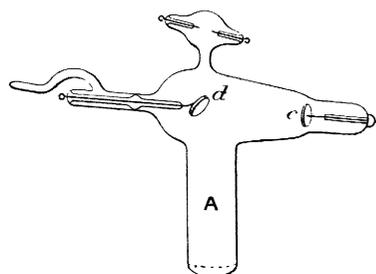


Fig. 8. — Tube à appendice pour les cavités.

A, appendice; d, anticathode; c, cathode.

dressait parfois à des lésions situées dans des cavités, on ajouta à l'ampoule, en face de l'anticathode, un appendice cylindrique en verre opaque aux rayons X, et se terminant par une extrémité légèrement convexe perméable aux rayons de Röntgen. En recouvrant d'ébonite cet appendice, et en reliant à la terre le pôle positif de l'ampoule, on pouvait l'introduire dans la cavité (vagin) et irradier ainsi les parties profondes.

En réalité, ce modèle ne présente pas grand intérêt. Il peut être remplacé avantageusement par un tube métallique ou par un cylindre de verre indépendant de l'ampoule (localisateur). Le résultat sera le même si le foyer radiogène correspond à l'axe du tube.

Pour être intéressants, ces appareils devraient avoir leur focus à l'extrémité de leur appendice. De cette façon on gagnerait de la distance, et on pourrait traiter des régions inaccessibles aux tubes des localisateurs (larynx).

Réalisés d'abord pour l'endoscopie, ces ampoules ont été modifiées pour la radiothérapie et adaptées aux différentes lésions que l'on est susceptible de traiter.

Théoriquement excellentes, elles ne semblent pas avoir répondu en pratique aux espérances qu'elles avaient fait naître, et leur usage est encore peu répandu.

Lorsqu'une ampoule a fonctionné pendant un certain temps, la partie de sa paroi opposée au disque anticathodique, revêt dans toute son épaisseur une coloration violacée. En plus, il se produit sur la face interne de la paroi du tube, un mince dépôt brunâtre, constitué par de l'alumine et du platine provenant de la pulvérisation des électrodes par le courant électrique. Ainsi modifiées, les ampoules deviennent excellentes pour la radiothérapie.

On a en effet remarqué que les tubes usagés déterminaient moins facilement une réaction cutanée que les ampoules neuves, la quantité de rayons X absorbée restant la même.

Il est probable que cette mince couche métallique arrête une grande partie des rayons très peu pénétrants, les plus nocifs pour les téguments.

Tels sont les principaux types d'ampoules dont dispose le radiologiste. Il est possible qu'au cours de notre étude nous ayons oublié quelques modèles, car nous n'avons pas cherché à les énumérer tous par leur nom, mais nous croyons qu'ils peuvent facilement trouver place dans les grandes classes que nous avons établies.

En résumé, l'ampoule de Crookes a subi depuis la découverte de Röntgen trois grands perfectionnements :

1° L'invention d'un focus métallique, en donnant un foyer d'émission punctiforme, réalise la netteté des images, et l'appareil ainsi constitué doit prendre le nom d'ampoule de Röntgen;

2° Le réglage des ampoules permet d'obtenir à volonté la qualité de rayons X désirée;

3° On apporte à l'ampoule des modifications qui permettent de la faire traverser par une plus grande quantité d'énergie électrique sans risquer de la détériorer ou de la dérégler.

D^r J. Belot,

Assistant libre au Laboratoire
de radiologie médicale du D^r Béclière.

