



HAL
open science

Les instruments de mesure en radiologie médicale

J. Belot

► **To cite this version:**

J. Belot. Les instruments de mesure en radiologie médicale. Radium (Paris), 1905, 2 (8), pp.262-268.
10.1051/radium:0190500208026201 . jpa-00242141

HAL Id: jpa-00242141

<https://hal.science/jpa-00242141>

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 instruments de mesure en radiologie médicale¹

Mesures des radiations.

La seule façon d'éviter toutes ces causes d'erreur, était de s'adresser aux radiations elles-mêmes; c'est en effet ce qui fut fait. On substitua aux mesures indirectes, des mesures directes : dès lors la radiologie médicale commença à progresser.

Dans tout foyer lumineux deux facteurs sont à considérer :

- 1^o La longueur d'onde des radiations (qualité);
- 2^o L'intensité de la source lumineuse (quantité de radiations.)

Qualité.

On sait que selon la nature, l'état de vide, le réglage électrique du tube de Crookes employé, les rayons X produits sont absorbés en proportions très

différentes par un même corps sous une même épaisseur. Ce fut là le point de départ de la seule méthode apte à différencier et à classer ces radiations, puisque l'on ne pouvait, vu l'absence de réfraction, les étaler en un spectre ainsi qu'on le fait pour la lumière.

M. Benoist a désigné sous le nom de *radiochromisme*, cette propriété qu'ont les rayons X de présenter une pénétration variable, aussi bien avec leur espèce, qu'avec la nature des corps traversés.

Le photographe doit savoir si la lumière dont il éclaire son laboratoire est bien rouge et non bleue; de même, il est indispensable à ceux qui utilisent les rayons X de savoir quels sont les rayons dont ils font usage.

1. Voir le *Radium*, t. II, n° 7, juillet 1905.

L'aspect des ampoules, leur degré de résistance électrique mesuré par l'étincelle équivalente au moyen d'un spintermètre, enfin l'opposition plus ou moins marquée entre les os et les chairs sur l'écran fluorescent ou sur la plaque radiographique, donnent bien quelques indications approximatives. A ces procédés correspondaient les désignations, toujours un peu vagues, de rayons mous ou peu pénétrants, de rayons durs ou très pénétrants.

C'est à un physicien français, M. L. Benoist, que l'on est redevable d'un instrument de mesure permettant d'obtenir des indications plus précises. Cet appareil s'appelle le *radiochromomètre* : il est le fruit des nombreuses études de son créateur sur la transparence de la matière aux rayons X¹.

Il permet d'obtenir, pour chaque espace de rayons, une désignation numérique précise, toujours identique à elle-même et indépendante de toute appréciation personnelle et arbitraire.

Il est fondé sur le principe suivant : étant donnés deux corps de poids atomiques différents et par suite inégalement transparents aux rayons X, tels que l'argent et l'aluminium, par exemple, le rapport de transparence de ces deux corps varie avec la qualité, ou plus exactement avec le pouvoir de pénétration des rayons qui les traversent. En prenant pour la commodité de la démonstration des chiffres tout à fait arbitraires, si l'aluminium est seulement 5 fois plus transparent que l'argent pour une certaine qualité de rayons, il devient pour des rayons de plus en plus pénétrants 10 fois, 20 fois, 50 fois, 40 fois, 50 fois plus transparent que l'argent.

Pour la construction de son appareil, M. Benoist a

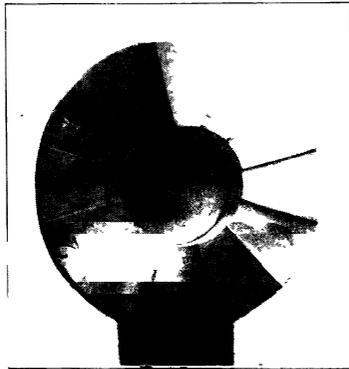


Fig. 1. — Radiochromomètre Benoist divisé en demi-degrés.

choisi l'argent et l'aluminium, parce que les variations de transparence du premier corps sont très faibles, nulles pour ainsi dire, tandis que l'aluminium présente, au contraire, de grandes variations.

Le radiochromomètre est formé d'un disque

de plomb divisé en douze secteurs, dont les épaisseurs vont en croissant de 1 à 12 millimètres. Le centre des secteurs est évidé et remplacé par un disque d'argent de 0^{mm},11 d'épaisseur. Les secteurs d'aluminium sont distribués comme les heures d'une

montre, ce qui dispense de les numéroter : l'épaisseur n° 1 correspond à une heure, etc., jusqu'à l'épaisseur n° 12 qui correspond à douze heures. L'appareil se place soit au-dessus d'une plaque photographique, soit derrière un écran fluorescent. Sur l'image obtenue dans l'un ou l'autre cas, l'un des secteurs d'aluminium présente la même intensité de teinte que le disque central d'argent. C'est le numéro d'épaisseur, ou rang de ce secteur, qui constitue le degré radiochromométrique des rayons X employés et les définit complètement (L. Benoist).

Par exemple, si l'on trouve que le septième secteur d'aluminium présente la même teinte, la même intensité d'ombre, que le disque central d'argent, on en conclura que les rayons qui donnent ce résultat marquent 7 au radiochromomètre, ou qu'ils sont du degré 7.

Ainsi se trouve constituée une échelle de douze degrés, qui comprend toutes les qualités de rayons X obtenus ou utilisés jusqu'ici.

Il est aisé de répondre au besoin du demi-degré ou même du quart de degré : par exemple, si le disque central d'argent est plus clair que le deuxième secteur d'aluminium, mais plus foncé que le troisième, on verra aisément si la teinte est à peu près équidistante des deux autres, auquel cas les rayons considérés marqueront 2^o,5.

Récemment M. Benoist a fait établir un nouveau modèle de son ingénieux instrument permettant de mesurer directement les demi-degrés : les secteurs d'aluminium vont en progressant par demi-millimètre.

On peut se rendre compte *de visu*, de la pénétration des rayons fournis par une ampoule, en opérant dans une chambre obscure et en plaçant l'appareil derrière un écran au platino-cyanure de baryum. On cherche alors quel est le secteur dont la teinte correspond à celle du disque d'argent. Au lieu de se mettre dans l'obscurité, on peut se servir d'une chambre d'appareil photographique, dont la glace dépolie a été remplacée par un écran et qui porte à la place habituellement occupée par l'objectif, deux bonnettes permettant d'observer facilement l'image fluorescente.

Si l'on éprouve des difficultés dans la lecture de indications fournies par l'appareil, on se servira d'un disque de plomb présentant une échancrure en forme de secteur : ce dispositif permet d'isoler successivement chaque secteur d'aluminium, en même temps que la portion contigue du disque central d'argent. Inutile de dire que cette lame de plomb, ainsi préparée, devra être placée entre l'écran et le radiochromomètre.

Pour simplifier le maniement du disque de plomb du radiochromomètre et de l'écran fluorescent, M. Benoist a fait construire une sorte de lunette qui réunit

1. L. BENOIST, Lois de transparence de la matière pour les rayons X. *Journal de Physique*, novembre 1901.

tous ces appareils. Elle se compose d'un tube métallique portant à une extrémité une bonnette (o) s'appliquant exactement contre l'œil et le mettant à l'abri de toute lumière étrangère. L'autre extrémité porte un écran fluorescent (E) contre lequel le radiochromomètre (R) se place extérieurement, grâce à un mouve-

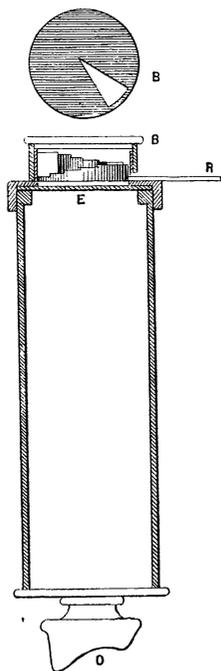


Fig. 2. — Lunette radiochromométrique de M. Benoist.

ment à baïonnette. Un disque de plomb échancré (n) placé comme un bouchon d'objectif recouvre ce dernier, dont il démasque successivement, quand on le fait tourner, les différents secteurs. Il suffit de diriger la lunette vers une source de rayons X et l'on voit rapidement quel est le secteur d'aluminium qui donne la même teinte que le disque central d'argent.

En réalité, cet appareil est moins pratique que le simple écran au platino-cyanure de baryum, sur lequel on vient appliquer le radiochromomètre; en plus, même avec de l'habitude, la lecture des indications fournies par le petit écran de la lunette est très difficile. Peut-être en faut-il chercher la cause dans l'altération que subit le platino-cyanure de baryum (au point de vue fluoroscopique) lorsqu'il est enfermé dans une chambre noire.

Pour être sûr d'obtenir du radiochromomètre toute la précision qu'il est capable de donner, il faut en faire une radiographie. Il est alors facile de voir quel est le secteur d'aluminium dont la teinte correspond à celle du disque central. C'est un procédé un peu long, mais il a l'avantage de donner des indications plus précises.

En pratique radiologique, on ne peut constamment suivre sur l'écran la pénétration des rayons émis, ou faire à chaque instant une nouvelle radiographie. Or, comme il faut toujours savoir quelle est la qualité moyenne des rayons que l'on utilise et pouvoir obtenir à volonté des rayons de qualité déterminée, on a cherché un moyen simple d'arriver à ce résultat.

On utilise pour cela la longueur de l'étincelle équivalente mesurée au spintermètre¹. On a déterminé une fois pour toutes, avec le radiochromomètre de Benoist la pénétration des rayons émis par une ampoule, dont la longueur d'étincelle équivalente a été suc-

cessivement de 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 centimètres par exemple : on a en même temps soigneusement noté les constantes électriques. En se mettant dans les mêmes conditions, avec la même instrumentation (ampoule et appareils), les mêmes constantes électriques, on aura presque toujours pour une même longueur d'étincelle équivalente, des rayons de même pénétration : dans ce cas, la longueur de l'étincelle équivalente permettra de connaître la pénétration des rayons émis par l'ampoule.

On pourrait croire que par suite des phénomènes d'antennes, la distance qui sépare l'excitateur de l'ampoule influe sur la longueur de l'étincelle. Les recherches de S. Turchini¹ ont montré que les variations étaient insignifiantes. On peut aussi négliger les variations légères dues à l'ionisation, par les rayons X eux-mêmes, des gaz où se fait la décharge.

Ce qu'il faut bien savoir c'est que le radiochromomètre ne nous fournit pas une mesure absolue : il n'indique que l'équivalence de transparence d'une certaine épaisseur d'argent et d'une certaine épaisseur d'aluminium pour des radiations données. Ces équivalents de transparence ne varient pas, du reste, dans le même rapport quand on change l'épaisseur de l'étalon. Ainsi, on peut établir une plaque de fer et une plaque de lithium ayant chacune une épaisseur telle qu'elles offrent le même degré de transparence; si l'on double l'épaisseur de chacune de ces plaques, leur transparence aux rayons de Röntgen ne sera plus la même; c'est là, une conséquence du radiochromisme.

Le faisceau de rayons X qu'émet une ampoule n'est pas composé de radiations ayant toutes la même longueur d'onde, autrement dit de même qualité : il se compose d'un certain nombre de radiations de pénétration différente. Le radiochromomètre ne nous fixe pas sur ce point. Ainsi, il ne faudrait pas croire qu'un tube qui émet des rayons marquant 6 au radiochromomètre de Benoist n'émet que des radiations de cette qualité. Le tube produit en même temps des rayons moins pénétrants, soit des rayons 2, 3, 4, 5 par exemple. Exposé à ce rayonnement complexe, le radiochromomètre n'indique ni un maximum, ni un minimum, mais il donne le *degré moyen* au prorata, en quelque sorte, des *intensités respectives* des diverses composantes du rayonnement complexe. L'indication qu'il fournit se place, pour ainsi parler, au centre de gravité de ce rayonnement et non au milieu ou à l'une de ses extrémités.

Il est bien plus avantageux qu'il en soit ainsi, car ce qu'il importe de savoir, en pratique, c'est la valeur qualitative globale des ampoules radiogènes, ainsi que le degré de la radiation prépondérante².

1. S. TURCHINI. *Compt. Rend. Acad. des Sciences*. 6 mars 1905, p. 649 et *Radium*, juillet 1905.

2. J. BELOT. A propos des indications fournies par le radiochromomètre de Benoist. *Arch. d'électr. méd. expér. et clin.* N° 160. 20 février 1905.

1. A. BÉGLÈRE. La mesure indirecte du pouvoir de pénétration des rayons de Röntgen à l'aide du spintermètre. *Arch. électr. méd. exp. et clin.* 15 avril 1900.

Quelle est la composition exacte de ce rayonnement hétérogène? Autrement dit, combien renferme-t-il de composantes de longueur d'onde différente et quelle est la valeur respective de chacune d'elles?... Ce sont autant de questions très difficiles à résoudre.

Il est possible que pour une même différence de potentiel maximum la forme de la courbe du courant à haute tension ait quelque influence sur le rapport des diverses composantes.

Lorsque dans une ampoule en activité, la différence de potentiel a atteint entre les deux électrodes une valeur suffisante pour vaincre la résistance de l'air raréfié qui les sépare, le courant s'établit et l'émission de rayons X commence. Suivant le réglage de l'ampoule et sa construction, la différence de potentiel nécessaire à son fonctionnement, sera éloignée, voisine, ou égale à la différence de potentiel maximum que peut fournir l'appareil générateur dans un état de réglage fixe. L'émission de rayons X commencera donc en un point donné de la courbe représentant le courant, et ordinairement à proximité du sommet de celle-ci.

Elle devrait cesser théoriquement au moment où la différence de potentiel en redescendant vers zéro, passe par la valeur pour laquelle l'ampoule a commencé de fonctionner. Mais, il se pourrait qu'en pratique elle cesse plus tard, autrement dit qu'un tube qui s'amorce (pour chaque interruption) à 50 000 volts, continue à fonctionner encore alors que la différence de potentiel est descendue à 40 000 volts par exemple. Le courant en passant, aurait, pour ainsi dire, rendu le gaz ambiant plus conducteur. C'est du reste, ce qui se passe à l'air libre. Prenons un spintermètre monté en dérivation sur le circuit d'alimentation d'une ampoule réglée de telle façon que la longueur de son étincelle équivalente soit égale à 4 centimètres. Si les deux boules de l'appareil sont séparées par une distance de 5 centimètres, l'étincelle n'éclatera pas, mais elle jaillira dès que cette distance sera réduite à 4 centimètres. A ce moment, éloignons progressivement les deux boules de l'appareil : on constate que l'étincelle continue à jaillir (pendant quelques fractions de seconde), alors même que la distance est devenue supérieure à la distance primitive (5 centimètres). Rien ne s'oppose à ce qu'il se produise à l'intérieur de l'ampoule un phénomène analogue.

Aussi, lorsque le courant utilisé sera tel que la différence de potentiel, après avoir passé par un maximum, redescendra régulièrement vers un minimum (sinusoïde du transformateur) il semble que l'ampoule devra émettre des rayons moins pénétrants (pour une même pénétration globale) que si le courant, après avoir atteint sa différence de potentiel maximum tombe d'un seul coup ou très rapidement vers son minimum (Bobine).

Ce phénomène devrait être plus prononcé, si le

transformateur fonctionne sans condensateur, comme c'est le cas de l'appareil Max Lévy de Berlin.

Ce ne sont là évidemment que des hypothèses qui mériteraient d'être vérifiées.

Il est, du reste, probable, que la différence de pénétration entre les diverses radiations émises par une ampoule, à un moment quelconque de son fonctionnement est relativement peu conséquente. Autrement dit, il semblerait qu'une ampoule émettant des rayons n° 6, produit aussi des rayons 5, 4, 3 par exemple, tandis qu'une ampoule émettant des rayons très pénétrants, ne semble pas devoir donner naissance, en même temps, à une quantité appréciable de rayons très peu pénétrants.

Mais, il faut bien remarquer que toutes ces considérations ne diminuent en rien la valeur pratique des indications que fournit le radiochromomètre de Benoist.

Cet appareil est utilisé en France par tous les radiologistes qui procèdent avec méthode; on emploie à l'étranger des dispositifs analogues, plus ou moins dérivés du modèle français.

L'échelle de dureté de Walter est très répandue en Allemagne; elle se compose d'une lame de plomb, suffisamment épaisse, dans laquelle on a percé toute une série de petits orifices circulaires. De très minces feuilles de platine, d'épaisseur progressivement croissante recouvrent ces orifices, et sur le tout on a placé un petit écran au platino-cyanure de baryum; l'ensemble forme le fond d'une sorte de lunette. En mettant cet appareil sur le trajet d'un faisceau de rayons X, on voit un certain nombre de disques fluorescents; ce nombre est d'autant plus élevé que les rayons peuvent traverser une plus grande épaisseur de platine. Le nombre de points lumineux visibles sur l'écran, indique le degré de pénétration des radiations examinées.

Cet appareil est inférieur à celui de Benoist, le facteur quantité doit influencer notablement les résultats et les indications manquent ainsi de précision.

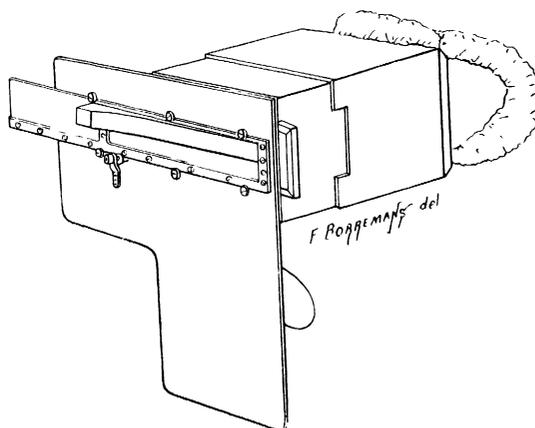


Fig. 5. — Crypto-radiomètre de Wehnelt.

Le crypto-radiomètre de Wehnelt, n'est qu'une modification du radiochromomètre français. Il se

compose essentiellement d'un corps de lunette carré, dont le fond est fermé par une plaque métallique. Au milieu de celle-ci, est ménagé un orifice rectangulaire de deux ou trois centimètres de haut sur cinq millimètres de large, environ. Devant lui, peut se déplacer, à l'aide d'une crémaillère commandée par un engrenage, un ensemble formé d'une lame d'argent d'épaisseur uniforme et d'un bloc d'aluminium dont l'épaisseur va en croissant progressivement. A l'intérieur de la lunette, se trouve un écran au platino-cyanure.

Si l'on examine un rayonnement, la teinte de l'écran reste identique à elle-même en regard de la lame d'argent, quelle que soit la position de celle-ci, puisqu'elle a partout la même épaisseur; elle varie au contraire, en face de l'aluminium quand on modifie l'épaisseur traversée.

Pour l'usage, on cherche à rendre équivalente la teinte fournie par l'argent et celle donnée par l'aluminium en déplaçant ce dernier : un indice marque sur une échelle graduée le degré de pénétration.

Ce dispositif est très commode pour les lectures directes : la maison Gaiffe nous en donnera, sous peu, un modèle français.

Enfin, il est possible de mesurer la pénétration d'un faisceau de rayons X, à l'aide d'une méthode électrométrique.

Il suffit d'intercaler sur le trajet du faisceau ionisant divers écrans métalliques et de procéder par comparaison. Mais c'est là un procédé de laboratoire sur lequel il est inutile d'insister.

Quantité.

On a cherché à mesurer la quantité de rayons X émis par une ampoule (à une distance donnée), pendant l'unité de temps, de différentes façons.

On sait que les rayons X, ont comme les radiations émises par des corps radioactifs, la curieuse propriété de décharger les corps électrisés.

On peut utiliser cette propriété pour mesurer l'intensité du rayonnement. C'est la méthode employée par M. et Mme Curie pour l'étude du rayonnement des corps radioactifs¹ : elle consiste à mesurer la conductibilité acquise par l'air, sous l'action des rayons de Röntgen. Elle exige nécessairement un matériel délicat et encombrant : appareil à plateaux, électromètre, quartz piézo-électrique; mais elle peut donner des indications très précises.

Néanmoins, ce procédé est, pour le moment, réservé aux recherches de laboratoire : peut-être entrera-t-il un jour, dans la pratique médicale.

On peut aussi connaître l'intensité d'une source lumineuse, en la comparant, à l'aide d'appareils spéciaux, à une source étalon. Ce procédé a été utilisé

en radiologie. Un écran au platino-cyanure de baryum devient plus ou moins lumineux, suivant qu'il reçoit une plus ou moins grande quantité de rayons X : on peut comparer sa teinte avec celle d'une source lumineuse étalon de coloration analogue (Contremoulins).

Le Dr Courtades a simplifié cette méthode, en établissant son comparateur de quantités de rayons X. Le principe sur lequel il repose est le suivant : on compare la fluorescence produite sur un écran au platino-cyanure, d'une part, par un sel de radium d'activité bien définie et d'autre part, par les rayons X traversant des épaisseurs d'argent variables et produisant ainsi des plages lumineuses d'intensité différente. On traduit le résultat de la mesure par le numéro de la plaque qui, sur l'écran, présente une luminosité égale à celle du radium étalon. J'ai du reste décrit cet appareil dans ce journal et je n'y reviendrai pas². Remarquons cependant qu'il est un comparateur et non un totalisateur comme l'appareil d'Holzknrecht; rien ne prouve, en plus, que la fluorescence de l'écran est bien proportionnelle à l'intensité du faisceau de rayons X qui la détermine.

C'est au Dr Guido Holzknrecht² de Vienne, que l'on doit la découverte d'un procédé permettant de se rendre compte d'une façon rapide, pratique et suffisamment exacte, de la quantité de rayons X qui vient frapper une surface quelconque, seule quantité utile à connaître en radiologie médicale, puisqu'elle tient nécessairement compte du facteur distance.

Goldstein avait montré que certains sels se coloraient sous l'influence des rayons cathodiques et ultraviolets : il soutint ensuite l'hypothèse que les rayons X se transformaient en rayons ultra-violet aux points où ils tombaient et étaient absorbés.

Si cette hypothèse était exacte, si du moins elle n'était pas stérile, les colorations secondaires de Goldstein devaient, dit Holzknrecht, pouvoir être produites par les rayons de Röntgen. L'expérience confirma les idées de cet auteur : il constata que les rayons de Röntgen produisaient les mêmes effets co-

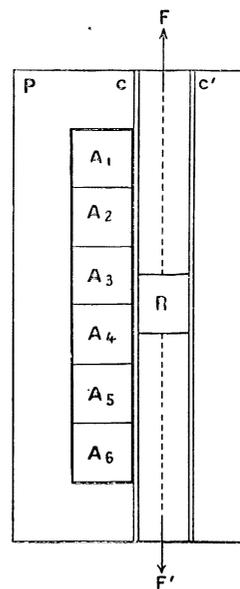


Fig. 4. — Comparateur Courtades.

1. M. CURIE. *Recherches sur les substances radioactives*, 1904, page 9.

1. J. BENOIT. Comparateur de quantités de rayons X, système Courtades. *Radium* 15 mai 1905, page 190.

2. G. HOLZKNRECHT. Le chromoradiomètre, II^e Congrès international d'Électrologie et de radiologie médicale, Berne, séance du 4 septembre 1902.

lorants que les rayons cathodiques, fait qu'avait déjà montré Villard en France. Par contre, la coloration au lieu d'être limitée à la superficie des cristaux, s'étendait à toute la masse.

Poursuivant ses études sur la question, il arriva à trouver une solution saline qui prit une coloration d'autant plus prononcée que la quantité de rayons X absorbée par elle était plus grande, et qui conserva momentanément cette coloration à la lumière du jour.

Tel est le principe de son chromoradiomètre.

Il se compose de deux parties :

1° Une série de réactifs isolés;

2° Une échelle graduée qui sert d'étalon.

Chaque réactif consiste en un petit godet renfermant des sels colorables mélangés à une résine qui donne au produit une consistance pâteuse. C'est ce godet qu'on place au cours des opérations radiothérapeutiques, sur la peau du patient, tout au voisinage de la partie à traiter, de manière qu'il reçoive la même quantité de rayons que celle-ci.

L'échelle primitive était formée de douze godets du même genre, enfermés dans une boîte qui les préservait de la lumière. Ils présentaient une coloration bleue verdâtre dont l'intensité s'accroissait graduellement d'un bout à l'autre de la série. A chaque degré de l'échelle se trouvait un chiffre qui indiquait la quantité de rayons absorbée, d'après une unité choisie par l'inventeur, et que, sans la définir, il désigne par la lettre H.

L'échelle s'étendait de 5 H à 24 H.

Récemment, l'auteur a modifié l'échelle étalon et la forme des godets réactifs. Au lieu d'être composée de douze godets indépendants, elle est constituée par une longue bande de matière, présentant une coloration bleue verdâtre, qui va en s'accroissant graduellement d'un minimum à un maximum; de loin en loin se trouve marqué le nombre d'unités H correspondant.

Pour se servir de l'appareil, on place une pastille de réactif sur la peau du patient et on actionne le tube : on arrête son fonctionnement quand le godet a pris une coloration analogue à celle de l'échelle qui correspond au nombre d'unités H que l'on veut faire absorber.

Les réactifs, qui ont servi, peuvent être régénérés à la lumière du jour, mais ils perdent à la longue leur sensibilité. L'appréciation et la comparaison des teintes deviennent difficiles, par suite d'une coloration grisâtre qui vient s'ajouter à la teinte bleue verdâtre.

Cet appareil a fait faire à la radiothérapie de grands progrès : en permettant le dosage approximatif des radiations absorbées par une surface malade, il a rendu possible la comparaison des diverses observations, la vulgarisation de la méthode.

Il présente cependant quelques imperfections : il est d'un prix très élevé et on se le procure très diffi-

cilement; les échelles, surtout celles des nouveaux modèles, ne sont pas toujours comparables entre elles; enfin, l'appréciation des colorations présente une réelle difficulté. Il faut espérer qu'Holzknrecht fera bientôt connaître un nouveau modèle, mieux établi.

Freund¹, de Vienne, emploie un autre radiomètre. Son appareil est basé sur le changement de coloration que subit sous l'influence des rayons X, une solution à 2 pour 100 d'iodoforme pur dans le chloroforme. Ce réactif serait plus sensible que celui d'Holzknrecht, mais il présente l'inconvénient de se modifier assez rapidement à la lumière du jour : son usage paraît donc encore plus délicat.

MM. Sabouraud et Noiré² ont utilisé dans le même but le changement de coloration que subit le platino-cyanure de baryum exposé aux rayons de Rontgen. Leur radiomètre se compose d'une échelle de deux teintes : la teinte normale de la pastille (petit morceau d'écran au platino-cyanure de baryum) et une teinte aquarellée correspondant à celle que prend le réactif quand il a absorbé une quantité de rayons X égale à 5 unités H de Holzknrecht; c'est-à-dire la quantité qu'il ne faut pas dépasser sur la peau saine, si l'on veut éviter toute radiodermite.

Pour l'usage, il faut placer le réactif sur le trajet des rayons X, à mi-distance entre la région traitée et la surface irradiée. Le Dr Haret³ a fait construire un petit appareil qui rend très facile cette opération. Ces pastilles sont d'un prix très abordable, et la coloration qu'elles prennent est assez nette : on pourrait facilement établir une échelle plus élevée. Elles ont l'inconvénient de dévier excessivement vite à la lumière du jour : aussi faut-il s'en servir dans une demi-obscurité. On peut également les recouvrir de papier noir, mais il faut prendre garde en comparant leur teinte avec celle de l'étalon, d'effectuer rapidement cette opération, sinon les indications pourraient être inexactes.

Enfin, d'après les travaux de MM. Bordier et Galimard⁴, le changement de teinte du platino-cyanure de baryum par exposition aux rayons X, serait un phénomène de déshydratation, et le retour du sel à l'état initial serait la conséquence non pas de la lumière, mais d'une réhydratation. De ce fait, le procédé manquerait de précision car il faudrait tenir compte de l'état hygrométrique de l'air ambiant.

Au Congrès de Berlin, le Dr Kienbock⁵ a présenté un

1. E. FREUND, Ein neues radiometrisches Verfahren, *Wiener Klinische Wochenschrift*, n° 15, 1904.

2. SABOURAUD et NOIRÉ, Radiomètre X, *Congrès*, août 1904.

3. D. HARET, Porte-radiomètre, Mai 1905, *Röntgen-Kongress, Le Badium*, juillet 1905.

4. BORDIER et GALIMARD, Action des rayons X sur les platino-cyanures, *Archiv. d'elect. medic. exp. et clin.*, 10 mai 1905, page 525.

5. KIENBOCK, Eine neue messmethode in der radiotherapie, *Röntgen-Kongress*, mai 1905, Berlin.

nouvel appareil, qu'il appelle le quantitomètre. Il se compose d'un papier photographique chloro-bromuré peu sensible, d'un révélateur normal, et d'une échelle graduée. Le papier sensible enveloppé de papier noir, est fixé sur la peau du malade : après dix minutes d'irradiation, par exemple, il est développé dans un révélateur fixe et pendant un temps donné (une minute); il est lavé et fixé dans des conditions bien déterminées et sa teinte est comparée avec celles de l'échelle graduée. Cette méthode est très ingénieuse, mais elle présente l'ennui du développement et les inexactitudes qui peuvent en résulter, même en se conformant aux indications de l'inventeur. Cet appareil sera précieux pour les recherches de laboratoire, pour l'étude du rendement des ampoules et de l'absorption des radiations.

Le Dr Köhler¹, de Wiesbaden, mesure la quantité de rayons X émis par une ampoule, en notant le degré d'échauffement de l'anticathode. A cet effet, il a fait construire par Hirschmann une ampoule portant une dépression dans sa paroi; un thermomètre placé dans cette cavité permet d'être fixé sur les variations de température. Ce procédé paraît mauvais. Il faudrait démontrer d'abord que la quantité de rayons produits par une ampoule est proportionnelle à l'échauffement de l'anticathode et même à la fraction de chaleur transmise au thermomètre. Cela serait-il établi, qu'il existerait des variations pouvant aller du simple au double, suivant l'appareillage et les différents modèles d'ampoules. Cette méthode peut fournir des indications à un opérateur travaillant toujours dans les mêmes conditions, mais il ne faut pas lui demander autre chose.

Abstraction faite de la méthode électrométrique, tous les appareils que nous avons à notre disposition sont encore bien imparfaits. Ils ne donnent qu'une mesure très approximative de la quantité de radiations qui arrive à la peau et surtout de la fraction absorbée.

L'unité H est tout à fait arbitraire, l'appréciation des colorations exige une grande habitude et entraîne forcément un facteur personnel qui n'est pas toujours négligeable.

Enfin, le papier sensible, le sel qui change de coloration, le gaz qui s'ionise, l'écran fluorescent, sont autant de récepteurs auxquels on demande d'absorber l'énergie de rayonnement et de la transformer en un autre mode d'énergie : énergie chimique, énergie

ionique, ou énergie lumineuse. Comme le dit Mme Curie¹ : « chaque récepteur absorbe une fraction du rayonnement qui dépend essentiellement de sa nature. Le rayonnement est complexe; les portions du rayonnement absorbées par les différents récepteurs peuvent différer entre elles quantitativement et qualitativement. Enfin, il n'est ni évident, ni même probable, que l'énergie absorbée soit entièrement transformée par le récepteur en la forme que nous désirons observer. »

On est aussi en droit de se demander si les effets physiologiques marchent parallèlement avec les effets chimiques, quoique tout porte à croire que les rayons de Röntgen déterminent dans les tissus, des réactions d'ordre chimique.

C'est dire que ces méthodes ne peuvent nous donner une mesure absolue, mais elles nous fournissent, en radiothérapie, un terme de comparaison de la plus haute importance. Grâce à la détermination du facteur quantité, il devient possible à un opérateur quelconque de faire absorber à un malade une dose analogue à celle qui, employée par un autre praticien, a permis d'obtenir un résultat favorable.

Enfin, le procédé chromoradiométrique peut s'appliquer aux radiations émises par les substances radioactives. On pourra ainsi comparer l'activité de diverses substances. Les résultats obtenus auront quelque valeur pratique mais seront bien inférieurs à ceux que donne la méthode électrométrique. Rien ne prouve, en plus, qu'une application de radium qui fait virer à 4H la pastille d'Holzknacht, déterminera sur les tissus des réactions analogues à celles occasionnées par une irradiation de Röntgen de valeur 4H.

Tels sont les divers appareils de mesure dont dispose le radiologiste. Ceux qui s'adressent à l'énergie électrique sont des instruments excellents et très sensibles, mais ils ne définissent qu'indirectement et parfois bien imparfaitement les rayons X engendrés par le courant auquel ils s'appliquent.

Les autres cherchent à mesurer les radiations elles-mêmes, indépendamment des générateurs et de l'énergie qui leur donnent naissance : malgré leurs imperfections, ils fournissent des indications très précieuses et il n'est plus permis de faire de la radiologie médicale sans les utiliser.

J. Belot,

Préparateur de Radiologie
à l'Hôpital Saint-Antoine.

5. Dr KÖHLER, de Wiesbaden: Röntgenröhre zur therapeutischen Dosierung der Röntgenstrahlen. *Manch. Mediz. Wochenschr.* 1905, n° 2.

1. M. CURIE. *Recherches sur les substances radioactives.* Paris, 1904, page 48.

