

tiples influences capables d'exercer leur action sur les phénomènes étudiés ne sont pas toutes connues, si bien que, dans l'ordre des phénomènes vitaux, les déductions en apparence les plus logiques doivent toujours être soumises au contrôle de l'expérience.

Bien plus, le clinicien doit parfois préférer à des procédés d'une grande rigueur d'autres qui sont manifestement imparfaits, mais d'une application moins délicate. Car la pratique a ses exigences. Quand la santé ou la vie d'un malade est en jeu, la rapidité de l'information clinique peut être un élément de succès, et il importe que le médecin sache se passer d'appareils compliqués et de longues recherches. Il est certain que les moyens employés couramment pour reconnaître et doser l'albumine et le sucre dans l'urine sont loin d'être les meilleurs que les chimistes possèdent; mais ils ont permis de faire une telle somme d'observations utiles à la fois pour la pathologie et pour la clinique, qu'il faut se féliciter que les médecins les aient employés malgré leurs imperfections.

De même les méthodes d'examen physique qui ne nécessitent aucun instrument et qui sont constamment et partout à la disposition du clinicien, le palper, le toucher, l'auscultation, la percussion, lui seront toujours indispensables. Par suite, elles devront toujours tenir le premier plan dans les préoccupations de ceux qui enseignent la médecine.

L'exploration clinique a donc tout avantage à ne rien abandonner du patrimoine qu'elle a reçu du passé. Car les ressources nouvelles que lui a valu l'admirable essor de toutes les sciences au XIX^e siècle sont venues simplement s'ajouter aux anciennes, et l'on peut dire qu'elles les complètent bien plutôt qu'elles ne les remplacent. Aussi ne s'aurait-on s'étonner que les cliniciens répugnent à se défaire de méthodes éprouvées par une longue pratique; ils ressemblent à ces braves gens qui ont peine à se séparer de leurs vieux serviteurs.

DEUXIÈME LEÇON

TECHNIQUE GÉNÉRALE DE L'EXPLORATION RADIOLOGIQUE

La découverte de Röntgen et ses premières applications. — Technique générale. — Production des rayons X. — Radioscopie. Radiographie. Comparaison des deux méthodes. — Accidents des rayons X.

Une découverte comme celle de Röntgen, qui permettait de voir l'invisible, ne pouvait manquer de frapper vivement l'imagination populaire. Rien n'est donc plus explicable que la vogue rapide des rayons X. Leurs applications médicales surtout ont conquis la faveur du public, et il n'est pas très rare de voir des malades, même parmi ceux qui peuplent nos hôpitaux, s'adresser spontanément à des techniciens pour se faire, comme ils disent, « passer aux rayons X », et ne venir consulter le médecin qu'une fois munis de leur radiographie.

Le clinicien ne saurait donc ignorer aujourd'hui cette nouvelle méthode d'exploration. Il importe qu'il connaisse exactement les services qu'elle peut lui rendre, qu'il sache en interpréter les résultats, qu'il puisse au besoin l'appliquer lui-même.

Mais la technique ne s'apprenant bien que par une pratique personnelle, je ne lui consacrerai qu'une description sommaire. Ce sont donc surtout les résultats de la méthode qui feront l'objet de ces leçons. Avant de vous les exposer, toutefois, il est nécessaire que je vous indique en peu de mots les principes de physique sur lesquels repose l'emploi des rayons X.

La découverte de Röntgen est fondée sur les propriétés des tubes de Crookes.

Ces tubes consistent en des ampoules de verre dans les-

quelles on fait le vide et où pénètrent deux tiges métalliques soudées au verre. Si l'on met chacune de ces tiges en communication, par l'intermédiaire d'un fil métallique, avec l'un des pôles d'une bobine de Ruhmkorff en activité, on voit le tube s'illuminer d'une lueur violette, qui émane de l'électrode positive (*anode*) et se termine à une petite distance de l'électrode négative (*cathode*). C'est l'aspect, que vous connaissez bien, des « tubes de Geissler ». Le tube de Crookes diffère du tube de Geissler par la production du phénomène cathodique, survenant à un certain degré de vide : la lumière positive disparaît et au point opposé à la cathode (*anticathode*), quelle que soit d'ailleurs la position de l'anode, le verre de l'ampoule devient lumineux, comme s'il y avait émission de rayons partis de la cathode. Ces rayons dits cathodiques, découverts dès 1868 par Hittorf, ont été étudiés avec prédilection par Crookes en 1880. Ils diffèrent des rayons lumineux ordinaires par des propriétés essentielles : ils ne peuvent être, en effet, ni réfléchis, ni réfractés, mais ils sont déviés par les aimants. Ils rendent lumineux (fluorescents et phosphorescents) un grand nombre de substances, et les teintes dont s'éclaire sous leur action la paroi de l'ampoule varient suivant la composition chimique du verre.

En décembre 1895, au cours d'expériences qu'il pratiquait sur les rayons cathodiques dans une chambre absolument obscure, W. Röntgen, professeur de physique à Würzbourg, remarqua qu'un tube de Crookes, bien qu'enfermé dans un carton noir et ne se révélant par aucune lueur, illuminait des paillettes d'une substance fluorescente, le platinocyanure de baryum, situées à une certaine distance. L'interposition d'un livre de mille pages, d'une planche de bois de plusieurs centimètres d'épaisseur, d'une plaque d'aluminium de plusieurs millimètres n'empêchait pas le platinocyanure de baryum de s'éclairer tant que le courant traversait l'ampoule. Röntgen étudia plus attentivement ce phénomène et conclut à l'existence de rayons particuliers, capables de traverser les corps opaques et de rendre lumineux le platinocyanure de baryum ; il construisit un écran enduit de cette substance et vit que, lorsqu'il plaçait la main un peu au-devant, sur le trajet

des rayons, l'ombre du squelette se projetait sur l'écran illuminé : les parties molles étaient donc traversées par ces rayons particuliers que les os arrêtaient. Röntgen eut alors l'idée de fixer l'image en remplaçant l'écran fluorescent par une plaque photographique. Il constata que les rayons nouveaux étaient capables de réduire ou de rendre réductibles les sels d'argent contenus dans la couche sensible de la plaque et il obtint ainsi une épreuve du squelette de la main.

Cette double expérience contenait en germe toute la radiologie médicale. C'est d'elle que sont nées les deux méthodes jumelles de la radioscopie et de la radiographie. La *radioscopie* permet de voir l'ombre des organes se projeter sur l'écran fluorescent, et la *radiographie* de fixer cette ombre sur une épreuve photographique.

Ces deux termes sont les plus usités dans le langage courant ; cependant on se sert quelquefois, comme synonyme du mot radioscopie, de celui de *fluoroscopie*, qui indique l'emploi de l'écran fluorescent. Ces dénominations hybrides ont été critiquées à cause de leur étymologie mixte, à la fois latine et grecque ; aussi a-t-on proposé de les remplacer par celles plus correctes d'*actinoscopie* ($\alpha\kappa\tau\acute{\iota}\varsigma$ $\alpha\kappa\tau\acute{\iota}\nu\omicron\varsigma$, rayon) et d'*actinographie* ; mais ces termes n'ont pas prévalu.

Les rayons que Röntgen désigna sous le nom de *rayons X*, ne sont point les mêmes que les rayons cathodiques. En effet, si, comme ces derniers, ils ne peuvent être ni réfractés, ni réfléchis, contrairement à eux ils ne peuvent pas être déviés par les aimants. Ils sont engendrés par les rayons cathodiques dans les points où ceux-ci rencontrent soit les parois du tube radiogène, soit tout autre obstacle.

Les différents corps sont très inégalement perméables aux rayons de Röntgen. Les métaux surtout les arrêtent ; toutefois, l'aluminium, en couche peu épaisse, se laisse assez facilement traverser par eux (fig. 1). Parmi les tissus du corps humain, c'est le tissu osseux qui offre le plus de résistance, surtout le tissu compact, ce qu'il doit aux sels de chaux qu'il renferme. Les organes contenant beaucoup de sang, le cœur, les gros

vaisseaux, le foie offrent aussi une assez grande opacité aux rayons X. Par contre, ceux qui renferment des gaz, les poumons principalement, sont très perméables. Il existe, en somme, pour les différents tissus, toute une gamme de transparence aux radia-



FIG. 1. — Radiographie de la main obtenue à travers une lame d'aluminium de 2/10 de millimètre d'épaisseur, après 20 minutes d'exposition aux rayons X.

tions de Röntgen, et c'est ce qui permet de les utiliser pour l'exploration de la plupart des régions.

Comme l'ont montré les recherches de M. L. Benoist (1), l'opacité d'une substance à l'égard des rayons X croît généralement, pour les corps simples, avec leur poids atomique. Elle croît aussi avec l'épaisseur.

En outre, pour une même substance, le pouvoir de pénétration

(1) L. BENOIST. Lois de transparence de la matière pour les rayons X (*Journ. de physique*, nov. 1901).

des rayons de Röntgen varie suivant leur qualité. Une même ampoule, à mesure que le vide y est poussé plus loin, fournit toute une série de rayons de plus en plus pénétrants, depuis ceux qui ne parviennent même pas à traverser les parties molles de la main, jusqu'à ceux que n'arrête pas une plaque de fer épaisse de plusieurs millimètres. Un ingénieux instrument de M. L. Benoist, le radiochromomètre, permet de mesurer ce pouvoir de pénétration (1).

Enfin l'action des rayons de Röntgen varie, comme celle des rayons lumineux et calorifiques, en raison inverse du carré des distances, de sorte qu'un écran illuminé avec un certain éclat à une distance déterminée du foyer radiogène, ne brille plus, à une distance double, que d'un éclat quatre fois moindre.

Toutes ces notions théoriques ont conduit à des applications pratiques et ont été d'une importance considérable pour le perfectionnement de la technique radiologique.

La publication de la découverte de Röntgen date de décembre 1895. Dès le 21 janvier 1896, MM. Oudin et Barthélemy faisaient présenter à l'Académie des sciences, par M. Poincaré, les premières épreuves radiographiques des os de la main, faites en France; elles sont encore bien imparfaites, comme vous le montrent les spécimens que je dois à l'obligeance des premiers expérimentateurs.

C'en était assez, néanmoins, pour qu'on pût prédire à ce moyen d'exploration un brillant avenir.

Les chirurgiens tout naturellement furent les premiers à en tirer parti pour l'étude des lésions des membres: lésions osseuses, fractures, luxations, tuberculose, corps étrangers. Mon maître, le professeur Lannelongue, fit en France les premières recherches sur cette question et les exposa dans une série de notes

(1) Il se compose essentiellement d'un petit disque d'argent, d'épaisseur déterminée, entouré d'une série de 12 plaques d'aluminium dont l'épaisseur croît régulièrement de 1 à 12. Une épreuve radiographique de cet instrument indique, d'après la comparaison des ombres, à quelle épaisseur d'aluminium correspond la transparence de la plaque d'argent pour les rayons fournis par le tube employé.

L. BENOIST. Le radiochromomètre et la définition expérimentale des diverses sortes de rayons X et radiations similaires (*Arch. d'électricité médicale*, mars 1902, p. 129).

à l'Académie des sciences, publiées de janvier à mars 1896. Mais à ce moment la technique instrumentale était encore bien insuffisante, les difficultés étaient grandes, la radiographie exigeait un temps de pose très long et nécessitait une immobilisation prolongée de la partie dont on voulait obtenir une épreuve. Je me rappelle avoir assisté aux premières tentatives qui furent faites à l'hôpital Trousseau : la radiographie de la main exigeait vingt minutes de pose, celle du genou une bonne demi-heure ; quant à la hanche, elle était à peu près inaccessible.

Cependant, la technique ne tardant pas à se perfectionner, les médecins à leur tour tentèrent d'explorer les viscères. Dès le mois d'août 1896, MM. Oudin et Barthélemy annoncèrent aux congrès de Nancy et de Londres qu'ils avaient obtenu les premières épreuves radiographiques du thorax. Mais c'est au professeur Bouchard (1) que revient l'honneur d'avoir tracé dans ses grandes lignes le tableau des services que peut rendre l'emploi de la fluoroscopie, préférable le plus souvent à la radiographie, dans les affections thoraciques. Ses travaux furent bientôt complétés par une série d'autres, parmi lesquels il convient de citer surtout ceux de M. Béclère en France, de Francis Williams en Amérique, de Holzkecht en Autriche et de Maragliano en Italie.

Telles sont les grandes étapes de la radiologie médicale ; avant de vous exposer en détail les résultats obtenus, il me faut vous donner rapidement un aperçu général de la technique actuellement en usage (2).

Pour la production des rayons de Röntgen, il faut : 1° une source d'électricité à haute tension ; 2° un tube de Crookes.

A. Sources d'électricité. — Les sources d'électricité peuvent

(1) BOUCHARD. La pleurésie de l'homme étudiée à l'aide des rayons de Röntgen (*C. R. de l'Acad. des sciences*, 1896, t. 123, p. 967). — Les rayons Röntgen appliqués au diagnostic de la tuberculose pulmonaire (*Ibid.*, p. 1042). — Nouvelle note sur l'application de la radiographie aux maladies du thorax (*Ibid.*, 1897, t. 124, p. 1068).

(2) Pour l'étude de la technique, voir les traités spéciaux, principalement LONDE (*Traité pratique de radiographie et de radioscopie. Technique et applications médicales*, 1898).

être très différentes : on peut employer des batteries de piles voltaïques ; les accumulateurs sont plus pratiques lorsqu'on peut les faire recharger facilement. On peut aussi avoir recours au courant distribué par le secteur de ville, dont la tension est de cent dix volts ; mais il est alors nécessaire d'avoir un transformateur de courant.

Quelle que soit l'origine du courant électrique, dans tous ces cas, il est indispensable d'avoir une bobine d'induction donnant une étincelle de 25 à 30 centimètres de longueur ; elle sert à transformer l'énergie électrique d'un courant à bas potentiel en énergie à haut potentiel d'un courant de faible intensité.

La machine statique, que beaucoup de praticiens possèdent, peut être utilisée comme source d'électricité ; l'interposition d'une bobine d'induction n'est plus alors nécessaire. Cette application de la machine statique à la radiographie a été préconisée par Monell (de New-York) peu de temps après la découverte de Röntgen. Elle a été étudiée en France principalement par MM. Destot (de Lyon) (1) et Leduc (de Nantes) (2) ; M. Béclère (3), afin de rendre plus pratique l'emploi de la machine statique en radiographie, a fait construire une petite machine portable, renfermée dans une cage en bois, facilement transportable et permettant ainsi de pratiquer l'examen des malades qui sont dans leur lit. La machine statique a d'ailleurs d'autres avantages ; elle permet d'employer les tubes plus longtemps, car elle ne les fond pas ; la clarté qu'elle donne est constante.

B. Ampoules. — Les tubes de Crookes, avec lesquels ont été découverts les rayons X, ne sont plus employés. Röntgen les a modifiés ; tout d'abord il employait des tubes ovoïdes dont le pôle positif était latéral, et le pôle négatif situé dans l'axe de

(1) DESTOT. La machine statique dans la production des rayons X (*Province médicale*, 30 janvier 1897).

(2) LEDUC (de Nantes). Emploi des machines électrostatiques pour la radiographie et la radioscopie (*Archives d'électricité médicale*, 1897, p. 257).

(3) BÉCLÈRE. Sur une machine statique propre à l'examen radioscopique au domicile des malades (*Archives d'électricité médicale*, 1900) ; — L. MACRIN. De l'emploi des rayons de Röntgen par le médecin de campagne (*Thèse de Paris*, 11 décembre 1901, n° 96).

l'ampoule (fig. 2). Le pôle positif est l'*anode*, il se termine à l'intérieur du tube par un petit disque de platine; le pôle négatif est la *cathode* terminée par un disque d'aluminium. On fait le vide dans l'ampoule; mais ce vide ne doit point être rigou-

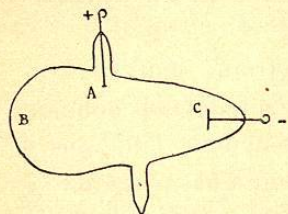


FIG. 2. — Ampoule de Röntgen.

A. Anode. — B. Anticathode.
C. Cathode.

reusement absolu; car alors l'étincelle ne jaillirait point. C'est l'anticathode qu'il faut diriger vers le point du corps que l'on veut éclairer. Ces ampoules très simples ont des inconvénients; elles fondent assez rapidement par suite du dégagement de chaleur considérable qui se produit à l'anticathode; elles sont inutilisables au bout de peu de temps, parce que leur paroi anticathodique devient poreuse et que le vide est moins parfait.

Aussi a-t-on imaginé les ampoules à *focus*, dans lesquelles on interpose sur le trajet des rayons cathodiques, à l'intérieur de l'ampoule, une plaque en platine iridié (alliage difficilement fusible) inclinée à 45° : cette plaque, qui reçoit les rayons cathodiques, devient le foyer (*focus*) des rayons X. Elle peut servir d'anode (fig. 3).

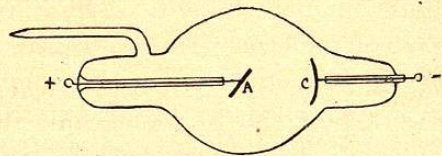


FIG. 3. — Ampoule à focus.

A. Anode munie d'une lame *focus*. — C. Cathode.

Depuis les premiers essais, des perfectionnements multiples ont été apportés au tube primitif.

Je ne puis entrer dans les détails de ces modifications qui sont d'ordre purement technique. Je dois cependant vous indiquer quelques points de pratique qu'il ne faut pas ignorer. Dans un grand nombre de tubes, le platine, après un certain usage, devient poreux; il absorbe les gaz contenus dans l'ampoule, le vide devient absolu et l'éclairage diminue: il est alors nécessaire de chauffer uniformément l'ampoule, pour faire restituer aux parois et aux électrodes le gaz qu'elles ont absorbé. C'est pour éviter ces inconvénients que certains constructeurs ont inventé des *ampoules régénérables* (ampoules de Chabaud).

Elles sont munies d'un petit ajutage contenant une substance absorbante ou avide d'eau: charbon ou potasse; l'ampoule étant

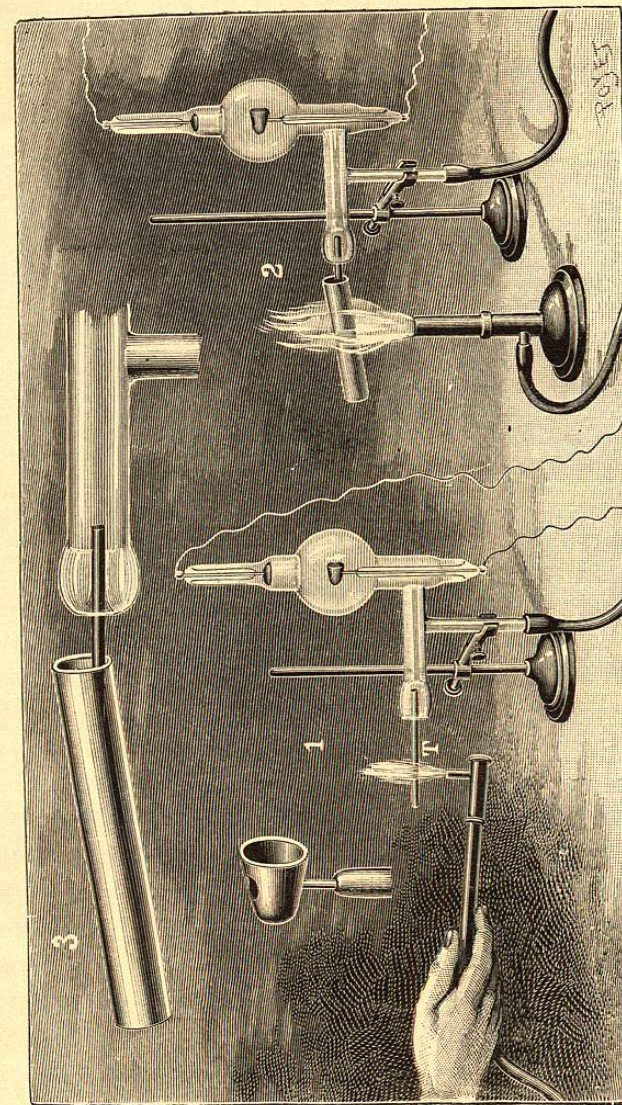


FIG. 4. — Osmo-régulateur de Villard.
T, Tube de platine fermé à son extrémité et débouchant dans une tubulure latérale de l'ampoule. 1. Introduction du gaz.
2 et 3. Évacuation du gaz.

devenue trop résistante, trop dure comme l'on dit, on chauffe l'ajutage et le gaz ou la vapeur se dégage dans l'ampoule.

L'*osmo-régulateur* de Villard (fig. 4) permet non seulement