

# APPAREILS NOUVEAUX

## IONOMÈTRE RADIOLOGIQUE <sup>(1)</sup>

Par ISER SOLOMON

Pour qu'un ionomètre radiologique puisse devenir d'un usage courant dans la pratique médicale, il doit répondre aux conditions suivantes :

1° Être d'un maniement très simple.

2° Permettre la mesure facile de l'énergie röntgénienne à la surface du corps (dose incidente) et à l'intérieur du corps (dose profonde), car on sait l'importance capitale de la détermination du rapport :  $\frac{\text{dose profonde}}{\text{dose incidente}}$ .

3° Assurer le parallélisme d'absorption entre les tissus et l'air de la chambre d'ionisation par l'élimination de tout rayonnement caractéristique appréciable, grâce à un choix convenable des matières constituant la chambre d'ionisation : les matériaux de poids atomique très

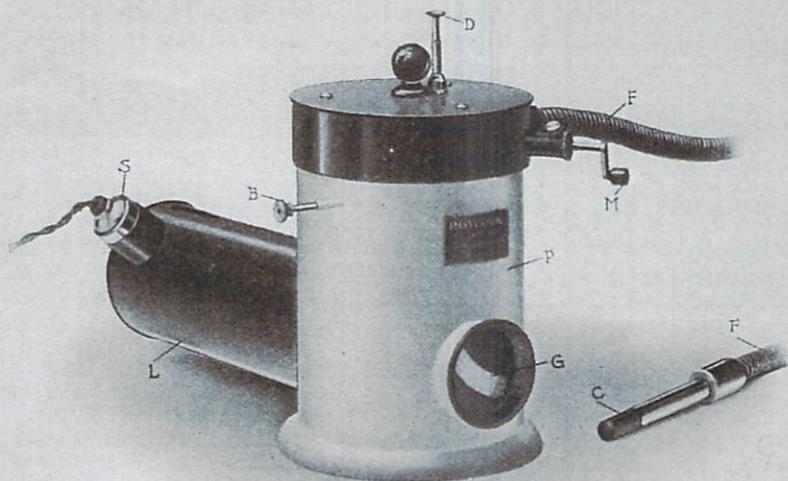


Fig. 1.

faible n'émettent pas de rayonnement caractéristique pour les tensions usuelles en radiologie médicale.

L'ionomètre radiologique que nous avons fait construire par M. Roycourt<sup>(2)</sup> répond à ces desiderata.

**Description de l'appareil.** — Il se compose d'un appareil de mesure, d'une chambre d'ionisation et d'un conducteur.

a) *L'appareil de mesure* est un électroscope à feuille d'or, possédant deux sensibilités, par l'emploi de deux capacités différentes. Une tige actionnée par un bouton de connexion B permet le passage de l'une à l'autre capacité : en tirant sur ce bouton, la lame *l* introduit un

<sup>(1)</sup> Voir également : *C. R. Académie des Sciences*, 4 juillet 1921 ; *Bulletin de l'Académie de Médecine*, 5 juillet 1921 ; Rapport à l'A. F. A. S. publié dans le *Journal de Radiologie*, Juillet 1921.

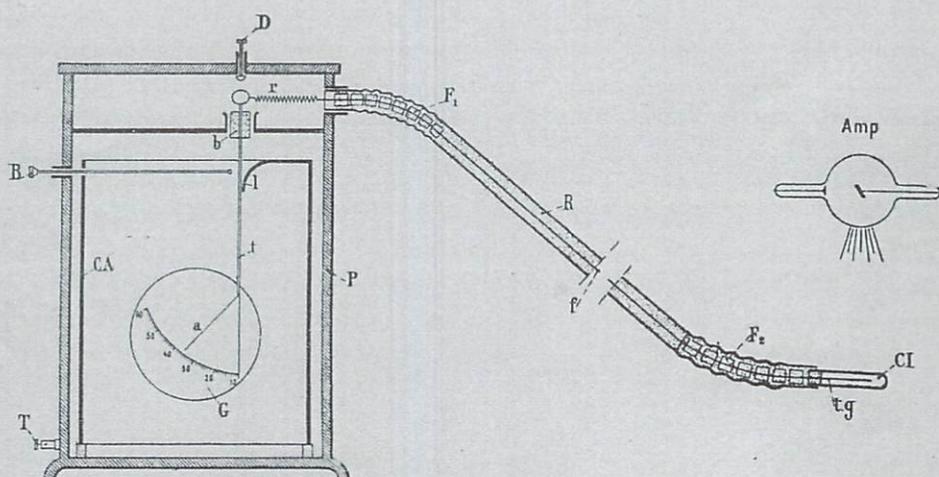
<sup>(2)</sup> De la Maison ROPIQUET, HAZART et ROYCOURT, avenue d'Orléans, 71, Paris.

condensateur à air situé à l'intérieur de l'électroscope, et constituant la capacité additionnelle CA. L'augmentation notable de la capacité ralentit considérablement la chute de la feuille d'or et permet à l'appareil de fonctionner comme quantitomètre intégrateur.

Les déplacements de la feuille d'or ou aiguille *a* se lisent sur une glace dépolie, portant une échelle graduée en degrés G.

Un dispositif optique démontable, placé à la partie postérieure de l'appareil, produit un faisceau de rayons parallèles donnant sur la glace dépolie une image filiforme de la feuille d'or.

La charge se fait au moyen d'une minuscule machine électrostatique à frottement; mise en mouvement par la manivelle M, elle communique sa charge au système isolé. On peut ainsi, sans batterie d'accumulateurs ou de piles, ni dispositif compliqué, charger l'appareil jusqu'à une division déterminée. Si, pendant la charge, cette division a été dépassée, la manœuvre



Electromètre—P. Enveloppe en plomb—t, tige porte aiguille— a, aiguille— b, bouchon isolant  
G, échelle graduée— D, déchargeur— r, ressort de liaison— CA, capacité additionnelle  
l, lame de connexion— B, bouton de connexion— T, borne de terre  
Conducteur— F<sub>1</sub>, F<sub>2</sub>, raccords flexibles— R, partie rigide— f, fil conducteur  
Chambre— CI chambre d'ionisation— tg, tige en graphite.

Fig. 2

d'un déchargeur D assure une fuite lente et permet d'amener l'aiguille exactement devant la division désirée.

L'électroscope est entouré d'une épaisse cuirasse en plomb P, reliée à la terre par la borne T, donnant ainsi, à la fois, une protection électrostatique parfaite et une bonne étanchéité aux rayons X, qui ne doivent agir sur l'électroscope que par l'intermédiaire de la chambre d'ionisation.

b) La chambre d'ionisation CI est constituée par un petit cylindre creux en graphite renfermant une tige centrale également en graphite *tg*; celle-ci est soigneusement isolée des parois du cylindre et reliée au conducteur par un montage à baïonnette. Ses dimensions sont telles (diamètre extérieur 15 mm., longueur 50 mm.) qu'elles permettent l'introduction dans les cavités naturelles, ou dans des conditions analogues, par exemple dans la cavité centrale de l'étalonneur ionométrique (1).

c) Le conducteur R, qui relie la chambre d'ionisation à l'électroscope, est formé d'un fil d'acier *f* parfaitement protégé contre les fuites spontanées par une forte couche isolante, le tout étant recouvert d'un tube en laiton relié à la terre. Dans le modèle clinique, pour la commodité de l'introduction de la chambre d'ionisation dans les cavités naturelles, les deux parties terminales de ce conducteur F<sub>1</sub> F<sub>2</sub> sont formées par une série d'anneaux isolants recou-

(1) Celui-ci est constitué par un bloc cubique, en paraffine de 20 centimètres de côté; un diaphragme permet l'emploi d'une ouverture quelconque jusqu'à 20 × 20 centimètres. Une cavité pratiquée à 10 cm. de profondeur permet l'introduction de la chambre d'ionisation pour l'évaluation de la dose profonde.

verts d'une chemise métallique souple; on obtient ainsi une orientation quelconque dans l'espace. Dans le modèle de laboratoire, ces tronçons articulés ont été supprimés, la très légère fuite par ionisation dans ces éléments, négligeable dans la pratique courante, ne l'est plus dans des recherches très précises; dans ce modèle, le conducteur se présente sous forme d'un tube rigide.

**Emploi de l'appareil.** — Le raccord flexible  $F_1$  étant monté sur l'appareil de mesure, on connecte le conducteur au moyen du ressort  $r$  à la tige porte-aiguille  $t$ . La borne  $T$  est reliée à la terre et le câble souple du système d'éclairage à une prise de courant quelconque.

On charge l'appareil jusqu'à la division 50 par exemple, et, avant tout fonctionnement de l'ampoule radiogène, on observe la vitesse de l'aiguille, qui indique la valeur de la fuite spontanée. Dans ces conditions, celle-ci doit être très faible, et ne doit pas dépasser une division en 50 minutes. Si la fuite est plus grande, elle provient d'un défaut accidentel d'isolement, dû en général à un dépôt de poussières sur les isolants, incident auquel il est facile de remédier.

Le radiologiste s'étant rendu compte que la fuite spontanée est insignifiante, l'appareil est prêt à mesurer l'intensité de l'énergie röntgénienne.

On peut mesurer cette intensité pendant l'application sur le malade, il est plus simple d'étalonner préalablement l'installation (même appareillage de haute tension, même ampoule, mêmes conditions électriques, même filtration, même ouverture du cône d'irradiation).

Pour effectuer cette opération, l'ionomètre étant connecté sur la petite capacité, il suffit d'actionner l'ampoule, en plaçant la chambre d'ionisation à la surface de l'étalonneur, et ensuite, dans les mêmes conditions, à 10 centimètres de profondeur. On obtiendra ainsi la valeur du rapport :  $\frac{\text{dose profonde}}{\text{dose incidente}}$ , capital en radiothérapie profonde.

**Choix d'une unité.** — Le temps de chute de l'aiguille de l'ionomètre est inversement proportionnel à l'intensité de l'ionisation, c'est-à-dire à l'intensité du faisceau ionisant, et par suite, on peut exprimer la quantité de Rayons X en unités d'ionisation arbitraires, ce qui exclut toute comparaison entre les différents ionomètres. On compare ses indications à des réactions biologiques, par exemple, le temps pour obtenir l'érythème.

Il nous a semblé que l'étalonnage au moyen d'une quantité connue de radium comme source d'ionisation, présente la véritable solution du problème, et deux appareils ainsi étalonnés donneront, à une constante près, des résultats absolument superposables.

Nous avons mesuré l'ionisation produite par le rayonnement gamma d'une quantité connue de Ra, et avons déduit l'ionisation produite par 1 gramme de Ra-élément (rayonnement gamma) exclusivement, le tube radifère étant placé à 2 cm. de la chambre d'ionisation. Désignons par  $R$  l'unité d'ionisation, définie par l'ionisation produite par 1 gramme de Ra-élément dans les conditions sus-mentionnées.

On aura la formule suivante pour exprimer l'intensité de l'ionisation, donc, l'intensité de l'énergie röntgénienne :

$$i = nR = \frac{C}{t}, \quad (1)$$

dans laquelle  $nR$  représente le nombre de  $R$ ;  $C$  est une constante donnée par un étalonnage préalable de l'appareil;  $t$ , le temps de chute de l'aiguille pour une division.

Par exemple, pour un appareil  $C = 2,2$ , la valeur de l'intensité devient :

$$i = \frac{2,2}{t}, \text{ exprimée en nombre de } R \text{ par division, et } i = \frac{98}{t} \text{ pour 40 divisions.}$$

Avec un appareillage de haute tension (bobine) donnant 25 cm. E. E., 5, 5 MA sur Coolidge et Kénotron, le voltmètre électrostatique d'Abraham et Villard indiquant 58 KV. de tension moyenne, on observe une chute de 40 divisions (avec petite capacité) :

Sans filtre,	en 12 secondes, donc	$i = 7,5 R$ .
Avec 5 mm. Al,	en 60 " " "	$i = 1,46 R$ .
Avec 10 mm. Al,	en 90 " " "	$i = 0,98 R$ .

Si, au lieu de prendre la petite capacité de l'appareil, on prend la grande capacité (4 ou 5 fois plus grande) ou toute autre capacité, ou un autre appareil, pour la même intensité du rayonnement, dans les mêmes conditions électriques, nous obtiendrons la même valeur de  $i$ , car, en changeant la capacité, nous modifions la constante propre à l'appareil en multipliant le numérateur de la formule (1), mais le dénominateur est également multiplié par le même facteur; le résultat ne change donc pas.

A condition d'effectuer le tarage de l'appareil avec une quantité de Ra, dans les mêmes conditions, on obtiendra donc les mêmes résultats numériques pour une même intensité de rayonnement.

Il faut noter que l'unité R est une unité d'intensité, c'est-à-dire correspondant à une quantité de rayonnement débitée en une seconde.

Par exemple, dans telles conditions, l'ampoule pourra donner une intensité de 7,5 R par seconde; pour avoir la quantité d'énergie röntgénienne fournie pendant une application de  $t$  secondes, il suffit d'appliquer la formule :

$$Q = i \times t$$

si le temps d'application est de 100 secondes :

$$Q = 7,5 \times 100 = 750$$

nous dirons que nous avons administré 7,5 R pendant 100 secondes ou, plus brièvement, que nous avons appliqué 750 R.

L'unité R ainsi définie est suffisante dans la pratique courante, mais il est nécessaire de donner au praticien des indications lui permettant de la faire correspondre aux unités usitées jusqu'à ce jour; la pratique allemande consistant à faire déterminer pour chaque opération le temps de décharge de l'appareil correspondant à la dose suffisante pour produire l'érythème, dose-érythème, nous paraît erronée et dangereuse (variation de l'évaluation de l'érythème, variabilité de la dose-érythème selon les sujets et la région). Singulière pratique consistant à mesurer un agent physique d'après une réaction biologique, que dirait-on du 1/5 de la dose de Hg nécessaire pour faire fondre une gomme); pratique dangereuse dans des mains inexpérimentées qui obtiendraient facilement des radiodermites aiguës par dépassement de la dose.

Pour effectuer la correspondance de l'unité R avec les autres unités connues, on a effectué simultanément une série de mesures avec l'ionomètre et l'appareillage de mesure que l'on désire comparer, en indiquant d'une façon précise les conditions expérimentales, car, comme on sait, la correspondance n'est valable que dans un certain domaine de longueurs d'ondes.

Avec la pastille Sabouraud-Noiré, et les constantes électriques déjà indiquées ci-dessus, on a l'égalité :

$$\text{Teinte B} = 5 \text{ H} = 1000 \text{ R.}$$

$$\text{D'où } 1 \text{ H} = 200 \text{ R.}$$

Pour reprendre l'exemple précédent, avec un appareillage débitant une intensité de 7,5 R par seconde avec 5,5 MA, il faudrait, pour obtenir 5 H, à 22 cm., une durée d'application de :

Sans filtre : 157 secondes.

Avec 5 mm. Al : 11 min. 20 sec.

Avec 10 mm. Al : 17 min.

Chaque ionomètre portera donc :

1° L'indication de l'étalonnage particulier à l'appareil, ou le nombre de R correspondant à une division de la graduation.

2° La fraction de H correspondant à une division.

3° L'équivalence approximative avec les autres unités de mesure.