

INSTRUMENTS DE MESURE A LECTURE DIRECTE

POUR LES RAYONS X

Par M. P. VILLARD.

1. Mesure du pouvoir pénétrant.

La disposition générale du Radioscléromètre ayant été décrite dans un précédent article⁽¹⁾, je me bornerai à indiquer ici le principe et la théorie de l'appareil.

Réduit à sa partie essentielle, l'instrument se compose d'un électromètre à quadrants dont l'aiguille E (*fig. 1*) est reliée à une lame de métal *radiochrome* AA (aluminium par exemple), d'épaisseur convenable, placée entre deux plateaux B et C maintenus à des potentiels invariables. L'un de ces plateaux, B, est assez mince pour pouvoir être considéré comme parfaitement transparent aux rayons X (aluminium battu); l'autre, C, peut être quelconque; nous le supposons également en aluminium afin de supprimer la complication qui résulterait d'une émission de rayons secondaires.

Admettons maintenant sur le système des trois lames un faisceau de rayons X entrant dans l'appareil par une ouverture DD' pratiquée dans l'enveloppe protectrice générale: ce faisceau traversera sans absorption appréciable le plateau B et arrivera ainsi non modifié dans l'espace AB où il produira une ionisation qui donnera à l'air compris entre A et B une certaine conductibilité. Dans l'espace AC il n'arrivera au contraire que des rayons filtrés par la lame AA et d'autant plus affaiblis que leur pouvoir pénétrant sera moindre, ou qu'ils constitueront un mélange moins riche en rayons durs. L'ionisation et la conductibilité de l'air entre A et C seront par suite moindres qu'entre

(1) Voir P. VILLARD, Radioscléromètre (*Archiv. d'électr. méd.*, janv. 1908, p. 236).

A et B, et la différence dépendra du pouvoir pénétrant du faisceau incident, ou de sa composition.

Elle en dépendra même exclusivement : en effet, et c'est là un point essentiel, le *rapport* des ionisations en AB et AC est rigoureusement indépendant des valeurs absolues de ces ionisations, c'est-à-dire

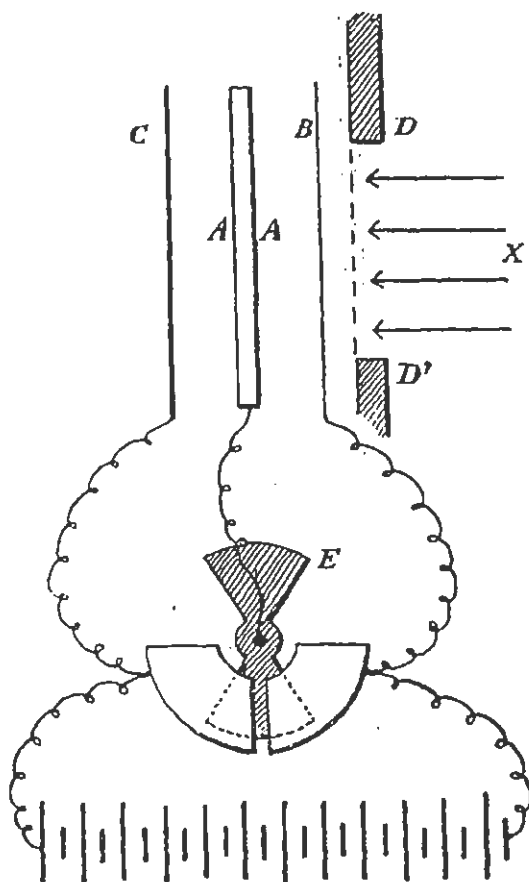


FIG. 1.

Schéma du Radioscléromètre.

AA, Filtre en métal radiochrome communiquant avec l'aiguille E de l'électromètre; — B, feuille d'aluminium battu reliée à une des paires de quadrants de l'électromètre; — C, lame métallique reliée à la seconde paire de quadrants; — DD', ouverture d'admission des rayons.
(Un quadrant seulement de chaque paire figuré.)

de l'intensité des rayons incidents ; quelle que soit cette intensité, la lame AA affaiblit dans un rapport invariable chacune des espèces de rayons dont se compose le faisceau étudié, et les intensités en AB et AC conservent leurs valeurs *relatives* quand on modifie l'intensité

absolue du faisceau incident. C'est d'ailleurs là un fait général en matière d'absorption : un verre bleu, par exemple, de teinte déterminée, absorbe dans une proportion constante les rayons jaunes qu'il reçoit, que ces rayons proviennent d'une simple bougie ou d'une source aussi puissante que le soleil.

Le rapport des ionisations entre A B et A C ne dépendra donc pas de l'intensité des rayons incidents, mais seulement de leur pouvoir pénétrant et pourra par suite servir de mesure à ce pouvoir.

C'est ici qu'intervient le rôle de l'électromètre : le potentiel de la

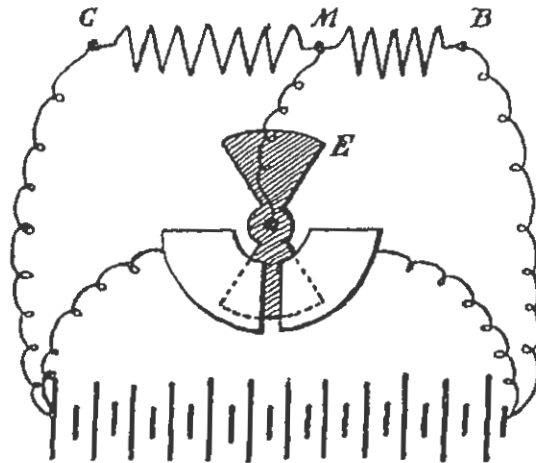


FIG. 2.

Schéma de comparaison montrant le mode de fonctionnement du Radioscléromètre.

R R' Résistances représentant les communications établies dans l'appareil proprement dit, par l'air ionisé.

lame A A variera, en effet, suivant le rapport des conductibilités acquises par l'air en A B et en A C, c'est-à-dire suivant le rapport des ionisations et la *qualité* correspondante du faisceau de rayons X. L'aiguille E se déplacera en suivant exactement les variations de ce potentiel et il suffira de munir cette aiguille d'un index pour pouvoir lire directement sur un cadran divisé le rapport des ionisations en A B et A C, c'est-à-dire le pouvoir pénétrant cherché (¹).

Supposons par exemple que les rayons incidents soient infiniment

(¹) Tout se passe comme si l'aiguille E était reliée par deux résistances R. et R' (fig. 2) à deux points B et C maintenus à des potentiels fixes. Le potentiel de E dépendrait du rapport de R et R' et non des valeurs absolues de ces résistances

mous : ils seront complètement arrêtés par la lame A A et il n'y aura ionisation qu'entre A et B : la lame A A et l'aiguille E prendront exactement le potentiel de B : ce sera le zéro de l'instrument. Si, au contraire, les rayons sont infiniment durs, ils traverseront A A sans absorption, l'ionisation sera la même en A C qu'en A B, et le potentiel de E sera la moyenne exacte des potentiels de B et de C. Entre ces points extrêmes se placeront les degrés correspondant aux rayons de dureté intermédiaire. Si les plateaux B et C sont maintenus, ainsi que les quadrants, à 0 et 110 volts par exemple, toute l'échelle des duretés sera comprise entre 0 et 55 volts.

L'expérience prouve que tout se passe conformément à ce qui vient d'être dit. Les indications de l'instrument dépendent uniquement du pouvoir pénétrant des rayons et non de leur intensité. Celle-ci n'influe que sur la vitesse plus ou moins grande avec laquelle s'établit le potentiel d'équilibre de la lame A A, c'est-à-dire sur le temps nécessaire pour charger à ce potentiel, par l'intermédiaire des ions, la capacité constituée par la lame, l'aiguille électrométrique et le fil de connexion.

On peut vérifier, par exemple, que l'indication de l'index ne varie pas quand on éloigne ou rapproche la source⁽¹⁾. Il en est encore de même si on interpose sur le trajet des rayons une lame d'argent pur, métal *aradiochromique*, suivant l'heureuse expression de M. Benoist, c'est-à-dire absorbant dans la même proportion tous les rayons. L'interposition d'une lame d'aluminium, ou la manœuvre de l'osmo-régulateur font au contraire immédiatement dévier l'aiguille.

Dans tout ce qui précède j'ai supposé les lames A B C en aluminium, métal qui ne donne pas de rayons secondaires. Pratiquement, il y a avantage à employer des métaux donnant beaucoup de rayons secondaires qui, s'ajoutant aux rayons incidents, accroissent l'ionisation et permettent au potentiel d'équilibre de s'établir plus rapidement. Par exemple, le filtre A A sera constitué par une mince lame de cuivre, métal très radiochromique et très apte à donner des rayons secondaires. Sous ce dernier rapport l'argent serait encore plus avantageux, mais il est aradiochromique et, pour cette raison, il est réservé pour la lame C. La lame B reste formée d'aluminium battu.

Dans ces conditions, il y a émission de rayons secondaires par la paroi A de la chambre A B, et par les deux parois A et C de la

⁽¹⁾ Il faut cependant éviter de trop rapprocher cette source parce que le faisceau incident deviendrait très divergent et ioniserait une masse d'air plus grande entre A et C qu'entre A et B.

chambre A C. L'ionisation est ainsi multipliée dans un certain rapport en A B et dans un rapport plus considérable entre A et C, ce qui compense, et au delà, l'absorption par la lame A A, en sorte que le potentiel de cette lame peut varier depuis le potentiel de B (rayons de pouvoir pénétrant nul) jusqu'à celui de C ou à peu près, ce qui permet d'employer un électromètre moins sensible. L'emploi des rayons secondaires est d'autant plus avantageux que leur émission croît avec le pouvoir pénétrant des rayons incidents et le résultat est le même que si le radiochromisme du filtre était exagéré.

La propriété fondamentale de l'appareil n'est d'ailleurs pas atteinte par cette modification, attendu que l'émission des rayons secondaires est toujours, dans chaque compartiment, proportionnelle à l'intensité des rayons primaires et ne fait qu'augmenter dans un certain rapport leur pouvoir ionisant. Si par exemple les rayons incidents sont infiniment mous, ils n'arriveront pas dans la chambre A C et l'ionisation y sera nulle, que la lame C soit en argent ou en aluminium.

On pourrait graduer l'instrument en pouvoirs pénétrants vrais (coefficient caractéristique de l'exponentielle d'absorption). Mais ces indications se rapporteraient nécessairement à un métal type choisi arbitrairement; cela équivaldrait à étalonner un spectre d'après l'absorption exercée par un certain verre coloré, et une pareille graduation serait sans intérêt scientifique. En attendant que l'on possède un caractère intrinsèque permettant de définir une espèce de rayons X comme on définit une couleur par sa longueur d'onde, j'ai adopté la graduation très pratique du radiochromomètre Benoist.

II. Compteur de quantité.

Le principe sur lequel repose le compteur est très simple : une électrode A (*fig. 3*), reliée à l'aiguille d'un électromètre, est placée dans une boîte B, maintenue à un potentiel constant, et pourvue d'une ouverture pour l'admission des rayons ; cette ouverture est, bien entendu, recouverte d'une très mince feuille conductrice.

Sous l'action ionisante des rayons le potentiel commun de la lame et de l'aiguille se rapproche de celui de la boîte. L'aiguille dévie, s'éloigne de la paire de quadrants 1 et vient toucher, au moyen d'une tige T, un contact C relié à la paire de quadrants 2. La charge de l'aiguille est inversée, ce qui la ramène aussitôt à sa première position, d'où elle repartira quand une nouvelle dose de rayons aura

rétabli le potentiel nécessaire à un nouveau départ. Cette aiguille exécute ainsi, dans des conditions toujours identiques, une série d'oscillations dont chacune correspond à une dose constante de rayons, dose qui dépend uniquement de la capacité électrique du système et des dimensions de la boîte.

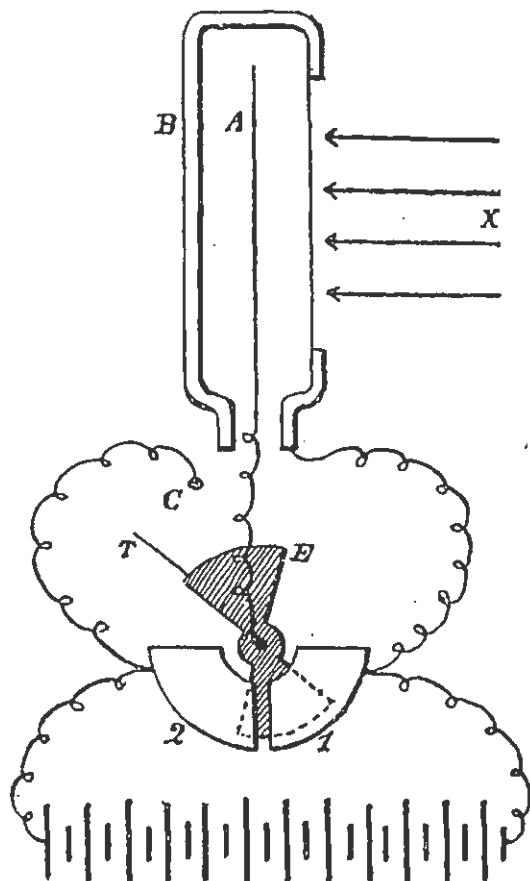


FIG. 3.

Schéma du Quantitomètre.

A, lame métallique très opaque, ou au contraire très mince pour agir sur ses deux faces, servant à capter les ions; — B, boîte réceptrice pourvue d'une ouverture d'admission garnie d'aluminium battu; — E, aiguille de l'électromètre, munie d'une tige T qui vient frapper le contact C quand l'aiguille dévie.

Dans la position de la figure, l'aiguille est supposée au potentiel de la paire de quadrants 2 (un seul quadrant figuré) et demeure, par suite, enfoncée dans la paire n° 1. L'ionisation produite par les rayons X amène A et E au potentiel de 1, d'où attraction par 2, et déviation qui amène la tige T au contact de C. L'aiguille reprend par suite le potentiel de 2 et revient à la position de la figure.

(Pour ne pas compliquer la figure, le compteur à secondes servant d'enregistreur, l'aimant, etc., n'ont pas été figurés.)

Ce mouvement de va-et-vient est utilisé pour manœuvrer le cylindre d'échappement d'un rouage d'horlogerie (compteur à secondes). L'aiguille de ce rouage totalise par suite sur son cadran le nombre d'oscillations de l'électromètre, nombre exactement proportionnel à la quantité de rayons X reçus par la boîte.

La réalisation d'un appareil construit sur ce principe présentait toutefois de grosses difficultés en raison de l'extrême petitesse des forces dont on dispose avec un électromètre devant fonctionner à 110 volts seulement. Ces difficultés ont été résolues de la manière suivante :

L'électromètre est à faux zéro, afin de ne démarrer que pour une charge bien définie, représentant une quantité déterminée de rayons X : au repos, l'aiguille demeure appliquée contre un butoir par l'attraction d'un petit aimant. Cette position de repos est celle de la figure 3.

Quand l'aiguille a reçu une charge électrique suffisante, elle quitte le butoir et, l'attraction de l'aimant diminuant rapidement quand l'écart augmente, le mouvement s'accélère : au lieu de la déviation progressive ordinaire constamment limitée par une force antagoniste croissante (tension d'un ressort) il y a emballage, et l'aiguille, une fois mise en marche, accomplit spontanément toute sa course avec une vitesse croissante. Cette accélération est encore accrue par l'addition d'un condensateur à air qui sert en même temps au tarage de l'appareil et maintient presque constant le potentiel de l'aiguille malgré l'accroissement de capacité résultant de sa déviation ; le couple moteur demeure ainsi presque invariable pendant toute la course.

D'autre part le contact inverseur de charge doit être parfait afin de rétablir exactement les conditions initiales après chaque oscillation ; il doit en outre être disposé de manière à rendre toute adhérence impossible. Ce double résultat a été obtenu en produisant le contact au moyen d'un ressort très flexible venant frapper une tige maintenue en rotation par un mouvement d'horlogerie. Le *collage* est ainsi évité, et la flexion du ressort prolonge le contact tout en faisant rebondir l'aiguille dont la force vive est en grande partie conservée. Le signe de la charge étant inversé, il en est de même du couple moteur et, l'attraction de l'aimant aidant, l'aiguille revient avec force au point de départ.

(¹) La présence inévitable d'un fil de suspension introduit, il est vrai, une force antagoniste qui croît avec l'écart, mais il est facile de rendre cette force presque négligeable : elle sert alors à parachever le réglage.

Ce mouvement énergique permet d'aborder en vitesse, tant à l'aller qu'au retour, l'obstacle, très appréciable et surtout variable, opposé par l'échappement du compteur d'horlogerie. Tout ce qui détermine la marche de l'électromètre est donc indépendant de l'enregistrement de cette marche, et il devient facile d'obtenir que l'aiguille démarre pour une quantité de rayons X définie d'une manière purement électrique, c'est-à-dire invariable. Les indications lues sur le cadran du compteur sont d'ailleurs bien proportionnelles à la quantité totale des rayons reçus, car les oscillations successives de l'électromètre s'effectuent dans des conditions toujours identiques, l'état initial étant, après chacune d'elles, rétabli par le contact inverseur de charge.

La disposition générale de l'appareil est à peu près celle du radioscléromètre : l'électromètre est contenu dans une boîte opaque aux rayons X et électriquement étanche ; la boîte réceptrice est portée par un bras mobile. La capacité des fils de communication n'étant pas ici un inconvénient, il sera certainement possible de disposer de cette boîte à l'extrémité d'un conducteur souple.

Provisoirement, l'appareil est gradué en unités H, mais il y aura lieu de saisir cette occasion pour définir une unité plus rationnelle. Il paraît tout à fait logique d'adopter l'unité fondamentale suivante, ou ses multiples :

L'unité de quantité de rayons X est celle qui libère par ionisation une unité électrostatique par centimètre cube d'air dans les conditions normales de température et de pression.

Une telle unité est, en effet, extrêmement simple et facile à réaliser dans l'état actuel de nos connaissances.
