

## CHAPITRE VI

### § 1. — *Transmission du rayonnement au travers des corps. Rayonnement secondaire.*

Au début de mes recherches sur le rayonnement de l'uranium, j'avais observé que tout corps frappé par ce rayonnement émettait d'autres rayons qui furent pris d'abord pour une diffusion des rayons incidents, et que je reconnus plus tard constituer un rayonnement secondaire. Quelques faits relatifs à ce phénomène ont été rapportés p. 37. Le rayonnement du radium a montré dans la suite des effets analogues, en particulier les effets qui sont résumés p. 113, et, enfin, on a vu que chaque fois qu'une substance active était posée sur une plaque photographique et recouverte d'une cloche en verre ou en métal, un rayonnement secondaire intense était produit sur la face intérieure de cette cloche, et venait impressionner la plaque autour de la source. De nombreuses photographies faites avec l'uranium ou le radium (voir notamment les fig. 12, 14, 15, 26, 27, 35 des planches) donnent des exemples de ce phénomène. J'ai mentionné plus haut que ce rayonnement semblait analogue, sinon identique, en raison de son ori-

gine, à celui qui avait été découvert par M. Sagnac sous l'influence des rayons X.

Le rayonnement secondaire se montre plus absorbable que celui qui lui donne naissance. D'autre part, le rayonnement excitateur se compose de rayons de diverses natures, inégalement pénétrants, qui doivent produire des effets secondaires différents. Il était nécessaire d'analyser le faisceau incident, et l'on a vu que l'influence d'un champ magnétique permettait d'atteindre ce but.

Je me suis donc proposé de disperser par un champ magnétique un faisceau de rayons intenses, ceux du radium, qui contiennent les trois espèces de rayons, puis de suivre à l'intérieur de divers corps transparents les trajectoires des divers rayons, et de reconnaître les phénomènes secondaires qui accompagnent leur transmission.

La méthode générale employée dans ce but a été la suivante (1) :

On dispose la matière active de façon à obtenir un faisceau vertical très mince issu d'une source linéaire ayant une longueur de quelques millimètres. On obtient ce résultat en plaçant la matière dans une rainure étroite et profonde creusée dans un petit bloc de plomb.

On place ce système dans un champ magnétique aussi uniforme que possible et, comme la pose doit être longue, on s'est servi de champs produits par des aimants. La source linéaire est placée horizontalement, parallèlement au champ. Si celle-ci est du radium, on la couvre d'une

---

(1) *Comptes rendus de l'Acad. des Sciences*, t. CXXXII, p. 736 (25 mars 1901), et p. 1286 (3 juin 1901).

lame mince d'aluminium pour éviter la lumière émise. On dispose alors au-dessus de la source une plaque verticale, perpendiculaire au champ, et coupant le faisceau dévié, dont les divers rayons atteignent la plaque sous une incidence presque rasante.

Si, dans le faisceau dévié, on considère un faisceau de rayons qui possèdent la même vitesse, ceux de ces rayons qui sont émis normalement au champ constituent des surfaces cylindriques de rayon  $R$ . Aucun d'eux n'impressionne la plaque; les rayons voisins émis presque normalement sous l'angle  $\alpha$  voisin de  $90^\circ$  décrivent des surfaces cylindriques de rayon  $R \sin \alpha$ , très voisines du cylindre  $R$ , et vont atteindre la plaque photographique; et, si les limites de la variation de l'angle  $\alpha$  aux environs de  $90^\circ$  sont très petites, tout se passera comme si la plaque coupait des cylindres de rayons  $R$ . Tout rayon qui atteint la plaque fait une impression en ce point et s'y arrête, ou la traverse. Un rayon infiniment voisin, et pour lequel  $\alpha$  est un peu différent, viendra faire sa trace au delà, sur un point qui différera peu de la trajectoire réelle du rayon rasant. On aura donc sur la plaque non pas la trajectoire réelle d'un rayon issu normalement au champ, mais une pseudo-trajectoire qui en différera très peu.

Sur la plaque photographique, on dispose, en contact avec celle-ci, divers écrans percés de petites fentes normales à la plaque. Ces petites fentes limitent des radiations déterminées. Par les premières fentes que rencontre le rayonnement, passent des portions de spectres purs, et, si, sur le trajet de ceux-ci, on dispose une seconde fente, on isole un faisceau circulaire dont le rayon est déterminé

par les pieds des deux fentes et l'intersection du plan de la plaque avec la source linéaire. Les deux fentes et la source constituent trois génératrices parallèles qui définissent un cylindre à base circulaire, et toutes les trajectoires passant par les deux fentes s'enroulent sur le cylindre, et viennent atteindre la plaque sur le contour de la circonférence de base (fig. 22). L'impression est donc bien une circonférence dont le rayon  $R'$  est, pour chaque trajectoire, égal à  $R \sin \alpha$ . Le rayon de courbure des trajectoires qui aboutissent aux divers points de la trace circulaire n'est donc pas le même. Chacune de ces trajectoires est définie par une valeur de l'angle  $\alpha$  et par  $R = \frac{R'}{\sin \alpha}$ . Le rayon de courbure est un peu supérieur à  $R'$  et va en augmentant quand  $\alpha$  diminue, c'est-à-dire à mesure que l'impression se rapproche de la source linéaire (fig. 23). Lorsque celle-ci est courte, les variations de  $\sin \alpha$  sont très petites, et l'on a pratiquement  $R' = R$ . La trace est produite par un faisceau de radiations qui décrivent des trajectoires dont les rayons de courbure varient dans des limites très petites.

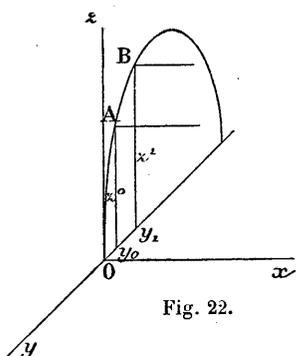


Fig. 22.

est un peu supérieur à  $R'$  et va en augmentant quand  $\alpha$  diminue, c'est-à-dire à mesure que l'impression se rapproche de la source linéaire (fig. 23). Lorsque celle-ci est courte, les variations de  $\sin \alpha$  sont très petites, et l'on a pratiquement  $R' = R$ . La trace est produite par un faisceau de radiations qui décrivent des trajectoires dont les rayons de courbure varient dans des limites très petites.

Enfin, si, ayant isolé ainsi un rayon simple, on dispose au delà des deux fentes une matière transparente, les rayons qui aboutissent aux divers points de la pseudo-trajectoire auront parcouru dans la matière des chemins sensiblement égaux à ceux qui correspondent à la trajec-

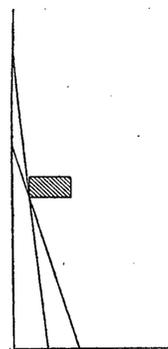


Fig. 23.

toire réelle du rayon normal au champ au travers de cette matière. En réalité, l'épaisseur traversée est un peu plus grande. Si  $\alpha$  est l'inclinaison du rayon sur le champ, et  $s$  l'arc de la projection, l'arc réellement parcouru est  $\frac{s}{\sin \alpha}$ .

Le rayon de courbure correspondant est aussi  $\frac{R'}{\sin \alpha}$ . La radiation correspondante est donc un peu plus pénétrante, ce qui constitue une sorte de compensation.

Tout se passe comme si l'on suivait la trajectoire à l'intérieur même du corps transparent. Pratiquement, les écrans munis de fentes et les matières transparentes étaient collés sur une lame de verre, normalement à celle-ci, et amenés à des dimensions convenables pour être pressés contre la plaque photographique pendant la pose. La figure 50, Pl. VII, rend compte de cette disposition, on y voit les écrans et la petite cuve, mais l'aimant et la plaque photographique ont été enlevés.

La figure 61, Pl. X, donne un exemple des courbes qu'on peut obtenir. L'intérieur de l'espace compris entre les écrans est très fortement impressionné par des rayons secondaires. Puis on voit, après la première série d'ouvertures, des spectres purs, et après la seconde des rayons simples. Les combinaisons d'ouvertures deux à deux donnent parfois naissance à plusieurs rayons simples différents sortant par la même ouverture.

Si la source est enfermée dans un petit tube en verre, les rayons secondaires du verre viennent s'ajouter aux radiations qui le traversent, mais les rayons  $\alpha$  sont éliminés.

Si le sel de radium est placé directement dans la rai-

nure et recouvert d'une lame d'aluminium très mince, les rayons  $\alpha$  peuvent pénétrer dans la première région et contribuer à augmenter l'impression.

Dans l'épreuve dont il vient d'être question, on voit encore que la partie la plus efficace du rayonnement déviable a donné une impression *renversée* dans le voisinage de la source et qu'elle part presque tangentiellement à la verticale. Enfin, on reconnaît la trace rectiligne des rayons non déviables très pénétrants que nous pouvons appeler les rayons  $\gamma$ .

Les courbes qui figurent les trajectoires ne sont nettes que dans le voisinage des écrans qui les ont limitées. Il semble que les rayons se diffusent et s'affaiblissent considérablement à une petite distance des écrans.

Ce fait paraît dû à ce que, près des ouvertures qui ont une certaine hauteur, les points reçoivent des rayonnements un peu différents entre eux mais venant de tous les points de la source, tandis qu'à partir d'une certaine limite, la partie efficace de la source va en diminuant de plus en plus, et l'obliquité augmente très vite.

*Mesures relatives aux rayons du radium.* — J'ai réalisé, par cette méthode un très grand nombre d'épreuves photographiques qui toutes ont donné, soit des résultats importants, soit des indications intéressantes. On en a cité seulement quelques-unes afin de ne pas multiplier outre mesure le nombre des figures.

Dans la disposition qui a donné l'épreuve reproduite fig. 53, Pl. VIII, on a placé, au delà d'une série d'ouvertures par lesquelles passent des fragments de spectre, une lame

d'aluminium de  $0^{\text{mm}},1$  d'épaisseur. L'épreuve obtenue est très instructive : elle montre d'abord, par les ouvertures où passent des rayons  $\gamma$  non déviables, qu'il y a discontinuité entre ces rayons et les rayons déviables  $\beta$ . La trace de la lame d'aluminium est figurée par un trait blanc dans une région et noir dans l'autre. Les rayons les moins déviés traversent la lame d'aluminium sans altération et sans qu'aucun phénomène secondaire puisse faire soupçonner sa présence. A mesure que les rayons sont de plus en plus déviables, ils produisent un renforcement d'action de plus en plus intense à la sortie de la lame. Celle-ci se détache en clair, surtout dans la région la plus déviée de chaque spectre partiel ; les rayons qui traversent la lame sont affaiblis et provoquent à leur sortie un rayonnement secondaire intense qui s'ajoute à leur action sur la plaque photographique.

Par exemple, à partir du 2<sup>e</sup> et surtout du 3<sup>e</sup> spectre à gauche, l'impression produite par le rayonnement à la sortie de l'aluminium est plus intense que celle qui est produite par le rayonnement incident. A partir du 5<sup>e</sup> spectre, on voit apparaître au contact même de la face de sortie une impression encore plus intense, qui s'étend à peine au delà du contour extérieur de l'écran d'aluminium. Pour le spectre suivant, une partie seulement des rayons provoque un rayonnement secondaire sur la face de sortie. A partir de cette limite, la trace de la lame cesse de se projeter en clair ; les rayons qui atteignent la plaque photographique sur la tranche de la lame de l'aluminium en contact avec la plaque provoquent des rayons secondaires, absorbés sur place et qui marquent en noir la section de la lame

d'aluminium. Pour le 8<sup>e</sup> spectre, on retrouve sur le bord le moins dévié une tendance à la production de rayons secondaires à l'extérieur, puis tous les autres rayons plus déviables provoquent sur la face d'incidence des rayons secondaires intenses qui produisent une impression au milieu de laquelle les rayons incidents semblent disparaître. Enfin, par les ouvertures de droite, on voit sortir des faisceaux très faibles qui semblent produits par les rayons secondaires du plomb, et qui paraissent entraînés dans le même sens par le champ magnétique.

Cette épreuve se prête même à des déterminations numériques. Le champ uniforme de l'aimant avec lequel a été faite l'expérience était de 859 unités CGS.

Entre les rayons non déviables  $\gamma$  et les rayons  $\beta$  les moins déviables, il y a une discontinuité. La trajectoire des radiations les moins déviables a un rayon de courbure d'environ 11<sup>e</sup>,6 ce qui donne pour caractériser ces rayons le produit

$$RH = 9970.$$

Les rayons de courbure des radiations limites, qui donnent à leur sortie de l'aluminium une impression intense, sont : pour les moins déviables (5<sup>e</sup> faisceau)

$$R = 4^{\circ}, \quad RH = 3436,$$

et pour les plus déviables

$$R = 1^{\circ},75, \quad RH = 1500.$$

On voit combien sont précieuses les indications données par cette seule épreuve. Celle-ci montre en particulier

qu'il y a des rayons déviables, actifs sur la plaque photographique, qui traversent l'aluminium sans altération; elle donne, en outre, l'explication des maxima d'impression que l'on observe sous les écrans placés sur les plaques photographiques dans les expériences rapportées plus haut (p. 156), ainsi que les valeurs numériques qui définissent les radiations limites qui produisent ces impressions (1).

On a mesuré sur d'autres épreuves les rayons de courbure des trajectoires limites des radiations les moins déviées du rayonnement  $\beta$  du radium.

Voici, par exemple, les résultats relevés sur deux épreuves faites en plaçant le même dispositif d'écrans dans deux champs magnétiques différents.

Ces écrans avaient des dimensions un peu différentes de celles des écrans qui ont donné l'épreuve ci-dessus.

(1) Les valeurs 3 400 et 1 500 trouvées pour les rayons qui limitent l'impression au travers de l'aluminium sous l'épaisseur de  $0^{\text{mm}},1$  sont plus grandes que celles qui ont été obtenues avec des champs magnétiques plus intenses et avec un autre dispositif dans le chapitre précédent (p. 160). Les nombres étaient 2 300 pour une des limites, et variaient entre 1 400 et 1 200 pour l'autre. Cette différence ne paraît pas devoir tenir au second dispositif qui ne peut donner pour R que des nombres un peu inférieurs aux rayons de courbure véritables.

Si l'on observe que dans les faibles champs magnétiques les longueurs des trajectoires étudiées avaient environ  $5^\circ$ , tandis que dans les premières expériences avec des champs plus intenses les longueurs des trajectoires variaient seulement entre  $1,5^\circ$  et  $3^\circ$ , on est conduit à penser que l'augmentation du rayon de courbure est peut-être un effet lié à la longueur du trajet dans l'air comme cela a été observé pour les rayons  $\alpha$ ; mais les mesures actuelles ne sont pas assez précises pour décider cette question, et je n'ai pu encore entreprendre des expériences décisives.

On a ainsi obtenu :

DÉSIGNATION DES PLAQUES.	H	R	RH
A-29-4-03 . .	859	<sup>c.</sup> 11,6	9 970
A-19-3-03 . .	523	18,3	9 570
	523	19,8	10 380

Pour le champ de 859, le rayon de courbure a été trouvé le même que dans l'épreuve étudiée plus haut. La moyenne des deux dernières valeurs de RH est égale à la première. Les mesures ne sauraient avoir une plus grande précision, étant données les dimensions des ouvertures et de la source. On peut cependant admettre sans grande erreur que les rayons  $\beta$  les moins déviés sont caractérisés par une valeur du produit RH voisine de  $10^4$ .

On peut étudier ces phénomènes avec plus de détail en isolant des radiations simples dans les spectres partiels considérés plus haut. Tel est le but de la disposition de la figure 54, Pl. VIII. L'épreuve correspond au même champ magnétique  $H = 859$  que ci-dessus. Un premier écran percé de quatre ouvertures isole quatre faisceaux qui rencontrent une série d'ouvertures pratiquées sur un second écran. Une lame d'aluminium de  $0^{\text{mm}},1$  d'épaisseur, concentrique au dernier écran, reçoit les trajectoires des rayons simples isolés par les deux séries d'ouvertures. On retrouve avec ces rayons les mêmes faits qui viennent d'être décrits. En particulier un rayon bien déterminé

$$R = 8^{\circ},8, \quad H = 859, \quad RH = 7560,$$

traverse l'aluminium sans altération dans sa courbure et sans laisser de trace secondaire sur son passage.

Un autre rayon

$$R = 5^\circ, \quad H = 859, \quad RH = 4295,$$

produit à sa sortie de l'aluminium un rayonnement secondaire intense qui suit la même trajectoire que le rayon incident; les autres phénomènes sont conformes à ceux qui ont été déjà indiqués.

La figure 55, Pl. VIII (A-21-5-01), contient également des renseignements intéressants. On y voit, en particulier, passer par la même ouverture deux radiations dont les trajectoires sont différentes, et dont l'une traverse l'aluminium, tandis que l'autre provoque à sa sortie des rayons secondaires.

Dans les épreuves précédentes, le rayonnement traverse la lame d'aluminium presque normalement. Il importait de voir comment les rayons inégalement déviables traversaient des lames obliques. La figure 59, Pl. IX (A-12-3-02), correspond à un dispositif dans lequel, en face des ouvertures, on avait placé une série de lames d'aluminium obliques dont l'ensemble figurait les aubes d'une roue de moulin. Les rayons simples rencontraient ces lames d'aluminium, de  $0^{\text{mm}},1$  d'épaisseur, sous des angles variant entre  $45^\circ$  et  $70^\circ$  environ. Même pour ces directions très obliques, les rayons les moins déviables ont traversé les lames comme si celles-ci n'existaient pas. La présence de ces lames est accusée par de faibles rayons secondaires provoqués sur celles-ci, soit par un rayonnement ayant traversé les écrans en plomb, soit par des rayons secon-

daires émis par les ouvertures de ces écrans. Il en est ainsi pour les quatre premiers faisceaux isolés. Le cinquième a produit un rayonnement secondaire intense à sa sortie, et ce rayonnement semble émis, en partie du moins, normalement à la lame oblique.

Des dispositions analogues ont permis de suivre les diverses trajectoires à l'intérieur d'un corps transparent, tel que la paraffine. Dans ce but on a disposé, sur le trajet des rayons simples isolés, une bande de paraffine dont l'épaisseur a varié de 2 millimètres à 8 millimètres.

L'épreuve fig. 57, Pl. IX (A -15-1-03), relative à l'épaisseur de 2 millimètres, montre que les rayons les moins déviés traversent cette épaisseur, que leur trajectoire conserve la même courbure, et qu'ils provoquent à leur point de rencontre avec la plaque une impression intense. Au sortir de la paraffine, ils sont très affaiblis et entraînent un rayonnement secondaire faible. Les autres rayons pénètrent d'autant moins profondément dans la paraffine qu'ils sont plus déviés. Les rayons les plus déviés s'arrêtent à la surface de la paraffine et leur trace apparaît seulement dans l'intérieur des fentes de l'écran où le rayonnement secondaire du plomb peut s'ajouter à leur action.

Les mêmes faits se répètent avec une épaisseur de paraffine de 8 millimètres (fig. 58, Pl. IX). Les rayons les moins déviés ne traversent plus cette couche ; ils s'arrêtent à une profondeur de 2 millimètres environ en provoquant un rayonnement secondaire qui se diffuse en se propageant en avant du rayon incident. Les autres rayons, plus déviés, s'enfoncent à des profondeurs d'autant moindres qu'ils sont plus déviés et paraissent s'arrêter

brusquement dans la paraffine. Le point d'arrêt est marqué par un maximum d'impression attribuable à des rayons secondaires absorbés sur place et ne se propageant pas au delà. Enfin, les rayons les plus déviables s'arrêtent à la surface de la paraffine.

On peut répéter une expérience analogue avec le verre.

En entourant la première série d'ouvertures avec un tube de verre mince, on constate que les rayons les moins déviables les traversent, puis, dans la région de déviabilité moyenne, ainsi que dans celle des rayons les plus déviables, on observe, à la surface extérieure, que des rayons secondaires très absorbables ont remplacé les rayons incidents.

Lorsque le verre est très près de la source, l'intensité de ces rayons secondaires, qui se substituent au rayonnement absorbé, est telle qu'il ne paraît plus y avoir d'absorption, ceux-ci ayant remplacé les rayons incidents. Ce fait explique les phénomènes observés plus haut (p. 161) sur l'absence apparente d'absorption par les écrans lorsque ceux-ci sont très voisins de la source.

Les diverses épreuves mentionnées plus haut mettent encore en évidence des rayons très pénétrants et non déviables qui donnent des traces rectilignes parfois très fines et très nettes. Si sur le trajet de ces rayons extrêmement pénétrants on dispose un prisme de quartz de  $60^\circ$ , on constate que le faisceau traverse ce prisme sans déviation ni diffusion et sans absorption appréciable. Dans l'épreuve reproduite fig. 60, Pl. IX (A-14-2-03), on n'a pas intercepté la lumière émise par le radium, de sorte que l'on peut voir à la fois la trace des rayons lumineux déviés par le prisme et

celle des rayons non déviés. Ces rayons, qu'on peut appeler rayons  $\gamma$ , se comportent comme le feraient des rayons X.

*Mesures relatives aux rayons de l'uranium.* — On a vu plus haut (p. 140, ch. V) que l'impression produite par le rayonnement de l'uranium dans un champ magnétique ne comprenait qu'une partie déviable, dans le même sens que les rayons cathodiques. L'intensité du rayonnement est trop faible pour que l'on puisse en conclure qu'il n'existe pas dans ce rayonnement des rayons de la nature des rayons  $\gamma$  du radium. Mais il n'en est pas de même pour les rayons  $\alpha$ . Ceux-ci, dans les rayonnements du radium et du polonium, sont photographiquement plus actifs que la partie cathodique du rayonnement du radium, et, à moins d'une interversion considérable dans les intensités relatives des deux espèces de rayons, les rayons  $\alpha$  devraient produire une impression en même temps que les rayons  $\beta$ .

Comme on pouvait craindre une absorption par l'air de rayons très absorbables, et comme d'autre part j'avais reconnu l'existence d'une partie du rayonnement de l'uranium très active pour ioniser l'air et considérablement absorbée par une épaisseur d'air de 1 centimètre, je me suis proposé de répéter dans le vide l'expérience rapportée au chapitre V. La disposition était tout à fait analogue à celle qui a été utilisée pour l'étude de la déviableté des rayons  $\alpha$  du radium et du polonium (fig. 21, p. 190) et pouvait se prêter à des mesures. La distance de la source lumineuse à la fente était de 2<sup>mm</sup>,45. L'ensemble du dispositif dont la section était contenue dans un rectangle de 11 millimètres de hauteur sur 8 millimètres de largeur, fut enfermé dans un étui en carton opaque, puis

le tout fut mis dans un tube de verre horizontal, à côté d'un peu d'acide phosphorique pour enlever la vapeur d'eau. On fit le vide presque parfait dans le tube qui fut ensuite scellé à la lampe et placé dans le champ magnétique d'un aimant. L'intensité mesurée entre les armatures fut trouvée égale à 937,4 unités CGS. Au bout de quarante-trois jours, on ouvrit le tube, on en retira l'étui, et on développa la plaque. L'épreuve est reproduite figure 44 bis, Pl. VII. Elle est identique à l'épreuve obtenue dans l'air à la pression atmosphérique. Il ne semble donc pas y avoir, dans le rayonnement de l'uranium, de rayons très absorbables de la nature des rayons  $\alpha$  et du radium et du polonium.

L'épreuve obtenue fournit, en outre, un moyen de mesurer la déviabilité des rayons de l'uranium.

Les résultats des mesures faites dans les régions limites et dans la région du maximum d'impression ont été les suivants :

$\delta$	R	RH
0°,0394	1°,342	1 258
0°,0275	1°,910	1 791
0°,0160	3°,257	3 053
0°,0105	4°,833	4 531

La région du maximum d'impression correspond à  $RH = 1791$ .

On voit que les rayons de courbure des trajectoires sont

du même ordre de grandeur que ceux du faisceau cathodique du radium.

En comparant deux épreuves faites dans des conditions identiques, l'une avec le radium, et l'autre avec l'uranium, on reconnaît que l'impression produite par l'uranium se superpose à la partie la moins déviable du faisceau cathodique du radium.

Cette constatation donne l'explication de la pénétrabilité relative considérable du faisceau des radiations émises par l'uranium.

*Déviabilité des rayons secondaires produits par le rayonnement  $\beta$ .* — Dans toutes les épreuves obtenues par la méthode indiquée plus haut, on observe, à l'intérieur des écrans, des impressions intenses. Celles-ci sont produites, soit par des rayons déviés émis obliquement par la source, soit par des phénomènes secondaires.

Dans la plupart de ces épreuves les rayons  $\alpha$  étaient arrêtés au sortir de la cuve de radium par des écrans de verre ou d'aluminium, et n'intervenaient pas.

Les épreuves reproduites fig. 51 et 52, Pl. VII (A. et B. 27-4-01), mettent bien en évidence la cause principale de ces impressions. Dans ces épreuves l'écran crénelé n'existe que d'un côté de la verticale; pour la première, le rayonnement déviable est rejeté sur l'écran; pour la seconde, il est rejeté en dehors. Dans les deux cas, on voit du côté opposé à celui de la déviation un large faisceau dévié provenant de radiations émises obliquement. Ce faisceau paraît contenir, outre les radiations émises par la source, des radiations secondaires intenses émises par les parois métalliques qui limitent le rayonnement au départ.

En rencontrant les écrans le rayonnement dévié provoque des effets secondaires qui se superposent aux rayons incidents et donnent lieu aux apparences observées.

Les rayons, directs ou secondaires, peuvent sortir par des ouvertures latérales opposées à celles par lesquelles sortent les rayons simples étudiés plus haut. Lorsque ce sont des rayons directs, ils sortent suivant des courbes déviées dans le même sens que les autres faisceaux cathodiques dont ils forment une partie.

Les rayons secondaires donnent naissance au travers des ouvertures à des faisceaux faibles très divergents, limités aux lignes tangentes intérieurement aux bords des ouvertures et qui déterminent l'angle sous lequel est vue la surface intérieure (fig. 24). A ces rayons qui viennent de

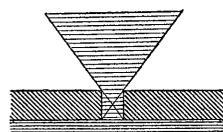


Fig. 24.

l'intérieur s'ajoutent ceux qui sont émis par les parois des bords des fentes pratiquées dans les écrans, surtout par les parois qui reçoivent directement une partie du faisceau dévié venant de la source active. Dans ce cas l'impression résultant du phénomène secondaire semble produite par un rayonnement plus dévié que le rayonnement incident, mais ce n'est là qu'une apparence.

Ces divers phénomènes se voient dans l'épreuve citée précédemment (fig. 55, Pl. VIII, A-21-3-01) ainsi que dans l'épreuve A-18-5-01, fig. 56, Pl. VIII. Cette figure montre en particulier des faisceaux diffus sortant par des ouvertures que le rayonnement direct ne paraît pas atteindre, et provoquant des rayons secondaires sur une lame d'aluminium de  $0^{\text{mm}},1$  d'épaisseur.

On peut encore citer une épreuve fig. 62, Pl. X (A-19-5-01), dans laquelle un espace ménagé latéralement du côté opposé à celui de la déviation est protégé contre le rayonnement direct. Cet espace est fortement impressionné par des rayons secondaires qui peuvent même sortir par des ouvertures pratiquées à cet effet.

Dans aucune de ces épreuves on n'a pu démontrer net-

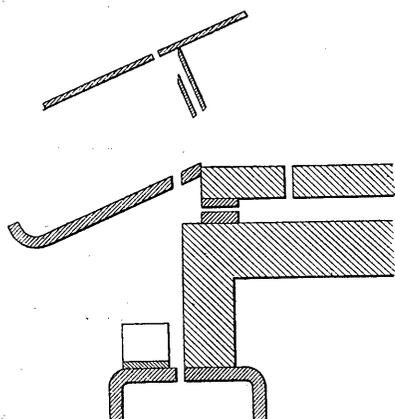


Fig. 25.

tement si les rayons secondaires étaient déviables par le champ magnétique. La disposition suivante permet de constater leur déviation. La figure ci-contre (fig. 25) donne la disposition des écrans et l'épreuve obtenue est reproduite fig. 67, Pl. XI.

Le faisceau cathodique dévié (dont l'impression apparaît renversée dans l'é-

preuve par suite de la longue pose) tombe sur une lame de plomb inclinée. En face de cette lame et du côté opposé à la déviation se trouve un canal horizontal étroit limité par deux barres épaisses d'étain; ce canal débouche dans un espace plus large protégé également par d'épaisses barres d'étain contre le rayonnement direct de la source.

L'épreuve montre que le rayonnement secondaire issu de la lame de plomb s'est engagé dans ce canal, puis que, en débouchant dans l'espace plus large, il a été dévié dans le sens de la déviation du faisceau incident, et qu'il est rejeté vers la paroi supérieure de l'espace protégé, sur

laquelle il donne naissance à un maximum d'impression dû à de nouveaux rayons, secondaires eux-mêmes par rapport aux rayons qui les produisent.

La déviabilité magnétique de ces rayons permet de les assimiler aux rayons secondaires dérivés des rayons X, qui, d'après les expériences de MM. Curie et Sagnac, transportent des charges électriques négatives.

La même épreuve montre encore divers autres effets secondaires provoqués par les rayons pénétrants qui ont traversé le plomb ou l'étain et dont il va être question plus loin.