



## Le Rayonnement du Radium

**A**CTUELLEMENT la nature du rayonnement du radium est connue, ou du moins est reconnue comme étant à peu près identique aux rayons émanés du tube de Crookes. Les rayons  $\alpha$  sont en effet analogues aux rayons canaux ou Canalstrahlen de M. Goldstein, les rayons  $\beta$  aux rayons cathodiques, et les rayons  $\gamma$  aux rayons X.

Le but de ce travail n'est pas de donner un compte rendu complet des résultats définitifs obtenus dans l'étude de ces différentes radiations, mais d'exposer rapidement la suite des principales expériences par lesquelles peu à peu nous sommes arrivés à ce que nous connaissons aujourd'hui sur ce sujet.

Grâce aux épreuves photographiques que M. Becquerel a eu l'obligeance de nous confier pour cette circonstance, la tâche nous sera rendue plus facile et nous permettra de suivre clairement l'évolution de cette intéressante étude.

### I. — Recherches sur le rayonnement.

La première idée venue aux physiciens, au début de la découverte de la radioactivité, cette propriété nouvelle que possède la matière d'émettre des radiations traversant les corps opaques et ionisant l'air à la manière des rayons X, fut que ces nouveaux rayons étaient à peu près de même nature que les rayons de Röntgen.

Avant de connaître les substances très fortement radioactives, on avait supposé aussi que l'on pouvait avoir affaire à des rayons ultra-violets d'une nature spéciale; on sait en effet que les rayons ultra-violets ont également la propriété de décharger les corps élec-

trisés; on abandonna bientôt cette hypothèse dès que l'on put avec le radium obtenir en très peu de temps et à des distances beaucoup plus considérables, des épreuves démontrant nettement que ces rayons ne suivaient aucune des lois optiques de la lumière. Par exemple, lorsque l'on fait passer un faisceau de rayons dans un prisme, on constate, en recevant ce faisceau sur une plaque photographique, qu'il n'y a aucune déviation; le seul phénomène indiqué est une absorption progressive du rayonnement à mesure que l'épaisseur du prisme augmente, de l'arête à la face opposée.

Les premières expériences de ce genre ont souvent donné des indications assez difficiles à interpréter, à cause d'un phénomène accessoire qui accompagne toujours le rayonnement du radium et des autres corps radioactifs; il se forme une émission de rayons secondaires analogues à ceux qui se produisent en présence d'un corps frappé par les rayons X; généralement ils sont même beaucoup plus intenses.

Les plaques photographiques elles-mêmes émettent de semblables rayons au contact des rayons du radium; il se forme alors autour des impressions une auréole estompée qui empêche d'en déterminer exactement les limites, même quand la source est ponctuelle, et placée assez loin pour éviter les pénombres.

Certains corps favorisent la production de rayons secondaires: dans cette catégorie on peut ranger les métaux denses et malléables; le plomb paraît être celui qui jouit de cette propriété au plus haut degré; les corps vitrifiés n'en donnent que très peu.

Au mois d'octobre 1899, M. Curie remit à M. Becquerel quelques milligrammes de baryum radifère

dont l'activité était environ 70 000 fois celle de l'uranium : ce produit, incomparablement plus actif que tous ceux qu'il avait eus jusque-là, permit à M. Becquerel un certain nombre d'observations beaucoup plus rapides, en utilisant la production de la phosphorescence qui se manifestait assez énergiquement avec ce nouveau corps.

Le phénomène de la production de la phosphorescence sur certains sels, ou minéraux naturels, sous l'influence du rayonnement du radium étant instantané, a en effet l'avantage de permettre de supprimer en beaucoup de cas les manipulations photographiques.

La méthode photographique n'a été employée que lorsqu'il s'est agi d'obtenir des effets à grande distance et avec des faisceaux de rayons assez fins pour que le rayonnement ayant été trop affaibli, il ne soit plus capable de produire une phosphorescence suffisamment forte pour que l'œil puisse la percevoir.

En ce cas la photographie a l'avantage d'accumuler les effets, avec le temps, et laisse ensuite un document que l'on peut examiner à loisir.

Nous allons passer rapidement en revue les résultats obtenus par ces deux méthodes.

#### A. — ÉTUDE DU RAYONNEMENT AU MOYEN DU PHÉNOMÈNE DE PHOSPHORESCENCE.

Les premiers tâtonnements, pour identifier le rayonnement total du radium avec les radiations connues alors, portèrent sur la recherche des propriétés phosphorogéniques de ce rayonnement par comparaison avec celles de la lumière et des rayons X.

M. Becquerel recueillit un certain nombre d'observations. Le sulfate double d'uranyle et de potassium devient phosphorescent sous l'influence de la lumière, des rayons X et des rayons du radium.

Un échantillon de diamant, très phosphorescent sous l'influence des rayons lumineux et du radium, est inerte en présence des rayons X.

La blende hexagonale ou sulfure de zinc phosphorescent est très sensible aux actions du radium et de la lumière, et insensible aux rayons X.

Un sulfure de strontium lumineux vert est très sensible aux actions de la lumière des rayons X et du radium, alors qu'un sulfure de calcium bleu est sen-

sible aux rayons lumineux et du radium sans l'être aux rayons X.

On peut voir par ces quelques exemples, que l'on pourrait multiplier, qu'il y a certaines analogies entre les propriétés de ces trois natures de radiations, mais il y a aussi des différences profondes.

En effet, les corps sensibles à l'action phosphorogénique de la lumière sont plus souvent sensibles à celle du radium que des rayons X, mais d'un autre côté les rayons du radium semblent posséder jusqu'à présent des propriétés optiques ou plutôt anoptiques qu'il partage avec les rayons X.

On ne peut donc encore l'assimiler à un genre de radiation comme.

Je dois mentionner ici une autre étude de M. Becquerel sur l'absorption du rayonnement du radium par l'air et des écrans de différente nature.

Pour établir des comparaisons on se servait d'écrans de verre ou de mica, enduits d'un côté d'une mince couche rectangulaire de matières phosphorescentes pulvérisées, sur lesquels on recueillait le rayonnement.

Ces expériences auxquelles j'ai assisté ont été montrées et exécutées avec grand soin de la façon suivante.

On plaçait la matière active sur un support muni d'une vis micrométrique à tambour divisé, permettant un déplacement d'une valeur exactement connue ; dessus, sur un support fixe, on mettait l'écran phosphorescent choisi, la face tournée vers le radium sur lequel on avait placé une feuille d'aluminium battu pour arrêter sa lumière propre, et l'empêcher de s'ajouter à l'action des autres rayons ; cette précaution n'a été prise qu'après s'être assuré que le rayonnement à étudier n'était pas affaibli.

A côté de l'écran phosphorescent on projetait sur une feuille de papier blanc une image lumineuse de même dimension que l'édit écran ; cette image était obtenue au moyen d'une lentille munie d'un diaphragme de photomètre Cornu avec lequel on faisait varier l'intensité de l'image proportionnellement à la surface d'ouverture.

La source lumineuse donnant l'image était un petit bec Auer donnant une lumière fixe et égale pendant toute la durée des observations ; cette lumière était tamisée par un verre dépoli et des verres colorés donnant à l'image lumineuse une teinte se rapprochant de celle des substances phosphorescentes de manière à

DISTANCES		PLATINO-CYANURE DE BARYUM	DIAMANT	SULFURE DOUBLE D'URANYLE ET DE POTASSIUM		
<i>d</i>	<i>d</i> <sup>-2</sup>			<i>d</i>	<i>d</i> <sup>-2</sup>	<i>i</i>
mm				mm		
6,7		1	1	5,6	1	1
8,5	0,549	0,480	0,545	7,8	0,515	0,556
11,5	0,299	0,262	0,262	10,8	0,268	0,267
15	0,217	0,167	0,167	12,8	0,191	0,175

rendre plus faciles les comparaisons photométriques.

On obtint par ce moyen des mesures dont le rapport avec les unités photométriques absolues n'est pas connu, ce qui du reste n'a aucun intérêt en cette circonstance; il nous suffisait d'avoir les valeurs relatives des actions phosphorogéniques sous différentes influences.

Ce dispositif établi, M. Becquerel fit varier la distance séparant le radium de différents écrans phosphorescents, et, mesurant les actions par le procédé indiqué ci-dessus, obtint les résultats consignés dans ce tableau précédent que j'emprunte à son mémoire.

Il ressort de l'examen de ce tableau que l'inten-

sité diminue plus vite; que, suivant la loi ordinaire s'appliquant aux radiations connues, il y a absorption du rayonnement par l'air; cette absorption varie avec la substance. On peut donc déjà supposer que le rayonnement est hétérogène et est composé de rayons différemment absorbables.

D'autres mesures faites en employant le même dispositif sans faire varier la distance du radium aux substances phosphorescentes, mais en interposant seulement des écrans solides de différente nature, montrent encore plus nettement ce que les mesures du premier tableau nous ont indiqué.

Voici les résultats de quelques-unes des observations les plus nettes.

INTENSITÉS RELATIVES DE LA PHOSPHORESCENCE PROVOQUÉE PAR LE RAYONNEMENT DU RADIUM  
AU TRAVERS DE DIVERS ÉCRANS

ÉCRANS		SUBSTANCES REPOSANT				
NATURE	ÉPAISSEUR	SUR UNE DOUBLE FEUILLE D'ALUMINIUM BATTU				SUR DU PAPIER NOIR
		Blende hexagonale.	Diamant.	Platino-cyanure de baryum.	Sulfate double d'uranyle et de potassium.	
Sans écrans . . . . .	mm	1	1	1	1	1
Aluminium battu double.	»	0,9140	0,9660	0,8550	0,996	0,999
Mica . . . . .	0,025	0,0756	0,0289	0,0784	0,417	0,772
Papier noir . . . . .	0,068	0,0584	0,0108	0,0715	0,587	0,890
Aluminium . . . . .	0,098	0,0275	0,0055	0,0561	»	0,637
Verre . . . . .	0,140	0,0265	0,0046	0,0445	0,241	0,615
Ebonite . . . . .	0,758	»	0,0009	0,0157	0,411	0,516
Cuivre . . . . .	0,090	0,0148	0,0000	0,0157	0,417	0,525

L'intensité lumineuse de chaque substance impressionnée sans écran étant prise comme unité, on voit par ce tableau des différences énormes, pour un même écran, dans l'absorption du rayonnement qui impressionne deux substances différentes; ainsi un écran de papier noir absorbe les 99/100 environ du rayonnement qui agit sur le diamant, alors qu'il n'arrête qu'environ les 6/10 de celui qui agit sur le sulfate double d'uranyle et de potassium; cela montre très nettement que le rayonnement actif sur le diamant est beaucoup plus absorbable que celui qui agit sur le sulfate d'uranyle. Le rayonnement total est donc bien hétérogène, comme nous l'avons dit plus haut.

Sous l'influence du rayonnement du radium les récipients de verre qui le contiennent se colorent, ils deviennent gris, bruns ou violets.

Cette remarque a son importance lorsqu'on la rapproche du fait semblable, observé sur les tubes et ampoules de Crookes qui ont fait un long usage; on voit en effet que l'action prolongée des rayons cathodiques sur le verre de ces ampoules a produit exactement le même phénomène de coloration que dans le cas des rayons du radium sur les récipients dont nous parlions plus haut.

Un certain nombre de faits de même nature conduisirent à tenter une série d'expériences d'un autre ordre, soit avec l'aide d'écrans phosphorescents servant de détecteurs du rayonnement, soit à l'aide de la photographie.

#### B. — ACTION DU CHAMP MAGNÉTIQUE SUR LE RAYONNEMENT

Le champ magnétique agissant sur les rayons cathodiques, il était naturel de rechercher quelle serait son

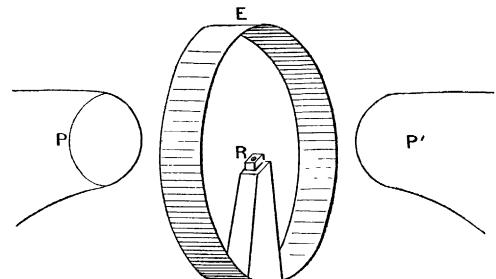


Fig. 1. — R, Radium. E, Ecran. PP', pôles.

action sur le rayonnement des corps radioactifs, il y avait peut-être là un nouveau moyen d'investigation.

Si l'on dispose entre les pôles d'un gros électro-

aimant une petite cuve contenant du radium, et qu'on place au dessus un écran phosphorescent, le faisceau qui s'échappe de la cuve forme une tache brillante sur l'écran. Si l'on excite l'électro-aimant, la tache semble disparaître et réapparaît quand on coupe le courant.

La première explication qu'on en donna fut que le champ magnétique supprimait ou interceptait le rayonnement.

Dans le but de vérifier cette hypothèse et de voir s'il ne se produisait pas une orientation des radiations dans un sens déterminé, on prit un écran annulaire enduit à l'intérieur de substance phosphorescente, de manière qu'en plaçant le radium au centre il fût illuminé sur presque toute sa circonference.

L'écran ainsi disposé fut mis entre les pôles de l'électro dont le champ magnétique était excité (fig. 1).

Lorsque l'anneau se trouvait dans un plan perpendiculaire aux lignes de forces du champ, la phosphorescence de l'enduit sensible dont il était garni avait complètement disparu.

Si l'on venait ensuite à faire tourner l'anneau autour de son axe vertical, lorsqu'il arrivait à être parallèle au champ, les régions les plus voisines des pôles, c'est-à-dire les extrémités du diamètre horizontal, devaient vivement lumineuses comme si tout le rayonnement eût été attiré et concentré en ces points.

M. Becquerel voulut alors enregistrer ce fait nouveau sur une plaque photographique.

Pour cela il plaça contre un des pôles de l'électro-aimant l'extrémité d'une plaque enveloppée de papier noir, de façon que le rayonnement du radium placé contre l'autre pôle vint impressionner normalement la plaque.

Après une pose d'environ 5 minutes dans cette position *sans excitation du champ magnétique*, la plaque était glissée un peu plus loin, de façon que l'autre extrémité, non impressionnée, vint à se trouver à son tour sous l'influence du rayonnement dans la même position que l'était la première.

On faisait alors passer le courant, on posait également 5 minutes, puis on développait l'épreuve.

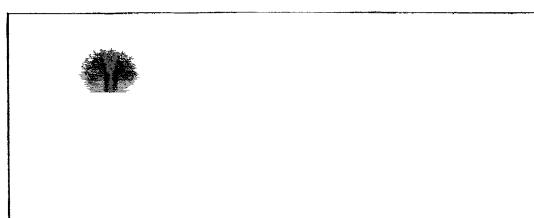


Fig. 2.

On put de la sorte constater que la partie impressionnée sans l'influence du champ magnétique était étalée et diffuse, alors que l'autre formait une tache

noire, intense, paraissant limitée à la surface du pôle contre lequel elle était placée : il s'agissait donc bien d'une concentration du rayonnement dans cette direction (fig. 2).

A ce moment M. Becquerel apprit que M. Giesel par la photographie, et MM. Meyer et von Schweilder par la phosphorescence, venaient de découvrir une action magnétique sur le rayonnement, dans le sens perpendiculaire aux lignes de force du champ.

Cette action n'est qu'une des résultantes de l'action générale. M. Giesel avait placé entre les pôles d'un électro-aimant une plaque horizontale enveloppée de papier noir, la partie sensible en dessus ; au milieu de cette plaque il mit un petit tas de matière active et excita le champ magnétique : après un temps de pose suffisant, il développa et obtint une impression semblable à celle de la figure 5, obtenue depuis par le même procédé au laboratoire de M. Becquerel.

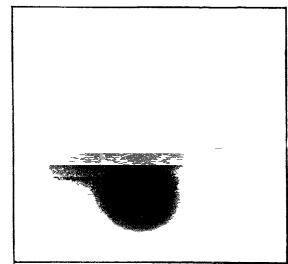


Fig. 5.

On remarque au centre de l'épreuve une tache circulaire très intense, produite par l'action directe du petit tas de radium, puis une impression en forme de croissant, rejetée d'un seul côté, dont les extrémités viennent aboutir aux pôles.

MM. Meyer et von Schweilder avaient remarqué le même phénomène en mettant la matière active au centre d'un écran enduit de substances phosphorescentes, placé dans les mêmes conditions que la plaque photographique de M. Giesel.

Chaque fois qu'ils excitaient le champ magnétique en créant un pôle nord à la droite de l'observateur, la luminosité provoquée par le rayonnement était rejetée dans le sens opposé à l'observateur ; avec un champ de sens contraire, elle était ramenée vers lui.

Ces différentes expériences montrent que les rayons déviés se comportent, dans un champ magnétique, exactement comme les rayons cathodiques.

On applique donc à leur nature la même hypothèse qu'à ces derniers en les supposant formés de masses matérielles infiniment petites transportant des charges électriques négatives.

Si l'on considère une particule animée d'une certaine vitesse et portant une charge, lorsque sa trajectoire rencontre normalement un champ électrique homogène, la masse en mouvement pourra être assimilée à un courant électrique et prendre une direction telle que, l'action du champ étant normale à la vitesse, elle décrira un cercle.

Si l'on appelle  $m$  la masse,  $e$  la charge,  $v$  la vitesse,

$R$  le rayon du cercle décrit dans un champ d'intensité  $H$ , on a la relation.

$$\frac{m}{e} v = RH.$$

Supposons maintenant que le même rayon traverse un champ électrique parallèlement aux plateaux d'un condensateur formant ce champ.

La masse  $m$  sera attirée vers le plateau positif décrira une parabole à l'intérieur du champ et en sortira suivant une tangente à la parabole, qui coupe au milieu du champ la trajectoire directe que suivrait la masse si le rayon n'était pas dévié.

Pour avoir la déviation dans le champ électrique, il suffit donc de placer une plaque photographique au-dessus et normalement au champ électrique, puis de recueillir les deux traces du rayonnement quand le champ est excité et quand il ne l'est pas.

Cette expérience, simple en théorie, est difficile à réaliser en pratique à cause de la difficulté qu'on éprouve à produire un champ électrique intense sans que l'étoile éclate entre les faces du champ.

M. Becquerel<sup>1</sup> l'a cependant réalisée de la manière suivante.

Prenant une source linéaire de radium, il plaça au-dessus deux lames de cuivre parallèles formant le champ.

Entre les lames du champ, parallèlement et au milieu, il mit un écran de mica assez mince et bien tendu de façon à obtenir une planéité parfaite.

Cet écran descendait jusqu'à la source active et son bord inférieur se trouvait à cheval sur toute la longueur de la ligne de radium.

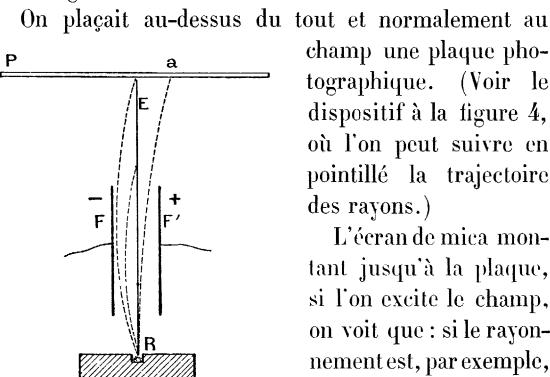


Fig. 4.  
R radium, FF' faces du champ électrique, E écran, P plaque photographique.

s'infléchir jusqu'à une limite  $a$ , les autres iront donner une impression à droite, mais laisseront une ombre entre le sommet de l'écran et le rayon le moins dévié; les rayons partant de la partie gauche de la ligne de radium iront impressionner la plaque jusqu'à la limite supérieure de l'écran.

1. H. BECQUEREL. *Comptes rendus de l'Acad. des Sciences*, t. CXXX, p. 809.

La largeur de l'ombre entre cette limite et l'impression la plus rapprochée des rayons de la partie droite donnera la déviation  $\delta$ .

L'expérience a été exécutée en couvrant la moitié de la plaque, de façon à ne la laisser impressionner que d'un côté; ensuite, sans rien déplacer, on masquait la partie impressionnée, on changeait le sens du champ en démasquant l'autre moitié.

De cette façon, on obtenait deux ombres de sens contraire, dont les limites coïncidaient au milieu du bord supérieur de l'écran vertical. On peut distinguer sur l'épreuve ces deux ombres placées à côté l'une de l'autre et se détachant en plus clair sur le fond noir produit par le rayonnement général. (Voir fig. 5.)



Fig. 5.

Nous avons dit que la largeur de cette ombre donne la déviation  $\delta$ .

Si nous appelons  $m$  la masse de la particule,  $v$  sa vitesse,  $e$  sa charge.

Si, d'autre part, la plaque est placée à une hauteur  $h$  au-dessus du champ de longueur  $l$  et d'intensité  $L$ , nous avons par calcul la relation :

$$\delta = \frac{eFl\left(\frac{l}{2} + h\right)}{mv^2}$$

De cette relation et de celle qui, dans le champ magnétique, nous a donné la valeur  $\frac{e}{m} v$  en fonction

de  $R$  et de  $H$ , nous pourrons tirer les valeurs de  $\frac{e}{m}$  et de  $v$ .

Ces valeurs, calculées par M. Becquerel, ont donné pour  $v$  et pour  $\frac{e}{m}$  les valeurs

$$v = 2.57 \times 10^{10}$$

$$\frac{e}{m} = 1.52 \times 10^7$$

M. Kaufmann a repris ces expériences en faisant agir simultanément un champ électrique et un champ magnétique sur un faisceau très fin de rayons: le tout était disposé dans le vide.

Les deux champs ayant une même direction, leurs actions étaient perpendiculaires, l'impression produite avait la forme d'une courbe par suite de la dispersion du faisceau.

Cette courbe était la résultante des actions des deux champs dont les intensités étaient connues.

De ces expériences, M. Kaufmann a conclu que le rapport  $\frac{e}{m}$  va en diminuant de la partie la plus déviable à la partie la moins déviable.

Il donne les nombres suivants pour quelques rayons.

$\frac{e}{m}$ unités electro-magnétiques.	$v \frac{e}{m}$
$1,51 \times 10^7$	$2,56 \times 10^{10}$
$1,17$ »	$2,48$ »
$0,97$ »	$2,39$ »
$0,77$ »	$2,72$ »
$0,65$ »	$2,85$ »

M. Simon, pour les rayons cathodiques ordinaires, avait donné les valeurs

$$\frac{e}{m} = 1,865 \times 10^7 \quad \text{et} \quad v = 0,7 \times 10^{10}.$$

On voit par ces résultats que les rayons du radium sont animés d'une vitesse beaucoup plus grande que celle des rayons cathodiques ordinaires, quoiqu'ils soient de même nature apparente.

## II. — Rayons $\alpha$ et rayons $\gamma$ .

M. et Mme Curie, d'un autre côté, poursuivant les mêmes recherches par la méthode électrique, reconnaissent qu'une partie seulement, la plus grande, du

rayonnement était déviée, ils opéraient en plaçant le radium dans une rainure profonde formée de deux épaisses lames de plomb.

Au-dessus et parallèlement se trouvaient deux plateaux de condensateur, entre lesquels passait le rayonnement venant du fond de la rainure et limité par celle-ci. L'un des plateaux du condensateur étant relié à un électromètre, l'autre était porté à un potentiel de 500 v. (v. fig. 6.)

L'air étant rendu conducteur entre les plateaux, il s'établissait un courant et l'électroscopie se chargeait.

Fig. 6. — Dispositif de l'expérience de M. et Mme Curie.  
R, radium; B B B, lames de plomb;  
P.P., plateaux du condensateur.

Si l'on venait à établir un champ magnétique dans le sens de la rainure, le courant diminuait brusque-

ment, montrant qu'une partie du rayonnement se trouvait supprimée.

L'effet produit variait considérablement avec la distance du condensateur à la source de matière active <sup>1</sup>.

Lorsque cette distance atteignait 7 centimètres, la partie qui avait continué à passer entre les plateaux malgré le champ magnétique, semblait presque supprimée; pour les distances moindres, la proportion de rayons déviés était beaucoup moins grande.

Si l'on place le condensateur à une distance telle que la partie qui paraît non déviable passe, on remarque que cette partie du rayonnement est arrêtée par des écrans très faibles, tels que du papier noir ou des lames minces d'aluminium, qui laissent très bien passer les rayons déviés.

Pour mettre en évidence la non-déviation d'une partie du rayonnement, M. Becquerel opéra en recueillant les faisceaux séparés sur une plaque photographique.

Pour cela, il plaça dans un champ magnétique, parallèlement aux lignes de force, une source linéaire de radium; au-dessus, à 1 centimètre environ, il mit une fente parallèle à la source, puis installa une plaque photographique, obliquée du haut de l'un des pôles, vers l'extrémité de la fente limitant le rayonnement (fig. 7).

Nous avons vu, par l'expérience de M. et Mme Curie, que ces rayons paraissant non déviés étaient absorbés par des écrans très faibles; on ne pouvait donc songer, en cette circonstance, voir leur impression

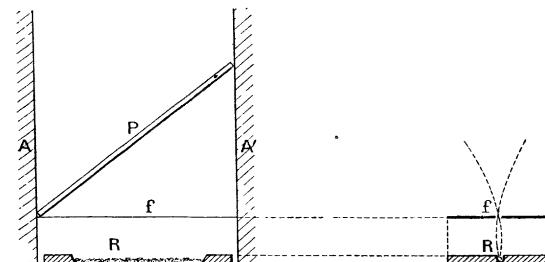
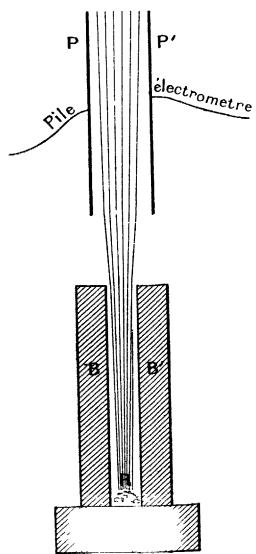


Fig. 7. — f, fente; R, radium; A A, pôles; P, plaque photographique. A droite, coupe perpendiculaire et trajectoire.

sur une plaque enveloppée de papier noir, comme pour les autres épreuves. On dut donc opérer dans l'obscurité avec une plaque nue, mais en mettant sur le radium une feuille d'aluminium battu, qui n'arrête que la lumière et laisse passer toutes les autres radiations.

L'épreuve donna très nettement le résultat prévu; la partie non déviée donne une impression photographique très forte, tandis que la partie déviée réjetée

<sup>1</sup> M. et Mme Curie, *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, t. CXXX, p. 75.

obliquement est légèrement étalée, comme on peut le voir sur l'épreuve (fig. 8).

Ce dispositif a été plus tard employé par M. Becquerel pour étudier la nature des rayons de l'uranium et du thorium, mais avec des proportions beaucoup plus réduites ; ces substances étant si faibles qu'il a fallu, malgré les petites dimensions des appareils, laisser poser les plaques jusqu'à trois mois pour avoir une impression.

Fig. 8.

Ces épreuves montrèrent que le rayonnement de l'uranium est uniquement composé de rayons  $\beta$ , alors que celui du thorium paraît identique à celui du radium.

Il existe encore, dans le rayonnement du radium, une troisième espèce de rayons découverte par M. Villard. Ces rayons semblent de la nature des rayons X, quoique beaucoup plus pénétrants, puisque certains arrivent à passer à travers plusieurs centimètres de plomb.

Les champs magnétiques les plus forts n'ont aucune action sur eux. Il a fallu des temps de pose très élevés pour obtenir leur impression sur des plaques photographiques, car, à cause même de leur grande pénétrabilité, ils traversent les plaques et n'ont que peu d'action, leur énergie n'étant pas absorbée.

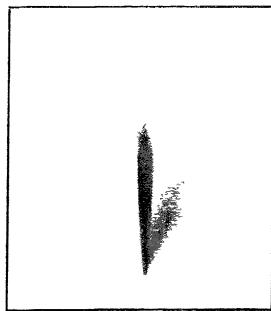
L'épreuve photographique montre que les actions simultanées du

champ magnétique et d'un prisme sont sans effets sur ces rayons.

Cette épreuve a été produite par des trajectoires rasantes, c'est-à-dire que les rayons dont la source était au bas de la plaque frappaient celle-ci très obliquement, de façon à donner une impression sur tout le parcours de la trajectoire elle-même.

Ce type d'épreuve s'obtient en collant par le bord et perpendiculairement sur une plaque de verre une bande de plomb demi-circulaire de 1 centimètre de largeur, dont les extrémités aboutissent aux angles inférieurs de la plaque.

Au centre de la bande, c'est-à-dire à la partie d'où l'on voit sortir le faisceau, se trouve une fente qui laisse passer celui-ci, la fente est perpendiculaire à la plaque.



A environ 5 centimètres au-dessus de la fente sur la ligne médiane de la plaque se trouve collé, par la base, un prisme de quartz de même hauteur que la bande de plomb, et dont les arêtes sont parallèles à la fente.

On place alors l'écran ainsi composé contre le côté sensible d'une plaque photographique puis au bas entre les parties inférieures de l'écran et de la plaque, on établit une source linéaire formée d'un tube de verre très fin contenant le radium, de façon que le tube se trouve parallèle à la fente pratiquée dans la bande de plomb, et qu'en même temps la fente, l'axe du prisme et la source active soient en ligne droite.

Le tout ainsi disposé est placé dans un champ magnétique, de cette façon les rayons  $\beta$  ou rayons très déviés sont ramenés vers le bas de l'appareil, les rayons  $\alpha$  sont interceptés par le tube contenant le radium, et il ne sort de la fente que des rayons lumineux et des rayons  $\gamma$  se superposant jusqu'au prisme, qui les sépare en déviant les rayons lumineux vers la gauche, ainsi qu'on peut le voir sur la figure, tandis que les rayons  $\gamma$  traversent sans la moindre déviation au-dessus du prisme et continuent leur trajectoire jusqu'au haut de l'épreuve.

Plus tard, M. Rutherford, en étudiant les rayons  $\alpha$ , s'aperçut qu'ils étaient déviés dans un champ magnétique très intense, et en sens contraire des rayons  $\beta$ , mais assez faiblement pour que l'on ne s'en fût pas aperçu dans les expériences antérieures<sup>1</sup>.

Il s'assura de ce fait en plaçant au-dessus d'une couche de radium une série d'écrans verticaux parallèles entre eux et éloignés les uns des autres d'un demi-millimètre environ.

Les espaces libres entre les écrans étaient à demi fermés à la partie supérieure par d'autres petits écrans horizontaux, de manière à ne laisser ouvertes que les moitiés droites des ouvertures du haut. (Voir fig. 10.)

Si l'on plaçait le tout dans un champ magnétique parallèle au plan des cloisons, les rayons  $\beta$  très déviés n'arrivaient en aucun cas jusqu'à la partie supérieure.

Lorsque le sens du champ renvoyait les rayons  $\alpha$  vers la gauche, les écrans horizontaux les interceptaient ; lorsqu'au contraire ils étaient déviés vers la droite, ne rencontrant pas d'obstacle à la partie supérieure, ils passaient ; leur présence ou leur absence étaient décelées par un électroscopie placé à la partie supérieure de l'appareil.

M. Becquerel fit la même constatation d'une façon plus précise par la méthode photographique, en employant un dispositif analogue à celui que nous avons indiqué à la figure 7, mais en se servant d'une source linéaire et d'une fente d'une très grande finesse.

1. *Phil. Mag.*, février 1905, p. 177, et *Physikalische Zeitschrift*, 1905, n° 8, p. 255.

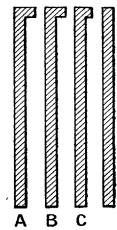


Fig. 10.

De plus le champ magnétique employé avait une intensité de 20 700 unités C. G. S.

Avec un champ magnétique de cette intensité, les rayons  $\beta$  n'arrivaient même pas jusqu'à la fente, les rayons  $\gamma$  ne laissaient pas leur empreinte à cause d'un temps de pose trop court : seuls les rayons  $\alpha$ , traversant la fente, allaient impressionner la plaque placée obliquement au-dessus : en opérant dans les deux sens du champ magnétique, avec des temps de pose égaux, on avait les déviations dans ces deux sens, et les traces, se rejoignant au bas de la plaque au niveau de la fente, formaient une espèce de V (fig. 9).

La déviation de ces rayons mesurée par M. Becquerel correspond à un rayon de courbure d'environ 50 centimètres pour un champ de 10 000 unités électro-magnétiques<sup>1</sup>.

### III. — Analyse du rayonnement par un procédé photographique spécial.

Il peut être intéressant pour le lecteur de connaître un mode d'analyse photographique inauguré par M. Becquerel, au moyen duquel on peut séparer toutes

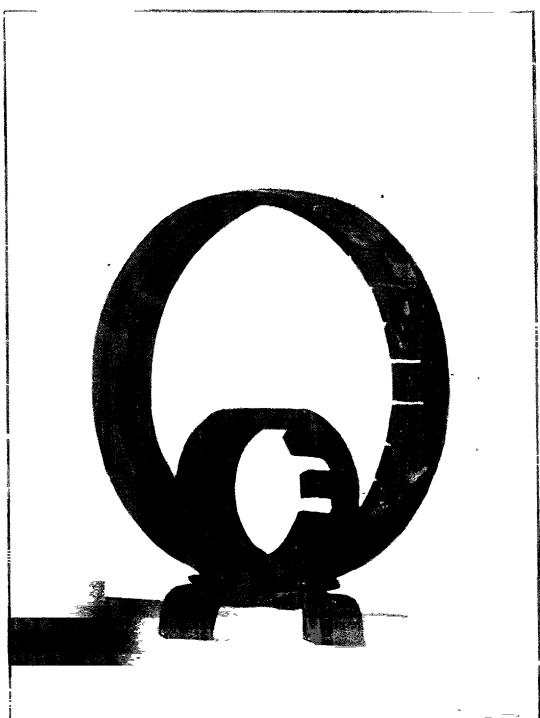


Fig. 11.

les catégories de rayons et les étudier séparément. Ce procédé consiste à recueillir les rayons tout le long de leur course au moyen de plaques très obliques par rap-

1. *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, t. CXXXVI, p. 1517.

port à leur direction : on obtient ainsi des trajectoires dites rasantes qui semblent indiquer non l'impression

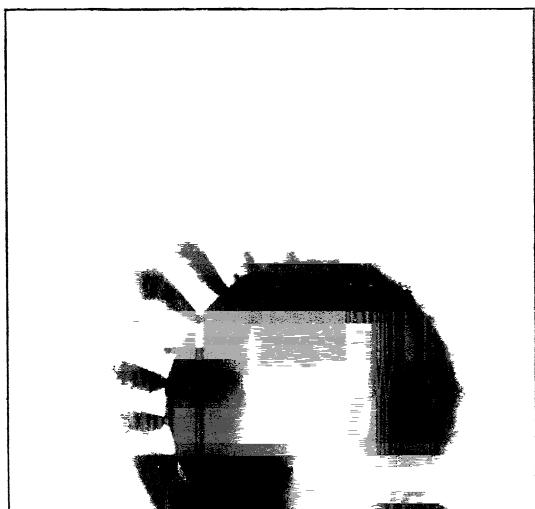


Fig. 12.

normale d'un faisceau, mais la trace qu'il a laissée tout le long de son trajet.

C'est par un moyen analogue que nous avons étudié l'action négative des champs électrique et magnétique sur les rayons  $\gamma$ .

Le type des écrans employés pour ces épreuves est celui que montre la figure 11.

On voit qu'en appliquant contre les écrans circulaires une plaque photographique, de manière que les bords dans lesquels sont pratiquées des rainures espacées portent tout autour sur la plaque, et si à la partie inférieure l'on met une source linéaire de radium, le rayonnement se répandra entre les deux plaques, celle sensible et celle de verre servant de support à l'écran de plomb.

Ce rayonnement impressionnera donc la plaque dans le premier cercle mais sera arrêté par celui-ci, sauf sur les points où sont pratiquées les rainures, qui laisseront passer des filets de rayons, ces rayons sortiront en *l'échant* la plaque et formeront des traces simulant leur trajectoire.

Si l'écran et la plaque sont placés perpendiculairement dans un champ magnétique, ces trajectoires seront circulaires.

On peut voir par l'épreuve de la fig. 12 ce qu'offre dans ces conditions un écran composé d'un seul cercle.

À la sortie de chaque rainure on observe un faisceau étalé que l'on peut comparer à un spectre pur mais incomplet. En effet, par deux points définis ici par la source et une fente on peut faire passer une infinité de cercles qui sont représentés en cette circonstance par les trajectoires des différents rayons : toutefois ne passeront pas les cercles dont le diamètre est plus petit que la distance de ces deux points.

Ces cercles, ou ces rayons de petit diamètre qui ne passent pas en haut de l'écran, passeront par les fentes plus rapprochées de la source et nous donneront, à mesure qu'ils se rapprocheront, des spectres de rayons de plus en plus déviables.

Dans l'épreuve ci-dessus on a ajouté autour de la

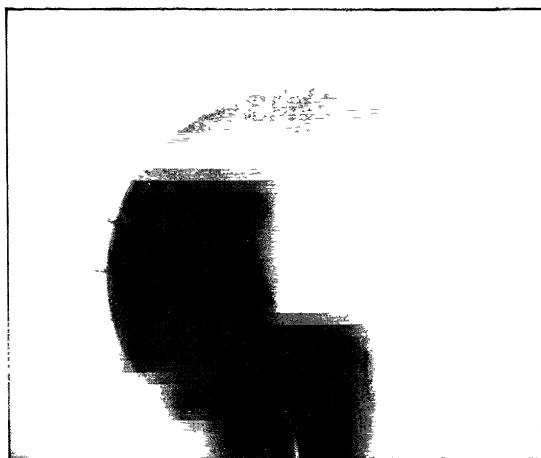


Fig. 13.

bande de plomb à environ un centimètre de distance au dehors, une autre bande en aluminium de  $1/10$  de millimètre d'épaisseur pour étudier l'absorption progressive du rayonnement  $\beta$  par ce métal.

On constate que les rayons les moins déviables sont les plus pénétrants, ils traversent l'aluminium sans laisser de trace; au contraire, à mesure que l'on se rapproche de la source, la trace apparaît et semble couper les trajectoires, marquant ainsi la place de l'écran.

On peut voir que les rayons arrêtés en partie donnent derrière la lame d'aluminium une impression plus forte qu'avant de l'avoir traversée; cette impression est due aux rayons secondaires émis par l'écran, qui transforment, en les absorbant en partie, les rayons  $\beta$ ; pour les rayons complètement absorbés enfin, c'est-à-dire les plus déviables, on arrive à voir qu'ils ne donnent des rayons secondaires que sur la face où frappe le rayonnement; celui-ci ne passant pas de l'autre côté.

Cette épreuve étant obtenue, comme je l'ai dit, avec un seul cercle de plomb, on a à la sortie de chaque fente un spectre et non un rayon déterminé.

En mettant à l'intérieur un autre cercle semblable mais plus petit, le cercle intérieur donne par ses ou-

vertures des spectres purs, et les rainures du second, disposées pour cela, *filtrant* en quelque sorte les spectres et ne laissent passer que des rayons purs, c'est-à-dire d'un rayon de courbure dont le cercle est déterminé par trois points : la source, une fente du premier cercle, et une fente du second.

Ce résultat est mis en évidence par la figure 13, dans laquelle le cercle intérieur laisse passer deux spectres, qui, limités à leur tour par les rainures du second, ne laissent passer au dehors de celui-ci que des rayons purs.

On peut même voir en un point où les rayons les moins déviables du spectre inférieur se rencontrent avec les plus déviables du spectre supérieur, que ce point, où se trouve une fente, laisse passer deux rayons nettement séparés venant de la même source.

Les traces faibles, se propageant en ligne droite, que l'on remarque sortant des ouvertures supérieures sont dues aux rayons  $\gamma$ ; on en voit de semblables dans la fig. 14.

La figure 14 représente encore une épreuve obtenue par le même procédé; dans celle-ci on a également, en certains points, plusieurs rayons purs sortant par les mêmes ouvertures; une épreuve de ce genre peut servir à étudier le mode d'absorption d'un écran pour des

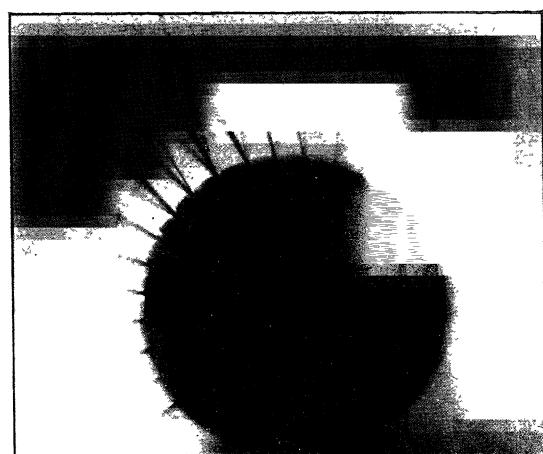


Fig. 14.

rayons exactement déterminés, que l'on obtient en variant soit l'intensité du champ magnétique soit la détermination géométrique des points par lesquels ces rayons doivent passer.

L. MATOUT,  
Préparateur au Muséum.