

PREMIÈRE PARTIE

CHAPITRE PREMIER

RAYONNEMENT DE L'URANIUM ET DES SELS DE CE MÉTAL

§ 1. — *Premières observations.*

Février-Juin 1896.

Les faits qui sont exposés dans ce chapitre pourraient être résumés plus brièvement. Je crois cependant devoir les présenter dans l'ordre chronologique de leur découverte afin de montrer comment, en présence d'un phénomène d'un ordre nouveau, j'ai été conduit à modifier, puis à abandonner les premières idées sous l'influence desquelles j'avais entrepris cette étude. Au cours de ces expériences et tout au début, j'ai rencontré des phénomènes dont quelques-uns n'ont pu être reproduits, dont l'explication est encore inconnue, et qui m'ont maintenu pendant plusieurs mois dans des idées qu'il eût été plus profitable d'abandonner de suite. Ces faits particuliers et les anomalies qui les caractérisent seront exposés dans le chapitre suivant.

On a vu plus haut que l'origine de ces expériences avait été l'idée de rechercher si les corps phosphorescents, après avoir été excités par la lumière, émettaient des rayons pénétrants.

Dans ce but, après les divers essais négatifs mentionnés plus haut, deux lamelles de sulfate double d'uranium et de potassium furent déposées sur une plaque photographique, enveloppée d'une double feuille de papier noir épais; entre l'une d'elles et la plaque on plaça une pièce d'argent, et le tout fut exposé au soleil (ce que l'avenir montra être absolument inutile). Après une pose de quelques heures, le développement de la plaque fit apparaître une légère impression figurant les silhouettes des lamelles, et l'ombre produite par la pièce métallique.

L'expérience fut recommencée aussitôt en interposant entre la plaque enveloppée et le sel d'uranium une lame mince de verre de $0^{\text{mm}},10$ d'épaisseur, ou une lamelle de mica, pour arrêter tout phénomène dû à une vapeur; le résultat fut le même avec une impression un peu plus faible. Ce furent les premiers résultats communiqués à l'Académie des Sciences le 24 février 1896 (1).

La durée de la persistance lumineuse des sels d'uranium ne dépassant pas un centième de seconde, il semblait nécessaire de soumettre le corps actif à une excitation continue pendant les expériences en l'exposant, soit au soleil, soit à une autre source lumineuse. On disposa alors les expériences suivantes dont la description a

(1) *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, t. CXXX, p. 420.

été donnée en ces termes dans la séance du 2 mars 1896(1):

« Une plaque photographique Lumière, au gélatino-bromure d'argent, a été enfermée dans un châssis opaque en toile noire fermé d'un côté par une plaque d'aluminium (épaisseur, 2 millimètres); si l'on exposait le châssis en plein soleil même pendant une journée entière, la plaque ne serait pas voilée; mais si l'on vient à fixer sur la plaque d'aluminium, à l'extérieur, une lamelle du sel d'uranium, que l'on peut, par exemple, assujettir avec des bandes de papier, et si l'on expose le tout pendant plusieurs heures au soleil, on reconnaît, lorsqu'on développe ensuite la plaque par les procédés ordinaires, que la silhouette de la lame cristalline apparaît en noir sur la plaque sensible, et que le sel d'argent a été réduit en face de la lamelle phosphorescente. Si la lame d'aluminium est un peu épaisse l'action est moindre qu'au travers de deux feuilles de papier noir.

« Si entre la lamelle du sel d'uranium et la lame d'aluminium, ou le papier noir, on interpose un écran formé d'une lame de cuivre de $0^{\text{mm}},10$ environ d'épaisseur, par exemple en forme de croix, on observe dans l'image la silhouette de cette croix en plus clair, mais avec une teinte indiquant cependant que les radiations ont traversé la lame en cuivre. » Dans une autre expérience, une lame de cuivre plus mince ($0^{\text{mm}},04$) a affaibli beaucoup moins les radiations actives...

« J'insisterai particulièrement sur le fait suivant qui me paraît tout à fait important et en dehors des phénomènes

(1) *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, t. CXXII, p. 501.

que l'on pouvait s'attendre à observer : les mêmes lamelles cristallines, placées en regard de plaques photographiques, dans les mêmes conditions et au travers des mêmes écrans, mais à l'abri de l'excitation des radiations incidentes, et maintenues à l'obscurité, produisent encore les mêmes impressions photographiques. Voici comment j'ai été conduit à faire cette observation : parmi les expériences qui précèdent, quelques-unes avaient été préparées le mercredi 26 et le jeudi 27 février, et comme ces jours-là le soleil ne s'est montré que d'une manière intermittente j'avais conservé les expériences toutes préparées et rentré les châssis à l'obscurité dans le tiroir d'un meuble, en laissant en place les lamelles du sel d'uranium. Le soleil ne s'étant pas montré les jours suivants, j'ai développé les plaques photographiques le 1^{er} mars, en m'attendant à trouver des images très faibles. Les silhouettes apparurent, au contraire, avec une grande intensité. Je pensai aussitôt que l'action avait dû continuer à l'obscurité et je disposai l'expérience suivante : »

Suit alors la description d'expériences identiques aux précédentes, répétées à l'abri de toute excitation lumineuse, et donnant lieu aux mêmes résultats. J'ajoutai alors qu' « il importe d'observer que ce phénomène ne paraît pas devoir être attribué à des radiations lumineuses émises par phosphorescence puisque au bout d'un centième de seconde ces radiations sont devenues si faibles qu'elles ne sont presque plus perceptibles ».

Cette observation constitue le fait fondamental nouveau d'une émission de rayons pénétrants sans cause excitatrice apparente. L'une des épreuves mentionnées dans la

description ci-dessus est reproduite dans la Pl. I, fig. 1.

L'absence de cause excitatrice connue sur un produit préparé depuis plusieurs années permettait de penser que le phénomène observé eût été le même à quelque époque que l'on eût fait l'expérience. Dans les idées qui avaient alors cours dans la science on pouvait songer à invoquer un emmagasinement d'énergie due à une longue exposition à la lumière diffuse, sinon le phénomène constituait un fait d'un ordre tout nouveau. Suivant la première hypothèse l'émission eût dû s'affaiblir avec le temps, tandis que, si aucune cause excitatrice extérieure n'intervenait, le phénomène devait paraître permanent.

Pour élucider ce point fondamental, j'ai disposé sur une même plaque photographique divers composés de sesquioxyde d'uranium, des sulfates doubles d'uranyle et de potassium, de sodium, d'ammonium, formant des croûtes cristallines minces; puis un cristal de nitrate d'urane, et un morceau de blende hexagonale très phosphorescente. La plaque photographique était enveloppée de papier noir, et les substances fixées chacune sur une lamelle de verre de $0^{\text{mm}},2$ environ d'épaisseur. Pour le nitrate qui doit être soustrait à l'action de l'humidité de l'air, le cristal avait été placé sur une lamelle de verre identique aux précédentes, puis coiffé d'une petite cloche de verre formée par un bout de tube fermé à la lampe, et scellé à la plaque de verre par de la paraffine. Cette disposition a servi également pour enfermer à l'abri de l'air diverses autres substances dont on parlera plus loin. Elle est représentée dans la Pl. II, fig. 7. Ces substances ont été déposées sur la plaque photographique le 3 mars 1896, à

4 heures du soir. Elles étaient depuis longtemps exposées à la lumière diffuse, et depuis lors elles ont été maintenues constamment à l'obscurité.

La plaque, développée le 5 mars, à 4 h. 30 m., au bout de quarante-huit heures, a manifesté des actions à peu près équivalentes pour les divers sels d'uranium étudiés; la blende hexagonale n'a donné aucune impression.

Les mêmes substances, après avoir été retirées de la première plaque photographique, ont été disposées le même jour dans le même ordre sur une seconde plaque, de la même douzaine, enveloppée du même papier noir et dans les mêmes conditions. Cette seconde plaque, après une nouvelle pose de quarante-cinq heures, a donné des résultats aussi nets et des images aussi intenses que la première. Une troisième épreuve, puis une série d'autres obtenues d'une manière ininterrompue pendant plusieurs semaines ont fourni des impressions toujours aussi intenses. Dans ces épreuves les lamelles cristallines donnent des images nettes de leurs silhouettes, au travers des minces lamelles de verre. Les images produites par les sels recouverts d'une cloche donnent tout autour de leur propre silhouette une impression correspondant à la projection de la cloche qui les recouvre. Ce phénomène que j'ai d'abord pris pour un phénomène de réflexion est dû à un phénomène secondaire qui sera étudié dans un des chapitres suivants.

Du 3 mars au 3 mai les substances dont il vient d'être question avaient été enfermées dans une boîte en carton opaque et avaient continué à émettre le même rayonnement sans affaiblissement sensible; le 3 mai, on reprit avec ces

mêmes échantillons une nouvelle série d'expériences. On les enferma dans une première boîte en plomb épais, d'où ils ne sont pas sortis depuis. Un peu au-dessus du fond de cette boîte était tendue une feuille de papier noir sur laquelle les substances ont été déposées une fois pour toutes munies de leurs lamelles de verre comme il a été dit plus haut. Aux échantillons de sulfates doubles et au nitrate, recouverts chacun d'un petit tube, on avait joint, sous des tubes identiques, de l'oxyde jaune d'urane, du sulfate uraneux vert, et du sulfate uranique

Une rainure latérale pratiquée au niveau du fond de la boîte permettait de glisser sous la feuille de papier noir une plaque photographique fixée sur une lame de plomb puis le tout était enfermé dans une seconde boîte de plomb. Le changement de plaque se faisait sans toucher aux échantillons, en restant dans l'obscurité absolue, et en sortant la première boîte de la deuxième. Les sels ne pouvaient recevoir l'influence d'aucun agent actif sans que celui-ci eût traversé plusieurs millimètres de plomb. Des épreuves ont été obtenues d'abord régulièrement toutes les quarante-huit heures; puis à des époques de plus en plus espacées; la dernière épreuve a été obtenue le 30 mars 1903. On a reproduit (Pl. I, fig. 3 et 4) la première et la dernière épreuve, faites à sept ans d'intervalle dans les mêmes conditions, sans que les matières actives aient été retirées de la boîte de plomb, et sans que, pendant tout cet intervalle de temps, celle-ci soit sortie du local obscur où elle était enfermée. Toutes les épreuves montrent qualitativement la quasi-permanence du phénomène.

Au début de ces recherches, plusieurs expériences,

faites le 7 mars 1896, touchèrent à de nombreux points importants. On réalisa la radiographie d'une médaille en aluminium. [L'épreuve de cette médaille, reproduite Pl. I, fig. 2 a été obtenue avec une pose de quatre jours, du 16 au 20 mars 1896, sous des lamelles de sulfate double d'uranium et de potassium.] On observa qu'une lamelle recouverte par un miroir d'acier donne une impression plus intense qu'une lamelle non recouverte, impression qui s'étend sous le miroir. Ce phénomène attribué d'abord à une réflexion est un phénomène secondaire sur lequel on reviendra dans un autre chapitre.

On reconnut que l'action s'affaiblit avec la distance des lamelles à la surface de la plaque photographique, montrant ainsi une absorption et une diffusion par l'air; diverses lamelles de sulfate double d'uranyle et de potassium ont été disposées sur une plaque Lumière (non enveloppée) placée au fond d'une boîte de carton, et à des distances de $0^{\text{mm}},0$, $0^{\text{mm}},2$, 1 millimètre et 3 millimètres. Une plaque toute semblable a été disposée en même temps sous une cloche où l'air était raréfié à quelques centimètres de pression. Les deux plaques développées au bout de vingt-trois heures de pose n'ont pas présenté de différence sensible entre l'impression obtenue dans l'air ou sous la cloche de la machine pneumatique; les impressions produites par les diverses lamelles depuis celles qui étaient au contact de la plaque jusqu'à celles qui étaient distantes de 1 millimètre ont été à peu près identiques, tandis que la silhouette de la lamelle distante de 3 millimètres de la gélatine a été beaucoup plus faible que les autres dans les deux épreuves.

On avait, en outre, disposé une expérience dont les résultats remarquables n'ont pu être reproduits une seconde fois et qui sera décrite dans le chapitre suivant.

Enfin le même jour, 7 mars 1896, j'observai l'un des phénomènes les plus importants, celui qui a constitué la méthode la plus employée dans ces études, le seul qui jusqu'ici ait fourni des indications numériques, la décharge des corps électrisés sous l'action du rayonnement nouveau. J'ai démontré plus tard que cette décharge se faisait par l'intermédiaire des gaz ambiants rendus conducteurs, de sorte que l'on observe, en réalité, un effet produit sur le gaz, et les corps électrisés interviennent seulement par le champ électrique qu'ils produisent. Cette étude sera développée au chapitre III. On s'est borné à citer ici, d'abord les premières mesures numériques obtenues, puis quelques résultats relatifs aux nouveaux rayons observés au moyen de la méthode électrique.

Le premier appareil qui ait servi à ces observations est un électroscope à feuilles d'or, dont la cage est une lanterne rectangulaire en fer munie de verres conducteurs de l'électricité, et dont la tige est isolée par un bouchon de diélectrine (mélange de soufre et de paraffine, préparé par M. Hurmuzescu) (fig. 1). L'isolement était presque parfait; les feuilles d'or, divergeant d'une vingtaine de degrés se rapprochaient de $2^{\circ},5$ en douze heures vingt-cinq minutes. En introduisant dans la cage une lamelle de sulfate double d'uranyle et de potassium, l'électroscope se déchargea en une heure et demie environ.

Le lendemain 8 mars, après avoir disposé un rapporteur contre l'une des faces de la lanterne de l'électroscope, et

une lunette permettant de voir à la fois les feuilles d'or et les divisions du rapporteur, on fit les observations indiquées dans le tableau suivant. Les feuilles d'or de l'appareil, quand celui-ci est électrisé, divergent d'un angle α . Cet angle diminue quand la charge se dissipe, et la rapidité de cette diminution, le rapport $\frac{d\alpha}{dt}$, a permis de comparer numériquement,

non pas l'intensité absolue du rayonnement, mais certains effets liés à cette intensité.

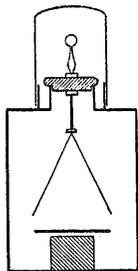


Fig. 1.

L'angle α est une fonction du potentiel des feuilles d'or. Dans ces premières expériences, l'influence s'exerçait sur des conducteurs dont les positions étaient variables par rapport aux corps actifs; on ne peut donc déduire des nombres observés que des résultats comparatifs quand les conditions sont identiques.

On verra néanmoins que les premières conclusions déduites sont conformes à celles qui ont été observées plus tard avec une disposition meilleure et par des mesures plus rigoureuses.

Les valeurs de $\frac{d\alpha}{dt}$ correspondent à des degrés par minute de temps, ou à des minutes d'angle par seconde de temps. Ces premières mesures, bien que très imparfaites, montrent cependant qu'il n'y a pas de différence notable entre la déperdition de l'électricité négative et celle de l'électricité positive, contrairement à ce que l'on observe avec les rayons ultra-violets.

En faisant varier la distance de la source radiante aux feuilles d'or l'effet observé est sensiblement le même, ce

TABLEAU I

VITESSE DU RAPPROCHEMENT DES FEUILLES D'OR DE L'ÉLECTROSCOPE
SULFATE URANICO-POTASSIQUE

(Surface, 10 centimètres carrés).

ÉLECTRICITÉ NÉGATIVE.												ÉLECTRICITÉ POSITIVE.		
1 ^{re} SÉRIE. Distance au-dessous des feuilles d'or $d = 1^c$.			2 ^e SÉRIE. Distance au-dessous des feuilles d'or $d = 2^c$.			3 ^e SÉRIE : $d = 1^c$. Interposition d'une lame d'aluminium de 2 ^{mm} .			4 ^e SÉRIE. Distance au-dessous des feuilles d'or $d = 2^c$.			5 ^e SÉRIE : $d = 1^c$.		
Heures.	α	$\frac{d\alpha}{dt}$	Heures.	α	$\frac{d\alpha}{dt}$	Heures.	α	$\frac{d\alpha}{dt}$	Heures.	α	$\frac{d\alpha}{dt}$	Heures.	α	$\frac{d\alpha}{dt}$
3 ^h 17 ^m	17°3	»	4 ^h 10 ^m	12°1	»	4 ^h 35 ^m	12°3	»	5 ^h 37 ^m	17°6	»	6 ^h 34 ^m	11°0	} 0,55 } 0,68
26	14°3	0,33	21	5°8	0,57	48,5	11°6	0,051	6 3	15°3	0,38	38	9°4	
36	9°9	0,44	26,5	2°6	0,58	5 13	10°0	0,065	6 21	5°1	0,57	45	5°0	
45	5°8	0,45	»	»	»	37	8°1	0,079	6 28	1°8	0,47	46	4°8	
»	»	»	»	»	»	52	5°8	0,153	»	»	»	48,5	2°6	

qui montre une influence de la masse totale d'air traversée par ces rayons, influence qui ne fut nettement mise en évidence que plus tard. Une lame d'aluminium épaisse de 2 millimètres, qui occupait une surface de (8° × 3°8), a réduit le rayonnement à 0,14 environ de sa valeur; on trouvera plus loin le nombre plus précis 0,16.

Cependant pour montrer que, tout imparfaite qu'elle était, cette première disposition donnait des résultats comparables, on citera une série d'expériences faites quelques jours plus tard en recouvrant la lamelle de sulfate double d'uranyle et de potassium avec diverses lames métalliques minces. Ces lames absorbaient le rayonnement qui atteignait directement les feuilles d'or, mais n'interceptaient pas le rayonnement latéral sur l'air ambiant; on verra plus

loin que toute la masse d'air rendue conductrice par ces rayons intervient dans la décharge, de sorte que l'effet des divers écrans devait être à peu près le même, ainsi que l'a montré l'expérience. Il a fallu réaliser une autre disposition pour mesurer l'absorption produite par ces diverses lames.

TABLEAU II

28 MARS 1896.											
SEL D'URANIUM PLACÉ A L'INTÉRIEUR DE LA CAGE DE L'ÉLECTROSCOPE A FEUILLES D'OR.											
1 ^{re} Série. Sel non recouvert.			2 ^o Série. Lame d'aluminium épaisseur = 0 ^{mm} ,10			3 ^o Série. Lame de cuivre épaisseur = 0 ^{mm} ,09			4 ^o Série. Lame de platine épaisseur = 0 ^{mm} ,035		
<i>t</i>	α	$\frac{d\alpha}{dt}$	<i>t</i>	α	$\frac{d\alpha}{dt}$	<i>t</i>	α	$\frac{d\alpha}{dt}$	<i>t</i>	α	$\frac{d\alpha}{dt}$
h. m.	degr.		h. m.	degr.		h. m.	degr.		h. m.	degr.	
1 44	10,3	»	2 04	13,9	»	3 22	16,5	»	4 18	19,0	»
54	4,5	0,58	30	10,5	0,13	42	13,0	0,17	33	16,6	0,16
»	»	»	52,5	6,7	0,17	4 15	6,5	0,20	42	15,2	0,15
»	»	»	3 12	3,7	0,15	»	»	»	59	12,6	0,15
»	»	»	»	»	»	»	»	»	5 11	10,6	0,17
5 ^e Série. Lames de platine et d'aluminium.			6 ^e Série. Sel non recouvert.			7 ^e Série. Lames d'aluminium et de cuivre.			8 ^e Série (29 mars). Sel non recouvert.		
h. m.	degr.		h. m.	degr.		h. m.	degr.		h. m.	degr.	
5 30	18,3	»	6 12	13,8	»	6 33	13,2	»	5 03	30,0	»
50	16,1	0,11	14,2	12,6	0,54	48	12,0	0,10	06,5	28,5	0,43
6	15,0	0,11	25	6,8	0,54	52	11,15	0,12	12	25,8	0,50
6 10	14,0	0,10	»	»	»	»	»	»	36	13,5	0,51
»	»	»	»	»	»	»	»	»	59	0,5	0,56

Ce tableau est donné à titre d'exemple des premières mesures. Un peu plus tard l'expérience fut disposée dans de meilleures conditions en agissant sur la boule de l'électroscope.

On voit que ces expériences conduisent à deux méthodes pour étudier les nouveaux rayons : la méthode photographique qui donne des résultats qualitatifs, et la méthode électrique qui peut fournir des valeurs numériques de comparaison.

Je m'attachai d'abord à rechercher l'existence ou la non-existence d'une cause excitatrice du rayonnement nouveau.

Dans quelques cas l'impression photographique produite par des échantillons d'un sel exposé à la lumière ou vivement éclairé par des étincelles électriques a paru être plus intense que l'impression produite par le même corps soigneusement maintenu à l'abri de toute excitation. On a reproduit Pl. II, fig. 10, une épreuve qui montre ce phénomène.

Mais il semble que ces faits soient accidentels, car des mesures électriques et les expériences faites en vue d'analyser les rayons actifs n'ont permis de constater aucune action de ce genre. Voici, par exemple, une des premières mesures faites pour rechercher cet effet.

SULFATE DOUBLE D'URANYLE ET DE POTASSIUM DANS L'ÉLECTROSCOPE
A 1° AU-DESSOUS DES FEUILLES D'OR (14 mars 1896)

SEL A L'ABRI DE L'EXCITATION			SEL EXCITÉ PAR LA LUMIÈRE DU MAGNÉSIUM.		
t	α	$\frac{d\alpha}{dt}$	t	α	$\frac{d\alpha}{dt}$
4 ^h 38 ^m	15°,8	»	5 ^h 12 ^m	19°,6	»
5 ^h 07 ^m	5°,8	0,34	5 ^h 39 ^m	10°,0	0,35

J'avais reconnu assez vite que le phénomène, même s'il eût été de la même nature que la phosphorescence, n'était pas lié à la phosphorescence visible, car tous les

sels d'uranium avec lesquels l'expérience avait été faite s'étaient montrés actifs, qu'ils fussent phosphorescents comme les sels d'uranyle, ou qu'ils ne le fussent pas comme les sels uraneux. Le sulfate uranique qui est fluorescent et le sulfate uraneux qui ne l'est pas, émettent l'un et l'autre des radiations invisibles presque aussi intenses, ainsi qu'on peut le voir dans la Pl. I, fig. 3 et 4.

On a encore fait dans le même ordre d'idées les expériences suivantes :

On sait que le nitrate d'uranyle cesse d'être phosphorescent ou fluorescent lorsqu'il est en dissolution, ou fondu dans son eau de cristallisation. Un cristal de ce sel, disposé dans un petit tube fermé par une plaque mince de verre, fut chauffé à l'obscurité de manière à éviter l'effet de toute radiation, même de la part de la lampe à alcool qui servait à élever la température; le sel, une fois fondu, a cristallisé de nouveau à l'obscurité, et fut placé ensuite sur une plaque photographique enveloppée de papier noir, en préservant toujours le sel de l'action de la lumière. Si l'on eût eu affaire à un phénomène de phosphorescence, comme toute excitation lumineuse avait été évitée depuis le moment où le sel avait cessé d'être phosphorescent, on eût dû n'observer aucun rayonnement. Or, l'impression a été aussi forte que celle des échantillons mis en expérience comparative sur la même plaque.

Sur cette même plaque se trouvaient encore des cristaux de nitrate d'uranyle reposant sur des lamelles de verre par des faces différentes et pour lesquels les effets ont été sensiblement les mêmes.

On a recherché encore si l'effet excitateur dont on avait

cru d'abord discerner quelques traces provenait d'une région particulière du spectre. A cet effet on disposa des surfaces unies formées de sulfate uranique et de sulfate double uranico-potassique; sur ces surfaces on projeta soit le spectre solaire, soit le spectre de l'arc électrique au travers d'un appareil en quartz. Les bandes d'excitation ultra-violettes se sont alors très nettement dessinées par fluorescence. Ces surfaces, après avoir subi cette excitation, furent appliquées sur des plaques photographiques, et l'impression obtenue fut uniformément noire, ne manifestant aucune différence entre les rayons émis par les régions qui étaient devenues fluorescentes, et celles qui n'avaient pas été excitées par la lumière. S'il existe des rayons excitateurs du rayonnement, ceux-ci ne sont ni des rayons lumineux, ni des rayons ultra-violetts compris dans les régions projetées sur les sels d'uranium.

Une lamelle de sulfate double uranico-potassique exposée au rayonnement d'un tube de Crookes et une lamelle non exposée ne manifestèrent aucune différence appréciable dans leur activité.

J'ai également recherché (1) si le rayonnement uranique communiquerait une activité à divers autres corps; mais je n'ai obtenu que des résultats négatifs. Le phénomène cherché se produit dans des conditions qui ont été découvertes en 1899 par M. Curie et par M. Rutherford.

On n'énumérera pas ici toutes les expériences réalisées pour reconnaître si diverses substances se laissent plus ou moins facilement traverser par les rayons de l'uranium.

(1) *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, t. CXXII, p. 766, 30 mars 1896.

On donne seulement (Pl. III, fig. 11) la reproduction d'une épreuve obtenue en plaçant divers petits écrans sous des lames de sulfate double d'uranium et de potassium.

J'avais encore essayé, le 31 mars 1896, de reconnaître si un solide isolant, tel que la paraffine, placé entre un conducteur chargé et un électroscope à décharges, devient conducteur sous l'influence des nouveaux rayons. L'expérience n'a rien donné avec l'uranium, mais j'ai observé plus tard le phénomène avec des corps plus actifs.

J'insisterai davantage sur des particularités et sur des anomalies qui m'ont longtemps induit en erreur au sujet de la nature des rayons nouveaux. Les bords de tous les écrans minces placés sur des plaques photographiques et traversés obliquement par le rayonnement sont entourés d'une ombre portée. On verra plus loin de très curieux effets de ce phénomène qui est général. La première idée qui venait naturellement à l'esprit était d'attribuer cet effet à une réflexion totale consécutive d'une réfraction, et l'on pouvait être confirmé dans cette idée par les épreuves obtenues en couvrant les sels actifs avec un miroir métallique, par certaines impressions obtenues près des arêtes de prismes, et surtout par la belle épreuve obtenue avec le sulfure de calcium (Pl. II, fig. 5) dont il sera question dans le chapitre suivant, épreuve qui semble bien attribuable à des rayons ayant la même nature que la lumière.

On devait alors rechercher si une combinaison de cristaux biréfringents absorbants ne manifesterait pas des phénomènes de polychroïsme montrant à la fois la polarisation et le caractère de transversalité d'un mouvement constituant ces rayons.

Dans ce but on forma un écran avec deux morceaux d'une même lame de tourmaline ; ces morceaux croisés l'un à côté de l'autre reposaient sur une lame unique d'une autre tourmaline, et cette combinaison optique laissait passer deux faisceaux lumineux inégalement intenses. Sur ce système on plaça une lamelle de sulfate double uranico-potassique, et le tout fut posé sur une plaque photographique enveloppée de papier noir. La plaque développée au bout de soixante heures a montré la silhouette des tourmalines, et l'impression au travers des tourmalines dont les axes étaient parallèles, était plus forte qu'au travers des tourmalines croisées.

Une seconde épreuve faite avec les premières tourmalines donna un résultat dans le même sens que le premier ; cette épreuve est reproduite Pl. II, fig. 6, mais l'effet est sans doute dû à un accident, car toutes les épreuves faites depuis, soit avec les mêmes tourmalines soit avec un grand nombre d'autres, ont donné des résultats négatifs et les deux faisceaux transmis furent également intenses. La figure suivante (Pl. II, fig. 8) reproduit une épreuve obtenue avec le même dispositif, du 24 juillet au 7 nov. 1896.

Je n'aurais donc pas énoncé un résultat erroné relatif à la nature des rayons uraniques, sans le concours de circonstances et d'anomalies dont je viens de parler ; l'un de ces phénomènes anormaux paraît assez important pour faire l'objet d'une discussion particulière dans le chapitre II.

Les rayons de l'uranium ne se réfléchissent pas et ne se réfractent pas comme la lumière.

Un grand nombre d'expériences faites en disposant au-dessus des sources radiantes des miroirs métalliques concaves donnant sur les plaques photographiques des images de ces sources n'ont jamais reproduit ces images; elles ont seulement donné des impressions diffuses, avec des maxima d'intensité dans le voisinage des parois des miroirs qui étaient les plus voisins des plaques. On verra plus loin que les rayons qui proviennent du miroir sont dus à un rayonnement secondaire très absorbable par l'air. Des expériences faites le 22 mars 1896, par la méthode électrique, avaient montré que le rayonnement d'une lamelle de sulfate double intercepté dans son trajet rectiligne par un écran de platine épais, mais projeté par un miroir sur la boule d'un électroscope, ne produit sur celui-ci aucun effet appréciable de décharge.

Enfin il est une expérience fondamentale, qui en l'absence des anomalies que je viens de signaler eût dû entraîner de suite la conviction (1). Entre deux lames de verre de même épaisseur, on tassa de la poudre de verre obtenue en pulvérisant un fragment du même verre. Dans ces conditions la bande de verre pulvérisé apparaît comme opaque à la lumière ordinaire. Or, on sait que le rayonnement émis par un tube de Crookes traverse la poudre de verre avec la même facilité qu'une lame de verre homogène; c'est là une des expériences fondamentales de M. Röntgen. Dans les conditions qui viennent d'être indiquées la bande de verre pulvérisé s'est comportée comme notablement

(1) *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, t. CXXII, p. 766, 30 mars 1896.

plus transparente pour les radiations uraniques que les lames de verre voisines. La quantité de matière traversée étant moindre dans la matière pulvérisée, on doit en conclure que la transmission a eu lieu sans réflexion ni réfraction totale analogue à celles de la lumière. La figure 9 de la Pl. II reproduit l'une de ces expériences.

Comme on l'a vu plus haut, tous les sels d'uranium étudiés au point de vue de l'émission des nouveaux rayons, que ces sels soient fluorescents comme les sels uraniques, ou qu'ils ne le soient pas comme les sels uraneux, ont manifesté des propriétés radiantes à peu près également intenses, permanentes et insensibles à toute excitation extérieure. Parmi les divers corps avec lesquels j'avais expérimenté, les corps contenant de l'uranium avaient seuls montré cette émission. J'ai donc été conduit à penser que l'activité radiante n'était pas, comme la phosphorescence, liée à un état particulier, physique ou chimique de la substance, mais que l'effet était dû à l'élément uranium (1), et que l'activité était une propriété moléculaire caractéristique de l'atome de cet élément. L'uranium métallique devait alors être le plus actif des corps étudiés.

Une petite quantité d'uranium en poudre que je possédais depuis longtemps dans mon laboratoire manifesta une action énergique; puis M. Moissan ayant eu l'obligeance de me donner quelques échantillons d'uranium métallique presque pur, j'ai pu faire de nombreuses expériences soit par la méthode électrique, soit par la méthode photogra-

(1) *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, t. CXXII, p. 1087, 18 mai 1896.

TABLEAU III

URANIUM MÉTALLIQUE ET SULFATE DOUBLE URANICO-POTASSIQUE
SURFACES ÉGALES (SURFACE 35 CENTIMÈTRES CARRÉS)

ANGLE DES FEUILLES D'OR.	19 MAI 1896.				20 MAI 1896							
	1		2		3		4		5		6	
	Uranium.		Sulfate.		Uranium.		Uranium.		Uranium.		Sulfate.	
	t	$\frac{d\alpha}{dt}$	t	$\frac{d\alpha}{dt}$	t	$\frac{d\alpha}{dt}$	t	$\frac{d\alpha}{dt}$	t	$\frac{d\alpha}{dt}$	t	$\frac{d\alpha}{dt}$
degrés.	m. s.		m. s.		m. s.		m. s.		m. s.		m. s.	
24	»	»	»	»	»	»	»	0	»	»	»	»
23	»	»	»	»	»	»	»	15	4,0	»	»	»
22	0	»	»	»	»	0	»	27	5,0	»	»	»
21	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	0	»
20	25	4,50	»	»	0	»	25	4,50	52	4,08	47	1,27
18	»	»	»	»	»	»	45	6,00	1 7	8,00	2 13	1,39
17	»	»	»	»	30	6,00	»	»	»	»	»	»
16	1	6,85	0	»	»	»	1	8,00	1 25	6,66	3 34	1,49
15	»	»	»	»	45	8,00	»	»	»	»	»	»
14	»	»	»	»	»	»	1 17	7,06	1 41	7,50	4 40	1,82
13	»	»	2 0	1,08	»	»	»	»	»	»	»	»
12	1 35	6,56	2 30	2,00	1 08	7,83	1 48	7,74	1 56	8,00	5 45	1,84
10	1 50	8,00	3 25	2,08	1 22	8,50	»	»	2 11	8,00	»	»
8	»	»	»	»	1 37	8,00	»	»	»	»	7 39	2,10
6	2 17	8,88	»	»	»	»	2 12	10,00	2 38	8,88	8 21	2,85
5	»	»	5 25	2,50	»	»	»	»	»	»	»	»
4	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	9 15	2,22
3	»	»	6 10	2,66	»	»	»	»	»	»	»	»
2	2 45	8,57	6 35	2,40	2 14	9,73	2 40	8,57	3 03	9,60	10 10	2,18
1	»	»	7 0	2,40	»	»	»	»	»	»	10 54	1,36
0	»	»	»	»	2 30	7,50	2 55	8,00	3 24	5,00	»	»

phique. On trouvera à la fin de ce chapitre une série de mesures relatives à la comparaison du rayonnement de l'uranium, et de celui du sulfate uranico-potassique. Le tableau III donne les dernières séries faites par la méthode précédemment employée, puis bientôt abandonnée, en plaçant les corps à l'intérieur de l'électroscope. Ils ont été

cités pour montrer que malgré l'imperfection de la méthode les résultats peuvent être comparés à ceux que donnent les dispositions meilleures employées dans la suite.

Les nombres de ce tableau mettent bien en évidence la défectuosité expérimentale. La vitesse de la décharge $\frac{d\alpha}{dt}$ est une fonction de l'écartement α des feuilles d'or;

d'une part cet écartement n'est pas proportionnel au potentiel, et, d'autre part, suivant la valeur de l'angle α les feuilles d'or sont à des distances très variables de la surface rayonnante. Cependant en comparant les durées qui correspondent à des variations d'angles identiques, on trouve des nombres très comparables donnant des vitesses de déperdition en moyenne 3,66 fois plus grandes pour l'uranium que pour le sulfate double.

Pour éviter l'un des principaux inconvénients qui viennent d'être signalés l'expérience fut disposée de la manière suivante : au lieu de la disposition représentée plus haut (fig. 1), le couvercle fut remplacé par un tube ouvert, en fer ou en cuivre, sur lequel on plaçait la surface rayonnante; celle-ci agissait alors sur la boule de l'électroscope, ou, comme on le verra plus loin, sur l'air entourant ce conducteur (fig. 2). En faisant reposer les surfaces actives sur des plaques métalliques épaisses percées d'une ouverture on réalisait des surfaces radiantés rigoureusement égales, et à des distances constantes de la boule électrisée de l'électroscope.

Dans une première série, le 20 mai 1896, le rayonnement traversait une ouverture rectangulaire de ($2^{\circ},6 \times 2^{\circ},2$) pratiquée dans une mince lame de cuivre, et la surface active

était à $21^{\text{mm}},5$ de la boule de l'électroscope. La comparaison des vitesses $\frac{d\alpha}{dt}$ a donné, pour le rapport de l'action de l'uranium et du sulfate à surface égale, le nombre 3,67, presque identique au précédent.

Pour bien montrer le perfectionnement qui correspond à cette seconde disposition, je rapporterai quelques séries

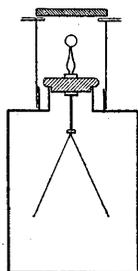


Fig. 2.

faites avec un disque de fonte d'uranium contenant quelques centièmes de carbone et mesurant 67 millimètres de diamètre sur 5 millimètres environ d'épaisseur moyenne. Ce disque était soutenu par un tube en fer-blanc de 65 millimètres de diamètre et de 95 millimètres de hauteur; la surface était à $21^{\text{mm}},5$ de la boule qui avait $15^{\text{mm}},80$ de diamètre. Ces séries avaient pour but d'établir

définitivement si une excitation par la lumière du soleil se traduisait par une variation dans l'intensité de l'émission.

Les nombres du tableau suivant (tableau IV) montrent que cette influence est inappréciable. Ce tableau fait encore voir que, dans ces nouvelles conditions, la vitesse du rapprochement des feuilles d'or, $\frac{d\alpha}{dt}$, est à peu près indépendante de la valeur de l'angle α , et sensiblement constante, sauf pour les faibles valeurs de α .

Diverses autres séries, faites en plaçant le disque d'uranium à différentes distances de la boule de l'électroscope, et dont on ne donne pas le détail, ont conduit à des conclusions identiques.

Les tableaux suivants sont relatifs à la comparaison des

effets produits par l'uranium métallique et par le sulfate double uranico-potassique, à surfaces égales.

TABLEAU IV

(21 MAI 1896). — DISQUE D'URANIUM

Angles des feuilles d'or.	1. LUMIÈRE FAIBLE.		2. LUMIÈRE FAIBLE.		3. APRÈS INSOLATION PENDANT 25 ^m .		4. LUMIÈRE FAIBLE DIX MINUTES APRÈS LA SÉRIE 3.		5. APRÈS INSOLATION PENDANT 4 ^m .		6. APRÈS INSOLATION PENDANT 36 ^m .	
	α	t	$\frac{d\alpha}{dt}$	t	$\frac{d\alpha}{dt}$	t	$\frac{d\alpha}{dt}$	t	$\frac{d\alpha}{dt}$	t	$\frac{d\alpha}{dt}$	t
0	m. sec.		m. sec.		m. sec.		m. sec.		m. sec.		m. sec.	
26	»	»	»	»	0	»	»	»	»	»	»	»
24	»	»	»	»	17	7,06	»	»	»	»	»	»
22	»	»	0	»	37	6,00	»	»	0	»	0	»
20	»	»	20	6,00	56	6,31	0	»	19	6,31	17,5	6,85
18	»	»	40	6,00	1 15	6,31	19	6,31	35	7,50	37,5	6,00
16	0	»	58	6,66	1 35	6,00	37	6,60	55	6,00	57	6,15
14	20	6,00	1 18	6,00	1 55	6,00	57	6,00	1 15	6,00	1 17	6,00
12	40	6,00	1 38	6,00	2 15	6,00	1 15	6,60	1 35	6,00	1 37,5	6,00
10	1 00	6,00	1 58	6,00	2 35	6,00	1 37	5,45	1 55	6,00	1 57	6,00
8	1 22	5,45	2 18	6,00	2 56	5,71	1 59	5,45	2 14	6,31	2 16	6,31
6	1 43	5,71	2 40	5,45	3 18	5,45	2 16	7,06	2 34	6,00	2 37	5,71
4	2 5	5,45	3 00	6,00	3 36	6,60	2 36	6,00	2 55	5,71	2 57,5	6,15
2	2 30	4,80	3 25	4,80	4 00	5,00	3 00	5,00	3 17	5,45	3 20	5,33
1	2 50	3,00	3 55	2,00	4 17	3,53	3 16	3,75	3 33	3,75	3 36	4,28

Les feuilles d'or chargées et abandonnées à elles-mêmes se sont rapprochées de 13° en 19 heures 30 min.

$\frac{d\alpha}{dt} = 0,011.$

Lorsqu'il n'est pas fait spécialement mention de la surface, la totalité de la section du tube était utilisée. Le disque d'uranium était posé sur la partie supérieure ouverte du tube, et les lamelles de sulfate étaient maintenues par quelques fils tendus très fins formant de très larges mailles.

TABLEAU VI

	28 MAI 1896.								30 MAI 1896.							
	URANIUM						SULFATE DOUBLE.		SULFATE DOUBLE				URANIUM			
	1 Sans écran.		2 Écran d'aluminium.		3 Écran de cuivre.		4 Écran d'aluminium.		5 Sans écran.		6 Écran d'aluminium.		7 Sans écran.		8 Écran d'aluminium.	
	t	$\frac{d\alpha}{dt}$	t	$\frac{d\alpha}{dt}$	t	$\frac{d\alpha}{dt}$	t	$\frac{d\alpha}{dt}$	t	$\frac{d\alpha}{dt}$	t	$\frac{d\alpha}{dt}$	t	$\frac{d\alpha}{dt}$	t	$\frac{d\alpha}{dt}$
m. s.		m. s.		m. s.		m. s.		m. s.		m. s.		m. s.		m. s.		
20	0	"	"	"	"	"	"	0	"	0	"	0	"	0	"	
19	"	"	0	"	0	"	0	"	34	1,76	3 50	0,26	"	"	1 21	0,74
18	18	6,66	1 30	0,66	2 12	0,45	3 35	0,28	1 07	1,82	7 45	0,29	"	"	3 00	0,60
17	"	"	3 05	0,63	4 35	0,42	7 25	0,26	1 45	1,58	11 3	0,26	27	6,66	4 45	0,57
16	36	6,66	4 40	0,63	"	"	10 50	0,29	2 20	1,71	14 27	0,29	"	"	6 04	0,76
15	"	"	6 20	0,60	9 00	0,44	14 30	0,27	2 58	1,56	"	"	48	5,71	7 43	0,60
14	57	5,71	7 54	0,64	"	"	18 20	0,26	3 34	1,66	"	"	"	"	"	"
13	"	"	9 30	0,62	"	"	21 30	0,32	4 07	1,82	"	"	"	"	"	"
12	1 16	6,31	11 07	0,61	"	"	"	"	4 46	1,54	"	"	1 17	6,20	"	"
11	"	"	"	"	"	"	"	"	5 18	1,87	"	"	"	"	"	"
10	1 36	6,00	14 28	0,60	"	"	"	"	5 59	1,46	"	"	1 35	6,66	"	"
9	"	"	"	"	"	"	"	"	6 32	1,82	"	"	"	"	"	"
8	1 57	5,71	"	"	"	"	"	"	7 07	1,71	"	"	1 55	6,00	"	"
7	"	"	"	"	"	"	"	"	7 44	1,62	"	"	"	"	"	"
6	2 17	6,00	"	"	"	"	"	"	8 20	1,66	"	"	2 14	6,31	"	"
5	"	"	"	"	"	"	"	"	9 01	1,46	"	"	"	"	"	"
4	2 38	5,71	"	"	"	"	"	"	9 41	1,50	"	"	2 34	5,45	"	"
3	"	"	"	"	"	"	"	"	10 20	1,54	"	"	"	"	"	"
2	3 03	4,80	"	"	"	"	"	"	11 09	1,22	"	"	2 58	5,45	"	"

TABLEAU VII

TABLEAU VIII

31 MAI 1896 URANIUM MÉTALLIQUE.							10 NOV. 1896. 4 URANIUM SÉRIE DE COMPARAISON.		4 JUIN 1896. SULFATE DOUBLE URANICO-POTASSIQUE.								4 JUIN 1896. SULFATE DOUBLE URANICO-POTASSIQUE (AUTRE ÉCHANTILLON).				
α	1 Sans écran.		2 Papier noir.		3 Lame de cuivre.		t	$\frac{d\alpha}{dt}$	5 Sans écran.		6 Sans écran.		7 Papier noir.		8 Lame de cuivre.		α	Sans écran.		Au travers de l'aluminium.	
	t	$\frac{d\alpha}{dt}$	t	$\frac{d\alpha}{dt}$	t	$\frac{d\alpha}{dt}$			t	$\frac{d\alpha}{dt}$	t	$\frac{d\alpha}{dt}$	t	$\frac{d\alpha}{dt}$	t	$\frac{d\alpha}{dt}$		t	$\frac{d\alpha}{dt}$	t	$\frac{d\alpha}{dt}$
	m. sec.		m. sec.		m. sec.		m. sec.		m. sec.		m. sec.		m. sec.		m. sec.		m. sec.		m. sec.		m. sec.
20	0	"	0	"	0	"	0	"	0	"	0	"	0	"	0	"	20	0	"	0	"
19	"	"	1 20	0,75	"	"	"	"	31	1,93	34	1,76	3 08	0,32	4 36	0,21	19	25	2,40	4 12	0,24
18	20	6,00	2 52	0,65	"	"	20	6,00	1 01	2,00	1 05	1,93	6 02	0,34	9 45	0,19	18	54	2,07	7 49	0,27
17	"	"	4 10	0,77	6 36	0,43	30	6,00	1 38	1,62	1 35	2,00	8 59	0,34	15 31	0,17	17	1 23	2,07	"	"
16	38	6,66	5 45	0,63	9 12	0,44	40	6,00	2 14	1,66	2 10	1,71	"	"	20 35	0,19	16	1 51	2,14	14 15	0,31
15	"	"	7 11	0,69	11 46	0,39	50	6,00	2 56	1,43	2 52	1,43	15 16	0,31	26 10	0,18	15	2 22	1,93	"	"
14	59	5,71	8 45	0,64	14 15	0,40	60	6,00	3 31	1,71	3 31	1,54	18 30	0,31	31 35	0,18	14	2 54	1,87	"	"
13	"	"	10 10	0,70	16 27	0,45	1 10,5	5,71	4 03	1,87	4 03	1,87	21 40	0,31	36 32	0,20	13	3 20	2,31	"	"
12	1 19	6,00	11 37	0,69	18 46	0,43	1 20	6,31	4 45	1,43	4 36	1,80	24 29	0,35	"	"	12	3 50	2,00	"	"
11	"	"	12 58	0,74	21 00	0,44	"	"	5 12	1,22	5 09	1,80	27 21	0,34	"	"	11	4 21	1,93	"	"
10	1 39	6,00	14 21	0,72	23 11	0,45	1 40	6,00	5 50	1,58	5 45	1,66	30 33	0,31	"	"	10	4 49	2,14	"	"
9	"	"	"	"	"	"	1 52	5,00	6 31	1,40	"	"	"	"	"	"	9	5 11	1,93	"	"
8	1 58	6,31	"	"	"	"	2 02	6,00	7 02	1,93	"	"	"	"	"	"	8	5 33	2,14	"	"
7	"	"	"	"	"	"	2 13	5,45	7 36	1,76	"	"	"	"	"	"	7	5 55	1,84	"	"
6	2 18	6,00	"	"	"	"	"	"	8 15	1,54	"	"	"	"	"	"	6	6 17	1,84	"	"
4	2 39	5,71	"	"	"	"	2 45	5,62	9 32	1,55	"	"	"	"	"	"	4	7 59	2,00	"	"
2	3 00	5,71	"	"	"	"	3 09	5,00	"	"	"	"	"	"	"	"	2	9 05	1,82	"	"

RÉSUMÉ DES SÉRIES PRÉCÉDENTES

 COMPARAISON DES EFFETS PRODUITS PAR DES SURFACES ÉGALES D'URANIUM
 ET DE SULFATE DOUBLE URANICO-POTASSIQUE

SÉRIES	RAPPORTS DES MOYENNES DES VALEURS DE $\frac{d\alpha}{dt}$ (1).	RAPPORTS INVERSES DES DURÉES TOTALES DE LA CHUTE DES FEUILLES D'OR (1).
Séries du tableau III.	3,66	»
Série du 20 mai	3,63	3,71
Tableau V. Séries 1-2.	3,70	3,68
— — 3-4-5	3,22	3,24
— — 6-7	3,72	3,67
— VI. Séries 5-7.	3,67	3,71
— VII. Séries différentes.	3,51	3,57

(1) L'action sulfate double étant prise pour unité.

INTENSITÉS AU TRAVERS DE DIVERS ÉCRANS

	SANS ÉCRAN. $\frac{d\alpha}{dt}$	PAPIER NOIR.		ALUMINIUM.		CUIVRE.	
		$\frac{d\alpha}{dt}$	RAPPORT.	$\frac{d\alpha}{dt}$	RAPPORT.	$\frac{d\alpha}{dt}$	RAPPORT.
Uranium.	6,22	0,730	0,117	0,624	0,1003	0,437	0,0702
	6,07	0,698	0,115	»	»	0,429	0,0705
	6,19	»	»	0,654	0,105	»	»
Sulfate double uranico-potassique.	1,690	»	»	0,275	0,162	»	»
	1,747	0,325	0,186	»	»	0,188	0,1076

Le résumé des valeurs numériques obtenues montre que les moyennes de chaque série diffèrent peu de la moyenne déduite du tableau III avec l'ancienne disposition à l'intérieur de l'électroscope.

On avait trouvé le nombre 3,66 comme rapport de l'effet de l'uranium à celui du sulfate double.

La moyenne des diverses séries, en écartant l'une d'elles manifestement plus faible que les autres, conduit au même nombre 3,66. Les divergences entre les mesures montrent que dans ces expériences on ne peut répondre du second chiffre décimal. La colonne 4 du tableau VII contient le résultat de deux séries d'expériences faites quatre mois plus tard et qui font voir que les propriétés de l'uranium n'ont pas varié pendant ce temps.

Le tableau n° VIII est relatif à un échantillon de sulfate double uranico-potassique qui s'est comporté comme un peu plus fort (1,2) que le sulfate ancien ayant servi à toutes ces recherches. Cette différence paraît tenir à ce que la surface de ce dernier produit était parsemée de mame-lons cristallins donnant une surface radiante un peu plus grande que celle de la projection plane de la surface utilisée.

Les écrans interposés dont on a mesuré l'absorption ont été : une feuille de papier noir, une lame d'aluminium de 0^{mm},10 d'épaisseur, et une lame de cuivre ayant 0^{mm},09 d'épaisseur. Les moyennes des rapports entre l'effet de la radiation au travers de l'écran et l'effet de la radiation non absorbée sont les suivants :

ÉCRANS.	URANIUM.	SULFATE DOUBLE.	RAPPORTS.
Papier noir.	0,116	0,186	1,60
Aluminium 0 ^{mm} ,10 . . .	0,102	0,162	1,59
Cuivre 0 ^{mm} ,09.	0,070	0,107	1,53

On voit par ce résumé que, dans la radiation totale

émise par le sulfate double, la partie efficace pour décharger l'électroscope est proportionnellement moins absorbée que celle de l'uranium métallique.

Ce fait peut constituer une forte présomption, sinon une preuve de l'hétérogénéité du rayonnement; cette conclusion pouvait déjà être déduite des expériences imparfaites données dans le tableau II.

Enfin, comme contrôle de l'expérience rapportée dans le tableau II, on peut citer les nombres suivants empruntés à une expérience du 2 février 1897 avec le disque d'uranium en présence de l'électroscope chargé soit d'électricité positive soit d'électricité négative.

α	t	
	+	-
0	min. sec.	min. sec.
20	0	0
15	1 9	1 9
10	2 19	2 21
1	4 48	4 51

Ces nombres montrent que le rayonnement décharge avec la même vitesse les corps électrisés positivement et les corps électrisés négativement.