

seulement que quand une glace sensible, enfermée dans une enveloppe de papier noir et recouverte d'un objet quelconque, est exposée — en la protégeant de toute lumière — aux effluves d'un métal frappé par le soleil, on obtient, au bout d'un quart d'heure d'exposition, la silhouette de l'objet placé sur le papier noir. Avec les métaux exposés directement au soleil, l'impression sur la plaque photographique est parfois intense, souvent nulle, et trop incertaine, en résumé, pour pouvoir fournir un élément d'investigation scientifique.

J'ai toujours observé d'ailleurs qu'après quelque temps d'exposition au soleil, un métal perd généralement la propriété de donner des images photographiques, alors même que, dans l'obscurité, on expose une plaque sensible directement sur la face du métal insolée, au lieu de la placer par dessous. Le phénomène tient comme je le montrerai plus loin, à ce que le métal épuise rapidement, sous l'influence d'une légère chaleur, la provision d'émanation radioactive qu'il contient et qui ne se reforme que très lentement.

Diffusion des effluves provenant de la dissociation des corps par la lumière. — Une des propriétés les plus curieuses que j'ai constatées chez ces effluves est la rapidité de leur diffusion. Elle leur permet de contourner immédiatement tous les obstacles.

Cette diffusion est si considérable, que, dans les expériences précédemment exposées, le plateau de l'électroscope peut être mis derrière le miroir métallique, entièrement caché par lui et, par conséquent, à l'abri de toute lumière, sans que la décharge soit supprimée. Elle est seulement réduite au septième de ce qu'elle était, avec un miroir d'aluminium. Si l'électroscope est placé latéralement à côté du miroir, de façon que son bord extrême soit à 1 centimètre en dedans de la verticale qui tombe de ses bords, la décharge est à peine réduite de 1/10. Si l'électroscope est éloigné à 10 centimètres de la même extrémité de ses bords, la décharge n'est réduite que des trois quarts. Les effluves ont donc contourné entièrement l'obstacle formé par le miroir. Sans doute, la propagation se fait en partie par l'air, mais elle se fait aussi par les parois mêmes du miroir sur lequel les particules dissociées semblent adhérer et glisser, à moins qu'elles soient arrêtées par une surface non métallique. C'est ce qu'on prouve par l'expérience suivante qui réussit très bien au soleil :

Une lame d'aluminium, dont une face est intentionnellement très oxydée, pour la rendre inactive, et l'autre face nettoyée à l'émeri, est placée au-dessus de l'électroscope (fig. 45), de façon que la face nettoyée seule soit frappée par la lumière et envoie des effluves sur le plateau de l'électroscope. La décharge de l'instrument correspond, dans ces conditions, à 20° en 15 secondes. On retourne alors la lame de métal, de façon que ce soit la face oxydée qui

regarde l'électroscope, sur lequel elle porte ombre, et la face nettoyée qui regarde le soleil. Les effluves produits ne peuvent dès lors agir sur l'électroscope qu'en contournant la lame. Or, la décharge est encore de 5° en 15 secondes. Sans rien toucher au dispositif qui précède, on colle une bande de papier noir de 2 centimètres de largeur sur les bords de la face non oxydée regardant le soleil. Cette bande empêche le contournement des particules, et la décharge de l'électroscope s'arrête.

Les métaux frappés par la lumière conservent pour la plupart une très légère charge résiduelle qui leur permet de décharger un peu l'électroscope dans l'obscurité pendant quelques instants. Il suffit donc d'insoler un métal nettoyé et le poser dans l'obscurité, au-dessus de l'électroscope, pour qu'il se produise pendant quelques instants une légère décharge.

Mécanisme de la décharge des corps électrisés par les particules de matière dissociée. — Le mécanisme de la décharge des corps électrisés par les effluves de matière dissociée, par la lumière, par les gaz des flammes, par les émanations des corps radio-actifs ou encore par les rayons cathodiques, est toujours le même. Elles agissent en rendant l'air conducteur. La figure 44 et l'explication placée au-dessous fait très bien comprendre le mécanisme de leur action.

Transparence de la matière pour les effluves d'atomes dissociés. — Les particules de matière dissociée traversent-elles les obstacles matériels? Nous savons qu'il en est ainsi pour les rayons β du radium mais non pour les rayons α , qui forment 99 % de l'émission et sont arrêtés par une mince feuille de papier. Comment les choses se passent-elles pour les particules des corps dissociés par la lumière?

Il semble facile au premier abord de constater le phénomène de la transparence. Possédant un réactif sensible à certaines radiations, nous interposons entre ces radiations et lui le corps dont nous voulons essayer la transparence. Si l'effet se produit à travers l'obstacle nous dirons que le corps a été traversé. Rien n'est plus simple en apparence. Rien n'est plus trompeur en réalité.

Il arrive parfois en effet que le corps semble traversé alors qu'il ne l'est pas du tout. Il peut être simplement contourné, ce qui arrive précisément dans le cas des corps très diffusibles, comme il a été montré dans le paragraphe précédent, ou dans le cas des radiations ayant une grande longueur d'onde, les ondes hertziennes par exemple. C'est cette transparence apparente qui avait autrefois illusionné les physiciens sur la transparence supposée des corps conducteurs et isolants pour les ondes électriques. Elle fut admise jusqu'aux recherches que nous avons effec-

tuées avec Branly¹, et dans lesquelles nous prouvâmes que les montagnes et les maisons étaient contournées et non traversées, et que si les métaux paraissent traversés, c'est que les ondes

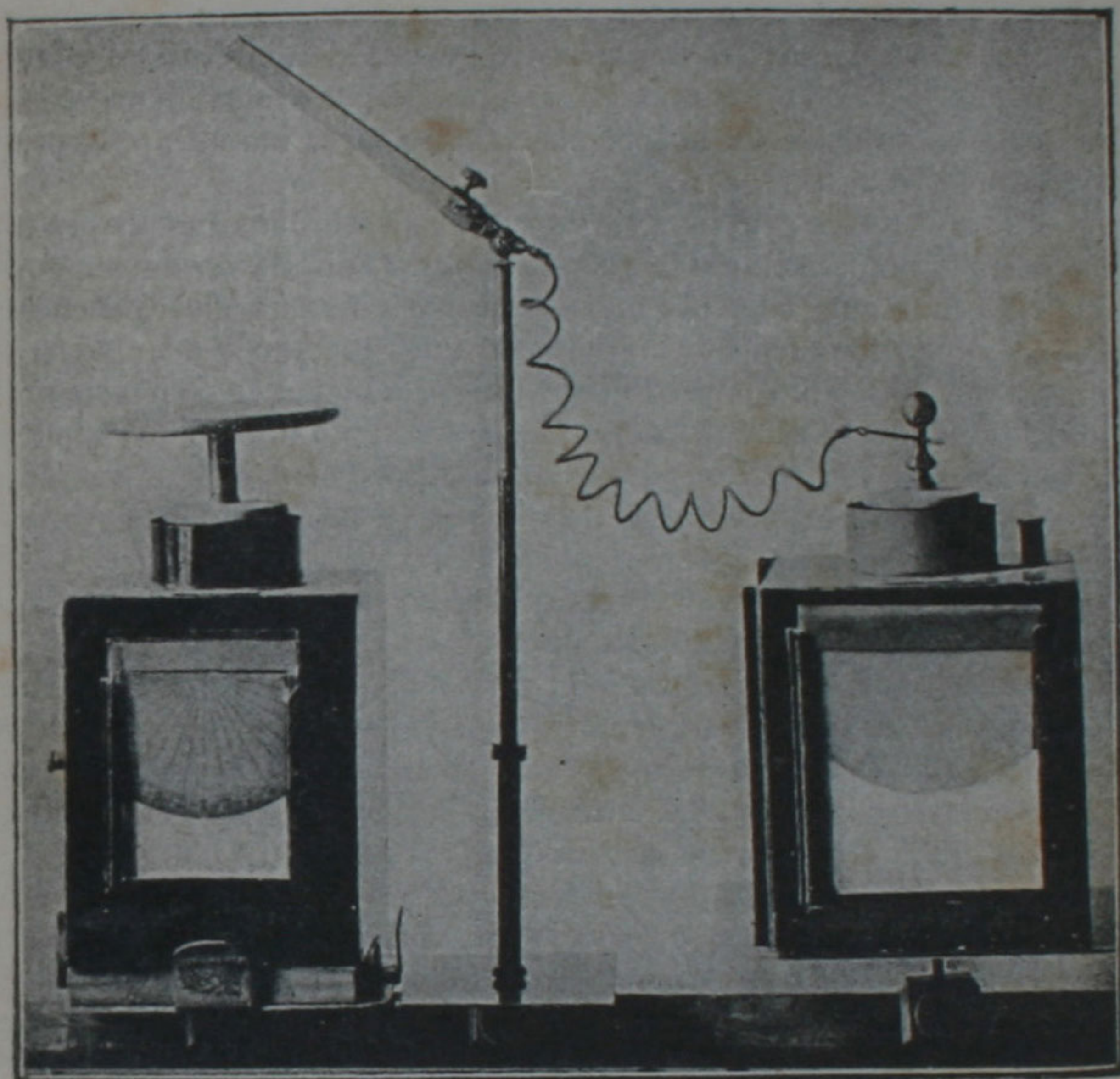


FIG. 44.

Mécanisme de la décharge d'un électroscope par les effluves de matière dissociée qui se dégagent des métaux frappés par la lumière solaire. — La lame métallique, placée sur un support isolant, est reliée à un électroscope non chargé par un fil conducteur et mise au-dessus d'un électroscope chargé. L'appareil étant exposé à la lumière solaire, les effluves qui se dégagent rendent l'air conducteur. Il en résulte que l'électroscope chargé se décharge en même temps que l'autre se charge. Les choses se passent comme si les deux électroscopes étaient reliés par un fil.

hertziennes passent à travers les fentes de boîtes qui semblent hermétiquement closes et le seraient en effet pour de la lumière.

La transparence apparente peut être encore la conséquence de ce

1. Exposées dans les *Comptes rendus de l'Académie des Sciences* et dans la *Revue Scientifique*.

qu'une face d'un corps étant frappée par une radiation il se produit, par une sorte d'induction, une radiation identique sur la partie de l'autre face correspondant au point frappé. J.-J. Thomson a soutenu qu'il en était précisément ainsi pour les rayons cathodiques et Villard croit qu'il en est de même pour les métaux sur lesquels agissent les radiations de radium. L'impression photographique à travers un métal serait la simple conséquence d'une émission secondaire sur la face postérieure de la lame frappée et en face du point frappé.

On a une image grossière de ce qui se passe dans ces divers cas en prenant pour exemple la propagation du son. Si on enferme un individu dans une enceinte métallique parfaitement close, il entendra très bien tous les instruments de musique joués au dehors de l'enceinte. Les vibrations de l'air qui produisent le son semblent donc traverser le métal. On sait cependant qu'il n'en est rien et que l'air qui frappe les parois métalliques se borne à les faire vibrer. Les vibrations d'une des faces du métal se propagent à l'autre face qui met à son tour en vibration l'air avec lequel elle est en contact. Les vibrations semblent ainsi avoir traversé le métal qui est cependant absolument opaque pour l'air.

Un raisonnement analogue peut être d'ailleurs appliqué à toutes les formes de la transparence des corps. On pourrait même y faire entrer le cas de la transparence pour la lumière, si cette hypothèse pouvait se concilier facilement avec le phénomène de l'aberration.

Quoi qu'il en soit, la solution complète du problème de la transparence est difficile et le fait seul que d'éminents physiciens n'ont pu se mettre d'accord sur la transparence des corps pour les rayons cathodiques et pour les émanations des corps radio-actifs, montre suffisamment la difficulté de la question. Tout ce que nous pouvons dire d'un corps supposé transparent, c'est que les choses se passent exactement comme s'il était transparent.

Dans le cas des effluves de matière dissociée par la lumière, le problème est encore compliqué par l'extrême diffusion de ces effluves, qui leur permet de contourner tous les obstacles, comme nous l'avons vu. Si on se bornait à interposer une lame métallique entre les effluves et l'électroscope, on serait conduit à des résultats très erronés. Il faudrait lui donner des dimensions excessives, ce qui serait peu pratique.

Pour constater la transparence — ou, si l'on préfère, l'équivalent de la transparence — il est nécessaire que le corps sur lequel on veut agir soit entouré d'une enceinte close de tous côtés. C'est ce que nous avons obtenu avec notre électroscope condensateur différentiel grâce auquel il a été possible d'étudier la transparence des corps pour les effluves émis par la lumière, par les corps radio-actifs, par les gaz des flammes, par les réactions chimiques, etc. Son emploi nous a permis de constater une transpa-

rence apparente, mais en étudiant davantage le phénomène j'ai été conduit à reconnaître, comme on le verra plus loin, que tous les corps contiennent une émanation analogue à celle que les substances spontanément radio-actives renferment, et qui paraît être la cause des actions observées.

Élimination des causes d'erreur. Influence des ondes hertziennes accompagnant les étincelles électriques employées pour produire l'ultra-violet. — Toutes les expériences qui viennent d'être exposées sont d'une réalisation extrêmement facile, quand on opère au soleil. Il n'y a que deux précautions à prendre. La première, est de nettoyer vigoureusement, toutes les dix minutes, avec de la toile d'émeri, le métal sur lequel on opère, nettoyage inutile quand on emploie l'ultra-violet obtenu au moyen des étincelles électriques. La seconde consiste à remplacer le bouton habituel de l'électroscope, avec lequel la décharge est insignifiante, par un plateau métallique de cuivre de 0^m,10 environ de diamètre. Il est entièrement inutile de nettoyer ce dernier.

L'importance d'une large surface réceptrice est capitale, et c'est justement parce que beaucoup d'observateurs ont négligé ce point essentiel qu'ils n'ont pu répéter mes anciennes expériences.

Lorsqu'il s'agit de radiations très réfrangibles n'existant pas dans le spectre solaire, à nos altitudes, et qu'on ne peut produire qu'au moyen d'étincelles électriques, les expériences sont beaucoup plus délicates, et en ne prenant pas certaines précautions, on s'expose à des causes d'erreur que je vais signaler.

La plus importante consiste dans l'action d'influences électriques capables de décharger l'électroscope. Sans doute, il suffit de cacher la lumière des étincelles avec du papier noir pour voir si toute décharge est supprimée, ce qui n'est pas le cas quand des influences électriques interviennent. Mais quand on constate que ces dernières se produisent, il n'est pas toujours aisé de les supprimer. Le moyen habituellement employé pour les éliminer consiste à recouvrir le quartz fermant la boîte où éclatent les étincelles d'une fine toile métallique transparente, encastrée dans une grande lame de métal reliée à la terre, mais ce moyen ne suffit pas toujours. Essayant invariablement après chaque expérience si l'action sur l'électroscope cessait quand on cachait la lumière avec le papier noir, j'ai vu plusieurs fois se produire des décharges rapides dues à des influences électriques. Comme elles n'agissaient pas également sur l'électricité positive ou négative dont était chargé l'électroscope, mais sur une seule, j'ai eu l'idée de m'en débarrasser en reliant à la terre — sans rien changer au reste du dispositif — une des armatures des bouteilles de Leyde, suivant le sens de la décharge observée. Ce moyen réussissait toujours.

Quelle est l'origine des influences électriques qui se forment

autour des étincelles des électrodes, et dont les physiciens ont signalé plusieurs fois l'existence et les effets, mais sans jamais avoir essayé de déterminer leur nature ? N'ayant pu trouver de renseignements à leur sujet, j'ai été amené à rechercher en quoi elles pouvaient consister.

Elles consistent simplement en ondes hertziennes, très petites. Il était difficile de le prévoir, car on ne supposait pas qu'elles puissent se produire par des décharges entre des pointes.

Leur existence est prouvée, soit par l'illumination à distance d'un tube de Geisler (ce qui oblige à opérer dans l'obscurité), soit de préférence par l'emploi d'un tube à limaille intercalé dans le circuit d'une sonnerie sensible et d'une pile. Cet appareil qu'on peut laisser en place, comme on le voit sur plusieurs de nos figures, révèle immédiatement à l'oreille, par le bruit de la sonnerie, la formation d'ondes hertziennes pouvant troubler les expériences¹.

Si on veut se souvenir des recherches que j'ai faites avec Branly sur l'énorme diffraction des ondes hertziennes, qui leur permet de contourner tous les obstacles, et sur le passage de ces ondes à travers les fentes les plus fines, on comprendra qu'il soit fort difficile, malgré toutes les précautions possibles, de se soustraire à leur influence lorsqu'elles se forment. Il faut donc les empêcher de se former. Voici, d'après mes observations, quelques-unes des conditions dans lesquelles elles prennent naissance :

Les ondes hertziennes se manifestent quand la boîte qui contient les électrodes à étincelles n'est pas rigoureusement isolée de son support avec une couche de paraffine. Elles se manifestent encore quand les électrodes sont trop écartées, et surtout lorsque leurs pointes sont émoussées, ce qui arrive quand elles ont fonctionné pendant quelque temps. Les ondes hertziennes qui se forment alors sont très petites et ne se propagent guère à plus de 50 à 60 centimètres, mais elles suffisent à troubler les expériences. Elles disparaissent dès qu'on a rendu avec la lime les extrémités des électrodes très pointues.

Il existe d'autres causes de production d'ondes hertziennes dans ces expériences, mais leur énumération nous entraînerait trop loin. Avec le dispositif que j'ai indiqué et figuré sur mes dessins l'opérateur sera toujours averti de leur présence.

Parmi les causes d'erreur que je dois signaler encore, il en est une qui n'a été, à ma connaissance, mentionnée nulle part, et dont

1. Les ondes hertziennes peuvent non seulement décharger un électroscope, chargé positivement ou négativement, mais encore le charger ensuite, tantôt positivement, tantôt négativement, à condition de ne pas s'éloigner de plus de 1 mètre environ de la source des ondes. On le constate en plaçant l'électroscope à 1 mètre d'un radiateur à boule de Righi, dont on cache la lumière des étincelles avec une grande feuille de papier noir.

l'importance est considérable. Je veux parler de l'altération superficielle qu'éprouve une lame de quartz exposée pendant moins d'un quart d'heure devant les étincelles des électrodes. Elle se recouvre d'une couche à peu près invisible de particules de poussières qui suffisent à la rendre opaque pour les rayons ultra-violet de longueur d'onde inférieur à $0\mu,250$. Quand on se sert de quartz ainsi altéré, c'est comme si on faisait usage d'une lame de verre mince, opaque comme on le sait pour l'extrême ultra-violet, et tous les résultats observés se trouvent faussés. Cette cause d'erreur, qui m'a fait perdre beaucoup de temps, est très facile à éviter, puisqu'il suffit d'essuyer, toutes les dix minutes ou tous les quarts d'heure, le quartz avec un linge très fin.

Toutes ces causes d'erreur peuvent influencer également sur la déperdition dite négative que je vais étudier bientôt.

Interprétation des expériences précédentes. — Nous avons déjà interprété les expériences exposées dans ce chapitre et nous nous bornerons à rappeler que tous les produits de la dissociation des corps par la lumière sont identiques à ceux obtenus avec les substances radio-actives. Même déviation des particules par un champ magnétique, même rapport $\frac{e}{m}$ de la masse à la charge électrique, etc.

Mais comment expliquer cette action dissociante d'une faible radiation lumineuse sur un métal rigide? L'explication n'est pas facile. Je me bornerai à reproduire celle donnée par M. le professeur de Heen, dans son mémoire : *les Phénomènes dits cathodiques et radio-actifs* :

« Lorsqu'un rayon lumineux tombe à la surface d'un miroir métallique, les ions vibrent à l'unisson d'une partie ou de la totalité des radiations qui la frappent. Donc, pendant l'action de cette radiation, une pellicule superficielle, d'épaisseur infinitésimale, vibre à la fréquence d'oscillation de certaines oscillations de la source elle-même. Pour le cas des radiations lumineuses et ultra-violettes, cette surface correspond réellement à une température excessive qu'on ne peut reconnaître par le toucher, parce que, son épaisseur étant très petite, la quantité de chaleur renfermée dans cette pellicule est entièrement négligeable.

« Or, s'il en est ainsi, la surface métallique, soumise à une radiation lumineuse et plus particulièrement ultra-violette, sera parcourue en tous sens par des courants que nous désignerons sous le nom de courants à excessive fréquence.

« Les ions seront soumis à des actions répulsives telles qu'ils sauteront. Dès lors, l'espace ambiant sera soumis à des projections ou radiations ioniques, comparables à celles que l'on détermine dans les tubes à vide.

* Telle est l'interprétation du fait fondamental, découvert pour

la première fois par Gustave Le Bon et qui se trouve à la base de ce chapitre nouveau de la physique. Ce physicien avait, dès lors, admis que cette manifestation appartenait à un ordre de phénomènes naturels *tout à fait général*. Ce fut cette pensée, bien plus que l'admirable expérience de Röntgen, qui me décida à embrasser l'étude des phénomènes électriques. »

CHAPITRE IV

Expériences sur la possibilité de rendre radio-actifs des corps qui ne le sont pas. Comparaison entre la radio-activité spontanée et la radio-activité provoquée.

L'idée que la radio-activité était due à certaines réactions chimiques de nature inconnue m'a conduit à rechercher le moyen de rendre artificiellement radio-actifs des corps qui ne le sont pas. On est bien sûr dans ce cas que la présence du radium, de l'uranium ou d'une substance analogue n'est pour rien dans la radio-activité.

On verra plus loin que des réactions chimiques diverses telles que l'hydratation peuvent produire cette radio-activité; nous allons maintenant montrer que des corps ne présentant que des traces de radio-activité sous l'influence de la lumière, tels que le mercure, peuvent, au contraire, devenir extrêmement radio-actifs. Il suffit d'ajouter à ce dernier un six millième de son poids d'étain, métal qui n'est pas plus radio-actif que le mercure sous l'influence de la lumière ordinaire. Avec cette proportion d'étain, le mercure n'est sensible qu'à l'ultra-violet solaire depuis $\lambda = 0\mu,360$ jusqu'à $\lambda = 0\mu,296$, mais si la proportion d'étain s'élève à 1 ‰, le mercure se dissocie sous l'influence de la plupart des radiations du spectre visible.

Il était intéressant de comparer la radio-activité artificiellement donnée à un métal avec celle des corps spontanément radio-actifs tels que le thorium et l'uranium. L'expérience étant très importante, je vais la simplifier, au point qu'elle puisse être répétée facilement dans un cours.

Il s'agit de déterminer d'abord le degré de dissociation d'un corps par la lumière, puis de le comparer à celui d'une substance spontanément radio-active, un sel d'urane, par exemple. Nous allons voir que la dissociation provoquée par la lumière est beaucoup plus considérable.

On prend une lame d'étain carrée, de 10 centimètres de côté et de 2 millimètres d'épaisseur. On la fixe par ses bords avec quatre bandes étroites de papier enduit de colle forte sur un écran de carton de même taille, et on plonge le tout pendant vingt-quatre heures dans un bain de mercure, en essuyant de temps en temps la couche d'oxyde formée à la surface de l'étain.

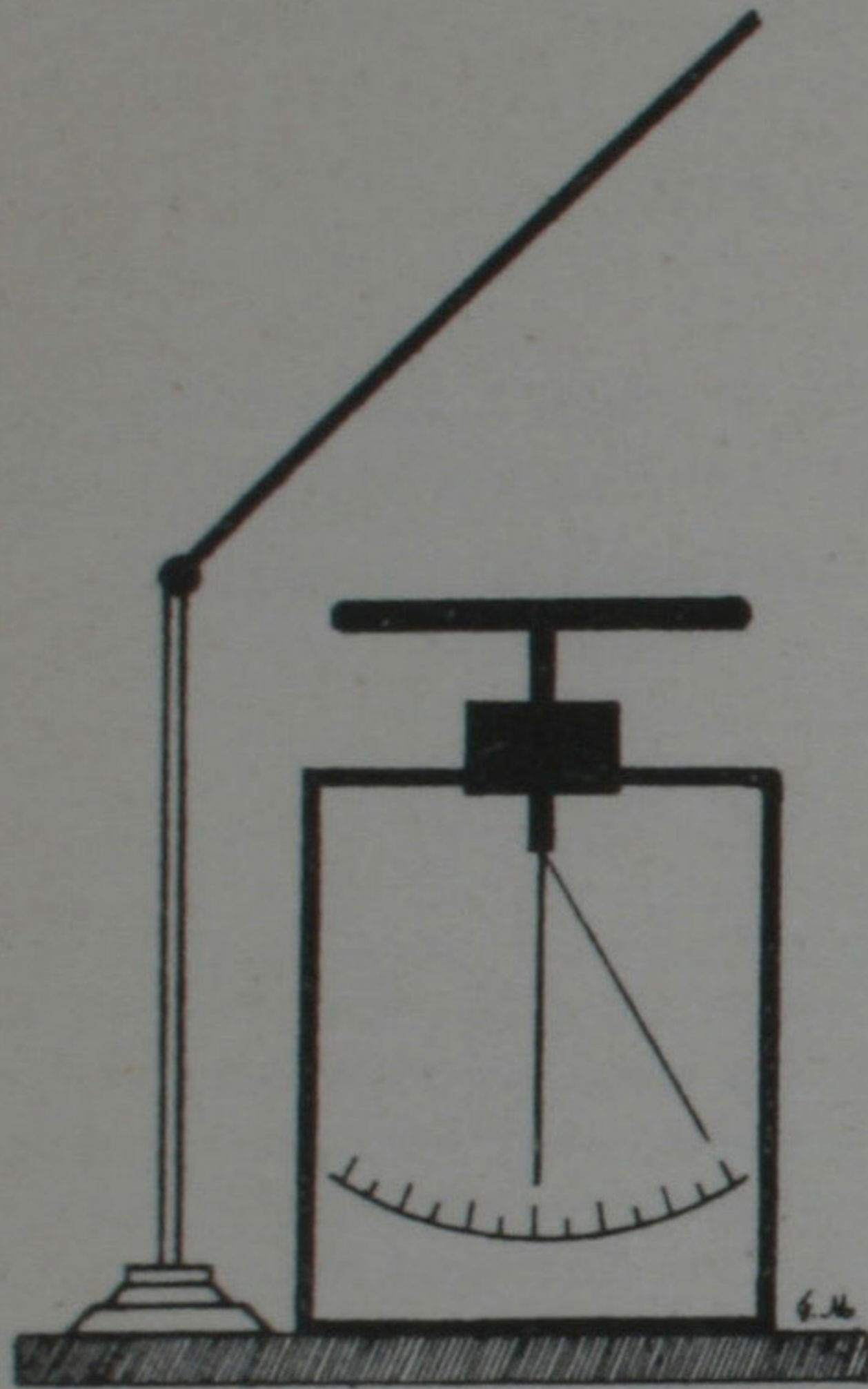


FIG. 45.

Comparaison de la dissociation des corps spontanément radio-actifs et des métaux sous l'influence de la lumière.

On emploie successivement un miroir d'étain préparé comme il est expliqué dans le texte et un écran de même dimension enduit d'oxyde de thorium ou d'uranium. La dissociation des atomes de l'étain amalgamé sous l'influence de la lumière est 40 fois plus rapide que celle des corps radio-actifs qui viennent d'être indiqués.

ayant exactement la dimension de la lame employée dans l'expérience précédente (10 cent. \times 10 cent.). Si on dispose cet écran, comme il est indiqué figure 45, et qu'on charge l'électroscope, de la façon précédemment indiquée, on constate dans l'obscurité ou à la lumière une décharge de 6° environ en 60 secondes. En opérant au soleil avec le miroir d'étain amalgamé, placé rigoureusement à la même

carton de même taille, et on plonge le tout pendant vingt-quatre heures dans un bain de mercure, en essuyant de temps en temps la couche d'oxyde formée à la surface de l'étain. La lame, ainsi préparée, et dont le carton empêche la rupture, garde indéfiniment sa radio-activité sous l'influence de la lumière, à la seule condition d'essuyer sa surface de temps en temps, très légèrement, avec le doigt.

Ceci posé, l'expérience est disposée comme il est indiqué (fig. 45). L'électroscope est chargé par influence avec un bâton d'ébonite; sa charge est donc, par conséquent, positive.

En disposant la lame d'étain, de façon à ce que le soleil frappe sa surface, on constate que les feuilles d'or se rapprochent en quelques secondes. A la lumière diffuse, la décharge se fait encore, mais plus lentement.

Ayant noté le nombre de degrés de décharge dans un temps donné, on recommence l'expérience avec un écran couvert d'un sel d'urane, préparé de la façon suivante :

Du nitrate d'urane est broyé dans du vernis à bronzer et étendu sur un écran en carton,

distance de l'électroscope, on avait constaté que ce dernier se déchargeait de 40° en 10 secondes. On voit donc que *la radio-activité artificielle donnée à un métal par la lumière peut être environ quarante fois plus grande que la radio-activité spontanée, possédée par les sels d'urane.* Avec l'oxyde de thorium, on obtient des chiffres voisins. Si nous admettons avec Rutherford que 1 gramme d'uranium émet 70,000 particules par seconde, il en résulterait que les métaux qui, sous l'influence dissociante de la lumière, ont une activité quarante fois plus forte, émettraient à surface égale près de 3 millions de particules par seconde.

CHAPITRE V

Expériences sur la déperdition dite négative des corps électrisés sous l'influence de la lumière.

On sait depuis les expériences de Hertz qu'un corps conducteur électrisé négativement perd sa charge si on le soumet à l'action des rayons ultra-violetts obtenus avec des étincelles électriques, et il est admis dans les ouvrages les plus récents :

- 1° Que la déperdition ne peut se faire que sous l'influence de la lumière ultra-violette;
- 2° Qu'elle est à peu près la même pour tous les métaux;
- 3° Que la décharge ne se fait que si la charge du métal est négative¹ et non positive.

Elster, Geitel et Branly avaient bien cité deux ou trois métaux qui se déchargent à la lumière du jour, et ce dernier avait mentionné plusieurs corps qui subissent la déperdition positive, mais ces phénomènes étaient considérés comme exceptionnels et ne possédant nullement un caractère général.

Le sujet ne me semblant pas du tout épuisé, j'ai cru devoir le reprendre. Bien qu'il y ait une certaine différence entre le phénomène de la décharge d'un corps déjà électrisé et celui de la production d'effluves émanant d'un corps non électrisé et capables d'agir sur un corps électrisé, montré dans le chapitre précédent, les deux phénomènes ont une même cause, la dissociation de la matière sous l'action de la lumière. Aucun expérimentateur n'avait soupçonné cette cause avant mes recherches.

Les expériences que nous allons exposer prouvent : 1° que la déperdition dite négative est aussi, bien que généralement à un moindre degré, positive; 2° que la décharge se produit sous l'influence des diverses régions du spectre, tout en ayant son maximum dans l'ultra-violet; 3° que la décharge est extrêmement diffé-

1. « Les rayons ultra-violetts n'agissent qu'à la condition de rencontrer une surface électrisée négativement. » Bouvy, 2° Supplément de la *Physique* de Jamin, 1899, p. 188.

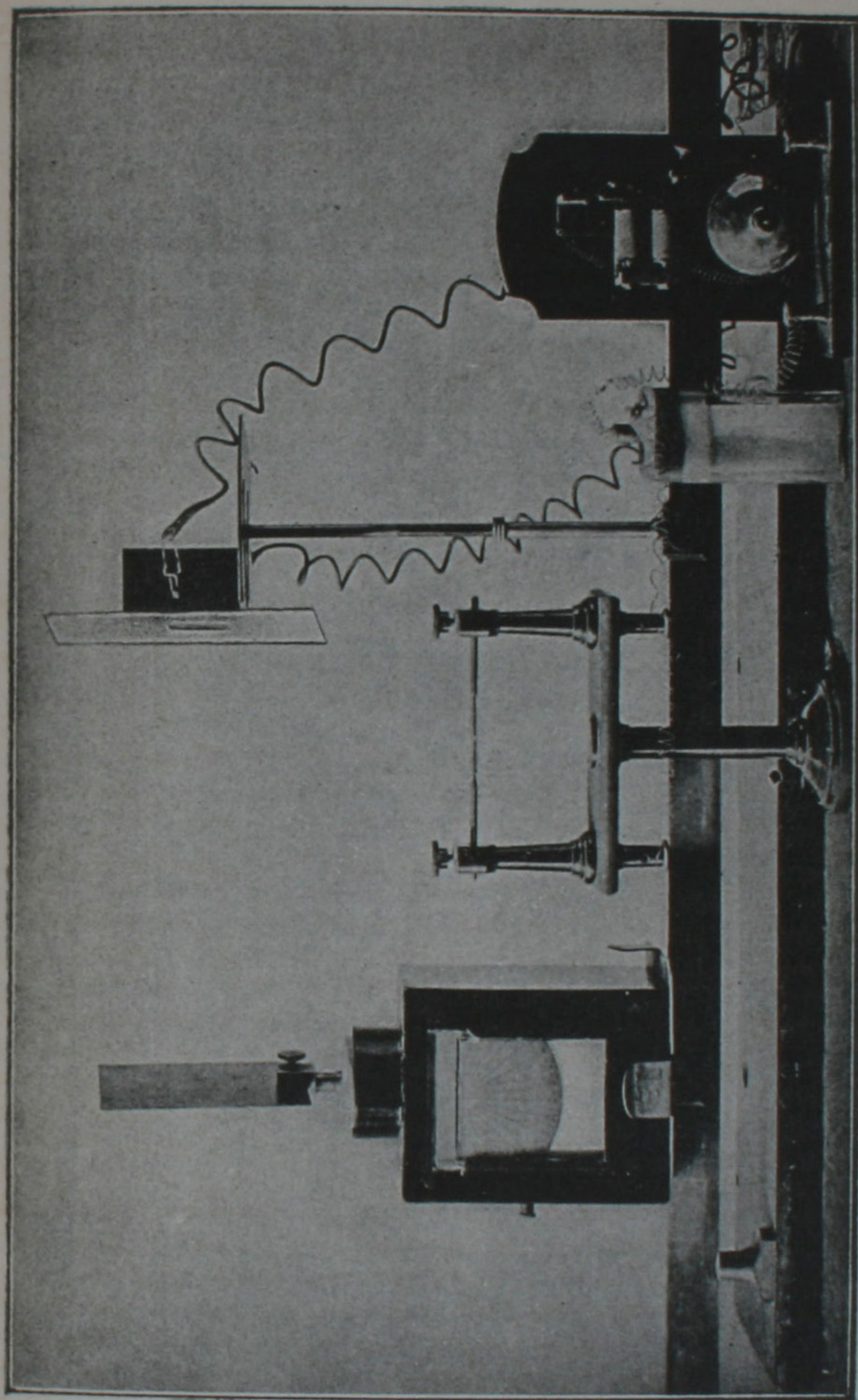


Fig. 46. — Appareil employé pour étudier la déperdition sous l'influence de la lumière ultra-violette des corps préalablement électrisés. — La bobine employée pour la production des étincelles n'est pas représentée sur la figure. On voit à droite la sonnerie et le tube à limailles servant à révéler la production d'ondes hertziennes qui peuvent troubler les expériences.

rente pour les divers corps, les métaux notamment. Ce sont, comme on le voit, trois propositions exactement contraires à celles généralement admises et que j'ai rappelées plus haut. Il s'agit maintenant de les justifier.

Méthode d'observation. — Dans l'étude de la déperdition négative à la lumière solaire, la méthode d'observation est fort simple, puisqu'il n'y a qu'à poser le corps dont on veut étudier la décharge sur le plateau de l'électroscope. Il se charge en même temps que ce dernier. La charge est donnée par influence, soit avec un bâton de verre, soit avec un bâton d'ébonite, suivant qu'on désire qu'elle soit négative ou positive. On a soin de donner aux feuilles d'or le même écartement.

Lorsqu'on veut étudier la décharge produite par les rayons ultra-violet que ne contient pas le spectre solaire, il faut avoir recours au dispositif spécial représenté figure 46.

Les corps à étudier sont fixés dans une pince remplaçant le bouton de l'électroscope. Ils se chargent d'électricité en même temps que ce dernier. La lumière est fournie par des électrodes d'aluminium reliées aux armatures d'un condensateur entretenu par une bobine d'induction donnant environ 0^m,20 d'étincelle. Les électrodes sont placées dans une boîte fermée par une lame de quartz recouverte d'une toile métallique encadrée dans une feuille de métal en relation avec la terre pour éviter les influences électriques.

La distance à laquelle le corps électrisé se trouve de la source lumineuse jouant, au moins pour les rayons très réfrangibles, un rôle tout à fait prépondérant, il est utile de monter, comme nous l'avons fait, l'électroscope sur une règle graduée qui permet de modifier sa distance à la source lumineuse.

Quand on veut séparer les divers rayons du spectre, on opère, comme nous l'avons dit précédemment, au moyen d'écrans divers interposés entre la source lumineuse et l'électroscope, écrans dont la transparence a été déterminée par des photographies spectroscopiques.

Lorsque les expériences sont faites au soleil, les plaques métalliques doivent être très fréquemment nettoyées à la toile d'émeri (au moins toutes les dix minutes), mais à mesure que l'on avance dans l'ultra-violet ce nettoyage devient de moins en moins important. Ce n'est plus toutes les dix minutes, mais une fois seulement tous les deux ou trois jours qu'il faut le répéter. Si on attendait aussi longtemps quand on opère au soleil, la décharge ne serait pas entièrement supprimée, mais deviendrait plus de cent fois moindre. Pour la lumière ultra-violette obtenue avec des étincelles électriques, la rareté du nettoyage ne réduit que de moitié ou des deux tiers la décharge.

J'ai cependant réussi à constituer des alliages n'ayant besoin pour les expériences au soleil, d'aucun nettoyage et conservant leurs propriétés pendant une quinzaine de jours, à la simple condition de passer à leur surface le doigt de temps en temps pour en retirer les poussières ou la légère couche d'oxyde formée. Le meilleur est constitué par des lames d'étain amalgamé préparées comme il a été dit dans un précédent paragraphe.

Déperdition à la lumière solaire des corps chargés négativement. — Le tableau suivant indique avec quelle rapidité se décharge à la lumière une lame de métal de 10 centimètres de côté posée sur le plateau de l'électroscope. Cette rapidité est déduite du temps nécessaire pour produire une décharge de 10° . Le maximum de rapidité étant représenté par le nombre 1.000, on a obtenu les chiffres suivants :

Rapidité de la déperdition négative à la lumière solaire.

Etain amalgamé	1000
Zinc amalgamé.	980
Aluminium récemment nettoyé	800
Argent amalgamé	770
Magnésium récemment nettoyé.	600
Zinc récemment nettoyé	240
Plomb amalgamé.	240
Cadmium	14
Cobalt.	12
Or, acier, cuivre, nickel, mercure, plomb, argent, sulfures phosphorescents, carton, marbre, bois, sable, etc.	2 (au maximum).

Tous ces corps se désélectrifient encore quand ils sont chargés positivement, mais à la lumière solaire la déperdition est toujours très faible (1° au plus en 1 ou 2 minutes). Elle augmente beaucoup quand on remplace la lumière solaire par la lumière d'étincelles électriques, mais son maximum n'est pas du tout produit comme pour la déperdition négative par les radiations de l'extrémité du spectre. Le fait est prouvé par cette expérience très simple. Une lame de verre mince de $0^{\text{mm}},1$, qui ralentit considérablement la déperdition négative pour beaucoup de corps, lorsqu'elle est placée devant la source lumineuse, n'a qu'une action très faible sur le ralentissement de la déperdition positive. *Les radiations qui produisent la déperdition négative ne sont donc pas les mêmes que celles qui produisent la déperdition positive.*

Déperdition à la lumière ultra-violette électrique des corps chargés négativement et positivement. — Les corps taillés en lames sont disposés comme précédemment, ou ce qui revient au même, fixés verticalement sur l'électroscope par une pince comme

il est indiqué fig. 46. La source de lumière (étincelles électriques) est placée à 20 centimètres du corps sur lequel elle doit agir. Les tableaux suivants donnent pour cette distance l'intensité de la décharge des corps chargés, soit négativement, soit positivement, sous l'influence de la lumière des étincelles électriques. La plus forte déperdition négative correspond à 6° par seconde (ce qui ferait 360° par minute); la plus lente à un demi-degré par seconde (30° par minute). Pour la décharge positive elle est beaucoup plus faible, puisqu'elle varie entre 7° et 16° par minute. En représentant par 1000 le maximum de rapidité de la déperdition on obtient les chiffres suivants, déduits du temps nécessaire pour décharger l'électroscope :

1° *Rapidité de la déperdition négative à la lumière ultra-violette des étincelles électriques.*

Aluminium	1000
Etain amalgamé	680
Zinc	610
Cuivre rouge.	390
Cadmium	340
Cobalt	270
Etain	270
Nickel.	240
Plomb.	210
Argent	200
Acier (poli)	80

2° *Rapidité de la déperdition positive sous l'influence de la même lumière.*

La décharge de l'électroscope a varié de 16° par minute (nickel, zinc et argent) à 7° (acier). Il ne s'agit donc pas du tout d'une décharge insignifiante, mais bien très importante.

Les chiffres précédents représentent la déperdition produite par la totalité des radiations lumineuses données par les étincelles fournies par des électrodes d'aluminium.

De ce qui précède nous pouvons conclure que *tous les corps électrisés exposés à la lumière ultra-violette subissent une déperdition négative ou positive ne différant l'une de l'autre que par l'intensité. Loin d'être identique pour tous les corps, comme on l'avait soutenu jusqu'ici, cette déperdition varie considérablement avec les corps employés.*

Sensibilité des divers corps pour les différentes régions de l'ultra-violet. Elimination des causes d'erreur. — La rapidité de la décharge des divers corps est très variable pour les diverses régions du spectre. On pouvait le pressentir déjà d'après les indications données dans un paragraphe précédent. Quelques-uns : aluminium, zinc, etc., sont sensibles dans les régions du spectre solaire visible. D'autres : nickel, acier, platine, etc., ne le sont que dans la région extrême de l'ultra-violet du spectre électrique, et

c'est pourquoi une simple lamelle de verre de 0^{mm},1 placée devant le quartz qui ferme la boîte du déflagrateur arrête toute décharge pour ces derniers, alors qu'elle n'arrête qu'une partie de la décharge produite par les premiers.

Les chiffres donnés plus haut montrent qu'il y a prédominance de la déperdition négative sur la déperdition positive pour les corps bons conducteurs, c'est-à-dire les métaux. Il en est autrement pour les corps médiocrement conducteurs : bois, carton, papier, etc. Pour ces derniers la décharge positive, comme l'avait déjà signalé Branly, peut devenir égale à la décharge négative et même l'emporter. Mais il faut tenir compte ici de deux sources d'erreur qui semblent avoir échappé aux précédents observateurs.

La première, déjà indiquée plus haut, est l'état du quartz. S'il n'est pas nettoyé toutes les dix minutes, il absorbe la région extrême de l'ultra-violet, et comme cette absorption n'empêche pas la déperdition positive, produite par des régions moins réfrangibles, la décharge négative sera seule ralentie et par conséquent, pourra sembler égale ou inférieure à la déperdition positive. Tel serait le cas d'un métal très oxydé ou couvert d'un corps gras qui n'est justement très sensible qu'aux régions extrêmes de l'ultra-violet.

La seconde cause d'erreur est l'influence considérable de la distance. Les rayons les plus extrêmes du spectre sont les plus actifs sur la décharge négative, alors que leur action est assez faible sur la décharge positive. Etant absorbés par l'air et d'autant plus que son épaisseur augmente, il s'ensuit que leur effet sur la décharge négative se ralentit nécessairement quand on augmente la distance à la source lumineuse. C'est ainsi qu'à 25 centimètres des étincelles, la décharge positive du bois sera double de la décharge négative; à 8 centimètres ce sera le contraire; la déperdition négative sera alors quatre fois plus grande que la déperdition positive. On voit donc le rôle tout à fait capital de la distance dans ces expériences. Il faut ajouter de plus qu'à une petite distance commence à se manifester la dissociation des gaz de l'air par la lumière, que nous étudierons plus loin.

Ces réserves posées, voici, en opérant à 25 centimètres, les décharges positive et négative observées avec quelques-uns des corps essayés.

Je donne les chiffres de décharge en degrés de l'électroscope et par minute, sans les ramener à 1000 comme dans les expériences précédentes :

	Décharge négative en 1 minute	Décharge positive en 1 minute
	—	—
Bois divers (sapin, teck, platane).	6°	10°
Carton jaune.	10°	16°
Noir de fumée.	61°	7°

On voit que pour plusieurs des corps expérimentés la décharge positive a été très sensiblement supérieure à la décharge négative. Sur ces divers corps, les rayons qui produisent la décharge négative ont une longueur d'onde inférieure à $0^{\mu},252$ et il suffit de les supprimer du spectre pour que la décharge négative soit également supprimée.

La sensibilité des corps noirs, notamment le noir de fumée étalé sur une lame de carton, est considérable. Nous avons obtenu 61 degrés de décharge négative par minute à 25 centimètres des étincelles, mais à 10 centimètres elle s'élève à un chiffre qui représenterait 300 degrés dans le même temps (chiffre voisin de la sensibilité des métaux les plus sensibles). Avec les mêmes variations de distance la déperdition positive ne passe que de 7 à 12°.

Influence de la nature des électrodes. — La nature des électrodes employées pour produire les étincelles électriques a une influence considérable, comme nous l'avons déjà dit, et cette influence n'est pas la même pour la décharge positive que pour la décharge négative. Le tableau suivant donne la déperdition qu'on obtiendrait par minute, d'après le nombre de secondes nécessaires pour produire 10° de décharge, avec les électrodes de divers métaux agissant par la lumière qu'ils produisent sur une lame de zinc électrisée reliée à l'électroscope :

	Décharge négative par minute	Décharge positive par minute
Électrodes d'aluminium.	246°	18°
Electrodes d'acier	140°	10°
Electrodes d'or.	112°	4°
Electrodes de cuivre	110°	3°
Electrodes d'argent.	108°	6°

Suivant les électrodes employées, la décharge négative peut, comme on le voit, varier du simple au double, et la décharge positive du simple au triple. J'ai déjà fait voir que ce phénomène n'était pas lié à la longueur du spectre des métaux, puisque celui de l'or va aussi loin que celui de l'aluminium.

En rapprochant les divers tableaux publiés dans ce travail, on voit que la déperdition produite par la lumière solaire est fort différente de celle résultant de l'action de la lumière électrique. Cela tient uniquement à ce que le spectre de la lumière des étincelles électriques est beaucoup plus prolongé dans l'ultra-violet que celui de la lumière solaire.

Il est facile de donner au spectre électrique des propriétés identiques à celles du spectre solaire, en supprimant du premier les radiations qui ne sont pas dans le dernier. Il suffit pour cela de remplacer le quartz placé devant les étincelles par un verre mince de $0^{\text{mm}},8$ d'épais-

seur, qui supprime toutes les radiations qui ne sont pas dans le spectre solaire, c'est-à-dire celles dépassant $0^{\mu},295$. On constate alors que les métaux qui, comme le cuivre, produisaient une décharge très rapide à la lumière électrique et presque nulle au soleil, sont devenus insensibles à la lumière électrique, alors que les métaux, comme l'aluminium, qui produisaient une décharge au soleil, continuent à en produire une à la lumière électrique.

Influences diverses pouvant faire varier la déperdition électrique sous l'action de la lumière. — Plusieurs causes, autres que celles déjà mentionnées, font encore varier la déperdition de l'électricité sous l'influence de la lumière, celle du soleil notamment. Comme il fallait pour étudier ces variations un corps à sensibilité constante, j'ai fait usage de plaques d'étain amalgamé préparées comme il a été dit. Ce corps est extrêmement actif, mais n'atteint son maximum de sensibilité qu'après une exposition de quelques minutes à la lumière, ce qui est précisément le contraire de ce qu'on observe pour divers métaux, l'aluminium et le zinc notamment.

Le meilleur des corps à sensibilité constante, si son maniement n'était pas incommode, serait le mercure contenant une faible proportion d'étain. Avec $1/6000$ de son poids d'étain, il n'est sensible, comme je l'ai dit, qu'aux régions déjà avancées de l'ultra-violet solaire, c'est-à-dire à partir de la raie M environ. En élevant la proportion d'étain à $1/100$, il devient sensible pour une région au spectre beaucoup plus étendue.

Des recherches continuées pendant dix-huit mois, avec des plaques d'étain amalgamé, nous ont prouvé que la sensibilité des métaux à la lumière, c'est-à-dire le temps qu'ils mettent à perdre la charge électrique qu'ils ont reçue, variait, non seulement suivant l'heure du jour, mais encore suivant la saison. Les premiers chiffres que j'avais donnés, il y a plusieurs années, ayant été observés l'hiver, par des temps très froids, étaient trop faibles.

La décharge est toujours moins rapide l'hiver que l'été, mais, dans la même journée, elle peut varier dans le rapport de 1 à 4. Elle diminue rapidement quand l'heure avance. Par exemple, le 9 août 1901, la décharge qui, à 4 h. 30 était de 50° par minute, tombe à 16° à 5 h. 50. Le 24 août 1901, la décharge, qui était de 80° par minute à 3 h. 25, tombe à 40° à 4 h. 30. J'ai suivi plusieurs jours, heure par heure, les variations de la déperdition électrique et j'en ai dressé le tableau. Il serait sans intérêt de le publier, car les différences ne suivent pas l'heure, mais surtout les variations de l'ultra-violet solaire, lequel disparaît souvent en partie (à partir de M et même de L), sous l'influence de causes totalement inconnues, comme je l'ai déjà signalé.

Les nuages ne réduisent pas sensiblement la décharge, qui reste

à peu près la même qu'à l'ombre. Leur présence ne réduit pas non plus notablement l'ultra-violet solaire, que j'ai pu photographier à travers des nuages assez épais.

Dissociation des atomes des gaz dans la région extrême de l'ultra-violet. — Nous venons de voir que tous les corps, simples ou composés, conducteurs ou isolants, soumis à l'action de la lumière, subissent une dissociation.

Mais dans aucun des corps précédemment examinés ne figurent de gaz. Pouvons-nous supposer qu'ils échappent à la loi commune ?

Cette exception était improbable. Cependant, jusqu'aux dernières recherches de Lénard, la dissociation des gaz par l'action de la lumière n'avait pas été observée. Sans doute, on avait bien supposé que la décharge des corps électrisés, frappés par la lumière, pourrait être due à l'action des rayons lumineux sur l'air, mais cette hypothèse tombait devant ces deux faits : 1° que la décharge varie suivant les métaux, ce qui n'existerait pas si c'était l'air et non le métal qui agit ; 2° que la décharge se produit encore, — beaucoup plus rapidement même, — dans le vide qu'à l'air.

La raison de cette indifférence apparente des gaz, l'air notamment, pour la lumière qui les frappe est très simple. Il y a des métaux dissociables seulement dans une région très avancée de l'ultra-violet. Si les gaz ne sont dissociables que dans une région plus avancée encore, l'observation de leur dissociation est difficile puisque l'air, sous une faible épaisseur, est aussi opaque que le serait du plomb pour les radiations de l'ultra-violet extrême.

Or, c'est justement comme l'a montré Lénard¹ uniquement dans cette région extrême de l'ultra-violet que ce qu'on appelait alors l'ionisation des gaz et ce qui n'est autre chose que leur dissociation est possible. Il a vu qu'il suffisait de rapprocher les corps en expérience à quelques centimètres de la source lumineuse, c'est-à-dire des étincelles électriques, pour que la décharge devint la même pour tous les corps², ce qui montre que c'est alors l'air qui devient conducteur et agit. C'est bien la lumière, et non une autre

1. *Ueber Wirkungen des ultra-violetten Lichtes auf gasförmige Körper.* (*Annalen der Physik*, Bd 1, 1900.)

2. Dans un premier mémoire Lénard assurait que le sens de la charge était indifférent et il donne même ce fait comme nouveau : « Das aber positive Ladungen in Licht fast ebenso schnell von der Platte verschwinden, stimmt nicht mit Bekannten überein. » (*Ueber Wirkungen des ultra-violetten Lichtes...* in *Ann. der Physik*, 1900. p. 499.)

Dans un second mémoire (même recueil, t. 3, p. 298), Lénard indique, contrairement à sa première assertion, que la décharge positive serait supérieure à la décharge négative. Dans ses premières expériences devaient intervenir des causes d'erreur, telles que la production d'ondes hertziennes, que cet éminent physicien a éliminées ensuite.

cause, qui intervient, car l'interposition d'un verre mince arrête tout effet.

Par un dispositif spécial qu'il serait sans intérêt de décrire ici, Lenard a mesuré la longueur d'onde des radiations qui produisent l'ionisation de l'air. Elles commencent vers $0\mu,180$, c'est-à-dire justement aux limites du spectre électrique autrefois connu ($0\mu,185$) et s'étendent jusqu'à $0\mu,140^1$. La découverte de ces courtes radiations est due, comme on le sait, à Schuman. En faisant le vide dans un spectrographe, il a fait voir que le spectre ultra-violet que l'on croyait, d'après les mesures erronées de Cornu et Mascart, limité à $0\mu,185$, s'étendait en réalité beaucoup plus loin. Il a pu photographier des raies allant jusqu'à $0\mu,100$. C'est probablement l'absorption exercée par la gélatine des plaques sensibles et sans doute aussi par la matière du prisme qui empêche d'aller plus loin.

A mesure qu'on avance dans le spectre ultra-violet, les corps, l'air notamment, deviennent de plus en plus opaques pour les radiations. Il serait donc bien surprenant que les rayons X, qui traversent tous les corps, fussent justement constitués par de l'ultra-violet extrême, comme le soutiennent plusieurs physiciens.

La plupart des corps y compris l'air sous une épaisseur de 2 centimètres et l'eau sous une épaisseur de 1 millimètre, sont en effet absolument opaques pour ces radiations de très courte longueur d'onde. Il n'y a guère de transparents, et encore à condition de ne pas dépolir leur surface, que le quartz, le spath fluor, le gypse et le sel gemme. L'hydrogène pur est également transparent.

Les radiations extrêmement réfrangibles de la lumière dissocient donc, non seulement tous les corps solides, mais encore les particules de l'air qu'elles traversent, alors que les radiations moins

1. La production de ces rayons très réfrangibles paraît tenir en partie à la tension du courant qui produit les étincelles. Lenard — dont le mémoire est fort sommaire — ne donne aucun détail sur ce point et se borne à dire qu'il a alimenté les bouteilles de Leyde avec une très grosse bobine munie d'un interrupteur de Wehnelt. L'influence de la bobine est bien indiquée par le fait qu'il a quintuplé l'effet en modifiant l'inducteur, mais il ne donne pas d'autres détails que ceux indiqués dans les trois lignes suivantes :

« Hierin konnte zunächst Vorteil erzielt werden durch Anbringung einer zweckmässigeren Primärwicklung im Inductorium, es verfünffachte dies bisher in Luft erreichte Entfernung » (p. 491).

La tension des étincelles ne doit pas être le seul facteur à invoquer. Je l'ai élevée considérablement par le dispositif bien connu de Tesla, mais sans en retirer d'autre avantage que d'augmenter légèrement la décharge positive et réduire un peu la décharge négative. Les résultats contradictoires sur le sens de la décharge données par Lenard dans ses deux mémoires et ceux que j'ai plusieurs fois constatés semblent indiquer que l'action de causes encore inconnues se superpose parfois aux actions connues.

réfrangibles sont sans action sur les gaz et ne dissocient que la surface des corps solides qu'elles frappent. Ce sont deux effets très différents qui peuvent se superposer, mais qu'on ne confondra pas, si on se souvient que, quand c'est l'air qui est décomposé, la nature du métal frappé et l'état de sa surface n'ont pas d'importance, alors que la déperdition varie considérablement avec le métal, quand c'est celui-ci qui est dissocié. On évite, d'ailleurs, à peu près entièrement l'influence de l'ultra-violet extrême, en se plaçant à quelque distance de la source lumineuse, puisqu'une couche d'air de 2 centimètres suffit pour arrêter cette région du spectre. Si donc les étincelles des électrodes sont à plusieurs centimètres de la lame de quartz, qui ferme la boîte qui les contient, aucun effet dû à la décomposition de l'air ne peut se produire.

En rapprochant quelques-unes des expériences énoncées jusqu'ici, on remarquera que ce sont les corps qui absorbent le plus la lumière qui sont précisément les plus dissociables. Par exemple, l'air qui absorbe les radiations inférieures à $0\mu,185$ est décomposé par ces radiations. Le noir de fumée qui absorbe complètement la lumière est dissocié énergiquement par elle et produit un abondant dégagement d'effluves. Cette explication ne semble pas tout d'abord se concilier avec le fait que des métaux ayant reçu un poli spéculaire récent sont également le siège d'un dégagement d'effluves extrêmement abondant. L'objection s'évanouit cependant si on considère que les métaux polis, qui réfléchissent très bien la lumière visible, réfléchissent fort mal la lumière invisible de l'extrémité ultra-violette du spectre et en absorbent la plus grande partie. Or ce sont précisément ces radiations invisibles absorbables qui produisent le plus d'effet.

Pour donner une idée claire des propriétés des diverses parties du spectre ultra-violet, je vais les résumer dans un tableau. Il montre que l'aptitude de la lumière à dissocier les corps augmente à mesure qu'on avance dans l'ultra-violet.

Propriétés que possèdent les diverses parties du spectre ultra-violet de dissocier la matière.

De $0\mu,400$
à $0\mu,344$. { Ces radiations traversent le verre ordinaire. Elles ne peuvent dissocier qu'un petit nombre de métaux et encore seulement s'ils ont été récemment nettoyés.

De $0\mu,344$
à $0\mu,295$. { L'ultra-violet de cette région ne traverse le verre que si son épaisseur ne dépasse pas $0^{mm},8$. A partir de $0\mu,295$ il est complètement absorbé par l'atmosphère et ne figure pas, par conséquent, dans le spectre solaire. Cette région bien que beaucoup plus active que la précédente est encore d'une activité dissociante assez faible sur la plupart des corps.

De $0\mu, 295$
à $0\mu, 252$.

L'ultra-violet de cette région ne se rencontre pas dans le spectre solaire, mais seulement dans le spectre électrique. Il ne peut traverser que des lamelles de verre ne dépassant pas une épaisseur de $0^{mm}, 1$. Son action dissociante est beaucoup plus intense et plus générale que celle de la région précédente du spectre, mais moins que celle de la région suivante. Il dissocie tous les corps solides, mais est sans action sur les gaz.

De $0\mu, 252$
à $0\mu, 100$.

Cette région de l'ultra-violet est si peu pénétrante que l'air, dès qu'on arrive aux radiations de $0\mu, 185$, est opaque comme un métal, sous une épaisseur de deux centimètres. Une lamelle de verre de $1/10$ de millimètre d'épaisseur arrête cet ultra-violet extrême d'une façon absolue.

Le pouvoir de dissociation de cette région est beaucoup plus grand que celui des autres parties du spectre. A partir de $0\mu, 185$ elle dissocie non seulement tous les corps solides, métaux, bois, etc., mais encore les gaz de l'air sur lesquels la région précédente du spectre est sans action.

En résumé à mesure qu'on avance dans l'ultra-violet, c'est-à-dire à mesure que les longueurs d'onde des radiations deviennent plus petites, ces radiations deviennent moins pénétrantes; mais leur action dissociante sur la matière se montre de plus en plus énergique. A l'extrémité du spectre tous les corps sont dissociés, y compris les gaz sur lesquels les autres parties du spectre sont sans action. *L'action dissociante des diverses radiations lumineuses est donc en raison inverse de leur pénétration.*

La loi qui vient d'être formulée d'après mes recherches était assez imprévue. Toutes les observations antérieures semblaient montrer que les radiations de l'extrémité ultra-violette du spectre possèdent une énergie si faible qu'elle est à peu près inappréciable aux thermomètres les plus sensibles. Ce sont pourtant ces radiations qui dissocient le plus rapidement les corps les plus rigides, l'acier par exemple.

CHAPITRE VI

Expériences sur la dématérialisation de la matière dans les phénomènes de combustion.

Action générale des gaz des flammes sur les corps électrisés. — Si de faibles réactions chimiques, telle qu'une simple hydratation peuvent, comme nous le verrons bientôt provoquer la dissociation de la matière, on conçoit que les phénomènes de combustion, qui constituent des réactions chimiques intenses, doivent réaliser le maximum de la dissociation. C'est ce que l'on observe en effet avec les gaz des flammes, et c'est ce qui a conduit à admettre que les corps incandescents émettent dans l'air des émissions de la famille des rayons cathodiques.

Il y a un siècle au moins que l'on savait que les flammes déchargent les corps électrisés, mais on ne s'était nullement occupé de rechercher les causes de ce phénomène, qui présentait pourtant une importance capitale.

Les premières recherches précises sur ce sujet sont dues à Branly. C'est lui qui démontra que les parties agissantes des flammes sont les gaz qu'elles émettent.

Il a étudié aussi l'influence de la température sur le sens de la décharge. En employant comme source un fil de platine plus ou moins rougi par un courant électrique, il a vu qu'au rouge sombre la décharge négative l'emporte de beaucoup sur la décharge positive, alors qu'au rouge vif les deux décharges s'égalisent, ce qui semblerait prouver qu'aux diverses températures il se formait des ions chargés d'électricité différente.

Les figures 47 et 48 montrent les moyens de constater très facilement l'émission pendant la combustion de particules pouvant rendre l'air conducteur de l'électricité. L'action est extrêmement intense. Avec une flamme placée à 10 centimètres de l'électroscope (fig. 47) on obtient une décharge fort rapide (60° en 30"). Avec une simple bougie enfermée dans une lanterne close munie d'une cheminée

coudée, placée à 13 centimètres de l'électroscope (fig. 48), la décharge est de 18° dans le même temps. A 20 centimètres elle n'est plus que de 4° . L'extrême diffusion des ions dans l'air explique ces différences.

Après avoir traversé un long serpentin refroidi, suivant le dis-

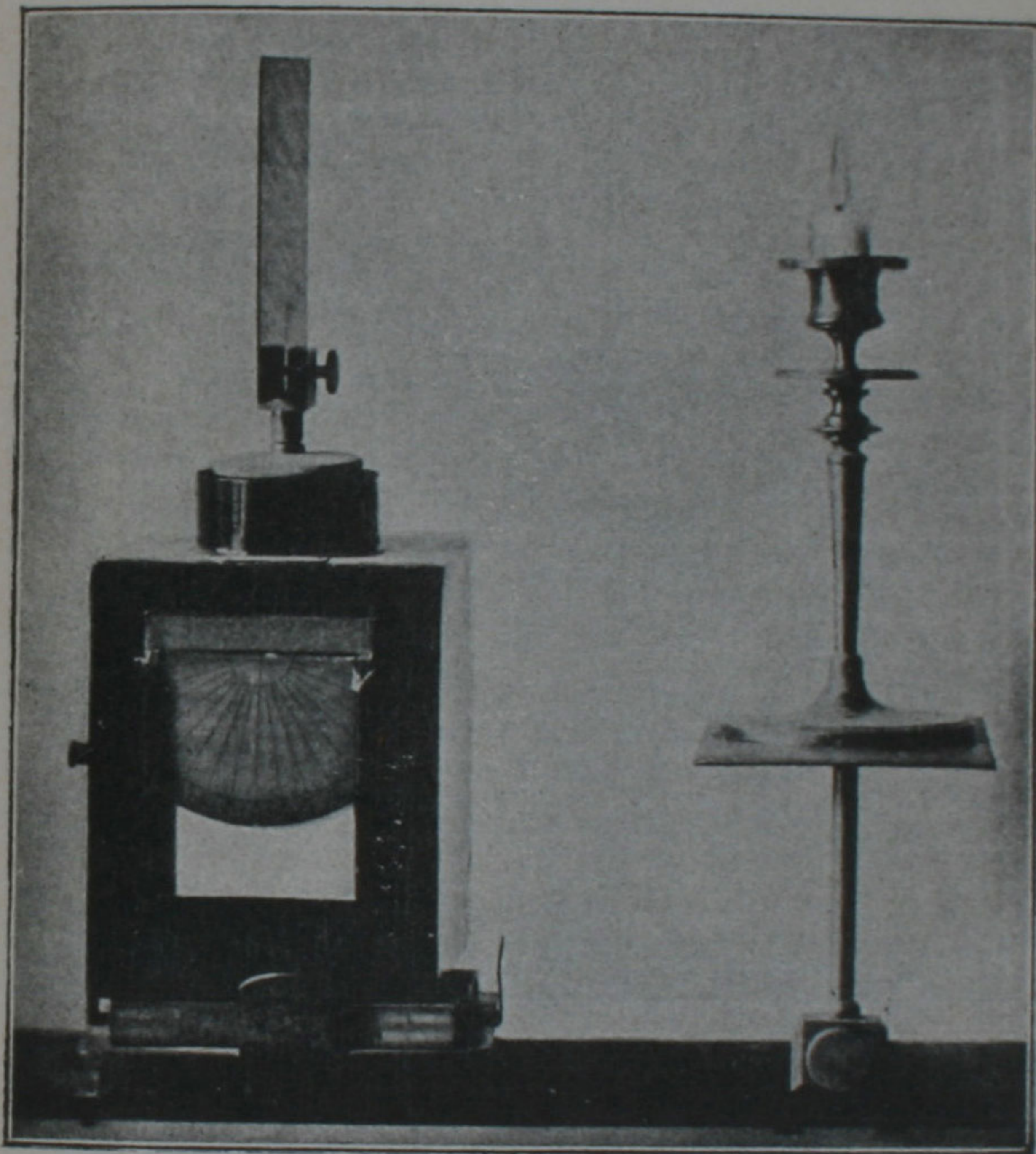


FIG. 47.

Appareil montrant la déperdition de l'électricité sous l'influence des flammes suivant la distance et la nature du corps sur lequel l'action se produit. La lame chargée surmontant l'électroscope attire à elle les ions de signe contraire qui la déchargent.

positif représenté dans un autre chapitre (fig. 52), les gaz des flammes produisent encore, bien que faiblement, la décharge de l'électroscope.

J'ai déjà rappelé que les expériences récentes de J.-J Thomson ont montré qu'un corps incandescent est une source puissante et indéfinie d'électrons, c'est-à-dire de particules identiques à celles

des corps radio-actifs. Il l'a prouvé en constatant que le rapport de leur charge électrique à leur masse était le même. Les phénomènes de la combustion constituent donc une des causes les plus énergiques de dissociation de la matière. Ils produisent une quantité tellement énorme d'effluves de matière dissociée qu'il est possible d'espérer qu'on découvrira le moyen de les utiliser. En attendant,

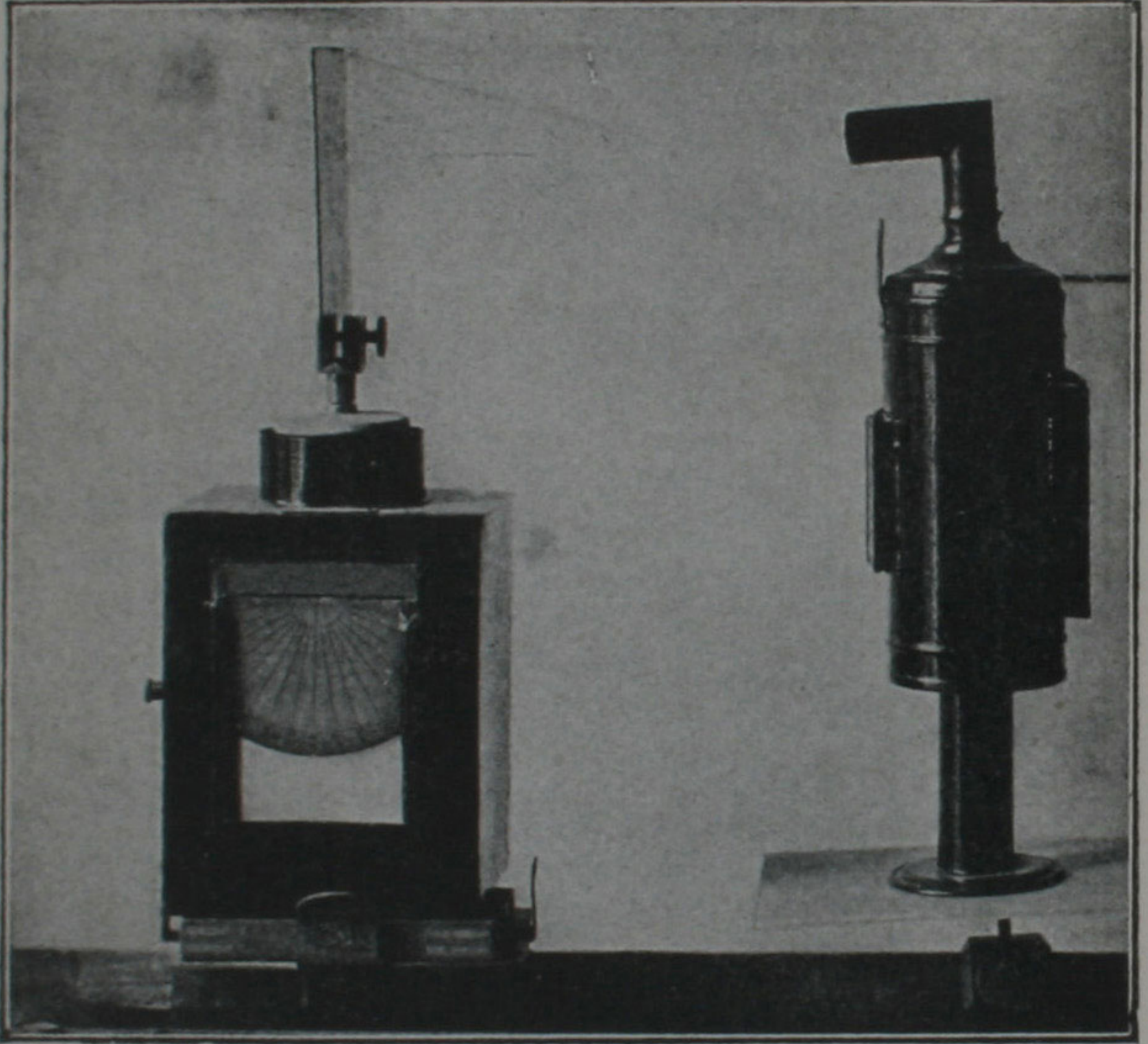


FIG. 48.

Appareil de démonstration permettant de rendre visible la déperdition électrique sous l'action des particules de matière dissociée contenue dans les gaz des flammes.

ces effluves se diffusent dans l'atmosphère, où ils doivent jouer un rôle que nous ne connaissons pas encore.

Propriétés des particules de matière dissociée contenues dans les flammes. — J'ai constaté dans mes expériences trois faits curieux non signalés encore. Le premier est la propriété que possèdent les éléments des gaz dissociés de traverser, au moins en apparence, des enceintes métalliques ; le second est la rapidité

croissante de la décharge avec l'épaisseur du métal, en relation avec l'électroscope ; le troisième est la perte qu'éprouvent rapidement plusieurs métaux de la propriété d'être influencés par les gaz des flammes.

L'électroscope est chargé comme il est expliqué dans un précédent paragraphe et la lampe destinée à produire des gaz dissociés est disposée comme il est indiqué fig. 49. On constate alors une décharge assez rapide au début de l'expérience, mais qui bientôt se ralentit et s'arrête. Le métal ne reprend pas sa sensibilité par le nettoyage, mais seulement par un repos assez prolongé : au moins

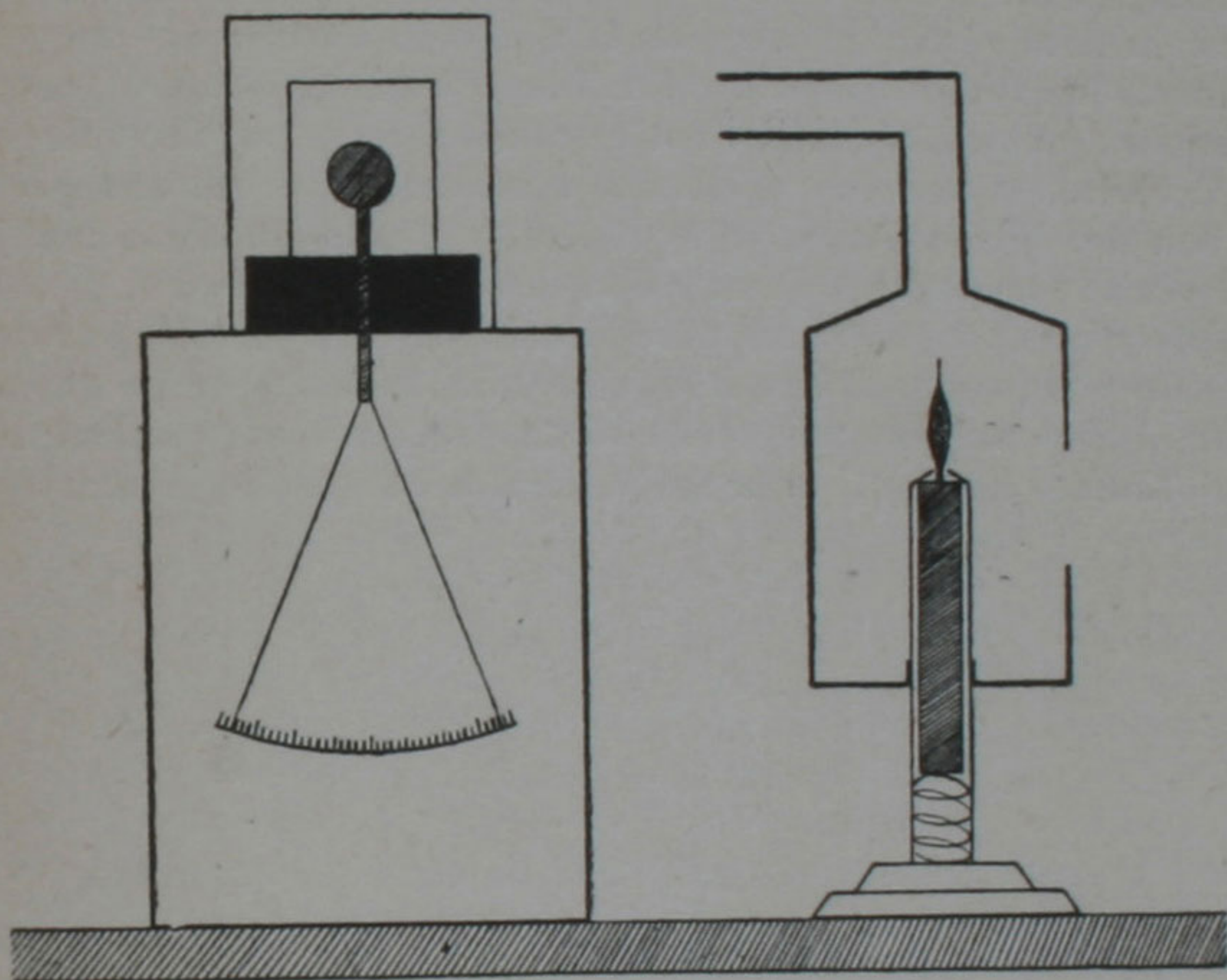


FIG. 49.

Appareil démontrant l'action de la matière dissociée contenue dans les gaz des flammes sur un corps électrisé entouré d'une cage métallique. — Les choses se passent comme si la cage de métal était rapidement traversée par la matière dissociée. Quand on veut éliminer entièrement l'action de la chaleur, on oblige les gaz à traverser un serpentin de 2 mètres de longueur plongé dans un réservoir plein d'eau (fig. 52). Ils n'arrivent alors sur l'électroscope qu'après refroidissement complet, et produisent encore une faible décharge.

vingt-quatre heures. Les chiffres suivants donnent une idée des variations ainsi observées. La source lumineuse a été placée à une distance suffisante pour obtenir une décharge assez lente, de façon à pouvoir se rendre compte des différences constatées :

Décharge pendant les 3 premières minutes	9°
— — 3 minutes suivantes	4°
— — 3 — —	2°

Nous verrons, en interprétant ce dernier phénomène, qu'il est dû à une émission d'émanation radio-active analogue à celle du radium, mais qui s'épuise très vite et se renouvelle fort lentement.

Mais une partie de la décharge semble bien produite par la transparence du métal formant cage de Faraday, puisqu'elle se manifeste, bien qu'à un faible degré, avec des gaz complètement refroidis, de façon à éliminer l'action de la chaleur.

Lorsqu'on opère comme il est indiqué fig. 49, il suffit de placer l'extrémité de la cheminée coudée de la lampe à 2 ou 3 centimètres du cylindre formant cage de Faraday pour obtenir une décharge de 7 à 10° environ par minute. L'expérience peut être recommencée plusieurs fois puis la décharge s'arrête entièrement. Nettoyer le cylindre serait inutile, il faut le laisser reposer pendant plusieurs jours. L'altération est étendue à toute la circonférence du cylindre, et non pas seulement à la partie exposée aux gaz de la flamme. Elle est due, je le répète, à l'émission d'une matière radio-active analogue à l'émanation des corps radio-actifs.

Lorsqu'on opère avec des gaz refroidis par leur passage à travers un serpentin, comme il est indiqué fig. 52, la décharge ne dépasse pas 2 degrés par minute et elle paraît due alors uniquement à la transparence du métal pour les particules de matière dissociée.

CHAPITRE VII

Expériences sur la dématérialisation de la matière par les réactions chimiques.

Nous avons découvert un grand nombre de réactions chimiques produisant la dissociation de la matière. Elle est révélée par les caractères qui prouvent cette dissociation, c'est-à-dire l'aptitude à rendre l'air conducteur de l'électricité et à produire parfois de la phosphorescence.

Pour constater cette dissociation, au lieu d'opérer suivant la méthode dont la figure 36 donne le principe, il est beaucoup plus simple, quand il ne s'agit que d'expériences qualitatives, de placer le corps à expérimenter sur le plateau de l'électroscope qu'on charge ensuite (fig. 50). Pour des recherches plus précises on peut enfermer les corps devenant radio-actifs par leur combinaison dans un vase clos en relation avec l'électroscope.

Voici maintenant quelques exemples de réactions s'accompagnant de dissociation de la matière.

— Parmi les diverses réactions que j'ai indiquées autrefois comme s'accompagnant de radio-activité de la matière se trouve l'hydratation du sulfate de quinine. Ce corps, comme on le savait depuis longtemps, devient phosphorescent par l'action de la chaleur ; mais ce qu'on ne savait pas du tout, c'est que, quand il a perdu sa phosphorescence après avoir été chauffé suffisamment, il redevient vivement lumineux par le refroidissement et en même temps radio-actif. Après avoir recherché la cause de ces deux derniers phénomènes, j'ai reconnu qu'ils étaient dus à une hydratation très légère. La radio-activité ne se manifeste qu'aux débuts de l'hydratation et ne dure que quelques minutes. La phosphorescence persiste, au contraire, pendant un quart d'heure.

La propriété du sulfate de quinine de devenir phosphorescent par le refroidissement est tout à fait contraire à ce que l'on observe

pour les divers corps phosphorescents qui ne donnent jamais de phosphorescence en se refroidissant.

Pour réaliser les expériences de phosphorescence par refroidissement et de radio-activité avec le sulfate de quinine on le chauffe à 125° sur une plaque métallique jusqu'à disparition entière de toute phosphorescence. Retiré de la plaque où il a été chauffé,

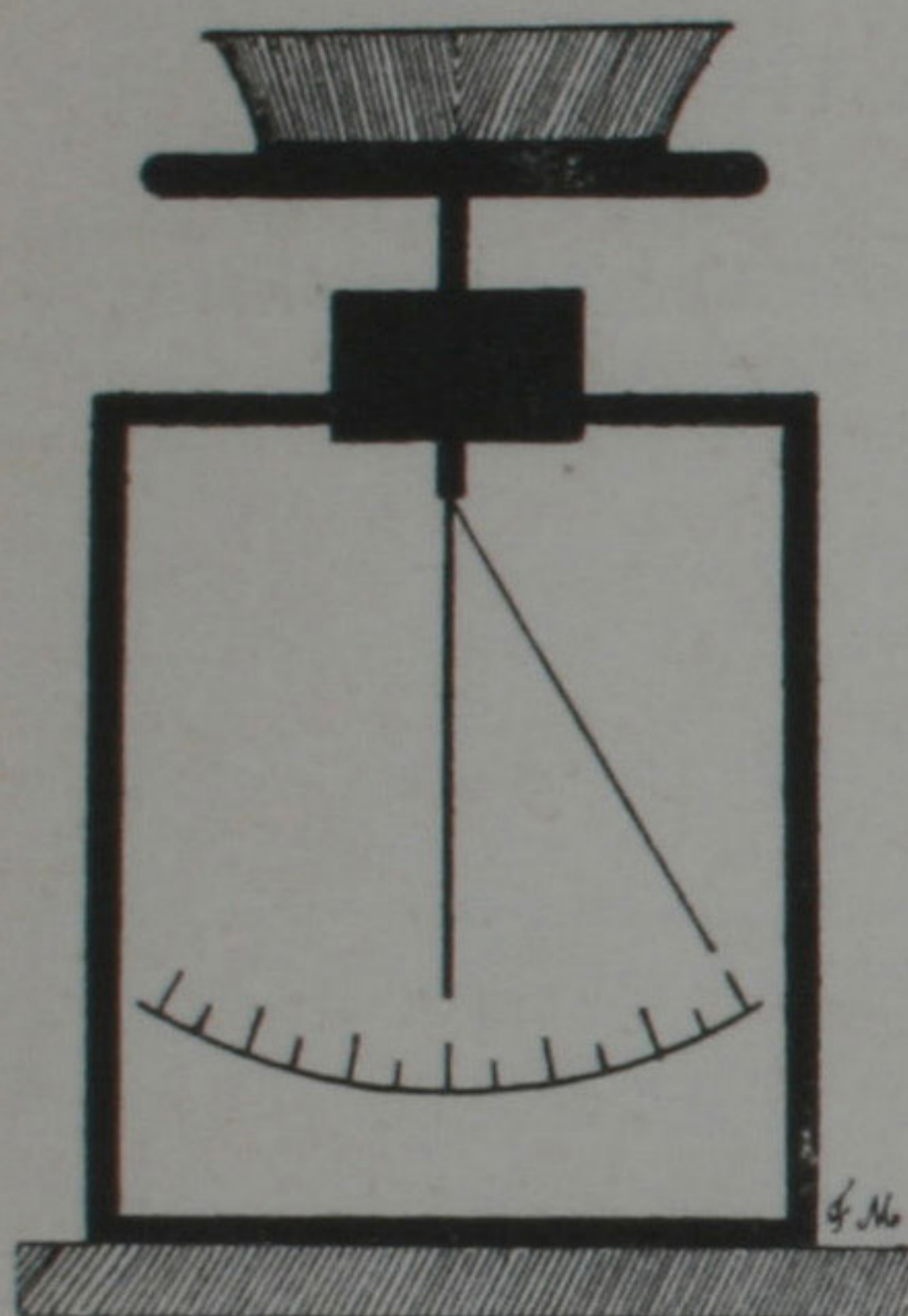


FIG. 50.

Étude de la dissociation de la matière par les réactions chimiques. — Les corps susceptibles de produire de la dissociation de la matière par leurs réactions sont introduits dans le récipient placé sur le plateau de l'électroscope qu'on charge ensuite et dont on observe la décharge. Ce dispositif est beaucoup plus simple que la méthode classique indiquée fig. 36 et donne d'aussi bons résultats quand il n'est pas nécessaire de faire des mesures.

Puisque l'hydratation et la déshydratation sont les causes de la phosphorescence du sulfate de quinine, on peut, en l'hydratant ou le déshydratant par un moyen autre que la chaleur, obtenir la même phosphorescence. Introduisons dans un flacon à large ouverture du sulfate de quinine avec un peu d'acide phosphorique anhydre et fermons-le. L'acide phosphorique dépouillera aussitôt le sulfate de quinine de son eau. Il suffira alors d'ouvrir le

le sulfate de quinine redevient phosphorescent en se refroidissant et, placé de suite sur le plateau de l'électroscope, donne pendant trois ou quatre minutes un abondant dégagement d'effluves qui produisent le rapprochement des feuilles de l'instrument (12° pendant la première minute, 4° dans la deuxième). La dose employée dans nos expériences était d'environ 2 grammes de sulfate de quinine. L'arrêt de la phosphorescence se produit bien avant la disparition de la décharge. Les deux phénomènes sont donc indépendants.

Il suffit, d'après les mesures qu'a bien voulu effectuer pour moi M. Duboin, professeur de chimie à la Faculté des sciences de Grenoble, de l'absorption de moins de 1 milligramme de vapeur d'eau pour rendre phosphorescent et radio-actif 1 gramme de sulfate de quinine desséché.

L'opération précédente peut se répéter indéfiniment. Quand le sulfate de quinine est hydraté, il n'y a qu'à le chauffer de nouveau. Il devient phosphorescent par la chaleur, s'éteint, puis brille de nouveau par refroidissement en s'hydratant et redevient radio-actif.

flacon et de souffler dans son intérieur, pour voir le sulfate de quinine devenir vivement phosphorescent. Si on referme ensuite le flacon, le sel de quinine se déshydrate de nouveau et les mêmes opérations peuvent être répétées un grand nombre de fois.

Le sulfate de cinchonine donne les mêmes résultats que le sulfate de quinine, mais les phénomènes, surtout ceux de phosphorescence, sont moins intenses.

Dissociation de la matière pendant la formation de divers gaz. — Parmi les réactions très nombreuses produisant la dissociation de la matière, je citerai encore les suivantes :

Formation d'oxygène par décomposition de l'eau oxygénée au moyen du bioxyde de manganèse. — Les produits sont mis dans la capsule métallique sur le plateau qu'on charge ensuite (fig. 50). La réaction dure un peu plus d'une minute. La perte de l'électroscope est d'environ 9°.

Formation d'hydrogène par décomposition de l'eau au moyen de l'amalgame de sodium — On opère comme précédemment. Perte, 9° par minute. La décharge est exactement la même, que l'électroscope soit chargé positivement ou négativement. En décomposant l'eau au moyen de l'acide sulfurique et du zinc on obtient les mêmes résultats.

Formation d'acétylène par action de l'eau sur le carbure de calcium. — On opère toujours comme précédemment. Perte, 11° par minute.

Formation d'ozone. — L'air chargé d'ozone au moyen d'une grande bobine et d'un ozonateur est dirigé avec une soufflerie sur le plateau de l'électroscope. La perte est très faible, à peine 1° par minute, si l'instrument est chargé négativement, et de 4° s'il est chargé positivement.

Il serait fastidieux de multiplier ces exemples. On observe la dissociation de la matière dans beaucoup de réactions, et notamment les hydratations. Les oxydations, même les plus énergiques, (oxydation du sodium à l'air humide par exemple) ont généralement peu ou pas d'action.

Pour terminer ce sujet je me bornerai à citer encore la dissociation de la matière pendant l'oxydation du phosphore.

Dissociation de la matière pendant l'oxydation du phosphore. — Le phosphore est un des corps dont la radioactivité est la plus intense. Pour la constater, on frotte le phosphore avec une peau humide, placée ensuite sur l'électroscope : on observe 80° de décharge par minute (déduite de la perte pendant 20 secondes) et quel que soit le sens de la charge. La dose employée a été 1 centigramme de phosphore. Quand la peau est sèche, la

décharge s'arrête presque entièrement. Le phosphore rouge et le sesquisulfure de phosphore sont sans action.

La phosphorescence du phosphore tient à des causes mal déterminées encore, mais qui ne paraissent pas dues seulement à une oxydation ni à une hydratation. En desséchant très soigneusement le phosphore au moyen de l'appareil représenté fig. 51, la phosphorescence est extrêmement légère, alors qu'elle devient très vive sous l'influence d'une trace de vapeur d'eau.

Les nombreux mémoires publiés depuis un siècle sur la question n'ont pas encore élucidé les causes de la phosphorescence du

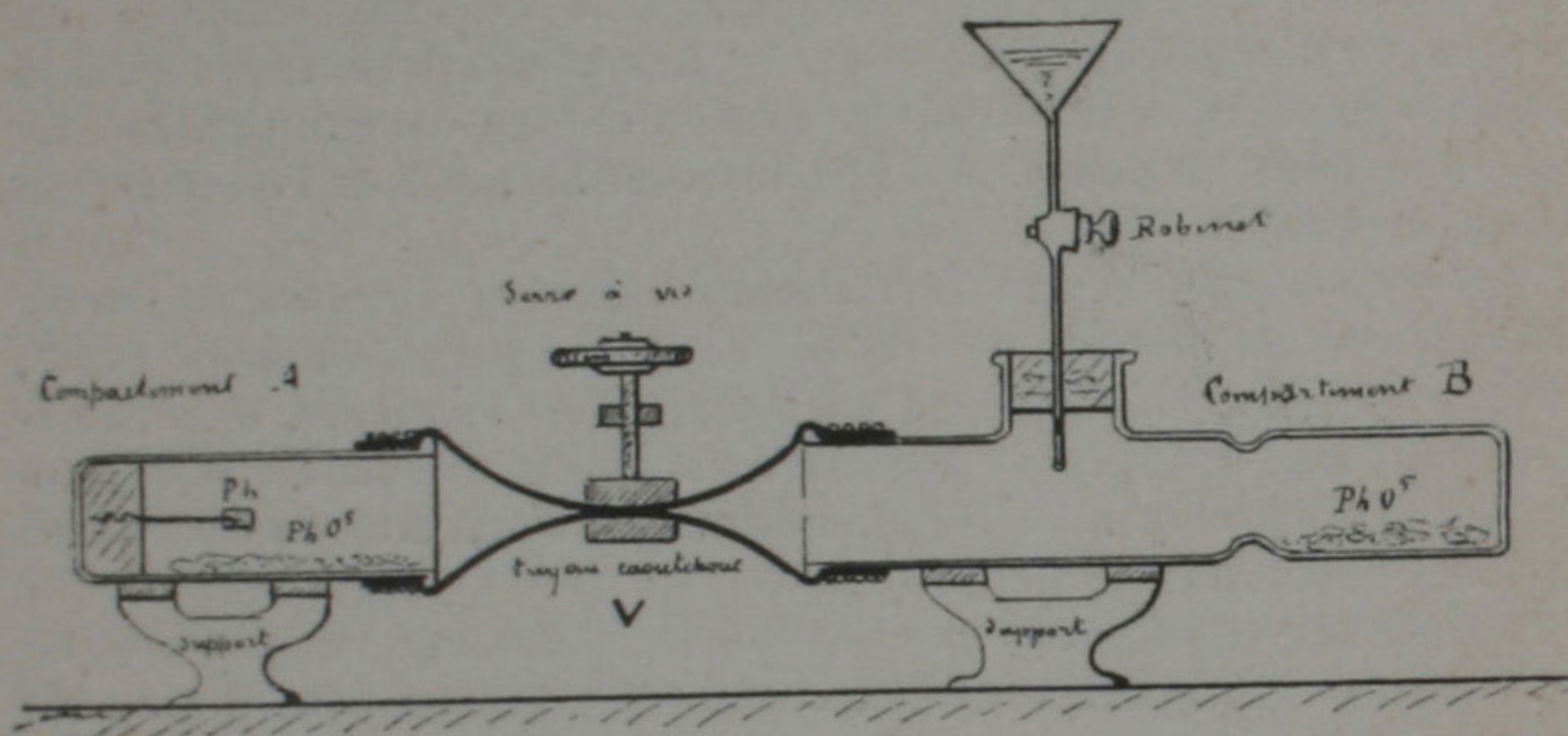


FIG. 51.

Appareil de Gustave Le Bon et Martin, employé pour déterminer le rôle de la vapeur d'eau dans la phosphorescence du phosphore.

Les deux compartiments A et B étant garnis d'acide phosphorique anhydre, on introduit en A du phosphore, puis on sépare A de B en serrant la vis V. Le phosphore absorbe l'oxygène de A, brille puis s'éteint. On desserre alors la vis V, et l'air sec de B pénètre en A. On observe seulement une phosphorescence très légère, localisée à la surface du morceau de phosphore. Si, alors, au moyen de l'entonnoir représenté sur la figure, on laisse tomber une goutte d'eau en B, la faible quantité de vapeur qu'elle émet suffit à rendre le phosphore beaucoup plus brillant et il se forme autour de lui un nuage lumineux. La vapeur d'eau joue donc un rôle manifeste dans la phosphorescence.

phosphore. Plusieurs auteurs assurent que la phosphorescence se maintient dans un courant d'hydrogène pur soigneusement dépouillé de toute trace d'oxygène, mais nous n'avons jamais rien observé de pareil dans nos expériences. La présence de l'air a toujours paru indispensable.

Les expériences que nous avons exécutées avec le concours de M. Martin, ingénieur de la grande usine de phosphore de Lyon, ont donné les résultats suivants :

1° Dans le vide barométrique le phosphore n'est jamais phosphorescent.

2° Dans une atmosphère d'acide carbonique sec ou saturé de vapeur d'eau, le phosphore ne brille pas. Si on introduit dans le ballon d'acide carbonique contenant le phosphore une simple bulle d'air, cette bulle devient immédiatement phosphorescente.

3° La phosphorescence dans l'air humide ne s'accompagne pas de la production d'hydrogène phosphoré.

4° Il y a pendant la phosphorescence une production d'ozone révélée par la coloration bleue d'un papier de tournesol ioduré. Pour mettre hors de doute sa présence, l'air est dépouillé de l'ozone qu'il pourrait contenir naturellement par son passage à travers deux flacons, l'un qui renferme du mercure, l'autre du protochlorure d'étain. Ainsi dépouillé de son ozone naturel, comme on le constate par l'absence de coloration du papier ioduré, l'air arrive sur du phosphore desséché à 200 degrés dans un courant d'acide carbonique. Le papier ioduré bleuit fortement dès qu'il a traversé le ballon contenant du phosphore. Ce dernier jouit donc de la propriété de transformer en ozone l'oxygène de l'air.

Dans un récent travail fait au laboratoire du professeur J. J. Thomson, à Cambridge, et qui a été publié dans le *Philosophical Magazine* d'avril 1905 sous ce titre « *Radio-activity and Chemical change* ». M. Norman Campbell a combattu mes conclusions sur la radio-activité par réactions chimiques. Il ne conteste pas la décharge observée à l'électroscope, mais il l'attribue à l'action de la chaleur produite par diverses réactions. Il se déclare d'ailleurs incapable d'expliquer comment la chaleur peut produire la déperdition électrique observée.

Je n'ai jamais songé à contester l'influence de la chaleur dont j'ai expliqué les effets en montrant qu'elle agit en expulsant la provision de radio-activité que les corps contiennent, mais il est bien évident qu'on ne peut invoquer son rôle dans les réactions chimiques qui ne s'accompagnent d'aucune élévation de température, telles que l'hydratation du sulfate de quinine pendant son refroidissement, l'oxydation du phosphore, etc. Il y a au contraire des réactions accompagnées d'élévation de température, telles que l'oxydation du sodium, qui ne produisent aucune radio-activité. L'influence de la chaleur et celles des réactions chimiques constituent deux facteurs dont l'action est très distincte bien qu'ils puissent parfois se superposer.

CHAPITRE VIII

Expériences sur les origines de la dématérialisation des corps spontanément radio-actifs.

Les expériences qui vont suivre furent faites au début de la découverte des corps radio-actifs pour prouver que leur dissociation, contrairement à l'opinion alors reçue, était sous la dépendance de certaines réactions chimiques de nature inconnue, mais se rapprochant de celles qui produisent la phosphorescence.

Les phénomènes de radio-activité, c'est-à-dire l'émission d'effluves, obtenus avec l'uranium, le thorium et le radium, sont très notablement modifiés par la chaleur et par l'humidité. La chaleur prolongée excite d'abord la radio-activité qui augmente beaucoup, mais ne peut plus être ramenée à son degré primitif qu'après un long repos. Quant à l'hydratation, elle supprime la phosphorescence, et réduit la radio-activité.

La réduction de l'action sur l'électroscope par l'hydratation varie beaucoup suivant les corps. Voici les chiffres obtenus avec diverses substances radio-actives, d'abord desséchées à 200° puis broyées avec leur poids d'eau.

	DÉCHARGE
2 grammes de nitrate d'urane desséché	26° en 10 minutes.
Même quantité de nitrate d'urane hydraté.	7° en 10 —
2 grammes d'oxyde rouge d'urane desséché.	37° en 10 —
Même quantité d'oxyde rouge d'urane hydraté.	5° en 10 —
2 grammes d'oxyde de thorium desséché	45° en 10 —
Même quantité d'oxyde de thorium hydraté	17° en 10 —
2 grammes de bromure de radium de faible activité desséché	30° en 5 secondes
Même quantité de bromure de radium hydraté.	10° en 5 —

Je dois ajouter que si l'eau agit chimiquement, elle agit partiellement aussi, par absorption d'une partie des particules émises, c'est-à-dire comme un écran.

Mouillés ou simplement exposés à l'humidité, les corps radio-actifs perdent toute phosphorescence, ce qui n'est pas du tout le

cas des corps phosphorescents ordinaires, et on ne la leur rend qu'en les chauffant au rouge blanc.

La température joue également un rôle considérable dans la phosphorescence des corps radio-actifs. Il suffit de chauffer les sels de radium pour leur faire perdre momentanément leur phosphorescence. La température à employer varie suivant les échantillons, qui sont de composition évidemment très variable. Pour certains d'entre eux, il faut une température de 500°, et la phosphorescence reparait dès que le corps se refroidit. Pour d'autres échantillons, une température de 225° suffit, et le corps ne reprend pas sa phosphorescence en se refroidissant, mais seulement au bout de quelques heures et parfois même de quelques jours.

En dehors des considérations précédentes déduites de l'action de la chaleur et de l'humidité, l'expérience suivante semble bien indiquer l'existence de ces combinaisons chimiques nouvelles que j'ai étudiées ailleurs, combinaisons dans lesquelles un des éléments est en proportion infinitésimale par rapport à l'autre.

Après avoir déterminé la radio-activité de 30 grammes de chlorure de thorium, lesquels, étalés sur une cuve métallique carrée, de 10 centimètres de côté, posée sur l'électroscope, donnent 9° de décharge par minute, on les dissout dans l'eau, on y ajoute 1 gramme de chlorure de baryum, corps ne possédant aucune radio-activité et on précipite le chlorure à l'état de sulfate, par une petite quantité d'acide sulfurique. On recueille sur un filtre un produit dont le poids est de 7 décigrammes. Ces 7 décigrammes posés sur le plateau de l'électroscope donnent 16° de décharge, alors que tout au plus on devrait obtenir 9°, puisque ce qu'on a extrait d'actif du chlorure de thorium, s'il ne s'agit pas d'une réaction chimique, ne peut être supérieur à ce qui s'y trouvait. Le chlorure de thorium restant n'a perdu que la moitié de son activité.

Je dois faire remarquer, cependant, que toutes les mesures de radio-activité des corps par l'électroscope n'ont pas une valeur quantitative bien précise. Je n'en tire des conclusions qu'avec réserve, depuis que j'ai constaté l'extrême influence du plus ou moins grand degré de division de la matière sur laquelle on opère. J'ai dit plus haut que les 7 décigrammes de matière précipitée avaient donné 16° de décharge, mais le filtre employé, qui ne contenait presque plus rien, sinon la matière très fine restée sur ses bords, a donné 40° de décharge par minute sur l'électroscope. Il ne contenait cependant que quelques milligrammes au plus de matière, mais étendue sur une grande surface.

On peut montrer plus simplement encore l'influence de la division de la matière sur sa radio-activité par l'expérience suivante : 1 gramme de chlorure de thorium pur est étalé en poudre sur le plateau de l'électroscope et donne une décharge de 1° par minute.

On dissout le même gramme dans 2 centimètres cubes d'eau distillée, et on imbibe avec cette solution une feuille de papier à filtrer carrée de 10 centimètres de côté, on la laisse sécher et on l'étend sur le plateau de l'électroscope. La décharge s'élève alors à 7° par minute, soit 7 fois plus qu'avec le même produit en poudre fine.

La même feuille de papier étant repliée de façon à réduire sa surface, la décharge tombe à 3°.

Les mêmes phénomènes s'observent avec l'uranium. Nous posons sur l'électroscope un petit bloc d'uranium métallique pesant environ 30 grammes. Il donne 12° de décharge en 10 minutes. Nous prenons le tiers du même bloc, soit 10 grammes, que nous réduisons en poudre et que nous étalons sur une cuve métallique ayant 10 centimètres de côté, posée sur le plateau de l'électroscope. La décharge s'élève à 28° environ en 10 minutes. Donc par le seul fait que nous avons augmenté la surface du corps radio-actif, une quantité trois fois moindre de la même substance donne une décharge deux fois plus grande.

La décharge que les corps radio-actifs produisent se réduit donc avec la diminution de la surface dans de grandes proportions.

Cette réduction n'est pas cependant proportionnelle à la surface. Dès que la couche d'un corps radio-actif atteint une certaine épaisseur, les quantités nouvelles qu'on ajoute, et qui ne font qu'augmenter cette épaisseur, sont sans action. Les choses se passent comme si ces corps étaient capables d'absorber les radiations qu'ils émettent.

50 ou 25 grammes de thorium étalés dans une cuve de même dimension ($12 \times 17^{\text{cm}}$) de surface de façon à la couvrir entièrement, donnent exactement la même décharge (11° par minute). Si on met les mêmes quantités (50 grammes ou 25 grammes) dans une cuve plus petite, la décharge ne sera que de 7° par minute.

CHAPITRE IX

Expériences sur l'ionisation des gaz.

C'est dans les gaz qu'a été observée d'abord la dissociation des corps simples et cela à une époque où on ne songeait guère à parler de dissociation des atomes. Le phénomène était alors décrit sous le nom d'ionisation. Ce terme doit en réalité être considéré comme absolument synonyme de celui de dissociation de la matière, ainsi que je l'ai dit déjà.

Les produits de la dissociation des atomes des gaz sont de même nature que ceux obtenus par la dissociation des autres corps, tels que les métaux. Le rapport de leur charge électrique à leur masse est toujours le même. Leurs propriétés varient seulement comme il a été expliqué ailleurs suivant que l'ionisation se fait à la pression ordinaire ou dans un gaz très raréfié, tel que celui de l'ampoule de Crookes.

Ioniser un gaz ou, en d'autres termes le dissocier, consiste à retirer de ses atomes, ces éléments connus sous le nom d'ions, portant les uns, une charge électrique positive, les autres une charge négative.

Ces ions de signes contraires sont toujours en quantité équivalente, ce qui fait, comme on l'a observé, que la masse d'un gaz ionisé prise dans son ensemble, ne révèle aucune charge électrique. Cette constatation est d'ailleurs conforme à tout ce que nous savons depuis longtemps sur l'électricité. Il est impossible de produire une charge électrique, de signe quelconque, sans créer en même temps une charge exactement égale de signe contraire. Quand on décompose, par exemple, le fluide électrique par le frottement, le corps frottant contient une quantité d'électricité rigoureusement égale à celle du corps frotté, mais de nom contraire.

Donc, un gaz ionisé, pris dans son ensemble, ne révèle aucune charge électrique, mais si on le dirige entre deux plaques métalliques parallèles, chargées l'une d'électricité positive, l'autre d'électricité négative, les ions de noms contraires sont attirés par cha-

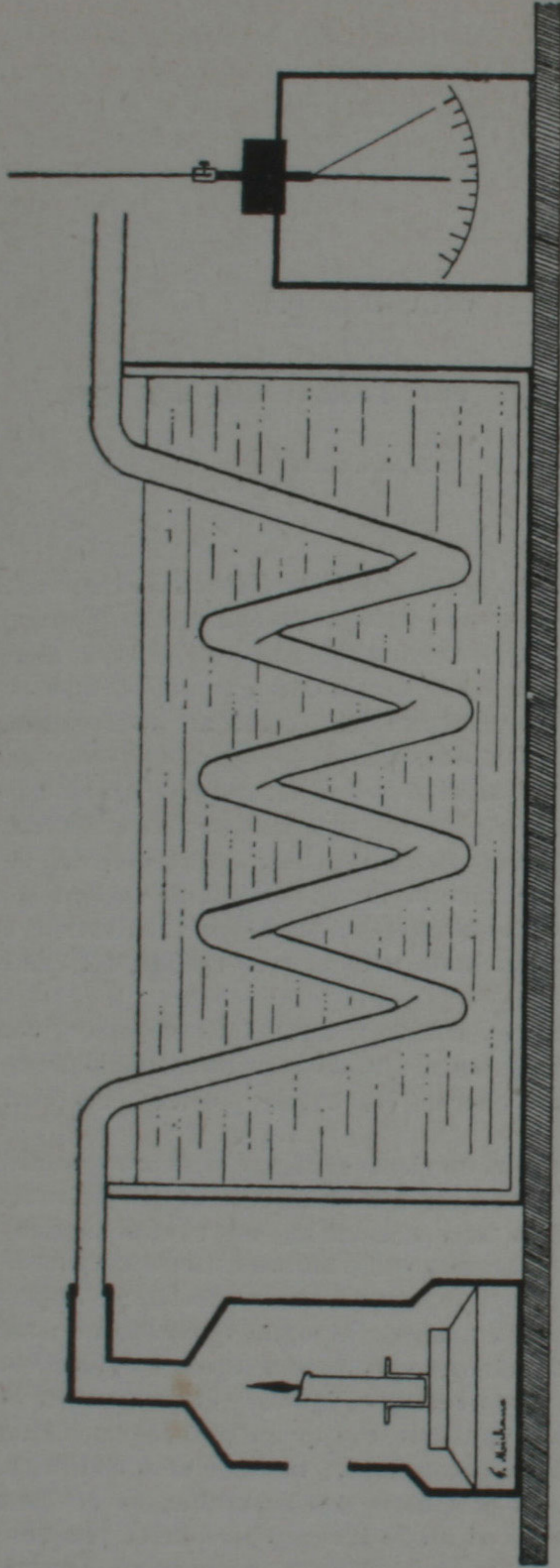


FIG. 52.

Expériences sur les propriétés des gaz dissociés par les flammes.

Les ions produits dans cette forme de la dissociation de la matière se neutralisent avec une extrême lenteur puisqu'ils peuvent traverser un long serpentín métallique et décharger l'électroscope à sa sortie.

cune des deux plaques, et on constate, au moyen d'un électromètre, la neutralisation d'une partie de la charge des plaques.

Que deviennent les ions positifs et négatifs formés dans une masse gazeuse? Un gaz ionisé garde sa conductibilité pendant quelque temps, mais il ne la garde pas toujours, et on finit par ne plus pouvoir y constater de charge électrique. On en conclut que les ions positifs et négatifs se sont recombines pour former de l'électricité neutre.

La vitesse de recombinaison des ions paraît proportionnelle au nombre des ions présents, et c'est pourquoi, pour les gaz ionisés par les corps très actifs, tels que le radium, elle est fort rapide. La recombinaison des ions est rendue également plus rapide par la présence de particules solides comme on le constate en insufflant de la fumée de tabac entre deux plaques métalliques chargées d'électricité, traversée par un gaz ionisé.

On admet généralement aujourd'hui que tous les ions, quelle que soit leur origine, sont semblables et cette opinion est surtout fondée sur l'identité de leur charge électrique. Mes expériences m'ont conduit à admettre au contraire que les divers ions doivent présenter entre eux de notables différences. J'ai observé, en effet que la rapidité de leur recombinaison ou plutôt de leur disparition — pour ne rien préjuger — varie beaucoup suivant leur origine. Voici par exemple trois cas où, d'après mes recherches, les ions se conduisent très différemment :

1° *Ions produits par la combustion.* — Ils peuvent traverser un tube métallique refroidi de 2 mètres de longueur comme le prouve l'action qu'ils exercent sur un électroscope placé à l'extrémité de ce

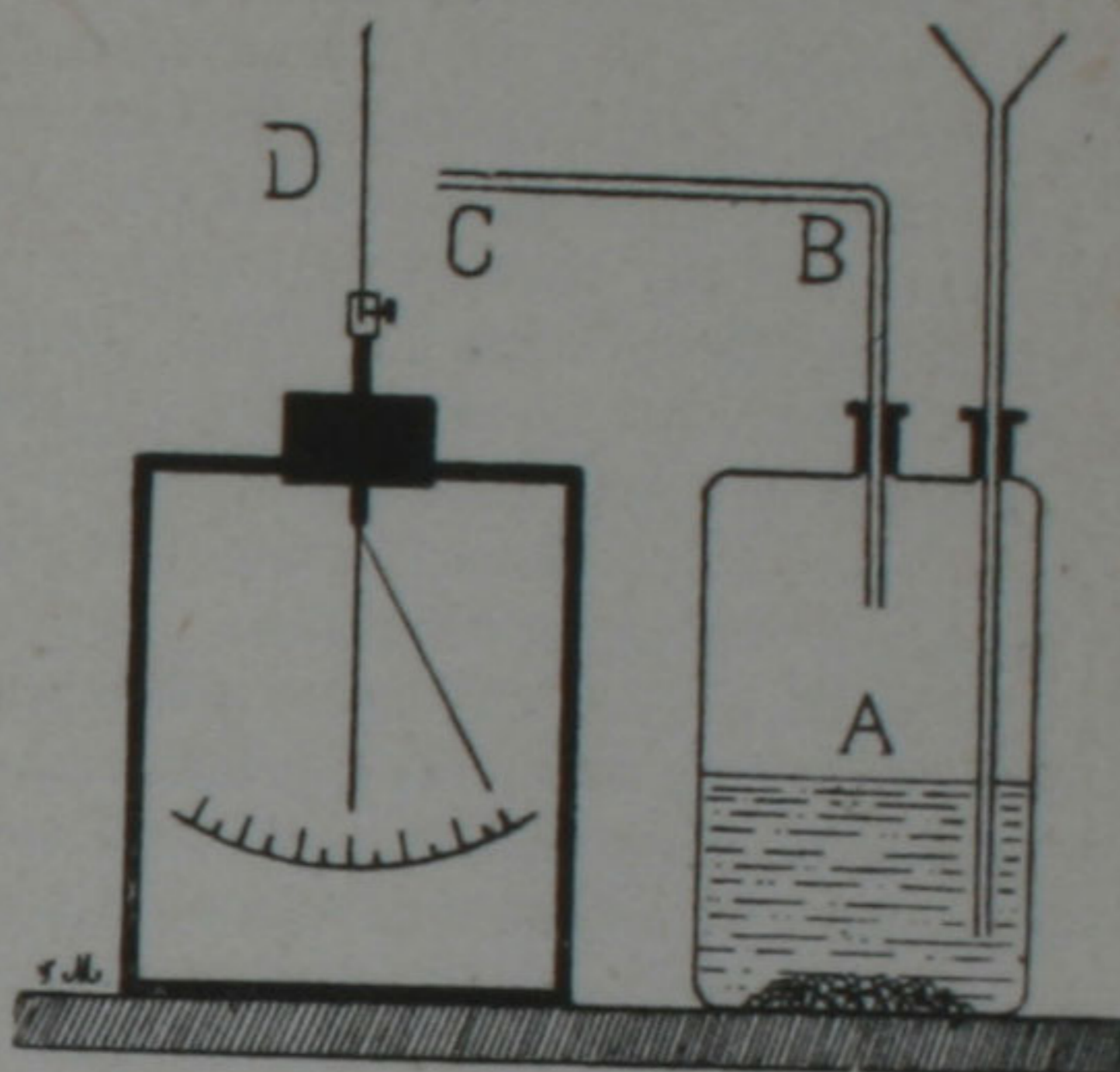


FIG. 53.

Recombinaison des ions obtenus dans la dissociation de la matière par les réactions chimiques. — A, flacon contenant de l'eau et de l'amalgame de sodium. C B, tube conduisant le gaz ionisé devant l'électroscope chargé D. Les ions engendrés dans cette forme de la dissociation de la matière se neutralisant très vite, il suffit de donner une certaine longueur au tube C B pour que la décharge de l'électroscope devienne presque nulle contrairement à ce qui s'observe dans l'expérience représentée fig. 52. C'est pour cette raison qu'il est préférable d'employer le dispositif, représenté fig. 50, pour étudier la dissociation de la matière par réactions chimiques.

tube (fig. 52), mais une couche d'eau de faible épaisseur les arrête;

2° *Ions produits par certaines réactions chimiques.* — Je mentionnerai seulement parmi ces réactions la formation de l'hydrogène par l'action de l'amalgame de sodium sur l'eau. Les ions obtenus disparaissent presque entièrement après avoir traversé quelques centimètres de tube (fig. 53);

3° *Ions produits par l'oxydation du phosphore.* — En faisant barboter à travers un flacon contenant de l'eau, de l'air ayant traversé un ballon renfermant des fragments de phosphore très divisé, on constate par l'action de l'air sur l'électroscope que tous les ions n'ont pas été retenus par l'eau, comme cela s'observe avec ceux obtenus dans les opérations précédentes.

On voit par les trois exemples que je viens d'indiquer que les ions peuvent présenter entre eux de réelles différences malgré leurs incontestables analogies.

La quantité de molécules gazeuses pouvant être ionisées dans une masse de gaz donnée est relativement très faible, quelque énergique que puisse être le procédé d'ionisation employé. S'il en était autrement, on arriverait facilement à extraire des atomes une quantité colossale d'énergie. Rutherford évalue à une par 100 millions, le nombre de molécules dissociées ou plutôt ayant subi un commencement de dissociation dans un gaz. On arrive à ce chiffre par diverses méthodes, notamment en déterminant le nombre de gouttes d'eau résultant de la condensation de la vapeur d'eau produite par la présence des ions. Bien que cette quantité paraisse minime, le chiffre des ions est encore très considérable en raison du nombre de particules que contient un gaz, et qu'on évalue à 36 millions de milliards par millimètre cube. Un millimètre cube d'un gaz pourrait donc contenir 360 millions de particules ayant subi un commencement de dissociation bien qu'une molécule seulement sur 100 millions soit partiellement dissociée.

CHAPITRE X

Expériences sur la dissociation spontanée de la matière et sur l'existence dans tous les corps d'une émanation analogue à celle des substances radio-actives.

L'enchaînement de nos expériences nous a conduit à découvrir l'existence dans tous les corps d'une émanation analogue à celle des substances radio-actives, ce qui démontre que tous les corps se dissocient spontanément. Voici comment nous avons été conduit à cette démonstration.

Dans le but d'étudier la transparence des métaux pour les particules de matière dissociée, soit par la lumière soit par la combustion, j'avais employé l'électroscope condensateur décrit précédemment, c'est-à-dire un électroscope entouré d'une cage de Faraday et constaté une décharge importante sous l'influence d'une chaleur assez faible pour n'élever la température de ses parois que d'une trentaine de degrés.

La première explication était évidemment que le cylindre métallique était transparent pour les radiations. Voici les expériences qui m'ont montré que la cause principale du phénomène n'était pas due à de la transparence, mais à une émanation du métal identique à celle qu'on observe dans les corps radio-actifs, tels que le thorium, l'uranium, etc., et que très postérieurement à mes recherches (publiées dans la *Revue Scientifique* du 22 novembre 1902, page 650) J. J. Thomson a signalée dans tous les corps.

Reprenons l'appareil représenté fig. 49. Il nous permettra de constater les faits suivants :

Si la décharge se fait en exposant l'instrument au soleil elle n'est notable que si la température du soleil est assez élevée pour échauffer légèrement le métal.

Avec la lumière ultra-violette des étincelles électriques, bien plus active que la lumière solaire, mais qui n'échauffe pas le métal, la décharge est presque nulle.

En disposant l'appareil comme il est indiqué fig. 49 pour étudier l'action de la chaleur, on constate qu'après avoir répété 5 ou 6 fois l'expérience, le métal qui donnait une décharge d'une dizaine de degrés par minute, en donne bientôt très peu, puis pas du tout, et ne reprend ses propriétés qu'au bout de quelques jours.

Si, quand un cylindre est très actif sous l'influence de la chaleur des gaz de la flamme, on retire la lanterne, la décharge continue pendant deux ou trois minutes, comme si l'intérieur du cylindre contenait quelque chose pouvant neutraliser une certaine quantité de l'électricité dont est chargé l'électroscope.

L'action produite par la chaleur peut être facilement séparée de celle due à la transparence du métal pour des particules de matière dissociée. L'action des gaz ionisés et celle de la chaleur sont deux effets indépendants qui se superposent, mais qu'il est possible de séparer. Une légère élévation de température produit une assez forte décharge. Les gaz refroidis par leur passage à travers un long serpentin ne produisent au contraire qu'une très légère décharge. Le métal, dans ce dernier cas, se conduit comme s'il était transparent. Les parois de la cage de Faraday, employée dans cette dernière expérience, n'avaient que 0^{mm},2 d'épaisseur.

On peut, même sans action de la chaleur, constater dans les corps ordinaires une émanation constante de matière dissociée, mais en quantité extrêmement faible. Pour la voir apparaître, il est nécessaire de l'obliger à s'accumuler dans un petit espace. Il suffit de replier un métal sur lui-même de façon à le transformer en un petit cylindre identique à celui qui entoure la boule de l'électroscope condensateur représenté précédemment. On le bouche à sa partie inférieure, on l'abandonne huit jours dans l'obscurité et — toujours sans sortir de l'obscurité, afin d'éviter toute influence possible de la lumière — on le met sur le disque isolant de l'électroscope pour étudier sa radio-activité. On constate alors, après avoir chargé tout le système exactement comme nous l'avons expliqué, que l'on obtient une décharge de 1 à 2° par minute. Le métal perdant rapidement ce qu'il a accumulé, il n'y a bientôt plus de décharge. Beaucoup d'autres corps que les métaux, un cylindre de buis notamment, produisent le même effet.

Le métal qui a cessé d'agir sur l'électroscope n'a pas pour cela épuisé toute sa provision de radio-activité. Il a simplement perdu ce qu'il peut émettre à la température à laquelle on opère. Mais de même que pour les corps phosphorescents ou les matières radio-actives, il n'y a qu'à le chauffer un peu pour arriver à lui faire produire encore une émission plus considérable d'effluves actifs. il suffit pour cela d'opérer exactement comme il est indiqué figure 49, mais afin d'éviter certaines objections on remplace la lanterne contenant une bougie par une petite masse de métal chauffée à 400°, c'est-à-dire au-dessous du rouge, et disposée à 3 centimètres de la

cage de Faraday. Bien que les parois de cette dernière ne s'échauffent par rayonnement qu'à 35° environ, cela suffit pour donner une décharge de 5 à 6° par minute, qui dure deux ou trois minutes et s'arrête quand le métal a épuisé toute sa provision de radio-activité. Il ne pourra la reprendre ensuite que par un assez long repos.

On voit que dans toutes les expériences précédentes les choses se passent de la même façon que si le métal contenait une provision limitée de quelque chose — agissant exactement comme l'émanation des matières radio-actives — qu'il émettrait rapidement par la chaleur mais ne récupérerait ensuite que par le repos.

Cette théorie du dégagement sous l'influence de la chaleur, d'effluves de particules de matière dissociée, dont les éléments se reforment lentement par le repos, a l'avantage de rapprocher tous les corps des substances dites radio-actives comme le thorium et le radium, qui semblaient constituer de bizarres exceptions. La seule différence est que l'émanation de ces derniers se reconstituerait à mesure que se fait la perte. Dans les métaux ordinaires, au contraire, la perte ne se répare que très lentement, d'où la nécessité de laisser le métal se reposer pendant quelque temps.

Ces expériences prouvent en tout cas nettement le phénomène de la dissociation spontanée de la matière.

Donc la radio-activité est un phénomène absolument général et son étude conduira sûrement à des résultats pratiques importants. On en est déjà arrivé à considérer l'action inexplicable de certaines eaux minérales par leur radio-activité. Cette radio-activité semblerait montrer que, dans l'intérieur du globe, la matière est le siège de dissociations qui ne sont peut-être pas étrangères aux tremblements de terre en raison de l'immense énergie que peut libérer la matière par sa dissociation.

On consultera avec intérêt, sur ce sujet, la remarquable leçon d'ouverture du cours de M. le professeur Garrigou. Il y a montré, en termes trop bienveillants, l'importance de mes recherches au point de vue médical¹. Je ferai remarquer cependant qu'il y a, dans les interprétations actuelles, un problème indiqué mais nullement résolu. L'action des eaux minérales est due à de nombreux facteurs : milieu, température, influence de traces de matière à l'état colloïdal, etc., qu'il faudrait savoir dissocier, pour faire la part de chacun d'eux.

1. L'utilité de mes recherches, surtout celles sur l'action de quantité infiniment petite de substances, a d'ailleurs été déjà signalée par plusieurs médecins. Le professeur Huchard, notamment, en a tiré d'importantes conclusions dans ses savantes leçons.

Si des eaux minérales devaient simplement leur action à leur radio-activité, rien ne serait plus facile que de donner cette propriété à une eau quelconque, en y ajoutant une petite quantité d'un sel de thorium ou d'urane, produits dont la valeur commerciale est très faible.

CHAPITRE XI

Expériences sur l'absence de radio-activité des corps simplement très divisés.

La division de la matière, si loin qu'on puisse la pousser, ne produit aucun des effets de sa dissociation. La chose semble évidente *à priori*, mais il n'était pas inutile de la vérifier par l'expérience.

L'état de division le plus grand sous lequel nous connaissions la matière semble être celui dans lequel les corps émettent des odeurs. Le sens de l'odorat est alors bien plus sensible que la balance du chimiste, puisque de petites quantités de substances odorantes peuvent parfumer pendant longtemps plusieurs mètres cubes d'air sans perdre sensiblement de leur poids.

Si divisées que soient ces particules, elles n'ont aucune des propriétés de la matière à l'état de dissociation, et, par conséquent, ne rendent pas l'air conducteur de l'électricité. J'ai expérimenté sur les corps les plus odorants que j'aie trouvés, l'iodoforme, la vanilline et le musc artificiel, notamment. Il n'y a qu'à les introduire dans une cuve métallique placée sur le plateau de l'électroscope. On charge ensuite ce dernier d'abord positivement, puis négativement. On constate que dans les deux cas la décharge est nulle.

Les particules que ces corps dégagent représentent donc un état de simple division et nullement de dissociation de la matière. De la matière ordinaire, si divisée qu'on la suppose, ne saurait être confondue avec de la matière dont les atomes sont dissociés. La vaporisation ou la pulvérisation, qui ne touchent pas à l'atome, ne sauraient produire les mêmes effets que sa dissociation.

CHAPITRE XII

Expériences sur la variabilité des espèces chimiques

Les corps simples sur lesquels ont porté nos expériences, sont le mercure, le magnésium et l'aluminium, éléments qui, à l'état normal, ne peuvent former entre eux aucune combinaison. En les soumettant à certaines conditions de choc ou de pression, nous les forcerons à former des mélanges dans lesquels un des éléments sera en proportion infiniment faible par rapport à l'autre. Cela suffira pour que ces métaux acquièrent des propriétés chimiques entièrement nouvelles.

Voici, du reste, le tableau des propriétés principales de ces corps à l'état ordinaire, et des mêmes corps transformés :

PROPRIÉTÉS CLASSIQUES DES MÉTAUX A L'ÉTAT NATUREL	PROPRIÉTÉS NOUVELLES DES MÊMES MÉTAUX TRANSFORMÉS
<i>Mercure.</i> — Ne décompose pas l'eau à froid et ne s'oxyde pas à l'air.	<i>Mercure contenant des traces de magnésium.</i> — Décompose l'eau à froid et se transforme instantanément à l'air en poudre noire volumineuse.
<i>Magnésium.</i> — Ne décompose pas l'eau à froid et ne s'oxyde pas à l'air.	<i>Magnésium transformé.</i> — Décompose l'eau à froid, mais ne s'oxyde pas à sec.
<i>Aluminium.</i> — Ne décompose pas l'eau à froid et ne s'oxyde pas. N'est pas attaqué par les acides sulfurique, nitrique et acétique.	<i>Aluminium transformé.</i> — S'oxyde instantanément à sec et se couvre de houppes blanches épaisses d'alumine. Décompose vivement l'eau jusqu'à disparition complète du métal en se transformant en alumine. Est attaqué violemment par les acides nitrique, sulfurique et acétique. Possède une force électro-motrice double de celle de l'aluminium ordinaire.

Examinons maintenant en détail les transformations que nous venons d'indiquer sommairement.

Voici d'abord la façon d'opérer pour obtenir ces transformations :

Transformation des propriétés du mercure. — Si on pose un fragment de magnésium sur un bain de mercure, le contact des deux métaux pourra être maintenu aussi longtemps qu'on voudra sans qu'ils se combinent. Si on les secoue fortement dans un flacon, le magnésium n'est pas davantage attaqué. A l'état ordinaire, ces deux métaux refusent donc de se combiner, mais il va suffire de modifier très légèrement les conditions physiques où ils se trouvent habituellement pour qu'ils puissent s'associer en très faible proportion.

Pour obliger le mercure à dissoudre une petite quantité de magnésium, il suffit de faire intervenir une légère pression. Cette pression constitue une de ces causes en rapport avec l'effet à produire, un de ces réactifs appropriés dont j'ai signalé à plusieurs reprises l'importance dans cet ouvrage.

Cette pression peut être légère, mais il faut qu'elle soit continue. Pour l'obtenir, nous n'avons qu'à remplir un tube de mercure et le fermer avec



FIG. 55.

Décomposition de l'eau par du mercure contenant une trace de magnésium. (Photographie instantanée.)

un bouchon traversé par une lame de magnésium soigneusement nettoyée avec du papier à l'émeri (fig. 54). En obturant ensuite le tube avec le bouchon, le magnésium reste plongé dans le mercure sans pouvoir venir flot-

ter à sa surface. Soumis à cette faible pression, il est légèrement attaqué dans un temps qui peut varier de quelques minutes à quelques heures, suivant la qualité du métal et la perfection du nettoyage. Les propriétés du mercure sont alors profondément modifiées.

Il jouit de la propriété, aussi curieuse qu'imprévue, de paraître s'oxyder rapidement dans l'air sec et il décompose vivement l'eau dès qu'on le plonge dans ce liquide (fig. 55).

Pour constater l'oxydation apparente à sec du mercure, il n'y a qu'à le verser dans un verre quelconque bien essuyé. Sa surface se recouvre instantanément d'une poudre noire qui se reforme à mesure qu'on l'enlève. Si on ne l'enlève



FIG. 54.

Dispositif employé pour obtenir la transformation des propriétés du mercure en le combinant sous l'influence d'une légère pression avec des traces de magnésium.

pas, la couche d'oxyde atteint bientôt un centimètre d'épaisseur. Cette oxydation permanente dure plus d'une heure.

L'oxydation du mercure n'est d'ailleurs qu'apparente. Ce n'est pas en réalité le mercure qui s'oxyde mais les traces de magnésium qu'il contient. En s'oxydant le magnésium transforme le mercure en une poudre noire impalpable qui occupe un volume considérable.

Pour constater la décomposition de l'eau par le mercure, on le verse dans un verre plein de ce liquide, dès qu'il a cessé d'être en contact avec le magnésium. La décomposition de l'eau est immédiate. Elle se ralentit au bout d'un quart d'heure, mais dure pendant plus d'une heure.

Le mercure modifié perd rapidement à l'air ses propriétés, mais on peut le conserver indéfiniment avec ses propriétés nouvelles en le recouvrant simplement d'une légère couche d'huile de vaseline.

Transformation des propriétés du magnésium. — Si dans l'expérience précédente, au lieu de mettre un mince fragment de



FIG. 56.

Décomposition de l'eau par du magnésium contenant des traces de mercure. (Photographie instantanée.)

magnésium dans le mercure sous pression, on y introduit une lame d'une certaine épaisseur, 1 millimètre par exemple, on constate en retirant cette lame au bout de deux ou trois heures et la plongeant dans de l'eau, que le liquide est vivement décomposé (fig. 56). L'hydrogène de l'eau se dégage, l'oxygène se combine avec le métal pour former de la magnésie. L'opération se continue pendant environ une heure, et, comme pour le mercure, finit par s'arrêter. Si, après avoir plongé le magnésium dans l'eau, on le retire, sa température s'élève considérablement et il s'oxyde à l'air.

Cette oxydation du magnésium à l'air, est — contrairement à ce que nous avons vu pour le mercure, et contrairement à ce que nous verrons pour l'aluminium — fort légère et ne se manifeste que si le métal est mouillé. Retiré du mercure et essuyé de suite avec un linge sec, il ne s'oxyde pas, mais garde

indéfiniment la propriété de décomposer l'eau si on le conserve dans un endroit bien sec.

Dans les expériences qui précèdent, nous avons opéré sans l'intervention d'aucun réactif, simplement en mettant en présence deux métaux qui ne se mélangent pas à l'état ordinaire, mais que nous avons forcés à pénétrer l'un dans l'autre en faisant agir une légère pression. L'opération demande plusieurs heures. Elle

n'exige que quelques secondes si nous faisons intervenir un réactif qui, par le fait seul qu'il attaque le magnésium, diminue sa résistance à l'action du mercure.

Dans un large flacon, introduisons quelques centimètres cubes de mercure, une lame de magnésium, de l'eau contenant 1 % d'acide chlorhydrique, et secouons fortement le flacon pendant 10 secondes. Retirons alors le magnésium, lavons-le rapidement pour le débarrasser de toute trace d'acide chlorhydrique, essuyons-le et jetons-le dans une éprouvette pleine d'eau. Il décomposera de suite ce liquide. Retiré du flacon et versé dans un verre plein d'eau, le mercure la décomposera également.

Transformation des propriétés de l'aluminium. — Les expé-

riences avec l'aluminium sont bien plus frappantes que celles faites avec le magnésium.

Faire naître immédiatement sur la surface d'un miroir poli d'aluminium une végétation de gerbes épaisses, blanches comme la neige, constitue une des plus curieuses expériences de la chimie, une de celles qui ont le plus frappé les savants auxquels je l'ai montrée. Sa réalisation est fort simple.

On peut, comme pour le magnésium, faire agir le mercure sous pression, mais l'action du choc est bien plus rapide.

Il suffit d'introduire dans un flacon contenant quelques centimètres cubes de mercure des lames d'aluminium polies

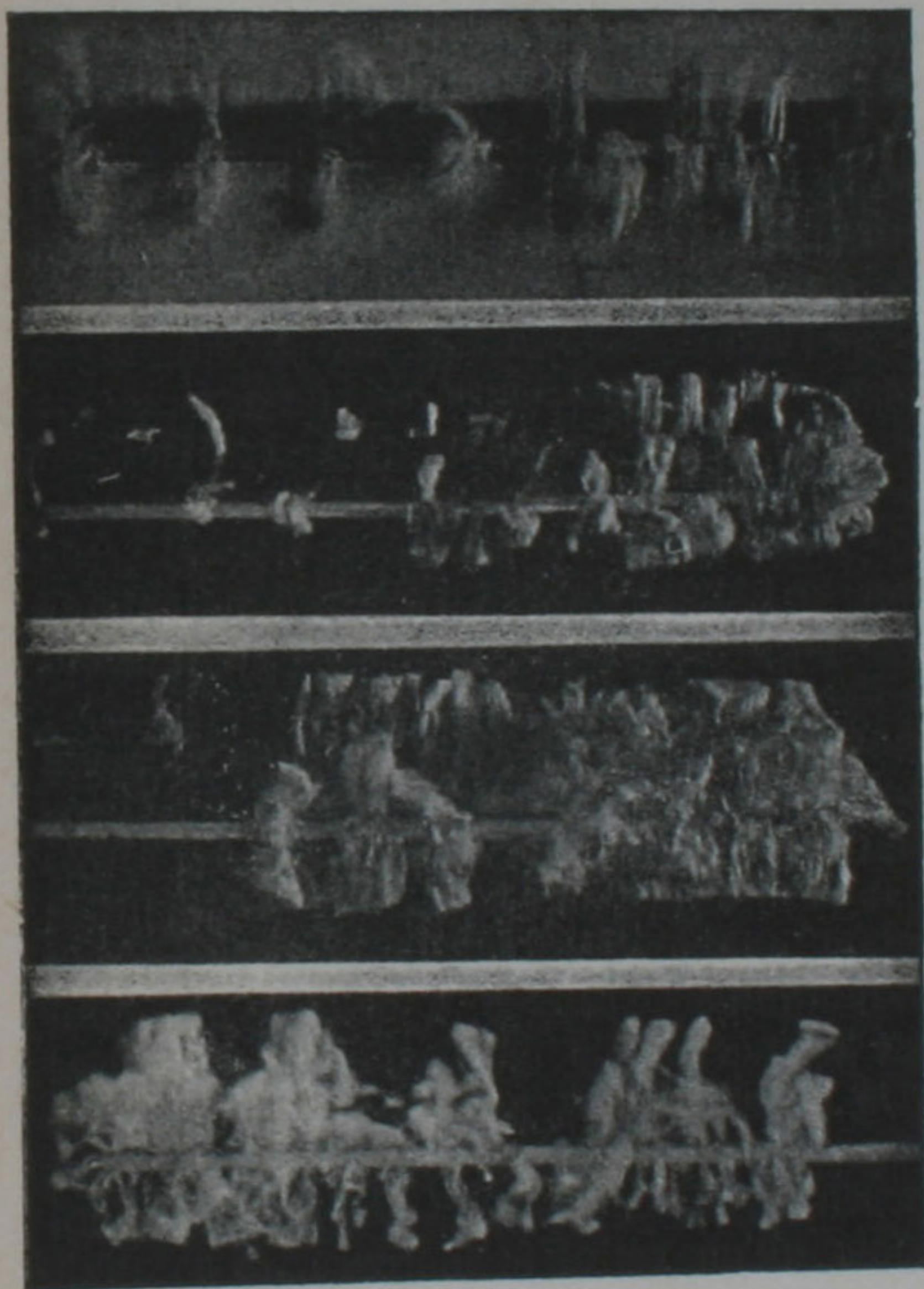


FIG. 57 à 60.

Formation de gerbes d'alumine sur des lames d'aluminium recouvertes de traces invisibles de mercure. (Photographie instantanée.)

au rouge d'Angleterre ou simplement nettoyées à l'émeri et secouer

très fortement le flacon pendant deux minutes ¹. Si l'on retire ensuite une des lames, qu'on l'essuie soigneusement et qu'on la pose verticalement sur un support, on la voit se couvrir presque instantanément de gerbes blanches d'alumine, qui en quelques minutes finissent par atteindre 1 centimètre de hauteur (fig. 57 à 60). Au début de l'expérience, la température de la lame s'élève jusqu'à 102°.

L'oxydation qui précède ne se manifeste pas si l'aluminium est introduit dans de l'air ou de l'oxygène complètement desséchés. La présence d'une petite quantité de vapeur d'eau est donc indispensable pour la production du phénomène. L'alumine qui se forme est d'ailleurs toujours hydratée.

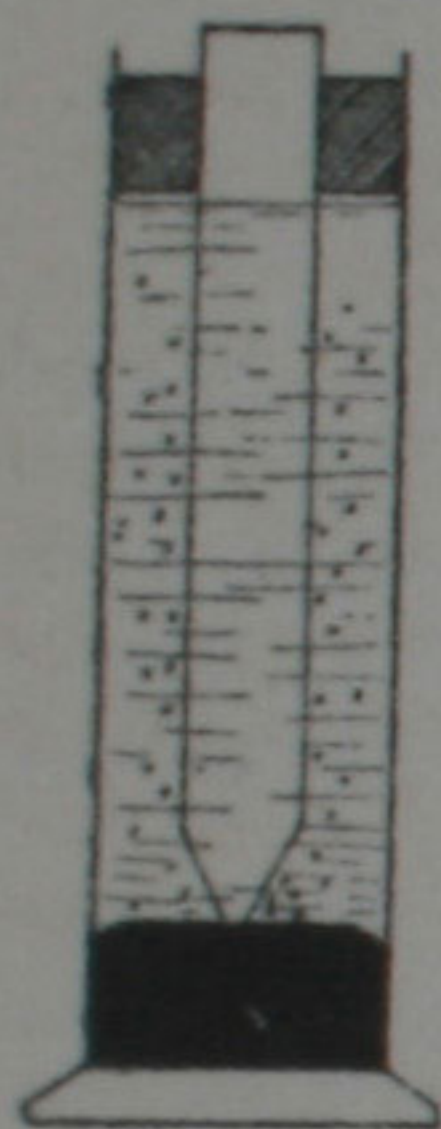


FIG. 61.

Dispositif de l'expérience permettant de donner à une lame d'aluminium, ayant touché, par sa pointe, du mercure, la propriété de décomposer l'eau et de se transformer entièrement en alumine, alors même qu'on enlève le mercure quand la décomposition de l'eau est commencée.

Si, au lieu de poser l'aluminium sur un support, on le jette dans un vase plein d'eau immédiatement après l'avoir retiré du mercure, il décompose énergiquement ce liquide et se transforme en alumine. L'opération ne s'arrête que quand l'aluminium est entièrement détruit, destruction complète qui ne s'observe jamais avec le magnésium. Une lame d'aluminium de 1 millimètre d'épaisseur, de 1 centimètre de largeur et de 10 centimètres de longueur est entièrement détruite par oxydation en moins de 48 heures.

Comme pour le mercure transformé, il est facile de conserver indéfiniment à l'aluminium modifié toutes ses propriétés en le plongeant simplement dans un flacon d'huile de vaseline.

On peut se rendre compte de la faible quantité de mercure nécessaire pour transformer aussi profondément les propriétés de l'aluminium, en introduisant dans une éprouvette pleine d'eau distillée et contenant une petite quantité de mercure une lame d'aluminium nettoyée à l'émeri et maintenue par le bouchon de façon qu'elle ne puisse toucher le mercure que par son extrémité inférieure (fig. 61). Au bout de quelques heures, l'eau commence à se décomposer, et la décomposition, alors même qu'on retire le mercure, se poursuit

1. Tous les chiffres que je donne dans ce travail devront être suivis très exactement par les personnes qui voudront répéter mes expériences. Les chocs répétés produits par des secousses tendent à engendrer des combinaisons qui ne se manifestent pas autrement. C'est en imprimant environ 3,000 secousses à un flacon, contenant de l'éthylène et de l'acide sulfurique que M. Berthelot a obtenu, comme on le sait, la synthèse de l'alcool.

jusqu'à ce que la lame soit détruite dans une longueur de 5 à 6 centimètres au-dessus du point où elle touchait le mercure.

Dans cette expérience l'action du mercure s'est donc étendue bien au delà de la partie qu'il a touchée. On peut dès lors supposer que le mercure a envahi la lame d'aluminium, par un phénomène électro capillaire. L'expérience suivante est à l'abri de cette objection et montre mieux encore la faible quantité de mercure nécessaire pour transformer les propriétés de l'aluminium.

Dans un flacon sec, et très propre, on introduit une petite quantité de mercure distillé pur, on secoue ce flacon pendant une minute et on retire le mercure de façon qu'il n'en reste aucune trace visible sur ses parois qui ont d'ailleurs conservé toute leur netteté, si le métal employé était bien pur. Le flacon a cependant retenu des traces de métal suffisantes pour transformer les propriétés de l'aluminium. Il suffit de le laver avec de l'eau aiguisée de 1/5 d'acide chlorhydrique, d'y mettre une lame d'aluminium, et de secouer le flacon pendant 30 secondes, pour que la lame qu'on en retire jouisse des propriétés d'oxydation signalées, bien qu'il soit impossible de percevoir à sa surface aucune trace d'amalgamation¹.

On peut traduire par des chiffres la dose de mercure nécessaire pour produire la transformation de l'aluminium. Si, dans un flacon contenant de l'eau acidulé par 1/5 d'acide chlorhydrique, on introduit une trace de bichlorure de mercure assez faible pour que le liquide n'en contienne que 1/12000 de son poids, puis qu'on y mette une lame d'aluminium et qu'on secoue le flacon pendant 2 minutes, l'aluminium a acquis toutes les propriétés que nous avons signalées, bien que, comme dans l'expérience précédente, il ne présente à l'œil aucun trace d'amalgamation.

La force électro-motrice de l'aluminium modifié est plus du double de celle de l'aluminium ordinaire. Avec un couple formé de platine, d'eau pure et d'aluminium ordinaire la force électro-motrice que nous avons trouvée a été de 0,75. En remplaçant dans le même couple l'aluminium ordinaire par de l'aluminium modifié, la force électro-motrice s'est élevée à 1v,65.

L'hydrogène qui se dégage pendant la décomposition de l'eau par l'aluminium modifié rend l'air conducteur de l'électricité, comme

1. Les conditions dans lesquelles l'aluminium peut se combiner au mercure, sans intervention d'aucun réactif, pouvant se rencontrer dans les laboratoires, j'ai d'abord supposé que quelques-uns des faits que j'avais constatés devaient être connus depuis longtemps. Après avoir inutilement consulté les ouvrages de chimie les plus autorisés sans y trouver autre chose que ce qui concerne l'amalgamation de l'aluminium en présence des bases, je me suis adressé à des chimistes éminents et notamment à M. Ditte, professeur de chimie à la Sorbonne et auteur du travail le plus complet et le plus récent sur les propriétés de l'aluminium. Tous me répondirent qu'aucun des faits que je signalais aussi bien pour l'aluminium que pour le mercure et le magnésium n'avaient été publiés.

on le constate en mettant en relation avec un électroscope une cuve métallique contenant de l'eau et des fragments d'aluminium transformé. La décharge de l'électroscope est à peu près la même, que sa charge soit positive ou négative.

En dehors des propriétés nouvelles de s'oxyder à froid et de décomposer l'eau, que présente l'aluminium, il a encore acquis la propriété d'être attaqué par les acides acétique, sulfurique et nitrique qui sont habituellement sans aucune action sur lui.

Pour observer ces propriétés nouvelles, il faut prendre les précautions suivantes. Pour l'acide acétique, il n'y qu'à employer l'acide acétique pur et cristallisable. Pour l'acide nitrique, il faut plonger le métal retiré du flacon de mercure dans de l'acide nitrique du commerce. Au bout de quelques secondes, le métal est attaqué très violemment avec élévation considérable de température et dégagement d'épaisses vapeurs rutilantes. On rend la réaction moins dangereuse en étendant l'acide nitrique de moitié de son poids d'eau.

Si, au lieu d'acide nitrique du commerce, on employait de l'acide nitrique pur à 40°, l'aluminium ne serait pas attaqué.

La différence d'action entre l'acide nitrique pur et l'acide nitrique impur n'est pas un exemple isolé. On connaît depuis longtemps la différence d'action qu'exerce sur le plomb l'eau pure et l'eau ordinaire. L'eau pure l'attaque, alors que l'eau ordinaire ne l'attaque pas. Il suffit de verser de l'eau distillée sur de la limaille de plomb récemment préparée pour que le liquide se trouble en quelques minutes par formation d'oxyde de plomb. Si, au lieu d'eau distillée, on se sert d'eau ordinaire, le liquide reste tout à fait limpide. L'eau ordinaire modifie la surface du métal et y dépose des carbonates et des sulfates insolubles.

L'acide sulfurique n'attaque pas l'aluminium ordinaire, d'après ce qui s'enseigne dans les livres de chimie; mais il attaque énergiquement l'aluminium modifié. L'acide sulfurique pur est à peu près sans action. Il faut se servir d'acide sulfurique étendu de 2 volumes d'eau. Lorsque l'attaque a commencé, on peut ajouter assez d'eau pour que l'acide sulfurique ne soit plus qu'au 1/100. La réaction se continue presque aussi vive. L'acide sulfurique au 1/100, qui a une action presque nulle sur de l'aluminium non attaqué déjà par de l'acide concentré, a donc au contraire une action très grande dès que la réaction est commencée. Il peut par conséquent la continuer, mais non la provoquer.

Le fait que l'acide sulfurique pur ou étendu n'attaque pas l'aluminium ordinaire est enseigné dans les ouvrages de chimie, mais il n'est pas tout à fait exact. L'acide sulfurique pur est en effet sans action, mais étendu de moitié d'eau, il attaque l'aluminium instantanément, quoique moins énergiquement que quand il s'agit d'aluminium modifié. La constatation d'un fait aussi simple ne pouvant

prêter à aucune équivoque, il faut bien admettre que la divergence entre ce qui est écrit dans les livres et ce que l'observation permet de constater tient sans doute à ce que les premiers chimistes qui ont étudié l'action de l'acide sulfurique sur l'aluminium ont fait usage d'un métal contenant des corps étrangers, dont la fabrication actuelle a su le débarrasser. Les corps étrangers ajoutés à l'aluminium modifient beaucoup ses propriétés. J'ai trouvé des échantillons d'aluminium impur avec lesquels aucune des expériences précédemment indiquées ne pouvaient réussir.

Dans son remarquable mémoire sur les propriétés de l'aluminium; M. Ditte avait déjà montré que ce métal pouvait être attaqué par les acides, mais seulement en employant divers artifices. Pour que l'acide sulfurique faible agisse, il faut lui ajouter un peu de chlorure de platine : si on emploie l'acide azotique, il faut faire le vide au-dessus du métal plongé dans l'acide. L'attaque est d'ailleurs très lente et nullement violente, comme dans le cas de l'aluminium modifié. M. Ditte a conclu de ses nombreuses expériences que l'aluminium est un métal très facilement attaquable dans une foule de conditions dont plusieurs sont encore indéterminées. Le fait semble indiscutable. On a dû renoncer complètement à l'aluminium dans la Marine et, à moins qu'on ne trouve à l'associer avec un métal qui modifie ses propriétés, on ne saurait songer, comme on l'a proposé, à l'employer pour les constructions métalliques.

CHAPITRE XIII

Expériences sur le passage à travers des obstacles matériels des éléments provenant de la dématérialisation de la matière.

J'ai déjà donné dans le texte de cet ouvrage des photographies qui montrent combien sont variés les équilibres que l'on peut imposer aux particules de matière dissociée en utilisant leurs attractions et répulsions. Il serait inutile d'y revenir maintenant. J'ai également reproduit des photographies montrant qu'en augmentant la vitesse de projection de ces particules, par l'élévation de la tension électrique de l'appareil qui les engendre, on peut les obliger à traverser visiblement des obstacles matériels. L'expérience étant très importante, j'y reviens encore pour bien en indiquer la technique dont je n'ai pas parlé précédemment.

L'appareil employé et représenté fig. 62 est très simple, mais le réglage du grand solénoïde destiné à élever considérablement la tension électrique est assez délicat. Il faut chercher expérimentalement la position à donner à un des fils partant du petit solénoïde pour obtenir le maximum d'effet, c'est-à-dire une longue gerbe d'effluves autour de la boule terminant le solénoïde. La bobine employée doit donner au moins 30 centimètres d'étincelle pour que les effets observés soient très nets. Quand l'appareil est bien réglé on voit sortir de son extrémité une gerbe d'effluves ayant exactement l'aspect des rayons pointillés reproduits sur le dessin. Ces effluves jouissent de la propriété surprenante de traverser sans être déviés de leur route des lames minces de corps divers : ébonite, verre, etc., interposés sur leur trajet. L'effet ne se produit plus si l'épaisseur de ces lames dépasse 1/2 millimètre.

L'expérience est très frappante. On peut à l'œil nu suivre le trajet de ces rayons, ce qui ne serait pas le cas s'il s'agissait d'une émission secondaire ou d'un phénomène de condensation.

Je ne connais aucune autre expérience où l'on puisse constater le passage visible de particules à travers un obstacle matériel. Je n'ai pas besoin de rappeler que l'étincelle électrique ordinaire peut bien percer un corps solide, ainsi qu'on le constate en plaçant une lame de verre ou de carton entre les deux pôles d'une machine statique ou d'une bobine d'induction. Mais alors le corps est percé, tandis que dans notre expérience les effluves le traversent et ne le percent pas.

M. F. Legge a répété cette expérience avec un transformateur de Tesla noyé dans de la vaseline solide. Grâce à l'élévation de tension ainsi obtenue, il a pu obliger les effluves à traverser des disques d'ébonite de 1/2 centimètre d'épaisseur, alors qu'avec le dispositif

que j'ai employé ils ne traversent pas des lames dont l'épaisseur est supérieure à 1/2 millimètre.

Si on fait passer les effluves obtenus comme il a été expliqué plus haut à travers un tube de Crookes sans cathode ni anode métal-

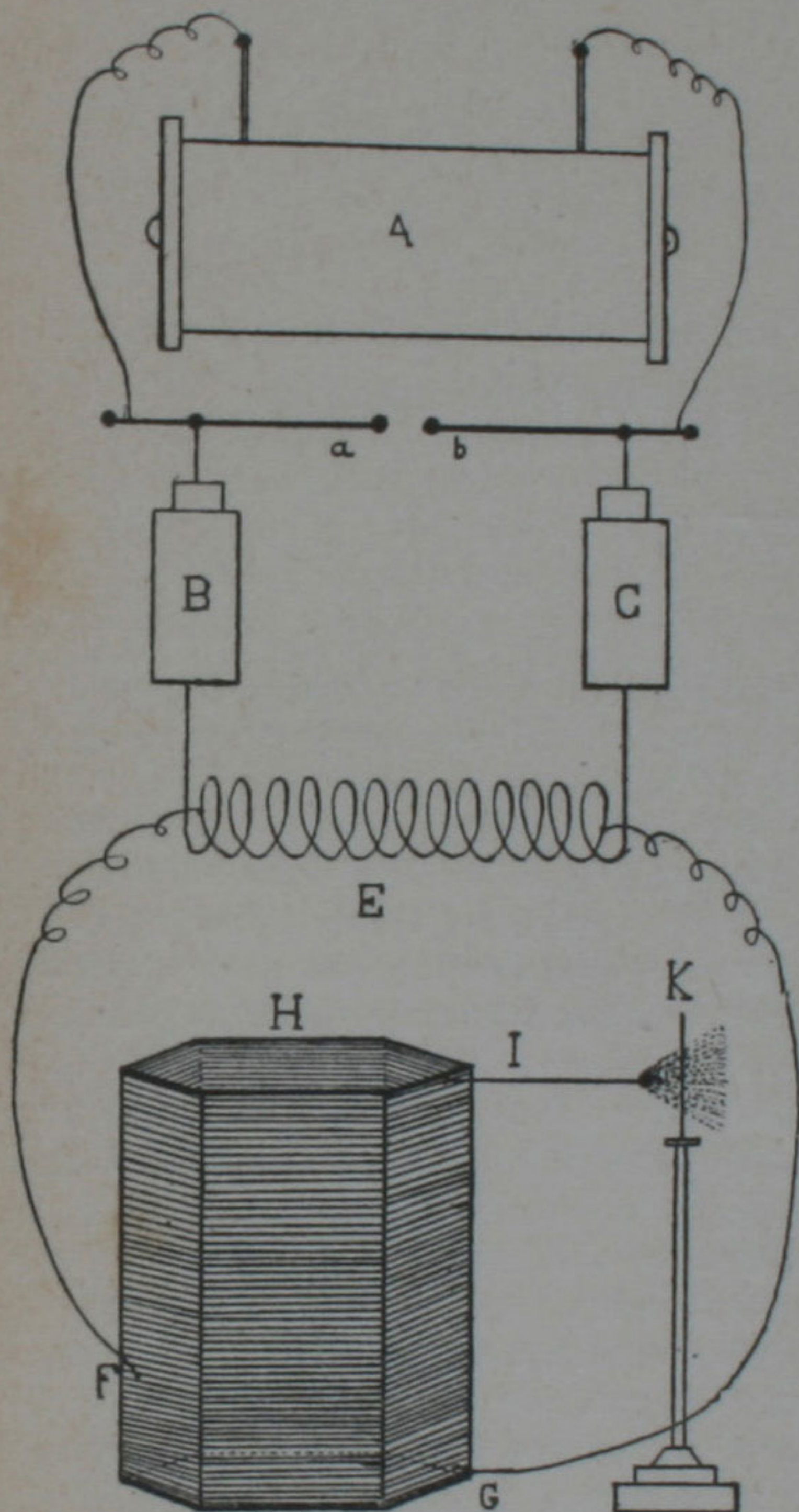


FIG. 62.

Schéma du dispositif permettant de donner aux effluves produits par des particules de matière dissociée une tension suffisante pour traverser des lames minces de corps non conducteurs, tels que le verre et l'ébonite.

A, bobine d'induction. Elle doit pouvoir donner 30 centimètres d'étincelles au minimum.

BC, bouteilles de Leyde en communication avec les pôles de la bobine. Leurs armatures internes sont en relation avec deux tiges *a*, *b*, terminées par des boules qu'on écarte d'un centimètre environ et entre lesquelles se fait la décharge.

E, petit solénoïde en communication avec les deux armatures externes des bouteilles de Leyde.

H, grand solénoïde formé d'un fil de cuivre enroulé. Il est en relation avec le petit solénoïde **E** par deux fils *G* *F*. La position du fil *G* est invariable, celle du fil *F* doit être cherchée par tâtonnement jusqu'à ce qu'on obtienne le maximum d'effluves en aigrettes en **K**.

I, tige métallique fixée à la première spire du solénoïde. C'est

à son extrémité que se forment les aigrettes capables de traverser les corps opaques.

K, lame de verre ou d'ébonite traversée par les effluves en aigrettes. Son épaisseur ne doit pas dépasser 1/2 millimètre au maximum.

lique, c'est-à-dire à travers un simple ballon de verre dans lequel on a fait le vide, on obtient une production de rayons X assez abondante pour montrer nettement le squelette de la main sur un écran de platino-cyanure de baryum. Cette expérience très imprévue a toujours surpris les physiciens auxquels je l'ai montrée.

CHAPITRE XIV

Documents relatifs à l'histoire de la découverte de la dissociation universelle de la matière.

Dans un ouvrage récent, M. Becquerel trace de la découverte de la radio-activité un historique, dont il a fait reproduire les passages me concernant dans de petits volumes de vulgarisation. Il y assure que mes expériences affectent pour la plupart une complication « qui masque la véritable cause des phénomènes observés », et conclut en disant : « Il suffit de lire dans les comptes rendus les publications de M. Gustave Le Bon pour se convaincre qu'au moment où il les a faites, l'auteur n'avait aucune idée des phénomènes de radio-activité. »

Evidemment, personne n'ira vérifier dans les comptes rendus de cette époque (1896 et 1897), les assertions de M. Becquerel, mais, en supposant qu'on s'y reporte, qu'y verrait-on ?

On y verrait que, pendant trois ans, M. Becquerel s'est donné un mal énorme, multipliant et variant les expériences, pour prouver que les radiations émises par l'uranium se polarisent, se réfléchissent et se réfractent, et n'étaient, par conséquent, suivant la définition de J.-J. Thomson, qu'« une des formes de la lumière », opinion que M. Becquerel lui-même a reconnu plus tard être entièrement erronée.

L'idée que M. Becquerel se faisait alors de la radio-activité était donc aussi inexacte que possible.

Dans mes publications de la même époque, je soutenais une opinion exactement opposée à la sienne. Je m'efforçais en effet de prouver contrairement à ses assertions, que les radiations de l'uranium ne se réfléchissent pas, ne se réfractent pas et ne se polarisent pas. Elles n'avaient donc aucune parenté avec la lumière et constituaient suivant moi une forme d'énergie nouvelle très parente des rayons X. J'ajoutais que les rayons uraniques étaient identiques aux effluves

émis par tous les corps sous l'influence de la lumière. L'avenir a prouvé l'exactitude de ces diverses assertions que j'étais seul alors à défendre.

L'historique de M. Becquerel constitue donc une inversion tout à fait complète des faits les plus évidents, et, si je voulais me servir des expressions mêmes qu'il emploie à mon égard, à propos des premières expériences sur les phénomènes qualifiés plus tard de « radio-activité », je serais très fondé à dire que c'est lui, qui, à l'époque dont il est question, « n'avait aucune idée des phénomènes de radio-activité. »

Mais puisque les textes des *Comptes rendus* de l'Académie des sciences sont invoqués, je vais les rappeler.

Toutes les expériences de M. Becquerel, pour prouver que les rayons émis par l'uranium se réfractent, se réfléchissent et se polarisent, y sont indiquées avec les plus minutieux détails. Il prouvait la réflexion des rayons uraniques par un miroir, leur polarisation par le procédé classique des tourmalines à axes croisés. Ces diverses expériences se contrôlaient l'une par l'autre, et l'auteur est revenu à trois reprises différentes sur ses affirmations, ajoutant chaque fois de nouvelles démonstrations. (*Comptes rendus* 1896, p. 561, 693, 763). Sa dernière expérience de contrôle avait été suivant lui absolument catégorique, et il en tirait la conclusion suivante :

« Cette expérience montre donc à la fois pour les rayons invisibles émis par les sels d'uranium la double réfraction, la polarisation des deux rayons, et leur inégale absorption au travers de la tourmaline. »

On sait — M. Becquerel l'a reconnu plus tard — combien ses expériences étaient inexactes et, par conséquent, à quel point il se faisait une idée fautive de la radio-activité.

« Ce qu'il y a de piquant, écrit M. le professeur de Heen à propos de la polarisation et de la réflexion des rayons uraniques, c'est que M. Becquerel a mis trois ans à se convaincre que le Dr Gustave Le Bon avait raison; encore est-il qu'un physicien américain a dû venir à la rescousse. »

M. Becquerel s'est d'ailleurs expliqué à ce sujet devant le Congrès de physique de 1900 d'une façon qui laisserait croire que c'est lui qui a découvert spontanément son erreur.

« L'expérience sur la polarisation des rayons uraniques, dit-il, n'a pas donné ultérieurement les mêmes résultats, soit avec les tourmalines soit avec d'autres systèmes. Les mêmes conclusions négatives ont été observées par M. Rutherford et M. Gustave Le Bon¹. »

Je viens d'indiquer les passages des comptes rendus concernant

1. Congrès de physique, t. III, p. 34.

les premières expériences de M. Becquerel ; je vais rappeler maintenant ceux qui concernent les miennes. A cette époque (1896 et 1897) je mélangeais encore deux choses très différentes : 1° des radiations infra-rouges qui, contrairement à tout ce que l'on enseignait alors, traversent, ainsi que je l'ai prouvé, la plupart des corps non conducteurs, le bois, la pierre, le papier noir, l'ébonite, etc. ; 2° des radiations émises par les métaux sous l'influence de la lumière et que j'affirmais être identiques aux rayons cathodiques et uraniques, comme cela fut admis ensuite par tous les physiciens.

Voici, d'ailleurs, quelques extraits de mes publications :

Dès le début de l'année 1897 (*Comptes rendus*, 5 août 1897, p. 755), je montrais que tous les corps frappés par la lumière donnent naissance à des radiations de la famille des rayons cathodiques.

Quelques semaines plus tard, je montrais l'analogie de ces radiations émises par les corps sous l'action de la lumière avec les rayons uraniques et concluais une note en disant : « *Les propriétés de l'uranium ne seraient donc qu'un cas particulier d'une loi très générale* » (*Comptes rendus* 1897, p. 895).

Mes premières recherches furent développées pendant huit ans dans de nombreux mémoires où je donnais chaque fois des expériences nouvelles. Et mes premières expériences paraissant un peu oubliées par des auteurs qui retrouvaient chaque jour ce que j'avais déjà signalé, j'ai rappelé mes publications antérieures dans une note des *Comptes rendus de l'Académie des Sciences* de 1902, dont voici un extrait :

« Dès le début de mes recherches sur le mode d'énergie auquel je donnai le nom de lumière noire, j'ai énoncé que les effluves qu'émettent les corps frappés par la lumière sont de même nature que les rayons uraniques, généralement considérés aujourd'hui comme identiques aux rayons cathodiques et constitués par des éléments d'atomes dissociés, porteurs de charges électriques.

« Etendant le cercle de ces recherches, j'ai montré plus tard que les mêmes effluves se manifestent dans un grand nombre de réactions chimiques, et j'ai pu conclure que cette production d'effluves sous des influences fort diverses constitue un des phénomènes les plus répandus de la nature.

« Depuis cette époque, divers auteurs, Lenard notamment, sont arrivés également à cette même conclusion que les métaux frappés par la lumière engendrent des rayons cathodiques déviables par l'aimant.

« Tous les effluves se dégagant sous l'action de la lumière dans les conditions qui viennent d'être exposées présentent les plus étroites analogies avec les émissions décrites maintenant sous le nom de radio-activité de la matière. La production de ces dernières semble donc bien, comme je fus seul à le soutenir pendant longtemps, un cas particulier d'une loi très générale. La loi générale

serait que, sous des influences diverses, les atomes de la matière peuvent subir une dissociation profonde et donner naissance à des effluves possédant des propriétés fort différentes de celles des corps dont ils émanent. » (Comptes rendus 1902, p. 32).

L'absence de mémoire de quelques physiciens avait déjà frappé un des plus éminents d'entre eux. M. de Heen, professeur de physique à l'Université de Liège, quelque peu scandalisé, écrivit un mémoire : *Quel est l'auteur de la découverte des phénomènes dits radio-actifs?* (publié par l'Institut de physique de Liège, 1901), où, s'appuyant uniquement sur des textes, il rétablissait la vérité. Je n'avais jamais alors vu ce savant professeur et ne connus son mémoire qu'en le recevant. S'il m'avait consulté avant de le publier, je lui aurais dit que le seul point auquel je tenais était la démonstration de l'universalité de la radio-activité de la matière, attendu que le véritable auteur de la découverte de la radio-activité était Niepce de Saint Victor lequel révéla, il y a cinquante ans, les propriétés possédées par les sels d'urane d'émettre, durant plusieurs mois, des radiations dans l'obscurité, ainsi que je le rappellerai plus loin. Ceux qui ensuite mirent la question entièrement au point, furent Curie, avec sa belle découverte du radium, et Rutherford, avec son étude du rayonnement des corps radio-actifs.

Les livres de vulgarisation dus aux disciples de M. Becquerel, présentent les faits précédemment rapportés d'une façon tout à fait différente. Dans l'ouvrage de M. Berget, *Le Radium*, on lit, page 37 : « alors les travaux de M. Becquerel furent autant de conquêtes ; il reconnut coup sur coup, en 1896 et 1897, que les rayons émis par l'uranium ne subissaient ni la réflexion sur les miroirs, ni la réfraction par le prisme » !! C'est exactement le contraire que M. Becquerel persistait alors à vouloir démontrer. Les textes donnés plus haut le prouvent clairement.

Il y a plus d'un enseignement philosophique à tirer de ce qui précède. Je ne parle pas, bien entendu, de la façon d'écrire l'histoire dont je viens de donner un spécimen : on ne l'a jamais écrite autrement. Je veux parler simplement de l'intensité des illusions que peuvent créer chez un physicien habile, aidé de nombreux préparateurs, la suggestion produite par des idées préconçues. Si jadis Niepce de Saint-Victor n'avait pas écrit que les radiations émises dans l'obscurité par les sels d'urane étaient de la lumière emmagasinée, c'est-à-dire une sorte de phosphorescence, M. Becquerel n'eût assurément jamais songé à les considérer comme devant nécessairement se réfracter, se réfléchir et se polariser. De telles erreurs expliquent facilement quelques-unes des énormités que publièrent sur les rayons N des observateurs de très bonne foi.

Dans le même livre, où je suis si malmené, M. Becquerel s'est enfin décidé, pour la première fois, à mentionner le nom de Niepce de Saint-Victor, dont il s'était borné d'abord à reproduire les expériences sur les sels d'urane, en suivant ce prédécesseur jusque dans ses erreurs, puisqu'il croyait, comme lui, à une sorte de lumière emmagasinée.

Peu équitable pour les vivants, M. Becquerel l'est moins encore à l'égard des morts, et ses exclusivités sont parfois bien inéclairées. Niepce est exécuté en quelques lignes. « Niepce, dit-il, n'a pu observer le rayonnement de l'urane parce que l'auteur employait des plaques trop peu sensibles. »

Il suffit de lire les comptes rendus de l'époque pour voir à quel point cette dernière assertion est peu fondée. Dès 1867, Niepce constatait que les sels d'urane, enfermés dans un étui de fer blanc, impressionnent les plaques dans l'obscurité : « l'on constate, dit-il, après plusieurs mois la même activité que le premier jour »¹.

S'il était vrai, — ce qui ne l'est pas du tout, — que Niepce de Saint-Victor, sans faire d'expériences, ait deviné précisément l'existence du seul corps de la nature, possédant la propriété d'émettre des radiations dans l'obscurité, une divination semblable eût été un peu plus que du génie.

Mais Niepce n'avait pas de telles prétentions. C'était un chercheur consciencieux et patient, dédaigné pendant sa vie, oublié après sa mort. Le fait que deux physiciens seulement aient osé rappeler à M. Becquerel les expériences de Niepce montre de quel faible degré d'indépendance scientifique nous jouissons en France.

On ne peut songer sans amertume aux conséquences de l'opposition que firent à Niepce les savants officiels de son temps. Si, au lieu de s'efforcer de ridiculiser ses mémorables expériences, on eût tenté de les répéter, il se fût rencontré sûrement quelqu'un qui eût songé à déterminer pendant combien de temps se prolongeait dans l'obscurité l'impression des sels d'urane, comme le fit justement M. Becquerel. Et si Niepce eût persisté, comme plus tard M. Becquerel, dans l'erreur de croire à de la lumière emmagasinée, analogue à la phosphorescence, il se fût trouvé encore quelqu'un qui lui eût montré — comme on l'a montré à M. Becquerel — que ces radiations, ne se polarisant pas, ne pouvaient pas être de la lumière. Les phénomènes radio-actifs eussent été alors aussi promptement découverts qu'ils le furent lorsque la démonstration de la non-polarisation des rayons uraniques prouva qu'il s'agissait d'une chose entièrement nouvelle. Devant les découvertes issues du simple fait que l'uranium conserve indéfiniment ses propriétés d'impressionner une plaque photographique dans

1. Cité par M. Guillaume d'après les Comptes rendus de l'Académie des sciences de 1867. les *Radiations nouvelles*. 2^e édition, p. 133.

l'obscurité, on peut dire que l'opposition et l'indifférence qui accueillirent les expériences de Niepce de Saint-Victor ont retardé immensément les progrès de la science pendant plus de cinquante ans.

Pour terminer définitivement une polémique qui ne peut être éternelle, je crois n'être pas contredit en déclarant que, pour juger de l'œuvre d'un chercheur, il faut examiner l'état d'une question, avant qu'il l'ait traitée, et ce qu'elle est devenue après ses recherches.

Or, quand j'ai publié en 1897 mes expériences, que croyait-on ?

1° On croyait que l'uranium émettait une sorte de lumière invisible. Or, j'ai montré qu'il émettait quelque chose d'entièrement nouveau, analogue aux radiations de la famille des rayons X, et par conséquent sans parenté aucune avec la lumière, ce que l'avenir a pleinement vérifié;

2° On ignorait absolument que les métaux frappés par la lumière peuvent émettre des radiations identiques à celles des rayons uraniques et cathodiques. Je l'ai démontré, contrairement à toutes les idées alors admises. Le fait, connu depuis fort longtemps, que certains métaux électrisés perdent leur charge électrique, sous l'influence de la lumière, provenait, suivant Lenard, de ce que, sous cette influence, leur surface se pulvérisait en poussières dont la dissémination dans l'air entraînait les charges électriques des particules électrisées du métal.

Lenard fut d'ailleurs le premier à reconnaître son erreur. Après la publication de mes expériences, il reprit les siennes, et vit que les métaux, sous l'action de la lumière, émettent bien des rayons cathodiques déviables par l'aimant¹, expériences que confirma depuis J.-J. Thomson;

3° A l'époque dont il est question, on croyait avec M. Becquerel que la radio-activité est un phénomène tout à fait exceptionnel, propre à un nombre de corps infiniment restreint. Dans une série de recherches, j'ai montré que c'était un des phénomènes les plus répandus de la nature, se produisant, non seulement sous l'influence de la lumière, mais encore sous celle de la chaleur et d'un grand nombre de réactions chimiques. Cette opinion s'est répandue progressivement, et est à peu près universellement admise aujourd'hui.

4° La doctrine de la dissociation de la matière n'a été formulée que bien après mes recherches. Les physiciens de l'Université de Cambridge en sont devenus de chauds partisans, puisque l'un d'eux

1. Le mémoire de Lenard, *Erzeugung Kathoden strahlen durch ultra-violette Licht* fut présenté à l'Académie des Sciences de Vienne, le 18 octobre 1899. Mes expériences avaient été publiées dans les Comptes rendus de l'Académie des Sciences de Paris, le 5 avril 1897.

« dans une polémique récente la déclarait « la théorie la plus importante de la physique » mais ils ont mis fort longtemps à s'y rallier. En 1900, J.-J. Thomson, savant très éminent, mais qui oublie facilement les travaux de ses prédécesseurs, croyait encore que les émissions radio-actives étaient une forme de la lumière. Voici en effet ce qu'il écrivait à cette époque :

« Les radiations uraniques peuvent être réfléchies, polarisées, réfractées de telle sorte qu'elles constituent évidemment une des formes de la lumière¹. »

Voici ce que de mon côté j'écrivais à la même époque comme conclusion d'un long mémoire rempli d'expériences :

« Comme conclusion générale nous pouvons dire que sous l'influence de causes très variées, lumière, réactions chimiques, électrisation, etc., les corps peuvent se dissocier. La matière ainsi dissociée se manifeste sous forme de particules infiniment petites animées d'une immense vitesse capables de rendre l'air conducteur de l'électricité et de traverser les corps opaques. Ces particules représentent une forme de la matière tout à fait différente de celles que la chimie nous fait connaître, un état nouveau où l'atome lui-même est probablement dissocié. Et certes il ne saurait s'agir ici de propriétés appartenant uniquement à quelques corps spéciaux tels que l'uranium, le thorium, etc., ces corps ne représentent comme je l'ai écrit il y a longtemps que des cas particuliers d'une loi très générale². »

5° J'ajouterai enfin que je fus le premier à formuler dans un mémoire spécial cette doctrine que tous les phénomènes de dissociation de la matière sont la manifestation d'une force nouvelle l'*Énergie intra-atomique* qui dépasse toutes les autres par sa colossale grandeur et dont dérivent d'après mes recherches la plupart des forces de la nature, l'électricité et la chaleur solaire notamment.

FIN DE LA DEUXIÈME PARTIE

1. *Décharges électriques dans les gaz*. Traduction française, 1900, p. 43.
2. *Revue scientifique*, avril 1900, p. 458.

LISTE DES MÉMOIRES

*publiés dans la Revue Scientifique par l'auteur sur les questions étudiées dans ce volume*¹

- Premières Notes sur la Lumière noire.** — 5 notes de janvier à mai 1896 (13 pages).
- Nature des diverses espèces de radiations produites par les corps sous l'influence de la lumière.** — 20 mars 1897 (5 p.).
- Propriétés des radiations émises par les corps sous l'influence de la lumière.** — 1^{er} mai 1897 (5 pages).
- La Lumière noire et les propriétés de certaines radiations du spectre.** — 29 mai 1897 (4 pages).
- La Luminescence invisible.** — 28 janvier 1899 (7 pages).
- Transparence des corps opaques pour les radiations lumineuses de grande longueur d'onde.** — 11 février 1899 (13 p.).
- Le Rayonnement électrique et la transparence des corps pour les ondes hertziennes.** — 29 avril 1899 (27 pages).
- La Transparence de la matière et la lumière noire.** — 14 avril 1900 (19 pages).
- L'uranium, le radium et les émissions métalliques.** — 5 mai 1900 (9 pages).
- Les Formes diverses de la phosphorescence.** — 8 et 15 septembre 1900 (61 pages).
- La Variabilité des espèces chimiques.** — 22 déc. 1900 (23 p.).
- La Dissociation de la matière.** — 8, 15 et 22 nov. 1902 (69 p.).
- L'Énergie intra-atomique.** — 17, 24 et 31 octobre 1903 (66 pages).
- La Matérialisation de l'énergie.** — 15 octobre 1904 (28 pages).
- La Dématérialisation de la matière.** — 12 et 19 nov. 1904 (36 p.).
- Le Monde intermédiaire entre la matière et l'éther.** — 10 et 17 déc. 1904 (22 pages).
- La Dématérialisation de la matière comme origine de la chaleur solaire et de l'électricité.** — (*Nature*, 16 décembre 1905).
- La dissociation universelle de la matière.** — Réponse à quelques critiques, 9 juin 1906.
-

1. Je ne donne pas ici la liste de mes notes publiées dans les Comptes rendus de l'Académie des sciences parce qu'elles ont été développées avec plus de détails dans les mémoires publiés par la *Revue Scientifique*.

TABLE DES FIGURES

	Pages
FIG. 1 et 2. — Appareils employés en 1897 par Gustave Le Bon pour démontrer, par l'absence de polarisation, que les radiations émises par les sels d'urane n'étaient pas de la lumière invisible comme le soutenait alors M. Becquerel	25
FIG. 3. — Les trois ordres de radiations émises par un corps radio-actif séparés par l'action d'un champ magnétique.	130
FIG. 4. — Rayonnement de particules de matière dissociée non soumises à des attractions ou à des répulsions.	159
FIG. 5. — Attractions de particules de matière dissociée chargées d'électricité positive et négative.	159
FIG. 6. — Répulsion de particules de matière dissociée émises par deux pointes et se mouvant suivant la direction des lignes de force	160
FIG. 7. — Répulsions de particules émises par plusieurs pointes.	160
FIG. 8, 9, 10 11. — Figures diverses obtenues en obligeant les particules de matière dissociée à se mouvoir et à se repousser suivant certaines directions	161
FIG. 12, 13, 14, 15. — Matérialisations apparentes produites dans l'espace en utilisant les répulsions des particules de matière dissociée.	163
FIG. 16, à 19. — Photographies de figures géométriques obtenues par le fluide ionique localisé sur des plateaux de résine	166
FIG. 20. — Courbe traduisant une des propriétés fondamentales de la substance intermédiaire entre la matière pondérable et l'éther impondérable	186
FIG. 21. — Vue en projection du rayonnement des particules électriques d'un seul pôle.	196
FIG. 22. — Photographie des aigrettes produites par les particules électriques qu'émet un des pôles d'une machine statique	197
FIG. 23. — Particules électriques positives et négatives formées aux deux pôles et s'attirant	197
FIG. 24. — Concentration des particules électriques en un petit nombre de lignes d'où résulte la décharge sous forme d'étincelles	197
FIG. 25. — Passage visible à travers un obstacle matériel formé d'une lame de verre ou d'ébonite, des effluves produits par la dématérialisation de la matière	202

TABLE DES FIGURES

P

FIG. 26. — Photographie des effluves provenant de la dématérialisation de la matière pendant leur passage à travers un obstacle matériel : lame de verre ou d'ébonite	203
FIG. 27. — Impressions produites par les ions issus d'une pointe électrisée à travers une feuille de papier noir.	205
FIG. 28 et 29. — Répulsions et attractions de molécules au sein d'un liquide.	236
FIG. 30 et 31. — Photographies de cellules artificielles résultant des attractions et répulsions moléculaires au sein d'un liquide	237
FIG. 32. — Photographie de cellules artificielles obtenues par diffusion	238
FIG. 33, 34, 35. — Les trois phases de formation successives d'un cristal.	251
FIG. 36. — Méthode classique employée pour mesurer la radio-activité des corps.	313
FIG. 37. — Appareil destiné à réduire la rapidité de la déperdition électrique produite par les corps radio-actifs	314
FIG. 38. — Electroscope condensateur différentiel de l'auteur	316
FIG. 39. — Appareil employé pour démontrer la dissociation de la matière sous l'action de la lumière solaire	319
FIG. 40. — Appareil employé pour démontrer la dissociation de la matière sous l'influence de la lumière ultra-violette produite par des étincelles électriques.	321
FIG. 41 et 42. — Détermination au moyen de la photographie de la transparence des corps pour les diverses régions du spectre.	322
FIG. 43. — Photographies montrant la disparition de l'ultra-violet solaire à certains jours sous des influences inconnues.	329
FIG. 44. — Mécanisme de la décharge d'un électroscope par les effluves de matière dissociée qui se dégagent des métaux frappés par la lumière solaire	333
FIG. 45. — Comparaison de la dissociation de la matière des corps spontanément radio-actifs et des métaux ordinaires sous l'influence de la lumière.	340
FIG. 46. — Appareil employé pour étudier les conditions de la déperdition sous l'influence de la lumière ultra-violette des corps préalablement électrisés	343
FIG. 47. — Appareil montrant la déperdition de l'électricité sous l'influence des flammes suivant la distance et la nature du corps sur lequel l'action se produit.	355
FIG. 48. — Appareil de démonstration permettant de rendre visible la déperdition électrique sous l'action des particules de matière dissociée contenue dans les gaz des flammes	356
FIG. 49. — Appareil démontrant l'action de la matière dissociée contenue dans les gaz des flammes sur un corps électrisé entouré d'une cage métallique	357
FIG. 50. — Étude de la dissociation de la matière par les réactions chimiques	360
FIG. 51. — Appareil de Gustave Le Bon et Martin, employé pour déterminer le rôle de la vapeur d'eau dans la phosphorescence du phosphore.	362
FIG. 52. — Expériences sur les propriétés des gaz dissociés par les flammes.	368

	Pages
FIG. 53. — Recombinaison des ions obtenus dans la dissociation de la matière par les réactions chimiques.	369
FIG. 54. — Dispositif employé pour obtenir la transformation des propriétés du mercure en le combinant sous l'influence d'une légère pression avec des traces du magnésium	377
FIG. 55. — Décomposition de l'eau par du mercure contenant une trace de magnésium	377
FIG. 56. — Décomposition de l'eau par du magnésium contenant des traces de mercure	378
FIG. 57 à 60. — Formation de gerbes d'alumine sur des lames d'aluminium recouvertes de traces invisibles de mercure	379
FIG. 61. — Dispositif de l'expérience permettant de donner à une lame d'aluminium ayant touché, par sa pointe du mercure, la propriété de décomposer l'eau et de se transformer entièrement en alumine. . . .	380
FIG. 62. — Schéma du dispositif permettant de donner aux effluves produites par des particules de matière dissociée une tension suffisante pour traverser des lames minces de verre ou d'ébonite.	385

TABLE DES MATIÈRES

	Pages
PRÉFACE DE LA ONZIÈME ÉDITION	1
INTRODUCTION.	3

LIVRE PREMIER

LES IDÉES NOUVELLES SUR LA MATIÈRE

CHAPITRE I. — La théorie de l'énergie intra-atomique et de l'évanouissement de la matière.	7
CHAPITRE II. — Historique de la découverte de la dissociation de la matière et de l'existence de l'énergie intra-atomique.	21

LIVRE II

L'ÉNERGIE INTRA-ATOMIQUE ET LES FORCES QUI EN DÉRIVENT

CHAPITRE I. — L'énergie intra-atomique. — Sa grandeur.	36
CHAPITRE II. — Transformation de la matière en énergie	53
CHAPITRE III. — Les forces dérivées de l'énergie intra-atomique : forces moléculaires, électricité, chaleur solaire, etc.	61
CHAPITRE IV. — Les objections à la doctrine de l'énergie intra-atomique.	69

LIVRE III

LE MONDE DE L'IMPONDÉRABLE

	Pages
CHAPITRE I. — La séparation classique entre le pondérable et l'impondérable. — Existe-t-il un monde intermédiaire entre la matière et l'éther?	81
CHAPITRE II. — La base immatérielle de l'univers : l'éther	88
CHAPITRE III. — Les formes diverses d'équilibre dans l'éther	94

LIVRE IV

LA DÉMATÉRIALISATION DE LA MATIÈRE

CHAPITRE I. — Les diverses interprétations des expériences révélant la dissociation de la matière.	101
CHAPITRE II. — Les produits de la dématérialisation de la matière : Ions, Électrons, Rayons cathodiques, etc.	113
CHAPITRE III. — La dématérialisation des corps très radio-actifs : uranium, radium, etc.	127
CHAPITRE IV. — La dématérialisation des corps ordinaires sous des influences diverses (Réactions chimiques, lumière, chaleur, etc.)	146
CHAPITRE V. — Les équilibres artificiels des éléments provenant de la dématérialisation de la matière	159
CHAPITRE VI. — Comment, malgré sa stabilité, la matière peut se dissocier. Peut-on affirmer avec certitude l'existence du radium?	168

LIVRE V

LE MONDE INTERMÉDIAIRE ENTRE LA MATIÈRE ET L'ÉTHÉR

CHAPITRE I. — Propriétés des substances intermédiaires entre la matière et l'éther.	183
---	-----

	Pages
CHAPITRE II. — L'électricité considérée comme une substance demi-matérielle engendrée par la dématérialisation de la matière.	192
CHAPITRE III. — Comparaison des propriétés du fluide électrique et des fluides matériels	209
CHAPITRE IV. — Les mouvements des atomes électriques. Théorie actuelle de l'électricité	214

LIVRE VI

LE MONDE DU PONDÉRABLE — NAISSANCE, ÉVOLUTION ET FIN DE LA MATIÈRE

CHAPITRE I. — Constitution de la matière. — Les forces qui maintiennent les édifices matériels	222
CHAPITRE II. — Mobilité et sensibilité de la matière. — Variations des équilibres matériels sous l'influence des milieux	241
CHAPITRE III. — Les aspects divers de la matière : les états gazeux, liquide et cristallin	249
CHAPITRE IV. — L'unité de composition des corps simples	256
CHAPITRE V. — La variabilité des espèces chimiques.	266
CHAPITRE VI. — Les équilibres chimiques des éléments matériels	279
CHAPITRE VII. — La chimie intra-atomique et les équilibres ignorés de la matière	287
CHAPITRE VIII. — Naissance, évolution et fin de la matière	298

DEUXIÈME PARTIE

RECHERCHES EXPÉRIMENTALES DE L'AUTEUR

	Pages
CHAPITRE I. — Méthodes générales d'observation permettant de constater la dématérialisation de la matière	311
CHAPITRE II. — Méthodes d'observation employées pour étudier la dématérialisation des corps par la lumière	318
CHAPITRE III. — Expériences sur la dissociation de la matière dans les diverses régions du spectre.	325
CHAPITRE IV. — Expériences sur la possibilité de rendre radio-actifs par leur combinaison des corps qui, séparément, ne le sont pas. Comparaison entre la radio-activité spontanée et la radio-activité provoquée.	339
CHAPITRE V. — Expériences sur la déperdition dite négative des corps électrisés sous l'influence de la lumière.	342
CHAPITRE VI. — Expériences sur la dématérialisation de la matière dans les phénomènes de combustion.	354
CHAPITRE VII. — Expériences sur la dématérialisation de la matière par les réactions chimiques.	359
CHAPITRE VIII. — Expériences sur les origines de la dématérialisation des corps spontanément radio-actifs.	364
CHAPITRE IX. — Expériences sur l'ionisation des gaz.	367
CHAPITRE X. — Expériences sur la dématérialisation spontanée de la matière et sur l'existence dans tous les corps d'une émanation analogue à celle des substances radio-actives	371
CHAPITRE XI. — Expériences sur l'absence de radio-activité des corps simplement très divisés	375
CHAPITRE XII. — Expériences sur la variabilité des espèces chimiques.	376
CHAPITRE XIII. — Expériences sur le passage à travers les obstacles matériels des éléments provenant de la dématérialisation de la matière.	384
CHAPITRE XIV. — Documents relatifs à l'histoire de la découverte de la dissociation universelle de la matière	386
Liste des mémoires publiés par l'auteur sur les questions étudiées dans ce volume	393
Table des figures.	394

ERNEST FLAMMARION, ÉDITEUR, 26, RUE RACINE, PARIS

BIBLIOTHÈQUE

DE

PHILOSOPHIE SCIENTIFIQUE

Publiée sous la direction du D^r Gustave Le Bon

Collection in-18 jésus à 3 fr. 50 le volume

H. POINCARÉ (*de l'Institut*)

La Science et l'Hypothèse

M. POINCARÉ a réuni sous ce titre les résultats de ses réflexions sur la logique des sciences mathématiques et physiques. Dans les unes comme dans les autres, l'hypothèse a joué un grand rôle. Quelques personnes en ont voulu conclure que l'édifice scientifique est fragile ; « être sceptique de cette façon, c'est encore être superficiel. Douter de tout, ou tout croire, ce sont deux solutions également commodes qui, l'une et l'autre, dispensent de réfléchir. »

H. POINCARÉ. — La Valeur de la Science

Cet ouvrage a pour but de rechercher quelle est la véritable valeur objective de la Science ; n'est-elle, comme le prétendent ses détracteurs, qu'une accumulation d'hypothèses arbitraires, une simple règle d'action incapable de nous rien faire connaître de la réalité. On pourrait le croire à voir les capricieuses variations de la mode scientifique ; le caractère à demi-conventionnel des notions les plus fondamentales, comme celle de temps et d'espace.

D^r GUSTAVE LE BON. — Psychologie de l'Éducation

Ce livre a été écrit pour tous les membres de l'enseignement, et au moins autant pour les pères de famille, soucieux de l'avenir de leurs fils. Le D^r Gustave LE BON s'est livré à une étude attentive du volumineux Rapport de la Commission d'enquête sur la réforme de l'enseignement ; il en est sorti persuadé que toute la réforme n'a malheureusement tourné qu'autour d'une question de programmes ; et il montre que les programmes nouveaux n'apportent aucun remède.

DASTRE (*de l'Institut, Professeur de Physiologie à la Sorbonne*)
La Vie et la Mort

Ce livre intéressant entre tous, sera bientôt dans toutes les mains. Ce n'est plus, comme jadis, un poète ou un moraliste qui vient disserter sur la destinée humaine et développer les éternels lieux communs que comporte le sujet. L'auteur de cet ouvrage, M. DASTRE, professeur de physiologie à la Sorbonne, est l'un de nos savants les plus originaux et les plus profonds. Son livre traite des questions relatives à la Vie et à la Mort au point de vue de la philosophie et de la science.

FRÉDÉRIC HOUSSAY (*Professeur de Zoologie à la Sorbonne*)
Nature et Sciences naturelles

Ce nouveau livre, accessible à tous les esprits cultivés et réfléchis, a pour noyau une originale tentative pour montrer, dans l'édification de la science, la continuité de pensée depuis l'antiquité jusqu'à notre époque. Il contient de plus une philosophie opposant la réalité naturelle aux diverses images scientifiques que l'homme s'en est faites, images que les progrès techniques modifient beaucoup moins dans leurs traits essentiels qu'on ne le croit d'ordinaire.

D^r J. HÉRICOURT. — **Les Frontières de la Maladie**

Les frontières de la maladie, ce sont les maladies de la nutrition qui commencent, s'installant de façon insidieuse et progressant insensiblement, jusqu'au moment où elles se démasqueront en troubles graves et incurables; ce sont les infections latentes et atténuées qu'on laisse évoluer librement, et qu'on répand autour de soi, d'abord dans sa famille, et puis au dehors; ce sont toutes les maladies qui laissent aux patients les apparences de la santé, et qui, par cela même, sont abandonnées à leur libre évolution dans leur phase maniable par l'hygiène, jusqu'à leur transformation en états graves, contre lesquels la thérapeutique est alors le plus souvent impuissante.

D^r HÉRICOURT. — **L'Hygiène moderne**

Sous une forme toute nouvelle, et qui n'a rien de commun avec les traités d'hygiène classiques, toujours lourds et touffus, *L'Hygiène Moderne* du Docteur J. HÉRICOURT présente aux lecteurs du grand public un ensemble d'idées générales capables de les guider avec sûreté pour la solution de tous les problèmes concernant la conservation et la protection de leur santé.

FÉLIX LE DANTEC (*Chargé de Cours à la Sorbonne*)
Les Influences Ancestrales

Après avoir, dans une courte introduction, mis en évidence les avantages de la narration historique des faits, l'auteur montre comment, de la seule notion de la continuité des lignées, on conclut sans peine aux principes de Lamarck et Darwin. Le premier livre de l'ouvrage est un véritable résumé de la biologie tout entière.

FÉLIX LE DANTEC
La Lutte universelle

Contrairement à Saint-Augustin qui affirme que les corps de la nature se soutiennent réciproquement et « s'aiment en quelque sorte » M. LE DANTEC prétend, dans ce nouveau livre, que l'existence même d'un corps quelconque est le résultat d'une lutte. « Etre, c'est lutter » dit-il et il ajoute aussitôt : « Vivre, c'est vaincre ».

FÉLIX LE DANTEC
L'Athéisme

Voici, nous dit l'auteur, un livre de bonne foi; et, réellement, le ton de l'ouvrage est tel qu'on pourrait se demander, le plus souvent, si l'on est en présence d'un plaidoyer pour l'athéisme ou pour la nécessité d'une foi religieuse.

FÉLIX LE DANTEC
Philosophie du XX^e Siècle

★ **DE L'HOMME A LA SCIENCE**

Les études biologiques de M. LE DANTEC, ses efforts pour placer la vie au milieu des autres phénomènes naturels, devaient l'amener à écrire une œuvre de synthèse.

★★ **SCIENCE ET CONSCIENCE**

Science et Conscience nous est donné par M. LE DANTEC comme son dernier livre de Biologie. Son œuvre considérable ne saurait manquer d'avoir une grande influence sur la pensée moderne.

E. BOINET (*Professeur de Clinique médicale*)
Les Doctrines médicales. — Leur Évolution

La nécessité d'une doctrine directrice s'impose à la médecine, qui est à la fois un art par ses applications et une science par ses moyens d'étude. Les doctrines médicales ont donc une portée pratique et théorique, et leur évolution bien indiquée dans cet ouvrage marque les étapes de la médecine.

ÉMILE PICARD (*de l'Institut, Professeur à la Sorbonne*)
La Science moderne et son État actuel

M. PICARD s'est proposé de donner, dans ce volume, une idée d'ensemble sur l'état des sciences mathématiques, physiques et naturelles dans les premières années du xx^e siècle. Ces trois cents pages forment une véritable encyclopédie, où sont condensés les résultats positifs les plus importants, en même temps qu'un livre de philosophie scientifique, où les liens qui unissent les diverses sciences sont mis en évidence.

ALFRED BINET (*Directeur du Laboratoire de Psychologie
à la Sorbonne*)
L'Âme et le Corps

Depuis quelques années, le vrai problème de l'âme et du corps sollicite de nouveau l'attention du monde savant. M. BINET a voulu montrer que les progrès récents de la psychologie expérimentale ont eu un retentissement sur les spéculations les plus hautes et les plus abstraites de la philosophie. L'analyse de la sensation, de l'image, de l'idée, de l'émotion, telle qu'elle résulte des travaux les plus précis, oblige à poser en termes nouveaux la distinction du physique et du mental.

JULES COMBARIÉU (*Chargé du Cours d'Histoire musicale
au Collège de France*)
La Musique. — Ses Lois et son Évolution

Dans ce travail, l'auteur s'est placé à un point de vue nouveau, qui n'est pas celui de Marx, de Gevaërt, de Riemann, et des autres grands théoriciens. M. Jules COMBARIÉU ne s'est pas contenté d'exposer en langage très clair, avec exemples à l'appui, les lois de la musique : il les explique, en rattachant un état donné de l'art et de la théorie à l'état correspondant de la vie sociale; de plus, il montre que la musique, tout en étant la forme la plus libre de la pensée, est en harmonie avec les lois fondamentales de la nature.

D^r GUSTAVE LE BON. — L'Évolution de la Matière

Cet ouvrage présente un intérêt scientifique et philosophique considérable. L'auteur y a développé les recherches nombreuses que sous ces titres : *La Lumière Noire*, *La Dématérialisation de la Matière*, etc., il a publié depuis plusieurs années. On sait qu'elles ont eu en France et surtout à l'étranger un retentissement énorme. Il a montré que, contrairement à une croyance bien des fois séculaire, la matière n'est pas éternelle et peut être détruite sans retour, qu'elle est le siège d'une énergie colossale insoupçonnée jusqu'ici et dont l'intensité est telle que la dissociation complète d'une pièce de 1 centime représenterait autant d'énergie qu'on pourrait en obtenir en brûlant 68.000 francs de houille.

Les expériences sur le radium et leur analyse critique forment un des chapitres intéressants de l'ouvrage. On y voit que tous les corps de la nature possèdent les mêmes propriétés que le radium bien qu'à un degré moindre. — Un vol. illustré de 62 gravures photographiées au laboratoire de l'auteur.

D^r GUSTAVE LE BON. — L'Évolution des Forces

Ce livre est consacré à développer les conséquences des principes exposés par Gustave LE BON dans son ouvrage *l'Évolution de la Matière*, dont le 15^e mille a paru récemment. — Un vol. illustré de 42 figures.

LUCIEN POINCARÉ (*Inspecteur général de l'Instruction publique*)

La Physique moderne. — Son Évolution

Ouvrage couronné par l'Académie des Sciences

L'auteur a pensé qu'il serait utile d'écrire un livre où, tout en évitant d'insister sur les détails techniques, il ferait connaître, d'une façon aussi précise que possible, les résultats si remarquables qui, depuis une dizaine d'années, sont venus enrichir le domaine de la physique et modifier profondément les idées des philosophes aussi bien que celles des savants.

LUCIEN POINCARÉ. — L'Électricité

Dans ce volume, M. Lucien POINCARÉ étudie les modes de production et d'utilisation des courants électriques et les principales applications qui appartiennent au domaine de l'électrotechnique.

L'auteur s'adresse au public éclairé qui s'intéresse aux progrès des sciences et lui présente, sous une forme très simple et facilement accessible, un tableau fidèle de l'état actuel de l'électricité.

HENRI LICHTENBERGER (*Maître de Conférences
à la Sorbonne*)

L'Allemagne moderne. — Son Évolution

La science allemande s'est efforcée, depuis quelques années surtout, en de nombreuses publications individuelles ou collectives, de dresser le bilan du siècle écoulé. Il a semblé qu'il pouvait être intéressant de présenter au public français, sous une forme aussi simplifiée que possible et dans un esprit de stricte impartialité, quelques-uns des résultats généraux de cette vaste enquête. Dans cet ouvrage on a donc essayé de donner, en quatre livres, un tableau sommaire de l'évolution économique, politique, intellectuelle, artistique de l'Allemagne moderne.

ERNEST VAN BRUYSSSEL (*Consul général de Belgique*)

La Vie sociale. — Ses Évolutions

Ce livre expose dans son ensemble toute l'histoire de l'humanité. Il a pour but l'étude des idées sociales dès leur origine et à travers leurs évolutions, durant la succession des siècles. Écrit largement, d'une synthèse claire et rigoureuse, il nous met, par une analyse raisonnée, en face de l'immense progrès qu'a réalisé l'esprit de l'homme dans le sens de la conquête de sa liberté matérielle et intellectuelle, simplement en exposant les faits ainsi qu'ils se sont succédé. C'est une leçon encyclopédique et à la fois un enseignement moral d'une haute portée.

GASTON BONNIER (*Membre de l'Institut, Professeur
à la Sorbonne*)

Le Monde végétal

L'ouvrage que vient de rédiger M. Gaston BONNIER n'est pas, à proprement parler, un livre de Botanique.

Dans *Le Monde Végétal*, l'auteur, avant tout, expose les faits qui éclairent la philosophie des sciences naturelles ; il y passe en revue la succession des idées que les savants ont émises sur les végétaux ; il les commente et il les discute. — Un vol. illustré de 230 figures.

COLONEL BIOTTOT

Les Grands Inspirés devant la Science

JEANNE D'ARC

Cette œuvre s'adresse également aux penseurs et aux simples curieux d'une explication scientifique de Jeanne d'Arc, l'héroïne du patriotisme.

L. DE LAUNAY (*Professeur à l'École des Mines*)

L'Histoire de la Terre

Ecrire un ouvrage de géologie, sans termes rébarbatifs, sans mots latins, sans énumérations fastidieuses, sans termes techniques, sans figures ; faire une *Histoire de la Terre*, qui soit, à proprement parler, une Histoire, c'est-à-dire qui raconte simplement les faits du passé dans leur succession chronologique et qui ne devienne pas, pour cela, un roman, tel est le but difficile que s'est proposé M. DE LAUNAY.

L. DE LAUNAY

La Conquête minérale

Le but de cet ouvrage est d'étudier le rôle industriel, économique, social et politique de cette richesse minérale dans l'histoire, en indiquant l'évolution subie, aussi bien dans la conception de sa propriété, que dans son mode de découverte, d'extraction et d'application dans l'industrie.

CHARLES DEPÉRET (*Doyen de la Faculté des Sciences de Lyon*)

Les Transformations du Monde animal

Ce livre est destiné à exposer ce que nous savons, à l'heure actuelle, des lois qui ont présidé aux incessantes transformations du monde animal, depuis l'apparition de la vie sur le globe jusqu'à nos jours.

E.-A. MARTEL

L'Évolution souterraine

Pour offrir le tableau réduit mais complet des phénomènes révolus sous l'écorce terrestre, l'auteur a dû tenter en même temps la synthèse des travaux accomplis par d'innombrables chercheurs souterrains dans les plus divers ordres d'idées. Il montre ainsi le rôle capital de la fissuration de la planète dans l'évolution grandiose et continue de la Terre. — Un vol. ill. de 80 belles gravures.

E. BOUTY (*Professeur à la Faculté des Sciences*)

La Vérité scientifique. — Sa poursuite

Mettre en lumière les caractères généraux de la vérité scientifique, le rôle que jouent l'expérience et le raisonnement dans sa découverte ; montrer l'unité réelle de l'effort sous la diversité indéfinie de ses formes, d'étroite solidarité des sciences considérées à la fois dans leur développement logique et historique, tel est l'objet essentiel de ce livre.

ÉMILE BOUTROUX (*Membre de l'Institut*)

Science et Religion

DANS LA PHILOSOPHIE CONTEMPORAINE

Etude critique des principales solutions que reçoit actuellement, parmi les hommes qui réfléchissent, le problème des rapports de la religion et de la science. Il n'est plus possible aujourd'hui, à un homme qui participe au mouvement intellectuel de son milieu et de son temps, de s'en tenir à la commode solution dite de la cloison étanche. Religion et science interfèrent nécessairement, et l'heure vient où elles ne subsisteront ensemble dans une même conscience que si un accord rationnel s'établit entre elles.

M. MACH (*Professeur à l'Université de Vienne*)

La Connaissance et l'Erreur

Traduction du Dr DUFOUR (*Professeur à la Faculté de Nancy*)

M. MACH est un physicien dont la pensée a été fortement influencée par la théorie de l'évolution. Il envisage la vie psychique et notamment le travail scientifique comme un aspect de la vie organique, et il en cherche les origines profondes dans les exigences biologiques. Selon lui, le but de la science est de mettre de l'ordre dans les données sensibles, et de chercher avec toute l'économie de pensée possible les relations de dépendance qui existent entre nos sensations.

JEAN CRUET (*Docteur en droit, Avocat à la Cour d'appel*)

La Vie du Droit

ET L'IMPUISSANCE DES LOIS

Cet ouvrage examine s'il n'y a pas, contre le droit du législateur et à côté de lui, un droit du juge et un droit des mœurs. Il convient d'apporter au moule dans lequel doit être coulée la pensée législative, certaines retouches ou corrections. Le législateur ne devrait pas promettre ce qu'il ne saurait tenir.

GUILLAUME DUBUFE

La Valeur de l'Art

Ce que représente l'art chez les divers peuples, les aspirations dont il est la synthèse, les besoins qu'il traduit, les éléments qu'il fournit à l'étude des civilisations, telles sont quelques-unes des questions abordées dans cet ouvrage par un de nos plus célèbres peintres modernes, M. Guillaume DUBUFE. C'est un livre dont tous les artistes tireront profit et qui profitera également à tous les lecteurs. L'art est tellement mêlé aujourd'hui à la vie moderne, qu'il n'est plus permis de se désintéresser des questions qui le concernent.

Bibliothèque de Philosophie scientifique

DIRIGÉE PAR LE D^r GUSTAVE LE BON

VOLUMES PARUS :

- La Science et l'Hypothèse**, par H. POINCARÉ, membre de l'Institut, professeur à la Sorbonne (16^e mille).
- La Valeur de la Science**, par H. POINCARÉ, (12^e mille).
- La Vie et la Mort**, par le D^r A. DASTRE, membre de l'Institut, professeur de Physiologie à la Sorbonne (8^e mille).
- Nature et Sciences naturelles**, par FRÉDÉRIC HOUSSAY, professeur de Zoologie à la Sorbonne (6^e mille).
- Psychologie de l'Éducation**, par le D^r GUSTAVE LE BON (9^e mille).
- Les Frontières de la Maladie**, par le D^r J. HÉRICOURT (6^e mille).
- Les Influences ancestrales**, par FÉLIX LE DANTEC, chargé de cours à la Sorbonne (8^e mille).
- Les Doctrines Médicales**, par le D^r E. BOINET, professeur de clinique médicale, agrégé des Facultés de Médecine (5^e mille).
- L'Évolution de la Matière**, par le D^r GUSTAVE LE BON, avec 62 figures (16^e mille).
- La Science moderne et son état actuel**, par EMILE PICARD, membre de l'Institut, professeur à la Sorbonne (8^e mille).
- L'Âme et le Corps**, par A. BINET, directeur du laboratoire de psychologie à la Sorbonne (5^e mille).
- La Lutte Universelle**, par F. LE DANTEC, chargé de cours à la Sorbonne (8^e mille).
- La Physique moderne** (Ouvrage couronné par l'Académie des Sciences), par LUCIEN POINCARÉ, inspecteur général de l'Instruction publique (9^e mille).
- L'Histoire de la Terre**, par L. DE LAUNAY, professeur à l'École supérieure des Mines (8^e mille).
- L'Athéisme**, par FÉLIX LE DANTEC, chargé de cours à la Sorbonne (8^e mille).
- La Musique**, par JULES COMBARIEU, chargé du cours d'Histoire de la Musique au Collège de France (6^e mille).
- L'Hygiène moderne**, par le D^r J. HÉRICOURT (8^e mille).
- L'Électricité**, par LUCIEN POINCARÉ, Inspect. général de l'Inst. publique (8^e mille).
- L'Allemagne Moderne**, par H. LICHTENBERGER, maître de Conférences à la Sorbonne (8^e mille).
- L'Évolution des Forces**, par le D^r GUSTAVE LE BON, avec 42 figures (10^e mille).
- La Vie sociale**, par ERNEST VAN BRUYSSSEL, Consul général de Belgique (6^e mille).
- Le Monde végétal**, par GASTON BONNIER, membre de l'Institut, professeur à la Sorbonne, avec 230 figures (6^e mille).
- Les Transformations du Monde animal**, par CHARLES DEPÉRET, Correspondant de l'Institut, Doyen de la Faculté des Sciences de Lyon (7^e mille).
- De l'Homme à la Science**, par FÉLIX LE DANTEC, (6^e mille).
- Les Grands Inspirés devant la Science**, par le colonel BIOTTOT.
- L'Évolution souterraine**, par E.-A. MARTEL, Directeur de *La Nature*, avec 80 figures.
- La Connaissance et l'Erreur**, par ERNST MACH, prof^r à l'Université de Vienne.
- Science et Religion dans la philosophie contemporaine**, par ÉMILE BOUTROUX, membre de l'Institut (7^e mille).
- Science et Conscience**, par FÉLIX LE DANTEC, (6^e mille).
- La Vie du Droit et l'impuissance des lois**, par J. CRUET, avocat à la Cour d'Appel.
- La Vérité Scientifique, sa poursuite**, par EDMOND BOUTY, professeur de Physique à la Sorbonne.
- La Conquête Minérale**, par L. DE LAUNAY, professeur à l'École des Mines.
- La Valeur de l'Art**, par GUILLAUME DUBUFE.