

CHAPITRE IX

RÉSUMÉ DES PRINCIPAUX FAITS OBSERVÉS.

CONSIDÉRATIONS THÉORIQUES

§ 1. — *Résumé des faits observés.*

Avant d'exposer les considérations théoriques au moyen desquelles on a cherché à coordonner ou même à expliquer les phénomènes de radioactivité, il nous a semblé nécessaire de résumer les faits fondamentaux décrits et démontrés dans les chapitres précédents, aussi bien que ceux qui ont été découverts par divers observateurs.

Ces faits sont indépendants de toute théorie; à mesure que leur nombre s'accroît, les théories se modifient, et dans l'examen critique de celles-ci il importe d'avoir présents les faits d'expérience qui les dominent toutes.

Je rappellerai donc qu'en 1896 j'ai reconnu l'existence d'un rayonnement émis par l'uranium et par les sels de ce métal. Ce rayonnement agit sur une plaque photographique et décharge les corps électrisés en rendant conducteurs les gaz qui les enveloppent. Ces deux actions ont

RECHERCHES SUR UNE PROPRIÉTÉ NOUVELLE DE LA MATIÈRE. 309
été les bases des deux principales méthodes au moyen
desquelles on a étudié la radioactivité.

Le rayonnement de l'uranium est en apparence spontané,
permanent et indépendant des variations de la température
et des autres conditions extérieures. Il correspond à
une dépense d'énergie dont la source nous échappe encore.

Ce rayonnement est pénétrant et hétérogène; il provoque
sur les corps qu'il rencontre un rayonnement secondaire.

Deux ans après ces observations, M. Schmidt observa
l'activité du thorium, puis M. et M^{me} Curie découvrirent
de nouveaux corps radioactifs : le polonium et le radium.
Ce dernier corps seul est caractérisé comme corps simple
nouveau par son spectre et par son poids atomique. Le
rayonnement de ces corps fut assez intense pour exciter
la phosphorescence des platino-cyanures ou d'autres substances;
le rayonnement du radium rend lumineuse la préparation
qui contient la substance active. M. et M^{me} Curie
sont parvenus à préparer des sels de radium à peu près
purs dont l'activité est près de un million de fois plus
grande que celle de l'uranium. A ces substances actives
il faut joindre l'actinium de M. Debierne et un produit
actif associé au plomb, obtenu par M. Giesel. Récemment
M. Marckwald a obtenu un bismuth actif, qui peut être
du polonium mais dont l'activité ne diminue pas avec le
temps.

M. et M^{me} Curie et M. Rutherford observèrent simultanément
un phénomène autre que le rayonnement. M. et
M^{me} Curie reconnurent que tous les corps en présence
du radium deviennent temporairement radioactifs, et
ils appelèrent ce phénomène la « *radioactivité induite* ».

M. Rutherford observa qu'à côté de la radiation proprement dite plus ou moins pénétrante il se produisait des manifestations d'activité liées à la matière gazeuse, et il appela ce phénomène une « *emanation* ». La radio-activité induite est produite par l'émanation.

En 1899, M. Giesel, puis MM. Meyer et v. Schweidler reconnurent l'influence d'un champ magnétique sur le rayonnement de préparations actives. Je fis indépendamment la même observation, puis je reconnus dans le polonium l'existence de rayons qui semblèrent d'abord non déviables et dont M. Curie montra la coexistence avec des rayons déviables dans le rayonnement du radium. On a vu dans les chapitres précédents comment l'action d'un champ magnétique permettait d'analyser le rayonnement déviable comme le prisme permet d'analyser un faisceau lumineux.

M. Curie montra qu'une partie pénétrante du rayonnement du radium transportait des charges électriques négatives, et récemment il reconnut que les préparations très actives du radium dégagent de la chaleur. MM. Curie et Dewar ont observé que, dans une enceinte entourée d'hydrogène liquide, le radium, à cette basse température, émet de la chaleur et provoque dans le liquide un dégagement continu d'hydrogène gazeux.

Ainsi les corps radioactifs présentent deux ordres de phénomènes intimement liés l'un à l'autre, la radiation et l'émanation. Celle-ci se manifeste avec le thorium et le radium à divers degrés suivant l'état physique des matières actives. L'uranium et les sels de ce métal ne manifestent pas le phénomène de l'émanation dans les gaz.

Rayonnement. — Les recherches de divers observateurs

et en particulier les recherches présentes ont permis d'analyser le phénomène de la radiation.

Le rayonnement des corps radioactifs se compose de trois types de radiations.

1° Les rayons α que j'ai observés pour le première fois avec le polonium, dont M. Rutherford a démontré la faible déviabilité magnétique inverse de celle des rayons β . On a vu que ces rayons constituent un faisceau de radiations homogènes douées de la même déviabilité magnétique.

2° Les rayons déviables ou rayons β qui ont révélé pour la première fois l'existence des corps radioactifs et que les diverses expériences, relatées dans les chapitres précédents, ont démontré être identiques à des rayons cathodiques transportant des charges électriques négatives.

3° Les rayons non déviables pénétrants, ou rayons γ , observés d'abord au travers de lames de plomb, et dont M. Villard a le premier reconnu le caractère de non déviabilité. Ces rayons paraissent analogues aux rayons X; ils comprennent des radiations inégalement pénétrantes et l'hétérogénéité du faisceau n'a pu être reconnue que par les effets produits au travers des écrans absorbants.

L'analyse de la radiation des corps actifs a donc conduit à reconnaître la présence des trois types qui sont produits par les décharges électriques dans les tubes à gaz raréfiés.

Ces trois types produisent des actions chimiques, ionisent les gaz, et les deux derniers provoquent des rayons secondaires sur les corps qu'ils frappent. Ils ont des intensités relatives inégales dans le rayonnement des différents corps actifs.

Le faible rayonnement de l'uranium ne manifeste avec

une intensité notable que les rayons β . Cependant les effets observés au travers d'enveloppes métalliques très épaisses témoignent de l'existence de rayons très pénétrants émis par l'uranium, mais on n'a pas encore démontré si ces rayons appartiennent à la catégorie des rayons β ou à celle des rayons γ , bien que la dernière supposition soit la plus probable. L'uranium émet encore des rayons très absorbables, très actifs pour ioniser l'air, mais il n'est pas démontré qu'ils appartiennent au type des rayons α , et leur caractère d'absorption ne suffit pas pour les classer dans cette catégorie.

Le polonium ne manifeste pas de rayons β . Il émet temporairement avec une grande intensité des rayons α et j'ai reconnu récemment que ce corps émet des rayons très pénétrants de la nature des rayons γ .

Le thorium et le radium émettent les trois espèces de rayons.

L'étude du rayonnement des corps actifs a contribué pour une large part au progrès de nos connaissances sur les rayons cathodiques; en particulier elle a permis d'aborder l'analyse d'un faisceau et l'application à des rayons simples de considérations dérivées de la théorie balistique. On a vu comment les expériences de M. Kaufmann avaient soulevé une question mettant en doute l'existence même des masses théoriques.

Émanation. — Le phénomène de l'émanation paraît intimement lié au mécanisme même de l'activité. Bornons-nous d'abord à l'exposé des faits d'expérience.

L'émanation du thorium se comporte comme un gaz; elle est arrêtée par toute enveloppe imperméable aux gaz,

si mince qu'elle soit. Elle se concentre sur les corps électrisés négativement, et les rend temporairement actifs (Rutherford).

La présence de l'émanation est nécessaire pour provoquer la radioactivité induite par le radium; le rayonnement ne produit pas d'induction. Toute enveloppe qui arrête les gaz arrête l'émanation et s'oppose au phénomène d'activation. La propriété d'activer les corps se transmet par les gaz dans toutes les parties d'une enceinte fermée; les corps s'y activent uniformément, indépendamment de leur nature. L'activation est d'autant plus intense que l'espace libre en présence de la surface qui s'active est plus grand. L'activation décroît avec le temps à partir du moment où le radium a été séparé de l'enceinte activante. Si l'enceinte est fermée l'émanation décroît d'intensité de façon à diminuer de moitié en quatre jours. Si l'enceinte est ouverte, ou si les corps activés sont à l'air libre, leur activité diminue de moitié en une demi-heure. Si les corps ont séjourné plusieurs mois dans une enceinte activante, l'activité induite après être tombée à 0,00005 environ de sa valeur initiale, suivant la loi précédente, ne diminue plus ensuite qu'avec une extrême lenteur. L'activation se produit dans une enceinte fermée même lorsque le vide y a été fait aussi parfaitement que possible, mais si l'on entretient le vide en faisant fonctionner d'une manière continue la pompe à mercure, l'activation ne se produit plus (Curie).

L'émanation se diffuse dans l'air avec la même vitesse qu'un gaz dans un autre gaz et se condense dans un tube qui plonge dans l'air liquide.

De son côté M. Rutherford a obtenu pour le décroissement avec le temps de l'intensité de l'émanation du radium la valeur trouvée par M. Curie pour la disparition de l'activité induite et il a reconnu que pour l'émanation du thorium l'intensité diminuait de moitié en une minute et demie. Cette dernière valeur a été aussi trouvée par M. Debierne pour la diminution d'intensité de l'émanation de l'actinium.

L'émanation est favorisée par l'état de dissolution des corps : l'activation dans une enceinte fermée est plus grande en présence d'une certaine quantité de sel actif en solution, qu'en présence du même produit à l'état solide. Une calcination intense fait perdre à l'oxyde de thorium la faculté d'émettre l'émanation ; l'oxyde calciné reprend cette faculté si on le dissout pour le précipiter de nouveau.

Lorsqu'on dissout un sel de radium et qu'on le ramène ensuite à l'état sec, on constate une diminution considérable de l'activité radiante ; mais peu à peu l'activité reprend sa valeur primitive au bout d'un temps plus ou moins long suivant les conditions de l'expérience. Un sel qui vient d'être séché émet autant d'émanation qu'un sel identique préparé depuis longtemps et qui a atteint son activité limite.

Un sel de radium qui vient d'être préparé dégage une quantité de chaleur relativement faible. Celle-ci augmente continuellement et tend vers une valeur déterminée qui ne paraît pas encore tout à fait atteinte au bout d'un mois. Si un sel de radium est dissous, et la solution enfermée dans un tube scellé, la quantité de chaleur dégagée par la solution, d'abord faible, tend vers la même limite que pour le sel à l'état solide.

Quand on chauffe longtemps au rouge un sel radifère et qu'on le ramène à la température ambiante, on constate que son activité est moindre qu'avant la chauffe; mais peu à peu le sel reprend spontanément son activité primitive et l'activité limite peut être supérieure à celle que possédait le sel avant la chauffe. Dans les deux cas la diminution temporaire dans l'intensité du rayonnement porte principalement sur les rayons pénétrants.

Un sel de radium qui a été chauffé au rouge a perdu en grande partie la propriété de produire la radioactivité induite, mais pour lui rendre cette propriété, il suffit de le faire passer par l'état dissous.

Si l'on mélange une solution d'une matière inactive avec une solution de radium, et qu'on précipite ensuite la matière ajoutée en séparant le radium avec grand soin, le précipité est actif, mais cette activité disparaît avec le temps. Un corps très divisé tel que le noir de fumée, mélangé à une solution active devient temporairement actif. En précipitant du sulfate de baryte dans une solution d'actinium, M. Debierne a obtenu un produit temporairement actif, mais dont l'activité, bien que passagère, a pu être concentrée par des méthodes de fractionnement analogues à celles au moyen desquelles on concentre le radium.

Lorsque, après avoir mélangé une solution de chlorure de baryum et une solution de chlorure d'uranyle, on précipite le sulfate de baryte, ce sel devient temporairement actif, il peut même être momentanément plus actif que le sel d'uranium, mais il perd son activité avec le temps. Le sel d'uranium extrait de la solution est moins actif qu'auparavant. En multipliant les précipitations successives de

sulfate de baryte dans une même solution active, on peut obtenir des sels d'uranium considérablement affaiblis; tous ces produits reprennent spontanément avec le temps leur activité primitive. La loi de récupération avec le temps de l'activité du sel d'uranium, est la même que la loi de disparition de l'activité du précipité de sulfate de baryum.

Sir W. Crookes et M. Rutherford ont obtenu, l'un avec l'uranium, l'autre avec le thorium, des produits affaiblis; selon la nature des réactifs chimiques, l'activité suivait le précipité ou restait dans la liqueur.

M. Heydweiller (1) avait annoncé que le radium perd avec le temps une petite partie de son poids; ce résultat admis par M. Dorn (2) a été infirmé par M. Forch (3).

Le rayonnement des corps actifs ne communique pas de radioactivité à d'autres corps. Cependant M. Villard a observé que du bismuth exposé à des rayons cathodiques était devenu faiblement actif, MM. Hofmann et Strauss (4) ont préparé un sulfate de plomb retiré de minerais actifs, qui, après avoir perdu son activité temporaire, la reprenait par une exposition à des rayons cathodiques. Enfin, M. Mc. Lennan (5) a obtenu des signes de radioactivité dans certains sels primitivement inactifs et exposés ensuite à l'action de rayons cathodiques ou au rayonnement ultra-violet d'étincelles électriques. Dans ce

(1) *Physikalische Zeitschrift*, t. IV, p. 81 (1903).

(2) *Physikalische Zeitschrift*, t. IV, p. 530 (1903).

(3) *Physikalische Zeitschrift*, t. IV, p. 443 (1903).

(4) *Berichte der D. Chem. Gesellschaft*. Bd. XXXIII, s. 3126 (1900); Bd. XXXIV, s. 8, 407, 907, 3033, 3970 (1901).

(5) *Phil. Mag.*, t. III, p. 195 (fév. 1902).

cas, la faible activité temporaire ne s'observe qu'en chauffant et n'a d'action que sur les corps électrisés positivement. Ces phénomènes demandent des vérifications et des études nouvelles avant d'être classés à côté de ceux que nous avons exposés plus haut.

On doit faire une réserve analogue pour les conclusions que Sir W. Crookes a déduites de l'observation d'une phosphorescence scintillante de la blende hexagonale recevant le rayonnement du radium (Voir p. 268). MM. Elster et Geitel (1) ont observé la même scintillation sur un écran de blende hexagonale maintenu à un potentiel négatif de 2000 volts au milieu d'une masse d'air radioactif extrait du sol, ou d'air activé par l'émanation du thorium. Les mêmes auteurs ont ensuite répété l'expérience de Sir W. Crookes avec des substances actives, mais la scintillation ne s'est plus produite quand ils ont substitué à la blende hexagonale une autre matière phosphorescente. On sait, d'autre part, que la blende hexagonale s'altère sous l'influence du rayonnement ; il n'est donc pas encore démontré que la scintillation soit nécessairement le fait d'une intermittence de la radiation plutôt qu'une propriété de l'écran altérable.

Tout récemment (2), Sir W. Huggins et Lady Huggins ont observé la présence des bandes ultraviolettes de l'azote dans le spectre de la lueur phosphorescente spontanée du bromure de radium.

Tels sont les principaux faits d'expérience. Dans ce

(1) *Phys. Zeitschr.*, IV, s. 439.

(2) *Proc. Roy. Soc.*, LXXII, p. 196 (17 juillet-3 août 1903).

résumé, on s'est efforcé d'écarter toute considération théorique ou toute hypothèse; nous allons maintenant examiner quelques-unes de ces considérations et de ces hypothèses.