

LES PRIX NOBEL

EN 1911



STOCKHOLM

IMPRIMERIE ROYALE. P. A. NORSTEDT & SÖNER

1912

[121465]



FOTOGRAF GEN. STAR LET. ANSTI

M. Curie

MARIE CURIE,

née Sklodowska, fille d'un professeur de lycée à Varsovie, de nationalité polonaise, née le 7 novembre 1867, a fait ses études dans un lycée de Varsovie, s'est occupée pendant quelques années d'enseignement privé et est venue ensuite faire ses études à la Faculté des Sciences de Paris. Mariée en 1895, elle a continué à travailler dans le laboratoire de l'Ecole de Physique et de Chimie, où travaillait PIERRE CURIE. Elle y a fait un travail sur les propriétés magnétiques des aciers trempés (travail subventionné par la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale et publié en 1898).

Elle a entrepris ensuite des recherches sur la radioactivité, phénomène qui venait d'être découvert par H. Becquerel. Ces recherches l'ont amenée à admettre dans certains minéraux l'existence d'éléments nouveaux fortement radioactifs. Ce travail, continué en collaboration avec son mari, a conduit à la découverte de corps nouveaux: le polonium et le radium, qui se trouvent dans leurs minéraux à l'état de dilution extrême (quelques décigrammes par tonne de minerai pour le radium et encore bien moins pour le polonium), et dont la séparation a, pour cette raison, présenté de très grandes difficultés. M^{me} Curie a réussi à isoler des sels de radium à l'état de pureté et à déterminer le poids atomique du radium. En collaboration avec Pierre Curie elle a étudié les propriétés du radium et du polonium et découvert divers phénomènes qui peuvent être observés avec ces corps: phénomène de la radioactivité induite, charge négative de certains rayons, effets chimiques, effets lumineux etc. Les résultats déjà obtenus à ce point de vue en 1903 ont déterminé l'attribution du prix Nobel de physique pour 1903 à Pierre Curie et Marie Curie — en commun avec H. Becquerel — pour leurs études sur les phénomènes de radiations spontanées découverts par ce savant.

La découverte du radium a été extrêmement féconde; elle a déterminé un mouvement scientifique considérable. En un temps d'environ dix ans une nouvelle science de grande importance s'est formée: la science des phénomènes radioactifs ou la Radioactivité.

5—121465. *Les prix Nobel en 1911.*

M^{me} Curie a été professeur de physique à l'École Normale Supérieure des jeunes filles à Sèvres de 1900 à 1906. Elle a été reçue docteur ès sciences à la Faculté des Sciences de Paris en 1903. Elle a été nommée chef des travaux à cette Faculté en 1904, dans le service de la chaire qui venait d'être créée pour Pierre Curie. En 1906, à la suite de l'accident tragique dont Pierre Curie a été victime, elle a remplacé son mari dans sa chaire, d'abord comme chargé de cours, ensuite comme professeur titulaire depuis 1908. Son enseignement a porté sur la nouvelle science de la Radioactivité et les phénomènes connexes. Elle a exposé l'état actuel de ces questions dans un Traité très complet publié en 1910.

Dans son laboratoire M^{me} Curie a continué ses travaux sur les corps radioactifs. En collaboration avec A. Debierne elle a effectué l'isolement du radium métallique et un travail de préparation de polonium à l'état concentré. La proportion de polonium dans les minéraux est plusieurs milliers de fois plus faible que celle de radium; cependant il a été possible d'obtenir quelques raies du spectre de ce corps.

M^{me} CURIE s'est occupée de plus de divers travaux de précision ayant pour but de perfectionner la technique des laboratoires de radioactivité. Ces travaux ont porté sur l'étude du dosage du radium par les méthodes de la radioactivité et sur la préparation d'un étalon international de radium, destiné à permettre la comparaison des résultats obtenus dans différents laboratoires.

Le prix Nobel de chimie de 1911 a été attribué à M^{me} Curie pour la découverte du radium et du polonium. M^{me} Curie est membre de nombreuses sociétés savantes. Elle est, en particulier, depuis 1910, membre de l'Académie Royale des Sciences de Suède.

CONFERENCE NOBEL

11 DÉCEMBRE 1911

par

M. CURIE.

Il y a de cela 15 ans le rayonnement de l'uranium a été découvert par HENRI BECQUEREL (1), et deux ans après l'étude de ce phénomène a été étendue aux autres substances par moi d'abord, par PIERRE CURIE et moi ensuite (2). Cette étude nous amenait rapidement à la découverte de corps nouveaux dont le rayonnement, analogue à celui de l'uranium, était considérablement plus intense. Tous les corps émettant un tel rayonnement, ont été nommés par moi *radioactifs*, et la nouvelle propriété de la matière se manifestant dans cette émission, a reçu ainsi le nom de *radioactivité*. Grâce à la découverte de substances radioactives nouvelles de grande puissance, et notamment du radium, l'étude de la radioactivité a fait des progrès d'une rapidité merveilleuse. Les découvertes se succédèrent à bref délai, et il était visible qu'une nouvelle science était en voie de formation. L'Académie des Sciences de Suède a bien voulu fêter l'avènement de cette science par l'attribution du prix Nobel de Physique aux premiers ouvriers HENRI BECQUEREL, PIERRE CURIE et MARIE CURIE (1903).

De nombreux savants se consacraient dès lors à l'étude de la radioactivité. Permettez-moi de vous rappeler l'un d'eux qui par la sûreté de son jugement, par ses hypothèses hardies et par les nombreux travaux effectués par lui-même et par ses élèves, a su non seulement augmenter les connaissances acquises, mais aussi les classer avec une grande clarté; il a fourni à la nouvelle science un squelette consistant en une théorie très précise, admirablement adaptée à l'étude des phénomènes. Je suis heureuse de rappeler que M. RUTHERFORD est venu à Stockholm en 1908 pour recevoir le prix Nobel comme récompense bien méritée.

¹ Comptes Rendus de l'Ac. des Sc. 1896.

² Comptes Rendus de l'Ac. des Sc. 1898 et 1899.

113319. *Les prix Nobel*.

Loin de s'arrêter, l'évolution de la nouvelle science n'a cessé de suivre une marche ascendante. Et maintenant, alors que 15 années seulement nous séparent de la découverte faite par HENRI BECQUEREL, nous sommes en présence de tout un monde de phénomènes nouveaux, appartenant à un domaine qui, malgré sa liaison étroite avec les domaines de la physique et de la chimie, se trouve cependant défini avec une netteté particulière. Dans ce domaine, l'importance du radium au point de vue des théories générales a été décisive. L'histoire de la découverte et de l'isolement de cette substance a fourni la preuve de l'hypothèse faite par moi, d'après laquelle *la radioactivité est une propriété atomique de la matière et peut fournir une méthode de recherches d'éléments nouveaux*. Cette hypothèse a conduit aux théories actuelles de la radioactivité, d'après lesquelles nous envisageons avec certitude l'existence d'environ 30 éléments nouveaux que nous ne pouvons généralement ni isoler ni caractériser par les méthodes des chimistes. Nous admettons de plus que ces éléments éprouvent des transformations atomiques, et la preuve la plus directe en faveur de cette théorie est apportée par le fait expérimental de la formation de l'élément chimiquement défini *hélium* à partir de l'élément chimiquement défini *radium*.

En se plaçant à ce point de vue, on peut dire que le travail d'isolement du radium est la pierre angulaire de l'édifice constitué par la science de la radioactivité. D'autre part, le radium constitue toujours le moyen d'action le plus utile et le plus puissant dans les laboratoires de radioactivité. Je pense que c'est en raison de ces considérations que l'Académie des Sciences de Suède m'a fait le très grand honneur de m'attribuer le prix Nobel de Chimie pour cette année.

Je me vois ainsi dans l'obligation de vous présenter le radium surtout comme un élément chimique nouveau et de laisser de côté la description des nombreux phénomènes radioactifs qui ont déjà été décrits dans les Conférences Nobel de H. BECQUEREL, de P. CURIE et de E. RUTHERFORD.

Avant d'aborder l'objet de la conférence, je tiens à rappeler que la découverte du radium et celle du polonium ont été faites par PIERRE CURIE en commun avec moi. On doit aussi à PIERRE CURIE dans le domaine de la radioactivité des études fondamentales qu'il a effectuées soit seul, soit en commun avec moi, soit encore en collaboration avec ses élèves.

Le travail chimique qui avait pour but d'isoler le radium à l'état de sel pur et de le caractériser comme élément nouveau, a été effectué spécialement par moi, mais se trouve intimement lié à l'œuvre commune.

Je crois donc interpréter exactement la pensée de l'Académie des Sciences, en admettant que la haute distinction dont je suis l'objet est motivée par cette œuvre commune et constitue ainsi un hommage à la mémoire de PIERRE CURIE.

* * *

Je vous rappelle tout d'abord que l'une des propriétés les plus importantes des corps radioactifs est celle d'ioniser l'air dans leur voisinage (BECQUEREL). Quand un composé d'urane est placé sur un plateau métallique A situé en face d'un autre plateau B, et qu'une différence de potentiel est maintenue entre les plateaux A et B, un courant électrique s'établit entre ces plateaux; ce courant peut être mesuré avec précision si l'on se place dans des conditions convenables; il peut servir à mesurer l'activité de la substance. La conductibilité communiquée à l'air est attribuable à une ionisation produite par les rayons émis par les composés d'urane.

En utilisant la méthode de mesures indiquée, j'ai entrepris en 1897 une étude du rayonnement des composés d'urane et j'ai aussitôt étendu cette étude à d'autres substances, dans le but de rechercher si un tel rayonnement se retrouvait dans d'autres corps. J'ai ainsi constaté que parmi les autres corps connus, seuls les composés du thorium se comportent comme les composés de l'uranium.

J'ai été frappée par ce fait que l'activité des composés d'urane et de thorium apparaît *comme une propriété atomique de l'élément uranium et de l'élément thorium*. Les combinaisons chimiques et les mélanges contenant de l'uranium et du thorium sont d'autant plus actifs qu'ils contiennent une plus forte proportion de ces métaux. L'activité n'est détruite ni par les changements d'état physique ni par les transformations chimiques.

J'ai mesuré l'activité de plusieurs minéraux; ceux d'entre eux qui se montrent radioactifs contiennent toujours de l'uranium ou du thorium. Mais un fait inattendu s'est présenté: certains minéraux (pechblende, chalcopite, autunite) avaient une activité plus grande que celle qu'on aurait pu prévoir d'après la teneur en uranium ou en thorium. Ainsi certaines pechblendes contenant 75 % d'oxyde d'urane sont environ 4 fois plus actives que cet oxyde. La chalcopite (phosphate de cuivre et d'urane cristallisé), est environ deux fois plus active que l'uranium. Ce fait était en désaccord avec l'opinion d'après laquelle aucun minéral n'aurait dû se montrer plus actif que l'uranium métallique. Pour éclaircir ce point, j'ai préparé de la chalcopite artificielle en partant de produits purs et j'ai obtenu des cristaux

qui possédaient une activité tout à fait conforme à la teneur en uranium; cette activité est environ deux fois plus petite que celle de l'uranium.

J'ai pensé alors que l'excès d'activité des minéraux naturels devait être déterminée par la présence d'une petite quantité d'une matière fortement radioactive, différente de l'uranium, du thorium et des corps simples actuellement connus. J'ai pensé de plus que, s'il en était ainsi, je pouvais espérer extraire cette substance du minéral par les procédés ordinaires de l'analyse chimique. Nous avons aussitôt entrepris cette recherche, PIERRE CURIE et moi, espérant que la proportion du nouvel élément pouvait atteindre quelques pour cent. En réalité la proportion de l'élément hypothétique était considérablement plus faible, et plusieurs années ont été nécessaires pour démontrer d'une façon indiscutable que la pechblende contient au moins un corps fortement radioactif qui est un élément nouveau au sens que la Chimie attache à cette expression.

Nous avons ainsi été amenés à créer une méthode nouvelle de recherches d'éléments nouveaux, *méthode basée sur la radioactivité considérée comme propriété atomique de la matière*. Chaque séparation chimique est suivie d'une mesure de l'activité des produits obtenus, et l'on peut ainsi se rendre compte de quelle manière la substance active se comporte au point de vue chimique. Cette méthode est devenue ensuite d'une application générale; elle a une certaine analogie avec l'analyse spectrale. Grâce à la grande variété des rayonnements émis, la méthode a pu être perfectionnée et étendue, de sorte qu'elle permet non seulement de découvrir des corps radioactifs, mais aussi de les distinguer l'un de l'autre avec certitude.

L'emploi de la méthode indiquée a permis de suite de s'assurer qu'il était effectivement possible de concentrer l'activité par des méthodes chimiques. Nous avons constaté qu'il y avait dans la pechblende au moins deux corps radioactifs nouveaux dont l'un, accompagnant le bismuth, a reçu le nom de *polonium*, tandis que l'autre, accompagnant le baryum, a été nommé *radium*.

D'autres corps radioactifs ont été découverts dans la suite: l'actinium (Debiere), la radiothorium et le mésothorium (Hahn), l'ionium (Boltwood) etc.

Nous avons la conviction que les corps découverts par nous sont des éléments chimiques nouveaux. Cette conviction n'était basée que sur le caractère atomique de la radioactivité. Cependant, au point de vue chimique, tout se passait au début comme si nos substances avaient été l'une du bismuth pur et l'autre du baryum pur. Il était essentiel de montrer que la propriété radioactive était liée à des traces d'éléments qui ne sont

ni du bismuth ni du baryum. Pour cela il fallait aboutir à l'isolement des éléments hypothétiques. Ce travail a pu être achevé complètement dans le cas du radium. Mais il a fallu pour cela plusieurs années d'efforts continus. Le radium à l'état de sel pur est aujourd'hui une substance dont la fabrication fait l'objet d'une industrie; pour aucune autre substance radioactive nouvelle des résultats aussi définitifs n'ont été obtenus.

Les minéraux radifères font l'objet de recherches très actives, car la présence du radium leur donne une valeur considérable. On peut les reconnaître soit par la méthode électrométrique, soit très simplement par l'impression qu'ils produisent sur une plaque photographique. Le meilleur minerai de radium est la pechblende de St-Joachimsthal (Autriche), traitée depuis longtemps dans le but d'obtenir des sels d'urane. Après extraction de ces derniers, le minerai laisse un résidu qui contient le radium et le polonium. Ce résidu nous a servi généralement comme matière première.

Le premier traitement consiste à extraire le baryum radifère et le bismuth contenant le polonium. Ce traitement qui a été tout d'abord effectué au laboratoire sur plusieurs kilogrammes de matière (jusqu'à 20 kilogrammes) a dû ensuite être entrepris dans une usine, en raison de la nécessité de traiter des milliers de kilogrammes. L'expérience nous a, en effet, appris, progressivement, que le radium est contenu dans la matière première en proportion de quelques décigrammes par tonne. On retire d'une tonne de résidu environ 10 à 20 kgs de sulfate de baryum brut contenant le radium. L'activité de ces sulfates est déjà de 30 à 60 fois plus grande que celle de l'uranium. Ces sulfates sont soumis à un traitement de purification et transformés en chlorures. Dans ce mélange de chlorures de baryum et de radium, le radium n'est encore présent qu'en proportion de 3 pour 100,000 environ. Dans l'industrie du radium en France, on utilise le plus souvent un minerai beaucoup plus pauvre, et la proportion indiquée se trouve encore fortement abaissée. Pour séparer le radium du baryum j'ai employé une méthode de cristallisation fractionnée du chlorure; (on peut aussi utiliser le bromure). Le sel de radium, moins soluble que le sel de baryum, se concentre dans les cristaux. Le fractionnement est une opération longue et méthodique qui élimine progressivement le baryum. Pour aboutir à un sel très pur j'ai pu avoir à effectuer plusieurs milliers de cristallisations. Les progrès du fractionnement sont contrôlés par des mesures d'activité.

Une première confirmation de l'existence de l'élément radium a été apportée par l'analyse spectrale. Le spectre d'un chlorure enrichi par cristallisation

présentait une raie nouvelle que Demarçay attribua à l'élément nouveau. A mesure que l'activité se concentrait, la raie nouvelle augmentait d'intensité, et d'autres raies faisaient leur apparition, en même temps que le spectre du baryum diminuait d'importance. Lorsque la pureté est très grande, le spectre du baryum est à peine visible.

J'ai déterminé à plusieurs reprises le poids atomique moyen du métal dans le sel qui était soumis à l'analyse spectrale. La méthode utilisée était celle qui consiste à doser à l'état de chlorure d'argent le chlore contenu dans une quantité connue de chlorure anhydre. Je me suis assurée que cette méthode donne de très bons résultats même avec très peu de matière (0,1 gr. à 0,5 gr.) à condition d'utiliser pour les pesées une balance très rapide, de manière à éviter l'absorption de l'eau par le sel alcalino-terreux lors de la pesée. Le poids atomique augmente en même temps que le spectre accuse un enrichissement en radium. Les poids atomiques successivement obtenus étaient: 138; 146; 174; 225; 226,45. Ce dernier poids atomique a été obtenu en 1907 avec 0,4 gr. de sel de radium très pur. Les résultats de plusieurs déterminations sont 226,62; 226,31; 226,42. Ces résultats ont été confirmés par des expériences plus récentes.

La préparation de sels de radium purs et la détermination du poids atomique du radium ont apporté la preuve définitive que le radium est un élément nouveau et ont permis d'assigner à cet élément une place déterminée. Le radium est l'homologue supérieur du baryum dans la famille des métaux alcalino-terreux; il vient se placer dans le tableau de Mendeleeff dans la colonne correspondante, sur la rangée qui contient l'uranium et le thorium. Le spectre du radium est très exactement connu. Ces résultats très nets obtenus pour le radium ont entraîné la conviction des chimistes et ont donné un caractère de sécurité à la nouvelle science des corps radioactifs.

Au point de vue chimique le radium diffère peu du baryum; les sels de ces deux corps sont isomorphes; les sels de radium sont généralement moins solubles que les sels de baryum. Il est fort curieux de constater que la grande radioactivité du radium n'entraîne au point de vue chimique aucune anomalie et que les propriétés chimiques sont bien celles qui correspondent à la position indiquée par le poids atomique dans la classification périodique des éléments. La radioactivité du radium dans les sels solides est environ 5 millions de fois plus grande que celle de l'uranium à poids égal. En raison de cette activité les sels sont spontanément lumineux. Je rappellerai aussi que le radium donne lieu à un dégagement

continu d'énergie qui a pu être mesuré sous forme de production de chaleur à raison d'environ 118 calories par gramme de radium et par heure.

Le radium a pu être isolé à l'état de métal (M. CURIE et A. DEBIERNE 1910). La méthode utilisée consiste à distiller dans une atmosphère d'hydrogène très pur l'amalgame de radium obtenu par l'électrolyse d'une solution de chlorure avec une cathode de mercure. L'opération a été effectuée sur un décigramme de sel seulement et a présenté, pour cette raison, de grandes difficultés. Le métal obtenu fond vers 700° et commence à se volatiliser dès cette température. Il s'altère très rapidement à l'air et décompose l'eau énergiquement.

Les propriétés radioactives du métal sont exactement celles qu'on peut prévoir en admettant que la radioactivité des sels est une propriété atomique du radium non influencée par l'état de combinaison. La vérification de ce point avait une importance réelle, car des doutes à ce sujet avaient été émis par ceux à qui l'hypothèse atomique de la radioactivité n'apparaissait pas encore avec un caractère d'évidence.

Bien que le radium n'ait encore été obtenu qu'en quantités très faibles, on peut cependant dire, en résumé, que ce corps est un élément chimique parfaitement défini et déjà bien étudié.

Il n'en est pas malheureusement de même pour le polonium, pour lequel cependant un effort considérable a déjà été fait. Cela tient à ce que la proportion de polonium dans le minerai est environ 5,000 fois plus petite que celle du radium.

Avant qu'on ait eu des raisons théoriques pour prévoir cette proportion, j'avais effectué plusieurs traitements très laborieux pour concentrer le polonium. J'ai ainsi obtenu des produits d'une très grande activité, mais sans pouvoir obtenir des résultats définis comme avec le radium. La difficulté est augmentée par ce fait, que le polonium se détruit spontanément, la moitié de ce corps disparaissant en une période de 140 jours. Nous savons maintenant que le radium n'a pas non plus une vie éternelle, mais la vitesse de disparition est beaucoup plus petite (de moitié en 2,000 ans). Avec nos moyens d'action il n'est guère possible d'espérer de déterminer le poids atomique du polonium, car la théorie prévoit qu'un minerai riche ne peut en contenir que quelques centièmes de milligramme par tonne, mais on peut espérer observer le spectre de ce corps. La préparation de polonium à l'état concentré est d'ailleurs, ainsi que je l'indiquerai plus loin, un problème de grand intérêt théorique.

J'ai entrepris récemment, en collaboration avec M. DEBIERNE, un traitement de plusieurs tonnes de résidus de minerai d'urane, en vue de la préparation du polonium. Ce traitement, effectué d'abord à l'usine, ensuite au laboratoire, a fourni finalement quelques milligrammes de matière environ 50 fois plus active que le radium pur à poids égal. Dans le spectre de cette matière on a pu observer quelques raies nouvelles qui semblent attribuables au polonium, et dont la plus importante a la longueur d'onde 4,170,5. Conformément à l'hypothèse atomique de la radioactivité, le spectre du polonium doit disparaître en même temps que disparaît l'activité, et on peut avoir à ce sujet une vérification expérimentale.

* * *

Je n'ai encore envisagé le radium et le polonium qu'en tant que substances chimiques. J'ai montré comment l'hypothèse fondamentale, d'après laquelle la radioactivité est une propriété atomique de la matière, a conduit à la découverte d'éléments chimiques nouveaux. J'indiquerai maintenant comment la portée de cette hypothèse s'est trouvée grandement amplifiée par les considérations et les faits expérimentaux qui ont conduit à établir la théorie des transformations radioactives atomiques.

On doit chercher le point de départ de cette théorie dans les réflexions relatives à la source de l'énergie mise en jeu dans les phénomènes de la radioactivité. Cette énergie se manifeste dans une émission de rayons qui produisent des phénomènes calorifiques, électriques et lumineux. L'émission ayant lieu spontanément sans aucune cause excitatrice connue, diverses hypothèses ont été faites pour rendre compte du dégagement d'énergie. L'une des hypothèses faites dès le début de nos recherches par PIERRE CURIE et moi, consistait à admettre que le rayonnement est une émission de matière accompagnée d'une perte de poids des substances actives et que l'énergie est empruntée à la substance elle-même dont l'évolution n'est pas encore achevée¹ et qui éprouve une transformation atomique.

Cette hypothèse qui d'abord pouvait seulement être énoncée à côté d'autres hypothèses également légitimes, a pris une importance prépondérante et a fini par s'imposer à notre conviction en vertu d'un ensemble de faits expérimentaux qui sont venus l'appuyer. Ces faits sont principalement les suivants:

¹ M. CURIE, Revue générale des sciences 1899, Revue Scientifique 1900.

Il existe une série de phénomènes radioactifs dans lesquels la radioactivité semble attachée à des matières présentes en quantité impondérable, le rayonnement n'étant d'ailleurs pas permanent mais disparaissant plus ou moins rapidement avec le temps. Tels sont le polonium, les émanations radioactives, les dépôts de radioactivités induites.

On constate d'autre part dans certains cas que la radioactivité observée augmente avec le temps. C'est ce qui arrive pour le radium nouvellement préparé, pour l'émanation qui vient d'être introduite dans l'appareil de mesures, pour le thorium privé de thorium X etc.

Une étude attentive de ces phénomènes a montré qu'on peut en donner une explication générale très satisfaisante en admettant que chaque fois qu'on observe une diminution de radioactivité, il y a destruction de matière radioactive, et que chaque fois que l'on observe une augmentation d'activité il y a production de matière radioactive. Les rayonnements qui disparaissent et apparaissent sont d'ailleurs de nature très variée, et l'on admet que toute espèce de rayons déterminée peut servir à caractériser une matière qui en est la source, apparaît et disparaît avec elle.

Comme de plus la radioactivité est une propriété essentiellement atomique, la production ou la destruction d'une espèce de radioactivité distincte correspond à une production ou à une destruction d'atomes d'une matière radioactive.

Enfin, si l'on suppose que l'énergie radioactive est précisément empruntée à la transformation atomique, on en déduit que toute substance radioactive éprouve une telle transformation, même quand elle nous apparaît comme invariable. La transformation en ce cas est seulement très lente, et c'est à ce qui a lieu pour le radium ou l'uranium.

La théorie que je viens de résumer est l'œuvre de M. M. RUTHERFORD et SODDY qui l'ont nommée *théorie de la désintégration atomique*. En utilisant cette théorie, on peut conclure qu'une matière radioactive primaire telle que le radium éprouve une série de transmutations atomiques en vertu desquelles l'atome de radium donne naissance à une suite d'atomes de poids de plus en plus petit, aucun état stable ne pouvant être atteint tant que l'atome formé est radioactif. La stabilité ne peut être réalisée que pour la matière inactive.

A ce point de vue un des plus beaux triomphes de la théorie a consisté à prévoir que le gaz hélium, toujours présent dans les minéraux radioactifs, peut représenter un des produits terminaux de l'évolution du radium, et que c'est sous forme de rayons α que sont expulsés les

atomes d'hélium qui se forment lors de la désintégration des atomes du radium. Or, la production d'hélium par le radium a été prouvée par les expériences de MM. RAMSAY et SODDY, et l'on ne peut contester aujourd'hui que l'élément chimique parfaitement défini, le radium, donne lieu à la formation d'un autre élément également défini, l'hélium. D'autre part, les travaux de M. RUTHERFORD et de ses élèves ont prouvé que les particules α émises par le radium avec une charge électrique se retrouvent à l'état de gaz hélium dans l'espace où elles ont été recueillies.

Je dois ici faire remarquer que l'interprétation hardie de la relation qui existe entre le radium et l'hélium repose entièrement sur la certitude que le radium est un élément chimique au même titre que tous les autres éléments connus, et qu'il ne saurait être question de l'envisager comme une combinaison moléculaire d'hélium avec un autre élément. On voit par là combien a été fondamental en cette circonstance le travail qui a été effectué pour prouver l'individualité chimique du radium, et l'on voit aussi par quelle voie l'hypothèse de la nature atomique de la radioactivité et la théorie des transformations radioactives ont conduit à la découverte expérimentale d'un premier exemple absolument établi de transformation atomique. C'est là un fait dont l'importance ne saurait échapper à personne, et qui fait époque d'une manière incontestable au point de vue des chimistes.

De nombreux travaux, guidés par la théorie des transformations radioactives, ont conduit à envisager environ 30 éléments radioactifs nouveaux, se classant dans 4 familles suivant la substance primaire; ces familles sont celles de l'uranium, du radium, du thorium et de l'actinium. Les familles de l'uranium et du radium peuvent d'ailleurs être réunies en une seule, car il semble prouvé que le radium est un dérivé de l'uranium. Dans la famille du radium le dernier corps radioactif connu est le polonium dont la production par le radium est maintenant un fait prouvé. Il est probable que la famille de l'actinium est en relation avec celle de l'uranium.

Nous avons vu que le gaz hélium est un des termes de la désintégration du radium. Les atomes d'hélium se détachent de ceux du radium et de ses dérivés au cours de la transformation. On suppose qu'après le départ de 4 atomes d'hélium, l'atome de radium donne un atome de polonium; le départ d'un cinquième atome d'hélium détermine la formation d'un corps inactif dont le poids atomique est supposé égal à 206 (de 20 unités inférieur à celui du radium). D'après M. Rutherford cet élément final n'est autre chose que le plomb; cette supposition est susceptible d'une

II

vérification expérimentale actuellement engagée dans mon laboratoire. La production d'hélium par le polonium a été directement prouvée par M. DEBIERNE.

La quantité de polonium, relativement forte, préparée par M. CURIE et M. DEBIERNE a permis d'entreprendre un travail important. Ce travail consiste à compter un grand nombre de particules α émises par le polonium et à recueillir et mesurer le volume d'hélium correspondant. Puisque chaque particule est un atome d'hélium, on trouve ainsi quel est le nombre d'atomes d'hélium qui occupent un volume donné et ont un poids donné. On peut donc déduire, d'une manière générale, le nombre de molécules dans une molécule gramme. Ce nombre, nommé constante d'Avogadro, a une grande importance. Les expériences faites sur le polonium ont fourni une première valeur de ce nombre qui est en bon accord avec les valeurs fournies par d'autres méthodes. L'énumération des particules α est faite par une méthode électrométrique due à M. RUTHERFORD; cette méthode a été perfectionnée au moyen d'un dispositif d'enregistrement photographique.

Des recherches récentes ont montré que le potassium et le rubidium émettent un rayonnement très faible, semblable au rayonnement β de l'uranium ou du radium. Nous ne savons pas encore si nous devons envisager ces substances comme de vrais corps radioactifs, c'est à dire des corps en voie de transformation.

* * *

Pour terminer j'insisterai sur la nature de la chimie nouvelle des corps radioactifs. Pour extraire le radium du minerai, il faut traiter des tonnes de matière. Les quantités de radium disponibles dans un laboratoire sont de l'ordre du milligramme et au maximum de l'ordre du gramme, ce corps ayant une valeur de 400,000 francs par gramme. Très souvent on opère avec des matières dans lesquelles la présence du radium ne pourrait être décelée au moyen de la balance ni même au moyen du spectroscope. Et cependant nous possédons des méthodes de mesures si parfaites et si sensibles que nous pouvons connaître très exactement les petites quantités de radium que nous utilisons. L'analyse radioactive par des méthodes électrométriques permet de doser à 1 pour cent près un millième de milligramme de radium et de déceler la présence de 10^{-10} gramme de radium dilué dans quelques grammes de matière. Cette méthode est la seule qui pouvait conduire à la découverte du radium étant donnée la dilution de cette

substance dans le minéral. La sensibilité des méthodes est encore plus frappante pour l'émanation du radium qui peut être décelée quand la quantité présente monte seulement à 10^{-10} mm³ par exemple. L'activité spécifique d'une substance étant, dans le cas de rayonnements analogues, approximativement en raison inverse de la vie moyenne, il en résulte que si la vie moyenne est très brève, la réaction radioactive peut atteindre une sensibilité inouïe. Aussi sommes-nous habitués à manier couramment au laboratoire des substances dont la présence ne se manifeste à nous que par les propriétés radioactives et que nous pouvons cependant doser, dissoudre, reprécipiter de leurs dissolutions, faire déposer par électrolyse. Il y a là une chimie toute particulière, pour laquelle l'outil d'emploi courant est l'électromètre et non pas la balance, et que l'on nommerait volontiers la chimie de l'impondérable.