

CONFÉRENCE NOBEL (1935) FAITE À STOCKHOLM LE 12 DÉCEMBRE 1935

PAR IRÈNE JOLIOT-CURIE

C'est un grand honneur et une grande joie pour nous de voir l'Académie des Sciences de Suède nous attribuer le Prix Nobel pour nos travaux sur la synthèse des radioéléments, après l'avoir décerné à Pierre et Marie CURIE en 1903, à Marie CURIE en 1911, pour la découverte des radioéléments.

Je désire évoquer ici le souvenir du développement extraordinaire de la radioactivité, cette science nouvelle qui eut son origine, il y a moins de quarante ans, dans les travaux de Henri BECQUEREL et de Pierre et Marie CURIE.

On sait que l'effort des chimistes du siècle dernier a établi comme un fait fondamental l'extrême solidité des édifices atomiques qui constituent les quatre-vingt-douze espèces chimiques connues. Avec la découverte des radioéléments, les physiciens se trouvèrent pour la première fois en présence de substances étranges, minuscules générateurs de rayonnements possédant une densité d'énergie énorme : les rayons alpha, atomes d'hélium chargés positivement, les rayons bêta, électrons chargés négativement, animés les uns et les autres d'une énergie cinétique qu'il aurait été impossible de leur communiquer par des moyens humains, enfin les rayons gamma, semblables à des rayons X très pénétrants. Les chimistes

n'eurent pas une moindre surprise en reconnaissant dans les corps radioactifs des éléments qui subissent des modifications de l'édifice atomique que l'on croyait immuable.

Chaque émission de rayon alpha ou de rayon bêta accompagne la transmutation d'un atome ; l'énergie communiquée à ces rayons est d'origine intraatomique. Tant qu'ils ne sont pas détruits, les radioéléments ont des propriétés chimiques bien définies, comme celles des éléments ordinaires. Ces atomes instables se désintègrent spontanément, les uns très rapidement, les autres très lentement, mais selon des règles immuables que l'on n'a jamais pu influencer. Le temps nécessaire pour la disparition de la moitié des atomes, que l'on appelle la période, est une caractéristique fondamentale de chaque radioélément : selon les corps les valeurs des périodes s'échelonnent entre une fraction de seconde et des millions d'années.

La découverte des radioéléments a eu des conséquences immenses pour la connaissance de la structure de la matière ; l'étude de ces corps eux-mêmes, l'étude des effets puissants produits sur les atomes par les rayons qu'ils émettent occupent les travailleurs de plusieurs grands Instituts de recherches, dans tous les pays.

Pourtant, la radioactivité restait une propriété exclusivement attachée à une trentaine de corps présents dans la nature. La création artificielle de radioéléments ouvre un nouveau domaine à la Science de la Radioactivité et constitue ainsi le prolongement de l'œuvre de Pierre et Marie CURIE.

Après la découverte des transmutations spontanées des radioéléments, c'est à Lord RUTHERFORD que l'on doit la réalisation des premières transmutations artificielles. Il y a de cela une quinzaine d'années, en bombardant avec des rayons alpha certains atomes légers, azote, aluminium, par exemple, Lord RUTHERFORD mit en évidence l'éjection de protons, ou noyaux d'hydrogène chargés positivement ; cet hydrogène provenait des atomes bombardés eux-mêmes : il était le résultat d'une transmutation. On a pu établir avec certitude la nature de la transformation nucléaire : l'atome d'aluminium, par exemple, capture la particule alpha et se transforme après expulsion du proton en un atome de silicium. La quantité de matière transformée est impondérable et seule l'étude des rayonnements a conduit à ces conclusions.

Au cours de ces dernières années, diverses transmutations artificielles de type différent ont été découvertes ; les unes sont produites par les rayons alpha, les autres par les protons ou les deutons, noyaux d'hydrogène de masse 1 ou de masse 2, d'autres par les neutrons, les particules neutres de masse 1, dont M. le Pr CHADWICK vient de vous parler. Les particules expulsées lors de l'explosion de l'atome sont des protons, des rayons alpha ou des neutrons.

Ces transformations constituent de véritables réactions chimiques qui portent sur la structure intime de l'atome, sur le noyau. On peut les traduire par des formules simples ainsi que M. JOLLIOT vous l'expliquera tout à l'heure.

Je vais à présent vous parler des expériences qui nous ont conduits à obtenir par transmutation des éléments radioactifs nouveaux. Ces expériences ont été effectuées en commun par M. JOLLIOT et par moi-même et la façon dont nous nous sommes partagé cette conférence est uniquement relative à la commodité de l'exposé.

En étudiant les transmutations avec émission de neutrons produites dans les éléments légers irradiés par les rayons alpha, nous avons remarqué certaines difficultés d'interprétation pour l'émission de neutrons par le fluor, le sodium et l'aluminium. L'aluminium peut se transformer par capture d'une particule alpha et expulsion d'un proton en un atome stable de silicium. Au contraire, s'il y a émission d'un neutron, le produit de la réaction n'est pas un atome connu.

Par la suite, nous avons observé que l'aluminium, le bore, irradiés par des rayons alpha, n'émettent pas seulement des protons et des neutrons, il y a aussi émission d'électrons positifs. Nous avons alors supposé que l'émission du neutron et de l'électron positif se produisait simultanément, au lieu de l'émission d'un proton ; l'atome résiduel devait être le même dans les deux cas.

C'est au début de l'année 1934, en étudiant les conditions d'émission de ces électrons positifs, que nous nous sommes aperçus d'une différence fondamentale entre cette transmutation et toutes celles qui avaient été produites jusqu'ici, toutes les réactions de chimie nucléaire provoquées étaient des phénomènes instantanés, des explosions. Au contraire, les électrons positifs produits par l'aluminium sous l'action d'une source de rayons alpha, continuent à être émis pendant quelque temps après l'enlèvement de la source. Le nombre d'électrons émis décroît de moitié en 3 minutes.

Il s'agit donc ici d'une véritable radioactivité qui se manifeste par l'émission d'électrons positifs.

Nous avons montré que l'on pouvait communiquer de même une radioactivité avec émission d'électrons positifs ou négatifs au bore ou au magnésium, par bombardement de rayons alpha. Ces radioéléments artificiels se comportent en tout point comme les radioéléments naturels.

Reprenant notre hypothèse de la transformation du noyau d'aluminium en noyau de silicium, nous avons supposé que le phénomène se produit en deux temps ; il y a d'abord capture de la particule alpha et expulsion instantanée du neutron, avec formation d'un atome radioactif qui est un isotope du phosphore de masse 30, alors que l'atome stable de phosphore a une masse égale à 31. Ensuite, cet atome instable, ce radioélément nouveau que nous avons appelé « radiophosphore » se détruit suivant une loi exponentielle caractérisée par une période de 3 minutes.

Nous avons interprété d'une manière semblable la production d'éléments radioactifs dans le bore et le magnésium ; dans le premier cas il y a production d'un azote instable de période 11 minutes, dans le second cas, d'isotopes instables du silicium et de l'aluminium.

L'atome formé étant radioactif nous pouvons vérifier qu'il possède les propriétés chimiques du phosphore.

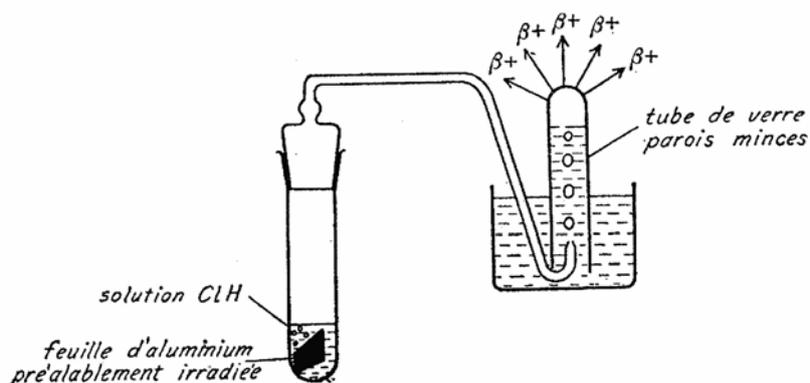


Fig. 1.

Une feuille mince d'aluminium, préalablement irradiée par les rayons alpha, est attaquée et dissoute dans une solution d'acide chlorhydrique (fig. 1). La réaction chimique produit de l'hydrogène naissant qui entraîne l'élément radioactif dans un tube à parois minces sous une cloche à eau. Cette séparation montre avec certitude qu'un élément chimique différent de l'aluminium a été formé lors de l'irradiation par les hélions. Elle fournit une preuve indiscutable des transmutations provoquées ; d'autre part, des traces de phosphore se seraient séparées de l'aluminium dans les mêmes conditions.

Enfin, l'aluminium activé peut être dissous dans un mélange acide oxydant. A la solution, on ajoute une petite quantité d'un phosphate de soude et d'un sel de zirconium et l'on constate que le phosphate de zirconium en précipitant entraîne l'élément radioactif. Ces expériences dans le cas de l'aluminium sont délicates, car elles doivent être effectuées en 6 minutes environ, la vie moyenne des atomes radioactifs formés étant inférieure à 5 minutes. Des essais chimiques du même genre nous ont montré que le radioélément formé dans le bore sous l'action des rayons alpha est un isotope de l'azote.

Nous avons proposé d'appeler ces radioéléments nouveaux (isotopes, n'existant pas dans la nature, d'éléments connus) radioazote, radiophosphore, radioaluminium (dans le cas du magnésium irradié par des rayons alpha) et de les désigner par les symboles : RN^{13} RP^{30} RAI^{28} .

Aussitôt après ces premières recherches, nous avons suggéré que le même phénomène pouvait avoir lieu pour des types de transmutations provoquées par le choc d'autres particules que les rayons alpha ; par exemple, par les protons, les deutons, les neutrons.

Ces expériences furent reprises et développées dans plusieurs pays. En Angleterre et aux États-Unis où les physiciens disposent d'installations de très hautes tensions, divers éléments nouveaux furent préparés à l'aide des projectiles protons et deutons. En Italie, d'abord, et dans d'autres pays ensuite, les chercheurs, en particulier FERMI et ses collaborateurs utilisèrent les neutrons, projectiles de choix, pour provoquer les transmutations. Un grand nombre de nouveaux éléments furent ainsi créés parmi lesquels le radio phosphore RP^{32} , le radiohafnium, de périodes respectives 17.5 jours et quelques mois. Actuellement, on sait faire la synthèse, souvent par plusieurs procédés (le radio aluminium RAI^{28} peut être formé par des transmutations de 5 types différents) de plus de cinquante nouveaux radioéléments, nombre déjà supérieur à celui des radioéléments naturels que l'on trouve dans l'écorce terrestre. Ce fut certainement une grande satisfaction pour notre regretté Maître Marie CURIE d'avoir vu ainsi se prolonger cette liste des radioéléments qu'elle avait eu, en compagnie de Pierre CURIE, la gloire d'inaugurer.

La diversité des natures chimiques, la diversité des vies moyennes de ces radioéléments synthétiques, permettront sans doute des recherches nouvelles en biologie et en physicochimie. Pour mener à bien ces travaux, il sera nécessaire de disposer de quantités relativement importantes de ces radioéléments. C'est en employant des projectiles accélérés artificiellement que l'on atteindra ce but. Des dispositifs répondant à ce désir existent déjà dans plusieurs pays. En France, nous avons réalisé deux installations qui nous ont permis récemment d'obtenir des radioéléments en quantité cent fois plus élevée que celle que nous obtenions dans nos premières expériences. Ce rapport sera largement dépassé prochainement.

La méthode des indicateurs radioactifs jusqu'alors réservée aux éléments de masse atomique élevée peut être généralisée à un très grand nombre d'éléments distribués dans toute l'étendue de la classification périodique. En biologie, par exemple, la méthode des indicateurs, employant les radioéléments synthétiques, permettra d'étudier facilement le problème de la localisation et de l'élimination d'éléments divers introduits dans les organismes vivants. Dans ce cas, la radioactivité sert uniquement à déterminer la présence d'un élément dans telle ou telle région de l'organisme. Il n'est pas utile dans ces recherches d'introduire des quantités importantes de l'indicateur radioactif. Ces quantités sont fixées par la sensibilité de l'appareil détecteur de rayons et la grosseur de l'organisme végétal ou animal. Aux endroits, que l'on apprendra ainsi à mieux connaître, où les radioéléments seront localisés, le rayonnement qu'ils émettent produira son action sur les cellules voisines. Pour ce deuxième mode d'emploi, il sera nécessaire d'utiliser des quantités importantes de radioéléments. Ceci trouvera probablement une application pratique en médecine.

De l'ensemble des faits envisagés, nous comprenons que les quelques centaines d'atomes d'espèces différentes qui constituent notre planète ne doivent pas être considérés comme ayant été créés une fois pour toutes et éternels. Nous les observons parce qu'ils ont survécu. D'autres moins stables ont disparu. Ce sont probablement quelques-uns de ces atomes disparus qui sont régénérés dans les laboratoires. Jusqu'alors, seuls des éléments à vie relativement brève, s'étendant de la fraction de seconde à quelques mois, ont pu être obtenus. Pour créer une quantité appréciable d'un élément à vie beaucoup plus longue, il faudrait disposer d'une source de projectiles prodigieusement intense. N'y a-t-il aucun espoir de réaliser ce nouveau rêve ?

Si, tourné vers le passé, nous jetons un regard sur les progrès accomplis par la science à une allure toujours croissante, nous sommes en droit de penser que les chercheurs construisant ou brisant les éléments à volonté sauront réaliser des transmutations à caractère explosif, véritables réactions chimiques à chaînes.

Si de telles transmutations arrivent à se propager dans la matière, on peut concevoir l'énorme libération d'énergie utilisable qui aura lieu. Mais hélas, si la contagion a lieu pour tous les éléments de notre planète, nous devons prévoir avec appréhension les conséquences du déclenchement d'un pareil cataclysme. Les astronomes observent parfois qu'une étoile d'éclat médiocre augmente brusquement de grandeur, une étoile invisible à l'œil nu peut devenir très brillante et visible sans instrument, c'est l'apparition d'une Novae. Ce brusque embrasement de l'étoile est peut-être provoqué par ces transmutations à caractère explosif, processus que les chercheurs s'efforceront sans doute de réaliser, en prenant, nous l'espérons, les précautions nécessaires.

(1) On porte en haut et à gauche du symbole chimique le nombre de masse, en bas et à gauche le nombre de charge nucléaire.