

NUCLÉAIRE - X

LA TRANSMUTATION ARTIFICIELLE : LA PIERRE PHILOSOPHALE DES ALCHEMISTES

Robert Six

I. INTRODUCTION

Dans le chapitre précédent, j'ai présenté deux personnages d'exception qui prirent une part très importante dans le développement de la connaissance des phénomènes nucléaires. Il s'agissait du couple Irène et Frédéric JOLIOT-CURIE. Cette fois, je m'étendrai sur les expériences qui les menèrent à découvrir la radioactivité artificielle et ainsi préparer la course à la réalisation de la fission des noyaux lourds dont l'uranium, avec pour conséquence la course à l'arme nucléaire. Ceci sera développé plus loin dans ce dossier.

II. TRAVAUX PREPARATOIRES A LEUR GRANDE DECOUVERTE

A. Recherche d'un rayonnement très pénétrant

Comme je l'écrivis dans le chapitre « *Au cœur du noyau atomique* », nos deux savants avaient mis en évidence l'émission de protons par des éléments soumis au bombardement de particules α et avaient raté de peu la découverte du neutron qui en définitive revint à James CHADWICK.

Au début de leur carrière commune, les JOLIOT-CURIE souhaitaient étudier des phénomènes associés au passage des particules α du polonium dans la matière. Cet élément émet presque exclusivement des α et il se forme en permanence dans le radium D. A partir d'anciennes ampoules ayant contenu du radon, intermédiaire entre le radium et le polonium, ils acquièrent une bonne technique, particulièrement délicate et dangereuse, pour extraire du polonium à partir du radium D et obtenir des sources α très intenses, pouvant atteindre 200 milli-curies sur des surfaces de 20 mm². Ce sont ces sources qui leurs avaient permis d'entreprendre leurs expériences

Nous avons vu précédemment que Frédéric JOLIOT était passé maître dans l'utilisation de la chambre de Wilson et qu'il en avait conçu un modèle plus performant. Cet outil sera d'une grande utilité pour les chercheurs désirant visualiser les traces de particules ionisantes et sera à la base de découvertes primordiales dans le domaine des particules à haute énergie que nous aborderons plus tard.

Malgré leur déception de ne pas avoir découvert le neutron, Irène et Frédéric poursuivent leurs recherches. Ils observèrent avec leur chambre de Wilson, qu'aux neutrons émis étaient associés des électrons énergiques. Pour eux, ces particules ne peuvent être dues qu'à l'absorption de rayons γ par des atomes.

A l'époque, on ne connaissait que **deux manières de produire des électrons énergiques par absorption de rayons γ** :

- l'**effet photoélectrique** dans lequel, le rayon γ est absorbé par un électron de la couronne atomique et qui est ensuite éjecté ;
- l'**effet Compton** où les γ diffusent sur des électrons libres en leur cédant une partie de leur énergie.

Nos chercheurs en déduisent que la production de neutrons entraîne l'émission de rayons γ .

Ils remarquèrent également :

« que plusieurs trajectoires d'électrons de grande énergie courbées par un champ magnétique se dirigeaient vers la source. Ce fait curieux était difficile à interpréter ».

B. Le positon

Entre-temps, en étudiant la composante molle du rayonnement cosmique, le physicien américain **C. ANDERSON** avait découvert, **en 1932**, à l'aide d'une chambre de Wilson, l'**électron positif**. Celui-ci est le résultat de la **dématérialisation d'un photon qui disparaît en créant un électron négatif et un électron positif** (fig. 93). Il le nomma **positon** (ou **positron**) par opposition au **négaton** (électron négatif). Cette découverte sera confirmée en Angleterre par **P. BLACKETT** et **G. OCCHIALINI**, grâce à une technique permettant d'associer celle des **compteurs Geiger-Müller en coïncidence avec celle de la chambre de Wilson**. Ces deux chercheurs, associés à **J. CHADWICK**, observent également ces positons dans une source complexe de neutrons et de photons.

Sur la base de ces découvertes, Irène et Frédéric, **en avril et mai 1933**, reconsidèrent leurs premiers clichés de la chambre à bulles. Ils en déduisent que les **traces curieuses - tournées vers la source** - que l'on y distingue sont **celles de positons**. Ils en concluent qu'il existe une **autre manière de produire des électrons par absorption de rayons γ** : les γ de plus de **1,02 MeV** peuvent se matérialiser en une paire positon – négaton et ce d'autant plus facilement que leur énergie est grande et que le numéro atomique de l'absorbant est élevé. L'énergie correspondant à la masse au repos de chaque électron est de **0,51 MeV** et l'énergie excédentaire se partage, sous forme d'énergie cinétique, entre les deux électrons. Cette production de positons explique le grand pouvoir d'absorption des rayons γ de grande énergie dans la matière. Indépendamment d'**Irène** et de **Frédéric**, à Berlin, **Lise MEITNER** et **K. PHILIPP** trouveront des résultats analogues.



Fig. 98 - Frédéric JOLIOT montait les éléments d'une chambre de Wilson (Collège de France, 1938)

Ce qu'ignorent à l'époque ces différents scientifiques, c'est que, dès 1931, le théoricien anglais, Paul DIRAC, avait prédit, dans sa théorie quantique relativiste, l'existence du positon, antiparticule de l'électron, de mêmes masse et charge mais de signe opposé. A l'époque, le monde scientifique est divisé en deux clans : les théoriciens et les chercheurs. Les deuxièmes ne désirent pas être freinés ou détournés dans leur quête par des arguments théoriques. Ils préfèrent se raccrocher à une bonne idée, à une intuition. Il est vrai que durant ces années de gloire, on assiste à la découverte de phénomènes imprévus. RUTHERFORD dira à Bruxelles, lors du Conseil Solvay de 1933 :

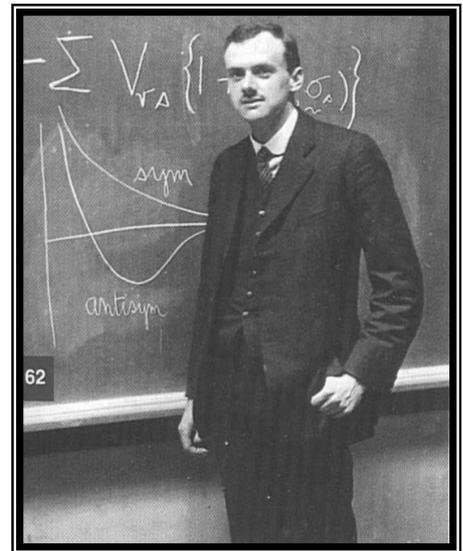


Fig. 99 - Le physicien théoricien Paul DIRAC (1902-1984) prédit, en 1931, l'existence du positon. Il reçoit le prix Nobel de physique en 1933.

« Il me semble qu'à certains égards il est regrettable que nous ayons eu une théorie de l'électron positif avant le début des expériences. M. BLACKETT a fait son possible pour ne pas se laisser influencer par la théorie, mais la façon d'envisager les résultats doit inévitablement être influencée par la théorie dans une certaine mesure. J'aurais été plus content si la théorie était venue après l'établissement expérimental des faits ».

En décembre 1933, Frédéric JOLIOT, qui a rencontré DIRAC lors du Conseil Solvay, entreprend une expérience afin de déterminer le sort des positons en fin de parcours.

« Selon la théorie de DIRAC, explique-il, un électron positif peut disparaître lorsqu'il rencontre un électron négatif libre ou faiblement lié, en donnant deux photons émis dans des directions opposées dont les énergies sont égales à 0,5 MeV, la somme de celles-ci 1 MeV correspondant à l'annihilation de la masse des deux électrons » (fig. 93),

Plaçant une source intense de positons dans le champ décroissant d'un électroaimant, il constate que les électrons, positifs ou négatifs selon le sens du champ s'enroulent dans le champ et arrivent concentrés sur une lame métallique servant de radiateur.

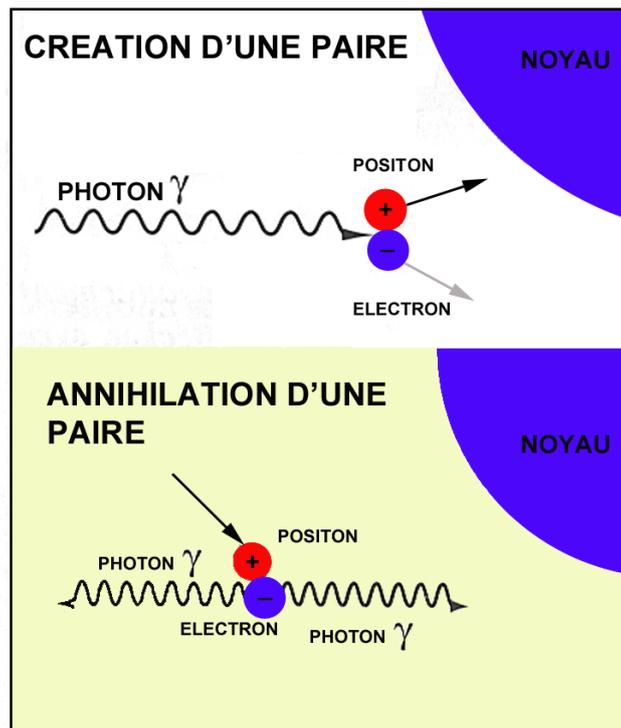


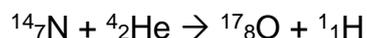
Fig. 100 – Au-dessus, création d'une paire positon-électron par dématérialisation d'un photon ; en-dessous, annihilation d'un positon lors de la rencontre d'un électron, avec émission de deux photons.

L'annihilation des positons a lieu dans le radiateur, avec émission de deux photons détectés au compteur Geiger-Müller. Chaque photon possède une énergie de $0,485 \pm 0,050 \text{ MeV}$, ce qui confirme la **théorie de DIRAC**.

III. LA RADIOACTIVITE ARTIFICIELLE

Tout est en place pour découvrir un phénomène nouveau et remarquable qui deviendra un des **fondements de toute la physique et de la technique nucléaire** contemporaine : la **radioactivité artificielle**.

En fait, la première transmutation artificielle est due à **E. RUTHERFORD** qui l'obtint, **dès 1919**, en bombardant de l'azote avec des particules α . Le résultat est un isotope stable de l'oxygène, accompagné de l'émission d'un proton :

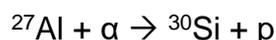


La **découverte de la radioactivité artificielle** par les **JOLIOT-CURIE** peut se diviser en trois étapes :

- l'observation des « électrons positifs de transmutation » ;
- la découverte d'un nouveau type de radioactivité ;
- la généralisation et la preuve chimique de l'existence des nouveaux radioéléments.

A. Des électrons positifs de transmutation

En juin 1933, Frédéric et Irène reprennent leur expérience sur le rayonnement peu intense qui accompagne l'émission α du polonium. Pour ce faire, ils disposent leur source de polonium en présence d'une feuille d'aluminium placée devant la fenêtre mince de leur chambre de Wilson, disposée dans un champ magnétique. A leur grande surprise, ils constatent qu'à côté des électrons négatifs apparaissent des positons et parfois des traces de protons dus à la réaction de transmutation :



Lorsqu'ils remplacent l'aluminium par une feuille d'argent, de paraffine ou de lithium, il n'y a pas apparition de positons. Ceux-ci sont produits non par la source mais par l'aluminium. Le spectre d'énergie de ces particules s'étend jusque 3 MeV et il apparaît environ 1 positon pour 2 millions de α incident. Le phénomène se répète lorsqu'ils utilisent une feuille de bore. Nos deux savants interprètent leur résultat inattendu de la manière suivante :

« Parfois la transmutation s'effectuerait avec émission d'un neutron et d'un électron positif au lieu d'un proton ».

Ils nommeront ces positons « électrons positifs de transmutation » et traduisent la nouvelle réaction comme suit :



Du 22 au 29 octobre de l'année 1933, se tient à l'Université de Bruxelles, le septième Conseil de physique Solvay, sous la présidence de Paul LANGEVIN. Les JOLIOT-CURIE ainsi que Marie CURIE font partie des invités. Ils pourront y défendre leur rapport sur le « Rayonnement pénétrant des atomes sous l'action des rayons α », soulevant une vive discussion. Certains, comme Lise MEITNER, qui a également entrepris ce genre d'expériences, sont septiques quant à l'émission de neutron :

« pour l'aluminium, bien que le nombre d'électrons positifs soit plus de quatre fois plus grand que pour le fluor, on n'a pu déceler aucun neutron. Cela n'est pas favorable à l'idée que, dans ce cas, l'émission du neutron ait lieu en même temps que celle de l'électron positif ».

Irène et Frédéric sont déçus. Toutefois, ils seront encouragés par Niels BOHR et W. PAULI qui trouvent leurs résultats très intéressants. Mais F. PERRIN, également présent à ce Conseil prédit que :

« le mécanisme proposé par M. JOLIOT se décompose en deux émissions successives d'un neutron, puis d'un électron positif, avec formation intermédiaire d'un noyau instable ».

Trois mois après le Conseil Solvay, **Lise MEITNER**, qui a répété son expérience, reconnaît son erreur et envoie une note rectificative qui malheureusement passera inaperçue, dans laquelle elle dit :

« mon objection contre la manière de voir de M. et Mme JOLIJOT, que les électrons positifs sortent du noyau d'aluminium, tombe donc ».

B. La découverte d'un nouveau type de radioactivité

Le couple de chercheurs français continue donc ses travaux. En novembre 1933, il décide de vérifier que les neutrons et les positons sont émis simultanément dans une même réaction nucléaire. Pour ce faire, il mesure successivement le seuil d'apparition des neutrons et celui des positons en faisant varier l'énergie des particules α incidentes sur la cible d'aluminium par ralentissement dans un gaz. Le dispositif utilisé est pratiquement toujours le même : une source de polonium intense ; une petite chambre à gaz dont les chercheurs peuvent faire varier la pression pour ralentir les rayons α ; la cible d'aluminium qui les arrête complètement ; une chambre d'ionisation à parois paraffinées, remplie de butane, pour détecter les neutrons ; un amplificateur d'impulsions.

Le jeudi 11 janvier 1934 sera une date historique dans l'histoire de la radioactivité. Ce jour-là, Frédéric est seul dans son laboratoire situé dans les sous-sols de l'Institut du Radium. Il se lance dans une nouvelle série de mesures pour déterminer le seuil d'apparition des positons, c'est-à-dire l'énergie minimum des particules α à partir de laquelle apparaissent les électrons positifs. La chambre à gaz utilisée peut être complètement vidée ou remplie de gaz carbonique. De part et d'autre, se trouvent la feuille d'aluminium et la source de polonium. Derrière la cible, il place un compteur Geiger-Müller en laiton, à fenêtre très mince développé par le jeune physicien allemand Wolfgang GENTNER, venu travailler deux ans au laboratoire. Le compteur est relié à un amplificateur, réalisé à partir d'un vieux poste de TSF, suivi d'un numérateur mécanique.

Au départ, la chambre à gaz est remplie. Frédéric JOLIJOT commence à pomper pour baisser la pression ; l'énergie des particules α arrivant sur la feuille d'aluminium augmente. Les positons apparaissent au même seuil en énergie que les neutrons. Il vide entièrement la chambre, l'énergie des α est au maximum. Puis il réintroduit le gaz carbonique jusqu'à atteindre une énergie des α inférieure au seuil ; l'émission des neutrons s'arrête, mais à sa grande surprise celle des positons continue ! Il répète l'expérience plusieurs fois : toujours les mêmes résultats. De plus, il constate que le nombre des positons décroît exponentiellement avec le temps : il fait immédiatement le rapprochement avec la radioactivité naturelle qu'il connaît bien.

Simplifiant l'expérience, Frédéric JOLIJOT place la cible à un demi-millimètre de la source pendant quelques minutes. Puis, il écarte la source et approche le compteur de la feuille d'aluminium : il enregistre la décroissance des électrons positifs avec une période de 3 min et 15 sec.

« J'irradie cette cible avec des rayons alpha provenant de ma source de polonium ; vous pouvez entendre le compteur Geiger cliqueter [...] J'enlève la source : le cliquetis devrait s'arrêter... mais le bruit continue... »

Il vient de découvrir la radioactivité artificielle.

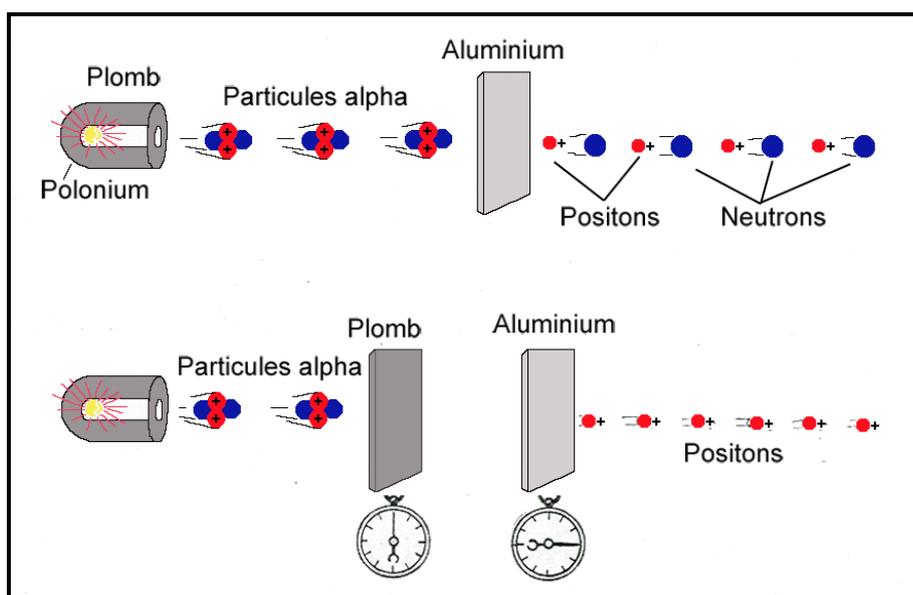
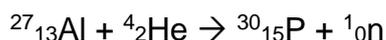


Fig. 101 - Principe de l'expérience qui a permis à Irène et Frédéric JOLIOT-CURIE de découvrir la radioactivité artificielle

Reprenons plus en détail l'analyse de ce nouveau type de réactions nucléaires. Le noyau atomique de l'aluminium ($^{27}_{13}\text{Al}$) émet un neutron en captant une particule α (^4_2He) et se transforme en un isotope du phosphore de masse atomique 30 ($^{30}_{15}\text{P}$). Il n'existe pas naturellement d'isotope stable du phosphore ayant cette masse. Il doit donc se désintégrer à son tour. Il émet un positon dû à la transformation d'un proton du noyau atomique du phosphore en neutron. On obtient alors du silicium ($^{30}_{14}\text{Si}$) dont le noyau a une charge inférieure d'une unité. En d'autres termes, le noyau doit perdre une charge électrique positive excédentaire tout en conservant la même masse. Le processus décrit ci-dessus peut être représenté par la formule :



Le phosphore ainsi formé se désintègre suivant la formule :



C. Généralisation et preuve chimique de l'existence des nouveaux radioéléments

Irène et Frédéric mesurent immédiatement l'importance de leur découverte. Aussi, avant de publier leurs résultats, ils désirent conforter ceux-ci. Ils passeront le week-end à essayer d'autres éléments. Ils mettent ainsi en évidence un azote 13 de 14 minutes de période formé dans le bore, et un radioélément de 2 minutes et demie formé dans le magnésium qu'ils attribuent d'abord au silicium 27, mais qui s'avéra être de l'aluminium 28. Ils mesurent les parcours des particules, leurs spectres d'énergie et les énergies maximales des rayons β (électrons positifs ou négatifs).

Frédéric et Irène annonceront leur découverte le 15 janvier 1934 dans une note aux *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, présentée par Jean PERRIN.

Les implications de cette découverte seront d'une importance primordiale dans de nombreux domaines industriels, médicaux et malheureusement politiques.

Dans un article commun, le couple décrit les applications possibles de ces radioéléments et prédit les conséquences d'une utilisation détournée d'une réaction en chaîne se propageant dans la matière (voir l'article en annexe E).

Très rapidement de nombreux chercheurs se mirent à vouloir produire leurs radioéléments artificiels. Il apparut que l'on pouvait provoquer la radioactivité artificielle non seulement avec des particules α , mais également avec des protons, des deutérons, des neutrons et même des électrons. Cela fut possible grâce à une nouvelle génération d'appareillage dont la première invention fut faite aux Etats-Unis par Ernest LAWRENCE de l'Université de Berkeley : le **cyclotron**, machine électromagnétique, accélérateur de particules atomiques.

Remarquons, à titre d'anecdote, que trente ans plus tôt le romancier de science-fiction, H.G. WELLS avait décrit la **radioactivité artificielle** dans son roman « *Le monde libéré* », en situant de manière prémonitoire sa découverte en 1933. Il décrit même les applications industrielles et militaires de l'énergie atomique, la destruction des grandes villes et les radiations nucléaires lors d'un conflit mondial.

IV. LE PRIX NOBEL

En novembre 1935, le prix Nobel de chimie est attribué aux JOLIOT-CURIE, tandis que celui de physique l'est au Britannique James CHADWICK, pour sa découverte du neutron. Lors de la remise de ce prix, c'est Irène prit la parole :

« 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 [...] Au début de l'année 1934, en étudiant les conditions d'émission d'électrons positifs, 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 quelques temps après l'enlèvement de la source. Le nombre d'électrons émis décroît en trois minutes. 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 des radioéléments naturels [...] ».

Puis ce fut le tour de **Frédéric** :

« La diversité des natures chimiques, la diversité des vies moyennes de ces radioéléments synthétiques, permettront sans doute des recherches nouvelles en biologie et en physico-chimie [...] 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 plus 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, tournés 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 nova. Ce brusque embrasement de l'étoile est peut-être provoqué par ces transmutations à caractère explosif, processus que les chercheurs s'efforcent sans doute de réaliser, en prenant, nous l'espérons, les précautions nécessaires ».

V. ANNEXE

L'article ci-dessous reprend les idées développées par F. JOLIOT lors de son discours Nobel. Je le reproduis malgré tout car il donne des informations complémentaires utiles.

758. Application des radio-éléments synthétiques. –

Ces nouveaux radioéléments, par la diversité de leurs natures chimiques et de leurs vies moyennes, permettront sans doute des recherches nouvelles, en particulier en biologie et en chimie, recherches qu'il serait très difficile, et même pratiquement impossible d'entreprendre par les méthodes habituelles.

Nous pouvons penser que ces applications seront de deux sortes, suivant qu'on utilisera le radioélément comme indicateur radioactif, ou qu'on l'utilisera pour l'effet de son rayonnement sur les organismes.

En biologie, par exemple, la méthode des indicateurs radioactifs peut permettre l'étude de la distribution ou l'élimination d'éléments divers introduits dans des organismes vivants. La substance préalablement introduite dans l'organisme est mélangée avec un élément radioactif isotope ayant exactement les mêmes propriétés chimiques. Le radioélément accompagnera son isotope inactif dans toutes les régions où celui-ci se distribuera. Cette méthode, dont l'emploi était limité autrefois uniquement aux éléments lourds comme le Bi (isotope radioactif le RaE), peut maintenant être étendue à un grand nombre d'éléments placés dans toute l'étendue de la classification périodique, à des éléments ordinaires existant déjà dans l'organisme : carbone, azote, sodium, phosphore, etc.

Dans ce mode d'utilisation, la radioactivité sert uniquement à déterminer la présence dans certaines régions de l'isotope inactif que l'on a introduit dans l'organisme. Il n'est pas nécessaire dans ces recherches d'introduire des quantités importantes de l'indicateur radioactif. Ces quantités sont déterminées par la sensibilité de l'appareil détecteur du rayonnement et la grosseur de l'organisme étudié.

On peut conclure de la même façon pour l'emploi de cette méthode en chimie, appliquée à l'étude, par exemple, des solubilités des sels très peu solubles, des combinaisons chimiques rares, etc.

Dans le deuxième mode d'utilisation que l'on peut prévoir, il faudra disposer de quantités très importantes de radioéléments de synthèse. On introduira dans les organismes un mélange d'un isotope inactif et d'un isotope radioactif, sachant que l'élément introduit se localisera dans telle ou telle région. Aux endroits où l'isotope radioactif sera localisé, le rayonnement émis par celui-ci agira sur les cellules voisines. En vue de préparer des quantités de radioéléments suffisantes pour entreprendre ces recherches, l'un de nous a, en collaboration avec MM. Lazard et Savel, construit deux installations de projectiles efficaces pour provoquer les transmutations.

L'une des installations se trouve au laboratoire Ampère de la Compagnie Générale Electro-Céramique, l'autre à l'Ecole des Travaux publics de Cachan.

Au laboratoire Ampère, l'installation donne déjà des quantités de radioéléments plus de cent fois supérieures à celles que nous préparions à l'Institut du Radium à l'aide des substances radioactives naturelles. D'autre part, elle comporte un tube à rayons γ donnant un rayonnement dont la limite supérieure d'énergie est voisine de deux millions de volts, d'intensité comparable à celle des rayons γ émis par 600 grammes de radium.

De l'ensemble des faits que nous venons d'envisager, nous voyons que les quelques centaines d'atomes différents (260) 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 ; tous les autres, moins stables, ont disparu. Ce sont probablement quelques-uns de ces disparus que nous recréons au laboratoire. Jusqu'ici, nous n'avons pu obtenir que des éléments à vie relativement brève. Cela tient au fait que pour produire une quantité appréciable de radioélément à vie longue, il faudrait disposer d'une source de projectiles d'une intensité prodigieuse, toujours pour cette raison que les chances de rencontre du projectile et du noyau sont faibles. N'y a-t-il aucun espoir dans cette voie ?

Si, tournés 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, brisant ou construisant des éléments à volonté, trouveront le moyen de réaliser de véritables transmutations à caractère explosif, une transmutation entraînant plusieurs autres.

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 nova. Ce brusque embrasement de l'étoile est peut-être provoqué par ces transmutations à caractère explosif que nous imaginons.

Frédéric JOLIOT et Irène JOLIOT-CURIE.



Fig. 102 - Septembre 1935 - Remise du Prix Nobel aux JOLIOT-CURIE

(A suivre : « *La fission nucléaire* ».)