

LES PREMIERS PAS DE LA CHIMIE NUCLÉAIRE



Ernest Rutherford

Avez-vous profondément considéré si l'erreur qui fait croire ce qui n'est pas, ne serait pas moins humiliante peut-être et moins préjudiciable que celle qui empêche de croire ce qui est ?

Jean-Jacques Rousseau

1 – L'ÉCROULEMENT DES CERTITUDES

Dans les années 1980 –1985, certains historiens, n'ayant sans doute plus rien d'intéressant à nous conter, prédisaient la fin de l'Histoire, peut-être aussi pour faire parler d'eux à défaut de pouvoir parler d'autre chose.

Près d'un siècle plus tôt et de façon plus légitime, les physiciens annonçaient la fin de la physique. Que pouvait-on en effet lui ajouter ? La mécanique présentait un édifice parfait, admirable, inébranlable ; les lois de l'électricité et de l'électromagnétisme semblaient établies à jamais tout comme celles de l'optique ; la thermodynamique planait à son zénith. Dans tous les domaines on affirmait que « la nature ne fait pas de sauts », que tout est parfaitement continu : espace, matière, énergie, temps.....une telle évidence ne se discutait même pas puisqu'elle crevait les yeux.

Seul dans ce bel ensemble, un tout petit détail clochait, agaçait : le rayonnement du corps noir. Pour faire simple, il s'agit d'un corps qui peut émettre un rayonnement mais n'en réfléchit pas. Afin de le représenter concrètement, on peut évoquer par exemple une cavité creusée dans un morceau de charbon munie d'un petit orifice. Lorsqu'on chauffait un corps noir, il émettait un rayonnement, centré sur une longueur d'onde fonction de la température, et présentant un spectre inexplicable au moyen des théories de la physique classique, pour l'ensemble des mesures.

Bien sûr, au début, on crut à une erreur de manipulation ; il fallut déchanter et plus le temps passait, plus le problème du rayonnement du corps noir apparaissait comme un redoutable défi. C'était une brèche dans le splendide édifice ; et pendant que chacun s'évertuait en vain pour la colmater, d'autres, encore plus béantes, allaient s'ouvrir.

Pourtant chacun savait que les chimistes, la plupart contre leur gré, avaient dû admettre le discontinu en se rangeant à l'hypothèse atomique. Mais pour les physiciens, toujours un peu condescendants avec la chimie, l'atome chimique n'était qu'un artifice de calcul, une fiction commode plus apte à rendre compte des phénomènes qu'à les décrire dans leur réalité. Ils auraient dû être plus méfiants. En 1833 Faraday avait établi les lois de l'électrolyse. Or, par exemple, dans le cas des halogénures de sodium, il fallait toujours la même quantité d'électricité pour obtenir 1 atome-gramme d'halogène, que ce soit 35,5g de chlore, 80g de brome ou 127g d'iode. Troublant, tout de même. Les respectables lois de l'électricité s'encanaillaient avec des concepts chimiques à peine présentables.

En 1897, une tuile pire que le corps noir allait s'abattre sur nos pauvres physiciens : la découverte de la radioactivité. Et pourtant le coupable, Henri Becquerel, lequel n'avait rien d'un révolutionnaire, semblait travailler sur un domaine bien anodin. Il étudiait le rayonnement émis par les corps phosphorescents (entre-autres les sels d'uranium) après les avoir soumis à la lumière du soleil. Pour cela il utilisait des plaques photographiques. Un jour où le soleil refusa obstinément de se montrer, il rangea dans un tiroir ses sels d'uranium et ses plaques photo non exposées, dans l'attente d'un ciel plus clément pour la

science. Or, lorsqu'il voulut reprendre ses expériences, il fut stupéfait de constater que ses plaques n'étaient plus vierges mais impressionnées. Seule explication (après bien des vérifications), les sels d'uranium émettaient naturellement et sans les exposer au soleil un rayonnement qui impressionnait ses plaques photo. Mais d'où venait ce rayonnement, donc cette énergie ? Il semblait que ce soit ex nihilo. Impensable !

Nouvelle panique chez les physiciens : cette fois on n'avait pas sur les bras un rayonnement aux lois incompréhensibles, mais un rayonnement qui n'avait aucune raison d'exister, qui ne devait pas exister. Pour tenter de résoudre cette énigme, certains proposèrent de renoncer provisoirement à la conservation de l'énergie. Glapissements immédiats des thermodynamiciens dont le fonds de commerce reposait sur deux principes intangibles : la conservation de l'énergie et l'accroissement de l'entropie (pour un système isolé) et qui refusèrent net qu'on leur casse la baraque.

Comme un malheur ne vient jamais seul, à peu près à la même époque, le dogme concernant la continuité des phénomènes électriques vole en morceaux avec l'apparition de l'électron sur le devant de la scène scientifique. Cette fois les trublions s'appellent Stoney, Perrin, Thomson.

Inspiré par les travaux de Faraday, John Stoney cherche à calculer la charge négative minimale que peut porter un ion (par exemple l'ion chlore). En 1891 il obtient cette valeur par approximation et l'appelle électron.

A sa suite Jean Perrin, travaillant sur les rayons cathodiques, obtenus en faisant passer un courant électrique dans un gaz raréfié, établit que ces rayons transportent des charges négatives : corpuscules cathodiques ou électrons.

Deux ans plus tard, l'année de la découverte de la radioactivité, Joseph Thomson calcule le rapport de la charge à la masse de l'électron et le trouve 2000 fois supérieur environ à celui correspondant à l'ion H^+ . A partir de ce moment, la charge de l'électron sera toujours mieux précisée : de Thomson (1899) à Millikan (1909).

Entre temps, en 1900, un physicien allemand de génie, Max Planck, apporte enfin une solution satisfaisante à l'énigme du corps noir en faisant intervenir des quanta d'énergie liés à la fréquence du rayonnement lui-même par une constante universelle $h = 6,626 \cdot 10^{-34}$ joule.seconde.

La physique quantique était née et quels que soient les efforts déployés (y compris ceux de Planck), personne ne pouvait l'assimiler à la physique classique. C'est l'inverse qui était vrai. Toute la physique connue jusqu'alors n'était qu'un sous-chapitre, un cas particulier de la physique quantique. Le discontinu faisait une entrée en force, bousculant des habitudes séculaires : il ne fallait plus espérer pouvoir découper l'espace, la matière, l'énergie en parties aussi petites que l'on veut, ou même, plus étrange, connaître à chaque instant la vitesse et la position d'un mobile quel qu'il soit.

2 – LE GILET PARE-BALLES EN PAPIER DE CIGARETTES

Parmi l'avalanche de questions que posaient les rayons « uraniques » découverts par Becquerel l'une, pourtant capitale, semblait pouvoir comporter une réponse relativement rapide : est-ce que ces rayons sont l'apanage exclusif de l'uranium ou existe-t-il d'autres éléments

capables de les émettre ? En se lançant dans cette direction, Pierre et Marie Curie allaient marcher de découverte en découverte.

Très rapidement ils constatent que le thorium émet lui aussi des rayons « uraniques ». Le phénomène présente donc une certaine généralité et ils le nomment radioactivité, terme qui lui est resté. Dans la foulée, ils observent à leur stupéfaction que certains minerais d'uranium, en particulier la pechblende de Joachimstal, sont plus radioactifs que l'uranium pur lui-même. Etrange, puisque dans le minerai, l'uranium est forcément dilué. Ils en concluent logiquement que la pechblende contient un ou plusieurs éléments plus radioactifs que l'uranium et, sans désespérer, s'attèlent à les isoler chimiquement. Ce fut un travail de bénédictin mais, en juillet 1898 ils isolent le polonium (Marie, née Sklodowska, était d'origine polonaise) et, à la fin de la même année, le radium, ainsi nommé à cause de sa radioactivité particulièrement élevée.

Aujourd'hui, alors que les sources radioactives sont d'un usage courant (beaucoup trop au gré de certains), on a un peu tendance à oublier le rôle joué par le radium au début du 20^{ième} siècle. Pendant plus de 30 ans il représenta la seule source efficace donnant accès aux applications tant médicales que scientifiques de la radioactivité... et un seul gramme du rarissime métal correspondait à une petite fortune.

Pendant que les Curie remuaient leur tonne de pechblende pour en extraire une fraction de gramme de radium, un chercheur anglais, Rutherford, s'employait à déterminer la nature du rayonnement radioactif ; en le soumettant à des champs magnétiques divers et variés, il fut conduit à distinguer trois sortes d'émissions :

- les rayons alpha, constitués de particules chargées positivement et relativement lourdes.
- les rayons bêta, constitués d'électrons (négatifs).
- les rayons gamma, non porteurs de charges, et de nature semblable à celle des rayons X.

Un pas de géant venait d'être accompli : si l'on ignorait encore l'origine intime du phénomène, on progressait rapidement dans son étude.

En 1903 Pierre Curie va faire, un peu par hasard, une découverte aux conséquences incalculables sur le radium. Il avait confié à l'un de ses étudiants une expérience particulièrement délicate qui nécessitait un appareillage ultrasensible et consistait à déterminer si les rayons émis par le radium pouvaient exercer une pression sur une paroi. Or, pour une raison inexplicée, le subtil montage était perpétuellement perturbé. Le « patron » se pencha lui-même sur le problème pour découvrir que le radium émettait en continu de la chaleur (d'où les déboires du malheureux étudiant) et d'une façon qui apparaissait quasi perpétuelle. Pour la première fois, l'énergie atomique se manifestait de manière concrète.

Mais l'expérience capitale sur le plan théorique du début du siècle fut celle de Rutherford en 1911 (une très grande date). Il faut comprendre qu'à cette époque on s'imaginait les atomes un peu comme des billes entassées les unes sur les autres ou flottant dans le vide dans le cas des gaz. Rutherford a l'idée de bombarder une mince feuille de métal par les particules alpha issues du radium (après les avoir diaphragmées) et l'on savait que ces particules sont 4 fois plus lourdes qu'un atome d'hydrogène et chargées positivement. Le radium les éjecte à grande vitesse, jusqu'à 20.000 Km par seconde.

L'expérience se déroulait dans le vide et l'obscurité. Derrière la feuille de métal-cible était disposé un écran recouvert d'une substance phosphorescente pour repérer visuellement les impacts des particules alpha.

Que se passa-t-il ? La plupart des particules alpha traversèrent gaillardement et en droite ligne la mince feuille de métal, ce qui était tout à fait logique pour des projectiles de cette qualité. Mais d'autres furent déviées ou même très déviées de leur trajectoire. C'était déjà troublant. Alors, par un trait de génie, Rutherford modifie son montage et place son détecteur non plus derrière la feuille de métal mais devant, c'est à dire du même côté que sa source de radium ; et à sa stupéfaction, il constate que certaines particules alpha, bloquées net par la feuille de métal, rebroussement chemin. « C'est comme si, tirant avec un revolver sur une feuille de papier de cigarettes, la balle avait ricoché vers moi » s'étonne-t-il.

Rutherford ne fut pas long à tirer les conclusions de ce comportement étrange des particules alpha : elles n'avaient pu ricocher que sur d'autres particules, bien plus lourdes et bien plus chargées en électricité positive qu'elles-mêmes. La notion de noyau atomique venait de naître et pour respecter le caractère neutre de l'atome, Rutherford imagina un cortège d'électrons gravitant autour de son noyau. Du point de vue de son volume, la matière était constituée pour l'essentiel de vide et toute sa masse se concentrait dans des noyaux minuscules comparés aux dimensions des atomes eux-mêmes.

Lorsque, grâce au secours de la mécanique quantique, elle fut améliorée par Bohr en 1913, cette image de l'atome constitua un prodigieux modèle explicatif pour des générations de physiciens et de chimistes

3 – SA MAJESTÉ LE NEUTRON

(expression de Georges CHARPAK)

Avant de poursuivre, il apparaît utile de dire quelques mots sur les appareils mis au point par les physiciens afin de mesurer les phénomènes entièrement nouveaux auxquels ils se confrontaient.

Au tout début on mit à profit la propriété qu'avaient les nouveaux rayons de rendre conducteur l'air qu'ils traversaient (d'où leur nom de rayonnements ionisants) et le vieil électroscope à feuilles fut mis à contribution. Mais de nouvelles étapes, que l'on peut condenser en quelques dates, allaient vite être franchies :

- 1909 : Geiger, un élève de Rutherford invente un détecteur d'électrons et de particules alpha qu'il ne cessera de perfectionner de 1913 à 1923.
- 1911 : Wilson commence à visualiser les trajectoires des mêmes particules, par une suite de très fines gouttelettes d'eau, dans sa « chambre de détente ».
- 1914 : Moseley, en exploitant les spectres de rayons X, classe les éléments selon la charge de leurs noyaux, confirmant largement la classification de Mendeleïev.
- 1918 : Aston construit le premier spectrographe de masse qui permet de classer les noyaux non plus selon leur charge mais selon leur masse.

Une surprise, qui allait prendre l'allure d'une contradiction, surgit des recoupements opérés entre toutes les mesures. Ce fut Soddy qui le premier en saisit toute l'importance.

Il faut dire que les physiciens classaient alors les éléments selon leurs propriétés radioactives, ce qui

donnait lieu à une espèce de « botanique » dans laquelle seuls les spécialistes pouvaient se retrouver. On parlait ainsi des actiniums A, B1, B2, C et X, du mésothorium, de l'ionium, du radio-uraniumetc.

Soddy, en étudiant le mésothorium, l'actinium X et le thorium X, constata que ces trois noyaux possédaient la même charge et devaient donc partager, dans la classification de Mendeleïev, la même case, déjà occupée d'ailleurs par le radium ! Ces noyaux, champions inattendus de la cohabitation, furent qualifiés d'isotopes, terme qui peut se traduire approximativement par « au même endroit ». De plus on s'aperçut que les noyaux isotopes, quoiqu'ayant la même charge n'avaient pas la même masse. Cela remettait en cause l'idée que l'on se faisait alors des éléments comme étant des agglomérats de noyaux d'hydrogène (1 noyau d'hydrogène = 1 proton). Par exemple :

1 proton = hydrogène,....2 protons = hélium,....3 protons = lithium....et ainsi de suite jusqu'à 92 protons = uranium.

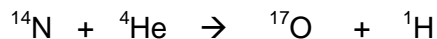
Cette théorie était d'ailleurs la consécration d'une idée du chimiste anglais Prout qui, en 1815, pensait que toute la matière était construite à partir de « briques » d'hydrogène.

Les seuls à se réjouir vraiment de l'arrivée des isotopes furent les chimistes qui voyaient enfin s'éloigner le casse-tête des éléments chimiques n'ayant pas une masse atomique « ronde », le plus tristement célèbre étant le chlore avec 35,5. Des fantaisies de ce genre avaient contribué au 19^{ième} siècle à envoyer aux oubliettes la théorie atomique pendant plus de 40 ans. Or cette masse curieuse de 35,5 s'explique par le mélange naturel d'un isotope 35 avec un isotope 37.

L'étude des isotopes permet de s'apercevoir que la plupart des noyaux « pesaient » plus lourd qu'ils ne le devaient. Prenons un exemple précis et simple : le noyau d'hélium possède 2 charges, sa masse atomique devrait donc être de 2 (2 protons), mais elle s'élève à 4. Pourquoi ? D'où vient la différence ?

Pour contourner la difficulté, certains échafaudèrent une théorie subtile selon laquelle les noyaux sont constitués non seulement de protons mais aussi d'électrons. Reprenons l'exemple ci-dessus avec cette nouvelle donne : le noyau d'hélium possède 4 protons et 2 électrons. Sa masse est de 4 (les protons), mais sa charge n'est que de : $(4+) + (2-) = 2+$. Élémentaire, mon cher Watson ! ... mais faux, comme nous le verrons ci-dessous.

Pendant que l'on se débattait avec les isotopes et leurs mystères, Rutherford en 1919, réalisait une expérience de tout premier plan (une de plus). Conservant pour projectiles les particules alpha qui lui avaient déjà si bien servi, il bombardait avec elles des noyaux d'azote dans des conditions d'extrême pureté des réactifs et démontra avec brio mais non sans difficulté qu'il obtenait ainsi des traces d'oxygène et d'hydrogène. La première réaction de la chimie nucléaire (en fait la première transmutation) créée artificiellement venait d'être réalisée et pouvait s'écrire :



L'expérience de Rutherford fut accueillie dans l'enthousiasme. Désormais, la chasse aux noyaux était ouverte et ceux-ci allaient se faire copieusement canarder dans les années qui suivirent. Le tableau de chasse fut impressionnant, mais c'est seulement en 1930 que deux

allemands, Bothe et Becker, levèrent le lièvre le plus intéressant. En exposant un échantillon de béryllium aux rayons alpha ils mirent en évidence une nouvelle radiation très pénétrante qu'ils prirent pour une espèce encore inconnue de rayons gamma.

Or à Paris, un couple de chercheurs, Frédéric Joliot et sa femme Irène (née Curie) s'intéressaient prodigieusement à tout ce qui concernait les radiations. Au début Frédéric, un jeune homme élégant, travaillait comme ingénieur dans l'industrie. Pourtant, vite lassé par la technique, il parvint à entrer à l'Institut du Radium, grâce à l'appui de Langevin, pour s'y livrer à sa passion : la recherche. Il ne tarda pas à épouser Irène Curie, la fille de la « patronne » et comme toujours en pareil cas, les ragots les plus malveillants circulèrent sur l'arrivisme du nouveau venu. Ils furent vite anéantis par les dons exceptionnels du jeune marié.

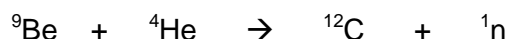
Dans une première étape, Frédéric et Irène reproduisirent et confirmèrent les résultats de Bothe et Becker. Eux aussi se crurent en présence d'un nouveau rayon gamma et pour pousser plus loin son analyse ils recherchèrent son influence sur les atomes d'hydrogène. Pour cela ils utilisaient un solide riche en hydrogène, la paraffine. Or, à leur profonde surprise, ils constatèrent, au cours de l'irradiation, que des protons (noyaux d'hydrogène) étaient éjectés du bloc de paraffine bien qu'aucun rayon gamma ne soit susceptible d'y parvenir.

Sans pouvoir valablement les interpréter, ils publièrent néanmoins leurs résultats expérimentaux.

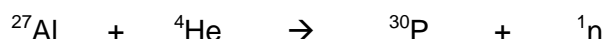
Lorsqu'il lut l'article de Frédéric et Irène Joliot, Chadwick, un physicien anglais du laboratoire Cavendish à Cambridge, laissa exploser sa joie. Depuis presque dix ans il était sur la piste d'une particule-fantôme, le neutron, sans jamais réussir à la coincer. D'abord il ne croyait pas

que les noyaux puissent contenir des électrons, cela lui semblait contre nature. Ensuite il avait constaté dans sa chambre de Wilson que parfois des particules changeaient brusquement de direction, sans raison apparente, comme si elles avaient buté sur un obstacle invisible. Maintenant, grâce à l'information fournie par les Joliot, il tenait le bon bout et quelques expériences particulièrement bien montées et interprétées lui permirent de prouver sans ambiguïté que le rayonnement de Bothe et Becker n'était autre qu'un flux de neutrons, ces derniers ayant la même masse unitaire que les protons, mais dépourvus de charge électrique.

La découverte de Chadwick était capitale : non seulement elle fournissait une solution enfin satisfaisante pour la structure du noyau et pour les isotopes (qui ne diffèrent entre eux que par leur nombre de neutrons) mais en plus elle offrait aux expérimentateurs une particule-reine qui allait changer la face de la chimie nucléaire. La réaction découverte à leur insu par Bothe et Becker pouvait s'écrire :



Les Joliot furent un peu déçus d'être passés si près du but sans toutefois l'atteindre mais, comme le disait Chadwick lui-même, les expériences nucléaires sont une sorte de sport. Ils se consolèrent largement en 1934 en faisant eux aussi une découverte sensationnelle (qui leur valut le Prix Nobel), celle de la radioactivité artificielle. En bombardant dans des conditions appropriées l'aluminium par des particules alpha, ils obtinrent du phosphore 30 radioactif :



Désormais la médecine et la recherche n'étaient plus tributaires des seuls radioéléments naturels, rares et chers.

4 - JUSQU'OUÙ PEUT-ON ENGRAISSER LES MAMMOUTHS ?

L'apparition du neutron ouvrit aux physiciens un horizon nouveau dans le cadre de l'étude du noyau. En effet le neutron (neutre par définition), pouvait s'approcher du noyau (positif) sans rencontrer l'obstacle des forces de Coulomb.

Dans la mise en œuvre du nouveau projectile c'est sans doute l'italien Enrico Fermi qui se montra le plus astucieux. Il prit pour cible un mastodonte : l'uranium. Pour se faire une idée de la masse de ce noyau, il faut imaginer que si l'on figure celui d'hydrogène par un homme de 75Kg, alors le noyau d'uranium se compare à un mammoth de près de 18 tonnes. De plus Fermi avait une arrière-pensée : il espérait par ce moyen accéder à des éléments plus lourds encore que l'uranium et de numéros atomiques plus élevés, inconnus dans la nature. Très sûr de lui, il avait baptisé par avance ses transuraniens : éka-rhénium, éka-osmium....

Au début tout alla pour le mieux : en percutant les noyaux d'uranium, les neutrons faisaient apparaître des éléments radioactifs (peut-être même trop !) et Fermi ne doutait pas qu'il s'agissait de ses fameux transuraniens. Encore fallait-il le prouver et pour cela isoler les radionucléides produits ; et là, c'était une autre paire de manches....Les isoler, il ne fallait d'ailleurs pas y songer car ils apparaissaient en traces infimes et ne se manifestaient que par leur radioactivité. Chimiquement

parlant on pouvait seulement leur faire jouer le rôle de « traceurs » en ajoutant dans la bouillie radioactive obtenue un élément (sous forme d'un composé) non radioactif, par exemple du lanthane ou du baryum, et constater si le produit radioactif inconnu « suivait » ou non le lanthane ou le baryum au cours des minutieuses séparations chimiques. Et s'il « suivait » un élément, c'est qu'il présentait des propriétés chimiques comparables à celui-ci.

Pour se livrer à cet exercice hautement délicat, seuls deux laboratoires se situaient vraiment au top niveau : celui d'Irène Joliot-Curie à l'Institut du Radium de Paris et celui d'Otto Hahn à l'Institut de Chimie Kaiser-Wilhelm de Berlin. L'un et l'autre avaient irradié le thorium et l'uranium par des neutrons et tenté vainement de démêler les différents produits radioactifs obtenus.

Dans son travail Irène Joliot était assistée d'un stagiaire yougoslave, Pavle Savitch, et Otto Hahn de Lise Meitner et Fritz Strassmann. Fort de son prix Nobel de chimie, Frédéric Joliot s'était vu confier une chaire de chimie nucléaire au Collège de France et avait donc quitté l'Institut du Radium. Quant à Lise Meitner elle dut s'exiler précipitamment en 1938, victime de l'antisémitisme ambiant.

Pour ne pas se disperser, Irène Joliot s'était focalisée sur un émetteur de rayons bêta, assez facile à distinguer, de période $3h1/2$ (temps au bout duquel la moitié de la radioactivité a disparu), qui « suivait » le lanthane et qu'elle supposait être un isotope du radium. Ce choix paraissait de plus original puisque l'élément en question n'avait pas été signalé par Otto Hahn. Or ce dernier qui avait élaboré une classification complexe des soi-disant transuraniens ne pouvait insérer ce radium de $3h1/2$ dans

le puzzle compliqué de tous ses éka-quelque-chose. Il écrivit donc à Mme Joliot en la priant poliment mais fermement de bien vouloir se rétracter.

Celle-ci le fit mais en partie seulement : elle admit que le radioélément qu'elle étudiait pouvait très vraisemblablement ne pas être un radium, mais maintint mordicus que sa période était de $3h1/2$ et qu'il suivait le lanthane dans les séparations chimiques.

Entre Paris et Berlin la controverse scientifique tournait au vinaigre. En mai 1938, lors d'un congrès de chimie à Rome, Otto Hahn confia à Frédéric Joliot qu'il était sur le point d'apporter un démenti définitif aux assertions de sa femme.

Piquée au vif, Irène, convaincue que son élément inconnu ne pouvait être du radium, était de l'actinium, réalisa une expérience extrêmement délicate, apprise de sa mère, consistant à séparer le lanthane de l'actinium : l'émetteur bêta de $3h1/2$ suivit le lanthane ; or ce dernier, de masse atomique 139, ne pouvait pas provenir de l'uranium. C'était à n'y rien comprendre.

Otto Hahn qui utilisait comme entraîneur non du lanthane mais du baryum (de masse atomique très voisine) en pensant que son transuranien recherché était chimiquement proche du radium, lui aussi retroussa ses manches et sépara le baryum du radium : son soi-disant éka-radium suivit le baryum. Sonné, mais pas encore au tapis, il reprit avec une minutie extrême les expériences d'Irène Joliot : elle avait raison.

En tant que chimiste, tout portait Otto Hahn à dire : « J'obtiens du lanthane, j'obtiens du baryum. » Mais en tant que physicien, c'était impossible. A moins que...

Un peu à contre-cœur il se mit en devoir de publier ces résultats curieux avec une certaine hésitation (selon ses propres termes). Pourtant, en accord avec

Strassmann, au moment de signer le bon à tirer (qui en principe est destiné aux corrections typographiques, non aux modifications de fond), il franchit le Rubicon : ils ont bien obtenu du lanthane et du baryum, la seule explication étant que, sous l'impact d'un neutron, le noyau d'uranium se casse en deux morceaux de masses sensiblement égales.

Lorsque paraît l'article de Hahn en janvier 1939, les atomistes capables d'en comprendre la portée et les conséquences se comptent sur les doigts d'une main. Fermi (déjà exilé aux USA), interrogé par son collègue Rabi sur les implications militaires inquiétantes de l'énergie atomique, lui répond : « balivernes ». Seul Szilard remue ciel et terre pour qu'aucun résultat ne soit plus publié par les démocraties.

Après avoir lu le papier de Hahn, Frédéric Joliot s'enferme dans son bureau plusieurs jours sans parler. Sa réflexion le conduit à deux premières conséquences capitales :

1. les deux noyaux produits par la fission seront vraisemblablement incapables d'héberger l'ensemble des quelque 146 neutrons du noyau d'uranium initial. Certains vont s'échapper et pouvoir être utilisés pour créer de nouvelles ruptures. C'est le principe de la réaction en chaîne.
2. la nouvelle réaction nucléaire doit conduire à la production d'une énergie colossale.

Dans une première étape il prouve la réalité physique de la fission. Estimant que l'explosion du noyau, par sa violence, doit projeter une partie des produits de fission hors de l'échantillon irradié, il recueille ceux-ci sur une feuille placée à 3cm de l'uranium.

Ce résultat indispensable étant acquis, il constitue avec Hans Halban et Lew Kowarski l'équipe la plus épatante dont on puisse rêver pour percer les secrets de la réaction en chaîne. Pendant 1an1/2, le trio va abattre un travail prodigieux : diffusion des neutrons dans l'eau, preuve que la fission émet des neutrons rapides, intérêt des neutrons lents, rôles de l'eau lourde et du carbone comme modérateurs, contrôle de la réaction par le cadmium, constitution d'un stock d'uranium et d'eau lourde.....au printemps 1940, l'équipe Joliot n'était pas très éloignée de la construction d'un premier réacteur à eau lourde. Mais la débâcle de la France sera aussi celle de sa chimie nucléaire. In extremis, en juin 40, Halban et Kowarski pourront passer en Angleterre, emportant avec eux la précieuse réserve d'eau lourde.

C'est à Fermi, en décembre 1942 à Chicago, que reviendra le mérite de construire le premier réacteur par l'empilement de briques de graphite très pur incrustées d'uranium-métal, d'où le nom de « pile » utilisé longtemps pour désigner ce genre de dispositif.

O-O-O-O-O

EN GUISE DE CONCLUSION :**ILS L'ONT BIEN MERITÉ**

PRIX NOBEL

PHYSIQUE (1903) : Henri Becquerel, Pierre & Marie Curie
CHIMIE (1908) : Ernest Rutherford
CHIMIE (1911) : Marie Curie
PHYSIQUE (1918) : Max Planck
CHIMIE (1921) : Frédérick Soddy
CHIMIE (1922) : William Aston
PHYSIQUE (1922) : Niels Bohr
PHYSIQUE (1926) : Jean Perrin
PHYSIQUE (1927) : Charles Wilson, Arthur Compton
CHIMIE (1935) : Frédéric & Irène Joliot-Curie
PHYSIQUE (1938) : Enrico Fermi
CHIMIE (1944) : Otto Hahn