

## NUCLEAIRE - XXIII

# LA RECHERCHE NUCLEAIRE AUX ETATS-UNIS

Robert Six

## I. SITUATION DE LA RECHERCHE NUCLEAIRE AUX ETATS-UNIS

Quelle était la situation de la recherche nucléaire aux Etats-Unis à la veille de la deuxième guerre mondiale ?

Plusieurs départements répartis dans diverses universités de prestige se partagent les programmes de recherches. Citons les trois principaux :

**A. Le groupe de la « Columbia University »**, à New York, sous la direction de **George PEGRAM** et que rejoindra **Enrico FERMI** dès son arrivée à New York. La *Columbia University in the City of New York* (Université Columbia dans la Ville de New York), est plus vieille que les Etats-Unis. Elle a été fondée en 1754<sup>1</sup> par une charte émanant du roi d'Angleterre **George II**. En mai 1899, l'*American Physical Society* fut fondée au sein de la *Columbia University*. Quelques années plus tard (1904), la fondation *Earnest Kempton Adams* encourage ce département à inviter des scientifiques de grande renommée. Ainsi, **Hendrik LORENTZ** fut nommé maître de conférences en 1905 - 1906 et **Max PLANCK** en 1909. C'est durant son séjour dans cette institution que **LORENTZ** publia sa *Théorie des électrons*. En 1927, le département de physique quitte ses locaux pour un nouveau bâtiment, le laboratoire *Pupin*, érigé en l'honneur d'un brillant scientifique américano-serbe : **Michael Idvorsky PUPIN\***.

**\*Michael Idvorsky PUPIN** : physicien américain d'origine serbe, né le 4 octobre 1858 en Hongrie. Il améliore la transmission des communications téléphoniques sur les longues distances en plaçant des bobines le long des câbles de communication. Ces bobines sont désignées par le terme « Pupin ». Enfant de parents illettrés, il devient en 1890 enseignant à l'université de Columbia et met en évidence que les atomes frappés par les rayons X émettent des rayons X. Il reçoit le prix Pulitzer en 1924 pour son autobiographie « *De l'émigrant à l'inventeur* ». Il décède le 12 mars 1935 à New York.

**B. Le groupe de Berkeley**, sous la direction d'**Ernest Orlando LAWRENCE**. Le laboratoire, fondé par **LAWRENCE** en 1931 est le plus ancien du réseau des laboratoires nationaux américains. Le *Ernest Orlando Lawrence National Laboratory*, anciennement *Berkeley*

<sup>1</sup> Pour rappel, l'indépendance des Etats-Unis a été proclamée par le premier Congrès, le 4 juillet 1776.

*Radiation Laboratory* et plus connu sous le nom de *Berkeley Lab* ou LBNL, dépend du Département de l'énergie et est situé à Berkeley, Californie. Il est géré par l'Université de Californie.

Ce qui fit la notoriété de LAWRENCE, c'est son invention du **cyclotron**, Son premier modèle d'un **diamètre de 11 cm**, fait de fils et de cire à cacheter, lui coûta probablement **25\$ au grand maximum**. Et il marchait ! Quand son inventeur lui applique une tension de **2.000 volts**, il obtient des particules tournant de **80.000 eV**. LAWRENCE met au point des modèles de plus en plus grands et performants. Autour du **cyclotron**, LAWRENCE construit son *Radiation Laboratory* qui va devenir un des laboratoires les plus avancés de la recherche en physique des hautes énergies.

Ce genre de matériel, permettant d'accélérer des particules en vue de bombarder une cible sera décrit dans un article ultérieur, « Les accélérateurs de particules ».

« Sans aucun doute, la plus grande réussite de LAWRENCE a été d'inventer le cyclotron, dit Herbert YORK, un de ses collègues. Le cyclotron a eu un impact important sur les avancées scientifiques qui l'ont suivi. »

La découverte de la radioactivité artificielle par Irène et Frédéric JOLIOT-CURIE en 1934 ouvre un champ de recherche imprévu au *Radiation Laboratory* : la **création de nouveaux radioéléments** par bombardement d'un élément avec des noyaux de deutérium (deutérons) ou des neutrons. La fabrication de certains de ces radioéléments, comme le sodium 24, en quantité suffisante pour la recherche biomédicale assure une partie du financement nécessaire afin de perfectionner sans cesse le cyclotron. Ces **travaux en radiobiologie**, prennent une importance considérable. Les physiciens du *Radiation Laboratory*, toujours en quête d'argent, deviennent peu à peu esclaves de leur cyclotron, abandonnant les projets de recherche à long terme et faisant tourner la machine nuit et jour. Cette situation ne change qu'avec l'annonce de la **fission de l'uranium** et l'énorme effort financier qui s'en suivra, consenti par les États-Unis pour se doter de l'arme nucléaire.

Outre la radiobiologie, le *Radiation Laboratory* est pionnier dans un autre travail de recherche interdisciplinaire autour des radioéléments produits par le cyclotron : l'**étude des propriétés des isotopes radioactifs ou radiochimie**. Il travaille en étroite collaboration avec le département de Chimie de Berkeley dont trois de ses membres, **Gilbert Newton LEWIS\***, **Williard Frank LIBY\*\*** et **Samuel RUBEN°**, jouent plus particulièrement un rôle d'intermédiaires. Le département de Chimie dirigé par **Wendell LATIMER** est **depuis 1930** environ un des principaux lieux d'essor de la **radiochimie** hors d'Europe. Il accueille ainsi le premier **compteur Geiger-Müller** et la première **source de neutrons** construits aux États-Unis.

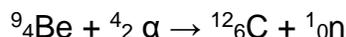
**\*Gilbert Newton LEWIS** (\*23-10-1875 - †23-03-1946) : physicien et chimiste américain connu pour sa théorie du partage d'électrons dans la liaison chimique et pour sa théorie des acides et des bases. LEWIS développa la physique théorique par l'étude de la thermodynamique appliquée à l'équilibre chimique.

**\*\*Willard Frank LIBBY** (\*17-12-1908 - †08-09-1980) : physicien et chimiste américain connu pour son rôle dans le développement de la méthode de datation par le  $^{14}\text{C}$ , qui a révolutionné l'archéologie. Il a reçu le prix Nobel de chimie de 1960 pour ses travaux.

◦**Samuel RUBEN** (\*14-07-1900 - †16-07-1988) : inventeur américain qui s'est distingué en électrochimie et en physique de l'état solide. Il est de plus le fondateur de Duracell.

▪Le compteur Geiger, ou compteur Geiger-Müller (ou compteur G-M), sert à mesurer certains rayonnements ionisants (particules alpha, beta, gamma ou rayons X, mais pas les neutrons). Cet instrument de mesure, dont le principe fut imaginé vers 1913 par Hans GEIGER, fut mis au point par Geiger et Walther MÜLLER en 1928.

Les **sources de neutrons** sont les réactions nucléaires au cours desquelles apparaissent ces particules par une voie indirecte. La principale de celles-ci consiste à accélérer des particules  $\alpha$  dans un cyclotron et de prendre pour cible différents noyaux comme le  $^9_4\text{Be}$ . Les particules  $\alpha$  sont capturées. Elles réagissent avec les noyaux des cibles, qui se transforment en un autre élément avec émission d'un neutron, selon la formule suivante dans le cas du béryllium :



Les neutrons expulsés sont animés d'une grande vitesse (quelques MeV) à cause des réactions assez exo-énergétiques.

- C. Le groupe du « Princeton Institute ».** La prestigieuse Université de Princeton (New Jersey), fondée en 1746, également avant la création des Etats-Unis, dans la tradition d'Oxford et Cambridge en Angleterre, est le siège de l'*Institute for Advanced Studies* où l'on rencontre d'éminents scientifiques, tels qu'**Albert EINSTEIN**, **John VON NEUMANN** et **Hermann WEYL**. La physique fondamentale est enseignée par des physiciens de renom, comme **Eugène WIGNER** et **John WHEELER**. Un des laboratoires, le *Palmer Physical Laboratory* héberge également un cyclotron.

## II. LA NOUVELLE DE LA DECOUVERTE DE LA FISSION ARRIVE AUX ETATS-UNIS

Revenons quelque peu en arrière, au moment où **Lise MEITNER** et son neveu **Otto FRISCH** émettent l'hypothèse selon laquelle l'absorption d'un neutron par un noyau d'uranium provoque parfois la scission de celui-ci en deux parties approximativement égales, ainsi que la libération d'une énorme quantité d'énergie. Cette hypothèse se base sur l'importante découverte de **HAHN** et **STRASSMANN** (publiée dans *Naturwissenschaften* au début du mois de janvier 1939) qui démontrait que le bombardement de l'uranium par des neutrons produisait un isotope du baryum.

Ses vacances terminées, **FRISCH** rejoint son poste à Copenhague auprès de **Niel BOHR**. Il met ce dernier au courant de leur déduction, provoquant une vive réaction de la part du savant danois :

« Mais quels imbéciles nous avons été ! Mais c'est magnifique ! C'est exactement comme ça que cela doit être ! Avez-vous, **Lise MEITNER** et vous, écrit un article sur le sujet ? »  
« Pas encore, répondit **FRISCH**, mais nous allons le faire immédiatement ».

**BOHR** promet de garder secrète l'interprétation de **MEITNER** et **FRISCH** jusqu'à ce qu'ils publient un article afin de leur assurer la paternité de la découverte et de l'interprétation. Le savant s'apprête à passer un semestre à l'*Institute for Advanced Study* de Princeton, aux USA, pour y rencontrer les physiciens **EINSTEIN** et **WIGNER**, le mathématicien **VON NEUMANN**, ainsi que le jeune physicien américain **John WHEELER** qui avait passé un an, en 1934, à Copenhague. Le 7 janvier 1939, sur le quai de la gare, **FRISCH** remet à son mentor une première version de l'article que sa tante et lui ont l'intention de publier dans la revue *Nature*. **BOHR** est accompagné d'un jeune physicien belge, professeur à l'Université de Liège, **Léon ROSENFELD**, qui a obtenu une bourse pour travailler à Princeton. Les deux hommes se connaissent depuis dix ans et ont déjà collaboré sur des sujets communs. Pendant la traversée de l'Atlantique, **BOHR** met son collègue au courant de cette extraordinaire découverte, oubliant la promesse faite à **FRISCH**. A l'arrivée à New York, le 16 janvier, ils sont accueillis par **Enrico FERMI** et sa femme, et **John WHEELER**. **ROSENFELD\*** est immédiatement emmené par **WHEELER** vers Princeton, tandis que **BOHR** passe quelques jours dans « *Big Apple* ». Le jeune physicien belge informe ses futurs collègues de Princeton des propos de son compagnon de voyage. La nouvelle fait l'effet d'une bombe dans le lanterneau américain, au grand désespoir de **BOHR** qui n'a pas su tenir sa langue.

L'énorme puissance énergétique que laisse prévoir la fission d'un atome impressionne spécialistes et profanes à tel point que le *New York Time* du 28 janvier 1939 titrait : « *Une explosion atomique libère 200.000.000 volts* ».

De son côté, **Otto FRISCH** ne semble pas pressé de faire publier leurs conclusions. Il en discute avec **George PLACZEK** qui se montre sceptique. Aussi, décide-t-il de monter une expérience afin de confirmer les résultats du laboratoire de Dahlen à Berlin. Il bombarde une fine couche d'uranium, posée dans une chambre d'ionisation, au moyen d'une source de neutrons et détecte effectivement de grandes impulsions électriques qu'il interprète comme celles correspondant à des noyaux de terres rares d'une centaine de MeV. Après une longue

discussion avec sa tante, il envoie deux articles à la revue *Nature*. Le premier paraît le 11 février 1939<sup>2</sup>. Cherchant un terme pour définir ce phénomène, il s'adresse à son collègue biochimiste, William ARNOLD, qui lui propose le mot « **fission** ». Dans le deuxième article<sup>3</sup>, publié le 18 février, FRISCH décrit les résultats de son expérience.

Une course contre la montre va commencer, car tous les physiciens atomistes se sont rendu compte du danger potentiel que présente la possession d'une telle puissance. Nous avons vu précédemment que l'équipe française de JOLIOT-CURIE en France avait orienté ses recherches dans ce sens et avait déposé trois brevets.

**\*Léon ROSENFELD** (1904 - 1974), physicien théoricien belge. Doctorat de l'université de Liège (1926), suite de séjours postdoctoraux à Paris, Göttingen, et enfin Zurich, où il se familiarise avec les travaux d'HEISENBERG et PAULI en électrodynamique quantique.

De 1930 à 1940, il est membre de la faculté de Liège, et un des plus proches collaborateurs de BOHR faisant de fréquents séjours à Copenhague. Le fruit principal de cette collaboration est leur analyse de la mesurabilité des champs quantiques en électrodynamique quantique, publiée en 1933.

De 1940 à 1947, il est professeur à l'université d'Utrecht, aux Pays-Bas.

De 1947 à 1958, il est directeur du département de physique théorique de l'université de Manchester, en Angleterre.

De 1958 jusqu'à sa mort en 1974, il occupera une chaire au « *Nordita* », l'institut nordique de physique théorique créé en 1957 sur l'initiative de BOHR, et installé à Copenhague, au Danemark.

**Bibliographie :**

Niels BOHR et Léon ROSENFELD ; *Zur frage der messbarkeit der electromagnetischen feldgrossen*, Kgl. Danske Videnskabernes Selskab Mat.-Fys. Medd. 12 (1933) 8. Voir également : Niels BOHR et Léon ROSENFELD ; *Field and Charge Measurements in Quantum Electrodynamics*, Physical Review 78 (1950) 794.

### III. MISE EN PLACE DES RECHERCHES SUR LA FISSON AUX ETATS-UNIS

L'indiscrétion de Léon ROSENFELD, relève Niel BOHR de sa promesse et lui permet de dévoiler la nouvelle lors de ses conférences. En 1954, dans un discours prononcé à

<sup>2</sup> L. MEITNER et O. R. FRISCH, « Disintegration of Uranium by Neutrons : a New Type of Nuclear reaction », *Nature* 143, 239-240, 11 février 1939.

<sup>3</sup> O.R. FRISCH, « Physical Evidence for the division of Heavy Nuclei Under Neutron Bombardment », *Nature* 143, 276, 18 février 1939.

l'occasion de son départ de la présidence de l'*American Physical Society*, **FERMI** rappelle la manière dont il en fut informé :

*« Je me souviens avec précision du premier mois, janvier 1939, où j'ai commencé à travailler dans les Laboratoires Pupin car tout est allé très rapidement. À l'époque, Niels BOHR enseignait à Princeton et je me souviens qu'un après-midi Willie LAMB est revenu très excité pour annoncer que BOHR avait divulgué une grande nouvelle. Cette fuite était la découverte de la fission et au moins les grandes lignes de son interprétation. Ensuite, un peu plus tard durant le même mois, il y a eu une conférence à Washington où l'importance potentielle du phénomène de fission nouvellement découvert a été pour la première fois discutée à moitié sérieusement comme source possible d'énergie nucléaire ».*

Le physicien italien veut en avoir le cœur net. Des conversations entre **FERMI**, **John R. DUNNING** (1907-1975) et **G.B. PEGRAM** (1876-1958) débouchent sur la recherche à Columbia des rayonnements ionisants produits par les fragments du noyau d'uranium obtenus après cette fameuse "fission". Un cyclotron vient d'être monté à Columbia et un jeune étudiant en physique, **Herbert ANDERSON** y termine sa thèse sous la direction de **DUNNING**. Celle-ci porte sur « *la diffusion des neutrons créés par bombardement de noyaux cibles avec des particules  $\alpha$  accélérées dans le cyclotron* ». Pour vérifier cela, il a construit une chambre d'ionisation connectée à un accélérateur linéaire. Très rapidement les trois comparses (**FERMI**, **DUNNING** et **ANDERSON**) adaptent l'appareillage pour détecter l'ionisation du gaz de la chambre provoquée par les noyaux créés lors de la fission de l'uranium. **Le 25 janvier 1939**, l'oscilloscope à rayons cathodiques affiche des pics d'intensité correspondant à la fission de l'uranium. **FERMI** est convaincu.

**Le lendemain, 26 janvier 1939**, se tint une conférence de physique théorique à Washington, organisée conjointement par l'Université George Washington et la *Carnegie Institution* de Washington. **FERMI** et **BOHR** y participent. Ils débattent pour la première fois de **l'importance probable du problème de la fission**. **FERMI** mentionne en particulier la possibilité que des neutrons puissent être émis durant le processus :

*« En effet, si un important bouleversement de la structure nucléaire se produit au cours de la fission, il semble probable que quelques neutrons puissent "s'évaporer" du noyau. Et si un neutron s'évapore, pourquoi pas plusieurs ? Disons deux pour simplifier. A leur tour, chacun d'entre eux peut provoquer une nouvelle fission »* écrit-il.

Bien que ce ne soit qu'une hypothèse, ses conséquences, c'est-à-dire la **possibilité d'une réaction en chaîne**, sont évidentes. De nombreux articles à sensation furent publiés dans la presse à ce sujet. Avant la fin de la conférence à Washington, plusieurs autres expériences étaient lancées pour confirmer la thèse de la fission du noyau.

Le 15 février 1939, dans la *Physical Review*, quatre laboratoires annoncent des résultats positifs (Université de Columbia, *Carnegie Institution* de Washington, Université Johns Hopkins, Université de Californie). À ce moment, BOHR savait que des expériences similaires avaient été entreprises dans son laboratoire de Copenhague vers le 15 janvier (Lettre de FRISCH à *Nature* datée du 16 janvier 1939 et parue dans le numéro du 18 février). Frédéric JOLIOT-CURIE à Paris avait aussi publié ses premiers résultats dans les *Comptes Rendus* du 30 janvier 1939. À partir de ce moment là, il y eut une publication régulière d'articles sur la fission, de telle manière que, dans la *Review of Modern Physics* du 6 décembre 1939, L.A. TURNER de Princeton en dénombra presque une centaine.

Le groupe de recherche américain le plus actif est celui de la *Columbia University*, où travaillent FERMI et SZILARD. Au printemps 1939, ils observent que la fission de l'uranium émet un nombre de neutrons supérieur à celui des neutrons absorbés. Ce résultat est une condition nécessaire pour obtenir une réaction en chaîne.

Retrouvons Niels BOHR à Princeton. Au départ, son intention était d'y travailler avec les physiciens prestigieux qui y enseignaient dont EINSTEIN, mais certainement pas sur la fission. Pourtant, c'est là qu'il entreprendra ses travaux fondamentaux sur la question. Le 7 février 1939, il rédige à l'intention de *Physical Review*, une lettre à l'éditeur dans laquelle il propose une hypothèse au difficile problème rencontré par MEITNER, HAHN et STRASSMANN en 1938, à savoir l'absorption des neutrons de 25 eV (soit environ 70 km/s) par l'uranium sans donner lieu à une fission. Il suggère que la probabilité de produire une fission augmente lorsque l'énergie (ou la vitesse) des neutrons diminue. Elle est maximum pour les neutrons les plus lents, dits thermiques, de 0,025 eV, soit 2,2 km/s.

L'uranium naturel est constitué de deux isotopes,  $^{238}\text{U}$  et  $^{235}\text{U}$ , dont on venait de déterminer les proportions relatives : 99,3% d' $^{238}\text{U}$  pour seulement 0,7% d' $^{235}\text{U}$ . La déduction de BOHR repose sur le fait que la résonance à 25 eV est du ressort de  $^{238}\text{U}$  qui ne fissionne pas, tandis que  $^{235}\text{U}$  se scinde sous l'action des neutrons lents. Il étaye son explication par un simple argument d'énergie de liaison du neutron. BOHR, en collaboration avec John WHEELER, après des travaux plus complets sur le phénomène, envoie un article de 25 pages à *Physical Review*, qui est publié le 28 juin 1939.

Se basant sur le modèle de la « goutte d'eau », ils sont capables d'expliquer la plus grande partie des observations expérimentales :

- la vitesse des deux fragments de fission ;
- comment la probabilité de fissionner varie avec l'énergie du neutron ;
- pourquoi il existe dans certain cas une énergie minimum pour que le neutron produise la fission, un seuil.

Cet article reste la base à la compréhension du phénomène de la fission de l'uranium.

#### IV. INQUIETUDE DES SCIENTIFIQUES EMIGRES

En fait, on peut avancer que ce sont les scientifiques qui entrèrent en guerre contre le nazisme avant les nations. Dans les chapitres précédents, j'ai montré l'inquiétude de ces hommes de science et plus particulièrement de SZILARD et WIGNER qui étaient persuadés de l'avance prise par les chercheurs allemands dans le domaine de l'élaboration d'une arme nucléaire.

**FERMI**, dans son discours du 19 novembre 1945, rappelle cette inquiétude qui gagne les physiciens lorsque qu'ils comprirent qu'une réaction en chaîne était possible :

*« Au printemps 1939, il apparut de notoriété publique qu'un processus de fission, induit par la collision d'un neutron avec un atome d'uranium, produisait à son tour davantage qu'un nouveau neutron, peut-être deux ou trois. De nombreux physiciens comprirent alors qu'une réaction en chaîne fondée sur la fission de l'uranium était envisageable. Cette possibilité était accueillie avec espoir, mais aussi avec une grande inquiétude : tout le monde était conscient, au début de 1939, de l'imminence d'une guerre mondiale. L'on craignait que les nazis exploitent les premiers le terrible potentiel militaire des récents développements scientifiques. »*

Rappelons les tentatives infructueuses de **SZILARD** pour inciter les chercheurs à ne plus publier les résultats de leurs travaux, notamment ses contacts avec **Frédéric JOLIOT-CURIE**. Aux Etats-Unis, cette proposition d'autocensure ne fut pas mieux accueillie. Seul trois atomistes donnèrent leur accord immédiat : **Eugen WIGNER**, qui travaillait depuis 10 ans à Princeton, **Edward TELLER** qui avait rejoint l'université George-Washington, sous la recommandation de son ami **GAMOW**, et **Victor WEISSKOPF**, arrivé récemment de Copenhague à l'université de Rochester.

Cependant, étant donné l'atmosphère qui régnait dans le milieu universitaire allemand et les événements politiques, l'idée de cessation de toute relation scientifique avec les pays totalitaires fait son chemin parmi les chercheurs américains. Volontairement, ils renoncent, jusqu'à nouvel ordre, à publier leurs travaux sur la recherche atomique. **FERMI** évoquera ce silence, quelques années plus tard :

*« Cette phase du travail fut marquée par un fait curieux : pour la première fois, le sujet fut traité en secret, secret qui devait nous affliger pendant de nombreuses années. En effet, contrairement à l'opinion la plus répandue, le secret ne fut pas imposé par les généraux, ni par les agents du contre-espionnage, mais bien par les physiciens. L'homme le plus actif dans l'instauration de cette pratique inhabituelle pour les physiciens fut Leo SZILARD ».*

Et de poursuivre :

*« Il surprit grandement les physiciens en leur expliquant qu'il était de leur devoir d'abandonner la tradition consistant à publier leurs résultats dès que la « Physical Review » ou tout autre revue pouvait les imprimer ; selon lui, les circonstances – au début de 1939, le spectre de la guerre planait – et le danger de voir l'énergie atomique devenir, entre les mains des nazis, une arme qui réduirait le monde entier à l'esclavage, rendaient ce choix inévitable. Il fallait procéder avec une grande prudence et garder les résultats secrets jusqu'à ce que l'on détermine clairement leurs conséquences. SZILARD discuta avec de nombreux chercheurs et les convainquit qu'ils devaient s'unir en une sorte de – je ne sais pas si je peux m'exprimer ainsi – société secrète, ou quelque chose de similaire. Ils devaient rester en contact et transmettre confidentiellement les informations à un cercle limité de personnes, sans les publier. SZILARD envoya également de multiples télégrammes de mise en garde à JOLIOT en France, mais ne reçut pas une réponse très favorable : JOLIOT publia ses résultats [...]. Ainsi, l'émission de plusieurs neutrons au cours de la fission [...] fut connue de tous. La possibilité d'une réaction en chaîne prit corps dans l'esprit de nombreux physiciens ».*

De la fin avril à la fin juillet 1939, SZILARD et ses amis scientifiques cherchent un moyen d'attirer l'attention des instances gouvernementales américaines. Une première tentative est faite le 16 mars 1939 : George PEGRAM, le doyen de FERMI, écrit à l'amiral HOOPER, l'un des hauts fonctionnaires du ministère de la Marine à Washington pour l'informer que :

*« Des expériences menées dans les laboratoires de physique de l'Université de Columbia ont révélé que, sous certaines conditions, un élément chimique, l'uranium, libère l'énorme quantité d'énergie atomique qu'il contient. L'uranium pourrait donc être converti en un explosif capable de libérer des énergies, par unité de masse, un million de fois supérieures à tout autre explosif connu ».*

Il propose d'approfondir la question avec le professeur FERMI, qui est le mieux à même d'expliquer le phénomène. FERMI est convoqué, le 18 mars, par l'amiral HOOPER, pour présenter une conférence devant un parterre de scientifiques militaires et civils. A la suite de cette rencontre, HOOPER promet d'attribuer un modeste financement aux recherches sur la réaction en chaîne de l'Université de Columbia. C'est le premier signe tangible d'un intérêt des militaires pour le *Projet uranium*.

La parution, fin avril 1939, dans le *New York Times*, d'un rapport sur la session de printemps de la Société américaine de physique n'éveille pas plus l'intérêt des autorités de Washington.

Une nouvelle information renforça la crainte des scientifiques. Les Allemands interdisent toute exportation du minerai d'uranium des mines de Joachimsthal en Tchécoslovaquie occupée. A part cette source d'approvisionnement, seule la Belgique possède des réserves d'uranium sur son sol, en provenance du gisement de Shinkolobwe au Congo. SZILARD se demande s'il faut mettre ce métal, devenu nerf de la guerre, à l'abri des Allemands. A l'époque, les Etats-Unis n'étaient pas encore engagés dans la lutte mondiale et s'inquiétaient peu de la valeur stratégique d'un tel élément.

Cette situation inquiétante incita SZILARD à prendre contact avec Albert EINSTEIN, pensant pouvoir s'appuyer sur sa notoriété internationale. Le savant faisait, notamment, partie du petit cercle d'intellectuels et de musiciens que la reine Elisabeth de Belgique avait réunie autour d'elle. Par son intermédiaire, il serait possible d'envoyer un avertissement au gouvernement belge. EINSTEIN ne s'opposa pas à ce que SZILARD et WIGNER viennent le voir à Long Island, où il passait des vacances. L'historien Robert JUNGK raconte dans son livre « *Plus clair que mille soleils* » (dont je me suis déjà fortement inspiré) la rencontre des trois scientifiques.

SZILARD et WIGNER s'embarquent par une chaude journée de juillet 1939 pour la station balnéaire de Patchogue. Sur place, ils constatent que l'adresse est fausse.

« *Peut-être ai-je mal compris au téléphone le nom de la localité* », dit WIGNER. « *Cherchons s'il n'existe pas sur la carte un nom semblable.* »  
« *Peconic ? serait-ce celui-là ?* » demande SZILARD.  
« *Oui, maintenant je me rappelle,* » répond WIGNER.

Et nos deux hommes de reprendre la route. A Peconic, ils cherchent en vain la maison du docteur MOORE louée par EINSTEIN. Personne ne la connaît. Désespérés, ils s'apprêtent à rentrer, lorsque SZILARD s'adresse à un jeune garçon de sept ans, presque en manière de plaisanterie :

« *Sais-tu où habite EINSTEIN ?* »  
« *Bien sûr, dit l'enfant. Je peux vous y conduire.* »

Arrivé à bon port, après quelques instants d'attente, ils sont introduits par EINSTEIN, en pantoufles, dans le bureau. SZILARD raconte :

*« EINSTEIN n'avait pas envisagé la possibilité d'une réaction en chaîne dans l'uranium. Mais en m'écoutant, il comprit aussitôt les conclusions qui s'imposaient et se déclara prêt à nous aider, fût-ce à ses risques et périls. Toutefois, avant de prendre contact avec le gouvernement belge, il paraissait souhaitable d'informer le Département d'Etat. WIGNER proposa de rédiger une lettre au gouvernement belge et d'en envoyer copie au Département d'Etat, en lui donnant un délai de deux semaines pour formuler son veto, s'il pensait qu'EINSTEIN dût renoncer à envoyer sa requête. Voilà où en étaient les choses quand nous quittâmes la maison d'EINSTEIN à Long Island, WIGNER et moi. »*

Peu satisfait de cette visite, SZILARD cherche par tous les moyens à entrer en contact avec les représentants du gouvernement américain. Un ami l'adresse à Alexander SACHS, banquier, savant, homme de finance international et conseiller personnel du président ROOSEVELT. Au cours des quinze jours suivants, les deux hommes travaillent à l'élaboration d'un projet de lettre à soumettre non pas au Département d'Etat, mais directement au Président.

Le 2 août, SZILARD retourne voir EINSTEIN, mais cette fois, accompagné d'Edward TELLER. Les avis divergent sur l'identité de l'auteur de cette célèbre lettre. EINSTEIN et TELLER affirment que SZILARD avait en poche le projet élaboré avec SACHS, EINSTEIN se contentant de le signer. SZILARD donne un avis contraire :

*« Autant que je me souviens, EINSTEIN dicta en allemand à TELLER une lettre dont je m'inspirai pour rédiger deux missives destinées au président, l'une plus courte, l'autre assez longue, et je laissai à EINSTEIN le soin d'exprimer sa préférence. Il choisit la plus longue. Je préparai un mémorandum en additif à la lettre d'EINSTEIN, et lettre et mémorandum furent remis par SACHS au président en octobre 1939. »*

Otto NATHAN, ami et exécuteur testamentaire d'EINSTEIN, penche pour cette dernière version. Par contre TELLER affirme :

*« EINSTEIN ne fit que prêter son nom. Je crois qu'alors il ne saisissait même pas exactement en quoi consistaient nos travaux de physique nucléaire. »*

SACHS de son côté avance, avec un certain cynisme :

« Nous n'avons besoin d'EINSTEIN que pour auréoler SZILARD, presque inconnu encore à l'époque dans notre pays. Au fond, tout son rôle se borna à cela ».

Dans le chapitre « *Découverte de la fission nucléaire* », j'ai évoqué cet épisode et reproduit une partie de la lettre imputée à EINSTEIN. Cette fois, j'en donne l'intégralité (traduction française).

Albert EINSTEIN  
Old Grove Road  
Nassau Point  
Peconic,  
Long Island

À F.D. ROOSEVELT  
Président des Etats-Unis  
Maison-Blanche  
Washington D.C.

2 août 1939

« Monsieur,

*Des travaux récents, réalisés par E. FERMI et L. SZILARD, qui m'ont été communiqués sous forme de manuscrit, me conduisent à penser que l'élément uranium peut devenir une nouvelle et importante source d'énergie dans le futur immédiat. Certains aspects de cette situation inédite appellent à la vigilance et, en cas de besoin, à une réaction rapide du gouvernement. Je pense donc qu'il est de mon devoir d'attirer votre attention sur les faits et recommandations suivants :*

*Au cours des quatre derniers mois, - du fait des travaux de JOLIOT en France et de ceux de FERMI et SZILARD en Amérique - il est probable qu'il soit devenu possible de provoquer une réaction nucléaire en chaîne dans une masse importante d'uranium et par là même générer de vastes quantités d'énergie et de nouveaux éléments radioactifs. Il semble maintenant presque certain que cela pourrait être réalisé dans un futur proche.*

*Ce nouveau phénomène conduirait aussi à l'élaboration de bombes et il est concevable - quoi qu'avec moins de certitude - que des bombes extrêmement puissantes d'un nouveau type puissent ainsi être construites. Une seule de ces bombes, transportée par bateau et explosée dans un port, serait en mesure de détruire le port entier ainsi qu'une partie de ses environs. Cependant, de telles bombes pourraient se trouver trop lourdes pour être transportée par voie aérienne.*

*Les Etats-Unis possèdent des minerais pauvres en uranium, seulement en quantités modérées. Quelques minerais de bonne qualité existent au Canada et dans l'ancienne Tchécoslovaquie, mais la source la plus importante réside au Congo Belge.*

*Devant cette situation, il peut vous paraître souhaitable d'établir des contacts permanents entre l'Administration gouvernementale et le groupe de physiciens travaillant sur les réactions en chaîne en Amérique. Un moyen de parvenir à ce but serait que vous confiez cette tâche à une personne ayant votre confiance et qui pourrait peut-être agir à titre officieux. Sa tâche pourrait comprendre ce qui suit :*

- a) *approcher les différents Départements gouvernementaux, les tenir informé des développements futurs et leur proposer des recommandations pour le choix d'une action gouvernementale, en attirant particulièrement l'attention sur l'assurance, pour les Etats-Unis d'un approvisionnement en minerai d'uranium.*
- b) *Faire accélérer les travaux expérimentaux, qui sont actuellement menés en fonction des budgets limités des laboratoires universitaires, en accordant les fonds, s'ils sont requis, par ses contacts avec des particuliers prêts à apporter une contribution à cette cause et peut-être obtenir ainsi la coopération de laboratoires industriels disposant de l'équipement nécessaire.*

*Je pense savoir que l'Allemagne a actuellement arrêté la vente de l'uranium provenant des mines tchécoslovaques dont elle a pris le contrôle. Une telle mesure, prise aussi rapidement, peut être comprise par le fait que le fils du sous-secrétaire d'Etat allemand aux Affaires étrangères, von WEIZSÄCKER, travaille à l'Institut Kaiser Wilhelm de Berlin où certains travaux américains sur l'uranium sont répétés.*

*Avec mes sentiments dévoués*

*Albert EINSTEIN »*

**ROOSEVELT** est absorbé par l'aggravation de la situation internationale. Il veut revenir sur les restrictions que le *Neutrality Act* imposait à une intervention des États-Unis. Durant le milieu des années 1930, comme la guerre devenait plus menaçante, le président et le peuple américain souhaitent rester neutres. Le 31 août 1935, une loi sur la neutralité des États-Unis, qui s'interdisent de livrer directement des armes aux belligérants européens, est votée, c'est la "*Neutrality Act*". Elle sera appliquée à la guerre entre l'Italie et l'Éthiopie (octobre 1935) puis à la guerre civile en Espagne. Le 29 février 1936, un amendement prolonge sa validité jusqu'au 1<sup>er</sup> mai 1937 et interdit tout prêt ou crédit à un État en guerre. Le 1<sup>er</sup> mai 1937, un deuxième amendement rend permanentes les décisions prises en 1935 et 1936. La clause « *cash and carry* » introduite pour deux ans permet de vendre des armes (sauf des munitions) aux belligérants qui paient comptant (*cash*) et se chargent du transport (*carry*). Le 10 octobre, **ROOSEVELT** a l'assurance que le Congrès votera l'abolition de ce *Neutrality Act*. Ce ne sera que le 11 mars 1941 que le "**Lend-lease Act**" autorisera la livraison d'armes et le ravitaillement aux pays qui doivent se défendre contre les puissances de l'Axe. .

C'est le moment, le 11 octobre 1939, que choisit **Alexander SACHS** pour présenter la lettre au président, soit six semaines après sa rédaction. Afin qu'elle ne s'égaré pas dans le courrier il tint à la lire lui-même à **ROOSEVELT**, ainsi que le mémorandum ajouté par **SZILARD** et celui qu'il avait rédigé. La réaction du président le déçoit. Celui-ci, las d'avoir dû écouter si longtemps son conseiller tente de repousser l'affaire à plus tard arguant qu'il est prématuré pour le gouvernement d'intervenir dans ce domaine. En prenant congé, **SACHS** obtient tout de

même une invitation pour le petit déjeuner du lendemain. Il passe une nuit blanche à chercher quel argument de poids il peut présenter à **ROOSEVELT**. Au petit matin une idée lui vient à l'esprit. En entrant dans le bureau du président, celui-ci est seul et accueille son conseiller par ces mots :

« Eh bien, quelle idée éblouissante m'apportez-vous aujourd'hui, et combien de temps vous faudra-t-il pour l'exposer ? »  
« Peu de temps, répond **SACHS**. En vérité, je voudrais seulement vous conter une anecdote. »

Après avoir expliqué l'origine de son histoire, il en vient au fait :

« A l'époque des guerres napoléoniennes, un jeune inventeur nommé **FULTON** offrit un jour à l'Empereur de lui construire une flotte de bateaux à vapeur grâce auxquels celui-ci débarquerait en Angleterre sans avoir à se soucier des caprices du temps. Des navires sans voiles ! L'idée parut si invraisemblable au grand Corse qu'il congédia **FULTON**. Voilà, d'après l'historien anglais **Lord ACTON**, un cas typique où l'Angleterre fut sauvée par la courte vue de son adversaire », commente **SACHS**. Et d'ajouter : « Si Napoléon avait fait preuve alors de plus d'imagination et de modestie, l'histoire du XIX<sup>e</sup> siècle aurait pris un tout autre cours. »

Après un long silence, le président tend une fiche à son domestique qui revient peu de temps après avec un paquet. C'est une bouteille de vieille fine Napoléon pieusement conservée par la famille **Roosevelt**. Remplissant deux verres, il en présente un à **SACHS** et trinque avec lui, puis fait entrer son attaché, le général « Pa » **WATSON**. Du doigt, il lui montre les documents apportés par **SACHS** et dit :

« Pa, ceci signifie : nous devons agir ! ».

Et voilà comment l'on écrit la petite histoire !

A la suite de cela, **ROOSEVELT** décide la création d'un **Comité consultatif sur l'Uranium** (*Advisory Committee on Uranium*) dirigé par **Lyman BRIGGS**, directeur du *Bureau of Standards*, afin de coordonner les recherches sur la fission entreprises à la *Columbia University* et dans divers laboratoires américains. Y participe, en plus de **BRIGGS**, **SZILARD**, **WIGNER**, **SACHS**, **TELLER**, **Keith F. ADAMSON**, lieutenant-colonel de l'armée de terre, et **Gilbert C. HOOVER**, officier de marine. Un budget de **6.000 \$** est alloué pour la poursuite des recherches sur la réaction en chaîne, malgré l'opposition d'**ADAMSON**. Il faudra attendre **mars 1940** pour que les **6.000 \$** promis à **FERMI** et **SZILARD** par ce comité soient finalement débloqués, et cela grâce aux efforts incessants de **Leo SZILARD**. Ils vont permettre l'achat de l'uranium et du graphite ultra-pur nécessaire pour déterminer si une réaction en chaîne est possible avec de l'uranium naturel.

Rappelons que le 3 septembre 1939, les troupes allemandes ayant envahi la Pologne, la France et la Grande-Bretagne avaient déclaré la guerre à l'Allemagne. Entre-temps, l'Allemagne et l'URSS avaient signé, le 28 août 1939, un pacte de non-agression, accompagné d'une clause secrète aux termes de laquelle la Pologne devait être partagée entre les deux signataires.

Malgré l'accord de ROOSEVELT, les choses piétinent. Les autorités américaines ont du mal à sortir de leur léthargie, considérant ce « plan voué à l'échec ». Si BRIGGS a été nommé directeur du Projet uranium, c'est afin qu'il ne tombe pas aux seules mains de l'Armée ou de la Marine. Malheureusement, BRIGGS est de santé fragile et doit subir une grave intervention chirurgicale. Le Projet S-1 (ainsi nommé) semble périlcliter avec lui. Heureusement, il guérit et poursuit ses efforts.

SZILARD et SACHS décident de faire intervenir une seconde fois EINSTEIN. Ils lui font signer à nouveau une lettre à l'intention de ROOSEVELT, le 7 mars 1940, dans laquelle il est dit :

« Je viens d'apprendre que les recherches menées en Allemagne sur l'uranium sont poursuivies dans le plus grand secret et ont été étendues à un autre secteur de l'Institut Kaiser Wilhelm de Berlin, sous la direction de C.F. VON WEIZSÄCHER. »

EINSTEIN est invité à une réunion du comité en avril. Il décline cette invitation. Il ne jouera plus aucun rôle dans la fabrication de la bombe atomique, et c'est par la presse qu'il apprendra le bombardement d'Hiroshima.

Après la guerre, EINSTEIN manifesta plusieurs fois son regret d'avoir signé ces deux lettres :

« Si j'avais su que les Allemands ne réussiraient pas à fabriquer la bombe atomique, je n'aurais même pas levé le petit doigt ».

## V. RECHERCHES PRELIMINAIRES A LA REALISATION D'UN REACTEUR NUCLEAIRE

Dans les mois qui suivent son entrevue du 18 mars 1939 avec l'amiral HOOPER, FERMI et son équipe se lancent dans l'étude d'un projet de réacteur nucléaire. Ils choisissent le graphite comme modérateur de neutrons au lieu de l'eau lourde et l'uranium naturel qui contient une faible proportion d'<sup>235</sup>U (fissile). La séparation isotopique à cette époque pose des problèmes pratiquement insurmontables ce qui explique ce choix.

En février 1940, la mesure de la fission de l'<sup>235</sup>U est réalisée à la Columbia University par Alfred NIER, Eugene BOOTH, John DUNNING et Aristid VON GROSSE. La probabilité pour qu'un neutron lent entrant en collision avec un noyau d'<sup>235</sup>U produise la fission est effectivement très grande.

Cette année là, la Rockefeller Foundation octroie un million de dollars à Ernest LAWRENCE pour la fabrication d'un cyclotron de 152 cm de diamètre.

Au printemps 1940, FERMÍ est invité à donner une série de cours à Berkeley. Il y retrouve son compatriote Emilio SEGRE, réfugié depuis juillet 1938 aux Etats-Unis. Profitant du nouveau cyclotron construit par LAWRENCE et son équipe, les deux Italiens confirment la fission de l'uranium. De retour à Columbia, FERMÍ et ses collaborateurs reprennent les expériences sur le ralentissement des neutrons dans le graphite. Avec SZILARD, il imagine une astuce qui consiste à concentrer l'uranium en bloc, entouré de graphite plutôt que de mélanger uniformément les deux ingrédients. En effet, cette disposition permet de réduire la capture des neutrons non ralentis par l' $^{238}\text{U}$  et d'obtenir uniquement des neutrons thermiques à la sortie du graphite qui seuls sont capables de provoquer la fission de l' $^{235}\text{U}$ . Parallèlement, il développe la théorie sur la réaction en chaîne et arrive à la conclusion qu'il est impossible de fabriquer une arme nucléaire avec de l'uranium naturel car le processus y est trop lent. Le seul moyen est de concentrer l' $^{235}\text{U}$ .

Le 27 avril 1940, une seconde réunion du comité Briggs a lieu, qui décide d'attendre les résultats des expériences en cours avant d'entreprendre une action.

Nous avons vu précédemment que depuis les travaux de Frédéric JOLIOT et Irène CURIE, au début des années 30, qui montraient l'existence probable d'éléments au-delà de l'uranium (transuraniens), différents groupes de physiciens atomistes se mirent à la recherche d'un hypothétique « eka-rhénium », dont les propriétés chimiques auraient dû ressembler à celles de l'élément au-dessous duquel devait logiquement venir se placer le nouvel atome dans le tableau périodique, c'est-à-dire le rhénium. Ainsi, en 1934, Enrico FERMÍ et Emilio SEGRE annoncèrent à Rome la découverte du premier élément transurannique obtenu par bombardement d'un noyau d'uranium à l'aide d'une source de neutrons thermiques. Il s'avéra qu'ils avaient plutôt observé les produits de fission du noyau d'uranium sans s'en rendre compte.

En 1939, HAHN et STRASSMAN avaient démontré que l' $^{238}\text{U}$  peut capturer un neutron et se transformer ainsi en  $^{239}\text{U}$  qui se désintègre au bout de 23 minutes avec émission d'électrons. Grâce au nouveau cyclotron du laboratoire de LAWRENCE à Berkeley, deux de ces physiciens, Edwin McMILLAN et Philip ABELSON poursuivent les travaux d'Otto HAHN et constatent à leur tour qu'en ajoutant un neutron au noyau d' $^{238}\text{U}$ , celui-ci disparaissait en l'espace de quelques heures. En mai 1940, ils mettent en évidence que l' $^{238}\text{U}$  donne d'abord naissance à un autre isotope, l' $^{239}\text{U}$  de période radioactive très brève (23,5 minutes) qui se désintègre en émettant une particule bêta, avant de transmuter en un élément nouveau, de numéro atomique 93 et de masse atomique 239, qu'ils baptisèrent neptunium, du nom de la planète Neptune découverte à la suite d'Uranus

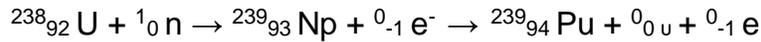


Le neptunium se désintègre à son tour en émettant un électron avec une période de 2,3 jours, donnant lieu à un nouveau transurannique de numéro atomique 94 et de masse atomique 239. Pour rester dans la logique des choses, il est appelé plutonium.

En décembre 1940, lors de leur deuxième rencontre chez FERMÍ dans le New Jersey, FERMÍ et SEGRE envisagent que la réaction en chaîne dans un réacteur à l'uranium naturel peut produire du  $^{239}\text{Pu}$ . FERMÍ pense qu'il est possible d'obtenir cet élément au moyen du cyclotron et charge SEGRE d'entreprendre cette étude à Berkeley. En janvier 1941, Glenn SEABORG, Edwin Mc MILLAN, Joseph KENNEDY et Arthur WAHL obtiennent une production

relativement importante de  $^{239}\text{Np}$  qui se désintègre spontanément en  $^{239}\text{Pu}$ . Ils mettent au point une **méthode chimique de séparation** des deux éléments et mesurent la **section efficace de fission du  $^{239}\text{Pu}$**  lorsqu'il est bombardé par des neutrons thermiques ou par des neutrons rapides. Ils en déduisent que le  **$^{239}\text{Pu}$  est un explosif nucléaire potentiel**. L'isotope le plus important du plutonium, le  $^{239}\text{Pu}$ , a une période radioactive **de 24.360 années**.

En résumé, on l'obtient par bombardement de l' $^{238}\text{U}$  avec des neutrons lents. Cela conduit d'abord au  $^{239}\text{Np}$ , qui émet une particule bêta et forme le  $^{239}\text{Pu}$ . En voici la formule :



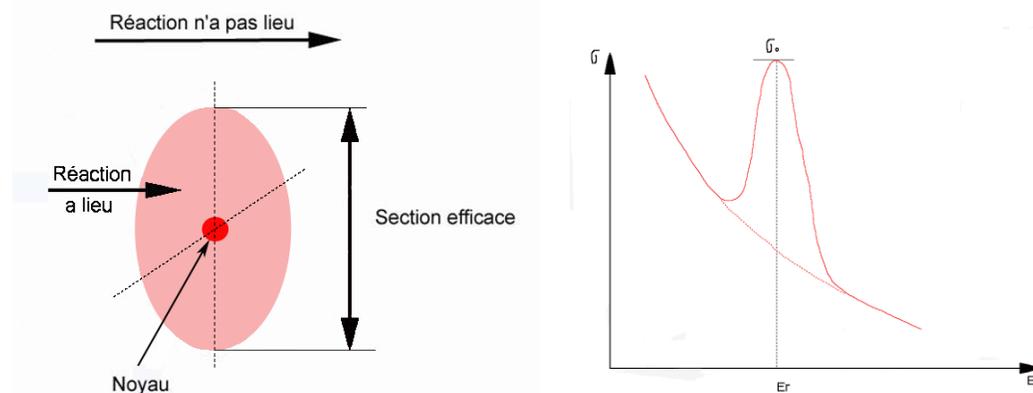
**Edwin M. Mc MILLAN** et **Glenn SEABORG** obtiendront le prix Nobel de physique 1951 pour ces travaux.

La situation des recherches **au début de l'année 1941** est la suivante :

- aucune réaction en chaîne n'a encore put être réalisée ;
- l' $^{235}\text{U}$  n'a pas été isolé en quantité suffisante pour obtenir la masse nécessaire à la construction d'une arme nucléaire ;
- seulement quelques grammes de  $^{239}\text{Pu}$  ont pu être obtenus au moyen du cyclotron de Berkeley.

Par contre, les propriétés nucléaires de ces deux éléments ainsi que les masses critiques nécessaires, sont connues.

**Section efficace** : La probabilité d'une réaction donnée se mesure par sa section efficace. Elle représente la surface d'un disque imaginaire associé à chaque noyau. Selon une image classique cette surface est choisie de telle manière que la réaction a lieu si la particule incidente passe à travers cette surface et n'a pas lieu dans le cas contraire. Sa valeur dépend à la fois de la réaction et de l'énergie de la particule incidente. On peut représenter la section efficace du noyau en fonction de l'énergie du neutron incident par une courbe.



On voit que cette courbe présente des variations rapides de la section efficace appelées pics de résonance. Le noyau est particulièrement sensible dans les domaines d'énergie des neutrons. On appelle neutrons de résonance les neutrons dont l'énergie est à l'intérieur de ces pics de résonance.

L'unité de section efficace est le barn (b) :  $1\text{b} = 10^{-28}\text{m}^2$

## VI. VERS UNE COOPERATION AMERICANO-BRITANNIQUE

Pendant ce temps, les événements se précipitent en Europe. Le 9 avril 1940, les troupes allemandes envahissent le Danemark et la Norvège, faisant main basse sur l'usine d'eau lourde de Rjukan. Le 10 mai 1940, la France est occupée. Inquiet de la situation politique en Europe, le gouvernement américain renforce la préparation militaire de ses forces armées. En juin 1940, ROOSEVELT crée le Comité de Recherche pour la Défense américaine (NDRC), chargé de coordonner les recherches d'intérêt militaire et de mobiliser la communauté scientifique. Le Comité consultatif sur l'Uranium est placé sous la juridiction du NDRC, et réorganisé. Une décision aberrante décrète l'exclusion des scientifiques émigrés non naturalisés, comme FERMI et SZILARD, dans le but de préserver le secret des recherches sur la réaction en chaîne. L'interdiction de publier tout résultat sur le Projet uranium est officialisée.

Le Comité Briggs obtient enfin des Forces armées des fonds et en juin 1940, 140.000 \$ supplémentaires lui sont alloués pour les recherches sur la fission et l'achat d'uranium métallique et de graphite.

L'intérêt des instances officielles américaines ne se ranimera vraiment qu'avec les premiers rapports sur les progrès des recherches atomiques en Grande-Bretagne. Le 14 août 1940, Sir Henri TIZARD, à la tête d'une mission scientifique britannique quitte Londres pour les Etats-Unis. Elle amène dans ses bagages les détails de toutes les progressions britanniques dans plusieurs domaines de la recherche militaire, notamment des idées sur les avions à réaction, les explosifs, les tourelles armées, la cavité du magnétron, vitale pour le développement des types les plus avancés de radar. Dans le domaine de la recherche nucléaire, trois scientifiques l'accompagnent. Ce sont HALBAN, PEIERLS et SIMON. Ce seront les premiers échanges entre spécialistes du nucléaire des deux bords.

En juillet 1941, un mémorandum de la commission Thomson, se basant sur les travaux britanniques, affirme que « la bombe atomique pourrait être réalisée selon toute vraisemblance avant la fin de la guerre ». En effet, le Comité britannique MAUD était arrivé à la conclusion « qu'il sera possible de construire une véritable bombe à l'uranium. Avec douze kilogrammes de matière active, cette bombe aura une puissance de destruction comparable à celle de 800 tonnes de TNT et dégagera également de grandes quantités de substances radioactives qui vont rendre les lieux proches de l'explosion dangereux à la vie humaine pendant très longtemps ».

Le 3 octobre 1941, les Anglais communiquent aux Etats-Unis une copie du rapport qui confirme la validité du schéma proposé dans le mémorandum Frisch-Peierls, paru en février 1940. Ce rapport suscite enfin aux Etats-Unis une réelle prise de conscience et, en octobre, le Président ROOSEVELT écrit au Premier Ministre CHURCHILL une note dans laquelle il propose que « les efforts à long terme sur cette importante question soient coordonnés, voire même poursuivis, en commun ». A la fin du mois, il envoie deux scientifiques, Harold UREY et George PEGRAM, en Angleterre afin qu'ils se rendent compte sur place de l'avancement des travaux britanniques.

Le 6 décembre, le Dr Vannevar BUSH, directeur de l'Office de la Recherche et du Développement Scientifique (Office of Scientific Research and Development - O.S.R.D.) après avoir pris connaissance du rapport Maud, d'un rapport rédigé à sa demande par un

groupe de scientifiques américains réunis en un *National Academy of Sciences Committee* (N.A.S.C.) et des premières notes de UREY et PEGRAM, propose d'engager sans délai la construction d'une arme nucléaire.

Le lendemain, 7 décembre 1941, l'attaque de Pearl Harbour par l'aviation japonaise surprend les Américains. Le 11 décembre 1941, les Etats-Unis entrent en guerre et le 18 décembre 1941, un nouveau comité, dit S1 de l'O.S.R.D. dresse une nouvelle politique du gouvernement américain. Des supports financiers et scientifiques illimités sont alloués au *Projet uranium*.

A. COMPTON est nommé à la tête des recherches sur la réaction en chaîne. En janvier 1942, il rassemble à Chicago les équipes des différents laboratoires en charge de ces recherches. L'ancienne règle de sécurité qui écartait les scientifiques émigrés des pays envahis, est levée. FERMI, SZILARD et bien d'autres peuvent rejoindre les équipes de Chicago, intégrées au *Metallurgical Laboratory*, créé en avril 1942, dans le but de réaliser une *pile atomique* (nom donné à l'époque au réacteur nucléaire). FERMI est chargé de diriger les recherches. Il devient gestionnaire plutôt que chercheur car son équipe se compose de centaines de chimistes, de physiciens, d'ingénieurs et de techniciens et il doit gérer l'ensemble.

Sur le plan international, CHURCHILL et ROOSEVELT se rencontrent le 17 juin 1942 et décident de concentrer tous les efforts sur le territoire des Etats-Unis.

Le même mois, le président ROOSEVELT lance un programme de « priorité maximale » pour la construction de la bombe atomique. Il confie la direction générale du projet à l'armée. Un *Military Policy Committee* est constitué. Il comporte trois membres militaires, le général STYER, l'amiral PURNELL et le général de brigade Leslie GROVES. Du côté civil, deux scientifiques seulement y participent, le docteur Vannevar BUSH et le docteur James CONANT. A partir du 13 août 1942, le projet prend le nom de *Development of Substitute Materials Project* (D.S.M. Project) ou *Manhattan District of the Army Engineers*, plus simplement connu comme le *Manhattan Project*.

Trois directeurs scientifiques sont désignés parmi les savants civils : Harold UREY, responsable à Columbia du programme de séparation de l' $^{235}\text{U}$  par la méthode de diffusion gazeuse ; Ernest LAWRENCE, chargé à Berkeley du programme de séparation électromagnétique de l' $^{235}\text{U}$  et des recherches sur le plutonium ; Arthur COMPTON, responsable, à Chicago, des études théoriques sur la bombe et des études sur la réaction en chaîne.

Le 17 septembre 1942, le général GROVES est nommé à la tête du *Projet Manhattan*.

(A suivre : « *La première pile nucléaire* ».)