

## NUCLEAIRE - XXIV

# LA PREMIERE PILE NUCLEAIRE

Robert Six

## I. COMPTON A LA TETE DU "METALLURGICAL LABORATORY"

Nous avons vu dans article précédent qu'au début de 1942, A. COMPTON avait été chargé de coordonner les recherches sur la réaction en chaîne. Quatre centres sont à regrouper sous sa férule : le groupe de l'université Columbia à New York, celui de Princeton dans le New Jersey, l'équipe de Chicago et celle de Berkeley en Californie. Pour cela, il faut des hommes et de l'argent : 80 personnes et 340.000 \$ pour les deux premiers, 58 scientifiques et 278.000 \$ pour Chicago et un effectif de 150 hommes et 650.000 \$ pour le dernier. En plus, il a besoin de 500.000 \$ pour acquérir les matériaux destinés à la construction d'un réacteur.

Lors de la première réunion plénière de ce Comité de l'uranium réorganisé qui se tient le 3 janvier 1942 à Chicago, COMPTON se heurte aux divergences qui opposent les différents groupes. FERMI propose de construire une pile à divergence exceptionnelle ; ALLISON parle d'une pile au béryllium comme modérateur ; WIGNER de Princeton désire poursuivre les recherches sur la réaction en chaîne, tandis que le jeune OPPENHEIMER préconise de se lancer dans celles sur les neutrons rapides. COMPTON accepte la poursuite de ces différentes recherches. Ainsi, John MANLEY doit aider OPPENHEIMER à trouver une solution à ses problèmes en contactant les différents groupes de physique expérimentale du pays. Effectivement, la mesure et le calcul des interactions des neutrons rapides avec les matériaux nécessaires à la construction d'un engin atomique, uranium et plutonium, sont essentiels pour la réussite du projet. De plus, la substance qui entoure ces matériaux doit pouvoir refléter ces neutrons afin d'entretenir la réaction en chaîne et éviter les pertes. D'autres propriétés nucléaires doivent être maîtrisées, comme la section efficace de la réaction des neutrons avec les noyaux d'uranium et d'autres éléments intervenants dans la construction.

Lors d'une deuxième réunion, COMPTON parvient à rallier le groupe de Columbia dirigé par FERMI à son point de vue. Il établit un planning provisoire : assurance d'une possibilité de réaction en chaîne pour le 1<sup>er</sup> juillet 1942 ; une première réaction en chaîne en janvier 1943 ; l'extraction du <sup>239</sup>Pu à partir de l'<sup>238</sup>U en janvier 1944 ; la première bombe nucléaire en janvier 1945. Ce programme fut pratiquement respecté : un mois d'avance pour la première réaction en chaîne et six mois de retard pour la dernière étape. Au printemps 1942, FERMI et son équipe rejoignent Columbia à Chicago, celle de Princeton suit de près.

### Phase n°1 : Assurance théorique d'une réaction en chaîne

Pour répondre à cette première exigence, il s'agit de trouver un élément capable de servir à la fabrication d'une arme qui utiliserait l'énergie gigantesque libérée par la fission nucléaire.

Celui-ci doit répondre à deux critères : **facilité de production** et **quantité suffisante de production**. Deux voies se dessinent pour l'obtention d'un tel élément :

- Celle de l'**uranium**. Rappelons que **Niels BOHR** a calculé qu'un seul isotope de l'uranium peut "fissionner" :  $^{235}\text{U}$ . Mais celui-ci est rare : il faut le séparer du minerai naturel. L'obstacle paraît à ce moment infranchissable.
- Celle du **plutonium** : élément récemment découvert (car inexistant dans la nature), il vient d'être obtenu en bombardant de  $^{238}\text{U}$ . Le problème est également sa rareté : il faut le produire en quantité suffisante.

Toutefois, tous les éléments théoriques pour l'affirmation d'une réaction en chaîne sont réunis. **Dès mars 1941**, les théoriciens annoncent :

« La première vérification de la théorie nous a donné une réponse totalement positive ; de ce fait, l'ensemble du projet paraît réalisable, à la condition que les problèmes techniques de séparation isotopique soient résolus d'une façon satisfaisante. »

Le dernier obstacle était la production en suffisance d'un matériau fissile.

### **Phase n°2 : La première réaction en chaîne**

Après avoir observé les preuves d'une telle réaction, il faut la produire. L'expérience décisive intervient **le 2 décembre 1942**. A Chicago, **FERMI** construit la **première pile atomique** du monde qui produit de l'énergie grâce à la **première réaction en chaîne**. Cette réussite capitale donne une impulsion décisive à la réalisation du **Projet Manhattan**.

### **Phase n°3 : La bombe atomique**

Le **Projet Manhattan** arrive à son terme **en juillet 1945**. **Le 16 juillet**, en fin de nuit, intervient la **première explosion nucléaire** de l'histoire : *Trinity*. Elle sera suivie par les deux bombardements sur Hiroshima et Nagasaki dont on connaît les conséquences.

**En juin 1942**, **OPPENHEIMER** réunit un **séminaire d'été à Berkeley** afin de discuter du problème de la diffusion des neutrons. Y participent, les théoriciens suivants : **Hans BETHE**, **John VAN VLECK**, **Edward TELLER**, **Felix BLOCH**, **Emil KONOPINSKI**, **Robert SERBER**, **Stanley S. FRANKEL** et **Eldred C. NELSON**, les trois derniers étant d'anciens élèves d'**OPPENHEIMER**. Ce séminaire, dont les résultats seront résumés plus tard par **SERBER** dans « *The Los Alamos Primer* », détermine les **premières bases théoriques à la conception d'une bombe à fission** ainsi que l'idée d'une **bombe à hydrogène** (à fusion).

## **II. CONCEPTION DES DIFFERENTS MODELES DE BOMBES POSSIBLES**

Lors de ce séminaire, les scientifiques élaborent les différents modèles possibles de bombes nucléaires.

Pour qu'une **réaction en chaîne** s'amorce, il faut atteindre la **masse critique** soit en percutant deux masses sous-critiques d' $^{235}\text{U}$ , soit en faisant imploser une sphère creuse de

plutonium avec une ceinture d'explosifs. **SERBER** attribue la première idée d'une implosion à **TOLMAN**.

**TELLER** imagine une autre possibilité : en entourant la bombe à fission avec du deutérium et du tritium, les deux isotopes de l'hydrogène, une bombe bien plus puissante (« *superbomb* » ou simplement « *Super* ») pouvait être réalisée. Cette idée était fondée sur l'étude de la production d'énergie par les étoiles, réalisée par **BETHE** avant la guerre. Lorsque l'onde de choc de la bombe à fission traverserait le mélange de deutérium et de tritium, leurs noyaux fusionneraient en produisant beaucoup plus d'énergie que la fission. **BETHE** émit des doutes et réfute cette conception. L'idée est abandonnée jusqu'à la fin de la guerre. La **bombe H** ne sera testée qu'en 1952, à la suite d'une divergence d'ordre politique opposant **TELLER** à **OPPENHEIMER**, provoquant l'éviction de ce dernier. Mais ceci est une autre histoire.

En 1939, dans un article intitulé *Energy production in stars (Production d'énergie dans les étoiles)*, Hans **BETHE** analyse les différentes réactions possibles par lesquelles de l'hydrogène peut se fusionner en hélium. Il y sélectionne deux mécanismes dont il pense qu'ils sont la source d'énergie des étoiles.

- Le premier, la chaîne proton-proton, est la principale source d'énergie dans les étoiles de faible masse comme le Soleil ou plus petites ;
- Le second, le cycle carbone-azote-oxygène ou « cycle CNO », qui fut aussi considéré par Carl von **WEIZSÄCKER** en 1938, est plus important dans les étoiles plus massives.

**TELLER** soulève également la possibilité théorique qu'une bombe atomique puisse « enflammer » l'atmosphère, à la suite d'une hypothétique réaction de fusion des noyaux d'azote. **BETHE** démontre, selon **SERBER**, que c'est impossible. Malencontreusement, **OPPENHEIMER** fait part de cette idée à **Arthur COMPTON**, qui « n'eut pas le bon sens de la fermer ». L'information remonte jusqu'à Washington ce qui conduit à ce que la question « soit toujours restée en suspens ». Selon **BETHE**, cette hypothèse resurgit à nouveau en 1975 dans un article de magazine par **H. C. DUDLEY**, inspiré par un entretien de l'écrivain **Pearl BUCK** avec **COMPTON** en 1959, où celle-ci comprit tout de travers. L'inquiétude n'était pas encore totalement dissipée dans l'esprit de certaines personnes au moment du test *Trinity* (première explosion nucléaire dans le désert d'Alamogordo).

### III. METHODES D'ENRICHISSEMENT DES MATERIAUX FISSILES

Les scientifiques savaient que l'utilisation de l'uranium naturel ne permettait pas l'élaboration d'un engin explosif et qu'il fallait l'enrichir afin d'obtenir l'isotope  $^{235}\text{U}$  fissile en quantité suffisante. En effet, rappelons que l'uranium naturel extrait des mines ne contient que 0,7% d' $^{235}\text{U}$ . L'uranium est enrichi à 3% pour les centrales nucléaires, à 20 % pour les réacteurs de recherche et à plus de 90 % pour les armes nucléaires.

Les scientifiques avaient exploré trois méthodes possibles d'enrichissement de l'uranium :

1. la **séparation de l'<sup>235</sup>U de l'<sup>238</sup>U** par la **méthode électromagnétique** (fig. 158) développée par **Ernest LAWRENCE** dans son *Radiation Laboratory de Berkeley*. Un appareil complexe, le **calutron** y a été assemblé. En fait il s'agit d'un spectrographe de masse de grandes dimensions. Il comprend une enceinte sous vide placée entre les pôles d'un puissant électroaimant. De l'uranium métallique chauffé à haute température et allié à du chlore sous forme de tétrachlorure d'uranium gazeux (UCl<sub>4</sub>) est injecté à l'un des bouts de la chambre. Les atomes sont ensuite ionisés et accélérés en un faisceau à grande vitesse par un champ électrique. Soumis à un champ électromagnétique, les ions 235 et 238 suivent une trajectoire légèrement différente, qui les précipite à l'autre extrémité et permet de les séparer.

La quantité produite, à l'époque qui nous occupe, ne dépasse **pas 225 µgr d'<sup>235</sup>U à 30%**, soit moins du quart d'un millième de gramme !

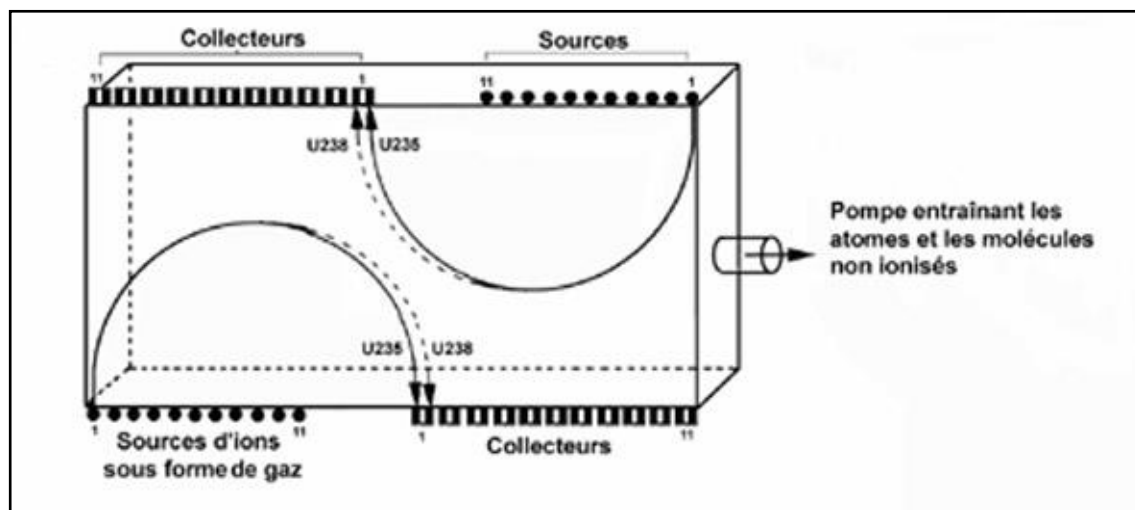


Fig. 158 – Principe du séparateur électromagnétique (dessin R. Six)

2. la **séparation de l'<sup>235</sup>U** par **diffusion gazeuse** (fig. 159), préconisée par l'**université Columbia de New York**. Pour cela, on utilise un gaz d'hexafluorure d'uranium (UF<sub>6</sub>), malheureusement très corrosif, qui traverse des parois poreuses très fines. La séparation est opérée par la vitesse de traversée des pores, légèrement plus rapide pour les molécules d'<sup>235</sup>UF<sub>6</sub> car plus légères que celles d'<sup>238</sup>UF<sub>6</sub>. A l'aval, le gaz se trouve légèrement enrichi en <sup>235</sup>U. En répétant un grand nombre de fois l'opération, on peut arriver à une concentration importante. Les **milliers de filtres** nécessaires doivent comporter des **millions de trous** d'un diamètre calibré d'un **dix millième de millimètres**.

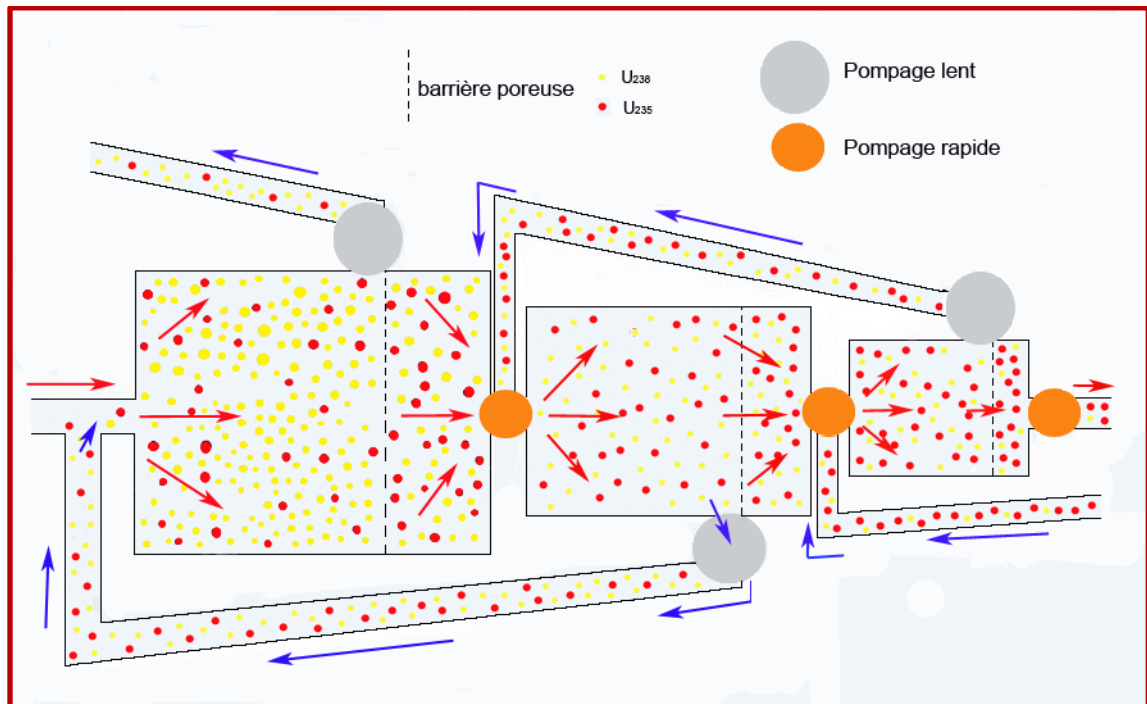
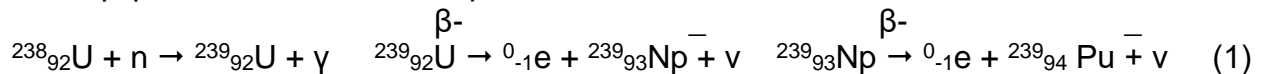


Fig. 159 – Séparation par diffusion gazeuse (dessin R. Six)

3. la **séparation par centrifugation** étudiée par le **laboratoire de recherche de Westinghouse** à **Pittsburg**. Egalement sous forme d'hexafluorure d'uranium, le gaz est soumis à une très forte accélération dans une centrifugeuse tournant à très grande vitesse. Les isotopes 235 et 238 sont ainsi séparés du fait de leur légère différence de masse.

Quant au **plutonium**, il semble possible de le produire en quantité suffisante dans un **réacteur nucléaire à uranium naturel et graphite** comme modérateur, projet élaboré par **FERMI** et son équipe. Le  $^{239}\text{Pu}$  s'obtient à partir de  $^{238}\text{U}$  selon la réaction suivante :



Aucuns de ces différents processus ne se prêtait encore à la production à grande échelle et ils s'avéraient fort complexes et coûteux. Des quantités microscopiques avaient seulement été préparées et seule la séparation électromagnétique semblait prometteuse.

#### IV. L'ENTREE EN SCENE DE L'ARMEE

Il était clair que la production d' $^{235}\text{U}$  et de plutonium en grande quantité dépassait les compétences des scientifiques et qu'une meilleure coordination était nécessaire. A la demande de **Vannevar BUSH**, le **président ROOSEVELT** décide que l'armée coopérerait à la construction des usines nécessaires à la production de ces matériaux. Le Corps des ingénieurs de l'armée nomme le **colonel James MARSHALL** pour superviser ces chantiers.

**MARSHALL** et son adjoint, le **colonel Kenneth NICHOLS**, brutalement confrontés au monde de la physique nucléaire, eurent les pires difficultés à comprendre les méthodes et les scientifiques avec qui ils devaient travailler. Ils décident d'installer la première usine sur un site près de Knoxville dans l'Etat du Tennessee, mais incapables d'en déterminer la superficie ils repoussent son acquisition. De plus, le caractère expérimental du projet,



l'empêche de rivaliser avec des tâches plus urgentes pour l'armée, ce qui entraîne de nombreux retards. Même le choix d'un nom s'avère difficile. Celui, proposé par le **général Brehon SOMERVELL**, *Development of Substitute Materials* pose un problème car il semble trop révélateur.

## V. LE GENERAL GROOVE A LA TETE DE PROJET MANHATTAN

Le 17 septembre, le **général Leslie R. GROVES** est nommé à la tête de ce programme (voir l'ordre de service en fin de chapitre). Il a reçu des instructions de son supérieur hiérarchique, le **général STYER**, qui lui dit :

« Les recherches de base et leur développement sont chose faite ; vous n'avez plus qu'à prendre les projets encore à l'état d'ébauches et les mener à bonne fin, puis établir un plan pour créer une force opérationnelle. A ce moment, votre travail sera terminé et la guerre de même ».

Il devient donc responsable de la recherche nucléaire, de la production des matières fissiles à la construction de la bombe, des aspects scientifiques comme des aspects stratégiques.



Fig. 160 – Le brigadier général Leslie Richard GROVES

**Leslie Richard GROVES** est né le 17 août 1896 à Albany, dans l'Etat de New York. Il sort de l'Ecole militaire de West Point en 1918 et rejoint le Corps des ingénieurs de l'armée qu'il complète de 1918 à 1921. Nommé capitaine en 1934, puis major en 1940, il supervise plusieurs projets dont la construction du Pentagone. L'année suivante il est promu colonel. A la veille d'être nommé à la tête du **Projet Manhattan**, on lui propose un commandement actif au front. Aussi, ce n'est pas de gaîté de cœur qu'il accepte ce nouveau « job ». Il proteste même vigoureusement et ses objections sont rejetées. Il doit se résigner à diriger un projet qui lui paraît avoir peu de chances de réussir. En septembre 1942, il est nommé brigadier général à titre temporaire, un rang jugé nécessaire pour traiter avec les plus importants scientifiques impliqués dans le projet. Il obtient le grade de major général à titre temporaire en 1944 et celui de lieutenant général en 1948, avant sa retraite. Il meurt le 13 juillet 1970.

Sa première décision fut de rebaptiser le projet *The Manhattan District*. Ce nom vient de l'habitude que le Corps des ingénieurs de l'armée a de nommer les districts d'après leur ville quartier général (le quartier général de **MARSHALL** était à New York).

Ce militaire de carrière, **de 46 ans**, se trouve confronté à une tâche immense : mener à bien la construction des différents centres de production industriel des matières fissiles indispensables pour la construction d'un engin explosif. Il doit aussi diriger un groupe de milliers de techniciens, ingénieurs et scientifiques parmi lesquels se trouvent plusieurs prix Nobel et qui n'ont aucun esprit de discipline militaire.

*« La première chose, rapporte-t-il, était d'établir de quoi il s'agissait, ensuite d'évaluer les problèmes et les difficultés. Valait-il la peine que le gouvernement continue dans cette voie ? Un autre général avait déjà examiné la question, mais l'examen avait été mené très hâtivement. Il me parut donc essentiel d'établir avec certitude s'il existait quelques possibilités de succès ».*

Une semaine après sa nomination, **GROVES** a résolu les problèmes les plus urgents du **Projet Manhattan**. Sa manière énergique et efficace devient rapidement un peu trop familière aux scientifiques. La cohabitation avec les militaires s'avère difficile. Le témoignage de **SEGRE** en dit long :

*« Les scientifiques n'étaient pas habitués à la discipline militaire et à l'éthique industrielle et il leur était difficile d'accepter les restrictions exigées par les circonstances. L'une des forces unificatrices les plus efficaces fut la haine commune de **HITLER** et de son idéologie. »*

## **VI. CP-1, LE PREMIER REACTEUR NUCLEAIRE**

Un des premiers tests de l'équipe de **FERMI** fut de vérifier si le graphite fourni par la Compagnie américaine de graphite était suffisamment pur et convenait en tant que modérateur. En effet un taux trop élevé d'impuretés peut provoquer un surcroît d'absorption des neutrons et conduire à une extinction de la réaction en chaîne par insuffisance de neutrons thermiques.

Des expériences exponentielles sur les empilements de graphite et d'uranium convainquent les scientifiques qu'ils pourront atteindre le seuil critique à partir duquel une réaction en chaîne auto-entretenu s'amorcera. Un des assistants de **FERMI**, **Samuel ALLISON** raconte :

« Au mois de mai 1942, nous arrivâmes à établir que nous obtiendrions la réaction en chaîne au moyen d'une quantité suffisante d'uranium pur et de graphite. C'est pourquoi, de mai à décembre 1942, nous nous consacraâmes uniquement à accumuler ce matériel et à augmenter les dimensions de la pile afin de lui faire atteindre la limite critique. Bien entendu, au fur et à mesure que nous parvenaient les chargements de graphite et d'uranium, le professeur FERMI ne cessait de procéder à des expériences et la pile, qui s'approchait du point critique, restait sous un contrôle permanent de façon à éviter tout danger, une fois les dimensions critiques atteintes ».

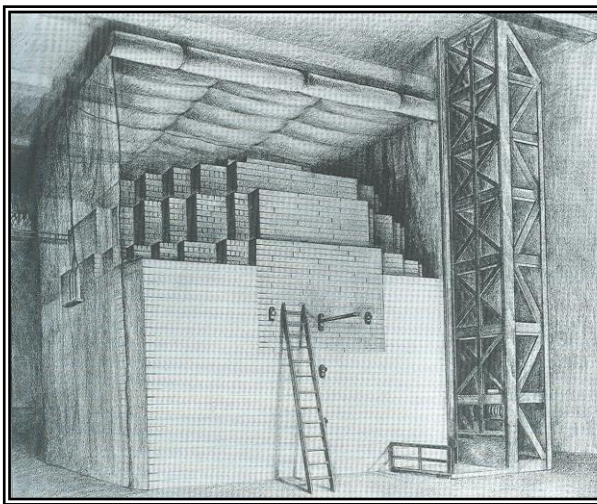


Fig. 161 – Dessin de la première pile nucléaire CP-1 (photo Chicago University/arc. B. CROCHET)

Celle-ci devrait occuper un cube de 5 mètres de côté. Un bâtiment était en construction dans la forêt d'Argonne, dans les environs de Chicago. Mais les physiciens pressés insistent pour trouver un local provisoire. COMPTON propose une pièce située en-dessous des gradins du stade universitaire de Stagg Fields, à l'Université de Chicago, au centre d'une zone fortement peuplée. L'ordre est confirmé par le général GROVES.

Le 14 novembre, la construction de la pile définitive CP-1 (fig. 161) débute sous la supervision générale de FERMI et la direction technique d'Herbert ANDERSON et Walter ZINN. Un deuxième groupe dirigé par Volney WILSON s'occupe des instruments de contrôle et de mesure.

Les couches de graphite et de minerai sont empilées selon les plans conçus par FERMI. La majorité de l'uranium métallique, plus dense que l'oxyde, dont ils disposent est placée au centre de l'édifice afin de réduire les pertes neutroniques vers l'extérieur. Ses calculs ont montré qu'il faut régulièrement répartir les 50 tonnes de cet uranium au cœur du modérateur, tandis que l'oxyde d'uranium est placé à la périphérie. Près de 500 tonnes de graphite d'une grande pureté, sous la forme de 40.000 blocs usinés avec précision, sont nécessaires.

En fait, au départ, une pile est constituée par une masse de quelques tonnes d'un ralentisseur (ici le graphite) grossièrement sphérique, traversé par des barres d'uranium disposées suivant une certaine géométrie (fig. 162). Supposons qu'une fission se produise dans l'une de ces barres. De deux à trois neutrons secondaires vont atteindre le modérateur au sein duquel ils vont suivre un parcours chaotique en perdant progressivement de leur énergie à chaque choc avec un noyau de graphite. L'un d'eux finit par pénétrer dans une barre d'uranium avec une énergie thermique suivante pour être capturer par un noyau d' $^{235}\text{U}$



et provoquer sa fission. Quant aux deux autres neutrons, deux possibilités leurs sont offertes :

1. s'échapper vers l'extérieur selon les dimensions finies de la pile ;
2. être capturé par résonance par un noyau d' $^{238}\text{U}$  qui conduit après deux radiations  $\beta$  à la formation de plutonium.

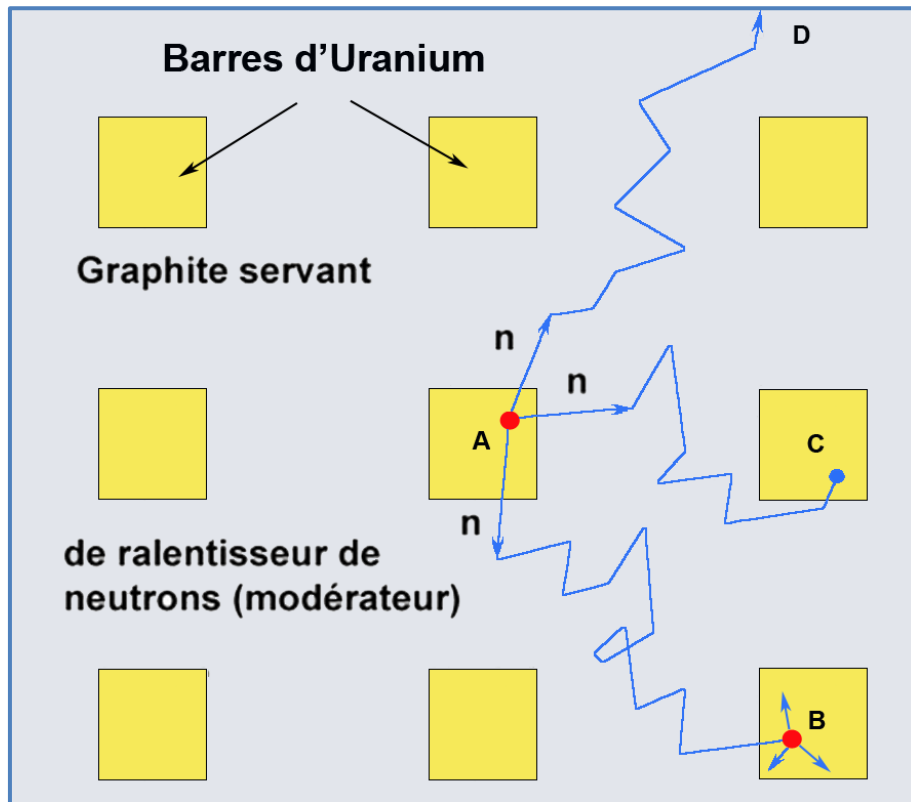


Fig. 162 – Représentation très schématique d'une pile. Des barres d'uranium (carrés hachurés) sont noyées dans la masse du modérateur (graphite). A : fission d'un noyau d' $^{235}\text{U}$  avec émission de 3 neutrons (n). Ces neutrons subissent un parcours chaotique dans le modérateur (chocs successifs sur les noyaux de graphite). B : capture à l'état thermique par un noyau d' $^{235}\text{U}$  et nouvelle fission avec émission de 3 neutrons. C : capture par résonance par un noyau d' $^{238}\text{U}$ . D : fuite vers l'extérieur de la pile (d'après A. BERTHELOT).

Donc la **pile** est le siège de **trois phénomènes** distincts :

- a. une **réaction en chaîne** qui n'intéressent que les noyaux d' $^{235}\text{U}$ , et provoquent une libération d'énergie cinétique communiquée aux particules secondaires, à raison d'environ **200 Mev par fission**. Ce sont les chocs additionnés des nombreuses fissions qui élèvent la température de l'ensemble. En d'autres termes, la fission de **1 kg d' $^{235}\text{U}$  produit approximativement 989 g de produits de fission, 10 g de neutrons, 700 mg d'énergie cinétique et 100 mg de photons  $\gamma$**  ;
- b. une **production de plutonium** selon la formule (1) donnée plus haut ;
- c. une **émission de neutrons** qui, s'ils sont suffisants, permet d'entretenir la réaction en chaîne. On appelle **facteur de multiplication** le rapport du nombre de neutrons utile (capable de produire une fission) de la  $(n + 1)^{\text{e}}$  génération au nombre de neutrons utiles de la  $(n)^{\text{e}}$ . Pour que la **réaction en chaîne** s'entretienne, il faut que ce **facteur soit au moins égal à l'unité**. S'il est inférieur à 1, cela implique que le nombre de neutrons thermiques

diminue de génération en génération et que la réaction s'éteint. Dans le cas inverse, facteur supérieur à 1, la réaction s'accélère et peu s'emballer. Un calcul tenant compte du nombre de noyau par  $\text{cm}^3$  capables de captures sans fission et du nombre de noyaux fissiles par  $\text{cm}^3$  permet d'établir les conditions pour que le facteur de multiplication soit supérieur à 1. Ce calcul démontre l'importance des dimensions du réacteur et qu'il lui faut atteindre une taille critique pour pouvoir démarrer.

On voit donc que le **calcul d'un réacteur** repose sur le **bilan neutronique**. Il se fait en deux étapes :

- a) on considère d'abord le milieu comme étant infini ;
- b) ensuite, on introduit les influences des conditions limites.

Chaque couche est assemblée soigneusement par **ANDERSON** et **ZINN** après concertation avec **FERMI**. Le **1<sup>er</sup> décembre**, la **48<sup>ème</sup> couche de blocs** de graphite et d'uranium est mise en place. D'après les calculs, on n'est plus très loin de la masse critique. Afin de mesurer la croissance du facteur de multiplication, des barres de bois recouvertes de fines feuilles de cadmium sont insérées dans l'appareil. Le cadmium est un puissant absorbeur de neutrons comme l'avaient constaté **FERMI** et son équipe de Rome, quelques années auparavant. A **23h00**, avec la **51<sup>ème</sup> couche**, l'expérience cruciale est prête.

**Herbert ANDERSON** raconte :

*« J'étais chargé de la surveillance de nuit et je devais placer les dernières briques de graphite de façon à porter la pile au point où la réaction en chaîne se déclencherait. Je me rappelle la grande tentation qui me venait de vérifier seul si la réaction se produirait, mais FERMI, qui me connaissait, m'avait fait jurer solennellement de laisser les tiges de cadmium à leur place. Le matin suivant, il était là, guilleret et de bonne humeur comme d'habitude. A côté du groupe de savants qui avait collaboré à la construction de la pile, on voyait les directeurs du laboratoire. Parmi eux, un représentant de la Du Pont. Il était donc très important de lui offrir une bonne démonstration, puisque sa firme devait procéder à la construction des grandes piles qui furent élevées plus tard à Hanford. Il s'agissait de M. GREENEWALT, l'actuel président de la Du Pont. FERMI avait un véritable talent de metteur en scène et il savait admirablement diriger une représentation spectaculaire. C'était la première réaction en chaîne et il mit tout en œuvre pour dramatiser l'événement ».*

Au matin du **2 décembre 1942**, une vingtaine de personnes se pressent sur une petite estrade face à l'édifice (fig. 163). Y participent notamment des scientifiques du *Mettalurgical Laboratory*, comme **COMPTON** et **SZILARD**, l'ingénieur chimiste de la Du Pont cité par **ANDERSON**.

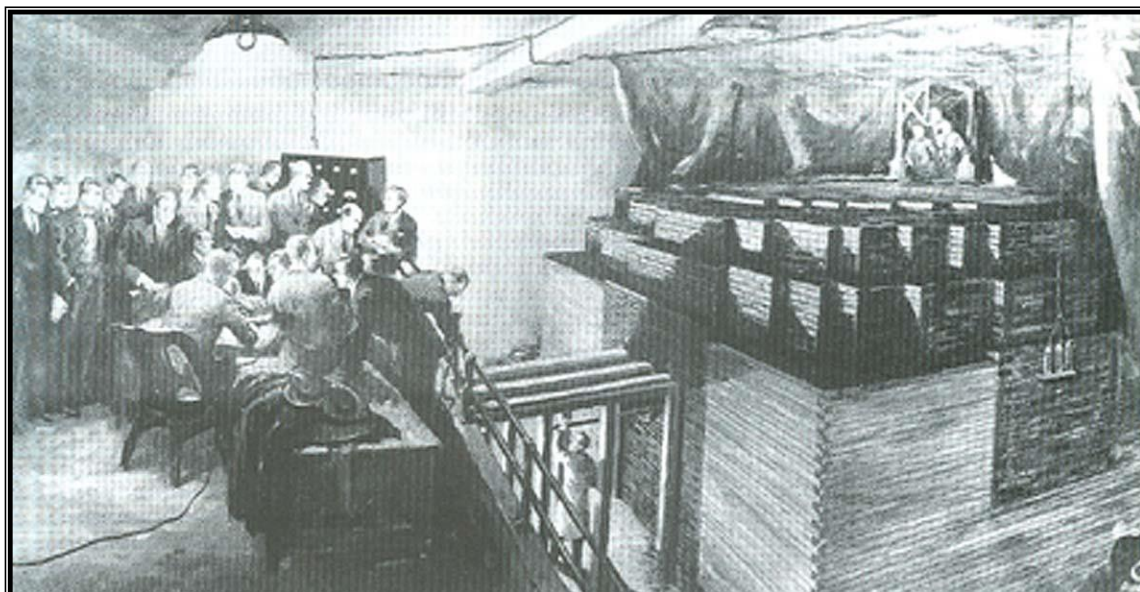


Fig. 163 – Représentation de l'expérience historique de la première pile nucléaire à l'université de Chicago (photo University of Chicago/arch. B. CROCHET).

**FERMI** a tout prévu et il suit un scénario bien précis. Trois barres de cadmium permettent de contrôler la réaction. Mais afin d'éviter un emballement possible, une équipe de quelques personnes se trouve au sommet de la construction prête à déverser une solution de nitrate de cadmium diluée dans de l'eau.

Dans ses mémoires « *Initiation of the Chain Reaction* », **Samuel ALLISON** souligne le rôle risqué de ces jeunes gens :

*« L'histoire de l'équipe suicide a frappé l'imagination populaire. En réalité, ce fut un détail de peu d'importance. Quelques jours avant d'avoir la certitude de parvenir aux dimensions critiques, nous songâmes aux précautions à prendre. Nous entrions dans une phase nouvelle, dans une région inconnue, et nous étions dans l'ignorance absolue de ce qui pouvait advenir. Nous savions que le cadmium, en solution ou sous toute autre forme, consiste un poison violent pour la réaction en chaîne : introduit dans la pile, il l'arrêterait. Nous imaginâmes donc de délayer un peu de cadmium, du nitrate de cadmium exactement, dans de l'eau et de jeter cette solution dans la pile au cas où le professeur FERMI décèlerait n'importe quel signe de danger. Je me rappelle même que la veille du jour où la pile atteignit les dimensions critiques, nous remplîmes quatre ou cinq bonbonnes d'une vingtaine de litres de solution de cadmium. »*

*Nous avons construit une plateforme au-dessus de la pile de graphite. Certains d'entre nous – je n'y étais pas moi-même, mais il avait le professeur ZINN et plusieurs autres – y montèrent pour être prêts à casser les bonbonnes à coup de marteau et à verser la solution de cadmium sur le graphite, au cas où la réaction présenterait un danger quelconque. Eventualité terrible, car le cadmium aurait endommagé irrémédiablement la structure de la pile et il aurait fallu tout reprendre depuis le début ! Néanmoins, mes confrères montèrent au-dessus de la pile, prêts à agir ».*

A 10h00, FERMÍ demande que l'on retire la barre de secours. A 10h37, il demande que l'on commence à retirer graduellement celle de pilotage. Des instruments de mesure suivent la progression du nombre de neutrons libérés qui se stabilise à un moment donné. Durant le restant de la matinée, la 3<sup>ème</sup> barre, celle de contrôle, est extraite d'une dizaine de centimètres toutes les dix à quinze minutes. A chaque opération, l'augmentation du nombre de neutrons est suivie d'un palier. Règle de calcul à la main FERMÍ effectue les opérations qui lui permettent de prédire les résultats escomptés et obtenus.

ANDERSON reprend :

*« Quand le moment de la réaction en chaîne arriva, FERMÍ comprit que la tension générale était à son comble. Comme l'heure du déjeuner approchait, il nous dit : « Bon, arrêtons-nous, allons d'abord manger quelque chose. » On inséra de nouveau les barres de cadmium, on laissa la pile tranquille et tout le monde alla déjeuner. »*

A 14h00, l'expérience reprend. FERMÍ dit :

*« Maintenant, nous allons montrer pour de bon comment se produit la réaction en chaîne. Je ferai extraire la barre sur deux centimètres de plus, voilà... et quand nous en serons là, les compteurs commenceront à monter et continueront à monter, à monter, jusqu'au moment où je donnerai l'ordre de stopper. »*

A 15h20, la barre de contrôle retirée selon les instructions de FERMÍ, la courbe d'enregistrement continue à monter au lieu de se stabiliser. La pile diverge et la réaction en chaîne s'amorce. **Moment historique !** Elle est laissée en **fonctionnement auto-entretenu pendant 28 minutes**, à une puissance très faible de **0,5 watts** afin de minimiser la radioactivité. Ensuite, FERMÍ donne l'ordre : « Bon, remettez les barres. » Et les compteurs se calment. La démonstration s'est déroulée comme l'avait prévue les scientifiques.

Arthur COMPTON s'empresse de téléphoner au recteur de l'université d'Harvard, James CONANT, l'un des responsables du projet :

- « Jim, tu seras intéressé d'apprendre que le navigateur italien vient de débarquer dans le nouveau monde ».

« Celui-ci n'était pas aussi grand qu'il se l'était imaginé et c'est pourquoi il a débarqué plus tôt que prévu... »

- « Comment sont les indigènes ? demande CONANT.

- « De braves gens. »

En clair cela veut dire que tout c'est bien passé sans aucune anicroche.

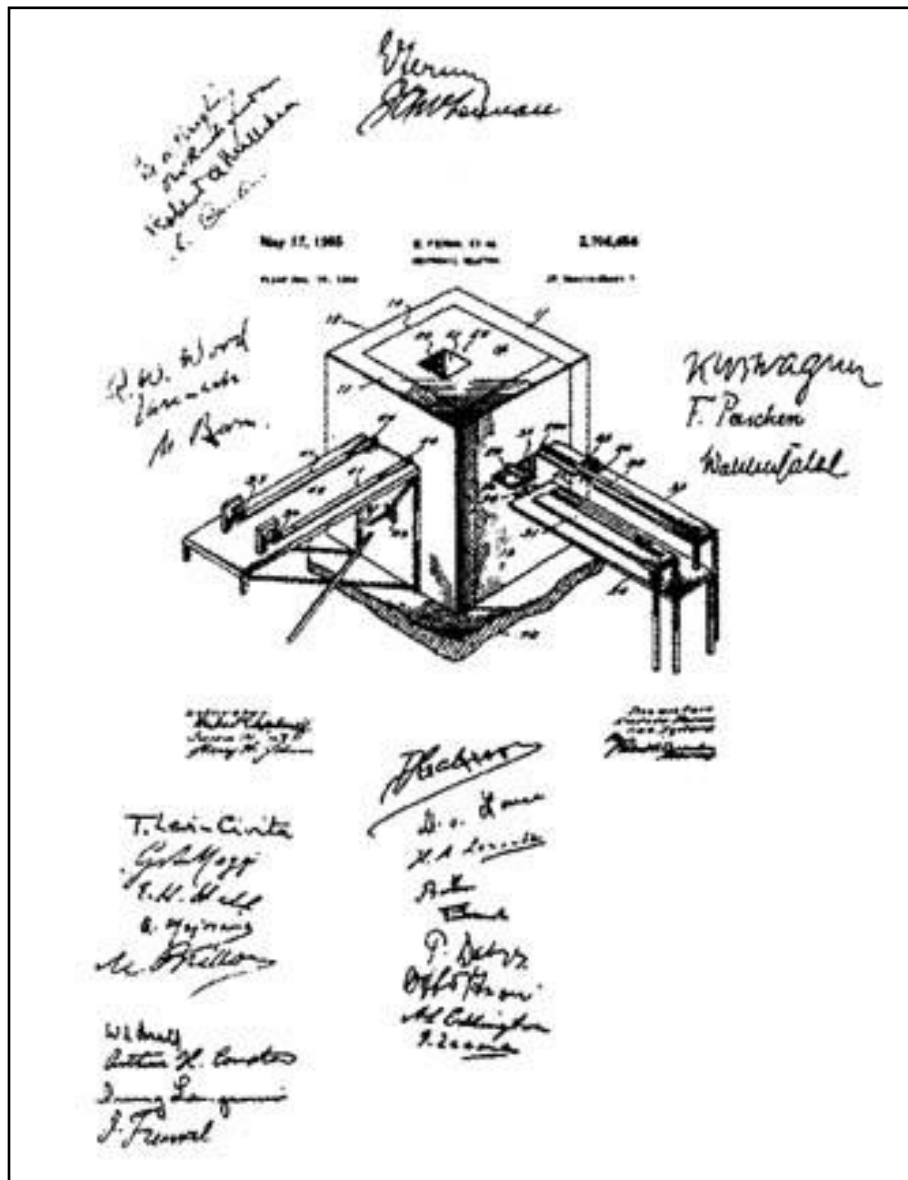


Fig. 164 – Schéma de la pile CP-1 signé par les physiciens les plus importants qui participèrent au projet (E. Fermi)



## VII. APPENDICES

### Ordre de service du colonel GROVES

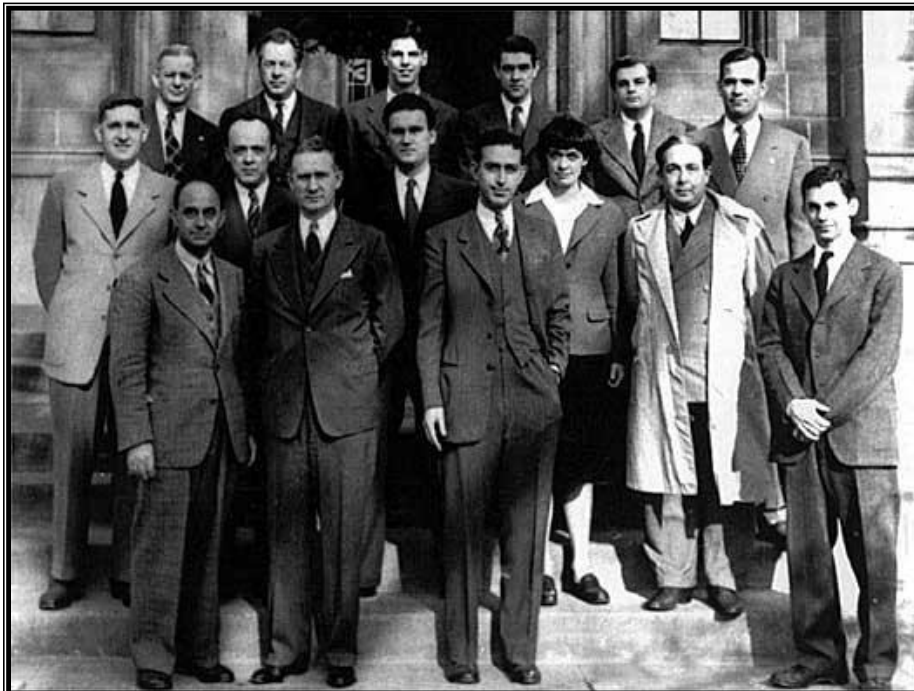
Le 17 septembre 1942

Le Colonel GROVES est affecté au projet D.S.M.  
Mémorandum pour le Commandant du Génie

Objet : *changement de service du colonel GROVES pour mission spéciale*

1. Il est disposé que le colonel GROVES cessera ses fonctions précédentes au Bureau du Génie en vue d'une mission spéciale, en rapport avec le projet D.S.M...
2. Le colonel GROVES sera chargé de la direction générale du projet D.S.M. tout entier, comme le général STYER l'a indiqué ce matin au colonel GROVES.
  - a) Il prendra toutes mesures nécessaires afin d'établir immédiatement les priorités indispensables...
  - b) Il dressera les plans relatifs à l'organisation, la construction, l'exécution et la sécurité du projet et, après approbation, il prendra les mesures nécessaires pour les mener à bonne fin.

Brehon SOMERVELL,  
Lieutenant général, commandant en chef.



**Fig. 165 - L'équipe de la première pile nucléaire de Chicago :**  
En bas, le deuxième en partant de la droite : Leó SZILARD,  
en bas à gauche : Enrico FERMI.

(A suivre : « Le Projet Manhattan ».)