

## L'été 1942 à Chicago

par B. Goldschmidt\*

Le 2 décembre 1942, le premier réacteur nucléaire fabriqué par l'homme atteignit sa taille critique et marque le début de l'ère nucléaire. Dans «l'Histoire politique de l'énergie nucléaire<sup>†</sup>» qu'il vient d'achever, M. Goldschmidt retrace toute l'histoire du nucléaire depuis la découverte de la fission jusqu'à nos jours. L'extrait de son livre reproduit ci-après relate la part personnelle qu'il a prise dans le programme de recherche nucléaire aux Etats-Unis, les contacts qu'il a eus avec les chercheurs à l'Université de Chicago, et nous rappelle que l'expérience réussie de Fermi, pour historique qu'elle fût, n'était pas la première réaction en chaîne qui se soit produite sur terre.

Comme représentant les Britanniques, et seul Français à participer, même brièvement, à l'entreprise américaine, j'ai eu la chance d'assister pendant quelques mois à l'essor de celle-ci, de juillet à octobre 1942, à Chicago.

J'étais spécialisé en chimie des corps radioactifs, ayant travaillé, pendant les cinq années qui précédèrent la guerre, à l'Institut du radium, où Marie Curie m'avait engagé comme son préparateur particulier, en 1933, l'année qui précéda sa mort.

Révoqué, fin 1940, de mon poste d'assistant à la faculté des sciences de Paris par application du statut des juifs (leur interdisant, entre autres, l'enseignement) institué par le gouvernement de Vichy, j'avais réussi à partir au printemps 1941 pour les Etats-Unis.

Peu après mon arrivée à New York, Enrico Fermi et Leo Szilard m'avaient proposé de m'occuper, dans leur équipe de l'université de Columbia, des problèmes de purification poussée de l'uranium.

Durant tout l'été 1941, j'attendis mon affectation à l'équipe de Columbia; Szilard m'assurait qu'elle était imminente, et que seules les formalités, liées à mon habilitation au secret, la retardaient. En octobre, la décision arriva enfin: elle était négative.

Fermi et Szilard me l'apprent. Ils avaient enfin reçu un appui gouvernemental renforcé, mais à la condition de ne plus recruter d'étrangers. Ils étaient donc amenés à renoncer à ma participation rendue encore plus

\* M. Goldschmidt est ancien Directeur des relations internationales du Commissariat à l'énergie atomique, ancien Gouverneur représentant la France auprès de l'AIEA, et membre du Comité scientifique consultatif de l'AIEA.

† Le présent article est inspiré d'une section du livre *Le Complexe atomique - Histoire politique de l'énergie nucléaire*, publié en 1980 par la Librairie Arthème Fayard, 75, rue des Saints-Pères, F-75006, Paris (France). Une traduction en langue anglaise revue et mise à jour a été publiée au début de cette année par l'American Nuclear Society, La Grange Park, Illinois (Etats-Unis d'Amérique).

difficile par la non-reconnaissance par Washington, à cette date, des Forces françaises libres. Celles-ci proposèrent alors mes services à la recherche scientifique anglaise pour participer au groupe de Cambridge dirigé par Hans Halban et Lew Kowarski.

Après avoir travaillé quelques mois au Cancer Hospital à New York, où l'on procédait aux premiers essais de radiothérapie par voie interne avec des radioéléments artificiels, je fus assigné comme consultant à l'usine canadienne d'extraction de radium et d'uranium à Port Hope, dans l'Ontario.

Puis, de là, fin juin 1942, je fus rappelé à Washington par l'ambassade britannique; j'y appris qu'au lieu de partir, comme prévu, pour Cambridge rejoindre l'équipe de Halban, celui-ci m'envoyait à Chicago pour le compte des Anglais, pour m'initier à la chimie du nouvel élément, le plutonium.

Depuis le printemps 1942 se montait en effet, à l'université de Chicago, un groupe désigné du nom de code de «Metallurgical Project», sous la direction du physicien Compton chargé d'y réunir, entre autres, l'équipe de Fermi et de Szilard de New York ainsi que celle de Glenn Seaborg, responsable de la découverte de plutonium. La tâche assignée à ce groupe était double: d'une part, établir si une réaction en chaîne uranium naturel-graphite était réalisable; d'autre part, essayer de mettre au point une méthode chimique d'extraction du plutonium formé dans ce système.

J'arrivai à Chicago en juillet 1942 et devais y passer près de quatre mois passionnants. Je fus accueilli par Compton lui-même, un des savants les plus respectés des Etats-Unis; il m'expliqua qu'en ma qualité de représentant de l'équipe britannique, toutes les portes m'étaient ouvertes, mais il me demanda toutefois de me restreindre volontairement au seul domaine de ma compétence, celui de la chimie. Puis il me confia, à ma grande surprise, que parmi les nombreux secrets qui allaient m'être révélés, le comportement chimique du plutonium était non moins important que la découverte de cet élément. En effet, on estimait alors, avec raison, que les Allemands ne possédaient pas de cyclotron assez puissant pour leur permettre de découvrir et d'isoler cet élément, dont Seaborg avait constaté que les propriétés chimiques étaient différentes de celles que l'on aurait pu escompter.

Fermi et Szilard me reçurent aussi très amicalement, fort amusés de me voir enfin pénétrer dans le saint des saints de l'entreprise atomique américaine par le double biais des Forces françaises libres et de la recherche scientifique britannique.



Les West Stands de Stagg Field à l'Université de Chicago. C'est à l'intérieur de ce bâtiment que l'équipe dirigée par Enrico Fermi a construit le premier réacteur nucléaire du monde. Le 2 décembre 1942, à 3 h.25 de l'après-midi, une barre de commande enrobée de cadmium a été retirée du réacteur, déclenchant ainsi la première réaction en chaîne auto-entretenue provoquée par l'homme. (Photo: Argonne National Laboratory).

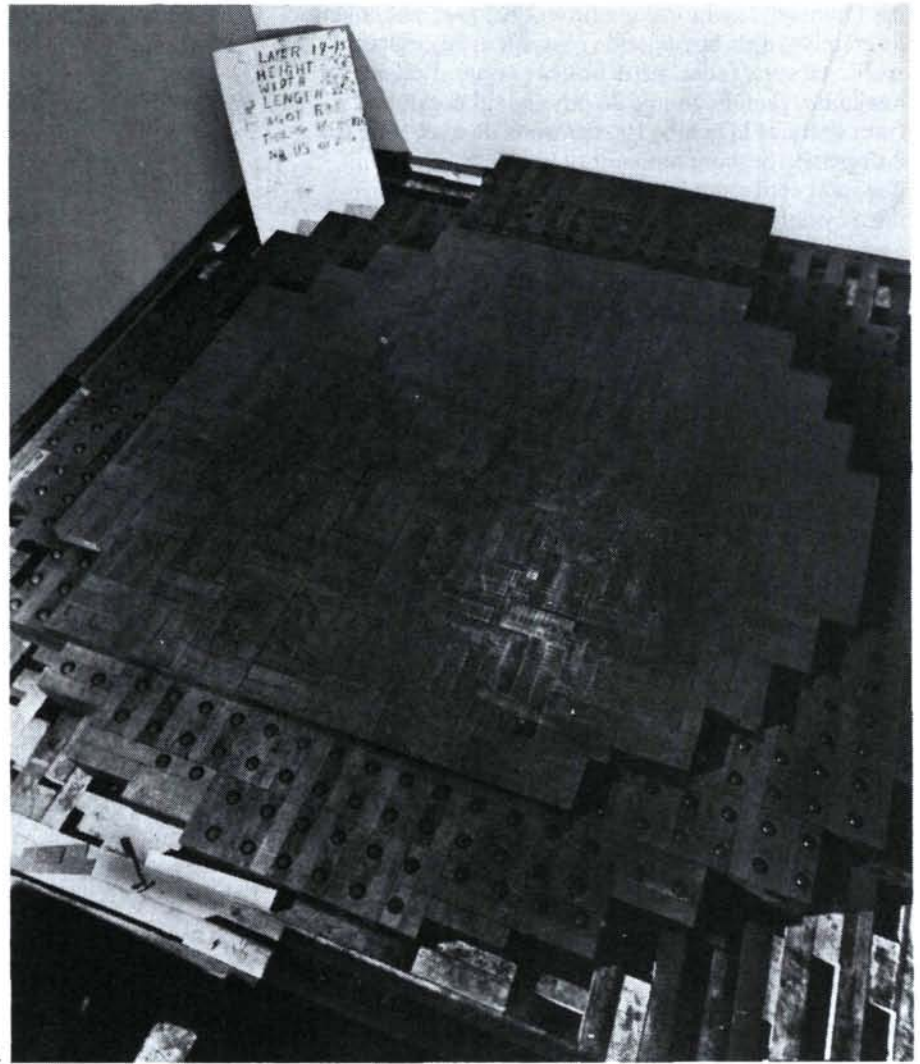
Au moment de mon arrivée à Chicago, plus d'une centaine de travailleurs scientifiques étaient déjà à l'œuvre, dispersés dans les laboratoires de l'université. Une atmosphère excellente régnait dans ce groupe de jeunes techniciens enthousiastes; ils savaient que leur objectif était une arme, qui, en cas de réussite, détiendrait un potentiel de destruction sans commune mesure avec celles du passé. Les scrupules moraux étaient alors étouffés par l'intérêt passionnant des recherches et par la crainte obsédante que les Allemands fussent sur la même voie, peut-être même en avance. Le calendrier envisagé à cette date, et qui devait être miraculeusement respecté, prévoyait la fabrication de la bombe en trois ans.

Fermi était responsable de la mise en œuvre de la réaction en chaîne. Sous les gradins des tribunes du terrain de football de l'université se montait, dans le plus grand secret, l'édifice à base de graphite et d'uranium naturel auquel il allait donner le nom de «pile atomique», du fait qu'il s'agissait d'un véritable empilement de barres de graphite dont certaines étaient creuses et contenaient une masse d'uranium, oxyde ou métal. (Le terme de «réacteur» n'apparaîtra que plus tard.)

Les chimistes étaient autorisés à venir de temps à autre dans cette enceinte mystérieuse, toute brillante de poudre de graphite. Des hommes noirs de la tête aux pieds y construisaient une étrange structure cubique noire et brillante de plusieurs mètres de côté. La vue de cet empilement était très émouvante, car nous savions que l'issue de la guerre, et par conséquent le destin du monde, en dépendaient peut-être.

Selon les calculs exécutés, au moment où l'édifice atteindrait près de sept mètres de côté la taille critique serait atteinte et la réaction en chaîne s'amorcerait d'une façon lente, car, d'une part, le graphite ralentissait les neutrons et accroissait le temps écoulé entre deux générations successives de fissions, et, d'autre part, des barres de contrôle en cadmium, substance absorbant les neutrons, étaient prévues pour pénétrer à volonté dans le système et empêcher la réaction de s'emballer.

Ainsi, pour le système uranium naturel-graphite, qui constitue l'élément essentiel de la pile de Chicago, existe-t-il une masse critique, comme dans le cas de la bombe. Il y a toutefois deux différences fondamentales: la première est que, pour l'uranium naturel, des tonnes



La dix-neuvième couche de graphite photographiée pendant la construction de la pile de Fermi. On peut apercevoir des barreaux d'oxyde d'uranium dans la dix-huitième couche qui est en partie à découvert. (Photo: Argonne National Laboratory).

de produit sont indispensables pour obtenir la masse critique, par opposition aux quelques kilos qui sont nécessaires dans le cas de l'uranium 235 et du plutonium. La deuxième différence est due au fait que les neutrons étant ralentis, la production des générations successives de ces derniers est beaucoup plus lente que dans la bombe, ce qui rend la pile contrôlable.

La pile atomique à uranium naturel est de plus une véritable machine alchimique car, au fur et à mesure que de l'uranium 235 s'y consume par fission, il s'y produit à partir de l'uranium 238 du plutonium en quantité approximativement équivalente à celle de l'uranium 235 détruit\*.

Or, tandis que la séparation des deux isotopes de l'uranium est infiniment difficile, celle du plutonium et de l'uranium est relativement facile, à la réserve près que cette dernière séparation est rendue compliquée en pratique par l'intense radioactivité des produits de fission présents.

\* Pour chaque gramme d'uranium 235 consommé, il se crée un peu moins d'un gramme de plutonium et il se dégage environ vingt mille kilowatts/heures d'énergie.

La mise au point du procédé chimique d'extraction du plutonium était l'objectif de l'équipe de Seaborg à laquelle j'avais été affecté. Celle-ci travaillait dans une seule grande pièce consacrée d'habitude aux travaux pratiques de chimie des étudiants. Une dizaine de petits groupes, de deux à trois chercheurs chacun, étudiaient diverses méthodes de séparation à partir de traces de plutonium impondérables, mais décelables par leur radioactivité. Je devais, en collaboration avec Isadore Perlman, le second de Seaborg, déterminer les principaux produits de fission à vie longue qui doivent être éliminés lors de l'extraction du plutonium. C'était l'âge d'or de cette chimie nouvelle et nous découvrîmes rapidement de nouveaux radioéléments, isotopes d'éléments peu courants et qui représenteront une partie notable des résidus radioactifs du fonctionnement des futures centrales nucléaires.

Le 20 août 1942, au cours de la réunion des chercheurs du «Metallurgical Project» (réunion hebdomadaire où, de séance en séance, croissait le nombre des participants, à une cadence digne de la réaction en chaîne), Seaborg se leva pour annoncer que nous avions vu pour la première fois, ce même jour, une substance transmutée

par l'homme, une infime quantité (quelques millièmes de gramme) d'un composé de plutonium de couleur rosée. Edward Teller, autre brillant savant d'origine hongroise, chef du groupe de physique théorique et futur «père de la bombe H», demanda de quel composé il s'agissait. Seaborg répondit qu'il ne pouvait le lui dire, tant était strict le compartimentage des connaissances visant à éviter les fuites.

Les données chimiques obtenues à partir d'un quart de milligramme d'élément permirent de réaliser en septembre un tour de force technique et industriel: en moins de trois ans des kilos de plutonium allaient être extraits dans une hallucinante usine télécommandée à travers d'épais murs de béton protégeant les opérateurs contre une irradiation mortelle.

Quelques mois après l'isolement du premier quart de milligramme de plutonium, un autre événement considérable se produisit à Chicago. En effet, le 2 décembre 1942, date historique de l'ère atomique, la pile de Fermi ayant atteint sa taille critique, la réaction en chaîne fut amorcée dans cette bizarre structure d'uranium (6 tonnes de métal et 50 tonnes d'oxyde) et de graphite (400 tonnes).

Le retrait lent des barres de cadmium engendra une augmentation croissante de la radioactivité et des neutrons contenus dans l'ensemble. En quelques minutes, après un dégagement d'énergie de moins d'un watt, on dut ralentir la réaction, la radioactivité devenant dangereuse pour les opérateurs.

Après quelques jours de fonctionnement à des puissances d'une fraction de watt, il fallut arrêter la pile de Fermi, car les rayonnements émis auraient fini par devenir dangereux pour les passants et pour les gens habitant au voisinage du terrain de football de l'autre côté de la rue. Cette première pile, construite par approximations successives dans un but purement expérimental, n'était pas munie d'écrans protecteurs. C'est à peine si l'on envisageait qu'elle fonctionnât, et, en tout état de cause, elle n'était pas conçue comme une construction permanente ou même durable.

Près de quatre ans après que Joliot-Curie et son équipe eurent battu d'une seule semaine celle de Fermi dans la découverte des neutrons secondaires de fission, le savant italien prenait une revanche éclatante. Sans l'invasion de la France et de la Norvège, Joliot-Curie et ses collaborateurs auraient sans doute gagné cette

course en réalisant la réaction en chaîne avec de l'uranium et de l'eau lourde.

Compton, qui avait assisté le 2 décembre à toute l'opération dite de «divergence» de la première pile atomique, avait, après son succès, téléphoné à Conant, à Washington. Il lui avait dit simplement: «Vous serez intéressé d'apprendre que le navigateur italien vient d'atterrir dans le nouveau monde.» Au moment où pour la première fois l'avance allemande était stoppée dans le désert égyptien, devant Alexandrie, et sur les steppes glacées de Russie devant Stalingrad, une expérience réussie ouvrait à l'homme l'accès à un nouveau monde plein d'espérances et de menaces, celui de l'alchimie moderne.

Trente ans plus tard, l'analyse poussée, dans un des laboratoires du Commissariat à l'énergie atomique, d'un minerai provenant du Gabon en Afrique permettait à des chercheurs français de prouver avec certitude que la réaction en chaîne dans l'uranium avait déjà eu lieu dans la nature.

En effet, l'uranium 235 étant un radioisotope plus instable que l'uranium 238, en remontant le cours de la préhistoire, on sait que l'uranium se trouvait plus «enrichi» qu'actuellement. A l'époque où, il y a deux milliards d'années, s'est constitué le minerai de la mine d'Oklo, au Gabon, la teneur en uranium 235 du mélange était cinq à six fois la teneur actuelle dans la nature; cette concentration est justement de l'ordre de celle mise en jeu dans les centrales nucléaires modérées à l'eau ordinaire, les plus courantes aujourd'hui.

Il y a deux milliards d'années, la terre avait les deux tiers de son âge actuel, les continents africain et américain ne faisaient qu'un, les organismes vivants les plus évolués à la surface du globe étaient des monocellulaires: les algues bleues. Il s'est produit alors, comme à Oklo, une concentration d'uranium dans des conditions physiques favorables à la réaction en chaîne provoquée par chaque incursion d'eau dans les dépôts sédimentaires concernés. La présence, au cours de la préhistoire, de plusieurs piles naturelles dans un rayon de quelques kilomètres a pu être décelée. Elles ont dû fonctionner pendant des milliers d'années avec des cycles correspondant à l'évaporation de l'eau sous l'effet de la chaleur dégagée que suivait un arrêt de la pile jusqu'à une nouvelle arrivée d'eau.