

LA PREMIERE REACTION EN CHAINE

A LA RECHERCHE DE MATIERES PURES

par

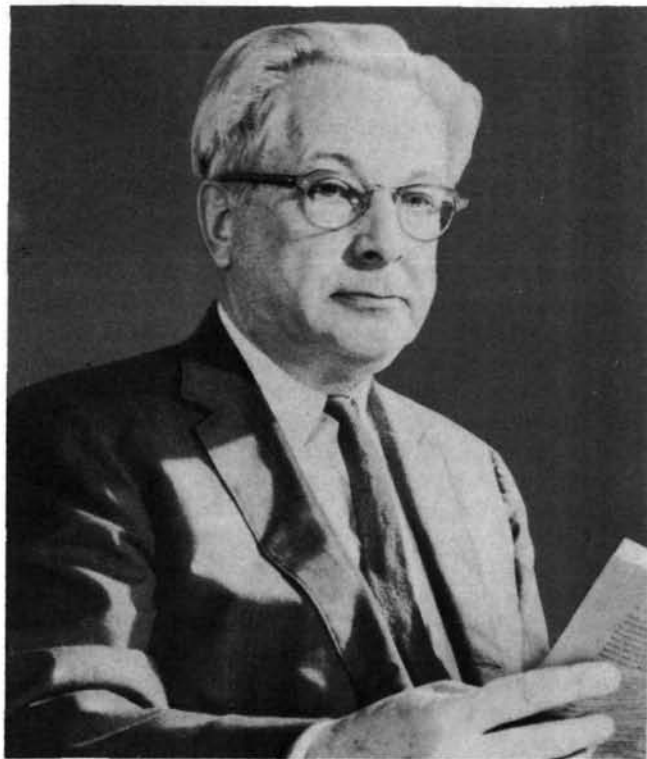
Samuel K. Allison

INSTITUT ENRICO FERMI D'ETUDES NUCLEAIRES
UNIVERSITE DE CHICAGO

On a publié au cours des 20 dernières années de nombreux récits des faits qui ont permis d'amorcer pour la première fois avec succès une réaction en chaîne. Le premier était le fameux rapport Smyth, publié en 1945, mais depuis lors ont paru les ouvrages du Professeur A. H. Compton "Atomic Quest" (La recherche atomique) et du Général Groves "Now it can be told" (On peut maintenant le révéler), ainsi que "The New World" (Le nouveau monde) de R. G. Hewlett et O. E. Anderson Jr., rédigé sous les auspices du Comité consultatif historique de la Commission américaine de l'énergie atomique : il s'agit là d'un ouvrage savant qui traite du sujet à fond et qui est l'oeuvre d'historiens chevronnés ayant eu accès à des milliers de documents se rapportant à la question. Il est vain de vouloir faire dans un bref article comme celui-ci un résumé sommaire prétendant à l'exactitude scientifique, alors que l'on dispose de ces exposés magistraux.

On sait que la première réaction en chaîne entretenue a été provoquée, sous le secret militaire, dans un agrégat de graphite, d'uranium métal et d'oxyde d'uranium. La construction de la "pile" faisait partie du programme dit "Metallurgical Project" (Projet Métallurgie) placé sous le patronage du Génie de l'armée américaine. Un groupe de physiciens éminents, dont Enrico Fermi, avait été constitué et doté de moyens financiers quasi illimités. Ce qui suit n'est pas le résumé fidèle des activités de ce groupe antérieures au 2 décembre 1942 ; ce sont des observations personnelles d'un participant, faites de petits détails qui, je l'espère, conféreront un intérêt particulier aux faits exposés.

Ma première tâche importante, au titre du programme, était de reprendre, avec quelques variantes, certains travaux réalisés par Fermi et son groupe à Columbia. Nous avions projeté d'utiliser le vieux cyclotron de Chicago comme source de neutrons et d'étudier la diffusion des neutrons dans le graphite, avec et sans un treillage revêtu d'uranium et logé dans le graphite. Des spécialistes plus avisés que nous savaient qu'avec un cyclotron construit en 1937, comme le nôtre, nous consacrerions la plus grande partie de notre temps à des travaux d'entretien et très peu de temps, pour ne pas dire aucun moment, à faire des mesures sur la diffusion. De façon plus ou moins inattendue, en tout cas sans que j'eus à le demander expressément, un gramme de radium, sous forme de source mixte de neutrons, arriva de Washington et nous libérâmes le cyclotron pour d'autres projets.



Samuel K. Allison (Photo Central Scientific Company, Chicago, Laboratoire national d'Argonne)

Je me rendis plusieurs fois à New York pour garder le contact avec le groupe Fermi. Ils avaient monté et expérimenté une pile "exponentielle" sous-critique dont le combustible était constitué par de la poudre d'oxyde d'uranium contenue dans des boîtes d'aluminium disposées dans une matrice de graphite. Le facteur de multiplication des neutrons, "k", qui devait être supérieur à l'unité pour assurer le succès de l'expérience, était de 0,88. Fermi considérait que ce fait n'était pas très encourageant, mais il poursuivait ses travaux à l'aide des mêmes matières, en apportant certaines améliorations. En particulier, la qualité de l'oxyde ne le satisfaisait pas et l'avenir a montré qu'il avait raison. D'autre part, il pouvait être avantageux de compresser la poudre d'oxyde pour en augmenter la densité et Anderson et Zinn cherchaient à cette fin une presse déjà utilisée. La transformation de la poudre en briquettes aurait notamment pour avantage de supprimer les boîtes qui absorbaient une certaine quantité des précieux neutrons. Les avantages des briquettes de poudre de

densité élevée étaient si évidents que je décidai de les utiliser pour la première pile de Chicago.

La poudre d'oxyde d'uranium utilisée à Columbia et à Chicago était extraite de pechblende canadienne et elle était principalement le résidu d'une séparation dont l'objet principal était de recueillir du radium. Fermi demanda à quelques-uns des chimistes de Columbia d'analyser cette poudre et la liste des impuretés était si longue qu'elle ressemblait à un assez bon échantillon de la classification périodique. La poudre d'oxyde envoyée à Columbia, avait au moins un avantage : on pouvait la transformer facilement en briquettes stables. A Chicago, les opérations de pressage d'un lot d'oxyde canadien expédié environ un an plus tard donnèrent de mauvais résultats. Les briquettes étaient loin d'être aussi stables que celles fabriquées à Columbia et se brisaient souvent au moindre contact. Elles étaient si fragiles que nous dûmes les loger dans de minces boîtes d'aluminium maintenues par du ruban adhésif qui était à l'époque un produit relativement nouveau. Les difficultés éprouvées à Chicago donnèrent lieu à quelques remarques sans malice mais peu flatteuses de la part du groupe de Columbia, mais nous ne parvinmes pas, en comparant les méthodes de pressage, à expliquer notre échec.

Lorsque les opérations de pressage de l'oxyde, à Chicago, furent sur le point d'être terminées, je m'arrêtai à Princeton à l'occasion d'un de mes voyages vers l'Est; Wigner et Creutz m'entreprirent aussitôt. Wigner était convaincu que le rapport graphite-uranium atteint par Fermi à Columbia n'était pas le rapport optimum réalisable, et aussi que les briquettes d'oxyde de Fermi étaient trop grandes. J'avais emporté avec moi une des briquettes de Chicago et, en la voyant, Wigner dit qu'elle était trop grande et qu'il faudrait la couper en deux. Je racontai l'histoire lamentable des difficultés que nous éprouvions à Chicago pour le pressage, comment les briquettes s'aggloméraient mal et comment elles se réduisaient en poudre si l'on essayait de les scier. Au cours de ce monologue, je ne remarquai pas que Creutz avait silencieusement disparu en emportant mon échantillon de briquette. Quelques minutes plus tard, il le rapportait parfaitement scié en deux, avec chaque moitié intacte. Je retournai à Chicago et nous coupâmes tous nos précieux agglomérés selon la méthode de Wigner.

Quand la première pile exponentielle de Chicago fut assemblée et l'atténuation du flux de neutrons mesurée en plaçant des feuilles d'indium le long de son axe selon la méthode prescrite, "k" semblait être d'environ 0,91. Fermi vint de Columbia pour donner son approbation officielle et demanda toutes les données initiales sur les feuilles, leur épaisseur, leur position et leur taux de comptage, renseignements que nous lui donnâmes naturellement avec plaisir. Il

se retira dans un bureau et, quelques heures après, pria certains d'entre nous d'avoir avec lui un petit entretien. Après quelques remarques préliminaires, il annonça que "k" était de 0,93. Assez surpris, je me permis de lui faire observer qu'il était de 0,91. Je n'ai vu qu'une autre fois Fermi aussi ennuyé. Il se targuait toujours d'être plus prudent que les autres et voilà qu'un expérimentateur se montrait plus prudent dans l'appréciation des résultats obtenus que Fermi lui-même dans l'évaluation de ces résultats. Après quelques vives remarques, il sourit à nouveau et nous nous aperçûmes que j'avais utilisé une ancienne valeur du coefficient de diffusion du graphite que Fermi avait abandonnée.

La nouvelle que "k" était plus élevé à Chicago causa tout d'abord une certaine tristesse à Columbia, comme si une découverte technique leur avait échappé à eux, les initiateurs du programme. Ils apprirent bientôt que les canadiens avaient raffiné l'oxyde entre les envois de Columbia et de Chicago. Bien qu'impur d'après les normes modernes, l'oxyde de Chicago était nettement meilleur que celui de Columbia; le fait qu'il ne comportait aucune espèce d'impureté goudronneuse, notamment, expliquait pourquoi les matières de Columbia se pressaient mieux.

Mais on avait décidé maintenant de concentrer les efforts sur la réaction en chaîne à Chicago, et Fermi et son équipe arrivèrent bientôt de Columbia. Ils avaient maintenant la maîtrise de l'art de la pile exponentielle, alors que je n'étais encore qu'un apprenti; aussi laissai-je aux nouveaux venus le soin d'empiler le graphite. Il était maintenant évident que la difficulté majeure était d'obtenir en quantités suffisantes des composés d'uranium, de l'uranium et du graphite d'une grande pureté. Nos premiers essais de production d'uranium métal pur ne furent pas très heureux. En raison de son aptitude remarquable à produire des rayons X sous bombardement d'électrons, la Westinghouse Lamp Works avait produit quelques grammes d'uranium métal pour le mettre à l'épreuve comme cible de tubes à rayons X. Malheureusement, on constata que le point de fusion du métal pur était inférieur d'au moins 600° C à celui qui était indiqué dans les travaux publiés. Le procédé Westinghouse consistait en une réduction photochimique du nitrate d'uranyle dans une solution contenant du fluorure de potassium et du sucre. On faisait fondre le précipité de KUF₅ et l'on récupérait l'uranium par électrolyse du sel fondu. Le métal produit était le meilleur que l'on ait pu obtenir au début du projet, mais ce procédé était trop difficile à utiliser pour la production des quantités nécessaires.

En utilisant une autre méthode consistant à réduire l'oxyde d'uranium en uranium pulvérulent en chauffant avec de l'hydrure de lithium et à fritter ensuite la poudre pour en faire des blocs de métal, on obtint des matières très impures dont certaines

étaient pyrophoriques lorsque les récipients furent exposés à l'air. Il ne suffisait pas de trouver un procédé pour produire de l'uranium, il fallait aussi mettre au point et appliquer des méthodes d'analyse permettant de s'assurer que la pureté des matières répond à des spécifications rigoureuses. Les anciennes méthodes d'analyse du bore ne donnaient pas satisfaction et le Bureau of Standards en mit au point de nouvelles. Princeton se chargea de mettre à l'essai des méthodes d'analyse du cadmium.

Je résolus de me consacrer au problème des matières pures - ce qui semblait logique - car le Professeur Compton venait de me demander d'assurer la présidence du service de chimie du projet qui était en voie de rapide expansion. On peut difficilement imaginer l'effervescence et la confusion qui régnaient. L'Angleterre nous avait appris une méthode de production d'uranium consistant à réduire du tétrafluorure au moyen de calcium et de magnésium. Le Dr Alexander Smith, quittant sa retraite, installa pour nous une petite usine pilote permettant de produire du fluorure à partir de nitrate. Un grand pas en avant fut réalisé lorsque Compton réussit à convaincre la Mallinckrodt Chemical Company de purifier du nitrate d'uranyle par la dangereuse méthode d'extraction à l'éther. Des contrats furent passés avec plusieurs sociétés de production d'uranium, mais au début les méthodes d'analyse ne leur furent pas communiquées. Pendant quelques mois, je publiai une revue analytique hebdomadaire, qui consignait les résultats des analyses de préparations d'uranium faites à Chicago, au Bureau of Standards, à Princeton, à St-Louis, à Ames et dans divers autres laboratoires qui avaient entrepris des travaux analogues. Certaines entreprises ne voulaient pas que leurs procédés d'analyse soient mis à la disposition de leurs concurrents, mais l'urgence de la situation fit disparaître toutes les objections.

La pureté du graphite était tout aussi importante. Il était très difficile d'expliquer aux gros fournisseurs de graphite, dont les produits avaient donné toute satisfaction pour la fabrication d'électrodes destinées aux aciéries, pourquoi il fallait préparer des milliers de tonnes, selon les normes appliquées jusqu'alors pour le graphite des bornes d'arcs utilisés en analyse spectroscopique. Personne jusqu'ici ne s'était inquiété de la présence de bore dans le graphite; personne ne connaissait la teneur en bore du graphite vendu dans le commerce. Je me souviens d'un voyage épuisant effectué avec Norman Hilberry dans une région perdue au nord-ouest de la Pennsylvanie, où était située la Speer Graphite Company. Cette usine assez peu importante avait accepté de mettre à l'essai certains procédés que nous recommandions dans la production de graphite pour réduire sa teneur en bore. Je n'oublierai pas l'agitation que fit naître l'arrivée du premier envoi de graphite de Speer, en mai 1942, lorsque l'on constata que "k" s'élevait à 0,995, bien que l'on eût utilisé de l'uranium inférieur aux normes.

Je ne fais, bien entendu, que résumer l'évolution rapide de ce projet. Les chimistes séparaient des quantités de plutonium de l'ordre du microgramme à partir de matières irradiées dans le cyclotron de l'Université de Washington. D'autres découvraient chaque jour des produits de fission nouveaux ou étudiaient les effets de dislocation du graphite causés par le bombardement au moyen de neutrons rapides. Les physiciens cherchaient et découvraient de nouveaux émetteurs de neutrons retardés et mesuraient la courbe de désintégration de l'ensemble de tous les produits de fission. On construisit des réseaux avec des rapports uranium/graphite variables pour contrôler leur effet sur "k". Des biologistes procédèrent à des expériences sur les lésions dues aux neutrons lents en vue de la construction du réacteur. Des bruits à propos d'une longue conférence qui s'était tenue à Berkeley et où avait été envisagée la possibilité d'une réaction thermonucléaire, se répandirent, malgré le silence officiel. On assista tous les jours à des débats passionnés sur les avantages respectifs des réacteurs refroidis par un liquide et par un gaz.

Si l'on jette un coup d'oeil rétrospectif sur ces événements, il semble que le programme du Metallurgical Project ait été efficacement réduit pour atteindre ses objectifs; mais pour celui qui se trouvait à l'époque pris dans le tourbillon, il semblait que de longues périodes s'écoulaient sans qu'aucun progrès ne soit réalisé et j'éprouvais, quant à moi, une impression presque insupportable de confusion et de lutte contre la montre et la crainte que nos adversaires dans la guerre ne nous aient largement dépassés. Enfin, le 2 décembre 1942, arriva à Chicago un envoi de graphite, d'uranium et d'oxyde d'uranium de pureté suffisante, de sorte que, lorsque l'envoi le plus récent fut ajouté à la structure grandissante du réacteur et que Fermi fit retirer la barre de contrôle, le flux de neutrons augmenta selon une fonction exponentielle avec la dérivée positive du second ordre, que Wigner tenait à observer. Mais de nombreuses conférences avaient lieu ce jour-là, et seuls quelques-uns purent assister à l'expérience. Dans une autre pièce, le comité d'études du Pont était en séance et écoutait les déclarations des membres du projet. John Marshall, par exemple, qui avait travaillé à la pile avec autant d'acharnement que les autres, avait dû s'absenter pour se rendre à la Metal Hydrides Plant, alors que les modèles de réacteurs faisaient l'objet de discussions dans de nombreux bureaux.

Ce jour-là, je rentrai chez moi tard, comme d'habitude, épuisé comme toujours. Je ne devais évidemment pas souffler mot de notre travail aux miens; j'allai donc me coucher directement, pour récupérer les forces dont j'aurais besoin pour faire face à la confusion à laquelle il fallait s'attendre, comme d'habitude, le lendemain matin.