

Ces résumés ont pris le parti de supprimer les dizaines d'illustrations qui auraient considérablement alourdi le fichier et les centaines de notes de bas de pages, y compris celles renvoyant aux sources documentaires et aux noms des auteurs cités. Ils pourront être retrouvés dans l'édition du manuscrit en cours.

Première partie

UNE AUTRE HISTOIRE DU PROJET MANHATTAN

I. UN PROJET HORS NORMES CRÉÉ DANS LE PLUS GRAND SECRET

Le projet Manhattan n'est pas parti de zéro, mais presque

En 1938, toute la recherche dans le monde de la fission nucléaire pouvait tenir sur une table de taille moyenne et en moins d'une décennie, elle s'est étendue sur l'ensemble d'un pays. Point de départ essentiel : l'hypothèse selon laquelle la fission d'un atome pourrait dégager une puissance 100 000 fois plus importante que celle libérée par la combustion de l'hydrogène avec l'oxygène.

Les balbutiements organisationnels sous la direction des scientifiques universitaires

- En octobre 1939, 6 000 \$ sont attribués à Fermi et Szilard.
- En juin 1940, Vannevar Bush crée le Conseil de la Recherche pour la Défense nationale (NDRC), qui va rassembler quelque 6 000 chercheurs !
- En juin 1941, Vannevar Bush crée l'Office Scientifique de Recherche et Développement (OSRD), qui chapeaute le NDRC et coordonne tous les programmes de recherche.
- Au cours de l'année 1941, des contrats sont établis pour un total de 300 000 \$, couvrant des recherches sur la fission dans plusieurs laboratoires universitaires.
- Jusqu'au 8 décembre 1941 et même jusqu'à l'arrivée de Leslie Groves en septembre 1942, la question nucléaire reste pour l'essentiel un sujet encore faiblement coordonné et jalousement accaparé par les scientifiques universitaires.

La collaboration décisive du Royaume-Uni

- En juin 1939 Otto Frisch (neveu de Lise Meitner) et Rudolf Peierls avaient déterminé la masse critique de l'uranium 235.
- En mars 1940 leur mémorandum fut le point de départ du projet nucléaire britannique et de sa commission MAUD (Military Application of Uranium Detonation).
- En juillet 1941, le rapport MAUD est expédié aux USA.
- En décembre 1943 la mission britannique qui arriva aux USA incluait Niels Bohr, James Chadwick, Otto Frisch, Klaus Fuchs, Rudolf Peierls et Ernest Titterton. Au total une cinquantaine de chercheurs de très haut niveau.

La montée en charge, la prise de pouvoir des militaires et l'appel aux industriels

- Au printemps 1942, James B. Conant et Oppenheimer détaillent cinq méthodes pour parvenir à l'obtention de matières fissiles (trois pour l'²³⁵U, deux pour le ²³⁹Pu) et différents projets de bombes : les méthodes par détonation, par implosion, ou auto-catalytique... le « but » étant de réunir deux pièces de matière fissile afin d'atteindre la masse critique. Seule la méthode par détonation et une variante complexe de l'implosion furent retenues.
- Le 17 juin 1942 le développement en parallèle de toutes les méthodes approuvé par Roosevelt.
- Entre juillet 1942 et juillet 1943, le projet Manhattan passe progressivement aux mains des militaires (le Génie).
- 17 septembre 1942, le général Leslie Groves est nommé chef de projet.
- En novembre 1942, la direction du projet décidait de se passer de phase pilote (exception faite du réacteur expérimental d'Oak Ridge) pour débiter ensemble recherche, construction des sites & des installations, industrialisation & production (stratégie parallèle).
- En mars 1944, la War Manpower Commission et le War Production Board accordèrent la priorité maximale au projet.

Pour se mettre à l'abri de toute contestation politique ultérieure des scientifiques, Groves donne le contrôle du projet aux ingénieurs du génie militaire et aux entreprises privées plutôt qu'aux chercheurs universitaires. Sur tous les sites, la surveillance, l'encadrement et la discipline militaire étaient renforcés par la présence de tous les services de renseignement et de contre-espionnage.

Voici une liste de quelques grands groupes industriels qui furent impliqués dans ce projet :

Consolidated Mining and Smelting Company (future la Cominco) ; E. I. Du Pont de Nemours and Company ; General Electric Company ; Hooker Electrochemical Company ; M.W. Kellogg Company ; Monsanto Chemical Company ; Standard Oil Development Company ; Tennessee Eastman Company (Kodak) ; Union Carbide and Carbon Corporation ; Westinghouse Electric and Manufacturing Company etc.

II. QUATRE PROBLÈMES FONDAMENTAUX A RÉSOUDRE

1 - L'approvisionnement en minerai d'uranium, une question décisive

Deux matériaux fissiles ont été identifiés : l'uranium 235 (présent dans une proportion de 0,7% dans le minerai) et le plutonium 239, un sous-produit de la fission nucléaire découvert par Glenn Seaborg en 1941. Or, 1 200 t de minerai d'uranium étaient stockées à Staten Island (!) par Edgar Sengier, D^r de l'Union Minière du Haut-Katanga, qui proposait aussi 1 000 tonnes supplémentaires restées en Afrique.

2 - L'obtention du plutonium 239 à Oak Ridge puis à Hanford

L'obtention du plutonium entraînait premièrement, la conception et la construction de réacteurs nucléaires et deuxièmement la possibilité de séparer le ²³⁹Pu des autres sous-produits de l'irradiation. Deux types de réacteurs furent étudiés en parallèle : U naturel et eau lourde à Columbia et U enrichi / graphite et air ou gaz. Le 2 décembre 1942, une équipe menée par Enrico Fermi déclencha sous les gradins du stade de football de l'université de Chicago la première réaction en chaîne nucléaire artificielle.

- Sur le site d'Oak Ridge fin 1942, Du Pont commença la construction d'installations pilotes : un réacteur U naturel / graphite refroidi à l'air (code X-10) construit en 11 mois, une usine de séparation chimique du ²³⁹Pu et les installations de soutien nécessaires.

Fin novembre 1943, 500 mg de plutonium avaient été produits, mais pas encore séparés des autres « déchets ».

- Sur le site d'Hanford, La construction du premier des 6 réacteurs prévus commença en février 1944. Les premiers éléments irradiés furent extraits du cœur le 24 novembre 1944 et le plutonium séparé en janvier 1945. Les premiers 720 g arrivèrent le 2 février à Los Alamos.

3 – La séparation des isotopes de l'uranium à Oak Ridge

Basées sur les légères différences de masse atomique des deux isotopes, sept méthodes de séparation de l'uranium 235 et de l'uranium 238 furent identifiées en 1941 ; trois allaient finalement mises en œuvre. La diffusion gazeuse à Columbia, la diffusion thermique au Naval Research Laboratory, la séparation électromagnétique à Berkeley.

Un énorme bâtiment de séparation électromagnétique (baptisé Y-12) fut construit à Oak Ridge et devint opérationnel à l'été 1944. A cause du manque de cuivre, 14 700 tonnes d'argent furent utilisées, dont le dernier lingot fut rétrocédé au Trésor américain en mai 1970.

4 - Les différentes conceptions d'armes et de bombes atomiques

Quelle arme, puis quelle bombe, allaient-ils fabriquer ?

Tous les types d'armes furent abandonnés au profit du bombardement aérien à haute altitude. Mais étant donné la moindre précision qui en résulterait, les villes et leurs habitants devenaient de facto les cibles de la bombe : il ne fut plus question de détruire sélectivement un navire, un arsenal, ni même un port, mais une ville entière.

La conception détonante de la bombe (propulsion d'une pièce vers l'autre dans un canon) fut tout d'abord étudiée car mieux connue. Mais elle soulevait tout de même des questions scientifiques et techniques importantes sur la balistique intérieure, la forme des « projectiles » d'uranium, les explosifs à utiliser, la dynamique de la détonation. Parallèlement, l'équipe de Los Alamos dut apprendre à affiner l'uranium 235 et à le mouler, tâche qui l'a menée dans des domaines métallurgiques tels que la conception des creusets et des fours sous vide.

III. COUT DU PROJET : LE MYTHE TENACE DES DEUX MILLIARDS DE DOLLARS

Une des manières de détourner la tête devant *la Chose Nucléaire* consiste à en minimiser l'importance et la portée historique dans tous les domaines, ce qui passe, entre autres choses, par l'acceptation sans esprit critique des sommes dépensées telles qu'elles apparaissent aujourd'hui encore dans la plupart des études du projet Manhattan. En effet, dans une conception quantitative de l'histoire, c'est même une manière d'avancer que ce projet ne fut, tout compte fait, pas beaucoup plus important que celui du radar par exemple. La même incroyable vision comptable de l'histoire plaçant au même niveau les bombardements conventionnels et massifs de Tokyo avec ceux d'Hiroshima et de Nagasaki !

La commission Truman

Truman avait été à l'origine de la création de la plus puissante commission du Sénat, mise en place du 1^{er} mars 1941 à fin avril 1948. Elle s'est intéressée aux industries essentielles en temps de guerre afin de déterminer si celles-ci profitaient abusivement de leur position durant le conflit. Rappel : des investigations identiques conduites en 1935-1936 par la *Nye Committee* avaient débouché sur la stigmatisation publique des responsables de la firme Du Pont de Nemours comme « marchands de mort ». Nota bene : les sénateurs n'apprirent l'existence du projet secret de bombe atomique qu'après le bombardement d'Hiroshima.

Le 25 avril 1945 fut créé le Comité Intérimaire (Interim Committee) dont le but fut, de préparer les futures auditions concernant les dépenses du projet Manhattan devant le Congrès, d'examiner les futures applications du nucléaire dans tous les domaines.

Les coûts officiels du projet Manhattan tels qu'établis en décembre 1945

Les sources primaires de toutes les études publiées sont soit celles de la Commission de l'Energie Atomique (Richard Hewlett et Anderson, 1962), soit celles de l'armée (Vincent Jones, 1985 ou Richard Lee Rhodes, 1986), soit celles du projet Manhattan (*The Smyth Report*, 12 août 1945). Dans ces conditions, on comprendra qu'il soit légitime de se poser des questions sur la crédibilité de ces travaux.

Le récapitulatif connu ne comprend que les dépenses officielles. Ne figure donc pas l'ensemble des dépenses militaires et relatives au fonctionnement du projet. Or, l'organigramme de l'encadrement militaire comptait plus de cent divisions ou sous-divisions en mai 1946. Autre exemple, ne sont pas compris dans ces dépenses les 76 M\$ dépensés par les forces aériennes d'août 1943 à septembre 1945 et qui recouvrait la modification de 46 bombardiers B-29 dédiés aux bombardements atomiques, la formation des personnels du 509^e groupe de bombardement et la logistique de soutien basée sur l'île de Tinian dans le Pacifique. Par ailleurs, il n'a pas été possible de se faire une idée précise du nombre de chercheurs et d'employés des universités qui ont participé au projet. Nous savons tout au plus que 6 000 chercheurs ont été recrutés en juin 1940. Le nombre total des employés ayant participé au projet au fur et à mesure de son déroulement est mieux connu. Nous savons qu'en juin 1944, le projet Manhattan employait quelque 129 000 personnes sur lesquelles 84 500 étaient affectées à la construction et 40 500 aux tâches industrielles. Au total, de la fin de 1942 jusqu'à août 1945, un demi-million de personnes furent employées à la fabrication des bombes atomiques. Cela peut étonner, mais il faut bien se rendre compte de la taille de certains sites. Par exemple, seulement à Hanford, il y avait 1 200 bâtiments, plus de 1 000 kilomètres de routes, 250 Km de voies ferrées... Le pic d'emploi eut lieu en Juin 1944, avec cinquante et un mille employés, tous métiers confondus. À son maximum, durant la construction, le camp fut la troisième ville la plus peuplée de l'État de Washington. Hanford exploitait une flotte de plus de 900 bus pour transporter les ouvriers, soit plus que la ville de Chicago.

Conclusions quant aux dépenses telles qu'elles furent officiellement récapitulées après-guerre

Les dépenses officielles du projet ont été établies sous le contrôle de Groves, après-guerre, c'est-à-dire au moment de s'en expliquer devant le congrès. Il savait également que les militaires allaient devoir « passer la main » aux civils le 1^{er} janvier 1947 et qu'en conséquence il fallait solder les comptes.

- De quelque côté qu'on l'envisage, le projet Manhattan fut le plus important projet militaire de tous les temps et en même temps le plus secret. On comprendra donc que la marge de manœuvre pour en falsifier les comptes était assurée.
- Les pressants appels au patriotisme et la forme juridique de tous les contrats passés avec les entreprises privées étaient largement à l'avantage du projet Manhattan. L'exemple le plus extrême fut celui de la firme Du Pont qui avait en charge la production du plutonium sur le site de Hanford et qui a souscrit un contrat couvrant ses investissements plus un dollar par an.
- Par ailleurs, les dépenses relatives aux neuf premiers sites (Oak Ridge, Hanford, Los Alamos, les six usines d'eau lourde) aboutissent ensemble à un total officiel de 1,7 Md. Quid du coût des 26 autres installations et de leur fonctionnement ?
- Que l'on calcule cette dépense au cours du cuivre de l'époque, que l'on se base sur celui de l'argent ou bien encore que l'on estime les intérêts de ce prêt, à elle seule, la dépense afférente à l'emprunt des 14 700 t d'argent du trésor pendant 28 ans peut être évaluée à 700 millions de \$₁₉₄₅.
- Une très prudente estimation finale se situe aux alentours de 3,18 Md\$₁₉₄₅ ou 50,7 Md\$₂₀₁₂. Mais étant donné les conditions d'élaboration de ces comptes, il est très vraisemblable que les dépenses réelles furent nettement plus importantes. Enfin, pour s'en faire une représentation comparative, voici quelques dépenses effectuées durant la seconde guerre mondiale, – chiffrées en \$₂₀₁₂ – le total de ces dépenses étant évalué à 4 750 Md\$:

- Armes, sans leurs munitions : 34,6 Md\$;
- Bombes, mines et grenades : 45,36 Md\$;
- Toutes les artilleries : 54,2 Md\$;
- Tanks : 92,2 Md\$.

Le budget annuel du projet Manhattan (17 Md\$₂₀₁₂) peut être comparé à celui des 17 missions Apollo (6,5 Md\$₂₀₁₂/an) et à celui de la NASA durant la conquête de l'espace (15 Md\$₂₀₁₂/an).

IV. LA « MODERNITE INDUSTRIELLE » ISSUE DU « MANHATTAN PROJECT » (aspects)

L'usine de Hanford fut le plus grand site industriel construit pendant la guerre [1518 km² contre 230 km² à Oak Ridge, soit quinze fois la surface de Paris].

Une organisation du travail compartimentée par la sécurité militaire

Outre la plus haute cote de priorité pour le projet obtenue auprès de l'organisme responsable de l'effort de guerre, Groves faisait ses rapports directement à un groupe politique dirigeant (Top Policy group) composé du président, du vice-président, du secrétaire à la Guerre H. Stimson, de G. Marshall, chef d'état-major interarmées, de Vannevar Bush et J.B. Conant. Parce que le projet comprenait un vaste réseau de laboratoires fédéraux, universitaires (publics et privés), industriels, d'usines et d'une foule de sous-traitants, la coordination de l'ensemble des unités du projet fut d'autant plus complexe qu'une stratégie de compartimentage fut adoptée afin de préserver le secret.

L'évolution des relations entre industriels et militaires

Le surdimensionnement des réacteurs de Hanford prévu par les ingénieurs de Du Pont s'avéra judicieux. Ils passèrent ainsi d'un rôle d'experts-consultants à un rôle plus actif, celui de principaux partenaires privés dans la fabrication de la future bombe H. Du Pont aura poussé la « stratégie parallèle » à son summum dans la production du plutonium à Hanford : un choix crucial étant donné la grande importance du facteur temps ; nous verrons que la bombe serait devenue inutilisable à deux ou trois mois près.

L'engagement de Du Pont dans le nucléaire n'allait pas de soi. Ses dirigeants craignaient en effet de se voir accuser d'être des « marchands de mort » comme lors des investigations conduites après 1918. C'est pourquoi, le 21 décembre 1942, Du Pont signa un contrat avec le gouvernement qui stipulait que la firme serait remboursée des frais afférents, plus un dollar par an. Après 1945, il ne sera plus question de reprocher la participation des industriels à la guerre, bien au contraire. Les relations avec l'État s'étaient jusque-là établies sur la base de contrats commerciaux de fournitures de poudres et d'explosifs : Du Pont livrait, l'État payait. Avec le projet Manhattan, l'État n'était pas seulement un gros client, il devenait un partenaire pour la fabrication problématique d'un produit qui n'existait que virtuellement, pour un objectif final des plus incertains. Cela nécessitait l'établissement d'un système de relations complexes, étroites et simultanées avec les scientifiques et l'État, ce qui était alors difficile à concevoir pour Du Pont : l'entreprise avait même créé en 1934 une association ultraconservatrice, l'American Liberty League, pour s'opposer au New Deal et « protéger la libre entreprise du socialisme ». L'ironie de l'histoire est finalement que l'expérience du nylon, symbole de ce que la « libre entreprise était capable d'apporter à l'Amérique » et présentée comme telle par Du Pont à la veille de la guerre (par contraste avec les « chimères du New Deal »), permit à la firme de jouer un rôle déterminant dans le projet Manhattan.

L'évolution du projet Manhattan

- En avril 1943, le brigadier général Groves est assisté du staff du colonel Nichols, lequel gère cinq directions – médicale, juridique, sûreté/sécurité, administrative et technique. À cette date, plus de deux cent officiers encadrent les civils (8 colonels, 26 lieutenants-colonels, 49 majors, 74 capitaines et 48 lieutenants).

- En janvier 1945, l'organigramme s'est étoffé. Nichols a maintenant sous ses ordres directs huit directions dont cinq sont soit nouvelles, soit totalement reconfigurées

- En mai 1946, huit mois avant la création de l'Atomic Energy Commission, il devient littéralement tentaculaire. Groves est devenu Major Général (général de division), il a douze directions qui dépendent de son équipe rapprochée et Nichols a été promu Brigadier général. Le nombre d'officiers de haut grade s'est considérablement développé : ainsi, le nombre de colonels a triplé de 8 à 24.

Ce type d'organisation est devenu l'archétype des grands bureaux d'études, croisant l'organisation fonctionnelle par spécialités et la transversalité opérationnelle que requiert chaque projet en cours. Dans le Centre de recherche en gestion de Cergy-Pontoise (une unité mixte de l'Ecole Polytechnique et du CNRS), S. Lenfle a produit une étude qui a soutenu en 2009 que le projet Manhattan devrait être considéré et étudié non seulement comme la structure de grand projet la plus innovante et la plus efficiente qui ait jamais été mise en place afin de créer un nouveau domaine industriel, mais que seules les méthodes utilisées à ce moment-là avaient pu permettre « d'atteindre le succès » en temps voulu.

V. OAK RIDGE, UN SITE MODELE

Trois des trente-deux sites du projet Manhattan ont eu des dimensions et une place importante : Hanford pour la production du plutonium, Los Alamos pour la conception d'ensemble des bombes et Oak Ridge pour la production et la séparation de l'uranium fissile. Ces sites industriels ont rassemblé en un même endroit ce qu'il y avait de plus avancé et de plus démesuré en matière de recherches scientifiques, de techniques et de processus industriels. Oak Ridge – 13 km de large sur 27 km de long – et sa superficie (deux fois et demie celle de Paris) n'étaient pas en reste. Le K-25, son usine de séparation des isotopes d'uranium par diffusion gazeuse, était la plus grande du monde.

Ces sites secrets ont également représenté un archétype de l'américain way of life : installés en quelques mois dans n'importe quelles conditions, au milieu de nulle part si ce n'est dans le far West, ils ont constitué les laboratoires d'une nouvelle vie en quelque sorte, où l'Entertainment allait se révéler comme l'accessoire absolument indispensable à une division du travail émietée par un fordoyanisme parvenu à son acmé.

1) Oak Ridge, œuvre titanique des industriels (Du Pont, Monsanto...) et des militaires

Groves ordonna l'acquisition du site le 19 Septembre 1942, dans une zone qui s'étendait sur trois vallées des Appalaches. Le site fut choisi parce que la rivière Clinch fournissait une grande réserve d'eau, constituait une « frontière naturelle » facilement contrôlable, que Knoxville était une réserve de main-d'œuvre et que la *Tennessee Valley Authority* pouvait fournir les énormes quantités d'électricité nécessaires. Oak Ridge fut géré par Monsanto, General Electric, Eastman Corporation (Kodak), tandis que Du Pont y construisit le réacteur X-10 et ses installations annexes.

La séparation électromagnétique des isotopes de l'uranium (Y-12)

La construction de l'installation, qui faisait plus de trois kilomètres de longueur, a commencé en Février 1943 et s'est étendue jusqu'en 1945. Elle comprenait neuf bâtiments principaux et plus de deux cents bâtiments de soutien. Ce gigantesques arrangement d'électro-aimants destiné à séparer les isotopes de l'uranium fonctionnait sans interruption et il a employé jusqu'à 22 000 personnes. Mis

en sommeil à la fin de la guerre, il est devenu par la suite une usine de séparation du lithium à grande échelle, un matériau essentiel à la bombe H.

L'usine de séparation des isotopes par diffusion gazeuse (K-25)

Autorisée fin 1942 et achevée en mars 1945, ce fut la dernière des grandes usines d'Oak Ridge à devenir opérationnelle. Cette usine de séparation des isotopes d'uranium par diffusion gazeuse était constituée de plusieurs centaines d'énormes cellules à travers lesquelles le gaz d'hexafluorure d'uranium transitait : l'isotope ^{238}U était freiné par un matériau aux pores microscopiques qui assurait ainsi une diffusion sélective en faveur de ^{235}U . Le K-25 était le plus grand bâtiment couvert du monde : une cinquantaine de bâtiments de quatre étages totalisant 190 000 m², en forme de U, et mesurant quelques 600 m de long par 300 m de large. Il a employé jusqu'à 15 000 personnes.

Le diffuseur thermique (S-50)

Groves donna quatre-vingt-dix jours à un entrepreneur de Cleveland, pour construire le S-50, installation de diffusion thermique comprenant 2 142 colonnes de 12 m de haut.

Finalement, au printemps 1945, Oak Ridge put expédier environ 60 Kg d'uranium enrichi à Los Alamos. Mais depuis la fin de la Seconde Guerre mondiale, les armes à fission, à quelques exceptions près, utilisèrent du plutonium.

2) Oak Ridge, campus industriel de l'uranium et modèle de ville nouvelle

Ce qui étonne, outre l'immensité de ces installations, ce sont les « réponses » qui ont été apportées aux problèmes humains que posait le fonctionnement de ce gigantisme industriel implanté au milieu de nulle part ; le genre de vie que cela supposait pour ceux qui y vivaient en permanence ; la manière dont les employés se débrouillaient avec un « travail » répétitif, découpé en de multiples opérations unitaires de type fordo-tayloriste dont l'encadrement lui-même ignorait le but intermédiaire ou final pour cause de secret militaire. On ne demandait plus un savoir-faire élaboré aux employés, mais « un savoir être » c'est-à-dire un consentement fidèle à leur aliénation. Dans cette optique, le projet Manhattan fut aussi le banc d'essai d'une nouvelle existence où cette aliénation totale le disputait à des distractions n'ayant pour seul objet que de faire oublier le non-sens radical de cette vie.

3) La vie à Oak Ridge : du baseball et des bombes

La présence de villes ou de sites secrets sur une telle échelle (entre 65 et 75 000 habitants selon les sources) était assez nouvelle. Avant cela, le seul site analogue que fut l'installation de production de Lewisite (gaz de combat) au cours de la première guerre mondiale, site connu sous le nom de « la Souricière » (une fois que vous y entriez, vous ne le quittiez jamais).

Oak Ridge possédait sept portes d'entrées gardées et ne pouvaient y circuler que les personnes portant en évidence un badge de sécurité. La ville entière est restée surveillée et fermée jusqu'en mars 1949. Même après que les portes ont été ouvertes, Oak Ridge fut encore géré par la commission de l'énergie atomique jusqu'en 1959. C'est toujours un endroit étrange, une ville industrielle aux prises avec un héritage du secret, des conflits du travail et des dommages environnementaux. Les Archives nationales possèdent la transcription d'une émission de radio de 1947 qui projette une lumière intéressante sur ce que c'était que de travailler à Oak Ridge, pour un technicien moyen. Voici un récit de George Turner, qui, apparemment, encadrait des travailleurs :

"Eh bien, ce n'était pas que le travail était difficile... il était dérangeant. Vous voyez, personne ne savait ce qui était fabriqué à Oak Ridge, pas même moi, et beaucoup de gens pensaient qu'ils y perdaient leur temps. C'était à moi d'expliquer aux travailleurs mécontents qu'ils faisaient un travail très important. Quand ils me demandaient en quoi cela consistait, je devais leur dire que c'était un secret. Mais j'ai failli devenir fou moi-même en essayant de comprendre ce qui se passait. Un jour, un homme est venu vers moi et m'a dit :

- Je pensais avoir à faire un travail en relation avec la guerre.

- C'est le cas, ai-je dit. Il me regarda très incrédule :

- Eh bien, je suis ici depuis deux mois maintenant, a-t-il dit, et j'ai regardé ces deux cheminées tous les jours : aucune fumée n'en est jamais sortie... Il y a quelque chose de louche qui se passe ici et je vais m'en aller : ces cheminées, poursuivit-il, au lieu de rejeter de la fumée, tirent de l'air frais pour l'usine."

Il décrivit également comment des wagons complets de marchandises – de l'uranium – étaient toujours abandonnés, vides [trop radioactifs pour être récupérés], chose qui ne lui inspirait guère confiance.

Voici le point de vue de Mary Anne Bufard, l'une de ces travailleuses compartimentées :

"Cela n'avait tout simplement aucun sens. J'ai travaillé dans la lingerie pour la Société chimique Monsanto, et j'ai compté les uniformes. Je vais vous dire exactement ce que j'ai fait. Les uniformes étaient d'abord lavés, puis repassés, de nouveaux boutons étaient cousus avant qu'ils m'arrivent. Je tendais l'uniforme à un instrument spécial et si j'entendais un bruit de cliquetis, je le renvoyais au début du processus. C'est tout ce que je faisais, toute la journée."

L'histoire de la blanchisserie d'Oak Ridge a été divulguée au cours de la guerre par Business Week. Un article de 1943, décrit le « projet secret de blanchissage » en attirant l'attention sur le fait que de nombreux travailleurs handicapés y travaillaient.

Et voici le point de vue de Bill Ragan, qui travaillait dans les usines :

« Pendant trois ans, j'ai travaillé dans l'usine de la Carbide and Carbon Chemical Company, où j'étais dans une pièce avec environ 50 ou 60 autres gars. Je me tenais en face d'un tableau de bord avec un cadran. Quand l'indicateur passait de zéro à 100 je devais tourner une vanne. L'aiguille retombait à zéro. Je tournais alors une autre vanne et l'indicateur revenait à 100. Toute la journée. Regarder une aiguille aller de zéro à 100, puis tourner une vanne. Je le faisais dans mon

sommeil ». L'usine que Ragan décrit était probablement l'usine d'enrichissement gazeux. On dirait qu'il mettait sous et hors pression une chambre sans arrêt.

Le problème était l'anomie générale et la réponse fut... le sport

En cherchant à faire face à cette nouvelle condition, un vaste programme de sports et de loisirs, capable de satisfaire tous les intérêts possibles, fut mis en place. Beaucoup des photos d'Oak Ridge récemment accessibles montrent des équipes de base-ball et de football ; ce n'est que la pointe visible de cet iceberg d'activités. Oak Ridge a hébergé :

- Une ligue de base-ball avec 10 équipes.
- Des associations de badminton, jeu de palets, bowling, golf, tennis, fer à cheval, organisant toutes sortes de tournois.
- Des associations de randonnée pédestre, moulage, équitation, patin à roulettes et des clubs de mini golf.
- 26 équipes de touch-football.
- 10 ligues de softball avec 81 équipes. Cela fait beaucoup de softball !

VI. LE PROJET MANHATTAN : UNE MACHINE DE GUERRE EFFICACE ET POLYMORPHE

En plus objectifs initiaux (matières fissiles et bombes), le projet donna naissance à plusieurs générations d'armes nouvelles. David Alan Rosenberg *« montre ainsi que les armes de l'arsenal américain sont devenues de plus en plus sophistiquées et puissantes dans les dernières années de l'administration Truman. Les vingt kilotonnes de la bombe [Nagasaki] ont été multipliées par vingt-cinq entre 1948 et 1952. Ceci est dû à la conception, à la composition, à la stabilité et à la puissance des explosifs utilisés [...] et à l'amélioration de la mécanique, de la structure et de la composition du cœur fissile lui-même. Ces perfectionnements ont intégré le développement d'un composite de l'uranium 235 [...] et l'accélération de l'onde de choc »*. Le projet Manhattan a également joué un rôle fondamental dans le développement des missiles balistiques intercontinentaux Atlas et Polaris. Et Lilian Hoddeson, a démontré que *« les contributions technologiques du projet Manhattan couvrent toute la gamme des sciences et des technologies, de la chimie, de la physique, à la microélectronique [...] : les propriétés de base du plutonium ont été esquissées, [...] les propriétés fondamentales de nombreux explosifs ont été découverts etc. De nouveaux phénomènes ont été constatés, [...] par exemple, la nécessité de mieux comprendre le processus de fission, en particulier à des énergies plus élevées. Les informations en provenance du Laboratoire des radiations du MIT ont permis de perfectionner la mise au point des amplificateurs, des circuits intégrés. Los Alamos a contribué à transformer la nouvelle technologie de l'électronique en science ; [...] E. MacMillan a franchi une étape dans l'histoire des accélérateurs grâce à son invention du principe de phase stable, un développement sans lequel les grands accélérateurs circulaires les plus puissants d'après-guerre n'auraient pas pu être construits. Le potentiel de l'ordinateur pour résoudre des problèmes très complexes, par exemple ceux de l'hydrodynamique d'implosion, a été considérablement augmenté par la division théorique chargée des calculateurs IBM. Certains matériaux mis à disposition par le Projet Manhattan ont eu des retentissements inattendus après-guerre. [...] Par exemple, le développement d'isotopes purs a rendu possible la découverte cruciale de "l'effet isotopique" dans les supraconducteurs qui a mis J. Barden sur la voie de l'élaboration de la théorie microscopique de la supraconductivité [...] »*.

Le projet Manhattan a constitué une innovation unique dans l'histoire scientifique, militaire et industrielle moderne. Il a précipité la cristallisation du complexe militaro-scientifique, la promotion de l'industrie nucléaire et celle d'une conduite de projet novatrice encore citée aujourd'hui comme exemplaire aux Etats-Unis et ailleurs.

De la triple alliance au « complexe scientifico-militaro-industriel » d'après-guerre

La fabrication de la bombe atomique a largement hérité de la *triple alliance* des sciences, de l'industrie et des appareils d'Etat que la première guerre mondiale avait scellée : *« La seconde guerre mondiale généralisa à une échelle jusqu'alors inédite la coopération tripartite entre l'Etat fédéral – et au premier chef le ministère de la Défense – les firmes industrielles et les laboratoires scientifiques des grandes universités de recherche »*. Mais il s'est produit avec le projet Manhattan un saut qualitatif de cette *triple alliance*. Outre l'appui déterminant de l'appareil d'Etat (et des militaires en particulier), le projet Manhattan a bénéficié de la mobilisation internationale de scientifiques de très haut niveau (E. Fermi, J. Franck, E. Lawrence, A. Compton, J. Chadwick, N. Bohr, E. Wigner, H. Urey étaient tous lauréats du prix Nobel) et des plus grandes industries états-uniennes. Moins de deux mois après la fin de la guerre, fin novembre 1945, se tenait à New York un « lunch-symposium » intitulé « Will atomic energy revolutionize our civilization ? », où étaient présents tous les responsables militaires, industriels, scientifiques, politiques qui comptaient, en vue de préparer l'avènement de l'industrie nucléaire.

Pour toutes ces raisons, il est donc légitime d'avancer que le projet Manhattan a été la matrice organisationnelle et politique de ce que l'on appelle « le complexe militaro industriel » qui imposera par la suite au monde une économie de guerre permanente. Si l'on a pensé après Machiavel que la guerre était la poursuite de la politique par d'autres moyens, le complexe scientifico-militaro-industriel, en imposant un retournement de cet aphorisme, a achevé le retournement civilisationnel commencé vers 1850 en Occident : après la seconde guerre mondiale, la politique et l'économie sont devenus la poursuite de la guerre par d'autres moyens.

Parenthèse historique :

« Un petit pas pour l'homme, un pas de géant pour l'humanité »... et un formidable bond en arrière pour notre satellite

Une des applications les plus spectaculaires et les moins connues du nucléaire, y compris des historiens des sciences, c'est son implication dans la conquête spatiale. Le Plutonium 238 est un puissant émetteur de rayonnement α , ce qui en fait l'isotope de loin le plus utilisé dans les générateurs de chaleur et les Générateurs Electriques à Radio-isotopes – RTG – qui alimentent les sondes spatiales et les équipements de haute technologie requérant une source d'énergie fiable sans maintenance. Ces générateurs permettent aux équipements déposés en surface des planètes de fonctionner la nuit, lorsque les panneaux solaires sont dans l'obscurité, ce qui fut le cas des six *Apollo Lunar Surface Experiments Packages* déposés sur la Lune et des sondes martiennes Viking 1 et 2. La mission « New Horizons », lancée le 19 janvier 2006 et qui a atteint Pluton le 14 juillet 2015, emportait près de 8 kg de Plutonium. Ceci nous conduit à

poser quelques questions jamais abordées : en « temps normal », quelle est la radioactivité de ces sources ? Compte tenu des alliages utilisés et des conditions lunestres (300 degrés Celsius d'écart entre jour et nuit), combien de temps l'encapsulation métallique du Plutonium tiendra-t-il avant de « libérer » tout le Plutonium sur le sol des planètes « conquises par l'homme » ? C'est ainsi que l'on cherche la vie sur Mars – en la détruisant – et que la « conquête » de la lune en a fait une poubelle nucléaire.

VII. LE PROJET MANHATTAN DANS L'HISTOIRE OFFICIELLE

Que restait-il des justifications initiales en 1944 ?

Les recherches de l'Allemagne nazie dans le domaine nucléaire étaient dispersées, peu coordonnées, ne constituaient pas une priorité politique et manquaient de moyens. Le pays était en guerre depuis 1938 ; depuis juin 1941, il avait ouvert le front russe et ses pertes commençaient à devenir importantes : les historiens situent le tournant de la guerre entre novembre 1942 et l'été 1943. En 1944, à l'Est, au Sud et à l'Ouest, des fronts colossaux commençaient d'engloutir ses dernières forces vives : le pays peinait à subvenir à tous les besoins de sa population civile et à ceux de ses armées ; les bombardements massifs incessants le désorganisaient depuis mars 1942. Toute son industrie était tournée vers des nécessités immédiates et impérieuses. Les services de renseignement alliés n'ignoraient pas, à ce moment-là, que les nazis n'étaient plus à même de réaliser un projet de bombe atomique. Et à partir de l'été 1944, le recul nazi et sa défaite devenaient inéluctables.

Le lecteur a pu se faire une idée des moyens gigantesques qu'il fut nécessaire de déployer aux Etats-Unis pour arriver à créer la bombe A, sans parler des contributions de la Grande Bretagne, du Canada. Comme on l'a vu, ce sont également les nouvelles méthodes utilisées qui ont permis de réussir : selon Harry Thayer (1996), « *si le projet avait procédé de manière traditionnelle, rationnelle, séquentielle au lieu des méthodes mises en œuvre à ce moment-là, le premier plutonium n'aurait pas été prêt avant mai 1948, soit presque trois ans après son achèvement réel... et pas avant 12 ans en vertu des pratiques rationnelles du temps de paix ! Au lieu de cela il a fallu vingt-trois mois à Du Pont pour expédier ce premier plutonium à Los Alamos* ». Il n'est pas non plus inintéressant de rappeler les quatre crises qui furent surmontées au printemps 1944 (cf. l'annexe en page 9) ainsi que les facteurs « exogènes » décisifs qui ont permis l'aboutissement du projet Manhattan à l'été 1945 :

- Au tout début, il y eut la lettre signée par Albert Einstein et remise à Roosevelt, lettre qui fit beaucoup avancer « la prise de conscience » des responsables politiques et militaires états-uniens.
- Il y eut ensuite les 1 200 tonnes de minerai d'uranium extrêmement riche stockées sur Staten Island par Edgar Sengier, et ses mille autres tonnes « réservées » en Afrique pour les Etats-Unis.
- Il y eut aussi le rapport britannique MAUD envoyé au « comité S-1 » à l'été 1941 et la décision du Royaume Uni de collaborer totalement au projet Manhattan fin 1943.
- Il y eut enfin la présence de tous ces scientifiques européens de très haut niveau qui, face au danger nazi, furent obligés de s'exiler aux Etats-Unis.

Le monde clos de Los Alamos et l'imaginaire de ses protagonistes

Au moins à partir d'août 1944, tous les scientifiques de Los Alamos savaient qu'ils ne travaillaient plus contre les nazis, mais contre les soviétiques, et surtout pour imposer la puissance politique des Etats-Unis au reste du monde. Cela éclaire évidemment d'un jour nouveau la question du rôle des scientifiques et bien sûr avant tout des responsables politiques et militaires : ils ont sciemment posé ce qu'il faut bien appeler un crime contre l'Humanité comme premier acte de la guerre froide. Nous reviendrons dans un texte suivant sur cette qualification.

Mais pourquoi, à l'instar de Józef Rotblat, n'ont-ils jamais arrêté de faire « ce sale boulot » ? La division « du travail », en parcellisant son accomplissement, est la meilleure manière d'en faire accepter l'immoralité finale à chacun des exécutants qui peut ainsi s'en laver les mains. Et pour aller au terme de ce projet morbide, il fallait non seulement que les allégeances (fidélité, loyauté, sentiment d'appartenance à une communauté élue) soient articulées à un « Grand Autre » référent (la Nation en guerre, la Patrie en danger), mais aussi que ces hommes soient poussés par quelque chose qui leur donne la force de soulever les montagnes de difficultés rencontrées tout au long du projet. Ce tour de force ne fut possible qu'en mobilisant ce qu'il y a de plus profond et de plus puissant en l'homme : son imaginaire. Et lorsque cet imaginaire est arrimé à un idéal universel – la « science » comme véhicule du progrès de toute civilisation – il devient capable « d'ébranler le monde en quelques jours ». Autrement dit : que ces inventions fussent clairement destinées à vaporiser des centaines de milliers de personnes et même, ce qui fut explicitement envisagé, à rendre le territoire bombardé inhabitable à jamais, fut considéré comme « hors sujet ».

En général, la vérité d'un microcosme est d'autant plus problématique qu'elle est dissimulée

L'obsessionnalité est indispensable pour mener au bout un tel projet. Intime névrose que tout un appareil d'Etat vient conforter jour après jour. Comprendre l'inéluctable synergie à l'œuvre entre névrose obsessionnelle, mode de connaissance scientifique et institutions (quelles qu'elles soient) est fondamental. Mais il existe une circonstance aggravante pour ceux qui ont trouvé « formidable l'aventure intellectuelle de Los Alamos » : la plupart ont totalement négligé de tirer les leçons politiques et humaines de leur exil forcé devant le nazisme.

Cette plongée volontaire et profonde en apnée morale et politique, qui n'a pu se faire que grâce à l'établissement d'un déni quotidien et d'une omerta savamment organisée dans ce camp de travail High Tech. Il fallut que l'enthousiasme de la réalisation initiale redescende pour que toutes les turpitudes reviennent à la surface. Cela fut publiquement perceptible lorsque « le temps des bâtisseurs » fut clos et que vint l'épreuve du maccarthysme. En avril 1954, devant le « Personnel Security Board » de l'AEC les uns et les autres (y compris

Oppenheimer et Groves) se sont ignominieusement dénigrés. Doit-on rappeler que défilent à ce moment-là devant cette commission des gens qui s'enorgueillissaient d'avoir participé « à une des aventures intellectuelle, sociale et scientifique les plus intéressantes de leur vie » et d'avoir concouru à faire « reculer les frontières du savoir de l'Humanité » ? No comment. Mais tandis que les frontières du savoir avançaient au fur et à mesure de la progression de ces pionniers du nouveau monde, l'imaginaire occidental faisait un formidable bond en arrière.

Un imaginaire occidental contaminé par le mode de connaissance scientifique

Ce qui a approfondi et légitimé la structuration de l'imaginaire occidental par la rationalité calculatrice et transgressive, c'est la toute-puissance du mode de connaissance scientifique, ou, en tous cas, l'omnipotence qui lui fut prêtée, à travers ses réalisations, car, depuis le chemin de fer, les expositions universelles, le télégraphe, le téléphone transocéanique, l'électricité et l'automobile, elle continuait de faire rêver : il n'est qu'à évoquer l'énorme succès depuis 1863 des œuvres de Jules Verne, auteur le plus traduit dans le monde, encore aujourd'hui. À lire les articles ci-dessous, le simple bon sens nous donne l'impression que cet optimisme béat, cette foi dans la science, reflètent l'époque d'après-guerre, et ce n'est pas faux. Sauf que ce qu'ils disent reste au fond prodigieusement et totalement actuel, il suffit de le transposer dans un autre domaine de la science d'aujourd'hui, les NBIC ou le transhumanisme par exemple. Il faut donc mettre en garde le lecteur contre lui-même : tout sourire condescendant hérité de cette inévitable distanciation temporelle pourrait lui faire manquer l'essentiel.

Serge Berg : « 300 explosions nucléaires pour ouvrir un second canal de Panama », *Sciences et Avenir* n° 222, août 1965.

« Un petit groupe de savants, dont le D^r Edward Teller, le père de la bombe H américaine, lançait pour la première fois l'idée d'utiliser des explosifs nucléaires pour creuser un canal à travers Israël. Le canal de Suez avait été rendu impraticable par les navires que Nasser y avait fait couler [...] La crise de Suez passa, mais l'idée resta [...] C'est ainsi que naquit le programme « Plowshare » ou « soc de charrue ». L'expression était heureuse. Elle évoquait, en même temps, la formule biblique de la transformation des glaives en charrues, de l'arme en outil pacifique, et ce nouveau moyen capable de tracer des sillons géants [...] La première explosion nucléaire souterraine eut lieu le 19 septembre 1957, dans le Nevada. Ce fut l'expérience Rainier. Elle constitua un succès total démontrant les possibilités de cette nouvelle technique. Elle fut suivie, un an plus tard, par l'explosion souterraine d'une charge de 20 kilotonnes. Les résultats paraîtront tellement prometteurs qu'au mois de mai 1959, le premier symposium public sur le programme Plowshare pouvait être tenu à San Francisco. [...] La première [explosion] de la série du programme Plowshare fut l'expérience Gnome, effectuée le 10 décembre 1961. [...] Grâce aux centaines d'explosions souterraines faites à des fins civiles, les techniciens américains sont arrivés à établir des formules qui leur donnent automatiquement, avec un assez faible pourcentage d'erreurs, les dimensions des cavités et des cheminées qu'ils peuvent réaliser en fonction d'une charge déterminée. [...] l'expérience la plus intéressante effectuée dans le cadre du programme Plowshare a été l'explosion souterraine "Par" qui a eu lieu le 9 octobre 1964. Un dispositif nucléaire convenant à la production d'isotopes d'éléments lourds a été mis au point [...] La concentration de californium 254 dans ces échantillons, mille fois plus forte que dans ceux provenant des explosions précédentes, montre qu'une nouvelle technique, extrêmement intéressante, est en train d'être mise au point pour la production d'éléments lourds. On présume que les américains produisent désormais, par cette méthode, des quantités de californium relativement importantes. [...] L'utilisation de "l'outil atomique" exigera, pense-t-on – c'est l'avis, en particulier, de D^r Glenn Seaborg – un amendement au traité de Moscou sur l'arrêt partiel des explosions nucléaires [...] Selon les calculs faits par le "groupe d'excavation nucléaire" du génie de l'armée américaine, le creusement du canal Panamien Sasaki-Morti nécessiterait l'explosion de 300 charges nucléaires, de puissance unitaire variant entre 100 kt et 10 mégatonnes, formant un total de 170 mégatonnes. [...] Les spécialistes américains sont conscients que le creusement de cette partie du canal [un relief de 400 m] constituerait la partie la plus difficile [...] Il faudrait savoir, par exemple, s'il est possible d'extrapoler, à partir des explosions déjà réalisées, les effets d'explosions de l'ordre de 35 mégatonnes, [...] s'assurer... enfin qu'une telle explosion ne serait pas dangereuse au point de vue du choc sismique et de la radioactivité aérienne. Il est évident qu'il ne faudrait employer que des explosifs thermonucléaires et non pas de fission et que, de toute façon, il serait nécessaire de procéder à l'évacuation de la population d'une zone assez étendue. [...] Le programme Plowshare envisage également l'utilisation de l'explosif nucléaire pour l'exploitation des nappes de naphte et de gaz naturel dans les roches peu perméables. La technique consisterait, en quelque sorte, à stimuler l'écoulement du pétrole ou le passage de gaz naturel vers les puits d'extraction en rendant, par explosion, la roche plus friable ». Des précurseurs de l'extraction des gaz de schistes en quelque sorte...

Camille Rougeron, « Alaska, quatre explosions pour faire un port ».

« La mission d'études que l'Atomic Energy Commission vient d'envoyer en Alaska pour y choisir l'emplacement du premier port creusé à l'explosif nucléaire marque le début d'une ère de grands travaux auprès desquels Suez, Panama, ou la récupération des Pays-Bas sur la mer seront des jeux d'enfants. Les suggestions pour l'emploi des explosions nucléaires aux travaux de génie civil ont été présentées un peu partout dès le lendemain d'Hiroshima. Enthousiasmé par les plans de transformation de la nature, Staline avait retenu le projet Dawydov de détournement des fleuves sibériens, l'Ob et l'Yenisseï, vers la mer d'Aral et la Caspienne [...] et ses successeurs] l'établissement d'une liaison ferroviaire au travers de la Caspienne, à la latitude de Bakou, et d'une deuxième au travers du massif du Pamir, entre le Turkestan et l'Inde. Tout récemment, deux projets aussi grandioses, basés également sur l'emploi des explosions nucléaires, ont vu le jour en France. M. Yves Michel de Pierredon, l'animateur d'ARTEMIS (Association de Recherches Techniques pour l'Etude de la Mer Intérieure Sabarienne) a repris les suggestions présentées autrefois par le lieutenant-colonel Roudaire pour la liaison par canal du golfe de Gabès et des chotts du sud constantinois, dont le niveau est au-dessous de celui de la mer. Accessible aux pétroliers de tous tonnages, le canal coûterait moins qu'un pipe-line. [...] M. Noël Lebrac reprend une idée plus ancienne encore, celle de Riquet suggérant la liaison du golfe de Gascogne au golfe de Lion par un canal pour navires de haute mer. [...] En transposant un projet de réchauffage des territoires arctiques par fermeture du détroit de Behring, exposé en septembre 1955 à radio-Moscou par l'académicien A. Markine, nous avons nous-mêmes suggéré dans un livre de 1956 deux réchauffages hivernaux de même principe : celui de la Manche et de la mer du Nord par barrage du Pas-de-Calais ; celui du Canada et du nord-est des Etats-Unis par barrage des détroits aboutissant en baie de Baffin. Aucun de ces travaux ne présente plus de difficultés que la construction du port en Alaska par lequel va débiter l'Atomic Energy Commission. [...] Deux objections graves retenaient jusqu'ici les protagonistes de l'explosion souterraine dans le développement de leurs projets ambitieux : les dégâts possibles à grande distance sous l'effet du véritable tremblement de terre déclenché par une explosion puissante ; la dispersion dans l'air et sur le sol des résidus de fission en provenance de la charge. L'explosion Rainier du 19

septembre 1957 infirme en partie ces craintes. [...] Les perfectionnements suggérés évitent aussi bien les destructions sismiques que les retombées radioactives. [...] Non seulement le nouvel outil tolère le gigantisme des concepteurs, mais il l'impose. [...] En ce sens, le gigantisme des projets soviétiques tels que la déviation des fleuves sibériens vers le sud, pas plus que celui des projets d'un canal des deux mers sans écluses ou d'une mer intérieure saharienne, n'encourt aucun reproche quant au principe ».

Au niveau de l'imaginaire occidental, le mode de connaissance scientifique a fonctionné comme un nouveau dynamitage de toutes les retenues, de toutes les barrières, et des interdits fondateurs de toute culture, de toute vie sociale, de toute civilisation. Autrement dit, les dynamitages dont il est ci-dessus question, ne consistaient pas seulement à faire sauter des massifs montagneux, mais aussi à supprimer les obstacles à la toute-puissance humaine, sous l'égide grandiose et futuriste de « la science ». Nous savons aujourd'hui que c'est de là que proviennent la plupart des problèmes auxquels nous aurons à faire face dans les décennies qui viennent et que cela a débuté au siècle précédent.

* * *

ANNEXE :

LES QUATRE CRISES DE 1944 A LOS ALAMOS

Première crise : la séparation problématique des isotopes de l'Uranium

La conception de la barrière de diffusion gazeuse

Ce procédé consistait à faire passer de l'hexafluorure d'Uranium sous haute pression dans une chambre aux parois percées de trous minuscules ne permettant le passage que d'une molécule à la fois. À température donnée, les molécules les plus légères sont les plus rapides et traversent ces pores plus souvent que les autres. Le mélange était ainsi enrichi en ²³⁵U de l'autre côté des parois. L'enrichissement étant extrêmement modeste, l'opération devait être répétée des milliers de fois, exigeant par conséquent la réalisation de grandes surfaces de barrières poreuses. Le cœur du processus était donc la conception de cette barrière poreuse, laquelle devint rapidement un véritable cauchemar pour la compagnie responsable de sa conception et de sa fabrication.

Il s'en fallut de peu pour que des mois de travail soient abandonnés, que l'usine K-25 et peut-être même l'ensemble du projet soit réorienté, ce qui aurait conduit à enlever et détruire toutes les machines soigneusement conçues et implantées à Oak Ridge. Reste que ses résultats furent trop modestes pour produire en quantité un Uranium suffisamment enrichi.

Le processus de séparation thermique

Les insuffisances des procédés de séparation électromagnétique et gazeux conduisirent à une première crise au printemps 1944. A cette date, aucun des calendriers de livraison initiaux n'avaient été respectés et le laboratoire de Los Alamos attendait toujours des échantillons d'Uranium et de Plutonium pour tester ses projets de bombe. Instruit de la recherche menée sur un processus de séparation thermique par la Marine, Oppenheimer, suggéra à Groves, en avril 1944, d'utiliser cette recherche et de combiner en chaîne tous les procédés de séparation des isotopes de l'Uranium au lieu de les utiliser de manière concurrente.

Groves passa donc en juin 1944 un contrat avec la firme d'ingénierie Ferguson afin de construire une usine de séparation thermique en trois mois : il s'agissait de mettre en série vingt et une duplications de l'usine expérimentale de la Marine. Cette méthode de diffusion thermique était basée sur le principe selon lequel dans un mélange gazeux soumis à un différentiel de température, les particules les plus lourdes se concentrent dans la partie froide et les plus légères dans la partie chaude. Les gaz chauds ayant tendance à s'élever, cela pouvait être utilisé pour séparer les isotopes de l'Uranium. La diffusion thermique industrielle débuta au début de 1945.

Parallèlement, comme Oppenheimer l'avait suggéré, le plan du comité arrêta l'enchaînement séquentiel suivant : passage de l'hexafluorure dans l'usine de diffusion thermique S-50 qui provoquait un léger enrichissement en ²³⁵U (de 0,7 à 0,9 %) ; transfert de ce nouvel hexafluorure dans la centrale de diffusion gazeuse K-25 qui produisait un ²³⁵U enrichi à 23 %. Ce dernier produit était à son tour introduit dans le processus de séparation électromagnétique Y-12 d'où il en ressortait avec une teneur en ²³⁵U de 89 %, suffisante pour les armes nucléaires. Quatre énormes usines furent donc construites pour produire quelques kilogrammes d'uranium enrichi qui ne parvinrent qu'au printemps 1945 à Los Alamos.

Deuxième crise : le problème de l'encapsulation de l'Uranium

Ce fut probablement l'un des problèmes les plus importants du projet Manhattan. En effet, il est impossible d'utiliser de l'Uranium directement dans un réacteur, il doit être « mis en boîte ». La gaine métallique doit protéger l'Uranium de la corrosion, le garder hors d'eau (ou hors d'air, comme dans le prototype de réacteur X-10 construit à Oak Ridge), transmettre sa chaleur et ne pas absorber trop de neutrons. L'étanchéité des cylindres d'Uranium encapsulés dans les protections métalliques était d'une importance cruciale puisque la défaillance d'un seul cylindre pouvait nécessiter l'arrêt total du réacteur. Tout cela n'avait jamais été fait auparavant, encore moins à l'échelle industrielle. Sans entrer dans les détails, « les tentatives visant à répondre à ces contraintes impliquaient un travail expérimental sur les processus de galvanoplastie, sur les alliages résistants à la corrosion de l'Uranium, sur les processus de trempe à chaud et la cémentation du revêtement, les processus de gainage et d'encapsulation mécaniques ». Pour surmonter ces questions, les ingénieurs de Du Pont, ses sous-traitants et les

scientifiques explorèrent plusieurs méthodes simultanément, ce qui demanda des mois d'expérimentations. Ils trouvèrent une solution fin août 1944, mais au début, il fallait une journée entière de travail en 2x8 pour réaliser trois ou quatre cylindres d'Uranium de quelques centimètres de longueur.

Troisième crise : « l'empoisonnement du réacteur B » à Hanford

En Septembre 1944, l'autre réacteur, à Hanford, était prêt à fonctionner. Mais, dès le début, un phénomène inconnu apparut : la réactivité du réacteur diminuait lentement, il s'arrêtait en quelques heures, repartait, puis débutait une nouvelle diminution, etc. (phénomène de pompage). C'était complètement inattendu. J. Wheeler et Fermi pronostiquèrent un « empoisonnement » de la réaction en chaîne. En effet, le xénon, un produit de fission, apparaissait au cours de la réaction, il absorbait les neutrons, arrêtait le réacteur, puis, disparaissant en quelques heures, il permettait le redémarrage. Ils validèrent leurs hypothèses et la solution proposée. Fort opportunément, Du Pont, conseillé par Wheeler et soutenu par Groves, avait délibérément surdimensionné le réacteur, au cas où... Une fois les cylindres d'Uranium ajoutés afin de surmonter l'effet d'empoisonnement dû au xénon, le réacteur a divergé en continu le 28 Décembre 1944.

Quatrième crise : une fission spontanée inattendue

Les conceptions successives de la bombe à Los Alamos

1. *La conception arme à feu, canon ou détonante.* Cette solution s'appuyait sur des années d'expérience dans la conception d'une bombe. Le principe était apparemment simple : une pièce de matière fissile projetée vers une autre au moyen d'explosifs traditionnels devait engendrer « une masse critique » permettant à la réaction en chaîne de démarrer. Cette conception fut utilisée dans Little Boy, la bombe larguée sur les trois cent cinquante mille habitants d'Hiroshima le 6 Août 1945.

2. *La conception « implosive »* constituait une innovation radicale dans la conception de l'arme. Dans ce cas, les explosifs conventionnels devaient être disposés tout autour d'une sphère creuse de Plutonium. En explosant, ils soufflaient vers l'intérieur, provoquant l'effondrement du cœur sphérique sur lui-même qui devenait ainsi massif et critique. Cette conception fut utilisée dans la bombe « Fat Man » larguée contre les deux cent cinquante mille habitants de Nagasaki le 9 Août 1945.

3. *La « Super solution » proposée par E. Teller et E. Fermi,* fut une autre innovation radicale. En effet, elle ne reposait pas sur la fission mais sur la fusion nucléaire. Dans cette conception, une bombe à fission permettait de démarrer une réaction de fusion du deutérium et du tritium en menant théoriquement à une explosion beaucoup plus puissante que les bombes à fission. Cependant, les fondements théoriques d'une telle arme étaient moins solides que les modèles à fission.

Le taux de fission inattendu du Plutonium

Un problème important dans la conception des armes au Plutonium résidait dans la nouveauté du matériau qui présente, en autres particularités, une propension à la « fission spontanée » beaucoup plus élevée que l'Uranium. Cela signifie que les parties de Plutonium sphériques destinées à atteindre la masse critique par leur effondrement, devaient être réunies à très grande vitesse, sinon la réaction en chaîne débutait lentement et « cela crépitait » au lieu d'exploser. Bien identifié au début du projet, ce phénomène de fission spontanée n'était pas maîtrisé par les scientifiques qui durent trouver des méthodes et des outils pour analyser ce phénomène.

Le problème prit une autre dimension quand Los Alamos reçut les premiers échantillons de Plutonium produits par le réacteur d'Hanford. En effet, ils présentaient un taux de fission spontanée cinq fois supérieur à ceux qui étaient produits à Berkeley. La conclusion fut claire pour Groves, Oppenheimer et leurs collègues : le « détonateur à implosion » ne fonctionnerait jamais pour le Plutonium. Cela conduisit à une crise à Los Alamos. L'utilisation du Plutonium (et les millions de dollars investis) devait-elle être abandonnée à un moment où d'autre part, la séparation des isotopes de ^{235}U rencontrait d'énormes difficultés techniques ?

Oppenheimer réorganisa complètement le laboratoire et redéploya les ressources de Los Alamos. Deux nouvelles directions furent créées qui rassemblaient les personnels des divisions précédentes : primo, la « division gadget », qui étudia expérimentalement l'implosion, et secundo, la division des explosifs, dirigée par G. Kistiakowsky, qui fut dédiée à la conception des explosifs rapides.

Le problème relevait en partie d'un domaine qui était moins familier aux chercheurs, l'hydrodynamique : l'effondrement vers l'intérieur du cœur de Plutonium sphérique devait être absolument symétrique. Cela n'avait jamais été fait auparavant, et les explosifs n'étaient pas conçus pour des effets aussi précis. Pas moins de sept diagnostics expérimentaux furent utilisés pour comprendre la physique et l'ingénierie des implosions. Les chercheurs se sont également appuyés sur des modèles à petite échelle et l'analyse numérique afin d'exécuter les expériences nécessaires. Dix calculateurs IBM furent installés à Los Alamos et utilisés pour ces études. Les scientifiques et les ingénieurs ont donc dû explorer simultanément l'hydrodynamique de l'implosion, la conception des lentilles d'explosifs autour du noyau, la conception de « l'initiateur » qui libère les neutrons nécessaires pour amorcer la réaction en chaîne, l'électronique afin de coordonner les détonateurs autour de la bombe et ainsi de suite. Sans oublier que l'arme devait être transportable par avion.

L'implosion qui fut finalisée fin février 1945. Toutefois, les incertitudes étaient si grandes quant à ce nouveau dispositif, qu'Oppenheimer demanda à Groves de tester la bombe, malgré le coût énorme d'une telle expérience, ce qui fut fait le 16 juillet 1945.