

la pensée

● ECONOMIE POLITIQUE ET SOCIETE AUJOURD'HUI, **Pierre DUHARCOURT** ●
MODELE ADDITIF, GENETIQUE ET IDEOLOGIE, **Albert JACQUARD** ● AUX
SOURCES DU MODELE AMERICAIN, **Roger GODEMENT** ● MATERIALISME
DIALECTIQUE, SCIENCE DE LA NATURE, SCIENCE DE L'HISTOIRE, **André
TOSEL** ● GENESE DES PARTIS DEMOCRATIQUES MODERNES EN FRAN-
CE, **Raymond HUARD** ● MARX, ENGELS ET LES FORMATIONS IDEOLOGI-
QUES NATIONALES, **Etienne BALIBAR** ● UNAMUNO DU MARXISME A L'A-
GRARISME, **Carlos SERRANO**.

REVUE DU RATIONALISME MODERNE

sciences arts philosophie



SCIENCES, SOCIETES,
PARTIS POLITIQUES

OCTOBRE 1978

N° 201

AUX SOURCES DU MODELE SCIENTIFIQUE AMERICAIN (I) **

par Roger GODEMENT (*)

INTRODUCTION

Autrefois considérées comme d'infaillibles indicateurs du « progrès » (sauf par quelques esprits bornés comme Flaubert), la science et la technologie, triomphantes et attaquées, posent autant de problèmes à leurs partisans qu'à ceux qui les contestent.

Pour ceux-ci, elles menacent nos libertés, polluent notre environnement, bouleversent nos modes de vie, accentuent les inégalités entre pays « avancés » et nations « sous-développées » et, à l'intérieur des premiers, entre la masse des citoyens ignorants et une caste de technocrates beaucoup trop occupés à dialoguer avec le pouvoir pour daigner expliquer leurs avis aux gouvernés. Rendant inévitable, en l'état actuel des mœurs internationales, une course aux armements dont on n'aperçoit pas la fin puisqu'au contraire la Chine, pour ne mentionner qu'elle, risque de s'y joindre activement dans quelques dizaines d'années, le progrès scientifique et technique menace l'existence même des civilisations qui le produisent et, en attendant la grande catastrophe globale, profite cyniquement des perspectives terrifiantes qu'il a rendues possibles, même lorsqu'il s'agit de les éviter. Au reste, même si la grande catastrophe ne se produit pas (et qui oserait prédire qu'elle n'aura jamais lieu ?), le développement du nucléaire « civil » va faire entrer l'humanité dans l'âge du plutonium et mettre Hiroshima à la portée de dizaines de nations. Réagissant à sa manière à ces sombres perspectives, une importante fraction de la jeunesse se lance dans ce que les académiciens des sciences de tous les pays, unis, appellent le « culte de l'irrationnel » : refus du progrès scientifique et technique, refus du pouvoir, de l'argent et des hiérarchies, fussent-elles fondées sur la compétence, retour à la terre et aux communautés primitives, amour libre, hallucinogènes, sectes bizarres, violence, etc.

On n'a pas tellement lieu de se réjouir non plus de l'autre côté. Certes, on trouve encore des polytechniciens pour s'adonner au culte du rationnel et, le dimanche matin, à celui de l'Immaculée Conception et de la Sainte Eucharistie, et depuis plusieurs années l'organisation du Révérend Moon patronne et finance régulièrement une rencontre au sommet entre plusieurs centaines de savants internationaux réunis pour discuter, rationnellement bien entendu, des grands problèmes de l'humanité. Mais la France, pour ne pas mentionner d'autres pays, consacre au financement de la recherche une proportion décroissante de son P.N.B. : 1,7 pour cent contre 2,2 en 1967 et alors que les « Sages » de la D.G.R.S.T. réclamaient, il y a dix ans, 3 pour cent pour 1975 et même 3,5 pour cent pour 1980. En France et ailleurs la raréfaction des postes de chercheurs oblige des centaines de jeunes scientifiques qui s'étaient laissés piéger par les hymnes à la Science d'avant 1968 à changer de vocation pour éviter le chômage. L'enthousiasme pour le Concorde n'est plus ce qu'il était et les protestations imprévues auxquelles se heurte le dévelop-

* Professeur à l'U.E.R. de Mathématiques, Université Paris-VII, 2, place Jussieu, 75221 Paris.

** Première partie.

pement du nucléaire civil risquent de nous mettre dans l'incapacité de continuer à doubler notre production d'électricité tous les dix ans ; on a l'impression que le progrès recule ! Enfin, nos industries les plus avancées (i.e. les plus scientifiques), indispensables à la sauvegarde de notre indépendance nationale et ayant, de ce fait, reçu des valeureux patriotes qui nous gouvernent depuis vingt ans toutes les priorités possibles, sont plus que jamais soumises à l'impitoyable concurrence des industries avancées américaines lorsqu'elles ne tombent pas purement et simplement sous leur domination financière.

L'Amérique ! On l'aperçoit dans tous les azimuts ! L'amour libre, c'est la pilule du Dr Pinus. Les communes sont parties de Berkeley. L'informatique contre les libertés, ce sont les fabricants américains d'ordinateurs qui en ont mis la technique au point en aidant depuis vingt ans le Pentagone, la C.I.A. et le F.B.I. à automatiser leurs fichiers. La préparation de l'Apocalypse, c'est le « complexe militaro-industriel » (ou, selon certains, militaro-scientifico-politico-industriel) américain qui la conduit depuis trente-cinq ans. La lutte contre la pollution, c'est Rachel Carson et son Silent Spring. C'est d'Amérique qu'est venue la contestation du nucléaire civil, comme les scénarios les plus délirants du terrorisme nucléaire, comme les tentatives pour réglementer la prolifération du plutonium à l'échelle internationale, comme la « filière Westinghouse » qui a fini par se substituer à la « filière française », elle-même inventée en Amérique vers 1942-43 pour produire les premiers échantillons appréciables de plutonium.

En 1962, et à plus forte raison entre 1945 et 1962, l'Amérique dépensait 80 pour cent de tous les crédits de recherche publics ou privés de la zone O.C.D.E. (et la moitié au moins du total mondial) ; sa part dans la zone O.C.D.E. était encore de 60 pour cent environ en 1971 et n'a pas dû sensiblement varier depuis. En 1973, l'Amérique produisait 38 pour cent de la littérature mondiale en physique, 43 pour cent en médecine clinique et en engineering, 47 pour cent en biologie moléculaire et 74 pour cent en psychologie. En 1975, l'industrie américaine, avec l'aide des fonds publics, pouvait consacrer 23,5 milliards de dollars au financement de l'innovation technique — dont, par exemple, et en chiffres ronds, 1 500 millions dans la chimie industrielle, 800 dans l'industrie pharmaceutique, 700 dans l'industrie du pétrole, 1 700 dans le secteur informatique, 500 pour les composants électroniques, 3 000 pour les télécommunications, 2 100 dans le reste du secteur électrique, 2 300 dans l'industrie automobile, 5 700 dans l'industrie-aérospatiale et 1 000 pour les instruments scientifiques et professionnels. En 1978, le gouvernement américain consacra 26,3 milliards aux activités de recherche et développement, dont 12,9 iront à la défense, 3,1 à l'espace, 2,8 aux recherches sur l'énergie, 2,7 aux recherches sur la santé, etc. A l'intention de ceux qui croient que l'Amérique est sur son déclin, notons qu'entre 1969 et 1978, les crédits publics attribués aux recherches sur le nucléaire civil sont passés de 306 à 1 517 millions, sur les utilisations nouvelles du charbon de 15 à 437 millions, sur l'énergie solaire de zéro à 284 millions, sur l'énergie géothermique de zéro à 85 millions, sur le stockage et les économies d'énergie de 2 à 337 millions, sur le contrôle de la pollution de 81 à 350 millions et sur la détection par la N.A.S.A. des ressources naturelles de 19 à 133 millions.

Il va sans dire que l'Amérique n'occupe pas une place aussi importante depuis trente ans dans la production scientifique et dans l'innovation technique sans exercer une profonde influence sur les choix scientifiques et techniques auxquels on procède dans toute la zone occidentale. Le cas de la France est particulièrement probant de ce point de vue puisqu'en dépit des sentiments anti-américains qu'on y entretient abondamment à droite et à gauche, tout le monde — écologistes et assimilés mis à part bien sûr — y semble d'accord avec les priorités américaines : sciences physiques, aéronautique, nucléaire, électronique, informatique. Il est clair qu'au surplus les choix américains, par l'intermédiaire de la course aux armements et, pendant une dizaine d'années, de la course à l'espace qui l'a, en apparence tout au moins, partiellement remplacée, ont dû exercer sur la politique scientifique de l'Union Soviétique (et exerceront bientôt, si ce n'est déjà le cas, sur celle de la Chine) une influence au moins aussi profonde que sur celles des nations industrialisées occidentales, même s'il est vrai que les choix soviétiques ont pu à l'occasion exercer une influence considérable sur les priorités américaines (bien plus d'ailleurs par les intentions qu'ils manifestaient que par les avances scientifiques ou technologiques, souvent gonflées des deux côtés, qu'ils révélaient). Il n'y a guère que dans le secteur bio-médical que le « modèle américain » a suscité peu d'émulation chez ses imitateurs possibles, amis ou ennemis ; mais l'extraordinaire avance américaine dans ce domaine s'explique avant tout par des considérations de politique et de sociologie intérieures et ne menace sérieusement ni la prospérité éco-

nomique de la France ni la sécurité de l'Union Soviétique ; on peut donc, jusqu'à un certain point, abandonner cette branche à l'Amérique — elle y travaille pour nous.

Dans ces conditions, il sem^{bl} difficile de comprendre la science et la technologie de notre temps sans d'abord s'intéresser à l'Amérique, comme il l'était, au début du siècle, de les comprendre sans s'intéresser d'abord à l'Allemagne. Et il n'est pas possible de s'informer sur l'Amérique sans parvenir à la conclusion que l'état actuel de la science et de la technologie (en dehors du secteur bio-médical qui, encore une fois, semble obéir à d'autres motivations), loin de résulter d'une « évolution historique naturelle » ou même de nécessités économiques liées au développement « normal » de nos sociétés, a été bien plus profondément influencé — et déformé — par les « nécessités militaires » américaines que par tout autre facteur. (On parviendrait sûrement à la même conclusion en examinant en détail l'évolution de la politique scientifique soviétique ; l'ennui est qu'on ne dispose pas, dans ce cas, du centième de l'énorme documentation disponible sur la politique américaine). C'est là une thèse qui n'a rien d'original, et fera même sans doute sourire plus d'un expert du sujet, sinon dans notre pays où les experts sont fort rares (ou, s'ils existent, par exemple dans les conseils gouvernementaux, s'abstiennent le plus souvent de s'exprimer en public), du moins en Amérique où la littérature du sujet, sans comporter aucune étude d'ensemble synthétique, comporte des études particulières si nombreuses que le problème serait plutôt de la lire que de la découvrir. Mais nous sommes en France, la littérature disponible dans le commerce sur la science et l'Amérique est pratiquement inexistante (***) , on ne trouve à Paris des fragments de l'immense littérature américaine que dans des bibliothèques parfaitement inconnues des milieux scientifiques (Bibliothèque nationale, Sciences Politiques, C.E.R.I., O.C.D.E., etc.), celles de la corporation étant, sur ce point et sur tous les problèmes de type « science et société », d'un vide excessivement symptomatique. Il n'est donc pas entièrement ridicule, pour un scientifique français qui a pris tardivement conscience de ces problèmes (notamment parce que la pratique des « mathématiques pures » est l'un des meilleurs isolateurs que l'on puisse concevoir), de présenter à ses compatriotes et à ses collègues une tentative d'explication, fort schématique et limitée, de la façon dont s'est formée aux Etats-Unis la conception actuellement dominante et contestée de la science et de la technologie.

La période couverte par ce travail va, en gros, de 1930 aux environs de 1964 ; le choix de cette dernière date tient au fait que, relativement à son P.N.B., l'effort de l'Amérique en faveur de la « science » se trouve alors à son maximum, le « modèle américain » brillant alors de tout son éclat et les Gaullistes — après les Anglais — cherchant à l'imiter si servilement qu'ils se lancent même dans des entreprises excédant fortement leurs capacités.

Ne disposant pas d'une place illimitée, nous avons fait jouer un grand rôle aux données statistiques sur le financement de la recherche (signe indubitable, ici encore, de l'influence des conceptions américaines...), mais bien sûr ce n'est là qu'un point de vue très partiel. On s'est plus généralement efforcé de multiplier les détails concrets aux dépens des théories générales et abstraites qui présentent la miraculeuse propriété de tout « expliquer » sans même qu'il soit nécessaire de procéder d'abord à un examen détaillé des faits. Ayant, et pour cause, beaucoup fréquenté la littérature américaine, l'auteur en a conçu une certaine méfiance à l'égard des profonds développements philosophiques si abondants dans la littérature française — à gauche et à droite — et estime que, dans ce cas particulier, la réalité concrète est sensiblement plus passionnante que les schémas généraux qui prétendent l'expliquer. Libre au lecteur qui en éprouve le besoin d'interpréter ce travail à la lumière de ses propres théories !

Nous remercions chaleureusement la rédaction de La Pensée qui nous a ouvert ses pages — la seconde partie de cette étude paraîtra dans un prochain numéro de la revue — et laissé une totale liberté d'expression, de sorte que nos points de vue ne l'engagent évidemment à aucun degré. Nous remercions aussi très sincèrement la National Science Foundation américaine qui, depuis six ans et sur une seule demande initiale de notre part, périodiquement confirmée, nous a fourni régulièrement et gracieusement des masses de statistiques détaillées ; si nous avons peu de goût pour certains aspects du « modèle américain », il nous semble par contre que sa conception de l'information mériterait d'être davantage imitée.

*** Le livre de J.-J. Salomon : *Science et politique*, Ed. du Seuil, 1970, fait exception à la règle, de même que la grande enquête de l'O.C.D.E. (1968) sur la politique scientifique américaine. Le livre de D. Bell : *Vers la société post-industrielle*, Gallimard, 1973, est aussi fort instructif sous certains rapports. Pour des études particulières, voir A. Dupras : *La lutte pour l'espace*, Ed. du Seuil, 1977, et A. Mattelart : *Multinationales et systèmes de communications*, Anthropos, 1976.

L'ÉVOLUTION GLOBALE DE LA R.D.

AVANT d'étudier l'activité « scientifique » des Etats-Unis, il sera utile de préciser rapidement ce que recouvre un terme dont on connaît l'ambiguïté. Nous adopterons ici la définition la plus large possible de la « science », à savoir la *recherche-développement* (R.D.), notion qui a du reste son origine dans l'Amérique d'avant-guerre et qui désigne « tout travail créatif entrepris sur une base systématique dans le but d'augmenter le stock des connaissances scientifiques et techniques ou d'utiliser ce stock de connaissances pour imaginer de nouvelles applications », pour nous en tenir à la formulation de l'O.C.D.E.¹ Les activités de R.D. se partagent elles-mêmes en catégories aux frontières mal définies. La *recherche de base* ou *fondamentale* vise à augmenter la connaissance et à améliorer la compréhension des phénomènes proprement scientifiques, sans que l'activité du chercheur soit dirigée vers un but pratique défini. La *recherche appliquée* s'efforce encore d'acquérir de nouvelles connaissances scientifiques, mais en vue, cette fois, d'un objectif pratique spécifique. Même du point de vue de l'employeur (fréquemment plus conscient des motivations réelles de la recherche que le scientifique lui-même...), il y a une différence entre le fait d'encourager les études de physique quantique en général parce qu'on a l'impression qu'elles sont essentielles à la défense nationale, et le fait d'encourager les recherches sur les transistors au silicium parce que les tubes électroniques classiques ne résistent pas aux vibrations de départ d'une fusée intercontinentale. Enfin, le *développement* « est l'usage des connaissances scientifiques afin de produire des matériaux, des appareils, des produits, des systèmes ou des services nouveaux ou substantiellement améliorés ». Les activités de développement sont, la plupart du temps, beaucoup plus proches de la production industrielle que les activités de recherche proprement dite, et elles s'effectuent en premier lieu dans les entreprises, en second lieu dans les laboratoires d'Etat (et, aux Etats-Unis, particulièrement dans ceux du Pentagone, de l'Atomic Energy Commission — encore que l'administration de ceux-ci soit généralement confiée à des « contractors » extérieurs qui sont fréquemment des entreprises industrielles privées — et de la N.A.S.A.). Les activités de développement sont aussi sensiblement plus coûteuses que les autres ; dans l'Amérique de 1976, le développement absorbait 64 % de toutes les dépenses de R.D., alors que la recherche de base en absorbait 13 % et la recherche appliquée 23 %.

A titre d'exemple, Otto Hahn et Frederick Strassmann faisaient de la recherche de base lorsqu'ils découvrirent à Berlin, en décembre 1938, la fission de l'uranium. Lorsqu'on étudie la formation des isotopes du plutonium ou des produits de fission dans un échantillon d'uranium naturel soumis à un bombardement neutronique en vue de déterminer le comportement du « combustible » dans une pile atomique, on fait de la recherche appliquée.

1. Pour les généralités sur la R.D., voir C. Freeman, *The Economics of Industrial Innovation* (Penguin, 1974), et notamment pp. 312-325 pour les définitions de l'O.C.D.E.

Enfin, la construction à échelle réduite de la première pile plutonigène pilote rentrait dans la catégorie du développement. (Dans la réalité, lorsque les Américains ont construit en 1943 la première pile en question, il restait encore de nombreux problèmes scientifiques à résoudre, et le « développement » comporta, dans ce cas, une bonne part de recherche appliquée ou même fondamentale, le télescopage d'activités théoriquement consécutives étant naturellement dû, dans ce cas précis, à l'urgence de la situation).

Dans les milieux politiques, on parle fréquemment de « recherche » ou de « science », le plus souvent avec une majuscule, là où les experts de l'O.C.D.E. parlent de R.D. Par exemple, M. Pierre Aigrain, qui a dirigé successivement la recherche militaire française (D.R.M.E.), l'enseignement supérieur et la D.G.R.S.T. avant de devenir directeur général technique de la Thomson-C.S.F., est actuellement Secrétaire d'Etat « à la recherche ». M. Michel Debré réclamait il y a peu de temps, pour la nième fois, la création d'un ministère « de la Science ». Il nous arrivera de parler de loin en loin comme ces Messieurs.



L'indicateur le plus simple pour mesurer l'activité scientifique d'un pays est la proportion de son P.N.B. qu'il consacre au financement de celle-ci. C'est une mesure très grossière, mais qui permet néanmoins une vision « globale » que tous les experts, et beaucoup d'hommes politiques, emploient. Nous allons rappeler l'évolution de cet indicateur en ce qui concerne l'Amérique.²

Les informations sérieuses dont on dispose ne remontent pas au-delà de 1930. A cette époque, la R.D. américaine absorbait au total environ 0,2 % d'un P.N.B. de 100 milliards. La proportion passe à 0,3 % en 1940, sans changement du P.N.B. (qui, dans l'intervalle, est tombé jusqu'à 56 milliards en 1933).

La seconde guerre mondiale (en abrégé : W.W. II, avec nos excuses au *Haut comité pour la défense et l'expansion de la langue française*), puis, aussitôt après, la reprise des activités civiles conjuguée avec le début de la guerre froide font monter la proportion à 0,7 % en 1945 et 0,9 % en 1946, pour un P.N.B. qui atteint maintenant 212 milliards. On observe ensuite une très faible croissance jusqu'en 1951, date où la R.D. absorbe 1,0 % d'un P.N.B. de 300 milliards environ.

La R.D. s'envole alors sous l'effet d'événements qui accélèrent formidablement les programmes militaires américains : l'explosion atomique soviéti-

2. Les pourcentages du P.N.B. que nous citons ici proviennent soit du grand rapport de l'O.C.D.E. (*Politiques nationales de la science. Etats-Unis, O.C.D.E., 1968* — voir p. 30), soit de *Science Indicators 1974* (National Science Board, 1976, U.S. Government Printing Office), p. 154, soit, pour les dernières années, de *National R. & D. Spending to Exceed \$ 50 Billions in 1979* (N.S.F. 78-304, Science Resources Studies, Highlights). Il va de soi que les deux autres références citées s'alimentent comme nous principalement aux statistiques de la N.S.F.

que d'août 1949, la décision du président Truman, en janvier 1950, de lancer le programme thermonucléaire, la directive N.S.C. 68 du National Security Council qui, au printemps 1950, préconise le triplement du budget militaire, la guerre de Corée qui éclate en juin 1950 et fournit le climat idéal pour appliquer la directive en question, les premières explosions thermonucléaires américaines et soviétiques entre 1952 et 1955, le développement aux Etats-Unis des premiers grands systèmes de défense anti-aérienne et des sous-marins nucléaires, le développement en U.R.S.S. puis aux U.S.A. des premières grandes fusées à longue portée, le lancement du Spoutnik en octobre 1957, etc. Ces événements,³ qui mettent définitivement en évidence le caractère de course au progrès technique de la compétition, obligent l'Amérique (et, on peut le présumer, l'Union Soviétique) à consacrer des sommes de plus en plus énormes à la R.D. au plus grand bénéfice (en Amérique et en Union Soviétique) de tout le secteur scientifique sur lequel reposent les techniques militaires, ainsi que des industries « avancées » qui développent et produisent les armes et le matériel dont le Pentagone (et, après le Spoutnik, la N.A.S.A.) a besoin. Le pourcentage du P.N.B. consacré à la R.D. passe de 1,0 en 1951 à 1,6 en 1954, à 2,0 en 1956, à 2,4 en 1958 et culmine à 3,0 en 1964, date à laquelle le P.N.B. atteint 630 milliards avec un taux d'inflation modéré, un dollar de 1964 valant environ 0,54 dollar de 1945. C'est à cette époque que le nombre 3 (plutôt que le nombre pi = 3,14159...) acquiert le caractère « magique » que lui attribuent par exemple les Gaullistes, qui bavent d'envie devant une pareille performance. On verra plus tard ce qu'elle recouvrait...

Un pareil taux de croissance — la proportion du P.N.B. consacrée à la R.D. a décuplé en un quart de siècle — ne pouvait évidemment se maintenir très longtemps, puisqu'à ce rythme on atteindrait 30 % du P.N.B. dès 1990. Il eût été normal, s'il s'était agi d'un phénomène de type classique, que l'on assistât à une croissance de plus en plus lente avec convergence vers une valeur limite stable — la célèbre « courbe en S ». En fait, on observe un phénomène tout différent : dès que la R.D. absorbe, en 1964, trois pour cent du P.N.B., la proportion décroît, d'abord lentement jusqu'à 2,86 % en 1968, puis tombe plus rapidement à 2,35 % en 1973, pour décroître ensuite à nouveau lentement jusqu'à 2,2 % en 1978 ; et la N.S.F. (*National Science Foundation*), qui publie depuis vingt ans des statistiques détaillées et généreusement distribuées, prévoyait il y a quelque temps 2,0 % en 1985.

Il y a dix ans, le grand rapport de l'O.C.D.E. citait une enquête de Mc Graw Hill prévoyant qu'en 1980, l'Amérique consacrerait 3,4 % de son P.N.B. à la R.D. Dans *Le défi américain* (p. 75), M. Servan-Schreiber prévoyait, lui, 4,6 % du P.N.B. dès 1970 « sauf changement fondamental » — changement dont il n'a pas dû se rendre compte puisqu'on le voit déclarer le 20 avril 1978 à l'Assemblée Nationale que :

3. Toute cette période des années cinquante a fait l'objet d'études récentes très intéressantes. Voir H. York, *Race to Oblivion* (Simon and Schuster, 1970), l'introduction de Charles S. Maier au journal de G.B. Kistiakowsky, *A Scientist at the White House* (Harvard, 1976), les souvenirs et commentaires de J. R. Killian, Jr, *Sputnik, Scientists, and Eisenhower* (M.I.T., 1977).

Aux Etats-Unis, cette année, 5 p. 100 du produit national sont consacrés à la recherche et ce pays a su aussi conserver une souplesse exceptionnelle : en deux ans, les crédits de recherche, dont l'essentiel était orienté vers l'espace, se sont réorientés vers le domaine agro-alimentaire.

Il serait difficile d'accumuler davantage de contre-vérités en si peu de place : le pourcentage du P.N.B. est de 2,2 et non pas de 5, l'essentiel des crédits de recherche a toujours été orienté vers la défense et non vers l'espace, enfin la réorientation vers l'agro-alimentaire se mesure au fait qu'entre 1969 et 1978 le pourcentage des crédits de R.D. fédéraux consacrés à ce domaine passe de 1,45 à 1,9 environ — la vraie réorientation s'effectuant vers l'énergie et la médecine, ce qui n'empêche du reste pas les recherches militaires d'absorber encore, en 1978, environ 12,9 milliards sur 26,3 de crédits fédéraux, et l'espace, qui a en effet beaucoup baissé, d'en absorber encore 3,1 milliards — six fois plus que le domaine agro-alimentaire de J.-J. S.-S.

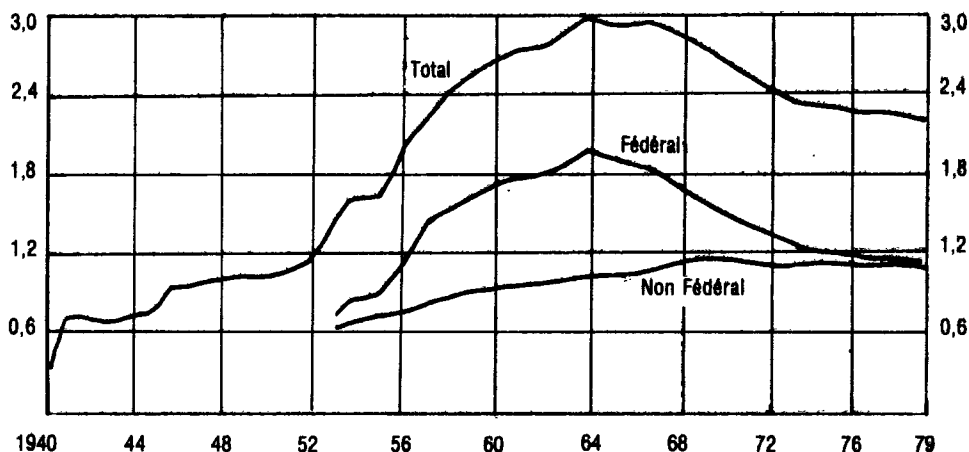
Pour en revenir à l'évolution de la R.D. américaine depuis 1940, il faut noter que 95 % au moins des crédits proviennent de deux sources : le gouvernement fédéral et l'industrie privée, le reste étant fourni par les universités et des institutions sans but lucratif. Le tableau suivant fournit des indications sur les contributions en dollars constants de ces quatre sources de crédits au financement de la R.D. depuis 1954, date à partir de laquelle on dispose des statistiques homogènes de la National Science Foundation (N.S.F.).

	Total			Gouvernement			Industrie			Universités			I.S.B.L.		
1954	831	2 329	6 296	474	1 337	3 436	282	858	2 836	25	99	10	50	35	14
1958	1 328	4 086	10 801	724	2 178	7 360	442	1 761	3 409	76	92	15	86	55	17
1964	3 148	5 677	17 105	2 196	3 296	11 748	597	2 191	5 310	198	106	19	157	84	28
1968	4 015	6 263	19 520	2 852	3 452	11 774	648	2 574	7 684	334	117	21	181	120	41
1970	3 910	6 244	18 201	2 750	3 356	9 950	578	2 655	8 193	383	107	14	199	126	44
1975	3 501	6 142	17 514	2 391	3 220	8 775	529	2 607	8 654	369	176	37	212	134	48
1977	3 665	6 377	18 836	2 499	3 362	9 565	536	2 677	9 179	399	186	40	231	149	52

1. Sources des crédits de R.D., 1954-1977 (millions de dollars 1972) *
recherche de base/recherche appliquée/développement

Les contributions à la R.D. totale s'obtiennent dans chaque secteur en additionnant les trois chiffres cités sur chaque ligne. On constate par exemple que la contribution fédérale au financement de la R.D. totale passe de 9,5 milliards de dollars 1972 en 1954 à 10,2 en 1958, à 17,2 en 1964 et 18,1 en 1968, puis à 16,05 en 1970 et 14,4 en 1975, pour remonter à 15,5 en 1977. Pour l'industrie, on passe de 4,0 milliards en 1954 à 5,6 en 1958, à 8,1 en 1964 et 10,9 en 1968, puis à 11,4 en 1970 et 12,25 en 1974, après quoi on descend à 11,8 en 1975 pour remonter à 12,4 en 1977. L'importance relative des sources fédérale et non fédérale est mise en évidence par le graphe suivant.

4. Le tableau ci-dessus résume et simplifie les tables que l'on trouve dans *National Patterns of R. & D. Resources, 1953-1977* (N.S.F. 77-310). Les chiffres cités plus haut à propos de M. Servan-Schreiber proviennent de *An Analysis of Federal R. & D. Funding by Function, 1969-1978* (N.S.F. 77-326). Toutes les études citées de la N.S.F. sont publiées par le *U.S. Government Printing Office* (U.S.G.P.O.) et les deux premiers chiffres du numéro d'ordre indiquent l'année de publication.



2. Contributions du gouvernement fédéral et des autres sources au financement de la R.D. (en pourcentage du P.N.B.)

Il est intéressant de noter que, pendant que l'effort américain décroît, la proportion du P.N.B. soviétique consacrée à la R.D. croît régulièrement de 2,2 % en 1962 à 3,1 % en 1974, tout au moins si l'on en croit un spécialiste américain⁵ qui n'est pas trop sûr, et pour cause, de ses chiffres. Il n'est pas possible, en l'absence de statistiques détaillées, de connaître avec précision les secteurs qui contribuent le plus à cette croissance de la R.D. soviétique. Ce sont vraisemblablement, comme partout ailleurs, ceux qui coûtent le plus cher. Ce qui a toujours été très cher en Amérique, en France et en Grande-Bretagne, c'est la R.D. militaire et les industries « de pointe ». On constate d'autre part que, depuis une dizaine d'années, l'U.R.S.S. s'efforce de rattraper son retard sur l'Amérique dans ces secteurs. Il est tentant d'attribuer au « défi extérieur », auquel l'U.R.S.S. n'est pas moins confrontée que l'Amérique, plutôt qu'aux recherches sur la pollution ou le cancer, l'essentiel de la croissance de la R.D. soviétique.

Abandonnant ces vues globales sur lesquelles on reviendra plus tard, nous allons maintenant examiner l'évolution de la recherche américaine avant la guerre et pendant les années quarante.

LA SITUATION AVANT LA GUERRE

L'Amérique n'était pas particulièrement célèbre, avant la guerre, pour ses activités scientifiques, sauf peut-être dans certains secteurs (recherche

5. *Science Indicators* 1974 (p. 154), qui utilise des travaux non publiés de Robert W. Campbell, université d'Indiana. Une estimation du rapport R.D./P.N.B. suppose connus les deux termes de la fraction ; ils sont difficiles à obtenir soit en raison de la discrétion bien connue des autorités soviétiques, soit en raison du fait que leurs méthodes pour les calculer ne coïncident pas avec les méthodes américaines. Une estimation du P.N.B. soviétique due à la C.I.A. fournissait récemment aux experts un rapport R.D./P.N.B. variant de 3,2 % en 1970 à 3,7 % en 1975. Même la C.I.A. pouvant se tromper, il serait utile de disposer d'autres sources d'information.

médicale et industries électriques). A défaut d'un amour particulièrement marqué pour la Science — et la faiblesse de la recherche fondamentale américaine frappe, dans les années vingt, nombre de jeunes Américains en contact avec l'Europe —, l'Amérique possédait une formidable avance dans le domaine de l'enseignement supérieur. En 1932, déjà 15 % des jeunes Américains de 19 à 21 ans étudiaient à temps plein, contre 5,2 en U.R.S.S., 4,3 en France, 3,9 en Allemagne et 2,1 en Grande-Bretagne. ⁶ Certes, beaucoup de ces jeunes Américains étudiaient l'agriculture, le business, le management, les arts mécaniques, etc., plutôt que la physique quantique, la biologie moléculaire ou la théorie des nombres. Mais à défaut de contribuer au rayonnement de la science sans guillemets, ils aidaient à poser les bases de la formidable puissance économique et même culturelle qui, à partir de la guerre, rendra possible le prodigieux développement scientifique ultérieur.

Le tableau ci-dessous ⁷ (dont on aurait tort de prendre les données au pied de la lettre : il s'agit de la préhistoire du sujet, et les sources dont on dispose se contredisent mutuellement tout en s'accordant sur l'essentiel) montre qu'à cette époque le gouvernement fédéral ne finançait pas plus de 15 à 20 % des activités de R.D. du pays.

	Total	Gouvernement	Industrie	Universités - Autres		P.N.B.
1930	186	23	116	20	7	90 000
1934	172	21	124	19	8	65 000
1938	264	48	177	28	11	85 000
1940	345	67	234	31	13	100 000
1945	1 520	1 070	430		20	212 000
1947	2 260	1 160	1 050		50	231 000
1950	2 870	1 610	1 180		80	285 000

3. Sources des crédits de R.D. 1930-1950 (millions de dollars)

Il n'existait à l'époque aucun organisme spécifiquement chargé de financer la recherche (il n'en existera pas avant 1951, et la N.S.F. ne prendra vraiment d'importance qu'après le lancement du Spoutnik), chaque agence gouvernementale finançant la R.D. dans les secteurs liés à l'accomplissement de sa « mission » (ce sont les *mission-oriented agencies*, qui continuent à fournir 95 % des crédits de recherche fédéraux). Une enquête sénatoriale ⁸ de 1945 indique qu'en 1937, sur 71 millions de crédits gouvernementaux, le département d'Agriculture en fournissait 21,5, l'Army et la Navy 13 au total, le département de l'Intérieur (mines, pêcheries, conservation, etc.) 5,4 celui du

6. Nous trouvons ces chiffres dans J. D. Bernal *The Social Function of Science* (Routledge and Kegan, 1939, et M.I.T. Press, 1967), p. 198. Ce livre dû à un physicien marxiste anglais est la première et la plus célèbre des tentatives d'explication de la science comme phénomène social.

7. Nous empruntons les données antérieures à 1947 à un rapport officiel de John R. Steelman, *Science and Public Policy* (U.S.G.P.O., 1947), vol. 1, p. 10.

Les chiffres pour 1950 proviennent du *U.S. Statistical Abstracts* pour 1957 (qui se réfère au D.O.D.) ; la contribution gouvernementale y semble très exagérée.

8. Mentionnée dans *Contract Research and Development Adjuncts of Federal Agencies* (Denver Research Institute, 1969).

Commerce 4, le *Public Health Service* (santé) 2, la N.A.C.A. (recherche aéronautique) 1,2, la *Tennessee Valley Authority* 1,7, et un organisme épisodique, la *Works Progress Administration* fondée pour lutter contre la crise, 18. Ces données numériques, confirmées par beaucoup d'autres indications, montrent qu'avant la guerre le gouvernement fédéral s'intéressait surtout à des recherches très appliquées dans le domaine civil — la priorité de la recherche agricole est significative —, les départements militaires (qui ne seront unifiés qu'en 1947) n'apportant au financement global, gouvernemental et privé, de la R.D. américaine qu'une contribution très faible ; en 1940, elle ne sera encore que de 26 millions sur 74 millions de crédits gouvernementaux et 350 millions au total.⁹ La R.D. était évidemment beaucoup moins coûteuse, de toute façon, à cette époque qu'après la guerre (la mise au point d'un bombardier quadrimoteur, le B 17, exige pendant les années trente environ 200 000 heures de R.D., celle des appareils construits vingt ans plus tard en exigeant plusieurs millions). En outre, tout indique que les militaires américains, sentant la guerre venir, n'étaient pas disposés à bouleverser les chaînes de production des matériels qu'ils s'apprétaient à recevoir. Les physiciens atomistes, on le sait, eurent en 1939 les plus grandes difficultés à les intéresser à leurs projets farfelus — « il faut deux guerres pour savoir si une arme nouvelle est de quelque utilité », dira un général aux Hongrois venus demander quelques milliers de dollars pour continuer leurs expériences...

Le point fort de l'Amérique se situait en fait dans ses laboratoires de recherche industrielle.¹⁰ Ils furent créés au début du siècle, sous l'influence de la chimie allemande et des idées de Thomas Edison, par des maisons dont les noms nous sont aujourd'hui familiers : General Electric, Westinghouse, American Telegraph and Telephone (AT & T), Du Pont, American Cyanamid, General Motors, etc. Chez AT & T par exemple, où l'on produit et exploite le matériel de télécommunications, on met sur pied en 1907 un département d'engineering unifié qui, en 1925, donnera naissance aux célèbres *Bell Laboratories*, le plus grand laboratoire industriel du monde à l'époque — et de nos jours — employant déjà 3 600 personnes en 1925 et disposant, vers 1930, d'un budget d'une vingtaine de millions. Ces moyens font de Bell, même sur le plan de la recherche fondamentale, une institution bien plus importante que n'importe quelle université ou laboratoire gouvernemental, et le directeur du laboratoire, Frank Jewett, qui préside aussi l'Académie des Sciences de Washington au moment de la guerre, deviendra pendant celle-ci l'un des quatre dirigeants de la recherche militaire. Chez Du Pont, les laboratoires emploient déjà 1 200 personnes en 1925 ; on décide en 1927 d'y lancer un programme de recherche fondamentale de 250 000 dollars par an (le département de physique de l'université de Columbia se contentait, à la veille de la guerre,

9. D'après les statistiques de la N.S.F., qui ne concordent pas avec celles du rapport Steelman.

10. Les relations entre la science, la technologie et l'industrie dans l'Amérique d'avant-guerre viennent de faire l'objet d'un exposé d'ensemble passionnant de D. F. Noble, *America by Design. Science, Technology, and the Rise of Corporate Capitalism* (Knopf, 1977). Voir notamment le chapitre 7. On trouve aussi des informations dans le livre beaucoup moins sérieux de H. Vagtborg, *Research and American Industrial Development* (Pergamon, 1976).

d'une quinzaine de milliers de dollars) qui conduit, vers 1937, à la découverte du nylon et de ses dérivés — et à un prix Nobel pour l'inventeur. Globalement, le nombre des laboratoires industriels passe de 1 000 environ en 1927 à 1 600 en 1931 puis, après une contraction due à la crise, à 2 200 en 1940, le personnel employé passant de 19 000 à 44 000 environ. La concentration dans les grandes entreprises est énorme dès cette époque puisqu'à cette date la moitié du personnel est employé par 45 laboratoires dont les effectifs vont de 170 à 4 000 personnes. On ne voit du reste pas comment les petites entreprises pourraient avoir les moyens de s'offrir des grands laboratoires ni, plus généralement, comment elles pourraient se lancer dans des « grands programmes » très sophistiqués et très coûteux. Le capitalisme, bien sûr, en profite, la technique favorisant un mouvement de concentration des entreprises auquel on assiste tout aussi bien en régime socialiste ; la méthode des hauts fourneaux de campagne du Grand bond en avant, comme la Chine l'a démontré, n'est pas particulièrement adaptée au progrès de la technologie, et le fait que celui-ci exige partout d'énormes concentrations de moyens et donc de pouvoir suggère fortement qu'au-delà d'un certain point, le progrès de la technologie devient de plus en plus difficilement compatible avec celui de la démocratie (bourgeoise ou socialiste) même s'il le favorise au début en discréditant les classes dirigeantes héréditaires les plus fossilisées.

Si l'on mesure — on fait ce que l'on peut — l'intensité de la R.D. au pourcentage du chiffre d'affaires d'une branche industrielle que celle-ci lui consacre, on constate qu'entre 1927 et 1937 l'intensité de la R.D. passe de 0,54 % à 1,5 % dans le secteur électrique, de 0,42 % à 1,1 % en chimie, de 0,36 % à 0,96 % dans les industries du caoutchouc et de 0,09 % à 0,45 % dans le secteur pétrolier.¹¹ Notre source ne mentionne pas l'industrie aéronautique, économiquement négligeable à l'époque. On a aussi des informations sur le coût des plus grandes innovations industrielles de l'époque. Le lancement de la télévision par R.C.A. coûte 2,7 millions. Chez Du Pont, on estime à deux millions le coût de la R.D. et à vingt millions le coût total du lancement commercial du nylon. Dans l'industrie du pétrole, où l'Amérique développe la plupart des nouveaux procédés de cracking catalytique, on note des coûts de six cent mille, six millions, onze millions avant 1939 et de quinze millions pour un procédé développé après 1938.¹²

L'industrie privée joue un grand rôle dans le développement des départements d'*engineering* (il paraît qu'il faut dire : ingénierie - nouvelles excuses)

11. E. Mansfield, *The Economics of Technological Change* (Norton, 1968), p. 56.

12. Freeman, op. cit., p. 63. Le coût total du lancement du nylon, attribué à C.-H. Greengwalt, se trouve dans R.G. Hewlett et O.E. Anderson, Jr., *The New World* (Pennsylvania State U.P., 1962), p. 190. [Cette référence (766 pages) est le premier des trois volumes actuellement parus de l'histoire officielle de l'*Atomic Energy Commission*. Il sera intéressant de voir (si l'on est encore en vie à l'époque) dans combien de temps les Français disposeront d'une histoire sérieuse du C.E.A. écrite par un auteur indigène (la politique scientifique et en particulier atomique française ayant déjà fait l'objet de plusieurs publications américaines ou anglaises). Rappelons que M. Alain Peyrefitte, dans *Le mal français*, renvoie à l'an 2004 les vulgaires pékins qui, n'ayant pas occupé de fonctions ministérielles comme lui, voudraient savoir si, oui ou non, M. Mendès-France a bien donné le feu vert au programme militaire français le 28 décembre 1954. (En Amérique, on le saurait en 1979...)].

d'un certain nombre d'universités et surtout de collèges techniques qui se créent au voisinage des grandes entreprises « avancées ». Le *Massachusetts Institute of Technology* (M.I.T.), l'exemple le plus célèbre, que nous avons tenté de reproduire à Compiègne avec le succès que l'on sait, est gouverné par un conseil d'administration où figurent les représentants, ou même les propriétaires, de AT & T, Du Pont, Westinghouse, General Electric, etc., convaincus cinquante ans avant les « Sages » de la D.G.R.S.T. de la « nécessité » d'une étroite symbiose entre leurs propres laboratoires de recherche et les institutions qui font avancer les connaissances scientifiques et techniques dont « tout le monde » profite, à commencer par les entreprises en question. Dès 1920, le M.I.T. met sur pied un *Technology Plan* consistant en un contrat type aux termes duquel le M.I.T., moyennant une rétribution adéquate, met à la disposition de l'entreprise contractante ses bibliothèques, ses laboratoires, son personnel et même le fichier de ses élèves (point sur lequel l'Amérique n'est probablement plus à la pointe du progrès) ; on trouva immédiatement 150 entreprises pour l'adopter. En même temps, certains des départements (l'emploi de ce terme fera sûrement plaisir aux partisans de la langue française, mais la chose vient d'Amérique...) du M.I.T., notamment celui d'*electrical engineering* (Ingénierie électrique ?), s'orientent vers la formation systématique d'ingénieurs de recherche plutôt que de production.¹³ C'est au M.I.T. que l'on développera le radar pendant la guerre, le président de l'institution, Karl Compton, devenant lui aussi l'un des quatre « czars » de la recherche militaire.

Etroitement liés par leur clientèle au secteur industriel, se développent aussi en Amérique des instituts de recherche privés¹⁴ qui disposent d'un capital initial plus ou moins important, se chargent à la demande de travaux spécialisés pour l'industrie ou parfois le gouvernement, et qui peuvent soit réinvestir leurs bénéfices dans l'organisation (*not-for-profit foundations*), soit distribuer des dividendes (*for-profit organizations*). Ces instituts (Arthur D. Little, Mellon Institute, Battelle Memorial Institute, etc.) emploient rarement plus d'une centaine de personnes, mais ils jouent un rôle catalyseur très important soit en aidant les entreprises à organiser leurs laboratoires, soit en favorisant la diffusion des innovations. Ils prendront parfois des proportions considérables après la guerre ; le capital de Battelle passe de 1,5 million en 1923 à 211 en 1969, avec un chiffre d'affaires de 135 millions. (Dans l'intervalle, le P.N.B., en dollars courants, s'est multiplié par 15 environ).

Il y a aussi des *non-profit foundations* à caractère « philanthropique » qui jouent un rôle essentiel dans le financement des universités (Rockefeller donne 50 millions au début du siècle pour fonder l'université de Chicago), de la médecine et de la recherche fondamentale. On trouve généralement à l'ori-

13. Noble, op. cit., p. 136-144.

14. Sur les instituts de recherche privés, voir, outre les livres de Noble et Vagtborg cités plus haut, ceux de F. Lundberg, *America's Sixty Families* (Citadel Press, 1937 et 1960), P. Dickson, *Think Tanks* (Ballantine Books, 1972) et H. Orlans, *The Nonprofit Research Institute* (McGraw Hill, 1972). Le plus divertissant est, de fort loin, celui de Lundberg, dont l'humour corrosif fait un heureux contraste avec le style guindé et pseudo-savant de Orlans, membre de la Brookings Institution, qui nous donne finalement fort peu de vraies informations sur son sujet.

gine un généreux capitaliste — les autres catégories sociales ont rarement les moyens — animé du souci du bien public, qu'inquiètent les prétentions du fisc (notamment à l'occasion des successions), et qui dote l'institution, en une ou plusieurs opérations, d'un capital et d'un *board of trustees* composé en majorité de banquiers et capitalistes comme lui, d'avocats d'affaires, d'administrateurs d'universités privées dépendant elles-mêmes des philanthropes, et éventuellement de quelques scientifiques.¹⁵ Le *board* est chargé d'administrer souverainement la maison et de faire fructifier le capital grâce à des placements dont le donateur ou sa famille (mais Andrew Carnegie, par exemple, n'en a pas) conserve en grande partie le contrôle, les revenus du capital servant à financer les activités prévues par le fondateur. Entre 1921 et 1930 ces fondations, qui disposent en 1934 d'un capital de 600 millions, distribuent 223 millions à l'éducation (les deux tiers de cette somme allant aux universités privées au recrutement le plus socialement sélectif), 173 à la médecine (hôpitaux modèles et recherche de pointe qui profitent, ici encore, à la clientèle privilégiée — mais les résultats se diffusent à la longue, il est vrai, dans un public plus vaste et pas seulement américain) et 75 au « bien-être social ». La recherche fondamentale obtient environ 25 millions pendant cette décennie et une trentaine au cours de la suivante.

A lui seul, John D. Rockefeller donne au bas mot 400 millions (somme à multiplier par 20 si l'on veut tenir compte de l'évolution du P.N.B. depuis cinquante ans). La Fondation Rockefeller¹⁶ charge vers 1920 le *National Research Council* créé par l'Académie des Sciences pendant la W.W.I de distribuer des centaines de bourses à de jeunes scientifiques américains et européens. Des dons de l'ordre du million de dollars à quelques universités bien choisies permettent d'y créer en mathématiques et en physique des « centres d'excellence » et de s'attacher, bien avant 1933, les services de jeunes scientifiques européens de premier plan (von Karman, von Neumann, Wigner, Uehlenbeck et Goudsmit, etc.). L'Institut Rockefeller pour la recherche médicale, fondé au début du siècle et disposant, en 1928, d'un capital d'une soixantaine de millions, rassemble dans ses laboratoires modèles des personnes de premier ordre afin de « produire dans la science et la médecine des progrès aussi frappants que dans les grandes corporations industrielles », principe de base de la plupart des fondations. On y applique du reste les méthodes de l'industrie : travail en équipes spécialisées, contrôle quotidien de l'activité, planification rigoureuse du travail, les « eminent investigators » étant seuls pourvus de la plus grande liberté.¹⁷ L'Institut décide en 1932 que la biologie moléculaire

15. Lundberg, pp. 378-379, analysant les professions des 659 trustees des 27 universités ayant reçu des dotations d'au moins dix millions, trouve 254 banquiers, 141 commerçants ou industriels, 174 propriétaires ou dirigeants d'entreprises (privées évidemment) de gaz, électricité ou chemins de fer, 153 membres des professions libérales, 22 juges et 7 divers. (Le total dépasse 659 car une même personne peut être trustee de plusieurs universités à la fois).

16. Pour ce qui suit, outre Lundberg, voir S. Cohen, *Foundation Officials and Fellowships* (Minerva, 1976, pp. 225-240) et R.E. Kohler, *The Management of Science: The Experience of Warren Weaver and the Rockefeller Foundation Programme in Molecular Biology* (Minerva, 1977, pp. 277-306).

17. Orlans, op. cit., pp. 39-40, qui ajoute que « dans le monde académique, c'est l'anarchie, tandis que dans les instituts [de recherche] il y a au moins l'ordre et au mieux l'union ». L'anar-

laire est mûre pour une attaque de grande envergure, et l'on s'apercevra quarante ans plus tard que, des dix-huit titulaires des prix Nobel décernés dans ce domaine entre 1954 et 1965, quinze avaient été repérés et aidés par la Fondation Rockefeller en moyenne dix-neuf ans avant leur prix...

Dans les universités, où la recherche coûte globalement une cinquantaine de millions en 1937 (dont six seulement fournis par le gouvernement),¹⁸ la situation est généralement fort loin d'être aussi brillante que dans les secteurs dont nous venons de parler. La grande exception — mis à part les observatoires qui attirent les largesses des donateurs depuis le XIX^e siècle — est la naissance à Berkeley de la « big science », sous les espèces des premiers accélérateurs de particules qu'Ernest Lawrence construit pendant les années trente.¹⁹ Disposant de quelques milliers de dollars au début, Lawrence trouve rapidement des sommes énormes pour l'époque à partir du moment où les radio-éléments artificiels qu'il fabrique en grandes quantités attirent sur lui l'attention d'un certain nombre de philanthropes et d'institutions intéressés par la recherche sur le cancer (notamment de riches Américains qui ont perdu des membres de leur famille atteints de cette maladie contre laquelle on crée, en 1937, le *National Cancer Institute* gouvernemental). Il réussira en 1940 à obtenir 1 150 000 de la Foundation Rockefeller et 250 000 dollars de l'université (dont plusieurs « trustees » sont devenus ses amis personnels et l'introduisent dans la « haute société » californienne). Après cette date, la lutte contre le cancer sera remplacée par la course à la bombe atomique — c'est chez Lawrence que l'on découvre le plutonium à la fin de 1940 — et à la fin de 1949, lorsqu'il s'agira de répondre à l'explosion atomique soviétique d'août 1949, Lawrence sera l'un des partisans les plus influents du lancement immédiat d'un programme thermo-nucléaire massif ; on le verra même (souvenir de la recherche médicale ?) préconiser, sans grand succès d'ailleurs, un programme de « guerre radiologique » consistant à répandre sur l'ennemi des nuages de déchets radioactifs produits par les piles plutonigènes de Hanford.²⁰

A part le cas de Lawrence, qui s'explique aussi par les dons de « voyageur de commerce » de celui-ci (c'est le seul scientifique que les industriels et militaires considèrent comme vraiment « équilibré » — ce qui ne l'empêchera pas de mourir d'un ulcère du duodenum plutôt louche de ce point de vue...), tout indique que la situation des laboratoires universitaires, pendant les années trente, est précaire sans être partout très mauvaise. Le cas de la

chie qui régnait dans les universités dirigées par les trustees décrits dans la note (15) devait être toute relative...

18. Résultats d'une enquête officielle de 1938 mentionnée dans D.-S. Greenberg, *The Politics of American Science* (1967, édition Penguin, 1969), p. 97. Le chiffre cité semble exagéré.

19. Sur Lawrence, voir N. Ph. Davis, *Lawrence and Oppenheimer* (Simon and Schuster, 1968) et H. Childs, *An American Genius : The Life of Ernest-Orlando Lawrence* (Dutton, 1968), monument passablement hagiographique très discret sur les problèmes financiers.

20. Davis, op. cit., pp. 267-268. Childs est muet sur ce point ainsi que le second volume de l'histoire officielle de l'A.E.C. Sur la guerre radiologique, on trouve deux articles instructifs dans le *Bulletin of Atomic Scientists* (1950, p. 175 et 1951, p. 153), lesquels montrent au moins l'existence d'un certain intérêt pour le sujet à l'époque...

physique est relativement bien connu. En dépit de la crise, la production des docteurs continue sa croissance exponentielle, on trouve des postes pour une centaine de réfugiés européens (très distingués il est vrai, des rapports, des fiches et parfois même des notes évaluant les aptitudes des postulants),²¹ et les crédits de recherche du M.I.T. par exemple, en physique, passent de 25 000 dollars en 1930 à plus de 100 000 en 1939, auxquels s'ajoutent dix à vingt mille dollars de dons chaque année ; à Columbia, le budget varie de 15 à 30 000 dollars par an. Le physicien Isidor I. Rabi,²² arrivé tout enfant de Galicie au début du siècle et qui passe plusieurs années dans les laboratoires européens au milieu des années vingt avec des moyens d'existence très précaires, obtient en 1929 (sur la recommandation de W. Heisenberg) un poste à l'université de Columbia à New-York, où il est le premier Juif à être employé par le département de physique. Grandement soutenu par son doyen, il obtient un avancement rapide et le privilège d'enseigner deux heures, au lieu de douze ou quatorze, mais est obligé, au moment de la dépression, de dire à celui-ci qu'il préférerait une réduction à son salaire plutôt qu'à ses crédits de laboratoires. En 1934, un collègue qui vient d'obtenir le prix Nobel pour sa découverte du deuterium, Harold Urey, décide de partager avec Rabi, en qui il voit avec raison un autre futur prix Nobel, un don de 7 600 dollars qu'il vient de recevoir de la Carnegie Institution. Grâce à ce « fantastique coup de chance », Rabi peut financer son laboratoire pendant plusieurs années en achetant dans les boutiques locales du matériel d'occasion. Nombre de jeunes chercheurs new-yorkais dont les laboratoires sont au point mort viennent travailler chez lui en dehors de leurs heures de cours, avec un courage et un enthousiasme que Rabi soulignera lui-même en 1965 en des termes instructifs :

Certainement la guerre fit des choses merveilleuses sous certains rapports. Par exemple, nous commençâmes à avoir de l'argent pour la recherche. Avant la guerre, le département de physique de Columbia ne pouvait dépenser que 15 000 dollars par an pour la recherche. Nous en dépensons maintenant 3 millions. Avant la guerre, un homme devait avoir une résistance physique et un caractère extraordinaires pour se battre et avancer jusqu'à ce qu'il obtienne son doctorat de physique à Columbia, car il avait souvent peu d'argent pour vivre. Nous pouvons maintenant nous permettre d'aider adéquatement nos étudiants. Ces nouveaux crédits ont permis à tout un nouveau groupe d'entrer dans les sciences.²³

21. Ch. Weiner, *A New Site for the Seminar: The Refugees and American Physics in the Thirties*, in D. Fleming et B. Bailyn, eds, *The Intellectual Migration* (Harvard, 1968), pp. 190-234. Sur la physique américaine en général à l'époque, voir Spencer R. Weart, *The Physics Business in America, 1919-1940: A Statistical Reconnaissance* (American Institute of Physics) et, du même auteur, *The rise of « prostituted » physics* (Nature, 1^{er} juillet 1976, pp. 13-17).

22. Voir un « profile » de I.I. Rabi par Jeremy Bernstein dans les N° des 13 et 20 octobre 1975 de *The New-Yorker*.

23. Voir A.W. Varner, ed., *The Impact of Science on Technology* (Columbia U.P., 1965), p. 32. On trouvera dans cet article de Rabi et les commentaires qui l'accompagnent des déclarations particulièrement franches sur le rôle des scientifiques qui durent, pendant la guerre, « enseigner » l'usage des nouvelles armes aux militaires, sur la nécessité, pour eux, d'être capables de « voir plusieurs années en avant », et sur le fait que les scientifiques influents après la guerre furent précisément ceux qui, pendant les hostilités, montrèrent qu'ils étaient capables de « sentir les tendances futures des événements ». Sur les mêmes problèmes, voir aussi et surtout S. Zuckerman, *Scientists and War* (Hamish Hamilton, 1966), par le Chief Scientist du gouvernement britannique.

Rabi sera pendant la guerre le directeur adjoint du grand laboratoire du M.I.T. où l'on développe le radar, puis, après 1945, l'un des conseillers scientifiques les plus influents du gouvernement. Lorsqu'il déposera au procès Oppenheimer en 1954, Rabi estimera qu'il passe 120 jours ouvrables par an à Washington, où il préside à l'époque le comité consultatif (G.A.C.) de l'*Atomic Energy Commission* engagée dans un effort massif pour développer et produire les armes thermonucléaires. C'est à ses efforts en vue de favoriser le développement international de la Science que l'on devra en 1958, après le Spoutnik, la création de la Division des affaires scientifiques de l'O.T.A.N. ; il y représente depuis lors son pays, M. Louis Néel (un coup de dé jamais n'abolira le hasard) y représentant le sien depuis 1960.²⁴ Depuis qu'elle existe, la Division a organisé ou subventionné plus de 700 colloques, séminaires et autres écoles d'été avec la participation enthousiaste de milliers de scientifiques « atlantiques » (les autres s'y voient rarement, étant exclus des largesses de l'O.T.A.N.). On peut du reste présumer que l'Occident n'est pas la seule région du monde où la guerre fit des choses merveilleuses pour la Science et les savants. La question de savoir si, de ce point de vue, la W.W. III produira un effet analogue à la W.W. II pourrait prêter à des remarques ironiques trop évidentes pour que nous les explicitions ici.

LA SCIENCE DANS LES ANNEES QUARANTE

Tout le monde sait que la Science (au sens de M. Debré) fit en Amérique pendant la guerre un énorme « bond en avant » dont la bombe d'Hiroshima reste le sinistre symbole, mais il est moins généralement connu que, la « paix » revenue, la guerre froide qui succède aussitôt à la W.W. II conduit, dans une large mesure, à une stabilisation et à une institutionnalisation des mesures « exceptionnelles » prises dans ce domaine pendant la guerre. Nous allons essayer de retracer les grandes lignes de la politique scientifique américaine pendant les années quarante, en réservant le cas des industries avancées qui fera l'objet de développements séparés.

Les statistiques dont on dispose, bien que ne concordant pas entre elles, indiquent ici encore les mêmes tendances. Selon la N.S.F. par exemple, les dépenses de R.D. du gouvernement fédéral passent de 74 millions en 1940 à 600 en 1943 et à 1 600 en 1945 (année pendant laquelle les projets atomiques, qui comportent en fait d'énormes opérations d'industrialisation, entrent pour 860 millions dans le total) ; elles oscillent ensuite entre 900 et 1 100 millions

24. Le vingtième anniversaire de la fondation de la Division des affaires scientifiques de l'O.T.A.N. a donné lieu en avril 1978 à un colloque dont les revues anglo-saxonnes (*Nature*, *Science*, *The New Scientist*, etc.) ont rendu compte brièvement. Dans le discours qu'il a prononcé lors de la séance d'ouverture, M. Louis Néel déplore le « cloisonnement » qui sépare les aspects civils et militaires de la recherche, car si les apports de la recherche civile à la recherche militaire sont unanimement reconnus comme essentiels, en sens inverse, les apports de la recherche militaire à la recherche civile, quoique beaucoup moins importants, existent cependant et pourraient être accrus ». M. Néel, qui manie la litote avec une virtuosité époustouflante, a même « eu personnellement l'expérience » de voir des problèmes militaires susciter « des idées nouvelles et des progrès théoriques » en matière de recherche fondamentale.

de 1946 à 1950. Une statistique ancienne du *Department of Defense* (D.O.D.) parle plutôt, elle, de 880 millions en 1945 avec une croissance régulière de 600 à 1 040 millions de 1946 à 1950. Dans les deux cas, le niveau des dépenses gouvernementales après la guerre est sans aucune commune mesure avec ce que l'on avait vu auparavant, même en tenant compte d'une certaine inflation (un dollar de 1950 vaut 0,56 dollar de 1940). La contribution de l'industrie privée, d'environ 350 millions à la veille de la guerre, ne dépasse pas 430 en 1945 — dans l'intervalle, la R.D. civile n'a évidemment eu aucune raison de prospérer, et la R.D. militaire a été financée par le gouvernement —, mais elle remonte à 800 millions en 1946 pour aboutir à 1 100 millions en 1950 d'après notre statistique du D.O.D.,²⁵ dont il ne faut, ici encore, pas prendre les chiffres au pied de la lettre. Le résultat de cette évolution est qu'après 1945 — oublions la pathologie de la W.W. II — le gouvernement finance environ la moitié des activités de R.D. américaines, au lieu de 20 % avant guerre. La proportion ira en augmentant jusqu'à 64 % en 1964, après quoi elle redescendra à 54 % en 1977.

Sur les contributions des principales agences gouvernementales, la N.S.F. nous fournit la statistique ci-dessous. La signification des sigles s'éclaircira bientôt.

	1940	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
Total	74	198	280	602	1 377	1 590	918	900	855	1 082	1 083
Agriculture	29	28	30	31	32	34	37	39	42	50	53
D.O.D.	26	144	211	395	448	513	418	551	592	695	652
H.E.W.	3	3	3	3	3	3	3	12	23	28	39
Interior	8	9	13	17	21	18	17	25	31	38	32
Manhattan	—	—	—	77	730	859	366	186	—	—	—
A.E.C.	—	—	—	—	—	—	—	38	107	196	221
N.A.C.A.	2	5	10	18	—	24	24	35	37	49	54
O.S.R.D.	—	5	11	52	87	114	37	6	1	—	—
Autres	6	6	7	17	38	25	16	15	20	25	30

4. Principales sources des crédits fédéraux de R.D. 1940-1950 *

On constate pour commencer que les contributions des agences civiles (les départements d'Agriculture, du Commerce, de l'Intérieur et du H.E.W., *Health, Education, and Welfare*, qui pour ce qui nous concerne se réduit essentiellement aux services de la Santé publique qui subventionnent la recherche bio-médicale), qui fournissaient avant la guerre les trois quarts des crédits au moins, tombent après la guerre à 15 % tout au plus. Toutefois, la contribution du H.E.W., sans être encore très importante en valeur absolue, augmente rapidement à partir de 1947, année qui donne en effet le départ en

25. Elle est reproduite p. 7 dans E.W. Scott, ed., *Applied Research in the United States* (National Academy of Science, National Research Council, 1952).

26. Voir les publications annuelles de la série *Federal Funds for Research, Development, and Other Scientific Activities*, par exemple vol. XXI (N.S.F. 72-317), p. 178.

ce qui concerne la recherche bio-médicale (elle absorbe aujourd'hui facilement deux milliards de dollars de crédits fédéraux).

Comme il est bien naturel, les crédits militaires (D.O.D., *Department of Defense*, ou *Army* et *Navy* avant 1947) augmentent formidablement entre 1940 et 1945. Après une certaine baisse en 1946, ils retrouvent et dépassent aussitôt le niveau de 1945 et fournissent 60 % environ du total en 1950. Mais il faut en réalité leur ajouter les contributions d'autres agences.

Il y a tout d'abord, jusqu'en 1946, celles de l'O.S.R.D. (*Office of Scientific Research and Development*, qui succède en 1941 au *National Defense Research Committee*, N.D.R.C., fondé en mai 1940) qui, à l'aide de ses fonds propres (indiqués sur le tableau précédent) et de fonds transférés du D.O.D., supervise et finance pendant la guerre nombre de projets qui, par leur caractère scientifique accentué, relèvent d'une agence spéciale dirigée par des scientifiques compétents : Jewett et Compton dont on a parlé, James D. Conant, chimiste de formation et président de Harvard, qui sera plus tard Haut-Commissaire américain en Allemagne, et enfin, à la tête, Vannevar Bush, ingénieur électricien qui a inventé vers 1925 une machine à calculer déjà très perfectionnée, est devenu vice-président du M.I.T., et se trouve au moment de la guerre à la tête de la N.A.C.A. et de la *Carnegie Institution* de Washington, l'un des principaux instituts de recherche industrielle privés du pays. Sous l'autorité de ces quatre hommes, qui ont pris l'initiative en mai 1940 de contacter la Maison Blanche et qui dépendent directement du Président tout en gardant évidemment le contact avec le Pentagone, et de trois douzaines environ de scientifiques éminents qui organisent tout, l'O.S.R.D. finance les projets les plus divers : radar, télécommunications, contrôle de tir, engins, lutte sous-marine, armes chimiques, antibiotiques, médecine tropicale, etc. En y comprenant 185 millions transférés du Pentagone, l'O.S.R.D. distribue 42 millions en 1942, 144 en 1943, 170 en 1944 et 178 en 1945. Une grande partie de ces fonds va à des universités : 117 millions au M.I.T. où l'on développe le radar, 83 au *California Institute of Technology* (Cal Tech) où Theodor von Karman fonde en 1943 le *Jet Propulsion Laboratory* qui jouera plus tard un rôle de premier plan dans la course aux missiles et à la lune, 31 à Harvard (acoustique sous-marine), 28 à Columbia (radar et acoustique sous-marine), etc. L'industrie, elle, reçoit une centaine de millions qui vont à Bell (17 millions), General Electric (8 millions), R.C.A. (5,8 millions), Du Pont (5,7 millions), Westinghouse (5,1 millions), etc. Ces sommes peuvent paraître faibles à côté des crédits du M.I.T. par exemple, mais il ne faut pas oublier que le Pentagone distribue directement des centaines de millions de dollars de crédit de R.D. (et des dizaines de milliards en achats d'armements) à l'industrie, et que, dans tout ce qui précède, les crédits atomiques sont exclus. Bien entendu on constate, ici encore, la concentration des crédits sur un petit nombre de grandes firmes ; la guerre n'a jamais été le meilleur moyen de favoriser les petites entreprises autogérées aux dépens du *big business* ;²⁷ la paix non plus d'ailleurs.

27. L'histoire de l'O.S.R.D. est relatée dans I. Stewart, *Organizing Scientific Research for War* (Little Brown, 1948). Les archives gouvernementales tombant (en Amérique) dans le domaine public après 25 ans, on peut présumer que, comme les activités atomiques par exemple, celles de

Les crédits atomiques sont, au début, très limités — le gouvernement attribue 6 000 dollars à la fin de 1939... — et fournis par l'O.S.R.D. ; ils prennent de l'ampleur au fur et à mesure que les incertitudes techniques s'éclaircissent — et elles sont tellement sérieuses au début que les atomistes allemands ne croiront jamais, de toute la guerre, à la possibilité de réaliser un explosif.²⁸ On dépense environ un million en 1941 et une dizaine en 1942, après quoi un organisme spécial, le *Manhattan Engineer District*, prend le relai de l'O.S.R.D. pour organiser et financer la phase industrielle du projet. Comme le montre le tableau ci-dessus, il dépense rapidement des sommes gigantesques qui, on doit le préciser, et bien que considérées par la N.S.F. comme de la R.D., représentent en réalité la totalité du coût des activités atomiques. Cela prête évidemment à discussion puisque, de son côté, l'histoire officielle de l'*Atomic Energy Commission* (A.E.C.) évalue à 63 millions seulement le coût de la R.D. atomique jusqu'au 31 décembre 1945,²⁹ ce qui explique sans doute les divergences entre les statistiques de la N.S.F. et du D.O.D. citées au commencement de la présente section. Le problème est de savoir ce qu'on entend au juste par « recherche et développement ». S'il s'agit par exemple de développer une bombe au plutonium, la R.D. devrait comprendre la fabrication et l'essai d'un prototype, ce qui suppose que l'on dispose d'une masse critique, laquelle ne peut provenir que d'installations parfaitement irréalisables en laboratoire, totalement originales et à l'échelle industrielle — à savoir une pile plutonigène, avec une usine d'extraction du plutonium. La R.D., ici, est en pratique inséparable de la naissance de l'*industrie* nucléaire, sur laquelle on reviendra plus loin, ce qui explique sans doute pourquoi les experts de la N.S.F. ont renoncé à séparer la R.D. de la production dans leurs statistiques ; le même type de raisonnement conduirait à incorporer le coût total de l'usine de Pierrelatte (construction et fonctionnement) dans une estimation de la R.D. préliminaire à la bombe H française. A partir de 1947, les activités atomiques sont dirigées par l'*Atomic Energy Commission* dont on reparlera plus loin, et les sommes qui figurent sous cette rubrique dans le tableau 4 vont effectivement à des activités de R.D. proprement dite, bien que l'A.E.C. organise et finance aussi la production des matières fissiles et des armes atomiques comme le C.E.A. en France.

Le tableau 4 met aussi en évidence la croissance pendant et après la guerre des crédits de la N.A.C.A., qui possède des installations uniques en Amérique pour la recherche dans tous les domaines liés à l'aéronautique, les activités de développement dans ce domaine étant confiées aux constructeurs privés (mais financées par le Pentagone).

l'O.S.R.D. feront bientôt l'objet d'études plus approfondies et moins officielles que celle de Stewart. Greenberg, op. cit., pp. 101-165, donne une vue d'ensemble excellente et fort peu académique des relations entre scientifiques et militaires ou politiciens pendant la guerre.

28. Sur la recherche atomique allemande pendant la guerre, voir l'enquête officielle américaine de S. A. Goudsmit : *L'Allemagne et le secret atomique, la mission Alsos* (Fayard, 1948) et le livre plus récent de D. Irving : *La maison des virus* (R. Laffont, 1968).

29. Voir *The New World*, note (12) ci-dessus, p. 723. On ne trouve naturellement pas dans ce pavé de 700 pages des indications chiffrées sur les destinataires des deux milliards de dollars du projet.

Les activités de R.D. dans ces domaines atomique et aéronautique étant en grande majorité à finalité militaire même après 1945, le tableau 4 montre que pendant les années 1946-1950 les motivations militaires devaient expliquer environ 80 à 85 % des crédits fédéraux de R.D. Comme on le verra plus loin, la situation, sous ce rapport, ne changera guère avant la fin des années soixante, et à l'heure actuelle elles expliquent encore largement 50 à 60 % des crédits gouvernementaux.



L'intervention de l'O.S.R.D. (dont les méthodes s'inspirent, au début, de l'expérience anglaise où scientifiques, industriels et militaires coopèrent depuis plusieurs années déjà au développement du radar) puis du *Manhattan District* modifie considérablement, on s'en doute bien, les mœurs de milieux scientifiques américains jusqu'alors presque totalement indépendants du gouvernement fédéral. Pour commencer, on voit pour la première fois l'argent couler à flots et tout le monde, avec I.-I. Rabi, s'émerveille ; il n'y a plus de problèmes de crédits, il n'y a plus que des problèmes de main-d'œuvre ou d'approvisionnement en fournitures sophistiquées qu'on trouve difficilement sur le marché. En second lieu, on introduit la méthode des « grands programmes » grâce auxquels toutes sortes d'activités scientifiques, techniques et industrielles doivent, sous la direction d'un comité de quelques experts, concourir dans des délais fixés à la réalisation d'un système d'armes. Tantôt on découpe le problème en études spécialisées que l'on attribue à des équipes demeurant dans leurs laboratoires d'origine et auxquelles on laisse le choix des méthodes, à charge pour elles de produire les résultats demandés ; c'est l'origine des « contrats de recherche » qui se sont par la suite répandus partout. Dans d'autres cas, il est indispensable de mettre les équipes spécialisées en contact permanent et on les rassemble pour plusieurs années en un lieu unique muni de toutes les facilités (y compris pour les écoutes téléphoniques — mais ceci n'est pas spécifiquement américain...). Ce système, qui évoque *Le premier cercle* (à ceci près que la participation est volontaire, correctement rémunérée, et que l'on peut amener sa famille) est utilisé notamment pour le développement du radar au M.I.T. et, surtout, de la bombe atomique à Los Alamos. Ce système est évidemment abandonné en grande partie en 1945, la grande majorité des scientifiques mobilisés désirant alors retourner dans leurs universités ou compagnies d'origine, mais il sera repris, en catégorie grand standing cette fois, à partir de la fin des années quarante, avec les *summer studies* où quelques douzaines de scientifiques et d'ingénieurs de haut niveau se rassemblent l'été dans un lieu confortable et discret pour y discuter, avec des militaires compétents, des grands problèmes de

l'heure : propulsion nucléaire des avions, détection infra-rouge, défense aérienne, surveillance radar, emplois tactiques des armes atomiques, etc.³⁰

Même si beaucoup de scientifiques n'éprouvent qu'une sympathie très limitée pour les milieux militaires et leur mentalité, l'expérience de la guerre les a habitués aux projets militaires secrets, aux enquêtes de sécurité et, pour les plus influents d'entre eux, aux contacts avec les dirigeants du Pentagone, de la politique et de l'industrie. La guerre débarrasse les scientifiques de leurs complexes d'infériorité.³¹

Nous fûmes obligés d'établir des relations avec les militaires, dit Rabi (il s'agit des recherches sur le radar pendant la guerre au M.I.T.). Je fus très dur sur ce point. Par exemple, un groupe de la Marine vint nous voir un jour. Ils voulaient nous faire développer certaines boîtes noires, qu'ils décrivent, avec certains voltages et ainsi de suite. Je demandai : « A quoi serviront-elles ? ». Leur réponse exacte fut : « Nous préférons parler de cela dans nos fauteuils tournants à Washington ». Je ne dis rien. Je ne fis rien non plus... Ils revinrent six mois plus tard : même chose. Je leur dis : « Maintenant, écoutez, cessons de raconter des blagues. Amenez un homme qui comprend la tactique, amenez un homme qui comprend la radio, amenez un homme qui comprend les avions, et nous parlerons de vos problèmes ». A cette époque, nous en savions déjà long sur le radar et les applications tactiques. Eh bien, la Marine le fit. Nous découvrîmes que leur problème était de descendre les avions japonais qui espionnaient les navires. Il se révéla qu'ils avaient besoin d'un radar d'altitude pour compléter et guider l'équipement radar déjà installé sur leurs porte-avions. Et nous conclûmes un accord avec la Marine. Nous développerons cela si vous et nous pouvons tout faire ensemble — une association. Nous sommes ensemble dans cette guerre. Nous pouvons parler de toute la chose, quelle qu'elle soit, et alors notre côté fera de son mieux pour développer le radar approprié. Ce qu'il fit. Ce fut un radar fantastique.

30. Les lecteurs européens de la présente étude étant probablement concernés par les effets d'un éventuel usage des armes atomiques « tactiques », il peut être utile, vu l'extraordinaire ignorance qui règne dans ce pays sur ce genre de problème, de préciser qu'Oppenheimer (qui dirigeait à l'époque le Comité Scientifique de l'A.E.C. et, pour nous exprimer comme Rabi, était capable de « sentir les tendances futures des événements ») en avait préconisé l'emploi dès 1948. Une *summer study* (projet Vista) consacrée à ce problème se tint en 1951 avec la participation d'Oppenheimer, DuBridge, Zacharias, Lauritsen, Bacher, Christie, Lawrence, Whitman, etc., tous scientifiques de premier ordre. Dans sa déposition au procès Oppenheimer, Withman (directeur du département de chimie du M.I.T. et membre du conseil scientifique de l'A.E.C.) insiste sur le fait qu'Oppenheimer « plus que tout autre servit à éduquer les militaires quant aux possibilités de l'arme atomique pour des usages autres que stratégiques, éventuellement dans des situations tactiques ou pour des bombardements à 500 miles à l'arrière. Il insistait constamment sur le fait que la bombe allait être plus facilement disponible et qu'un des plus grands problèmes allait être celui de sa livrabilité », etc. In *the Matter of J. Robert Oppenheimer* (A.E.C., 1954, réimpression M.I.T. Press, 1971), p. 497. DuBridge, Lauritsen et Oppenheimer se rendirent en Europe en décembre 1951 pour discuter le rapport Vista avec les généraux Eisenhower, Gruenther, Norstad et autres. (Idem, p. 496). Voir aussi R. Gilpin, *American Scientists and Nuclear Weapons Policy* (Princeton, 1962) et S. Huntington, *The Common Defense* (Columbia U.P., 1961). L'opinion très modérée de Gilpin est que « à une exception près, tous les changements majeurs de la politique américaine envers les armes nucléaires furent initialement conçus par des scientifiques : le plan Baruch, la bombe à hydrogène, le développement des armes nucléaires tactiques, le missile balistique et l'arrêt des expériences nucléaires. Seule la doctrine des représailles massives provint d'ailleurs ». On pourrait ajouter l'idée, en 1939, de développer une bombe atomique, celle, en 1955, d'installer des missiles à bord de sous-marins et enfin, vers 1960, l'idée de la bombe à neutrons.

31. La citation ci-dessous de Rabi est rapportée par J. Bernstein dans l'étude citée dans la note (22).

Dans le domaine atomique, malgré les tentatives de la sécurité militaire pour les « compartimenter », les scientifiques rassemblés à Los Alamos (et dans d'autres centres moins importants comme Berkeley, Chicago ou Oak Ridge) ne se gênent pas pour « causer », ils obtiennent d'être placés dès le début sous l'administration de l'université de Californie (qui continuera jusqu'à nos jours à patronner les deux laboratoires de recherche militaire atomique, Los Alamos et Livermore qui sera créé en 1952) plutôt que sous l'autorité directe du Pentagone, et après Hiroshima et Nagasaki presque tout le monde croit — à tort, mais c'est une autre question — que ce sont eux qui ont gagné la guerre. Auparavant le secrétaire à la guerre Henry Stimson, en personne, a consulté les quatre dirigeants scientifiques du Manhattan Project (Oppenheimer, Fermi, A.-H. Compton, Lawrence) sur le meilleur emploi possible des bombes (« une usine de guerre vitale employant un grand nombre de travailleurs et étroitement entourée de maisons de travailleurs », formulation due au président de Harvard, J.-B. Conant, et qui recueille l'accord général des participants) ;³² des scientifiques de premier plan ont participé au choix des cibles (et placé Kyoto en tête de liste, choix que Stimson refusera puisqu'il s'agit de la capitale culturelle du Japon) ; le futur directeur du grand accélérateur de Cambridge, Norman F. Ramsey, qui sera aussi, en 1958, le premier directeur de la Division des affaires scientifiques de l'O.T.A.N. après avoir participé dans l'intervalle à tous les projets militaires imaginables, s'est rendu sur l'île de Tinian pour y diriger l'assemblage final des bombes avant leur embarquement à bord des B 29 chargés de les lancer ; et Luis Alvarez, qui a travaillé au radar au M.I.T. et mis au point le système électronique de détonation de la bombe à implosion à Los Alamos, a observé lui-même l'explosion d'Hiroshima à bord du B 29 qui accompagnait l'avion transportant la bombe ; on aurait difficilement pu aller plus loin. La maison Du Pont, elle, qui a construit les énormes piles plutonigènes de Hanford, a dû traiter d'égal à égal avec des physiciens comme Eugene Wigner, Alvin Weinberg, Enrico Fermi ou John Wheeler. La fin de la guerre transforme les physiciens en héros et le Congrès s'arrache leurs avis — mais il ne va pas jusqu'à leur donner la *National Science Foundation* dont ils rêvent et qui canaliserait vers leurs laboratoires, sous leur propre contrôle essentiellement, les ressources du budget fédéral.



L'idée de créer une agence civile qui, après la guerre, prendrait le relais de l'O.S.R.D., était née en 1942 dans l'esprit du sénateur Kilgore, populiste de

32. Le texte complet du compte rendu de ces discussions est maintenant public et peut se trouver dans la magnifique étude de Martin-J. Sherwin : *A World Destroyed. The Atomic Bomb and the Grand Alliance* (Knopf, 1973), pp. 295-304. Les faits que nous mentionnons ensuite sont bien connus ; voir par exemple Sherwin, pp. 229-30, *The New World*, p. 401, *In the Matter...*, déposition d'Alvarez, p. 773. Voir aussi, en français, les exposés journalistiques de F. Knebel et Ch. W. Bailey, Jr. : *Hiroshima Bombe A (No High Ground)* (Fayard, 1962) et L. Giovannitti et F. Freed : *Histoire secrète d'Hiroshima (The Decision to Drop the Bomb)* (Plon, 1965). Sur le rôle des scientifiques dans la politique atomique à l'époque, voir encore A. Steiner : *Scientists, State-men, and Politicians : The Competing Influences on American Atomic Energy Policy 1945-46* (Minerva, 1974, pp. 464-509).

la tendance Truman préoccupé par l'influence du *big business* sur les universités et la recherche militaire ainsi que par les obstacles mis au développement de la recherche et de la production de guerre par les brevets détenus par les grandes firmes.³³ Kilgore organisa pendant toute la guerre des entretiens parlementaires au cours desquelles furent formulées des critiques particulièrement sévères contre l'organisation (ou la non-organisation) de la recherche américaine. On vit même l'éditeur scientifique du *New York Times*, Waldemar Kaempfert, citer en exemple l'organisation soviétique où, sous la direction d'une Académie qui planifie toute la recherche et fait partie intégrante du Gouvernement, on développe la science « sur tous les fronts »³⁴ au lieu de se borner, comme en Amérique, à encourager les sciences physiques en raison de leur utilité militaire et des profits qu'on peut en tirer, le résultat étant, selon Kaempfert, que les Russes « étaient déjà mobilisés scientifiquement en 1936 » plus encore que les Allemands et à plus forte raison que les Américains. Bien que n'étant pas plus attiré que le *New-York Times* par les menaces de l'homme au couteau entre les dents, Kilgore propose une super-agence gouvernementale qui superviserait toute la recherche civile et militaire et aurait la propriété des brevets résultant de travaux financés par le Gouvernement, pourrait même éventuellement obliger les firmes privées à divulguer leurs secrets de fabrication et, enfin, serait dirigée par un conseil où seraient aussi des représentants des petites entreprises, des travailleurs et des consommateurs.

Ces projets rencontrèrent évidemment l'opposition de la grande industrie, qui tenait à ses brevets, de Bush qui croyait le système des brevets indispensable au développement de l'innovation, des militaires peu soucieux de passer sous le contrôle d'une agence civile, et enfin des scientifiques préférant une agence dirigée par des confrères et orientée vers leurs propres centres d'intérêt à un organisme dirigé par des profanes et ayant en vue le « progrès social ».

Afin de prendre Kilgore de vitesse, Bush se fit donner par Roosevelt l'ordre de mettre sur pied un plan d'organisation civile de la recherche pour l'après-guerre. Le rapport qu'il publia en juillet 1945, *Science - The New Frontier*, l'un des grands classiques de la politique de la science, recommandait la création d'une fondation qui financerait d'une part la recherche fondamentale et la médecine dans les *non-profit institutions* et d'autre part la recherche militaire à long terme, qui serait dirigée par un conseil non

33. Sur la création de la N.S.F., voir D. J. Kevles, *The National Science Foundation and the Debate over Postwar Research Policy, 1942-1945* (Ips, 1977, pp. 5-26), *Technical Information Congress* (91st Congress, 1st Session, House Document No. 91-137, April 25, 1969, U.S.G.P.), le livre de Greenberg, et le recueil de textes de J.-L. Pennick, Jr., et autres, *The Politics of American Science, 1939 to the Present* (M.I.T. Press, 1965).

34. En 1973, trente ans il est vrai après les déclarations optimistes de Kaempfert, on constate que l'U.R.S.S. (resp. l'Amérique) publie 30,3 % (resp. 23,6 %) de la littérature mondiale sur les thématiques, 14,4 % (resp. 38,4 %), en physique, 32,4 % (resp. 21,2 %) en chimie, mais seulement (resp. 43,7 %) en engineering, 1,9 % (resp. 46,7 %) en biologie moléculaire où la France a 8,0 % des articles, et 3,2 % (resp. 42,9 %) en médecine clinique. Voir *Science Indicators 1974*, cité ci-dessus en (2), excellente étude d'ensemble des activités de R.D. américaines en 1974, pp. 158-159.

par le Président à l'intérieur d'une liste présentée par l'Académie des Sciences, et dont le directeur, élu par le conseil et non pas nommé par le Président, pourrait décider de laisser aux chercheurs la propriété de leurs brevets sous réserve que le gouvernement puisse en faire librement usage.

A ces divergences de vue entre Kilgore et Bush s'ajoutaient d'autres difficultés. Les médecins voulaient (et obtinrent) leurs propres institutions — ce furent les *National Institutes of Health* créés à partir de 1947 à l'image du *National Cancer Institute* de 1937 et spécialisés dans les principales maladies. La question de l'inclusion des sciences sociales dans la N.S.F. soulevait aussi des difficultés ; certains scientifiques y étaient opposés parce qu'il ne s'agissait pas, à leurs yeux, de véritables « sciences », certains politiciens y voyaient des activités potentiellement subversives, d'autres scientifiques estimant, par contre, que le progrès technique poserait des problèmes de société qui exigeraient l'intervention des spécialistes des sciences sociales, et certains militaires appuyant chaudement ces études qui, pendant la guerre, leur avaient rendu d'appréciables services (tests psychologiques, propagande, espionnage, cryptologie, etc.).

Le résultat de ces discussions fut le vote en 1947 d'une proposition de compromis adoptant le point de vue de Bush sur la direction de la N.S.F., et qui se heurta immédiatement à un veto du président Truman puisque, selon lui, la loi en question ³⁵

reviendrait en fait à confier la détermination de politiques nationales vitales, la gestion de fonds publics considérables et l'administration d'une fonction gouvernementale importante à un groupe de citoyens essentiellement privés. La *National Science Foundation* proposée serait divorcée du contrôle par le peuple à un point qui implique un manque caractérisé de confiance dans les processus démocratiques.

Après cette volée de bois vert sur les scientifiques et leurs conceptions aristocratiques, il faudra attendre 1950 pour que le Congrès adopte une loi organisant la N.S.F. conformément aux désirs de Truman quant à sa direction. Mais comme on entre alors dans la guerre de Corée, le Congrès n'a pas de crédits à attribuer à la recherche fondamentale pour l'amour de la science et donnera à la N.S.F. 3,5 millions en 1952, puis 4,75 en 1953, puis 8 en 1954, puis 12,25 en 1955 alors que le Président avait recommandé, pour ces années-là, des budgets variant entre 14 et 15 millions. ³⁶ En 1958, année où les crédits fédéraux de R.D. s'élèvent à 5 878 millions, dont 4 450 de crédits militaires et 828 de crédits atomiques, la N.S.F. ne recevra encore que 40 millions, quatre fois moins que les *National Institutes of Health*, ³⁷ et on constate encore en 1978 que, sur des crédits fédéraux de 26 milliards, la N.S.F. obtient 758 millions, soit trois pour cent du total — dont une bonne partie va, du reste, à l'enseignement des sciences et à des activités de recherche appliquées d'intérêt national. Il est clair que la « recherche fondamentale non orientée » n'a jamais soulevé beaucoup d'enthousiasme à Washington, ni du reste ailleurs.

35. Cité par Greenberg, p. 162.

36. Dael Wolfe, *The National Science Foundation : the First Six Years* (Science, 126, 1957, pp. 335-343).

37. Voir la seconde partie de ce travail.



Pour en revenir au triste sort de nos confrères américains de 1945, il faut bien dire que si le Congrès était fort divisé sur l'opportunité de leur fournir un « amusement park for the scientific community », comme Lee A. DuBridge appellera cela en 1969 lorsqu'il conseillera le président Nixon,³⁸ les scientifiques furent fort heureusement pris en charge par des « mission-oriented agencies » dont les activités scientifiques, orientées vers la défense ou vers la santé publique, concordent pleinement avec la vision pragmatique de la Science qui prévalait à l'époque (et prévaut toujours) au Congrès.

Du côté atomique d'abord, le contact avec le *Manhattan District* (qui distribue des fonds importants jusqu'en 1947) puis avec l'*Atomic Energy Commission* civile qui lui succède au 1^{er} janvier 1947 est maintenu par des centaines de scientifiques qui regagnent leurs universités à la fin de 1945 et, à bien plus forte raison, par les entreprises industrielles qui ont pris pied dans le nucléaire pendant la guerre, et sur lesquelles on reviendra plus loin. En particulier, on transforme en « laboratoires nationaux » plusieurs grands laboratoires édifiés pendant la guerre (Argonne, Los Alamos et Oak Ridge) qu'administrent, sous contrat avec l'A.E.C., les universités de Chicago et de Californie et la *Monsanto Chemical Cy* ; Argonne est voué au développement des réacteurs, Los Alamos à celui des armes et Oak Ridge aux réacteurs et à toutes sortes d'autres problèmes. Le laboratoire de Lawrence à Berkeley est aussi promu laboratoire national et reçoit, pour commencer, 170 000 dollars et pour plusieurs millions de matériel électrique récupéré des recherches sur le radar, ce qui permet à Luis Alvarez, déjà mentionné, d'y construire le premier accélérateur linéaire. Sur une idée de Rabi, on construit en 1948 à Brookhaven (Long Island) un autre grand laboratoire national de physique des particules, administré sous contrat avec l'A.E.C. par un consortium de neuf grandes universités de la côte Est et qui, en dépit de DuBridge, fournira aux physiciens du cru un superbe « amusement park ». Avant de fermer boutique, le *Manhattan District* distribue des crédits d'équipement : 20 millions à Oak Ridge, 10 à Brookhaven, 5 à Argonne, 2,5 à Berkeley, etc., après quoi les fonds viendront de l'A.E.C. qui, dès 1949, distribue environ 26 millions à la recherche proprement dite. On construit alors à Berkeley et à Brookhaven des accélérateurs de protons d'une dizaine de millions de dollars chacun qui entrent en service au début des années cinquante ; la différence d'échelle avec la physique d'avant la guerre est, dès cette époque, colossale (et à plus forte raison la différence d'échelle avec les activités européennes ; entre 1946 et 1952, période pendant laquelle la Grande-Bretagne développe dans le plus grand secret sa bombe A, le budget de la R.D. atomique anglaise varie entre 0,5 et 1,1 million de livres sterling ; une multiplication par trois fournira ap-

38. Lee A. DuBridge : *Science Serves Society* (Science, 6 juin 1969, pp. 1137-1139). La citation doit être replacée dans son contexte : « Tout ce que je suggère est que nous ne tentions pas de persuader un parlementaire d'aider la science parce qu'elle est si amusante pour les scientifiques. Si amusante qu'elle puisse être pour nous, nous devons nous rappeler que le Congrès n'est pas intéressé par l'idée de subventionner un parc d'attractions pour la communauté scientifique ».

proximativement le coût en dollars ; le coût total de la première bombe atomique anglaise, environ 160 millions de livres, ³⁹ est naturellement beaucoup plus élevé que celui de la R.D. proprement dite). On atteindra par la suite, pour les grands accélérateurs de particules américains, des coûts de plusieurs centaines de millions de dollars ; ces énormes crédits, fournis presque entièrement par l'A.E.C., contribueront évidemment au maintien d'excellentes relations entre l'A.E.C. et la communauté scientifique, comme ils appellent cela, et au développement de nombreuses techniques de pointe qui peuvent servir ailleurs, ils fourniront de superbes terrains d'entraînement à de nombreux jeunes physiciens qui, eux aussi, peuvent servir ailleurs comme l'expérience de la W.W. II l'a surabondamment démontré, enfin la construction de ces grandes machines prendra à partir de 1955 environ l'aspect d'une lutte de prestige avec l'U.R.S.S. (où on les subventionne vraisemblablement pour les mêmes raisons) et même, un peu plus tard, avec l'Europe. ⁴⁰ Aux dernières nouvelles, la physique corpusculaire, prototype de la recherche fondamentale parfaitement inutilisable destinée à nous permettre d'approfondir notre compréhension des Lois Fondamentales de l'Univers, se révélerait utilisable, après tout, dans les études sur les armes anti-missiles et anti-satellites. Merveilleuses harmonies préétablies... ⁴¹

Le Pentagone aussi, on s'en doute, est bien décidé à maintenir le contact avec les milieux scientifiques, et à défaut d'une N.S.F. ce sont les marins qui, dans l'immédiat après-guerre, leur fournissent l'appui désintéressé dont ils ont besoin pour poursuivre leurs chères études. La Navy présente en effet dès septembre 1945 au Congrès, qui l'adopte quelques mois plus tard, un plan remontant à 1942 ⁴² et organisant un *Office of Naval Research* dont les fonds seraient votés par le Congrès dans le cadre du budget militaire, qui serait dirigé par un officier de haut rang assisté d'un civil (le premier titulaire

39. Les activités atomiques anglaises ont fait l'objet, comme celles de l'Amérique mais de façon beaucoup plus intelligente, d'une impressionnante histoire officielle qui, pour le moment, comprend trois volumes de 500 pages (*Britain and Atomic Energy, 1939-1945*, Macmillan, 1964, et *Independence and Deterrence. Britain and Atomic Energy 1945-1952*, deux volumes, Macmillan, 1974) par Margaret Gowing. Le premier a fait l'objet d'une « traduction » française de B. Goldschmidt qui en a expulsé la moitié du contenu (on a fait de même récemment pour une étude américaine sur l'École Nationale d'Administration, ce qui nous confirme, en dépit du *Haut Comité pour la défense...* auquel nous avons déjà fait plusieurs allusions déplaisantes, dans l'utilité de faire campagne auprès des Français désirant s'informer sur leur pays pour qu'ils apprennent l'anglais). Le budget de la bombe anglaise se trouve dans le troisième volume de M. Gowing, pp. 85-87.

40. Greenberg, pp. 261-329, donne beaucoup de détails sur les problèmes financiers et politiques de la physique des hautes énergies après 1945. Les chiffres mentionnés plus haut se trouvent dans *The New World*, p. 635. On peut aussi consulter le rapport officiel, *Technical Information for Congress*, mentionné dans la note (33).

41. R. Walgate, *Russia's incredible beam weapons* (*New Scientist*, 19 mai 1977, p. 379). Voir aussi *Nature*, 15 décembre 1977, p. 551. La possibilité de réaliser des armes anti-missiles ou anti-satellites à l'aide de faisceaux de particules soulève toutefois de graves difficultés, et l'authenticité des bruits qui ont récemment couru à propos d'expériences soviétiques est fort sujette à caution jusqu'à nouvel ordre. Il est par contre certain que la production de faisceaux laser ultra-puissants intéresse actuellement tous les milieux militaires « avancés ».

42. Voir *The Evolution of the Office of Naval Research* (*Physics Today*, août 1961, pp. 30-35) et Pennick, *Politics of American Science*, pp. 180-188, ainsi que le rapport Steelman.

du poste, Alan. T. Waterman, sera ensuite le directeur de la N.S.A. pendant les années cinquante) et d'un comité scientifique d'une quinzaine de personnes éminentes, assisté lui-même de comités spécialisés dans tous les domaines et qui donnent leur avis sur les projets de recherche que l'on soumettrait à l'O.N.R. ; on se croirait au C.N.R.S., à quelques détails près. L'objectif de l'O.N.R. est essentiellement de fournir à la *Navy* un réservoir de toutes les connaissances fondamentales (pour la recherche appliquée et le développement, on dispose naturellement d'autres méthodes et organismes), de distribuer des contrats essentiellement aux universités, sur la seule base du mérite scientifique et en favorisant la recherche libre plutôt qu'orientée, sans clause de secret, et d'établir « des postes d'écoute dans des domaines scientifiques variés » tout en maintenant le contact avec les « scientifiques les plus imaginatifs », l'exposé des motifs insistant du reste sur le fait qu'en l'absence d'une N.S.F. civile, la Marine est la seule administration à s'intéresser à la recherche fondamentale.

On avait un peu craint au début, malgré l'appui de Bush et autres « statesmen of Science », que les scientifiques universitaires montreraient une certaine répugnance à accepter des crédits militaires qui n'étaient pas dans leurs traditions ; des tournées de propagande bien conduites et insistant sur la *liberté* dont jouiraient les bénéficiaires de la manne céleste,⁴³ eurent raison très rapidement des rares résistances rencontrées, les difficultés provenant plutôt des administrateurs d'universités privées peu désireux de voir une part de plus en plus importante de leurs budgets dépendre des crédits fédéraux (ils se sont fait une raison depuis, y compris même le *Rockefeller Institute for Medical Research*, qui se transformera en une *Rockefeller University* bidon pour avoir droit aux crédits gouvernementaux !). Dès 1947, l'O.N.R. distribue plus de 600 contrats valant 22 millions et couvrant la chimie, l'électronique, la géophysique, le « human engineering » (pour celle-là, le *Haut Comité pour la défense...* aura du mal), les mathématiques, la physique nucléaire, etc. En 1948, à une réunion de l'*American Physical Society*, 80 %

43. Des douzaines d'auteurs ont cité avant nous le célèbre memorandum du général Eisenhower d'avril 1946 sur la nécessité d'utiliser au maximum les ressources scientifiques, et en particulier son second point : « Les scientifiques et les industriels doivent pouvoir effectuer leurs recherches avec la plus grande liberté possible. L'utilisation la plus complète par l'Army des ressources civiles de la Nation ne peut être obtenue en prescrivant simplement les caractéristiques militaires et les spécifications de certains types d'équipements. Les scientifiques et les industriels auront davantage de chances d'apporter des contributions nouvelles et insoupçonnées au développement de l'Army si les instructions détaillées sont limitées à leur minimum. La sollicitation d'une assistance, dans ces conditions, non seulement rendrait disponibles pour l'Army des talents et une expérience autrement hors de notre portée, mais aussi établirait une confiance mutuelle entre nous et les civils. Elle les familiariserait avec nos problèmes fondamentaux et renforcerait grandement les bases sur lesquelles repose notre sécurité nationale ». Voir le texte complet par exemple dans S. Melman, *Pentagon Capitalism* (McGraw Hill, 1970, pp. 231-234). Comme l'observe Melman, il est piquant de rapprocher ce texte de l'adieu à la nation du Président Eisenhower en janvier 1961 où l'on parle entre autres du « danger que la politique nationale puisse devenir prisonnière d'une élite technologique scientifique » et où Eisenhower formule pour la première fois l'hypothèse de l'existence d'un « complexe militaro-industriel », qu'il n'interprétait du reste pas à la façon quasi-paranoïaque de certains auteurs postérieurs.

des articles présentés reconnaissent l'aide de l'O.N.R. ⁴⁴ En 1949-50, on distribuera 1 200 contrats subventionnant environ 3 000 scientifiques et 2 500 étudiants en doctorat.

La situation de la recherche bio-médicale dans les *National Institutes of Health* qui se développent après la guerre avec des motivations évidemment très différentes de la recherche atomique ou militaire, fera l'objet plus loin d'une courte section séparée. Comme on l'a dit au début, et en dépit de l'intérêt que présente ce secteur, nous nous concentrons ici principalement sur les industries avancées et les secteurs scientifiques sur lesquelles elles reposent, et nous allons maintenant retracer rapidement l'évolution de celles-ci au cours de la période qui nous occupe ici, et même un peu au-delà.

LA NAISSANCE DE L'INDUSTRIE NUCLEAIRE

L'un des résultats les plus spectaculaires de la guerre d'abord, de la guerre froide ensuite, est évidemment le développement de l'industrie nucléaire. Elle n'existait pas avant la guerre puisque le phénomène physique sur lequel elle repose — la fission du noyau d'uranium — ne fut découvert qu'en décembre 1938, à Berlin, par Otto Hahn et Frederick Strassmann, à l'issue de plusieurs années de développements internationaux du type « recherche de base non orientée » et mettant en jeu des moyens très limités.

Pour nous en tenir à l'Amérique, on sait que l'arrivée en janvier 1939 du danois Niels Bohr, porteur de la nouvelle, y déclencha une « réaction en chaîne » instantanée chez les atomistes du pays, et particulièrement chez un certain nombre de réfugiés européens qui, en 1939, prirent à plusieurs reprises l'initiative de contacter les milieux militaires ou politiques. On trouve du reste la même situation en Grande-Bretagne, en France (l'idée d'une réaction en chaîne explosive fait l'objet d'un brevet déposé dès le début de mai 1939 au C.N.R.S. par l'équipe Joliot-Curie) et en Allemagne ; chacun croit les « collègues » d'en face parfaitement capables de prendre des initiatives en direction des milieux militaires ou politiques, et comme les événements le montrent après coup, chacun a parfaitement raison de « faire confiance » aux collègues

44. *The Scientists* (Fortune, octobre 1948, pp. 106-112 et 166-176). Voir aussi B. Barber, *Science and the social Order* (Free Press, 1952 ou Collier Books, 1962), premier exposé d'ensemble américain sur la situation de la science dans la société. La France en est toujours à attendre sa première tentative dans cette voie, bien que les livres de J.-J. Salomon, *Science et politique* (Seuil, 1970) et de R. Gilpin, *La science et l'Etat en France* (Gallimard, 1970) couvrent certains aspects du sujet. Il faut du reste noter que Salomon est un haut fonctionnaire de l'O.C.D.E. particulièrement bien placé pour connaître son sujet et que Gilpin est un auteur américain. La culture universitaire française, toujours en avance sur le reste du monde, ne semble pas avoir encore découvert ce domaine. Le fait que J.-J. Salomon enseigne depuis quelques années au Conservatoire national des Arts et Métiers ne contredit pas ce qui précède, et le fait qu'il soit nécessaire à un mathématicien comme l'auteur de publier des articles comme le présent travail le confirme également. Il reste heureusement la D.G.R.S.T. et M. Aigrain pour nous informer.

d'en face, en dépit du fait que, comme W. Heisenberg l'a souligné après la guerre, un accord, pendant l'été 1939, entre une ou deux douzaines de physiciens atomistes internationaux aurait probablement permis d'éviter les développements subséquents (mais sans doute pas pour l'éternité...). On se trouve ici devant l'un des processus de base de la course aux armements. En l'espèce, des documents découverts à Strasbourg en décembre 1944 montreront que l'Amérique a principalement fait la course avec elle-même, mais on n'interrompt évidemment pas pour si peu un projet qui a déjà coûté un milliard de dollars et peut fort bien servir ailleurs.⁴⁵

Comme on l'a dit plus haut, la phase 1939-1942 des activités atomiques voit surtout d'innombrables travaux de recherche plus ou moins fondamentale relativement peu coûteux, et c'est seulement, et tout naturellement, lorsque la situation s'éclaircit que l'on décide de lancer la phase industrielle du projet en dépit des incertitudes qui règnent encore sur des points cruciaux — le calcul des masses critiques, les méthodes de production du plutonium et de l'uranium 235, le mécanisme des bombes, etc. La guerre justifie évidemment des risques qu'il ne serait pas question de prendre en temps de paix, et elle permet, ou même rend obligatoire, le développement simultané de plusieurs méthodes concevables : production de plutonium dans des piles atomiques, production d'uranium 235 soit par diffusion gazeuse soit par séparation électro-magnétique — même la centrifugation, qui se développe actuellement en Europe, fut essayée vers 1943-44. Ces activités coûtent 1 800 millions jusqu'au 31 décembre 1945 (chiffre à multiplier par dix si l'on veut le ramener à l'échelle du P.N.B. américain actuel) et mobilisent jusqu'à 120 000 hommes — certaines sources⁴⁶ parlent même, tout compris, de 500 000 personnes — et en particulier plusieurs milliers de scientifiques et ingénieurs de haut niveau. Ne se justifiant par aucune espèce de nécessité économique civile dans une Amérique qui regorge de combustibles fossiles à bon marché, ces activités vont servir de base à toute la technologie ultérieure.

45. Voir le livre de D. Irving cité en (28). Goudsmit, chef de la mission Alsos, a récemment témoigné dans une lettre au *Bulletin of Atomic Scientists* que rentrant aux U.S.A. après sa mission en Europe, il croyait que la bombe ne serait pas utilisée puisque la seule raison de son développement — la crainte d'armes atomiques allemandes — venait de se révéler injustifiée, mais qu'on l'en détrompa rapidement. Comme il est bien connu (ou devrait l'être de ceux qui se livrent à ce genre de travail), les motifs pour lesquels une arme a été initialement développée et les usages qu'on en fait ultérieurement sont souvent très différents : on travaille contre l'Allemagne, les bombes tombent sur le Japon et tout le monde comprend aussitôt que les prochains objectifs seront en Union Soviétique, le bouclier atomique permettant à l'armée américaine, vingt ans après, d'opérer en toute tranquillité au Vietnam. Du côté soviétique, le bouclier atomique initialement conçu contre une attaque préventive américaine permet, lui, à l'Armée Rouge de normaliser la Hongrie ou la Tchécoslovaquie. En France, la perspective d'un « changement d'azimut » en cas de victoire de la gauche n'a pas dû enchanter tous les Polytechniciens de la Division des applications militaires du C.E.A. Et que dire des scientifiques de gauche qui, en cas de victoire du Programme commun, auraient participé au « maintien en état » de la force nucléaire stratégique pour fournir aux gouvernements de droite ultérieurs un instrument pourvu des derniers perfectionnements ?

46. Le rapport Steelman mentionné dans la note (7) ci-dessus ; voir vol. 2, p. 244.

re, et pas seulement bien sûr en Amérique en dépit du secret draconien dont le nucléaire y fera l'objet jusqu'en 1954. (A l'heure actuelle, la technologie des usines de diffusion gazeuse est encore totalement secrète, ainsi bien sûr que les procédés de fabrication des armes).

On construit par exemple dès 1943, pour produire de petites quantités de plutonium, une pile de 1 000 kw appartenant à la filière « française » ou « anglaise » (uranium naturel-graphite-gaz). On construit ensuite, pour la production de grandes quantités de plutonium, trois énormes piles de 250 Mw thermiques chacune, refroidies à l'eau de la rivière Columbia, ainsi que la première usine automatisée d'extraction du plutonium ; le tout coûte environ 340 millions (soit trois fois la valeur totale des installations de l'industrie aéronautique américaine en 1940, et de quinze à cent fois le coût des plus grandes opérations de R.D. industrielles de l'avant-guerre). Pour 450 millions, on construit aussi la première usine de séparation isotopique de l'uranium par diffusion gazeuse, à l'époque et pendant longtemps la plus grande installation industrielle du monde avec ses 60 hectares de planchers, ses 14 000 km de tuyauterie (résistant au gaz le plus corrosif qu'on ait jamais manipulé industriellement) et ses 7 000 compresseurs actionnés par une centrale électrique (thermique, pas nucléaire !) de 200 000 kw construite sur les lieux mêmes. Le procédé de séparation électro-magnétique, directement inspiré des techniques de laboratoire de la physique corpusculaire par Lawrence et son équipe, et qui fournira effectivement le combustible de la bombe d'Hiroshima (l'usine de diffusion gazeuse ne fonctionnera complètement qu'en 1947), coûte 300 millions — mais sera abandonné après la guerre en raison de son coût de fonctionnement exorbitant (177 millions au 31 décembre 1945). Toutes ces réalisations sont naturellement l'occasion pour un certain nombre de grandes entreprises américaines — Du Pont, General Electric, Westinghouse, Union Carbide and Carbon, Kellog, etc. — de prendre pied dans le nucléaire et d'acquérir ainsi dix ou vingt ans d'avance dans ce domaine sur leurs concurrents européens — et sans le moindre risque financier bien entendu. ⁴⁷

Tout en ralentissant considérablement les activités atomiques, le retour à la paix les maintient néanmoins encore à un niveau substantiel et qui va rapidement retrouver un niveau formidable à la faveur des événements qu'on a déjà mentionnés au début de cet article : hostilité américano-soviétique en Europe, première explosion atomique soviétique en août 1949, directive N.S.C. 68, guerre de Corée. Le tableau suivant indique clairement cette évolution ainsi que le choix des « priorités » dans le domaine atomique à l'époque. ⁴⁸

47. Voir l'histoire officielle de l'A.E.C., *The New World*, où l'on trouvera p. 723 les coûts des principaux projets.

48. Voir par exemple Franck G. Dawson, *Nuclear Power. Development and Management of a Technology* (U. of Washington Press, 1976), p. 21. Ce livre fondamental par un membre du Battelle Institute très pro-nucléaire contient beaucoup d'informations sur les aspects politiques, administratifs et financiers du développement du nucléaire civil aux Etats-Unis depuis la guerre.

	1947	48	49	50	51	52
Production des matières fissiles	167	141	110	168	188	278
Développement et fabrication des armes			93	112	164	229
Développement des réacteurs	24	53	19	31	44	64
Recherche (physique, métallurgie, chimie)			26	29	30	35
Recherche (cancer, biologie et médecine)			15	18	21	25
Administration et divers	67	134	112	56	47	53
Constructions	59	134	255	256	459	1 082
Total (millions de dollars)	318	462	632	671	954	1 766

5. Dépenses de l'Atomic Energy Commission 1947-1952

On note en particulier dans ce tableau des dépenses de « construction » qui augmentent considérablement à partir de 1949 ; elles se montent encore à 1 126 millions en 1953, à 1 215 millions en 1954 et à 843 millions en 1955, après quoi elles se stabiliseront à 300-400 millions par an jusqu'en 1973.⁴⁹ Ces investissements financent la construction de cinq énormes piles plutoniques à Hanford, d'une pile pour la production du tritium (bombe H) et enfin, et surtout, des agrandissements à l'usine de diffusion gazeuse d'Oak Ridge à laquelle on décide d'adjoindre, fin 1950 et en 1952, deux autres usines à Paducah et Portsmouth. Pour 2,5 milliards de dollars environ, ces usines multiplient par seize environ la capacité de séparation isotopique de l'usine initiale, fournissent à l'Amérique l'équivalent de 35 fois Pierrelatte⁵⁰ (qui coûtera quand même largement plus d'un milliard de dollars aux contribuables français de la décennie suivante — la grandeur coûte encore plus cher ici que de l'autre côté de l'Atlantique) et, en pleine activité, produisent 85 tonnes d'uranium 235 de qualité militaire par an tout en consommant 6 000 mégawatts d'électricité, l'A.E.C. consommant au total *douze pour cent* de la production américaine en 1956.⁵¹ Construites, ici encore, sans la moindre nécessité civile, ces usines fourniront à l'Amérique, dès le début des an-

49. Dawson, p. 40. Voir aussi le second volume de l'histoire officielle de l'A.E.C., Richard G. Hewlett et Francis Duncan, *Atomic Shield, 1947-1952* (Pennsylvania State U.P., 1969), pp. 675 et 669. En 1952, 136 000 personnes travaillaient pour l'A.E.C. (presque toutes par l'intermédiaire d'entreprises ayant des contrats).

50. La capacité de production de Pierrelatte est d'environ 500 000 unités (peu importe l'unité...) par an, celle des usines américaines étant de 17 millions. U.S. Senate, 94th Congress, 1st and 2nd Sessions, *Hearings on Nonproliferation Issues, 1976* (U.S.G.P.O., p. 205). On estime que Pierrelatte peut produire entre 1 600 et 2 000 kgs d'uranium militaire par an ; Voir Albert Wohlstetter et autres : *The Military Potential of Civilian Nuclear Energy* (Minerva, 1977, pp. 387-538), p. 427, qui cite une source allemande.

51. Ralph Lapp, *The Weapons Culture* (Norton, 1968 ou Penguin Books 1969), pp. 90-91, Harold Orlans, *Contracting for Atoms* (Brookings Inst., 1967), début, pour la consommation d'électricité. Orlans parle de 30 000 bombes en 1963.

nées soixante, des dizaines de milliers d'armes nucléaires. On réduira leur production militaire de 40 % en 1964 pour cause de saturation ; elles (alimentent de nos jours) en uranium enrichi à 3 % les centrales nucléaires civiles des filières P.W.R. et B.W.R.

Le développement des réacteurs « civils » pour la production d'électricité commence dès 1945 (voire même un peu plus tôt à Argonne), mais comme le montre le tableau 5 les sommes que l'on consacre à ce chapitre ne sont pas comparables à celles que l'on dépense pour la production des armes — et ce d'autant plus que la ligne « développement des réacteurs » concerne aussi bien, et principalement comme on va le voir, les réacteurs militaires que les réacteurs civils. En raison de l'étroitesse des sources d'uranium naturel connues à l'époque, on s'oriente dès le départ vers des surrégénérateurs, notamment à Knolls où le Manhattan Project, avant d'expirer, a monté pour une dizaine de millions un centre d'étude des réacteurs situé à quelques kilomètres du quartier général de la General Electric et confié à celle-ci la direction des opérations. Cette voie, pour les besoins civils, sera rapidement laissée de côté, l'A.E.C. encourageant dès 1947 un programme d'exploration qui fait passer la production américaine d'oxyde d'uranium de zéro en 1947 (date où l'A.E.C. en importe plus de 1 500 tonnes) à 8 600 tonnes en 1957.⁵² Par ailleurs, le Comité consultatif de l'A.E.C. (G.A.C.) note en novembre 1947 les énormes difficultés à surmonter avant de parvenir à une « filière » économiquement viable qu'il ne prévoit pas avant une vingtaine d'années, et préconise d'attribuer la première priorité au développement des réacteurs navals, particulièrement pour la propulsion des sous-marins (perspective à laquelle la Navy s'était intéressée dès janvier 1939, *un mois* seulement après la découverte de Hahn et Strassman).⁵³

Un réacteur à neutrons lents refroidi à l'eau et utilisant de l'uranium fortement enrichi — technique qui, entre autres avantages, minimise l'encombrement du système — est étudié à partir de décembre 1948 par Westinghouse, Argonne et le *Naval Research Laboratory* ; c'est de cette filière, qui propulsera en 1954 le *Nautilus*, premier sous-marin nucléaire américain, que sortiront les centrales P.W.R. de Westinghouse et en particulier, en 1957, à Shippingport, le premier réacteur électronucléaire américain, qui produit 60 Mw électriques. Ces études permettent de mettre au point des techniques telles que l'utilisation d'oxyde d'uranium, le gainage des éléments combustibles au zirconium, l'utilisation des poisons solubles pour le contrôle des réacteurs, etc. Comme l'écrit notre principale référence sur le sujet,

beaucoup de gens dans l'industrie des réacteurs pensent que les premiers travaux réalisés dans le cadre du programme de la Navy furent les plus significatifs pour fournir une base technologique et une direction aux réacteurs commerciaux à eau légère actuels.

De son côté, la General Electric transforme son surrégénérateur de Knolls en un réacteur à spectre intermédiaire refroidi au sodium liquide qui équipera en 1955 le sous-marin *Sea Wolf*,⁵⁴ et participe d'autre part, avec

52. Dawson, op. cit., pp. 161-162.

53. *The New World*, p. 15.

54. Voir Dawson pour tout ce qui précède. Le développement des premiers sous-marins nucléaires est le principal sujet traité dans le volume 3 de l'histoire officielle de l'A.E.C.

Pratt et Whitney et le laboratoire d'Oak Ridge, à des études longues et coûteuses sur la propulsion nucléaire des avions — projet qui sera abandonné en 1961 après avoir coûté aux contribuables américains plus de cinq cents millions ; il aura du moins servi à former des techniciens et à améliorer les méthodes de protection contre les radiations...⁵⁵

Du côté du nucléaire « civil » ou « commercial », le démarrage après 1945 est évidemment très lent : on manque de stimulants économiques, les projets sont financièrement très risqués, enfin la priorité absolue du militaire, tout en raréfiant les crédits disponibles pour le nucléaire civil (voir le tableau 5, ligne « développement des réacteurs » où figurent aussi les réacteurs militaires), impose des contraintes de secret qui rendent très difficile la diffusion des connaissances techniques en dehors des grandes entreprises déjà introduites dans le nucléaire militaire et dont le personnel est naturellement soumis — comme dans la plupart des industries avancées — à un flicage systématique. (Notons en passant que le Pentagone possédait en 1970 une banque de données portant sur 1 600 000 employés des industries d'armement).⁵⁶ En 1954, lorsqu'il est devenu clair qu'il ne sert plus à rien de protéger le « secret de la bombe » à l'égard de l'Union Soviétique, le Congrès relâchera la réglementation draconienne adoptée en 1946 et prendra des mesures permettant à l'industrie privée de posséder sous licence A.E.C. des matières fissiles et des réacteurs (le gouvernement conservant un droit de préemption absolu sur les matières en question), demandant à l'A.E.C. de « déclassifier » les connaissances techniques nécessaires dans la mesure où les exigences de la sécurité nationale sont satisfaites, et obligeant les entreprises du nucléaire à mettre, moyennant redevance, leurs brevets à la disposition des demandeurs sérieux. En 1957, le gouvernement lèvera un autre obstacle de taille en prenant à sa charge l'assurance contre les accidents nucléaires.

Ce n'est de toute façon pas avant la fin des années cinquante que l'industrie — en l'occurrence Westinghouse et General Electric — construit des centrales électronucléaires d'une puissance appréciable, et les considérations économiques internes aux U.S.A. sont loin de jouer le premier rôle dans ces développements. On a vu pour commencer le réacteur du *Nautilus* se transformer, en 1957, en la centrale P.W.R. de 60 Mw (électriques dans tout ce qui

Richard G. Hewlett et Francis Duncan, *Nuclear Navy, 1946-1962* (U. of Chicago Press, 1974). Voir aussi les intéressants commentaires sur ce livre de Solly Zuckerman dans *Minerva* (1976, pp. 118-126). Zuckerman était à l'époque chef de la recherche militaire britannique.

55. Sur l'avion nucléaire, voir l'exposé plein de verve d'Herbert York, *Race to Oblivion* (cité dans la note (3), chapitre 4). Le chiffre de 500 millions est mentionné dans Melman, *Pentagon Capitalism*, p. 178. Lapp, *Weapons Culture*, parle de « plus d'un milliard », p. 49. Des « informations » relatives à un projet soviétique analogue jouèrent un grand rôle, au Congrès, pour accélérer le programme américain. Si les informations étaient fausses, elles cessèrent probablement de l'être lorsque le projet américain devint suffisamment visible, des idées techniques de ce genre étant bien obligées de naître un peu partout à la même époque.

56. Alan F. Westin et Michael A. Baker, *Databanks in a Free Society* (Quadrangle, 1971), p. 30. Noter que les agences gouvernementales américaines sont depuis plusieurs années obligées de rendre publiques l'existence et la nature de leurs banques de données (à l'exception de quelques services évidents) et que leur usage a donné lieu à des enquêtes parlementaires (et à des publications) d'une ampleur parfaitement inconnue dans la France du projet Safari et d'*Informatique et libertés*.

suit) de Shippingport. Pendant les années cinquante, l'A.E.C., en partie sous la pression du très puissant *Joint Committee on Atomic Energy* du Congrès qui détermine en particulier les crédits attribués aux activités civiles de l'A.E.C., étudie un grand nombre de « filières » différentes — pas uniquement, loin de là, dans des buts commerciaux puisqu'en 1954 par exemple, les dépenses de R.D. de l'A.E.C. dans le domaine des réacteurs se montent à 49 millions pour les réacteurs navals, 22 pour les réacteurs aériens et 19 pour les réacteurs civils.⁵⁷ En 1952 et 1953 l'A.E.C., pour la première fois semble-t-il, autorise un certain nombre de groupes industriels (entreprises du nucléaire et producteurs d'électricité) à utiliser une partie de ses installations et de ses connaissances pour réaliser des études économiques ; certaines concluent à la compétitivité de centrales produisant de l'électricité et du plutonium pourvu que l'A.E.C. achète, pour ses besoins militaires, le plutonium en question au prix de revient de celui qu'elle produit elle-même dans ses piles de Hanford.⁵⁸ L'A.E.C. procède aussi à la même époque à des expériences destinées à éprouver la sécurité des réacteurs à eau bouillante (B.W.R.) et construit à Argonne un prototype à petite échelle qui fonctionne à la fin de 1956. A cette date, General Electric étudie déjà les plans du premier grand B.W.R. (180 Mw) qui sera construit à Dresden entre 1957 et 1959, et en 1958 la compagnie rend public un plan « Sunrise » dont l'objectif est d'aboutir à des centrales nucléaires compétitives (dans des emplacements bien choisis) dès 1965 et dans 25 pour cent des cas dès 1970. La compagnie est aussi très opposée à l'intervention du gouvernement dans le développement du nucléaire civil, estimant qu'il importe de prouver que la « libre entreprise » est en mesure de le mener seule à bien⁵⁹ (mais G.E. est dans le nucléaire militaire depuis 1943 au moins, supervise le fonctionnement et la construction des piles plutonigènes de Hanford depuis fin 1946, participe au développement des réacteurs sous-marins et aériens depuis 1948 au moins et, d'une manière générale, a profité, à cette date, depuis une quinzaine d'années de tous les avantages qui convergent vers l'un des deux ou trois principaux « contractors » de l'A.E.C. ; il n'y a pas lieu de trop s'extasier si, après quinze ans d'expérience totalement financés par l'A.E.C., la General Electric se prétend en mesure de construire seule un réacteur civil). Pendant toutes ces années cinquante, le Congrès pousse énergiquement au développement du nucléaire « civil », principalement semble-t-il pour faire face aux deux sortes de concurrence qui commencent alors à se manifester. D'une part en effet la Grande-Bretagne, après sept ans (1945-1952) de développements militaires ultra-secrets (sinon vis-à-vis des Soviétiques, excellemment informés, du moins vis-à-vis des imbéciles citoyens anglais, Churchill inclus, et plus spécialement

57. Dawson, p. 30, donne année par année les crédits attribués aux trois catégories de réacteurs. Le rôle du Congrès y est étudié en détail.

58. Dawson, p. 49, qui note que ces études sur la compétitivité du futur nucléaire « civil » étaient secrètes.

59. Dawson, pp. 121-122, qui ajoute que G.E. avait vendu la centrale de Dresden à Commonwealth Edison « avec une réduction de prix considérable à condition que le producteur d'électricité n'accepte aucun subside gouvernemental ». Mais en 1975, le gouvernement fournira encore 537 des 698 millions consacrés par l'industrie privée à la R.D. nucléaire. Voir *Research and Development in Industry 1975* (N.S.F. 77-324), p. 63.

de l'aile gauche du Labour Party au pouvoir)⁶⁰ — la Grande-Bretagne, donc, annonce en février 1955 un grand programme de développement du nucléaire « civil » fondé sur la transformation de la filière plutonigène « anglaise » en réacteurs mixtes (électricité et plutonium) destinés à fournir jusqu'à 1 800 Mw en 1965.⁶¹ D'autre part, quelques mois plus tard, l'Union Soviétique annonce à son tour son intention de construire une dizaine de réacteurs fournissant 2 500 Mw (mais dont la moitié seront en fait, d'après les Américains,⁶² destinés ici encore à la production du plutonium militaire, ce genre d'information ne faisant naturellement pas partie de la propagande canonique). On pourrait aussi bien sûr mentionner le démarrage du programme français à Marcoule, où il s'agit encore, curieuse coïncidence, de produire pour le moment un peu d'électricité et beaucoup de plutonium. Les réactions américaines à ces menaces contre le « world leadership » américain dans le domaine de l'industrie nucléaire sont assez bien résumées en 1957 par un haut fonctionnaire de l'A.E.C. :⁶³

Le développement rapide de l'énergie nucléaire est devenu l'un des principaux éléments de la guerre froide, et on considère comme d'une importance capitale que les Etats-Unis, plutôt que l'Union Soviétique, soient les premiers en mesure d'apporter l'énergie nucléaire aux régions du monde qui ont désespérément besoin d'énergie à bon marché pour s'industrialiser et élever leurs niveaux de vie et de santé. On considère aussi comme très important que l'industrie américaine soit en mesure d'entrer en compétition avec celles des autres pays dans la course aux marchés étrangers. Ces considérations exigent que l'énergie nucléaire soit rapidement développée aux U.S.A. jusqu'au point où elle pourra être effectivement et compétitivement exportée vers les autres pays. Elles interdisent le recours aux lois du marché pour déterminer la rapidité du déve-

60. Le secret de la politique travailliste anglaise de l'époque est bien mis en évidence par Margaret Gowing, *Independance and Deterrence* (vol. 1, chap. 6 et vol. 2, chap. 16) ainsi que par Andrew J. Pierre, *Nuclear Politics. The British Experience with an Independent Strategic Force* (Oxford, 1972), p. 78 par exemple. Comme Pierre le note avec un point d'exclamation qui s'impose en effet, le State Department était tenu au courant du programme britannique par Donald MacLean, futur défecteur vers l'Union Soviétique ! Anthony Eden, dans ses mémoires, estime que le gouvernement travailliste « peut avoir eu raison de cacher son programme atomique à ses propres partisans ».

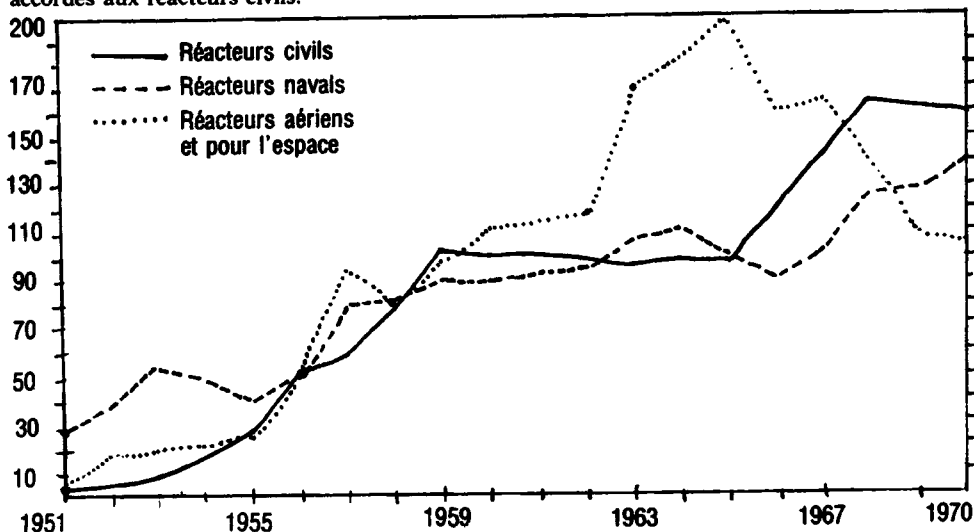
61. Dawson, p. 104. Voir aussi R. F. Pollock, *Nuclear Power. Its Development in the United Kingdom* (Unwin, 1977), p. 48.

62. Dawson, p. 104. En fait, l'Union Soviétique est encore très « en retard » sur les pays occidentaux en ce qui concerne la puissance électronucléaire disponible (6 000 Mw installés au début de 1976, 20 000 prévus en 1980 et 100 000 en 1990 - voir *La Recherche*, novembre 1976, pp. 989-990), ce qui s'explique naturellement par les énormes réserves de charbon et d'énergie hydraulique dont elle dispose (pour ce qui est des réserves d'uranium, le chiffre est secret). L'Amérique a récemment traduit une histoire officielle du programme nucléaire civil soviétique : A.-M. Petrosyants, *From Scientific Search to Atomic Industry* (Interstate, Danville, 1975). Le caractère uniformément bénéfique du nucléaire civil ne semble pas faire de question en U.R.S.S. — et surtout pas pour A. Sakharov, qui en est tout aussi partisan que la quasi-totalité des anciens (ou actuels) combattants du nucléaire militaire. Voir *Le Monde* du 24 décembre 1977 et le *Bulletin of Atomic Scientists* de juin 1978 où l'on « prouve » que le nucléaire est indispensable à l'indépendance de l'Europe (notamment vis-à-vis de l'U.R.S.S., qui pourrait manipuler les Arabes) en tenant compte du fait que l'Europe ne possède pas de pétrole (mais sans tenir compte du fait qu'elle ne possède pas davantage d'uranium, ni du fait que la moitié de l'uranium enrichi actuellement consommé en Europe provient précisément d'Union Soviétique). C'est bien compliqué.

63. Dawson, p. 92. Il est regrettable qu'on ne connaisse pas aussi bien les motivations réelles du développement du nucléaire « civil » en Union Soviétique à l'époque ; la comparaison serait sûrement instructive.

lancement nucléaire et exigent un programme audacieux d'intervention du Gouvernement pour garantir un niveau substantiel d'activité de l'industrie nucléaire même si un tel niveau ne peut être justifié sur la base des raisonnements économiques conventionnels.

Conformément à ces théories et en dépit de la General Electric, les dépenses de R.D. de l'A.E.C. dans le domaine des réacteurs civils augmentent considérablement à partir de 1955, et le tableau suivant montre comment elles évoluent (ainsi que les crédits attribués au développement des réacteurs navals et des réacteurs pour l'espace ou l'aéronautique) entre 1951 et 1970. Les années récentes (à partir de 1975) ont naturellement vu un accroissement considérable des crédits accordés aux réacteurs civils.



6. Dépenses de R.D. de l'A.E.C. pour le développement des réacteurs, 1951-1970⁶⁴
(à partir de 1960, ajouter environ 100 millions par an pour les études générales)

Pour terminer ces développements sur le nucléaire « civil », il faudrait d'abord observer qu'en dépit des nombreuses filières que l'A.E.C. et l'industrie expérimentent avant 1960, ce sont les centrales P.W.R. de Westinghouse et B.W.R. de General Electric qui, dès la fin des années cinquante, se trouvent seules susceptibles de commercialisation. La supériorité écrasante des deux compagnies se mesure au fait qu'en 1974, sur 225 centrales vendues (et beaucoup moins d'installées, sans parler des « ventes » annulées depuis), Westinghouse et General Electric avaient vendu 82 et 73 installations, 62 autres (Babcock et Wilcox, Combustion Engineering) étant aussi du type P.W.R., et 7 seulement des réacteurs à haute température refroidis à l'hélium (H.T.G.R., Gulf-General Atomic).⁶⁵ Comme on le sait, les deux filières B.W.R. et surtout P.W.R. ont maintenant conquis la quasi-totalité du marché occidental en raison, semble-t-il, de leurs avantages économiques dus en particulier à l'utilisation d'uranium légèrement enrichi qui permet des installa-

64. D'après les chiffres de l'A.E.C., fournis par Dawson, p. 30. En 1978, le gouvernement fédéral consacre 1,5 milliards au financement de la R.D. sur la production d'énergie nucléaire civile (dont 300 pour la fusion laser ou magnétique, 483 pour le surrégénérateur, 342 pour le cycle du combustible, 135 pour la sûreté, etc...), 211 millions au développement des réacteurs navals et 32 seulement pour les activités atomiques spatiales. En même temps, les recherches sur les utilisations du charbon ont vu leurs crédits passer de 15 millions en 1969 à 437 en 1978. Voir *An Analysis of Federal R. & D. Funding by Function, 1968-1978* (N.S.F. 77-326).

65. Dawson, p. 142.

tions beaucoup plus compactes que la filière « française »⁶⁶. Il s'impose peut-être ici d'observer que la totalité du combustible consommé par ces centrales est fournie par les usines militaires américaines d'Oak Ridge, Paducah et Portsmouth construites pendant la W.W. II et la guerre de Corée — ou, récemment, par les usines militaires soviétiques. Dans un pareil contexte, la notion de « prix de revient » de l'uranium enrichi semble légèrement délirante, puisque ces usines (3 milliards de dollars d'investissements à l'époque) ont été « amorties » par les quantités massives d'uranium militaire qu'elles ont fournies au Pentagone depuis lors (et rappelons que leurs fournitures au Pentagone ont été réduite de 40 % en 1964 parce que les stocks de bombes avaient atteint à cette époque un niveau « suffisant ») ; la situation, de ce point de vue, devient particulièrement claire si l'on sait que l'U.R.S.S. vend son uranium enrichi au prix américain (quel que soit le prix américain) diminué de quelques points, ce qui signifie que le prix de vente n'a évidemment aucun rapport avec le prix de revient. Il faut aussi observer qu'en dépit des dizaines de milliards de dollars fournis aux activités atomiques par les contribuables américains,⁶⁷ soviétiques et français, la compétitivité économique du nucléaire civil reste contestée même après l'augmentation récente du prix du pétrole. Il paraît alors assez clair que, sans les circonstances que tout le monde connaît (W.W. II et guerre froide), le nucléaire civil aurait peut-être vingt ans de retard sur l'horaire. Ceux qui en proclament l'indispensabilité devraient, pour aller jusqu'au bout de leur logique, se réjouir des circonstances qui ont artificiellement favorisé le développement miraculeux de leur technologie favorite, à commencer par la présence, en 1939, d'Adolf Hitler sur le trône du Troisième Reich et à continuer par l'existence en Russie d'une « menace soviétique » ou, en Amérique, d'une « menace capitaliste »...

Nous verrons dans la seconde partie de ce travail comment la guerre mondiale et la guerre froide ont contribué au formidable développement des autres « industries de pointe » — aéronautique, électronique et informatique — et plus généralement à la croissance des activités de « recherche » américaines, pour aboutir vers 1964 à une situation de suprématie telle que certains parlent du « défi » américain, et d'autres — ou les mêmes — du « modèle » américain.

(A suivre)

66. Dans *Les rivalités atomiques* (Fayard, 1967), Bertrand Goldschmidt note, p. 231, que dès la fin de 1955 les experts de l'Europe des Six (et en particulier Louis Armand, futur président de Westinghouse-Europe) étaient convaincus de la supériorité économique de la filière P.W.R. et préconisaient la construction d'une usine de séparation isotopique européenne qui fournirait le combustible. Goldschmidt fut chargé de diriger un comité d'étude du problème — le résultat final étant la construction de Pierrelatte pour la « force de frappe » et l'adoption d'une « filière française » dont le principal mérite était de fournir du plutonium sans exiger d'uranium enrichi. Il se peut que l'invasion du marché par Westinghouse ne soit pas uniquement due à des arguments d'ordre économique, mais il paraît difficile de ne pas en dire autant du développement de la filière « française », dont les partisans feraient bien de réfléchir à ses origines. (Pour la filière « anglaise » analogue, le livre de Margaret Gowing ne laisse aucun doute, s'il y eut jamais des doutes, sur les impératifs militaires qui décidèrent de son développement).

67. Entre 1951 et 1965 l'A.E.C. a dépensé au total près de 33 milliards (dont 25,5 en activités militaires et 7,4 en activités civiles) d'après les chiffres fournis dans Orlans, *Contracting for Atoms*, p. 112. Il faudrait ajouter au total environ 30 milliards pour tenir compte des années postérieures, et 3 pour tenir compte de la période 1943-1950. Le développement des réacteurs de puissance a coûté au total, entre 1948 et 1974, environ 8,7 milliards, dont 2,5 pour les réacteurs civils et 1,7 d'études communes. Dawson, p. 30.