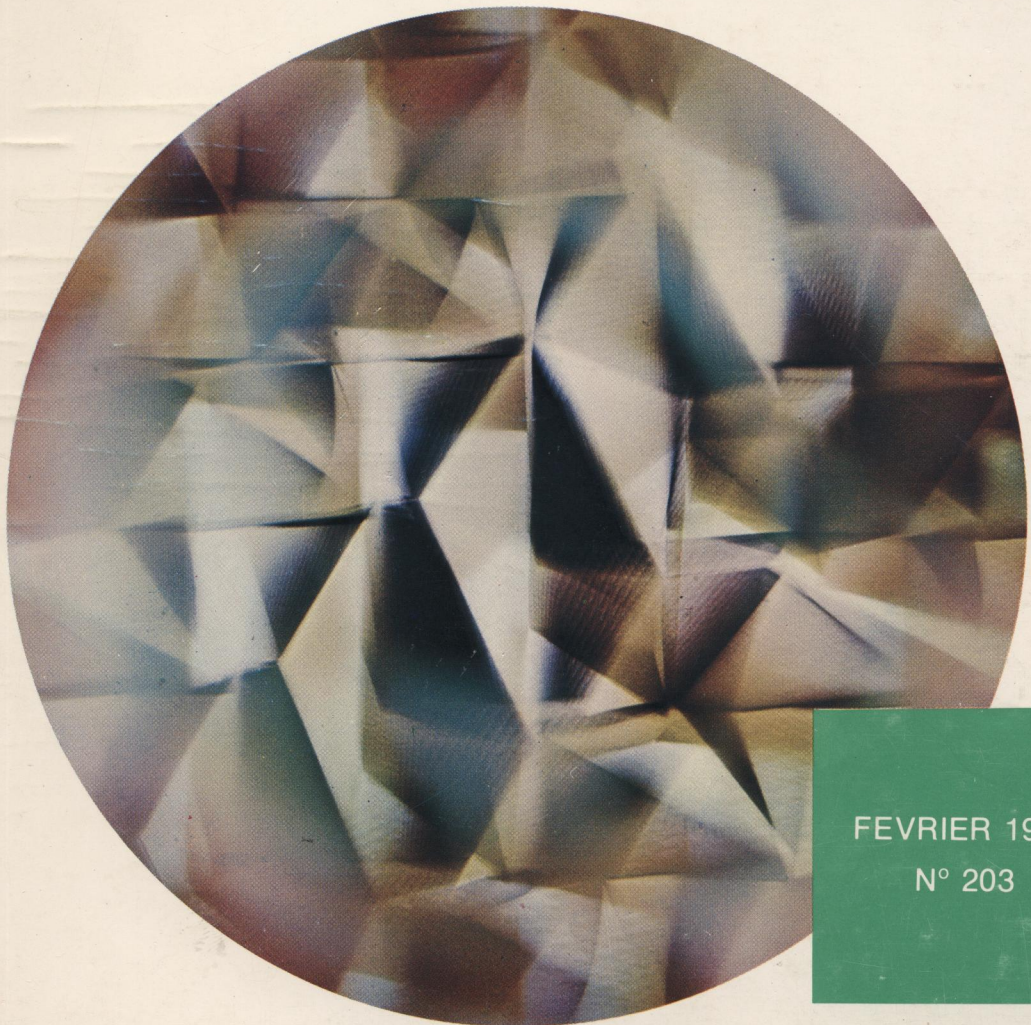


# la pensée

- DE KANT A D'HOLBACH DANS L'ŒUVRE D'ARAGON, **Michael NERLICH**
- POPPER ET LE MATERIALISME, **Pierre RAYMOND**
- LE MARXISME COMME RATIONALISME THEORIQUE, **Yvon QUINIOU**
- VOLTAIRE ETAIT-IL ANTISEMITE ? **Roland DESNE**
- A PROPOS DE MODELES D'EQUILIBRE ECONOMIQUE GENERAL, **François DI RUZZA**
- AUX SOURCES DU MODELE SCIENTIFIQUE AMERICAIN (II), **Roger GODEMENT**
- AUTOUR DE LA REVOLUTION FRANÇAISE : LA RENTE FONCIERE, **Claude GINDIN**.

REVUE DU RATIONALISME MODERNE

sciences arts philosophie



FEVRIER 1979

N° 203

# AUX SOURCES DU MODELE SCIENTIFIQUE AMERICAIN (II) \*

par Roger GODEMENT

## L'INDUSTRIE ELECTRONIQUE

**C**OMME on l'a déjà noté dans la première partie de ce travail, l'industrie électrique possédait avant 1939, avec le chimie, les laboratoires de recherche les plus importants de l'industrie américaine — voire même, dans le cas de Bell et de General Electric, de toute l'Amérique. Les nécessités militaires, réelles ou imaginaires, de la W.W.II puis de la guerre froide n'en contribuèrent pas moins, comme on va le voir, à faire prodigieusement progresser la recherche et l'industrie électriques, tout particulièrement dans le secteur électronique (composants, télécommunications, radar, informatique, etc.) qui nous intéressera ici. <sup>1</sup>

Le progrès dans ce domaine n'est du reste pas uniquement dû au fait que les commandes militaires libéraient en partie l'industrie des « lois du marché ». Il provient aussi et peut-être surtout du fait que les problèmes militaires, par leur nature spécifique et leur complexité, obligeaient la recherche et l'industrie à s'orienter dans des directions que les besoins du secteur civil n'auraient sans doute pas suscitées avant longtemps, ou même n'auraient jamais suscitées. Si, par exemple, on extrapole le développement de l'aviation commerciale que l'on entrevoit avant 1939, on peut imaginer qu'en l'absence de toute incitation militaire l'Amérique et le reste du monde auraient fini, à la longue, par développer l'électronique indispensable à la sécurité d'un trafic aérien intense : radars de veille, radars embarqués, communications radio à longue distance, instruments de navigation ultra-précis, etc. Mais les militaires ne se bornent pas à accélérer le développement de ces

---

(\*) Voir la première partie de cette étude in *La Pensée*, n° 201, Octobre 1978.

1. L'industrie informatique sera examinée plus en détail dans la troisième partie de cette étude (à paraître en Avril 1979).

techniques dont ils ont en tout état de cause immédiatement besoin. Il leur faut aussi protéger leurs communications radio contre le risque de brouillage et de décodage par « l'ennemi » réel ou supposé, tenter de brouiller et de décoder les siennes, inventer des contre-mesures pour fausser les images de leurs propres avions dans les radars ennemis, puis des contre-contre-mesures pour détecter ses avions et ses missiles en dépit du brouillage électronique et des leurres qui les accompagnent, guider vers ses avions et missiles des engins destinés à les détruire, développer des composants électroniques capables de résister aux énormes accélérations et vibrations de départ d'un missile intercontinental ou anti-missile, etc.

Ajoutons que dans ces domaines la distinction entre recherche de base et développement industriel n'a guère de sens. Le passage de l'une à l'autre s'effectue en quelques années dans la plupart des cas — on s'en vantera beaucoup dans la France des débuts du gaullisme.<sup>2</sup> La grande majorité des chercheurs de premier plan sont liés aux organismes gouvernementaux qui les subventionnent (le pluriel étant superflu dans une très large mesure comme on le verra), et qu'ils conseillent fréquemment. Ils sont aussi souvent liés à des entreprises privées auxquelles ils servent de « consultants » — ou même créent eux-mêmes de petites firmes privées qui parfois prospèrent rapidement — et dont les organismes gouvernementaux en question sont les clients majeurs. S'agissant de l'électronique, nombre de progrès fondamentaux sont du reste effectués dans des laboratoires industriels (Bell, General Electric, R.C.A., Fairchild, Texas Instruments, Hughes Aircraft dans le cas du laser,<sup>3</sup> etc.) ou para-gouvernementaux (le Lincoln Lab du M.I.T. dont on parlera plus loin par exemple) qui, par définition, sont conçus pour exploiter eux-mêmes ces progrès pour peu que leur introduction ne bouleverse pas trop rapidement le marché, et pour les incorporer aux matériels destinés aux clients

2. On trouve en particulier dans toute la littérature de l'époque triomphaliste du gaullisme le célèbre tableau américain montrant que pour passer de l'invention à la commercialisation, il a fallu 102 ans pour la photographie, 56 ans pour le téléphone, ..., 6 ans pour la bombe atomique, 5 ans pour le transistor et le laser et 3 ans pour les circuits intégrés. Voir par exemple J.J. Servan-Schreiber, *Le défi américain* (Denoël, 1967), p. 77, ou M. Drancourt, *Les clés du pouvoir* (Fayard, 1964), p. 15 ou encore, par un mathématicien ami de G. Pompidou qui fut le conseiller scientifique de l'Élysée après 1958, P. Lelong, *L'évolution de la science et la planification de la recherche* (Nouvelle Frontière, janvier 1964), p. 19. L'idée que le passage de la découverte à la commercialisation pourrait aussi présenter un certain intérêt dans le secteur bio-médical ne semble être venue à personne à l'époque dans les milieux proches du pouvoir (sauf peut-être à des spécialistes s'exprimant peu en public), alors que le gouvernement américain attribuait en 1964 environ un milliard de dollars à la recherche dans ce secteur. Dans les 62 pages de l'article de P. Lelong, la recherche bio-médicale a droit, en plus de quelques lignes sur Pasteur, à trois allusions de quelques mots en tout et pour tout.

3. La première vérification expérimentale du principe du laser fut réalisée en 1960 par un physicien (Th. Maiman) travaillant chez Hughes sur des masers destinés aux radars militaires : la R.D. dans ce domaine avait coûté environ trente millions de dollars (dont la moitié de crédits militaires) avant 1963 (Fortune, juin 1963). Des travaux importants avaient été effectués auparavant par des physiciens militaires et, aux États-Unis, par Ch. Townes, de l'université Columbia, et son gendre A. L. Schawlow, des Bell Labs où Townes était aussi consultant. Ces travaux valurent des brevets certainement très rémunérateurs à Townes et aux Bell Labs (dont les employés à plein temps n'ont pas la propriété de leurs brevets — ce qui sans doute n'exclut pas d'autres compensations). Un élève de Townes à Columbia, G. Gould, semble avoir eu en même temps que lui des idées analogues, mais fut expulsé du panorama par le Pentagone qui, lui ayant découvert d'anciennes sympathies marxistes (grâce à un « cercle d'études » monté en 1943, dans le cadre du Manhattan Project, par un agent du F.B.I. dans le but de détecter les « éléments suspects »), lui interdit l'accès aux documents « classifiés » et en particulier à ses propres papiers. Mais Gould avait fait légaliser certains d'entre eux par un « notary public » et, tout en continuant ailleurs ses recherches, se lança par la suite dans une bataille juridique qui, au bout d'une quinzaine d'années, vient d'aboutir à lui reconnaître la propriété de la plupart des brevets de base sur les lasers, à la consternation générale de ceux qui, pendant cette période, ont déjà versé des redevances à Townes et à Bell et n'entendent pas recommencer. Gould, qui semble fort prospère et avait abandonné ses idées de jeunesse après le « coup de Prague », fabrique aujourd'hui des lasers militaires et a décoré son bureau de la photographie d'un tank T-54 soviétique. Voir *Science*, 28 octobre 1977, qui décrit à merveille l'atmosphère entourant ces activités « scientifiques » (mais pourquoi des guillemets ?), ainsi qu'une mise au point de la direction des Bell Labs sur l'histoire (scientifique, pas commerciale ou militaire...) des lasers dans le n° du 10 mars 1978, pp. 1022-1026. Le budget du Pentagone prévoyait 220 millions de dollars pour 1977 au chapitre des lasers (*Electronics*, 25 décembre 1975, p. 32).

les plus exigeants, clients dont l'identité n'est généralement un mystère pour personne.

Il ne s'agit du reste pas là d'un phénomène typiquement américain, bien que l'Amérique ait poussé le système beaucoup plus loin que ses prédécesseurs. On l'observait en Allemagne bien avant 1945, on l'observe en Grande-Bretagne depuis les années trente au moins, et la symbiose que l'on constate en France entre les organismes militaires, la Thomson-C.S.F. et certains laboratoires de recherche universitaires — symbiose dont la carrière de P. Aigrain est le vivant symbole et nous est en somme actuellement proposée en modèle plutôt qu'en repoussoir — <sup>4</sup> ne diffère en rien, échelle mise à part, de celle qui unit aux U.S.A. les secteurs universitaire, industriel et militaire de la « communauté électronique ». On peut également présumer que, dans de tels domaines, l'Union Soviétique, malgré son retard technique, ne fait pas preuve d'un respect excessif pour le culte autrefois bourgeois de la « séparation de la théorie et de la pratique ».

## L'INFLUENCE DE LA GUERRE

La guerre, donc, provoqua dans l'industrie électrique américaine l'énorme explosion d'activité que nous avons déjà constatée dans le secteur atomique et que nous observerons aussi, bien sûr, dans l'aéronautique. Plusieurs secteurs de recherche organisés et subventionnés par l'Office of Scientific Research and Development étaient directement liés à l'électronique : radar, contre-mesures, télécommunications, navigation, guerre sous-marine, contrôle de tir, fusées de proximité, etc. Pour nous borner au radar, de loin le projet le plus important et qui, à lui seul, procure pendant la guerre à l'industrie un chiffre d'affaires d'environ trois milliards de dollars, <sup>5</sup> on sait qu'il inté-

4. On peut faire plusieurs objections au « modèle » en question, objections qui s'appliquent évidemment à beaucoup d'autres personnes que M. Aigrain. Il y a la transformation d'un membre de la « communauté » scientifique en un fonctionnaire d'autorité ou homme politique qui s'appuie sur ses liens avec le pouvoir pour régenter ses « collègues » et leur imposer, sans la moindre consultation un tant soit peu démocratique, des vues et des réformes dont il est évident qu'elles feront figure de provocation aux yeux de beaucoup d'entre eux et tout particulièrement des catégories les plus démunies d'influence. Il y a la volonté constamment affirmée de se mettre — et maintenant, semble-t-il, de mettre d'office les « collègues » — au service de grandes entreprises privées dont les activités peuvent paraître fort contestables et dont les relations, financières notamment, avec l'Etat sont volontairement maintenues dans une obscurité qui autorise beaucoup de suppositions. Enfin, on est tout particulièrement en droit de récuser le modèle qu'on nous propose d'un scientifique ayant joué depuis vingt ans un rôle de premier plan et parfois directeur dans les développements scientifico-militaires. Ce type d'activité, comme tout le monde le sait, peut parfaitement bien aboutir dans un avenir non nécessairement éloigné à une catastrophe inimaginable, abstraction faite de toutes les exhibitions moins « finales » mais peu attrayantes qui peuvent prendre place d'ici là. Il contredit radicalement les principes de libre circulation de l'information et d'internationalisme qui ont longtemps constitué deux des aspects les plus positifs de l'activité scientifique et leur substitue le comportement du fonctionnaire officiel qui refuse de parler des sujets « classifiés ». Il contribue au plus haut point, à l'intérieur même de chaque « communauté » scientifique nationale, à politiser l'activité scientifique puisque les dirigeants de la recherche militaire sont nécessairement choisis en fonction de leur disposition à coopérer avec les éléments idéologiquement les plus rétrogrades de l'appareil gouvernemental. Il détourne vers ces activités pathologiques des ressources qui, même dans le cadre de l'activité scientifique, pourraient avantageusement être employées ailleurs, par exemple dans le secteur bio-médical auquel l'opinion publique a toujours attribué la première priorité, tout en plaçant la recherche militaire généralement au dernier rang. En bref, ce type d'activité, facteur idéal de division à l'intérieur de la « communauté » scientifique, a au surplus toutes les chances d'aboutir, à l'extérieur, à discréditer celle-ci (à supposer que ce ne soit pas encore fait).

Ajoutons qu'en France ceux qui dirigent la recherche militaire n'osent même pas en parler en public. Bien que les crédits militaires non camouflés représentent 7.500 MF sur 23.173 MF de crédits publics de R.D. (noter la différence de précision entre les deux chiffres...), le sujet occupe une seule page, inutilisable, sur les 148 du document budgétaire sur *La recherche scientifique et technique en France en 1978* et ne fait en pratique l'objet d'aucune information ou discussion parlementaire. Aux Etats-Unis, « modèle » dont on se garde bien d'imiter les aspects positifs, le sujet fait chaque année l'objet d'un document parlementaire d'un millier de pages environ !

5. Pour ce qui suit, voir J. Ph. Baxter, 3rd, *Scientists Against Time* (M.I.T. Press, 1947).



ressait tous les belligérants depuis une quinzaine d'années. Mais les Anglais avaient seuls mis sur pied bien avant 1939 une importante équipe de scientifiques, d'ingénieurs et d'industriels et accordé à ses travaux une priorité absolue ; ces recherches aboutirent au début de 1940 à la découverte du magnétron, appareil capable d'émettre de très puissants trains d'ondes pulsés de très haute fréquence et qui joua un rôle décisif dans les progrès ultérieurs ; il fut apporté aux Etats-Unis par une mission scientifique anglaise durant l'automne de 1940. Il est intéressant de noter que des contributions essentielles avaient été faites par des atomistes anglais (Cockroft, Oliphant, Lewis, etc.) n'ayant à première vue aucune compétence dans ce domaine, mais qui avaient appris, en manipulant leurs accélérateurs de particules, à se servir de champs magnétiques et de courants électriques d'une intensité très supérieure à ce que l'on rencontrait alors couramment. En Amérique, le National Defense Research Committee créé en mai 1940 avait immédiatement pris la direction des recherches sur le radar et confié la direction de sa section spécialisée à Alfred L. Loomis <sup>6</sup> assisté d'un comité comprenant Ernest Lawrence, un physicien du M.I.T. faisant office de secrétaire et un représentant de chacune des entreprises évidentes : Bell, General Electric, R.C.A., Sperry Gyroscope et Westinghouse. L'arrivée du magnétron précipita la formation au M.I.T. en novembre 1940 d'un grand *Radiation Laboratory* dirigé par Lee A. DuBridge, physicien du Cal. Tech. choisi par Lawrence et que l'on rencontrera après la guerre dans les comités gouvernementaux les plus influents. DuBridge était assisté d'une pléiade de physiciens américains (les autres étant, au début, plutôt parqués dans des projets « peu importants », la bombe atomique par exemple...) parmi lesquels Luis Alvarez que nous avons déjà rencontré (il dirigea notamment la mise au point des premiers systèmes d'atterrissage sans visibilité), Robert Bacher, Isidor Rabi, Jerrold Zacharias, etc. Comme en Angleterre, nombre de spécialistes de physique atomique, et en particulier de gens ayant appris chez Lawrence à Berkeley à manipuler des accélérateurs, se transformèrent rapidement à cette occasion en ingénieurs électroniciens de première classe ; certains d'entre eux rejoindront du reste Los Alamos lorsqu'on aura besoin d'eux après 1943, par exemple pour mettre au point, avec Luis Alvarez, le système de détonation des premières bombes A. Le laboratoire du M.I.T. dépensa au total environ 140 millions (à comparer aux cent mille dollars annuels de crédits de recherche du département de physique avant guerre), occupant jusqu'à quatre mille personnes pour développer environ cent cinquante types de radars, essayer les appareils dans leur environnement opérationnel, aider l'industrie à en faire démarrer la production et même, dans certains cas, pour en assurer lui-même la fabrication en petite série. Lorsque la victoire est en vue, une équipe d'une centaine de personnes dirigée par Louis Ridenour s'attelle à la rédaction d'u-

---

6. Avocat d'affaires et « partner » millionnaire d'une firme de Wall Street, Loomis avait appris de la physique, transformé l'une de ses maisons en laboratoire et acquis avant la guerre une grande influence dans le milieu scientifique américain. Il effectuait souvent des séjours plus ou moins longs au laboratoire de Lawrence à Berkeley, dont il réglait volontiers les factures en cas de besoin. Voir quelques détails (qui mériteraient d'être vérifiés et approfondis) dans N. Ph. Davis, *Lawrence and Oppenheimer* (Simon and Schuster, 1968) et H. Childs, *An American Genius. The Life of Ernest Orlando Lawrence* (Dutton, 1968), notamment p. 274. Loomis fut élu à l'Académie des Sciences de Washington après la guerre.

ne série de volumes (vingt huit au total) sur tout ce qui concerne le radar ; ce sera la Bible des électroniciens pendant vingt ans.

Après la guerre, les entreprises — et surtout les plus grandes — reviennent en grande partie à leurs occupations d'avant guerre et, en particulier, s'efforcent de fournir au « grand public » les centaines d'émetteurs et les millions de récepteurs de télévision dont la guerre a retardé l'arrivée sur le marché. <sup>7</sup> Mais le développement de la guerre froide va rapidement procurer à l'industrie des marchés autrement plus importants. Nous allons passer en revue quelques domaines où les nécessités militaires ont un effet particulièrement marqué (et rémunérateur) sur l'industrie.

## L'ELECTRONIQUE ET LA DEFENSE CONTINENTALE

Il y a tout d'abord, de 1945 à nos jours, le développement des grands systèmes de défense du continent américain contre une éventuelle attaque par des bombardiers puis des missiles ennemis, problème dont la « nécessité » apparaît avant même la fin de la guerre — les militaires conscients et organisés n'ont de toute façon besoin d'aucune « menace » immédiate pour songer à l'avenir et préparer la « défense » —, et dont les premiers engins sol-air allemands téléguidés semblent indiquer la solution. L'entreprise coûtera au Pentagone une trentaine de milliards jusqu'en 1970, <sup>8</sup> sans autre résultat visible que d'obliger l'ennemi potentiel à développer considérablement ses forces offensives pour tenir compte des pertes possibles ; la compétition technologique du « temps de paix » prend aussi et surtout — elle l'a conservé — l'aspect d'une guerre économique dans laquelle l'Amérique, avec ses ressources industrielles, a probablement l'avantage sur une Union Soviétique dont elle espère peut-être faire craquer l'économie, mais qui, par la même occasion, devient pour l'Amérique une menace infiniment plus effrayante qu'elle ne l'était en 1945, sans bombé A ou H, sans bombardiers lourds et sans missile. Comme les problèmes les plus difficiles dans ce domaine — détection des cibles, traitement des données, guidage des chasseurs et des engins, etc. — concernent avant tout l'industrie électronique, c'est elle qui, pendant toute cette période, avec quelques grands laboratoires gouvernementaux ou rattachés à des universités, aura la direction des « grands programmes ». Elle percevra la majeure partie des crédits, qu'elle partagera principalement avec les entreprises de l'aéronautique qui construisent les chasseurs et les propulseurs des engins.

Dès 1945, l'Army (armée de terre, à l'époque encore fusionnée avec l'Air Force) charge les laboratoires de recherche Bell de la Western Electric (branche de AT & T chargée, rappelons-le, de la production du matériel) de

7. On peut se rendre compte du marché en notant qu'entre décembre 1950 et décembre 1951, le nombre des récepteurs passe de 9,8 à 15,2 millions (Electronics, février 1952, p. 8). L'idée gaulliste, après 1958, de disputer aux compagnies américaines le marché mondial de la télévision en couleurs était sûrement vouée au plus grand succès...

8. H. York, *Race to Oblivion* (Simon and Schuster, 1970), avance p. 190 le chiffre de 30 milliards jusqu'en 1970 (et de 75 milliards pour les dépenses soviétiques correspondantes pendant la même période). Le physicien R. Lapp, dans *Arms Beyond Doubt* (Cowles, 1970), p. 55, note qu'avant 1969, la R.D. sur les systèmes de défense anti-missiles des années soixante avait à elle seule coûté cinq milliards. Ces auteurs très compétents ne mentionnent pas leurs sources.

développer des engins sol-air couplés à des radars et guidés par radio vers les avions ennemis. Les missiles eux-mêmes, construits par Douglas et Aerojet, sont essayés dès 1946 ; mais les problèmes de guidage sont plus sérieux et il faut attendre 1949 pour réussir un tir sur un B-17, la mise au point du système Nike-Ajax qui sort de ces recherches en 1951 demandant environ cent millions de dollars. Il s'agit d'un engin à carburant liquide, pesant 450 kg et qui transporte une tête explosive « classique » à une distance de quarante kilomètres et à une vitesse de Mach 2,5. <sup>9</sup> Ces études n'avaient du reste pas été poussées avec beaucoup d'ardeur après 1945, la « menace » soviétique n'ayant évidemment pas, à cette époque, le caractère qu'elle prendra après 1955 et surtout 1960. On note toutefois qu'en 1949 le Congrès autorise la construction d'une première chaîne de 75 radars sur la frontière nord des Etats-Unis et en Alaska.

Ce sont les événements que nous avons déjà mentionnés dans la première partie de ce travail — bombe A soviétique fin août 1949, directive N.S.C. 68 au printemps de 1950, guerre de Corée, bombe H soviétique en 1953, apparition des premiers bombardiers lourds puis des missiles stratégiques soviétiques, etc. — qui obligeront le Pentagone à prendre très au sérieux le problème de la défense du continent américain. (Notons à ce propos que nous n'avons pas eu l'occasion de confesser le regretté J. V. Staline ou ses successeurs, ni d'avoir accès aux archives du gouvernement soviétique, et qu'en conséquence il nous paraît prudent de laisser aux dirigeants américains la responsabilité de leur perception d'une « menace soviétique » dont la réalité n'a pas cessé, depuis trente ans, de donner lieu à des discussions même aux Etats-Unis et qu'on ne saurait de toute façon traiter sans tenir compte en même temps des années d'avance que l'Amérique a presque toujours conservées, et conserve, sur son rival en matière de progrès militaire. La question de savoir qui, dans ces affrontements, menace qui relève manifestement de la foi, des « menaces » réelles ou imaginaires ayant par contre des effets qui relèvent, eux, de l'analyse rationnelle).

Les premières grandes manœuvres intellectuelles sur le thème de la « défense continentale » sont entreprises en 1951 et 1952 au cours de deux « summer studies », les projets Charles et Lincoln, auxquels participent les physiciens et les ingénieurs les plus distingués. <sup>10</sup> La première conduit à la création en septembre 1951, sous les auspices du M.I.T. qui est, avec les Bell Labs, au centre de ces développements, du grand *Lincoln Laboratory*, le « projet Manhattan de la défense aérienne » comme l'appelle le Secrétaire à l'Air Force de l'époque, Thomas Finletter. La seconde étude <sup>11</sup> estime que l'U.R.S.S. sera capable sous deux ou trois ans d'estropier l'Amérique, que le

9. Lapp, op. cit., pp. 36-37, F.M. Scherer, *The Weapons Acquisition Process* (Harvard, 1964), p. 107. Les caractéristiques techniques des premiers missiles Nike sont données dans E. Burgess, *Guided Weapons* (Chapman and Hall, 1957), pp. 147-154, référence très utile pour l'histoire des missiles avant 1955 environ.

10. L'essentiel de ce qui suit provient de S.P. Huntington, *The Common Defense* (Columbia, 1961), ouvrage célèbre chez les spécialistes de politique militaire et expliquant les arrière-plans (ou peut-être seulement les façades ?) politiques des décisions militaires des années cinquante. Rappelons que ces discussions sont directement liées au « procès » Oppenheimer de 1954.

11. Les conclusions en furent présentées « à Cambridge », i.e. vraisemblablement au M.I.T., en septembre 1952 lors d'une réunion du *Scientific Advisory Board* de l'Air Force à laquelle participaient « entre cinquante et cent » personnes. *In the Matter of J. Robert Oppenheimer* (A.E.C., 1954 ou M.I.T. Press, 1971), déposition de Griggs, pp. 750 et 769.

système de défense actuellement installé ne serait pas capable de détruire plus de 20 % des assaillants et qu'il serait possible, grâce aux progrès de la technologie, de construire un système qui en détruirait 60 à 70 % ou même 90 % (ce qui, en passant, montre que le problème ne possède pas de solution satisfaisante, puisqu'un seul avion muni de bombes H sera bientôt en mesure de détruire la plus grande ville américaine). On recommande de construire un réseau de grands radars, la ligne D.E.W. (Distant early warning), dans le nord du Canada, des chasseurs améliorés, des missiles guidés se dirigeant automatiquement vers leurs cibles en fin de course, et un système de télécommunications intégré et complètement automatique pour la défense continentale ; le coût de ces projets est estimé à plusieurs milliards de dollars. Toutefois les partisans des économies budgétaires et surtout les aviateurs du Strategic Air Command, voués au bombardement stratégique et à la mystique de l'offensive, qui craignent que l'édification d'une énorme ligne Maginot ne détourne de leurs coffres des crédits qui leur appartiennent de droit, suscitent une nouvelle étude du problème. Dirigée par Mervin J. Kelly, président des Bell Labs, elle remet en mai 1953 au nouveau Président (Eisenhower) un rapport insistant sur la nécessité de développer des forces offensives de dissuasion invulnérables, plutôt qu'un programme massif de défense continentale. Mais le comité Kelly a été nommé par Truman et une troisième étude, entreprise par des hommes de l'administration Eisenhower, recommande en juillet 1953 des mesures beaucoup plus importantes que le rapport Kelly et suggère une dépense de 18 à 27 milliards (!) répartie sur cinq ans. L'explosion, le 12 août, du premier engin thermonucléaire soviétique <sup>12</sup> fait apparemment taire les controverses. L'Etat-Major déclare bientôt que la défense continentale et la stratégie des représailles massives sont les deux grandes priorités militaires de l'heure, et le 25 septembre une grande réunion du National Security Council, à laquelle participent apparemment les scientifiques compétents, adopte les conclusions du projet Lincoln de l'été 1952, envisageant une dépense de vingt milliards sur cinq ans. Comme le note l'auteur auquel nous venons d'emprunter ces détails (il sera plus tard l'un des initiateurs de la politique des « hameaux stratégiques » au Vietnam — elementary, my dear Watson), « pendant toute la controverse sur la défense aérienne le groupe le plus actif appuyant une extension du programme fut celui des scientifiques qui avaient participé au projet Lincoln ».

Dans l'intervalle, Bell et le Lincoln Lab avaient apparemment mis au point la technologie de la ligne D.E.W. ; <sup>13</sup> un accord est signé avec le Canada en avril 1954, la construction commence en 1955 et les premiers radars entrent en service vers l'été 1957. On construit aussi vers la même époque une ligne de radars à mi-distance de la précédente et de la frontière nord des Etats-Unis, où se trouve déjà une troisième ligne, ainsi que des quantités

12. Dans *The Advisors : Oppenheimer, Teller, and the Superbomb* (Freeman, 1976), pp. 89-93, Herbert York, à l'époque directeur du laboratoire atomique de Livermore et par suite aussi bien informé sur le sujet qu'il est humainement possible de l'être si l'on n'a pas accès aux archives soviétiques, estime l'explosion soviétique à quelques centaines de kilotonnes. Il ne s'agissait du reste que d'une bombe A « dopée », et lorsque les Soviétiques firent exploser en novembre 1955 une vraie bombe H de « plusieurs » mégatonnes, l'Amérique en avait fait, l'année précédente, exploser six, dont trois comprises entre onze et quinze mégatonnes ; voir York, p. 86.

13. *Arctic Fence is Readied* (Electronics, novembre 1953, pp. 8-10).



d'autres radars de surveillance sur les côtes, sur des plate-formes flottantes en mer et à bord de navires. <sup>14</sup> Auparavant, on a installé vers 1953 les premières batteries de missiles Nike-Ajax dont on a parlé plus haut et, à la même époque, commencé à développer des Nike-Hercules à tête atomique, rendus possibles par la miniaturisation des armes A ; ils seront capables de « détruire des flottes entières » de bombardiers si l'ennemi en possède et décide, avec son intelligence habituelle, d'envoyer ses appareils en groupes compacts sur l'Amérique. Alors que les missiles Nike sont destinés, par leur portée réduite (40 à 80 km), à la défense d'objectifs ponctuels, on développe aussi au début des années cinquante un engin sol-air Bomarc à aile delta, construit par Boeing, propulsé à Mach 2,5 sur 400 km par des statoréacteurs fabriqués par Marquardt, long de vingt mètres et pesant quatre tonnes, et muni d'un radar de poursuite Westinghouse le guidant automatiquement vers sa cible lorsqu'il en est suffisamment proche. <sup>15</sup> La mise en œuvre de tous ces engins, chasseurs et radars aboutit vers 1958 au système S.A.G.E. dans lequel les Bomarc, les Nike et les chasseurs sont guidés vers leurs cibles par d'énormes ordinateurs AN/FSQ 7 et 8 produits par la maison I.B.M. et reliés à des radars à longue portée Bendix par des lignes téléphoniques louées à AT & T, les indications des radars étant au préalable transformées sur place en coordonnées des cibles par des calculateurs Burroughs, et l'ensemble du système, conçu par le Lincoln Lab, étant supervisé par Bell. <sup>16</sup> On construira finalement une vingtaine de centres du réseau S.A.G.E. (la maison I.B.M. y trouvera le premier grand marché pour ses ordinateurs scientifiques, à raison notamment de deux machines de 27 millions par centre) <sup>17</sup> reliés entre eux et à un centre de commandement unique, le N.O.R.A.D., qui détermine les centres du réseau à mettre en œuvre pour arrêter les assaillants ; la mise en œuvre et la coordination de tous ces systèmes effroyablement compliqués semble poser quelques problèmes vers 1959. <sup>18</sup> A cette date, le secrétaire à la défense estime que le tout a déjà coûté 13 milliards en investissements en quatre ans et demi, auxquels s'ajoutent près de deux milliards par an de crédits de fonctionnement. Herbert York, qui dirigeait à l'époque l'ensemble de la R.D. militaire américaine, estime pour sa part à vingt milliards le coût de la défense continentale jusque'en 1960. <sup>19</sup>

14. Electronics, 2 janvier 1959, p. 26.

15. Burgess, op. cit., pp. 146-147 et 158.

16. *Remote Computers Guide Missiles* (Electronics, 9 janvier 1959). Le système était en fait bien plus compliqué. Il est décrit approximativement dans trois articles dus à des physiciens ou ingénieurs du Lincoln Lab, de Burroughs, de la division militaire d'I.B.M. et de la *Systems Development Corporation* dans les *Proceedings of the Eastern Computer Conference*, 1957, pp. 148-163. La S.D.C. est une branche de la Rand créée au début des années cinquante principalement dans le but de développer les méthodes de programmation des ordinateurs du S.A.G.E. et qui, à cette occasion, fit avant 1960 l'éducation d'environ deux mille programmeurs américains (le réseau en employait six cents), dont beaucoup essayèrent ensuite dans les industries et les autres organismes gouvernementaux employant de grands ordinateurs.

17. Pour plus de détails, voir la section suivante sur les débuts de l'informatique. M. Jacques Maisonrouge, depuis un quart de siècle chez I.B.M. et aujourd'hui l'un de ses principaux dirigeants, n'a pas jugé indispensable de faire la moindre allusion à des détails de ce genre dans le court exposé « historique » qu'il vient de publier à propos d'un article sur *La télématique* (Revue des Deux Mondes, octobre 1978, pp. 37-50).

18. Voir le récit d'une entrevue en août 1959 entre le conseiller scientifique d'Eisenhower et des représentants des Bell Labs (dont James Fisk, qui dirigera peu après la délégation américaine aux pourparlers de Genève sur la cessation des expériences nucléaires) dans les mémoires de G.B. Kistiakowsky, *A Scientist at the White House* (Harvard, 1976), p. 38. L'hostilité entre le N.O.R.A.D. et le Strategic Air Command était telle à l'époque que l'on craignait qu'en cas d'attaque soviétique les engins et chasseurs de la défense ne s'attaquent aux bombardiers du S.A.C. en raison du manque de coordination entre les deux services !

19. Electronics, 2 janvier 1959, p. 26. York, *Race to Oblivion*, p. 188.

On est du reste loin de compte, car l'apparition des missiles intercontinentaux soviétiques montre que le réseau, conçu contre des avions, sera très rapidement périmé. On décide de compléter la ligne D.E.W. par les trois gigantesques radars du B.M.E.W.S. (Ballistic missiles early warning system) construits par R.C.A., au prix de 400 millions l'unité, <sup>20</sup> et capables de détecter les missiles ennemis (ou les vols d'oies sauvages) à des centaines ou milliers de kilomètres de distance ; leurs indications sont traitées par des ordinateurs I.B.M. 7090, les spécifications du Pentagone obligeant la maison à sortir en catastrophe, pour l'occasion, les machines transistorisées de sa seconde génération. <sup>21</sup> De son côté Bell étudie les premiers missiles antimissiles, les Nike-Zeus dont les essais commencent en 1959 et qui, en 1963, réussiront à intercepter au-dessus du Pacifique des missiles Atlas lancés depuis la base de Vandenberg en Californie. L'organisation de celle-ci et du polygone de tir fournit à l'industrie électronique un marché que la profession estime en 1959 à un demi-milliard, le coût final étant probablement plus élevé en raison de la loi générale de dépassement des prévisions qui régit les grands projets technologiques. On décide aussi à la même époque d'installer des radars de surveillance aéroportés — encore un demi-milliard en perspective pour l'électronique et l'aéronautique... <sup>22</sup>

En dépit (ou peut-être à cause) de ces déploiements de haute technologie et de puissance industrielle, il devient rapidement clair qu'après avoir eu l'idée de construire des missiles intercontinentaux, l'ennemi pourrait fort bien avoir, lui aussi, l'idée de les lancer par salves de plusieurs dizaines à la fois, de les faire accompagner par d'innombrables leurres de toutes sortes et de les munir de systèmes de contre-mesures électromagnétiques qui brouilleront les radars de la défense, satureront leurs capacités de discrimination et dirigeront les engins de la défense vers des cibles fantômes. On s'oriente alors, au début des années soixante, vers le système Nike-X où des missiles Nike-Zeus et Sprint, construits par Western Electric, Douglas et Martin seront couplés, à l'aide d'ordinateurs Univac (Sperry Rand), à des radars General Electric et Raytheon. <sup>23</sup> Le coût du système proposé, qui peut varier entre cinq et cinquante milliards suivant les objectifs à protéger, provoquera à la fin des années soixante la première grande discussion publique (aux U.S.A. ou ailleurs) sur l'opportunité de déployer un système d'armes, discussion où l'on verra les scientifiques se partager ouvertement en deux camps opposés, manifestement en fonction de leur degré de « conservatisme » ou de « libéralisme », et contribuer de la sorte à mettre fin — énoncé sans doute trop optimiste de notre part... — au « mythe des experts impartiaux ». <sup>24</sup> Elle se ter-

20. Electronics, 13 février 1959, p. 14.

21. S. Rosen, *Electronic Computers : A Historical Survey* (Computing Surveys, vol. 1, 1969, pp. 7-36), p. 23.

22. Electronics, 2 et 23 janvier 1959.

23. Voir G. Boehm, *Count-down for Nike-X* (Fortune, novembre 1965), R. Lapp, *Arms Beyond Doubt*, chap. III, H. York, *Race to Oblivion*, chap. 10, J. Wiesner et H. York, *National Security and the Test-Ban Treaty* (Scientific American, octobre 1964), R. Garwin et H. Bethe, *Anti-Ballistic-Missile Systems* (id., mars 1968), etc.

24. Voir l'étude de Anne Hessing Cahn, *American Scientists and the A.B.M. : A Case Study in Controversy*, dans A.H. Teich, ed., *Scientists and Public Affairs* (M.I.T. Press, 1974) ainsi que le livre de Joel Primack et Frank von Hippel, *Advice and Dissent. Scientists in the Political Arena* (Basic Books, 1974), chap. 5 et 13. La « controverse » alla jusqu'au dépôt d'une plainte par l'un des principaux experts américains en stratégie (Albert Wohlstetter) auprès du bureau de la société américaine de recherche opérationnelle (O.R.S.A.) contre des participants accusés de n'avoir pas respecté dans leurs dépositions les règles de « l'éthique

minera, provisoirement tout au moins, par une décision du président Nixon de se borner à protéger quelques centaines de missiles Minuteman et à établir un réseau « léger » de protection contre une attaque chinoise, au cas où les Chinois auraient l'ingénieuse idée d'envoyer sur l'Amérique quelques engins rudimentaires et de s'exposer de la sorte, en retour, à recevoir plusieurs centaines ou milliers de mégatonnes thermonucléaires. (Il est difficile, en présence de pareilles hypothèses, de dire si les dirigeants militaires et politiques concernés relèvent de l'asile d'aliénés ou si, au contraire, c'est le spectateur naïf qui n'a rien compris).<sup>25</sup>

La question de savoir si la « sécurité » de l'Amérique bénéficie de tous ces déploiements prête à discussion — il se trouve des experts sérieux pour y répondre négativement<sup>26</sup> —, mais il n'est pas douteux que l'électronique, elle, est gagnante sur tous les tableaux : scientifique, technique et industriel. Elle y gagne aussi, bien entendu, sur le plan financier, et en fait une enquête de 1962 sur les « pyramides de profits » note par exemple que la Western Electric ayant signé avec le Pentagone un contrat de 1,6 milliard à l'occasion de la construction du premier système Nike dont elle avait l'entière responsabilité, ne réalisa sur ce marché qu'un bénéfice en apparence « raisonnable », 113 millions, soit 7 %. En fait, Bell avait sous-traité les trois quarts du travail à d'autres entreprises (notamment Douglas pour la partie non électronique des engins), lesquelles en avaient elles-mêmes affirmé une partie à d'autres fournisseurs, chacun prenant un bénéfice « raisonnable » non seulement sur son propre travail, mais aussi bien sûr sur le coût des fournitures reçues des autres participants au projet. Faisant de même, Western Electric, dont la contribution réelle au projet ne s'élevait qu'à 359 millions, avait donc réalisé un taux de profit réel de 31 %. Ce genre d'enquête — ce n'est pas demain que nous en verrons de semblables dans notre douce France — éclaire certes d'un jour assez cru les mœurs des fournisseurs du gouvernement, mœurs qui font dire à Jerome Wiesner, le conseiller scientifique de Kennedy, qu'il est rare que dans les contrats avec le gouvernement la part des frais généraux soit inférieure à la valeur des fournitures vendues, et à l'amiral

scientifique ». On trouve dans *Minerva* (1972, pp. 107-157) de savoureux extraits du rapport de l'O.R.S.A. sur la controverse et les principes de l'éthique professionnelle, précédés d'une introduction d'Edward Shils où l'on cite, sans rire, Max Weber. Il s'agissait notamment de savoir, moyennant diverses hypothèses (et en utilisant des données en grande partie non divulguées pour des raisons évidentes), quelle proportion des Minuteman américains pourraient être détruits par un millier de missiles SS-9 soviétiques portant chacun trois têtes de cinq mégatonnes. Le cas du plateau d'Albion serait intéressant à étudier.

25. Pour un état récent de la question, voir N. Wade, *Safeguard : Disputed Weapon Nears Readiness on Plains of North Dakota* (Science, 27 septembre 1974, pp. 1137-1140), où le rôle des Bell Labs et d'I.B.M. dans la conception générale du « système », des ordinateurs et du « logiciel » (software) est particulièrement mis en évidence. Comme le dit l'auteur en conclusion, « c'est, à défaut d'autre chose, un monument notable à la technologie et aux préoccupations de l'Occident, monument qui, tel les pyramides funéraires de l'ancienne Egypte, conduira les générations futures à s'émerveiller aussi bien des extraordinaires capacités techniques de notre civilisation que de son invariable dévotion aux arts mortuaires ». Les déploiements d'anti-missiles sont maintenant limités par les accords entre l'Union Soviétique et l'Amérique, laquelle n'a malheureusement pas le monopole de la « dévotion aux arts mortuaires ».

26. Tout le livre de York, *Race to Oblivion*, vise à justifier cette réponse négative et constitue certainement, jusqu'à nouvel ordre, ce qu'on a écrit de plus efficace contre la recherche de la « sécurité » par la course aux armements. L'ironie de la chose réside dans le fait que l'auteur a longtemps été, comme il l'explique du reste lui-même en détail au début de son livre, l'un des principaux spécialistes des armes thermonucléaires avant de diriger l'ensemble de la recherche au Pentagone. Il serait intéressant (mais, hélas, difficile) de savoir si certains experts soviétiques sont, de leur côté, parvenus aux mêmes conclusions ; il n'est pas parfaitement clair que les grands succès soviétiques dans ce domaine (explosions A et H de 1949 et 1953, premiers grands missiles et Spoutnik) n'aient eu que des avantages pour les gens chargés de défendre l'Union Soviétique puisqu'ils ont, en fait, déclenché des réactions américaines vraisemblablement très supérieures aux prévisions.

Rickover, le « père des sous-marins nucléaires », que « le gouvernement est le seul client de ma connaissance qui a toujours tort ». <sup>27</sup>

Mais le vrai problème, du point de vue qui nous occupe ici, n'est pas de savoir si les fournitures de technologie militaire avancée obéissent, ou non, aux mêmes lois de superposition des profits qui régissent par exemple le commerce des primeurs entre Cavaillon et la région parisienne. Il serait plutôt préférable de comprendre pourquoi ce sont avant tout les industries électroniques et, comme on le verra, aéronautiques qui profitent des contrats militaires, plutôt que, par exemple, l'automobile et la chimie comme c'était le cas lors de la W.W.I. et dans une très large mesure encore lors de la W.W.II. Invoquer une collusion entre milieux industriels et militaires n'explique rien : la General Motors possède une surface financière et industrielle incomparablement plus puissante que Boeing ou Raytheon, et l'on peut présumer que ses dirigeants possèdent, à première vue, au moins autant d'influence sur le gouvernement que ceux de Boeing ou de Raytheon (notamment lorsque le président de la General Motors, Charles Wilson, est secrétaire à la défense sous Eisenhower et qualifie le Spoutnik de « nice technical trick », joli truc technique, manifestant ainsi le retard de l'automobile par rapport aux industries... avancées) ; néanmoins les ventes militaires de la General Motors, pendant la période 1960-1967, tout en plaçant la compagnie au onzième rang des fournisseurs du Pentagone, ne représentent que deux pour cent de son chiffre d'affaires — contre 54 % chez Boeing et 55 % chez Raytheon (et 88 % chez Lockheed). <sup>28</sup>

Il est au surplus clair qu'en Union Soviétique, où les problèmes de la défense continentale sont encore plus compliqués qu'aux Etats-Unis en raison de la proximité des bases « ennemies » et de leur dispersion dans tous les azimuts, on fait appel pour essayer de les résoudre aux mêmes techniques et

27. Pour ce qui précède, voir par exemple H. L. Nieburg, *In the Name of Science* (Quadrangle Books, 1966), chap. XIV, par un « political scientist » qui se livre à une très complète dissection du « complexe militaro-scientifico-politico-industriel » américain. Le sujet a naturellement fait l'objet d'innombrables études américaines (y compris une enquête parlementaire de 2.500 pages entre 1969 et 1973 sur les fournisseurs du Pentagone). On dispose en français d'une étude journalistique de Claude Moisy, *L'Amérique sous les armes* (Seuil, 1971), avec une bonne bibliographie finale mais aucune référence aux sources dans le cours du texte, ce qui transforme (comme presque toujours en France) une étude qui pourrait être sérieuse en un morceau de littérature à prendre ou à laisser en bloc. Les intellectuels français qui se moquent de la « culture » américaine devraient procéder à quelques comparaisons de ce point de vue.

28. Voir par exemple la liste des principaux fournisseurs du Pentagone pour la période 1960-1967 dans Carroll W. Pursell, Jr., *The Military-Industrial Complex* (Harper and Row, 1972), p. 322. Pour 1960-1970 (mais sans pourcentages), voir R. Faramazian, U.S.A., *Militarisme et économie* (Editions du Progrès, Moscou, 1975), p. 292. Pour 1967-1974 (sans pourcentages non plus), voir A. Mattelart, *Multinationales et systèmes de communication* (Anthropos, 1976), p. 69. Le livre de Faramazian, contient de nombreuses statistiques (exactes — nous en avons vérifié une bonne partie) mais perd de sa crédibilité en cherchant, conformément aux théories soviétiques traditionnelles, à expliquer le fonctionnement du « complexe » à l'aide du seul mécanisme interne de la société capitaliste. Il est par exemple bizarre, pp. 155-158, d'insister sur l'accroissement des dépenses américaines sur les fusées en 1959/61 sans faire la plus petite allusion aux exhibitions soviétiques d'alors, et il l'est aussi, p. 364, de citer les dépenses militaires par habitant des principaux pays capitalistes sans faire la moindre allusion à celles de l'U.R.S.S. qui ne sont pas réputées pour leur grande modération ; le lecteur n'est pas censé comprendre qu'une course aux armements suppose au moins deux camps ! De leur côté, les 160 premières pages du livre de Mattelart mettent en évidence, avec un grand luxe de détails puisés dans les années récentes de quelques revues américaines, les liaisons existant entre le Pentagone, les multinationales de l'aérospatial et de l'électronique, le développement des télécommunications spatiales, etc., et de ce point de vue il constitue un excellent antidote aux contes de fées du célèbre rapport de MM. Nora et Minc sur la « télématique ». Mais ici encore le fil conducteur de « l'impérialisme américain », s'il peut expliquer la politique des Etats-Unis vis-à-vis du Tiers Monde auquel Mattelart s'intéresse visiblement beaucoup (c'est l'un des auteurs du film *La spirale* sur le Chili), ne saurait expliquer à lui seul le développement prodigieux de technologies dont l'impérialisme américain n'a jamais eu besoin pour contrôler le Nicaragua, et qui ont en fait été développées pour assurer à l'Amérique l'avantage dans la compétition militaire avec l'Union Soviétique à une époque très antérieure à celle dont Mattelart nous entretient.

aux mêmes branches de l'industrie qu'en Amérique, les sommes dépensées (75 milliards de dollars avant 1970) <sup>29</sup> étant encore plus impressionnantes qu'aux Etats-Unis, sans désir de maximiser les profits pour les expliquer. Dans ces conditions, il nous paraît bien plus facile de comprendre la situation en tenant compte d'une part de l'existence d'une rivalité américano-soviétique féroce, d'autre part du fait que les sciences et les techniques « avancées » (nucléaire, électronique, informatique, aéronautique) sont constitutionnellement adaptées aux nécessités militaires de notre époque — et pour cause puisque ce sont celles-ci qui les ont en grande partie modelées et développées —, qu'en invoquant le mécanisme interne du système capitaliste. Celui-ci peut certes contribuer à expliquer la guerre froide (encore que si l'on dit et redit pendant trente ans que l'on va enterrer le système capitaliste, il ne faille pas énormément s'étonner s'il finit par vous prendre au sérieux), il ne peut pas aussi facilement expliquer la position privilégiée d'un certain nombre de technologies dans le « complexe militaro-scientifico-politico-industriel » auquel nous avons fait allusion au début de la première partie de ce travail.

Car bien sûr il existe aux Etats-Unis. Le composent quelques centaines d'experts scientifiques et militaires, de dirigeants commerciaux et techniques des grandes entreprises des secteurs « de pointe » et de décideurs politiques qui, pendant des années et parfois des décennies, travaillent en commun sur les problèmes de défense, se rencontrent constamment dans les mêmes comités gouvernementaux et dans les commissions spécialisées du Congrès et, en dépit du fait que la vie politique est beaucoup plus « ouverte » aux Etats-Unis qu'ailleurs, sont seuls à connaître l'ensemble des données techniques et politiques des problèmes militaires. Comme partout et dans tous les domaines, ces gens ont naturellement tendance à prendre les décisions les plus favorables à leurs intérêts communs bien compris ; au premier rang de ceux-ci figure certainement la survie et si possible la prospérité des organisations auxquelles ils appartiennent (le mot « prospérité » n'ayant pas que des connotations financières). Le rôle que jouent par exemple les dirigeants successifs des Bell Labs — Franck Jewett pendant la guerre, ensuite Oliver Buckley, puis Mervin Kelly, James Fisk et William O. Baker — dans tous les débats liés à la technologie militaire (atome, défense continentale, guerre sous-marine, contrôle des armements, etc.) pourrait faire à lui seul l'objet d'une étude passionnante, et le lecteur s'en fera déjà une première idée dans les livres récents des deux conseillers scientifiques d'Eisenhower. <sup>30</sup>

Il est évident que sous cette forme des structures analogues doivent exister aussi en Union Soviétique. En France, fort heureusement, il n'en est rien. Tout s'y passe dans la plus extrême clarté, et ce n'est pas chez nous que l'on verrait la Thomson-C.S.F., entreprise de l'électronique tirant depuis x années plus de la moitié de son chiffre d'affaires de ses productions militaires, em-

29. Estimation fournie par York, *Race to Oblivion*, p. 190.

30. Voir Kistiakowsky, op. cit., et James R. Killian, Jr., *Sputnik, Scientists, and Eisenhower* (M.I.T. Press, 1977), notamment pp. 161-162 et 203-205 où l'on trouvera des éloges dithyrambiques des deux représentants de Bell (James B. Fisk et William O. Baker) au premier comité scientifique consultatif du Président (P.S.A.C.), qui comptait 23 membres.

baucher des dizaines d'officiers en retraite ayant gardé leurs entrées et relations, peupler les comités scientifiques gouvernementaux de ses représentants, percevoir chaque année à de multiples titres des centaines de millions de francs de fonds publics d'aide à la R.D. (fonds dont le montant reste soigneusement protégé par le « secret industriel ») et finalement envoyer un de ses représentants au Secrétariat d'Etat à la Recherche.

## L'ELECTRONIQUE DANS LES ARMES STRATEGIQUES

Long Range Missiles Swell Industry Coffers (Electronics, septembre 1956).

Si l'électronique « profite » à tous les points de vue des problèmes que pose la défense du continent américain, elle profite aussi du développement des armes offensives et avant tout de l'aviation et des grands missiles (que nous étudierons après l'électronique et l'informatique).

Il y a tout d'abord le développement de l'*avionics* (avionique, dans le « français » du Haut Comité et de M. Marcel Dassault), abréviation désignant l'électronique embarquée à bord des avions : instruments de navigation, radars d'altitude et de surveillance, appareils de contrôle de tir, télécommunications avec le sol, systèmes I.F.F. (identification friend or foe) pour discriminer les « amis » des « ennemis », etc. Dès les années cinquante, elle représente largement le quart du coût des avions, et du reste l'importance qu'elle prend conduit nombre d'entreprises de l'aéronautique à se munir de départements d'électronique importants ; certaines d'entre elles (Chance-Vought, Bell Aircraft — aucun rapport avec les Bell Labs —, Convair, etc.) recrutent effectivement dès 1954 plus du quart de leurs ingénieurs parmi les spécialistes de l'électronique.<sup>31</sup>

Le problème des communications avec les bombardiers du Strategic Air Command, qui opèrent à des milliers de kilomètres de leurs bases et du quartier général du S.A.C., absorbe lui aussi des quantités massives d'électronique. En 1958, le S.A.C. contrôle trois mille avions (dont 1.500 bombardiers moyens à réaction B-47 et plusieurs centaines déjà de B-52) répartis sur 70 bases dans tout le monde libre. Son quartier général à Offutt, Nebraska, possède un « global weather center » qui est de fort loin le plus grand centre météorologique de l'époque (nous ne voyons pas pourquoi il n'en serait plus de même de nos jours), ainsi qu'une salle d'ordinateurs et une salle de contrôle où les positions des appareils, amis et ennemis, s'inscrivent à la demande sur des écrans géants. On emploie soixante lignes téléphoniques, louées à AT & T, cependant que R.C.A. et Collins Radio assurent la radiotéléphonie avec les avions. (L'ensemble des télécommunications de l'Air Force est estimé à l'époque à un demi-milliard, et du reste sur le point d'être radicalement transformé par l'apparition des satellites). Le contrôle des avions, particulièrement dans l'éventualité d'une crise, pose d'énormes problèmes et s'effectue automatiquement sur « un seul commandement verbal de quelques secondes qui lancerait immédiatement le plan de repréailles global du S.A.C. ». On utilise pour cela un ordinateur I.B.M. 704, l'ordinateur « scientifique » le plus puissant de l'époque, analogue aux AN/FSQ dont on a parlé plus haut et que

31. Herman O. Stekler, *The Structure and Performance of the Aerospace Industry* (U. of California Press, 1965), p. 100.



nous retrouverons plus loin. Ses mémoires enregistrent à chaque instant les caractéristiques, le rayon d'action et la position des trois mille avions, les distances à toutes les cibles potentielles, les heures et les lieux où les avions-citernes doivent rencontrer les bombardiers pour les ravitailler en carburant, l'importance et la configuration de chaque cible, les dommages susceptibles de causer chacune des bombes disponibles, les intervalles de temps et de distance qui doivent, en cas d'attaque, séparer les bombardiers pour éviter les effets « fratricides », etc. Le 704 écrit aussi les plans stratégiques, enregistre instantanément les résultats des bombardements, calcule les dommages causés et au besoin modifie en cours d'exécution le plan d'opérations. On prévoit d'ailleurs au début de 1959 un système de communications global très amélioré, dont l'étude est confiée à I.T.T. (aucun rapport avec AT & T), qui disposerait pour ce faire d'un contrat de 165 millions.<sup>32</sup> Au même moment l'Army (armée de terre) se prépare aussi à se munir d'un système de communications global « en temps réel » fondé sur l'utilisation de satellites stabilisés dont on prévoit la mise en service pour 1965. Avec des années d'avance sur le reste du monde (y compris sur la société civile américaine), le Pentagone se dirige à grands pas vers la miraculeuse « télématique » de MM. Nora et Minc, ce qui explique sans doute pourquoi les admirables rapports sur le sujet que l'on vient de fourguer aux citoyens français émerveillés et ignares ne fassent jamais aucune allusion aux *applications* militaires éventuelles, et en fassent une seule, microscopique, à propos des ordinateurs électroniques, aux *origines* militaires des techniques utilisées : tout est intégralement « civil », braves gens, nous n'avons jamais entendu parler d'autre chose...

A partir de 1955/56, la construction des grands missiles stratégiques Thor, Atlas, Polaris, Titan, Minuteman, puis des fusées spatiales après 1960, ouvre à l'industrie électronique un nouveau et énorme champ d'action puisque celle-ci s'adjuge entre le tiers et la moitié du coût des missiles — ce qui lui rapporte près de deux milliards pour l'année 1959. On ne recule devant aucun sacrifice, et la revue *Electronics* nous révèle, dans un entrefilet qui donne tout son sens à l'expression « gold plating » pour désigner le recours à des techniques inutilement sophistiquées ou perfectionnistes, que<sup>33</sup>

les composants des ordinateurs pour les missiles Atlas sont plaqués or à 24 carats, assemblés par blocs et soudés automatiquement dans un four infra-rouge à induction à l'usine des environs de Detroit de la compagnie Burroughs.

Il faudrait d'ailleurs ajouter au coût de l'électronique embarquée à bord des avions et missiles celui des installations au sol ou, dans le cas des fusées mer-sol Polaris, de celle dont sont bourrés les sous-marins nucléaires lance-missiles qui apparaissent vers 1960, puis celui de l'électronique accumulée à bord des satellites de géodésie qui mesurent à quelques mètres près les coordonnées des objectifs potentiels, des satellites de navigation et de communication, etc.

32. Pour ce qui précède, voir *Electronics*, 16/1, 13/2 et 20/2/1959.

33. *Electronics*, 10/4/1959. - *Electronics*, 9/1/1959. Dans ce cas précis, le « gold plating » est probablement justifié par le fait qu'un missile est, normalement, destiné à rester inutilisé — mais en état de fonctionner — pendant de nombreuses années.

## LE DEVELOPPEMENT DES COMPOSANTS

Les systèmes électroniques installés à bord des avions et missiles sont obligés de fonctionner le plus souvent dans des conditions extrêmement difficiles de température et de vibrations, et parfois de résister à des accélérations de départ tout à fait fantastiques (100 fois l'attraction de la pesanteur dans le cas des anti-missiles Sprint). Il est de plus essentiel de réduire au maximum leur encombrement, leur poids et leur consommation d'électricité afin de pouvoir en accumuler toujours davantage à bord des avions et engins. Ces problèmes seront progressivement résolus grâce au développement des semi-conducteurs solides (transistors), de méthodes automatiques de production des circuits et, finalement, des circuits intégrés.

La découverte et le développement des transistors et de leurs variantes successives constitue la première, et sans doute la plus grande, révolution électronique après la guerre. Coïncidence qui ne surprendra personne, le premier transistor est découvert chez Bell à la fin de 1947 par trois anciens élèves de Wigner à Princeton, lesquels recevront plus tard un prix Nobel de physique pour leur travail. Aboutissement de recherches commencées vers 1938, mais en grande partie interrompues pendant la guerre, sans but pratique bien défini et mettant en œuvre les théories les plus ésotériques de l'époque — la physique quantique des solides —, la découverte constitue un cas particulièrement spectaculaire de passage relativement rapide de la recherche fondamentale non orientée la plus théorique à une innovation technique d'importance capitale. Pour cette raison, elle a fréquemment servi à illustrer la nécessité de la recherche fondamentale. Elle pourrait presque aussi bien, comme d'ailleurs beaucoup d'autres, servir à illustrer la nécessité du Pentagone. Lorsque Bell annonce assez discrètement la découverte en 1948, les transistors ne sont en effet encore qu'une curiosité de laboratoire ; on aperçoit, certes, quelques applications immédiates, et on est bien conscient de leurs énormes avantages potentiels sur les tubes électroniques classiques au point de vue de la consommation de courant, de la solidité, de l'encombrement, de la fiabilité — mais il reste à les perfectionner, à en industrialiser la production et surtout à leur trouver des clients disposés à en payer le prix. On sort dès lors de la sphère de la Mécanique Quantique et des équations de Schrödinger à potentiel périodique...

Le Pentagone n'intervient d'ailleurs pas instantanément de façon massive. Jusqu'en 1953 environ, le développement des nouveaux « semi-conducteurs » est presque entièrement financé par l'industrie et particulièrement par Bell ; la maison sera du reste, entre 1951 (date où elle commercialise les premiers produits) et 1968, à l'origine du tiers environ des innovations techniques — nouveaux produits ou nouveaux procédés de fabrication — dans le domaine des « composants », et elle consacrera à la R.D. dans ce domaine environ 8 millions avant 1953, puis 80 jusqu'à la fin de

1960, et 160 au total du début à 1964.<sup>34</sup> Quoi qu'il en soit, et sans doute en partie parce que AT & T était alors sous la menace d'une action anti-trust, en partie parce qu'on commençait à apercevoir l'énormité et la diversité des applications potentielles des nouveaux composants, Bell, dont la politique était « de servir le *Bell System* (le réseau téléphonique et télégraphique de AT & T) et de contribuer à la puissance militaire du pays », constate dès 1951 que « le secret retarderait sévèrement la poursuite de ces deux objectifs en restreignant la libre circulation des idées et en retardant un usage généralisé de la nouvelle technologie dans les applications militaires », et décide en conséquence de mettre ses connaissances à la disposition de ceux qui en ont un besoin « légitime ». <sup>35</sup> Une première réunion d'information, au début de 1951, est strictement réservée aux « military and government officials », <sup>36</sup> après quoi trois cents ingénieurs américains et européens (on imagine les critères de sélection à l'entrée...) assistent en septembre à un symposium organisé chez Bell <sup>37</sup> avec la coopération des trois armes et prennent connaissance des caractéristiques des nouveaux composants (une douzaine de types à l'époque), mais non de la physique ni surtout de la technologie sur lesquelles ils reposent. <sup>38</sup> En 1952, Bell décide de vendre ses brevets à tous les demandeurs « légitimes », ici encore, moyennant un droit d'entrée que versent aussitôt 24 entreprises américaines et 15 européennes (dont une française, la maison I.T.T.). <sup>39</sup> Un second symposium destiné à celles-ci les met au courant en avril 1952 des aspects techniques et du « know-how », savoir-faire, indispensables à la fabrication très délicate des nouveaux composants, et fait l'objet d'un compte-rendu « classifié », i.e. secret, en deux volumes. On organise ensuite pendant l'été un petit cours de recyclage pour des scientifiques appartenant à une trentaine d'universités. <sup>40</sup> En octobre 1952, le corps des télécommunications de l'Army signe avec quatre entreprises (General Electric, R.C.A., Raytheon et Sylvania, branche de la General Telephone and Electronics Corporation) des contrats d'un montant total de 5,4 millions pour installer les premières unités de production automatisées et fournir au Signal Corps des échantillons de la production. <sup>41</sup> De son côté, nous dit Kelly, Western Electric a déjà construit à Laureldale une usine de fabrication des transistors militaires. Elle s'efforce aussi d'utiliser les nouveaux composants dans le Bell System, le réseau téléphonique civil de AT & T ; mais on avance très prudemment dans cette direction où les transistors doivent remplacer,

34. John E. Tilton, *International Diffusion of Technology. The Case of Semiconductors* (Brookings Inst., 1971), p. 31. C. Freeman, *The Economics of Industrial Innovation* (Penguin, 1974), p. 142, qui cite des chiffres en livres sterling que nous avons reconvertis à raison de 2,8 dollars pour une livre. Noter que Freeman consacre cinquante pages de son livre à la R.D. dans l'industrie électronique aux Etats-Unis et ailleurs, mais avec le point de vue d'un économiste intéressé par les problèmes d'innovation. En ce qui concerne les sommes apparemment très élevées consacrées par Bell à la R.D. dans le domaine des transistors, il faudrait les rapprocher du budget total de Bell (112 millions en 1955, dont 50 de crédits militaires - *Fortune*, avril 1955, p. 220) et du chiffre d'affaires annuel de AT & T, la plus grande entreprise américaine de l'époque par son capital fixe sinon par ses revenus.

35. Pour ce qui précède, voir Mervin J. Kelly, *The First Five Years of the Transistor* (Bell Telephone Magazine, summer 1953, pp. 73-86), par le directeur des Bell Labs. Les passages entre guillemets sont extraits de cet article fort instructif.

36. Tilton, op. cit., p. 75.

37. Kelly, op. cit., p. 84.

38. Tilton, op. cit., p. 66.

39. On trouve la liste de ces entreprises dans *Electronics*, décembre 1953, p. 16.

40. Kelly, op. cit., pp. 84-85.

41. *Electronics*, décembre 1952, p. 5.

dans un domaine civil certes potentiellement très vaste, des composants classiques qui fonctionnent le plus souvent à la satisfaction générale, doivent être amortis avant d'aller au rebut, et ne sont généralement pas soumis aux mêmes contraintes que dans beaucoup de domaines militaires, où les transistors rendent possibles *pour la première fois* des applications jusqu'alors prohibées par ces contraintes de volume, de poids, de consommation et de résistance à des traitements de choc inconnus dans le Bell System.<sup>42</sup>

En 1956, un accord entre AT & T et le gouvernement terminant l'action anti-trust interdit à Western Electric de vendre ses transistors à d'autres clients que le gouvernement et la maison-mère AT & T. Cette circonstance favorise naturellement le développement de la concurrence, notamment de Texas Instruments qui s'empare de 17 à 20 % du marché entre 1957 et 1966.<sup>43</sup> La même année 1956, alors que bat son plein le développement des missiles stratégiques, le Pentagone passe avec l'industrie un marché de quarante millions réparti entre douze entreprises et finançant la production de trente types différents de transistors au germanium et au silicium ; on demande 3.000 exemplaires de chaque espèce et on exige la mise en place de chaînes de fabrication capables de les produire mensuellement. Comme à l'époque cinq à quinze pour cent seulement des composants produits étaient acceptables en raison de l'extraordinaire degré de pureté requis des cristaux de germanium ou de silicium, ce contrat force l'industrie à installer des ateliers capables de produire « des dizaines de millions » de transistors par an, à une époque où les ventes se montent à 14 millions d'unités en 1956 et 28 en 1957.<sup>44</sup> Mais comme l'amélioration des méthodes de production fait bientôt tomber les taux de rejet à des niveaux beaucoup plus faibles, on parvient à une situation de surproduction (relativement au marché militaire) qui permet à l'industrie de proposer de grandes quantités de composants tout d'abord au marché industriel civil — qui n'est du reste fréquemment « civil » que si l'on n'examine pas de trop près la nature et la destination de ses produits — puis, lorsque les prix baissent à nouveau, au « grand public ». Les Japonais s'intéresseront d'ailleurs à lui bien plus rapidement que les producteurs américains, notamment parce qu'ils n'ont pas, eux, la chance (ou la malchance — tout dépend du point de vue) de posséder un secteur militaire appréciable.<sup>45</sup>

En ce qui concerne la construction des circuits, assemblages de composants reliés par des conducteurs, on assiste à des phénomènes analogues. Ouvrons par exemple la revue *Fortune*, qui publie pendant toute cette époque nombre d'articles intéressants sur les industries avancées et que, sans doute pour cette raison, on trouve rarement dans les bibliothèques scientifiques (il

42. Kelly insiste à nouveau sur ce point dans *The First Decade of the Transistor* (Bell Telegraph Magazine, vol. 37, 1958, pp. 24-38), p. 27, et note encore p. 28 que « en raison de l'extrême importance du nouvel art de l'état solide pour l'électronique militaire, les Laboratoires (Bell) ont informé les organismes militaires des progrès accomplis et entrepris d'importants programmes de recherche et développement sur les applications militaires ».

43. Tilton, op. cit., p. 76. Le même auteur note p. 68 qu'en 1963, Western Electric estimait à 130 millions la valeur de ses livraisons de composants aux autres branches de AT & T et à 8 millions seulement ses fournitures au gouvernement.

44. Freeman, op. cit., p. 146. Kelly, *First Decade...*, p. 24, estime les ventes en 1957 à 30 millions de transistors.

45. Voir une « histoire de la société Sony » par son fondateur dans *Ecarts technologiques. Composants électroniques* (O.C.D.E., 1968), où l'on trouvera beaucoup d'informations sur le développement des composants, influence militaire inclusive-ment. Le président de Sony note p. 185 « la résistance manifestée par les gens de la Western Electric lorsque je leur fis part (en 1952) de mon projet de fabriquer des transistors de radio », mais n'explique pas les raisons de cette curieuse « résistance ».

ne faut pas désespérer à Jussieu, dont les éléments compétents sont du reste au courant). Elle publie en juin 1955 un rapport sur la mise au point de nouveaux circuits « modulaires » — ils seront ensuite détrônés par les circuits intégrés — dont les éléments, composants et conducteurs, sont assemblés et soudés automatiquement par des machines dont les performances, en vitesse et en fiabilité des résultats, dépassent de beaucoup celles des « girls » qui font les soudures à la main. On peut ensuite construire des circuits très compliqués en assemblant des circuits modulaires relativement simples. On apprend ainsi que le premier pas dans cette voie avait été accompli pendant la guerre par le National Bureau of Standards lorsque celui-ci, chargé de développer et de fabriquer les fusées de proximité dont étaient munis les nouveaux obus anti-chars, avait inventé à cette occasion les circuits imprimés les plus simples. Le problème de la mécanisation des circuits électroniques préoccupe à nouveau le N.B.S. vers la fin des années quarante, mais c'est le déclenchement de la guerre de Corée, avec la pénurie d'équipements qu'elle provoque, qui lance vraiment les études ; celles-ci aboutissent quelques années plus tard grâce aux efforts conjugués du N.B.S., du Stanford Research Institute et de l'Air Force. Dans cette revue à la gloire de la libre entreprise, de ses vertus d'imagination et de son goût du risque, l'auteur de l'article insiste lourdement sur le rôle décisif du Pentagone dans cette affaire. En 1953 celui-ci, qui achetait pour 2,3 milliards plus de la moitié de la production annuelle de l'industrie électronique américaine, se rendait compte de l'importance croissante de celle-ci dans tous les domaines (l'électronique représente déjà le tiers du coût des chasseurs F-86 de la guerre de Corée) et estimait qu'en cas de grande mobilisation, le marché dans ce secteur pourrait monter brutalement à cinquante milliards par an. La nécessité de se passer de « girls » qui font à la main, lentement, des millions de soudures défectueuses s'ensuit alors lumineusement. <sup>46</sup>

Dans le cas des circuits intégrés, la première idée des nouveaux composants est due à un physicien anglais du Royal Radar Establishment en 1952, mais n'intéresse pas sur le moment l'Air Force, et c'est la firme anglaise Plessey qui, en 1957, sort un premier modèle de fabrication très compliquée. <sup>47</sup> A cette époque, la nécessité de miniaturiser à l'extrême les composants apparaît clairement aux Etats-Unis ; la Marine finance le développement d'une technique dite des « couches minces », le Signal Corps de l'Army déjà mentionné confiant de son côté à R.C.A. en 1958 la direction d'une étude de R.D. de cinq millions de dollars en vue de produire des « micro-modules ». Ces projets n'étant apparemment pas, en raison de leur complexité, de nature à la satisfaire, l'Air Force lance alors un vaste effort de R.D. en direction de « l'électronique moléculaire », effort auquel Westinghouse est seul à répondre, avec un contrat de deux millions. <sup>48</sup> La maison Texas Instruments qui, dans ce domaine précis, travaille sans contrats militaires, parvient la première à mettre au point un circuit intégré en 1958 et reçoit aussitôt des com-

46. Pour ce qui précède, voir E.L. Van Deusen, *Electronics Goes Modern* (Fortune, juin 1955).

47. Voir l'étude de l'O.C.D.E. mentionnée plus haut, pp. 70-77.

48. *Electronics*, 27 juin 1958 et 24 avril 1959.

mandes de l'Air Force en 1959 et 1960. Les recherches de Westinghouse, malgré cinq millions dépensés par l'Air Force, n'aboutissent pas à un résultat exploitable et c'est l'invention vers 1960/61 par Fairchild du procédé planar qui ouvre la voie à la production de grandes quantités de circuits intégrés ; Fairchild, ici encore, travaille sans contrats militaires dans ce domaine, mais « s'est servi des bénéfices résultant de la vente à l'Etat (sic, pour Pentagone) de prototypes d'un prix élevé » pour financer ses études, comme le notent les experts de l'O.C.D.E.<sup>49</sup> En 1962, la division Autonetics de North American Aviation, qui fabrique les systèmes de guidage inertiel, les ordinateurs de bord et les instruments de contrôle de vol pour les missiles stratégiques Minuteman II, passe avec Texas Instruments un marché de 300.000 circuits intégrés. Il sera suivi de marchés pour d'autres systèmes militaires ou spatiaux d'après l'O.C.D.E. (la fusée air-air Phoenix, la torpille Mark 48, la cabine Apollo, etc.),<sup>50</sup> et de notre côté nous relevons à la date de 1965 une commande de circuits intégrés d'une valeur de quinze millions de dollars passée par Autonetics, toujours pour les Minuteman II, à Texas Instruments, Westinghouse, R.C.A. et General Electric.<sup>51</sup> Ces marchés militaires font rapidement tomber les coûts de production comme en témoigne éloquentement le tableau suivant :<sup>52</sup>

Année	Valeur de la production (millions de dollars)	Prix moyen à l'unité (dollars)	Marché militaire (% du total)
1962	4	50	100
1964	41	18	85
1966	148	5	53
1968	312	2,33	37

1. Le marché américain des circuits intégrés

Ici encore, ces réductions de prix permettent aux circuits intégrés d'entrer d'abord dans le secteur industriel (où, en 1965, ils étaient encore trop chers pour la plupart des utilisateurs potentiels, fabricants d'ordinateurs exceptés)<sup>53</sup> puis dans le secteur grand public sensiblement plus tard. Comme après quelques années il est possible d'acheter pour dix dollars (le prix d'un manuel) des informations qui, chez Westinghouse, ont coûté plusieurs millions à l'Air Force, les fabricants européens et japonais profitent indirectement de la philanthropie militaire américaine,<sup>54</sup> encore que le « know how » indispensable à la production ne s'achète sans doute pas dans les bonnes, ou mauvaises, librairies... Aujourd'hui, tout le monde peut se procurer des calculateurs de poche qui eussent occupé plusieurs mètres cubes il y a vingt ans. Les militaires, de leur côté, peuvent faire de même et bourrer d'électro-

49. Voir le rapport de l'O.C.D.E., p. 72.

50. Idem, p. 74.

51. Electronics, 19 avril 1965, p. 17.

52. Tilton, op. cit., p. 91.

53. Electronics, 11 janvier 1965, p. 123.

54. O.C.D.E., p. 77.



nique miniaturisée les futurs « missiles de croisière » qui se dirigeront sur des milliers de km en comparant, à l'aide d'un radar, le terrain survolé à une carte digitale enregistrée dans leur mémoire et atteindront leurs objectifs avec quelques dizaines de mètres d'erreur, réalisant ainsi le rêve hypocrite des stratèges depuis trente ans de procéder à des « opérations chirurgicales » sans (ou avec) dommages « collatéraux », comme ils appellent cela. Ce sera une grande consolation, pour les *heureux mortels* qui se trouveront au voisinage des points de chute, que de pouvoir utiliser une dernière fois, pour calculer la puissance de l'explosion, les micro-ordinateurs ménagers qui leur auront permis de faire les devoirs des enfants, de calculer l'état de leur fortune, d'établir leurs feuilles d'impôts, de jouer seuls aux échecs les soirs où la famille est sortie et de prévoir plusieurs années d'avance la date de l'Assomption de la Vierge (ou des règles de la jeune fille de la maison). Le prix à payer pour les merveilles de la science ne sera jamais trop élevé.

## LES CLIENTELES DE L'INDUSTRIE ELECTRONIQUE

Donnons maintenant quelques estimations globales sur les marchés de l'électronique et les dépenses de R.D. dans ce secteur. Dans le marché des composants — beaucoup plus restreint que celui de l'électronique en général —, la production atteint 40 millions de dollars en 1955 (dont 38 % de ventes militaires), 542 millions en 1960 (dont 48 % de ventes militaires) et 1.159 millions en 1968, date où les ventes militaires représentent 25 % du total.<sup>55</sup> Comme au surplus les coûts à l'unité ont considérablement décri, ces chiffres attestent évidemment l'énorme diffusion des nouveaux composants dans les secteurs civil et militaire. Pour l'industrie électronique en général, il faut distinguer trois sortes de clientèle. Le secteur « grand public » (radio, télévision, phono, etc.) demande des productions massives à bas prix et se contente de la qualité minimum — ou, si l'on préfère, n'a pas les moyens de s'offrir la qualité militaire... Le secteur « industriel et commercial » a des exigences techniques déjà très supérieures, notamment si les industries concernées appartiennent aux secteurs les plus avancés, mais les prix des matériels y ont encore une assez grande importance. Enfin, dans le secteur « gouvernemental », que l'on qualifie fréquemment de « militaire » pour des raisons qui apparaîtront clairement bientôt, on demande des performances spécifiques qui obligent fréquemment les fabricants à concevoir « sur mesures » des composants nouveaux et à la limite des possibilités techniques de l'époque ; on y attache aussi la plus grande importance à la fiabilité des produits, alors que leurs prix de revient sont, par contre, d'importance très secondaire. Le tableau suivant (d'où l'on a omis la production des pièces détachées, et qui couvre l'électronique et l'informatique) montre la répartition du chiffre d'affaires de l'industrie entre les trois types de clientèle au cours de la période qui nous occupe :<sup>56</sup>

55. Tilton, op. cit., p. 90.

56. John E. Ullman, ed. *Potential Civilian Markets for the Military-Electronics Industry* (Praeger, 1970), p. 14. Ullman se réfère à l'*Electronics Industries Yearbook* de 1967.

	1950	1952	1955	1958	1961	1964	1968
Chiffre d'affaires total (milliards de dollars)	2,7	5,2	6,1	8,3	12,4	15,9	23,8
Produits grand public .....	55 %	25	25	20	16	18	21
Produits industriels .....	13 %	10	12	17	21	22	23
Secteur gouvernemental ....	24 %	60	55	54	58	55	53

2. Les clients de l'industrie électronique américaine, 1950-1968

Comme le note l'auteur, fort peu subversif, auquel nous empruntons ces données (que la revue *Electronics* publie d'ailleurs régulièrement et en beaucoup plus grand détail), beaucoup de fournitures destinées à l'industrie vont en fait à des firmes ayant d'importants contrats avec le secteur « gouvernemental », dont le tableau ci-dessus minimise donc l'influence réelle.

Comme nous venons de le dire, il suffit, pour obtenir des données plus précises, de consulter systématiquement la revue *Electronics* ; c'est une opération que l'abondance de la publicité rend à la fois fastidieuse et prodigieusement instructive en raison du cynisme ou du parfait naturel avec lequel d'innombrables entreprises privées, des plus petites aux géants comme Western Electric, General Electric ou R.C.A., y vantent leur production militaire. Pour l'année fiscale 1951/52 (aux Etats-Unis, l'année fiscale commence en juillet), la revue donne la liste des producteurs de matériel électronique figurant parmi les cent premiers fournisseurs du Pentagone, qui publie chaque année la liste de ses 500 premiers fournisseurs, avec les montants des factures et des contrats de R.D. (Imaginons un instant une France où l'on saurait chaque année ce que la Thomson-C.S.F., Matra, Dassault, la S.N.I.A.S., etc., ont vendu aux Armées, et ce qu'ils ont touché de la D.G.R.S.T., de l'Industrie, des Armées et de toutes sortes d'autres services gouvernementaux au titre d'aide à la R.D., à l'innovation, etc.).<sup>57</sup> On trouve dans l'ordre (nous revenons à l'Amérique) General Electric avec 977 millions de chiffre d'affaires militaire, Westinghouse (674), AT & T (658), Sperry (479), Bendix (473), I.T.T. (287), R.C.A. (211), Avco (185), Philco (161), Raytheon (143), Collins Radio (139), etc.<sup>58</sup> Il faudrait toutefois observer que les plus importantes de ces firmes fabriquent souvent beaucoup d'autres choses que du matériel électronique proprement dit. En 1959, si l'on considère les firmes ayant reçu du Pentagone les plus importants contrats de R.D. (fabrications exclues), on constate avec la revue que « mise à part une poignée d'exceptions, les cin-

57. « Si l'on s'attache à la manière dont ces crédits d'aide au développement sont utilisés, on devient quelque peu perplexé. En effet, quand j'ai demandé, en tant que rapporteur, quelles étaient les entreprises bénéficiaires de ces aides au développement, on m'a répondu que la liste en était couverte par le « secret industriel ». De même, quand j'ai demandé aux services de M. Aigrain un autre document concernant la préparation du budget de la recherche, on m'a dit : « Il est couvert par « le secret gouvernemental » » (Jean-Pierre Chevènement, Journal Officiel, Débats parlementaires, Assemblée Nationale, 19 octobre 1978, p. 6393). On doit pouvoir déduire de là que le « secret industriel » n'existe pas aux Etats-Unis. On trouvera dans Mattelart, op. cit., p. 73, la liste des cinquante principaux bénéficiaires des contrats de R.D. du Pentagone pour 1973, d'ailleurs extraite d'*Aviation Week and Space Technology*.

58. *Electronics*, juillet 1952, p. 16. Un dollar 1952 vaut largement deux dollars actuels.

quante principales compagnies sont soit des producteurs d'électronique, soit des entreprises de l'aéronautique, ou des firmes produisant d'autres matériels mais qui se sont engagées dans l'électronique » ; les contrats de R.D. avec le Pentagone se montent cette année-là à 302 millions chez General Electric, 163 chez Westinghouse, 139 chez Sperry, 132 chez Hughes Aircraft qui a un très important département d'électronique, 116 chez Western Electric (Bell Labs), 66 chez Raytheon, 61 chez R.C.A., etc. <sup>59</sup> La revue estime le marché total de l'industrie pour 1959 à 14,6 milliards dont 1,55 pour le « grand public », 1,57 pour le secteur industriel et commercial, 1,0 pour les pièces détachées, 5,2 pour le secteur « émissions de radio ou TV, distribution, services » manifestement omis par l'auteur du tableau précédent parce qu'il ne s'agit pas de production industrielle à proprement parler, et enfin 5,3 pour le secteur « gouvernemental ». Sa composition montre avec une grande clarté ce qu'il faut entendre, dans ce genre de contexte, par « gouvernement » : avions, 1,7 milliard, missiles 1,9, radar, télécommunications, pièces détachées 0,74, marine 0,36 et R.D. 0,6 milliard. <sup>60</sup> En 1964, sur un marché total de 17,2 milliards, le secteur grand public fournit un chiffre d'affaires de 2,55 milliards, le secteur industriel et commercial, de 4,13 milliards, et le gouvernement de 9,84 dont 8,0 pour le Pentagone, 1,67 pour la N.A.S.A., 0,1 pour la Federal Aviation Agency qui régleme la aéronautique civile et 0,066 (66 millions) pour l'Atomic Energy Commission, la revue évaluant à 2,0 milliards les dépenses de R.D. du seul Pentagone dans ce domaine. <sup>61</sup> Les achats de matériel électronique coûtent au Pentagone, en 1965, environ 15 % de son budget total de 48 milliards.

Comme ces données le suggèrent, l'impact des ventes militaires sur les firmes individuelles est considérable, mais il faut nuancer la description. Les firmes les plus importantes et les plus anciennes du secteur électrique — General Electric, AT & T, R.C.A., Westinghouse, etc. — possèdent depuis longtemps une clientèle civile très importante qui demande des émetteurs et récepteurs de radio et de télévision, des réseaux téléphoniques, des quantités massives d'électricité et donc tout le matériel pour la produire et la distribuer, etc. De ce fait, les marchés militaires ne représentent, pour la période 1960-1967, que 19 % du chiffre d'affaires de General Electric, 9 % chez AT & T (qui produit et surtout exploite le matériel de télécommunications) et 16 % chez R.C.A. ; ces entreprises, en raison de leurs chiffres d'affaires considérables, se placent parmi les dix ou vingt premiers fournisseurs du Pentagone (les autres appartiennent bien entendu à l'aéronautique, beaucoup plus uniformément militarisée que l'électricité), mais les marchés militaires n'exercent pas sur elles une influence aussi écrasante que sur les firmes moins importantes et plus récentes qui, elles, bien souvent, n'ont dû leur existence et leur survie qu'à ce marché qui n'existait pratiquement pas, ou fort peu, à l'époque où les géants se sont constitués. <sup>62</sup>

59. Idem, 2 janvier 1959, p. 10.

60. Idem, 9 janvier 1959, pp. 41-44.

61. Idem, 11 janvier 1965.

62. Pursell, op. cit., p. 322.

Interrogeant en 1965 trente firmes de l'électronique (celles dont le chiffre d'affaires dans ce secteur dépasse cent millions par an), le Battelle Institute constate que les ventes militaires représentent plus de 80 % du chiffre d'affaires dans six cas, entre 60 et 80 % dans neuf cas, entre 30 et 60 % dans neuf cas encore, et moins de 30 % dans les six cas restants. En 1964, les fabrications militaires occupent 524.000 personnes sur un emploi total d'environ 1.100.000 dans l'industrie électronique, soit 47 % du total. Cette situation rendrait naturellement douloureuse toute reconversion consécutive à un accord de désarmement sérieux. Dans l'hypothèse d'un « gel » des forces nucléaires stratégiques, on devrait espérer, si l'on ose dire, 121.000 chômeurs dans le secteur électronique au bout d'un an. Dans l'hypothèse d'un « désarmement général et complet », qui se traduirait par une réduction de 73 % des achats militaires en trois ans, on aurait 383.000 chômeurs sur les bras au bout du compte ; en cas de réduction de 25 % en cinq ans des achats militaires sans désarmement ou contrôle des armements, il faudrait encore s'attendre à 131.000 licenciements en trois ans. Et Battelle de nous tracer un tableau des contrastes entre les secteurs militaire et civil de l'industrie électronique : très peu de clients très riches au lieu de beaucoup de petits clients ; prix relativement peu importants et performances spécifiées dans le premier cas alors que les prix importent beaucoup et que l'on achète les matériels déjà existants dans le second cas ; R.D. en grande partie payée d'avance par le client dans le premier cas mais non dans le second ; importance du marché potentiel généralement divulguée par le client dans le secteur militaire alors que le fabricant doit l'estimer à ses risques et périls dans le secteur civil ; marché conquis à l'aide d'une offre directe dans le premier cas alors que, dans le secteur civil, il faut de la publicité, des relations personnelles, des entrepôts pour abriter les stocks, faire crédit à l'acheteur, etc., l'aspect commercial étant très réduit pour les ventes militaires et très important pour le marché civil, etc. La reconversion du personnel administratif habitué aux marchés militaires vers les marchés civils poserait des problèmes psychologiques compliqués : incompétence en dehors des domaines d'intérêt militaire, manque d'esprit d'aventure et d'entreprise, manque de talent et d'expérience en ce qui concerne les décisions d'investir des capitaux, attitude générale, façons de penser, centres d'intérêt des personnels habitués aux marchés militaires impossibles à modifier, etc. <sup>63</sup> Autant dire qu'abandonnés aux intempéries du marché civil, les personnels dirigeants des entreprises vivant du marché militaire feraient rapidement faillite par manque d'adaptabilité au « struggle for life » qui caractérise la libre entreprise...

L'influence du secteur « gouvernemental », déjà majoritaire en ce qui concerne la production qu'elle absorbe, est encore bien plus profonde si l'on examine les activités de R.D. seulement, ce qui est bien naturel puisque c'est le secteur gouvernemental qui a le premier besoin des produits les plus sophistiqués. L'enquête de Battelle note par exemple qu'en 1964 les commandes militaires occupent 75 % (et non pas 47 %) des 224.000 personnes employées

63. U.S. Arms Control and Disarmament Agency, *The Implications of Reduced Defense Demand for the Electronics Industry* (U.S.G.P.O., 1965), étude préparée par Battelle. Pour tout ce qui précède, voir pp. 14, 25, 57, 64, etc. Rappelons qu'il s'agit dans tout cela de l'Amérique.

aux activités de R.D. de l'industrie électronique. De leur côté, les statistiques de la National Science Foundation (N.S.F.) montrent l'importance de la contribution gouvernementale au financement des activités de R.D. de l'industrie électrique en général (laquelle dépasse considérablement, en chiffre d'affaires, l'électronique proprement dite) : <sup>64</sup>

	1957	1963	1967	1971	1975
Dépenses totales ....	1.804	2.866	3.867	4.534	5.530
Crédits fédéraux ....	1.196	1.849	2.296	2.302	2.515
dont D.O.D. ....	?	1.200	1.437	1.531	1.710
dont N.A.S.A. ....	?	300	404	310	209

3. Financement de la R.D. dans l'industrie électrique (millions de dollars courants)

Dans le secteur « composants électroniques et matériel de télécommunications », qui recouvre la majeure partie de l'industrie électronique, les chiffres de la N.S.F. sont résumés dans le tableau suivant :

	1957	1963	1967	1971	1975
Dépenses totales ....	748	1.773	2.425	2.881	3.407
Crédits fédéraux ....	518	1.209	1.495	1.546	1.503

4. Financement de la R.D. dans l'industrie des composants et télécommunications (millions de dollars courants)

La N.S.F. n'indique pas, dans ce cas, les contributions respectives du Pentagone et de la N.A.S.A., mais elles sont vraisemblablement encore plus élevées, en pourcentages, que dans le cas de l'industrie électrique en général. Au reste une autre enquête de la N.S.F. nous dit qu'en 1963 le D.O.D. et la N.A.S.A. avaient procuré à General Electric, Western Electric et R.C.A. des contrats de R.D. d'un montant total de 308 millions, 276 millions et 153 millions respectivement. D'un autre côté, Freeman, qui a beaucoup étudié l'industrie électronique de cette époque, estime quant à lui les dépenses totales de R.D. des trois entreprises en question pour 1964 à 400 millions, 342 millions et 200 millions respectivement. Le rapprochement de ces chiffres donne la mesure de la contribution militaire au financement de l'innovation dans ces domaines. <sup>65</sup>

## LE FINANCEMENT GOUVERNEMENTAL DE LA RECHERCHE

Les activités de R.D. dans le secteur électronique ne sont pas toutes le fait de l'industrie privée ; les laboratoires gouvernementaux, les universités

64. Voir *Research and Development in Industry* 1975 (N.S.F. 77-324), tables B 3, B 6 et B 8, qui fournissent aussi les chiffres du tableau suivant. Noter que la N.S.F. n'inclut pas dans l'industrie électronique celle des ordinateurs (perdue à l'intérieur d'un secteur « machinery » qui comprend aussi bien les tracteurs agricoles, et sur laquelle la N.S.F. ne publie d'informations séparées que depuis 1972 sans même encore isoler les contributions fédérales dans ce secteur).

65. *Research and Development in the Aircraft and Missiles Industry* (17 pages, N.S.F. 69-15). Freeman, op. cit., p. 142. Nous trouvons dans H. Orlans, « *D & R - Allocations in the United States* (Science Studies, vol. 3, 1973, pp. 119-161), p. 126, une statistique officielle portant sur les contrats de R.D. du Pentagone, de la N.A.S.A. et de l'A.E.C. pour 1963 et qui attribue 403 millions à General Electric, 404 à AT & T et 153 à R.C.A., ainsi que 137 millions à Sperry Rand (compagnie dont Freeman estime à 166 millions les dépenses totales de R.D. en 1964). Les divergences entre ces chiffres et ceux de la N.S.F. n'étonneront que les personnes n'ayant jamais tenté de pénétrer dans ce genre de littérature...

et les instituts de recherche sans but lucratif (par exemple le Lincoln Lab, le Stanford Research Institute, la MITRE Corporation, <sup>66</sup> l'Applied Physics Laboratory de l'université Johns Hopkins, etc.) y participent aussi. La seule enquête globale couvrant tous les secteurs que nous connaissions dans ce domaine est due à la Communauté économique européenne et ne nous inspire pas une confiance absolue (notamment parce qu'elle confirme trop bien nos théories...). <sup>67</sup> La C.E.E. estime qu'en 1965 le gouvernement américain finançait, directement ou indirectement, 84 % de toutes ces activités, le Pentagone fournissant 36 % des crédits, la N.A.S.A. 46 %, le reste du secteur gouvernemental 2 % et l'industrie elle-même 16 %. La même enquête estime qu'en 1959 — date où les activités spatiales sont encore très réduites — le Pentagone fournissait 80 % de tous les crédits. Il est de fait qu'à cette époque le « gouvernement » finançait, d'après la N.S.F., les trois quarts de la R.D. dans l'industrie privée des composants et télécommunications, il fournissait environ 70 % des crédits de recherche universitaire dans ce domaine comme on le verra un peu plus loin, enfin il subventionnait en totalité, évidemment, les activités de R.D. des laboratoires gouvernementaux ou paragouvernementaux. Le chiffre de 80 % n'est peut-être pas, après tout, très loin de la réalité, laquelle dépend de toute façon des définitions adoptées pour ce qu'on appelle l'électronique.

La N.S.F., de son côté, nous fournit, au moins pour les années relativement récentes, des informations fort éclairantes sur l'ensemble des crédits de *recherche de base* ou appliquée (développement exclu) attribués par le gouvernement fédéral à l'ensemble des secteurs d'exécution de la recherche. Quoique les fondements théoriques de l'électronique se trouvent dans les mathématiques, l'informatique et surtout la physique, les aspects plus appliqués sont couverts, aux Etats-Unis, par ce qu'on appelle l'*electrical engineering*, discipline qui, à elle seule, constitue un département dans toutes les grandes universités par exemple. En 1968, l'origine des crédits fédéraux attribués à l'*electrical engineering* ressort du tableau suivant (colonne 12) où nous avons

66. La MITRE Corporation (M.I.T. Research and Engineering) fut fondée en 1958 avec 250 ingénieurs et scientifiques du Lincoln Lab ayant participé à l'élaboration du système S.A.G.E. mentionné plus haut ; le M.I.T., estimant que ce genre d'activité n'était plus « approprié » pour une institution d'éducation (!), offrit de patronner une corporation « not-for-profit » dont le président de la maison mère présiderait aussi le « board of trustees ». La MITRE occupait 2 050 personnes en 1967 (dont 153 mathématiciens, 93 physiciens et 461 ingénieurs), était présidée par John L. McLucas (directeur des affaires scientifiques de l'O.T.A.N. de 1964 à 1966 et précédemment directeur adjoint, pour le programme de guerre tactique, de la R.D. du Pentagone), et se spécialisait dans les problèmes d'électronique, d'ordinateurs, de radar, de navigation, etc., liés au développement de la défense continentale, des anti-missiles, des satellites militaires d'observation, etc. Son budget (36 millions) était entièrement fourni par l'Air Force. Une méthode analogue fut adoptée par le M.I.T. pour se séparer, après les émeutes étudiantes de 1969/1970, de son *Instrumentation Laboratory* où l'on avait développé depuis 1945 les systèmes de guidage à inertie de la plupart des bombardiers et missiles stratégiques américains (Thor, Titan, Polaris, système M.I.R.V., etc.). Les personnes innocentes qui s'indigneraient de voir des « institutions d'éducation » américaines associées à ce genre d'activités devraient noter qu'aux Etats-Unis la chose provoque de loin en loin des protestations. Le directeur de l'*Instrumentation Laboratory*, Charles Stark Draper, mis à la retraite sous la pression des étudiants et enseignants contestataires en 1971, a eu droit, à Paris, à un siège de membre étranger de l'Académie des Sciences en juin 1978, en raison même de ces contributions fondamentales au développement des systèmes de guidage à inertie. Voir *Contract Research and Development Adjuncts of Federal Agencies* (Denver Research Institute, 1969) et D. Nelkin, *The University and Military Research. Moral Politics at M.I.T.* (Cornell, 1972).

67. Voir *L'industrie électronique dans les pays de la communauté et les investissements américains*, ainsi que *La recherche et le développement en électronique dans les pays de la Communauté et les principaux tiers* (C.E.E., série Industrie, n° 1 et 2, 1969). Les proportions que l'enquête de la C.E.E. attribue au Pentagone et à la N.A.S.A. dans le financement de la R.D. en électronique diffèrent beaucoup de celles que la N.S.F. leur attribue dans le tableau 4 ci-dessus.



résumé et simplifié ce que la N.S.F. nous apprend <sup>68</sup> quant au financement fédéral de la recherche dans toutes les branches de l'activité scientifique :

Branche . . . . .	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Total . . . . .	119	238	619	238	301	272	83	343	324	68	55	338	93	118	230	633	901	98	195
D.O.D. . . . .	79	26	238	66	60	40	47	170	147	32	11	282	66	54	63	56	49	23	6
N.A.S.A. . . . .	3,7	193	108	6,4	191	184	2	170	177	6	26	45	14	21	93	91	7	6	2
A.E.C. . . . .	5,8	0	216	60	5	1	2	0	0	5	0	0	0	25	2	72	7	0	0
H.E.W. . . . .	5,3	0	€	36	1	0	0	0	0	€	1	€	4	2	8	159	792	43	75
N.S.F. . . . .	19	16	38	22	25	25	16	0	0	4	2	4	2	3	6	57	0	8	17
Agri . . . . .	0,6	0	4	27	1	2	0	0	0	1	€	€	0,5	0	16	129	20	0	30
Comm. . . . .	0,7	0	11	5	14	1,5	2	0	0	0	0	1,6	2,5	1,5	3	0	0	0,5	12
Int. . . . .	1,8	0	3	14	5	30	4	0	0	18	11	1,5	1,5	11	1,5	43,5	0	0,5	4
Transp. . . . .	2,3	0	€	0	€	0	11	0,4	0	0	1	1,0	1	1	32	1,2	€	0,5	5

5. Origine et destination des crédits fédéraux de recherche (développement exclu) en 1968, en millions de dollars courants.

La numérotation des colonnes dans le tableau précédent suit très exactement la classification d'Auguste Comte, dont nous ignorons si elle a inspiré les experts de la N.S.F. ou si elle est maintenant tombée dans le domaine public :

1. Mathématiques et informatique théorique ; 2. Astronomie ; 3. Physique ; 4. Chimie ; 5. Sciences de l'atmosphère ; 6. Géologie ; 7. Océanographie ; 8. Aeronautical Engineering ; 9. Astronautical Engineering ; 10. Chemical Engineering ; 11. Civil Engineering ; 12. Electrical Engineering ; 13. Mechanical Engineering ; 14. Métallurgie et Matériaux ; 15. Divers ingénierie (dont nucléaire) ; 16. Biologie (dont agriculture) ; 17. Médecine clinique ; 18. Psychologie (aspects biologiques et sociaux) ; 19. Sciences sociales (anthropologie, économie, sciences politiques, sociologie, linguistique, pédagogie, histoire).

La signification des sigles utilisés est la suivante :

D.O.D. : Department of Defense (Pentagone). N.A.S.A. : évident. A.E.C. : Atomic Energy Commission, le C.E.A. américain. H.E.W. : Department of Health, Education, and Welfare (principalement les National Institutes of Health, analogues à l'I.N.S.E.R.M. français). N.S.F. : National Science Foundation. Agri : ministère de l'Agriculture. Comm. : ministère du Commerce. Int. : ministère de l'Intérieur (conservation, mines, pêche, parcs nationaux, etc.). Transp. : ministère des Transports.

Il y a encore beaucoup d'autres agences gouvernementales qui subventionnent la recherche, mais leurs contributions sont presque toujours négligeables et ne feraient que compliquer un tableau que la plupart de nos lecteurs (qui n'ont sans doute jamais été exposés aux tableaux détaillés de la N.S.F.) trouveront déjà très suffisamment rébarbatif. Et pourtant, c'est lui qu'il faut examiner si l'on désire passer de la sphère du discours à celle des faits précis.

La colonne 12 nous montre que cette année-là, le Pentagone fournissait encore 282 des 338 millions attribués par le gouvernement à la recherche (surtout appliquée) en electrical engineering, ce qui représente une propor-

68. *Federal Funds for Research, Development, and Other Scientific Activities, Fiscal Years 1968, 1969, and 1970* (N.S.F. 69-31). La lettre grecque € désigne une contribution négligeable. On a souligné, dans chaque colonne, les contributions dépassant 10 % du total.

tion de 83,67952 pour cent du total (puisque les progrès de l'électronique nous procurent des ordinateurs de poche à bon marché, servons-nous en). Pour l'ensemble de l'ingénierie (colonnes 8 à 15), la proportion des crédits militaires proprement dits n'est que de 50 % environ ; en particulier, le secteur aérospatial (colonnes 8 et 9) est financé à peu près également par le Pentagone et la NASA, laquelle s'intéresse beaucoup moins que le premier à l'electrical engineering. Un secteur comme la physique (colonne 3) reçoit 38 % de ses crédits du Pentagone, 17 % de la N.A.S.A., 35 % de l'A.E.C. et 6,1 % de la N.S.F., spécialisée dans la recherche de base non orientée ; mais il est vrai que toute la physique des hautes énergies, fort coûteuse, est financée par l'A.E.C. sans but pratique concret précis en vue. Dans le secteur biologique (colonne 16), les crédits militaires ne représentent que 8,8 % du total (dix fois moins, proportionnellement, qu'en electrical engineering) et 5,4 % seulement en médecine clinique. Le seul secteur dont le degré de militarisation (mesuré au pourcentage des crédits militaires) approche celui de l'electrical engineering est celui des mathématiques (colonne 1), avec 66 % du total ; il y a aussi le mechanical engineering (colonne 13), avec 71 %.

Les données relatives à 1977 montrent encore 75 % de crédits militaires en electrical engineering, contre 50 % pour l'ensemble de l'ingénierie, 43 % en mathématiques, 19 % pour l'ensemble des sciences physiques et 5 % pour les sciences de la vie et les sciences sociales. <sup>69</sup>

Dans le domaine de la recherche universitaire, la N.S.F. nous fournit aussi quelques données réparties sur une longue période, mais séparées, pour nous, par un long « trou noir ». En 1954, dans le secteur de l'electrical engineering, les crédits fédéraux destinés à la recherche universitaire se montaient à 17,8 millions, dont 17,4 fournis par le Pentagone ; il est vrai qu'il fournissait 47,5 des 51,6 millions de crédits gouvernementaux et des 11,1 millions de ressources propres que consommaient l'ensemble des départements d'engineering des universités. <sup>70</sup> Pour 1958, la N.S.F. nous dit seulement que 81 % des crédits fédéraux de recherche en engineering (49 millions) destinés aux universités provenaient du Pentagone. <sup>71</sup> En 1970, le Pentagone et la N.A.S.A. fournissaient respectivement 55 et 30 pour cent des crédits fédéraux de recherche universitaire en electrical engineering. Il faudrait toutefois observer que d'autres domaines recevaient, eux aussi, de très fortes proportions de crédits militaires : aéronautique (56 %), océanographie (56 %), sciences politiques (50 %), physique (44 %), géologie (38 %), mathématiques (37 %). A l'opposé, les médecins se contentaient de 2,4 % de crédits militaires, 94 % de leurs ressources provenant des National Institutes of Health (santé publique). <sup>72</sup> En 1977 enfin, la proportion des crédits militaires avait

69. *Federal Funds for Research and Development, Fiscal Years 1977, 1978, and 1979* (N.S.F. 78-312), Appendix C, tables C-23, C-26 et C-14. Il va de soi que, dans les sciences physiques, le financement très abondant par l'A.E.C. et la N.A.S.A. présente une composante militaire considérable bien qu'émanant d'administrations civiles.

70. *Scientific Research and Development in Colleges and Universities, Expenditures and Manpower, 1953-1954* (N.S.F. 59-10), table A-9. Ces crédits de recherche fournissent aussi une partie, variable, des salaires des universitaires.

71. Pour la recherche (universitaire ou non, développement exclu) en engineering, on trouvait en 1958, sur 277 millions de crédits fédéraux, 216 millions de crédits militaires et 40 fournis par la N.A.S.A. (NSF 59-40, pp. 58-59).

72. *Federal Obligations for Academic Science, 1970* (N.S.F. 72-3010), table B-2.

beaucoup baissé dans presque tous les domaines de la recherche universitaire (elle s'établit globalement à dix pour cent : 243 millions sur 2.482), même en physique par exemple, mais elle restait encore fort élevée dans le secteur aérospatial (colonnes 8 et 9) avec 38,5 millions de crédits D.O.D. sur 46 millions de crédits fédéraux, la N.A.S.A. étant maintenant relayée par la N.S.F. comme dans plusieurs autres domaines.<sup>73</sup> Il n'est pas surprenant dans ces conditions que les deux principaux dirigeants du Lincoln Lab aient pu écrire en 1977 les lignes suivantes, qui pourraient nous servir de conclusion en ce qui concerne l'électronique :<sup>74</sup>

Alors que les circuits intégrés à grande échelle deviennent disponibles pour introduire l'électronique dans les habitations et les vies quotidiennes d'un plus large public, il se peut que nous assistions à une diminution du rôle que la Défense nationale jouera en modelant la croissance future de cette technologie. Jusqu'à maintenant, toutefois, ce rôle a été crucial : de tous les ingrédients majeurs de la « révolution continue en électronique », seul le transistor apparut sans la stimulation des besoins militaires et l'appui du financement militaire. En même temps, l'innovation électronique a renforcé nos défenses, suscité de nouvelles conceptions de la tactique et des opérations militaires et, lorsque d'autres s'y sont laissés aller (when indulged in by others), a soumis à des défis majeurs notre position stratégique parmi les nations du monde.

---

73. *Federal Funds for Research and Development, Fiscal Years 1977, 1978, and 1979* (N.S.F. 78-312), tables C-75 à C-79.

74. G.P. Dinneen et F.C. Frick : *Electronics and National Defense : A Case Study* (Science, 18 mars 1977).