

Paul N. Edwards, "Construire le monde clos: l'ordinateur, la bombe, et le discours politique de la guerre froide," traduction d'un extrait de Paul N. Edwards, *The Closed World: Computers and the Politics of Discourse in Cold War America* (Cambridge, MA: MIT Press, 1996)

Publié dans *Les sciences pour la guerre: 1940-1960*, eds. Amy Dahan et Dominique Pestre (Paris: Éditions de l'École des hautes études en sciences sociales, 2004), 223-250

Construire le monde clos : l'ordinateur, la bombe et le discours politique de la guerre froide

Paul N. Edwards¹

Pendant la guerre froide, les armes de prédilection sont les idéologies, les alliances, les conseillers, l'aide internationale, le prestige national et, surtout, le poids écrasant de la technique de pointe qui sous-tend toutes les autres. Ce sont les têtes nucléaires, les bombardiers intercontinentaux, les missiles balistiques et les satellites qui forment l'armature stratégique de cette guerre. La logique étrange mais irrésistible de la dissuasion nucléaire exige sans cesse qu'on développe des arsenaux ruineux d'armes high-tech qui remplissent un double rôle, comme armes et comme symboles de pouvoir, de prouesse technique et de prestige. Sans la portée intercontinentale et la prodigieuse force de destruction de ces armes, la guerre froide n'aurait jamais pu devenir un conflit vraiment mondial. Sans leur pouvoir symbolique – évoquant aussi bien l'apocalypse que le succès ou l'échec d'ordres sociaux dans leur ensemble – la guerre ne serait jamais devenue véritablement globale : une bataille titanesque mobilisant les cœurs et les esprits autant que les mains. De toutes les machines servant à livrer la guerre froide, l'ordinateur digital est aujourd'hui le plus répandu, et peut-être en est-il l'héritage le plus important. Pourtant, on réalise assez peu combien l'ordinateur a donné naissance à la puissance technique de la guerre froide et structuré son atmosphère politique. Et presque personne ne saisit l'influence réelle de la guerre froide sur l'ordinateur. La politique s'incarne dans les machines – y compris parfois dans leur conception technique – tandis que les machines en créent les conditions de possibilité. Ce chapitre explore le rôle complexe joué par les ordinateurs, comme outils et métaphores centrales du discours politique américain de la guerre froide.

« Nous défendons toutes les parties du monde » : construire le monde de la guerre froide

Aux États-Unis, le discours politique du début de la guerre froide se situe dans le contexte dramatique d'un monde éclaté : un monde en train de se reconstruire sur ses cendres et pourtant divisé comme jamais. Dans sa version américaine, le drame de la guerre froide se joue autour des tentatives de contenir, envahir ou faire implo-

1. Traduit par David Aubin.

ser le monde clos du communisme, avec des symboles linguistiques comme « le Rideau de fer » qui se réalisent dans le mur de Berlin. En parallèle, les Américains conçoivent la planète comme un tout refermé sur lui-même : une scène unique sur laquelle ne se joue rien d'autre que le combat du capitalisme et du communisme et dont l'unique échappatoire serait l'utopie technique du voyage dans l'espace. Les États-Unis se voient alors comme les gestionnaires du monde entier au niveau politique, économique et militaire, soit directement ou au travers d'intermédiaires.

Au début de 1947, la Grande-Bretagne retire son soutien aux forces anticomunistes en Grèce et en Turquie. Reprenant le flambeau, lors d'un important discours devant le Congrès, le président Truman fait adopter une aide militaire en « effrayant le peuple américain. » Il assimile alors le communisme à une forme mondiale de terrorisme aux tendances expansionnistes implacables. Ce discours sous-entend que les États-Unis doivent désormais soutenir les forces anticomunistes partout dans le monde. En juin, le gouvernement annonce son plan de redressement européen, ou « plan Marshall », une aide sans précédent visant à favoriser la reconstruction du capitalisme industriel européen (et à atténuer le surplus excédentaire énorme des États-Unis), à créer un marché commun en Europe et à intégrer l'Allemagne défaite à l'économie européenne. La même année, le terme « guerre froide » se répand pour décrire le conflit ouvert, mais limité du point de vue militaire, entre l'Est et l'Ouest. Les relations Est-Ouest demeurent pour l'essentiel gelées pendant les six années qui suivent. La doctrine Truman d'endiguement, ou « *containment* », incarne l'essentiel de la politique américaine vis-à-vis du communisme pendant plus de quatre décennies. Cet endiguement, avec l'image qu'il évoque d'un espace préservé et délimité par le pouvoir des États-Unis, constitue la métaphore centrale du discours du monde clos. Bien que présentant plusieurs faces souvent paradoxales, cette métaphore s'articule couramment autour du mondialisme, d'un programme multidimensionnel incluant des dimensions politiques, religieuses et économiques, enfin, d'engagements militaires de grande envergure impliquant des politiques, elles aussi de grande envergure.

La rhétorique du leadership moral américain qui sous-tend l'idée de l'endiguement remonte à la vision coloniale de la « ville sur la montagne [*the City on a Hill*] », tandis que l'idée d'une sphère d'influence américaine remonte à la doctrine Monroe². Le discours politique du monde clos se démarque toutefois de ses prédécesseurs en ceci qu'il se caractérise par un mondialisme véritable, une restructuration systématique et délibérée de la société civile américaine et une insistance sur les moyens techniques permettant de déployer la force militaire des États-Unis

2. Baritz, 1985, chapitre 1.

dans le monde entier. La dimension militaire du discours du monde clos découle du rôle joué par les États-Unis comme nouvelle puissance hégémonique dans ce que les historiens, à l'instar de Fernand Braudel et Immanuel Wallerstein, ont appelé le « système mondial capitaliste. »

La théorie des systèmes mondiaux pose que la logique intrinsèque du capitalisme le pousse à rechercher l'intégration économique internationale et l'élimination des barrières commerciales de toutes sortes (économiques, politiques, sociales et militaires) afin de favoriser le libre-échange. En tant que force purement économique, le capitalisme n'est pas soumis à la géographie. Les États-nations, par contre, tendent à poursuivre des politiques d'autarcie économique, en cherchant à maximiser leur propre bien-être au sein d'un territoire géographique ou d'un bloc commercial au moyen d'un équilibre de forces. Les unités politico-économiques qui parviennent à s'exclure du système mondial font soit partie du « monde extérieur » (des empires qui se suffisent à eux-mêmes), ou bien sont déconnectées des grands ensembles économiques (marchés de subsistance). Selon cette théorie, lorsqu'une puissance hégémonique unique émerge au sein du système mondial, sa position structurelle la conduit à tenter de contraindre les autres nations à abandonner l'autarcie en faveur de la libre circulation des marchandises et des capitaux³.

Seule nation à sortir indemne de la seconde guerre mondiale, les États-Unis sont bien hégémoniques dans l'après-guerre. L'URSS devient la principale puissance capable d'organiser le « monde extérieur » aux marchés capitalistes. Le système mondial forme une sorte de monde clos, tandis que l'Union soviétique et ses satellites en forment un second. Le conflit de la guerre froide se déroule aux marges de ces deux mondes, et en constitue un troisième qui les chapeaute : le système formé à partir de la circulation de leurs actions entremêlées. Aussi bien au niveau militaire qu'économique, la logique de l'endiguement a un caractère ambigu. Les buts américains sont simultanément : enfermer l'Union soviétique sur elle-même (la percevant comme une société close, un empire) ; enfermer les nations capitalistes sur elles-mêmes (percevant le capitalisme comme un système clos et le protégeant des supposées forces de pénétration des doctrines politico-économiques communistes) ; enfin, étendre le système mondial capitaliste afin d'enfermer la planète entière sur elle-même en pénétrant et faisant imploser la sphère soviétique. Selon une métaphore idéologiquement chargée, ce dernier but est normalement présenté comme l'« ouverture » du monde au libre-échange.

Dans la doctrine Truman, le monde est donc triplement clos. D'un certain point de vue, le monde clos, c'est la société communiste, répressive, vivant dans le

3. McCormick, 1989, p. 5.

secret, et entourée (endiguée) par l'espace ouvert capitaliste et démocratique. Il s'agit de l'interprétation voulue par les architectes de la métaphore de l'endiguement. D'un second point de vue, le monde clos est en fait le système mondial du capitalisme. Menacé d'invasion, il se défend par un genre d'auto-endiguement afin de préserver son intégrité. D'un troisième point de vue, le plus général, l'espace mondial dans son ensemble est lui-même un monde clos au sein duquel, où que l'on soit, on retombe toujours sur ce combat de la liberté contre l'esclavage, de la lumière contre l'obscurité, du bien contre le mal. Le bipolarisme engendre une vision systématique du monde comme un tout consistant dont doit faire partie tout conflit du Tiers-Monde en l'assujettissant au combat à la vie et à la mort engagé entre le monde libre et ses ennemis communistes. Même si chaque camp a de fait son quartier général national, le combat dans son ensemble se déroule partout et tout le temps. Sous une telle définition de la sécurité nationale, le parapluie américain se déploie sur le monde. Pendant la guerre de Corée, alors que l'incorrigible général Douglas MacArthur cherche à refouler les Chinois et les Nord-Coréens, Truman est forcé de lui retirer son commandement. Au cours de l'enquête sénatoriale qui suit, on fait cependant de MacArthur un héros national pour avoir identifié le combat contre le communisme à une « proposition globale ». Le général déclare aux sénateurs : *« On ne peut pas laisser la moitié du monde sombrer dans l'esclavage et nous contenter de défendre l'autre. Ce que je maintiens, c'est que nous défendons toutes les parties du monde, et j'affirme que nous pouvons le faire. Si vous dites que vous ne le pouvez pas, vous admettez alors notre défaite⁴. »*

La résolution du conseil national de sécurité n° 68 (NSC-68) – probablement le document le plus important du début de la guerre froide – est l'expression la plus franche de ce que James Chace et Caleb Carr ont appelé l'« universalisation des menaces à la sécurité des États-Unis⁵ ». *« L'objectif implacable de l'état esclavagiste, qui est d'éliminer la menace de la liberté, a placé les deux grandes puissances à des pôles opposés [...]. L'assaut contre les institutions libres est maintenant mondial, et, dans le contexte de la polarisation des pouvoirs, une seule défaite des institutions libres, peu importe où, est une défaite globale. [...] [Il ne suffit plus] simplement de chercher à contrer les objectifs du Kremlin, car l'absence d'ordre dans le concert des nations est de plus en plus intolérable. De ce fait, il nous incombe, dans nos propres intérêts, d'assumer la responsabilité du leadership mondial. [...] La guerre froide est en fait une véritable guerre qui met en jeu la survie du monde libre⁶. »*

4. MacArthur, 1951, p. 68, 81-83. Souligné par nous.

5. Chace & Carr, 1988, p. 248.

6. NSC-68, tel que cité *ibid.*, p. 248.

C'est dans des termes semblables que les architectes du discours du monde clos articulent un nouveau langage allant de pair avec leurs stratégies politiques et leur position militaire et liant intimement les métaphores, les croyances et les idéologies aux pratiques, politiques et techniques de la guerre froide dans le sombre théâtre de l'apocalypse qui englobe tout.

Dans le monde clos de la guerre froide, tout conflit militaire se déroule à l'ombre de l'arme atomique. Il s'agit de faire la guerre dans un monde où l'annihilation mutuelle et totale, jusqu'à l'extermination de toute vie humaine, est désormais une possibilité incontournable à l'aune de laquelle tout conflit doit être appréhendé. Le paradoxe, cependant, est que l'arme ultime devient la limite ultime de la puissance militaire. À partir de 1949, l'arme atomique ne peut plus promettre que l'issue la plus vide de sens : une « victoire » à la Pyrrhus. Pour surmonter les contradictions et la terreur que véhicule l'arme nucléaire, la guerre elle-même devient autant un champ de l'imaginaire qu'une réalité pratique. Dans l'univers confiné de la politique nucléaire, les simulations deviennent plus réelles que la réalité elle-même, puisque l'impasse atomique se mue en une guerre de position abstraite.

Les simulations – modèles informatiques, jeux de guerre, analyses statistiques, discours de stratégie nucléaire – acquièrent, en un sens important, une signification politique et un impact culturel plus grands que ceux des armes atomiques dont on ne peut pas se servir. En l'absence d'expérience directe, l'arme atomique oblige les stratégies militaires à adopter les techniques de simulation basées sur des hypothèses, des calculs et des « règles d'engagement » hypothétiques. Le but de chaque puissance nucléaire est de maintenir un scénario gagnant – une victoire théâtrale ou simulée, un effet psychologique et politique – plutôt que de livrer effectivement une telle guerre. L'issue réelle n'a plus trop d'importance puisque les conséquences sont trop graves pour être intelligibles et trop dangereuses pour être testées. Du fait de son énormité et de son échelle, le monde de l'arme atomique devient un monde clos, une lentille à travers laquelle tout autre conflit politique doit être perçu. Pour ceux qui étudient ses stratégies, la guerre nucléaire ne peut être qu'un jeu à plusieurs niveaux.

La portée de la guerre froide comme fait matériel et économique ne peut donc pas être appréhendée sans porter attention à ses dimensions métaphoriques et culturelles. Les armes sont comprises, de manière simultanée, comme des éléments centraux de l'économie des politiques nationales et des recherches scientifiques. L'ordinateur est un exemple parfait de la relation inséparable entre l'arme et l'outil, l'outil et la métaphore, la métaphore et l'action politique. Par la mise en œuvre de systèmes conçus pour la défense aérienne, le commandement et le contrôle militaire, l'analyse de données, la surveillance par satellites et, à partir des années 1960, les missiles de croisière et les avions à réaction, l'ordinateur est un facteur clé

dans l'augmentation massive de la rapidité et l'échelle de l'art de la guerre. Mais l'ordinateur revêt aussi une importance symbolique et pratique immense dans les mondes de la guerre froide et de la guerre du Vietnam, pour lesquels il représente l'espoir d'un contrôle total aux standards exigeants et de solutions techniques et rationnelles à une foule de problèmes complexes.

L'expression « discours du monde clos » recouvre donc une façon de parler, une vision du monde et un ensemble de pratiques globalement caractérisées par les éléments suivants :

- Des techniques tirées du génie et des mathématiques pour modéliser certains aspects du monde comme des systèmes fermés.
- Des technologies qui rendent l'analyse de systèmes et le contrôle central possible à grande échelle, la plus importante de ces technologies étant l'ordinateur, quoique bien d'autres technologies de l'information et des communications de l'après-guerre aient eu leur rôle à jouer.
- Des innovations organisationnelles que facilitent ces machines et qui permettent de gérer des systèmes hommes-machines très étendus, très complexes, à l'échelle mondiale.
- Des pratiques de simulations mathématiques et informatiques de systèmes tels que les processus de production et la stratégie.
- Des expériences de grande politique en tant que systèmes gouvernés par des règles et manipulables, par exemple, par le biais de la puissance nucléaire ou d'interventions économiques keynésiennes.
- Des fictions, fantasmes et idéologies, y compris des visions telles que la maîtrise du globe par la puissance aérienne et les armes atomiques, le danger que l'expansionnisme de « l'Empire du mal » fait courir à la planète et le commandement et contrôle centralisé, instantané et automatisé.

Une façon de parler en termes de systèmes, de jeux, de communication et d'information qui relèvent de formalismes au détriment de la connaissance empirique et située. Ce langage comprend nombre de métaphores-clés, par exemple, que la guerre est un jeu et que commandement égal contrôle.

L'ordinateur et la seconde guerre mondiale

Pendant la deuxième guerre mondiale, presque toutes les recherches en informatique (de même que la majorité de la recherche et du développement scientifique aux États-Unis) sont financées directement par le Département de la Défense. Premier ordinateur digital américain, l'ENIAC est construit afin d'automatiser le calcul des tables balistiques. Il n'est achevé qu'après la fin de la guerre. Mais, dès qu'il

est prêt, sa première tâche sera de résoudre une équation physique compliquée qui provient des recherches sur la bombe à hydrogène conduites à Los Alamos.

Le conflit terminé, le financement industriel émerge lentement. Quelques-uns des pionniers de l'informatique, comme les ingénieurs de l'ENIAC John Mauchly et Presper Eckert, s'investissent dans le privé. La société qu'ils forment développe d'abord le BINAC, premier ordinateur américain à programmation interne (en 1949), puis l'UNIVAC, premier ordinateur commercial (dont la première unité est livrée en 1951). Mais les agences militaires continuent d'assumer la plus grande part du financement. L'armée de Terre (*via* le bureau du recensement) et l'armée de l'Air sont les soutiens majeurs d'Eckert et Mauchly. Plusieurs chercheurs en informatique reçoivent des contributions directes de l'Office of Naval Research (ONR). D'autres sont mobilisés par la société privée Engineering Research Associates (ERA), qui développe des ordinateurs de cryptologie pour son client principal, la marine américaine. C'est le soutien des militaires qui permet à John von Neumann d'entamer la construction d'un ordinateur à l'Institute for Advanced Study. Plusieurs copies de l'ordinateur de von Neumann seront ensuite construites dans les organismes de la défense, y compris le laboratoire national de Los Alamos et la société RAND⁷.

Bien qu'une comptabilité exacte soit impossible à établir, Kenneth Flamm a calculé la part des soutiens militaires et privés. Flamm évalue qu'en 1950 le gouvernement fédéral fournit entre 15 et 20 millions de dollars (courants) par année, tandis que la part de l'industrie s'élève à moins de 5 millions. La plupart des contributions fédérales à la recherche proviennent à cette époque d'agences militaires. Au début des années 1950, la part des sociétés privées dans le financement de la R&D commence à s'élever (jusqu'à environ 15 millions de dollars en 1954), alors que les sociétés qui contribuent le plus au développement de l'ordinateur (IBM, General Electric, Bell Telephone, Sperry Rand, Raytheon et RCA) reçoivent toujours en moyenne 59 % de leur financement du gouvernement (et, encore une fois, surtout de sources militaires). Chez Sperry Rand et Raytheon, la part gouvernementale pendant cette période s'approche des 90 %⁸. Même lorsque le soutien de la R&D provient d'abord de sources industrielles, c'est habituellement l'espoir de commandes militaires qui poussent les sociétés à investir. C'est par exemple à ses propres frais qu'IBM développe son premier ordinateur de série (le 701 d'abord connu sous le nom de « calculateur de la défense » et vendu à partir de 1953), mais seulement après avoir reçu des intentions d'achat de la part de dix-huit clients du Département de la Défense⁹.

7. Flamm, 1988, p. 52.

8. Flamm, 1987, p. 94-96.

9. *Ibid.*, 64, 76.

Pourquoi construire des ordinateurs ?

Pourquoi les forces armées américaines décident-elles d'établir et de soutenir une implication si intime avec la recherche en informatique ? Et quelles en sont les conséquences tant pour cette recherche que pour les militaires ? À la première de ces questions, la réponse qui vient d'abord à l'esprit est utilitaire : les ordinateurs sont à même d'automatiser et d'accélérer les tâches militaires. La rapidité et la complexité de la guerre technologique donnent lieu à des demandes de contrôle, de communication et d'analyse de l'information qui semblent défier les capacités humaines. Selon l'expression de James Beniger, il s'agit d'une « crise du contrôle. » L'ingénieur du MIT Jay Forrester écrit ainsi qu'entre le milieu des années 1940 et celui des années 1950 : « la rapidité des opérations militaires s'accroît jusqu'à ce qu'il devienne clair que, nonobstant les avantages supposés des décisions basées sur le discernement humain, la rapidité des communications internes de l'organisation humaine ne peut tout simplement plus suivre le rythme de la guerre moderne. [...] Au début des années cinquante, l'expérience montre que les [processus] de prise de décision sont suffisamment compris pour que les machines traitent les données brutes, formulent des instructions finales de guidage d'armes et obtiennent des résultats supérieurs à ceux obtenus par les systèmes manuels¹⁰ ». Dans cette optique, l'ordinateur améliore les systèmes militaires en « éliminant l'homme » de certaines tâches critiques, en les automatisant. Intégré aux systèmes d'armes, l'ordinateur sert de soutien aux compétences humaines ou les remplace dans le guidage et le contrôle opérationnel d'armes de pointe comme les batteries antiaériennes et les missiles. Il résout les problèmes mathématiques du génie de l'armement et de la recherche scientifique à la base des technologies militaires. Il soutient et remplace l'être humain dans le chiffage et le décryptage des messages, l'interprétation des données radar et les fonctions de suivi et de visée.

À mon avis, cette hypothèse, qui s'articule sur les besoins militaires, est en grande partie rétrospective. Dans les années 1940, il n'était pas du tout évident que l'ordinateur électronique digital servirait à d'autres choses qu'au calcul scientifique¹¹.

10. Jay W. Forrester, « Managerial Decision Making », in Greenberger, 1962, p. 53.

11. Pour représenter les valeurs numériques discrètes (1, 2, 3, etc.), le calcul digital se sert d'états discrets comme la détente de mécanismes d'horlogerie (mécanique), les états fermés ou ouverts des relais (électromécanique), ou les états positifs ou négatifs des transistors (électronique). On peut additionner, soustraire et multiplier ces valeurs en utilisant les mêmes processus répétitifs que les gens emploient mentalement. Le calcul analogique, en revanche, se sert de variables variant de manière continue, comme le ratio entre parties mobiles d'une règle à calcul (mécanique), la vitesse d'un rotor de moteur (électromécanique) ou la tension d'un circuit (électronique), pour représenter des quantités numériques qui varient de manière

Howard Aiken, qui a conçu pendant la guerre l'ordinateur électromécanique Mark I à Harvard, écrit dans une lettre à Forrester qu'« il n'y aura jamais assez de problèmes, assez de travail, pour occuper plus d'un ou deux de ces ordinateurs », et beaucoup partagent cet avis. L'un des directeurs du projet ENIAC, Herman Goldstine, se souvient en 1972 que, dans les années 1950, « la plupart des industriels regardait l'ordinateur comme un outil pour un petit nombre de scientifiques des universités et du gouvernement, et on pensait que les principales applications seraient intrinsèquement scientifiques. Ce n'est que plus tard qu'on a commencé à apprécier les conséquences commerciales de l'ordinateur »¹². Qui plus est, l'ordinateur analogique mécanique et électromécanique était industriellement bien développé et ses fondations théoriques bien établies. Enfin, les mécanismes de contrôle analogiques (servomécanismes) avaient connu des développements majeurs durant la guerre et ils étaient prêts à l'usage et fiables.

Dans les années 1930, la possibilité du calcul automatisé sur la base de techniques digitales est universellement reconnue (les calculateurs additifs et les tabulateurs à cartes perforées en étant les exemples les plus répandus), bien que les techniques électroniques rapides ne soient pas encore inventées. Avoir l'idée d'utiliser le calcul digital pour effectuer des tâches de contrôle ne demande aucun saut qualitatif, puisque le rôle de tout type d'ordinateur dans ce genre de tâche se réduit essentiellement à la résolution d'équations mathématiques. Mais les techniques de contrôle analogiques n'exigent aucune conversion des *inputs* en données numériques, ce qui représente une étape supplémentaire et, à l'époque, difficile. Toutefois, la rapidité des machines analogiques, mécaniques ou électromécaniques, est de façon inhérente beaucoup plus faible que celle des dispositifs électroniques. Il est donc naturel pour les ingénieurs de tenter d'appliquer l'électronique au contrôle. Plusieurs dispositifs électriques (comme les tubes à vide) ont des propriétés analogiques aussi bien que digitales, de telle sorte que les techniques de contrôle électroniques n'exigent pas de calcul digital. Pendant la guerre et dans les années qui suivent, les ordinateurs analogiques se servent de composants électroniques.

Plusieurs acteurs-clés du développement de l'ordinateur, comme les laboratoires Bell et le MIT, s'investissent de façon majeure et sur le long terme dans les

continue (par exemple, toute valeur entre 0 et 10). On peut alors combiner ces quantités par des additions, des soustractions et des multiplications, de la même manière qu'on peut essayer, par exemple, de mesurer le périmètre d'une chambre en employant des morceaux de cordes de longueurs égales à chacun des murs et en les attachant ensemble. Le calcul, avec *inputs* et *outputs* sous forme numérique ou symbolique, se distingue des fonctions de contrôle dans lesquelles les *outputs*, et souvent les *inputs* eux-même, prennent la forme d'actions mécaniques.

12. Goldstine, 1972, p. 251.

techniques informatiques analogiques. En 1945, par exemple, alors même qu'on est en train de mettre la dernière main à l'ENIAC, les laboratoires Bell suggèrent et développent une technique de « commande de guidage » dans laquelle les signaux radar seraient convertis en instructions de guidage de missiles par des ordinateurs analogiques déployés au sol¹³. De manière comparable, l'un des groupes de recherches principaux au MIT reste le Servomechanisms Laboratory, dont la tâche est de construire des dispositifs de contrôles analogiques servant, entre autres, à diriger les batteries antiaériennes. La majorité des ingénieurs formés entre 1930 et 1950 n'apprend rien d'autre que les techniques analogiques. En fait, la suppression des machines analogiques de l'historiographie de l'informatique est une omission qu'on commence à peine à corriger¹⁴.

Ces machines et les groupes sociaux qui s'organisent autour d'elles (laboratoires de recherche industriels, écoles de génie universitaires, manufacturiers) tentent de résister au paradigme digital émergent, surtout lorsqu'il s'agit de se servir d'une de ces nouvelles machines à des fins autres que le calcul mathématique. Selon l'un des participants, « [...] les experts de l'ordinateur analogique se sont sentis menacés par les ordinateurs digitaux. En se concentrant sur le pilotage automatique et les canons contrôlés à distance, la deuxième guerre mondiale avait favorisé l'émergence d'une communauté professionnelle d'ingénieurs spécialisés dans les servocalculateurs analogiques. [...] Seul un petit groupe de ces ingénieurs a su faire la transition vers les ordinateurs digitaux. [...] En 1945, [...] nous pensions que les usines des années soixante seraient des ruches bourdonnantes de moteurs 'selsyn', de générateurs 'amplidynes' et d'ordinateurs analogiques¹⁵ ».

En plus de l'inertie sociale, de la plus grande disponibilité des techniques analogiques et d'une préférence culturelle en leur faveur, plusieurs autres raisons peuvent expliquer la faible utilisation, par des ingénieurs compétents, de l'ordinateur digital pendant les années 1940 et le début des années 1950. Les composants électroniques de l'époque ne sont pas très fiables, à tel point que la plupart des scientifiques raillent l'idée qu'une machine comprenant un grand nombre de tubes à vide – l'ENIAC en compte plus de 18 000 – puisse jamais fonctionner plus de quelques minutes sans s'arrêter. Pour beaucoup, dès lors, envisager de se servir de machines électroniques digitales pour des tâches de contrôle en temps réel et des situations où la sécurité ou la fiabilité seraient capitales, semble totalement absurde. Les pre-

13. C.A. Warren, B. McMillan & B.D. Holbrook, « Military Systems Engineering and Research », in Fagen, 1978, p. 618.

14. Voir James S. Small, *The Analogue Alternative* (manuscrit, 1999), et Small, 1993.

15. Valley, 1985, p. 218.

miers ordinateurs électroniques sont des assemblages gigantesques aussi grands qu'un petit gymnase, qui consomment une puissance électrique gargantuesque – Whirlwind a besoin de 150 000 watts – et qui génèrent une chaleur importante exigeant un approvisionnement électrique propre, d'énormes climatiseurs et des bâtiments appropriés. Face aux machines analogiques, ils sont extrêmement coûteux. Les premiers ordinateurs électroniques emploient des matériaux rares et des techniques comme la mémoire linéaire à délai acoustique au mercure et le capricieux tube d'accumulation électrostatique. La miniaturisation que nous prenons aujourd'hui pour acquise n'est pas encore du domaine de l'imaginable.

Même après qu'il est apparu clairement (vers la fin des années 1940) que l'ordinateur électronique digital marcherait, pourrait être rendu fiable et opérer avec une rapidité sans rival mécanique ou électromécanique, une autre question l'empêche d'être pris au sérieux pour des tâches de contrôle. Dans cette période, *« assez peu [d'ingénieurs] étaient désireux de connecter les ordinateurs au monde réel et ces personnes semblaient croire que les données seraient fournies par des dispositifs sensoriels non digitaux. En fait, seuls quelques capteurs – comme les balances, les odomètres, les altimètres, les parties des radars servant à surveiller les angles – avaient des calculateurs digitaux intégrés. La plupart des dispositifs sensoriels dépendaient d'opérateurs humains pour l'interprétation de signaux complexes à fort taux de bruit¹⁶ »*. Le problème se situe donc au niveau de la conception des capteurs pouvant produire directement des *inputs* numériques. Les techniques de contrôle analogiques n'ont que faire de telles conversions, parce qu'elles représentent les quantités numériques par des paramètres physiques. En 1949, selon George Valley, *« presque tous les groupes étudiant le guidage de missiles de manière réaliste [...] ne pensaient qu'en termes d'ordinateurs analogiques »¹⁷*.

Dans les années 1940 et au début des années 1950, l'ordinateur digital est donc une technique aux tous premiers stades de son développement, une technique qu'on peut décrire, après Pinch et Bijker, comme une solution à la recherche d'un problème. Presque toutes les machines réalisées avant 1953 sont des prototypes uniques avec des possibilités propres et des limites graves. La technique de l'ordinateur digital n'a pas encore atteint le stade que Pinch et Bijker ont appelé de « fermeture », une étape du développement technique marquée par une acceptation sociale et généralement consensuelle quant à son utilité, sa signification et sa forme matérielle¹⁸. En tant qu'outil, la forme « ordinateur » est encore extrêmement malléable et ses capa-

16. *Ibid.*, p. 207.

17. Valley, *op. cit.*

18. Pinch & Bijker, 1987.

cités restent à être conçues, prouvées et établies en pratique. Les interactions avec les besoins pratiques, les buts stratégiques et les contraintes institutionnelles des forces armées vont donc constituer, dès lors, un paramètre majeur de son évolution.

Le flot d'argent gouvernemental qui inonde la recherche en informatique pendant ces années est le résultat de débats et de négociations qui impliquent non seulement les politiques et les responsables militaires, mais aussi les scientifiques, les ingénieurs et les dirigeants d'entreprises. Cependant, comme Forman l'a fait remarquer, « *les priorités nationales [...] sont la seule vraie question* » quand il s'agit de comprendre les structures du financement de la R&D de l'après-guerre. « *La nature de la recherche soutenue [par l'État], et le degré avec lequel elle est soutenue, découlent des objectifs politiques américains*¹⁹. » Les programmes qui soutiennent financièrement l'ordinateur sont donc marqués par la culture politique d'après-guerre : ils privilégient l'automation au détriment des solutions humaines et préfèrent souvent la technique pour la technique.

Le projet Whirlwind

De quelque façon qu'on l'envisage – en termes d'échelle, de coût, d'avancée technique ou de son influence sur les autres recherches – le projet le plus important de la décennie 1946-1956 est le projet Whirlwind et son successeur manufacturé par IBM et intégré au système de défense antiaérienne SAGE. C'est sous la direction de Jay Forrester, dans le laboratoire des servomécanismes du MIT, à la fin de 1944, que Whirlwind est lancé ; il s'agit alors d'un projet d'analyseur de stabilité et de contrôle d'avions (Aircraft Stability and Control Analyzer, ASCA), c'est-à-dire d'un ordinateur analogique devant être intégré à un simulateur de vol polyvalent que soutient le Special Devices Center (SDC) de la Marine. À cette époque, les simulateurs de vol sont des imitations servomécaniques d'un cockpit d'avion qui simulent le comportement d'un avion. Ils permettent à l'apprenti de s'entraîner aux techniques de pilotage en faisant l'économie des coûts et des risques inhérents aux vols réels. Une simulation suffisamment réaliste permet aussi aux ingénieurs d'étudier les effets d'une modification sur l'appareil sans avoir à construire de prototype. Comme le directeur du SDC, le capitaine Luis de Florez, le constate dès 1943, un simulateur polyvalent, qu'on pourrait programmer pour simuler toute caractéristique voulue, réduirait le temps et les coûts du développement de nouveaux appareils et de l'entraînement des pilotes²⁰.

19. Forman, 1987, p. 225.

20. Rees, 1982, p. 113.

Forrester travaille sur un contrôleur analogique pour l'ASCA pendant presque un an. La complexité des calculs exigés – la solution simultanée d'équations comprenant plus d'une centaine de variables qui doit être effectuée en temps réel afin de contrôler le simulateur dans les situations réalistes – le gêne dans ses tentatives de concevoir un dispositif analogique. Fin 1945, il commence donc à explorer les techniques digitales. À l'été 1946, Forrester a abandonné l'approche analogique et a réorienté le projet ASCA vers la conception d'un ordinateur polyvalent – Whirlwind – pour lequel le simulateur de vol ne constituerait qu'une application possible. En dépit de l'ampleur de la vision forresterienne, la Marine persiste toutefois à considérer le projet comme un simulateur de vol et donc à travailler à la conception du cockpit et des autres caractéristiques de l'ASCA. Ce programme pratique distingue Whirlwind de presque tous les autres projets d'ordinateurs digitaux contemporains en ceci qu'il exige un dispositif qui peut (a) être utilisé comme mécanisme de contrôle et (b) s'acquitter de cette tâche en temps réel.

Il importe de souligner qu'à l'époque, il ne s'agit nullement, pour un ordinateur digital, de buts évidents. Comme nous l'avons vu, les ordinateurs et les mécanismes de contrôle analogiques sont dominants. Les ordinateurs électroniques présentent de graves problèmes quant à la fiabilité des pièces, la dimension, la consommation électrique et les coûts. Les conséquences générales de l'utilisation de la machine de Turing sont encore à appréhender pleinement ; la controverse au sujet des valeurs relatives des dispositifs polyvalents dirigés vers des buts et des besoins spécifiques est encore vive. Parmi ceux qui travaillent sur les ordinateurs dans les années 1940, la plupart se représentent les machines digitales comme des calculateurs géants. À une certaine époque, Forrester lui-même s' imagine qu'un seul ordinateur gigantesque pourrait éventuellement satisfaire aux besoins du pays tout entier²¹.

À partir de 1948, des budgets militaires en déclin limitent l'intérêt de l'ONR pour un simulateur de vol super-sophistiqué et extrêmement coûteux. De plus, malgré les tentatives faites par Forrester en vue de raviver l'intérêt de la Marine en décrivant Whirlwind comme un « ordinateur de contrôle de tir », l'ONR se rend bien compte qu'il ne s'agit de rien d'autre que d'un ordinateur polyvalent. Comme le Département de la Défense finance déjà au moins douze projets semblables, les arguments en faveur de Whirlwind deviennent de plus en plus faibles. L'agence se met à exiger des résultats immédiats. L'insatisfaction provient en partie du fait que Whirlwind est géré par la branche mathématique de l'ONR dont d'autres jugent

21. George W. Brown, interview par Richard R. Mertz, 15 mars 1973. Smithsonian Computer Oral History Project, AC NMAH #196. Archive Center, National Museum of American History, Washington, D.C.

que le penchant théorique ne permet pas de construire une machine de contrôle en temps réel ; son coût est par ailleurs exorbitant. Là où les ordinateurs comme l'UNIVAC coûtent typiquement entre 300 000 et 600 000 dollars courants, le groupe Whirlwind projette de dépenser 4 millions de dollars ou plus. « *Les requêtes budgétaires du MIT en faveur de Whirlwind pour l'année fiscale 1949, c'est-à-dire près de 1,5 million de dollars, équivalent à environ 80 % de l'enveloppe allouée par l'ONR en 1949 aux recherches mathématiques et à environ 10 % de l'ensemble des contrats de recherche accordés par l'ONR* »²². En fait, la subvention en 1949 s'élèvera à 1,2 million de dollars, un investissement stupéfiant pour un seul projet, à quelque chose qu'on le mesure (Whirlwind finira par engloutir environ 5 millions de dollars : c'est plus de cinq fois celui de n'importe quel ordinateur construit pendant cette période et entre dix et vingt fois plus que la plupart d'entre eux). Les débats autour du financement de Whirlwind entrent donc dans une phase critique.

Forrester cherche alors un sponsor industriel... et de nouveaux arguments militaires. Plusieurs raisons favorisent chez lui ce genre d'entreprise. D'abord, pendant la guerre, il a servi sur un porte-avions et a donc acquis une expérience directe des problèmes de défense antiaérienne. Ensuite, le laboratoire de Forrester reçoit un flot constant de visiteurs de l'industrie et des centres militaires qui ont tous des idées quant à la façon dont on peut se servir d'une machine comme Whirlwind pour automatiser leurs opérations. Les carnets de Forrester indiquent que, entre 1946 et 1948, ces visiteurs proposent des dizaines d'usages possibles comme la planification logistique, le contrôle du trafic aérien, le contrôle des dommages, les assurances-vie, l'essai et le guidage des missiles et les systèmes d'alerte²³. Le plus important de ces contacts est peut-être son ancien collègue du MIT alors associé au Special Devices Center (SDC) de la Marine, Perry Crawford. C'est lui qui, le premier, suggère en 1945 d'utiliser les techniques digitales. Comme Forrester le rappelle dans une interview qu'il a donnée en 1983, « c'est [...] Crawford qui a défendu l'idée de gérer l'information et le contrôle des situations de combat à l'aide d'ordinateurs digitaux »²⁴. En partie à cause de ses contacts permanents avec le SDC, Forrester partage aussi « les appréhensions du personnel du SDC à propos des capacités russes en matière d'attaque atomique pour 1953 ».

22. Flamm, 1988, p. 54.

23. Jay W. Forrester, « Computation Book », 27 nov. 1948 - 10 déc. 1948. Magnetic Core Memory Records, 1932-1977, MC 140, Box 4, F 27. Institute Archives and Special Collections, MIT Libraries, Cambridge, Massachusetts.

24. Forrester, in Tropp et al., 1983, p. 376.

Enfin, Forrester et son groupe se sont toujours préoccupés de questions d'applications militaires. Au début 1946, quand Forrester rend compte à la Marine, pour la première fois, de son désir d'adopter les techniques digitales, il prend soin d'inclure plusieurs pages détaillant les possibilités militaires de Whirlwind. « Dans son utilisation tactique, celui-ci pourrait remplacer l'ordinateur analogique alors en usage dans les systèmes de 'contrôle de tir offensifs et défensifs', et permettre l'établissement d'un 'centre de coordination des informations relatives au combat' qui jouirait de capacités de 'défense automatique', facteur essentiel dans la guerre menée à l'aide de fusées et de missiles guidés ». Il mentionne également qu'on pourrait s'en servir dans la poursuite d'autres recherches militaires et dans des applications générales en science et en génie²⁵. En octobre 1947, Forrester, Crawford et Robert Everett, qui co-dirigent le projet Whirlwind, publient deux rapports techniques (L-1 et L-2) à propos de la manière dont on pourrait se servir de l'ordinateur digital dans la guerre sous-marine et dans la coordination de forces navales composées de sous-marins, de bâtiments de guerre et d'avions²⁶. Cette année-là, Crawford et le personnel du SDC se réunissent fréquemment au quartier général de Sands Point et encouragent Forrester et Everett « à explorer des possibilités originales du genre de celles motivant la vision d'avenir des systèmes de contrôle présentée dans les rapports L-1 et L-2 ».

L'année suivante, tandis que la poursuite du soutien de l'ONR devient de plus en plus incertaine, le président du MIT, Karl Compton, demande au groupe Whirlwind de rédiger un rapport sur l'avenir de l'ordinateur digital du point de vue des applications militaires. Le groupe développe une vision ample des applications militaires de l'ordinateur aux tâches de commande et de contrôle, y compris le contrôle du trafic aérien, le contrôle du tir et du combat et le guidage des missiles, aussi bien que les calculs scientifiques et la logistique²⁷.

Dans cette recherche d'arguments à valeur militaire, l'interaction entre stratégie politique mondiale, organisation militaire et recherche de laboratoire est intime. Bien que la doctrine d'endiguement se précise et que les tensions américano-soviétiques atteignent leur paroxysme avec la crise de Berlin de 1948, les budgets militaires continuent de décroître. En 1948, la Marine profite de la réduction de

25. Redmond & Smith, 1980, p. 42, qui citent Forrester.

26. Project Whirlwind memoranda L-1 and L-2, 15 oct. 1947, Forrester & Everett, « Information System of Interconnected Digital Computers ».

27. Flamm, 1988, p. 54-55. Ce rapport est : Jay W. Forrester, Hugh R. Boyd, Robert E. Everett, Harris Fahnestock & Robert A. Nelson, « A Plan for Digital Information-Handling Equipment in the Military Establishment », Project DIC 6345, MIT Servomechanisms Laboratory, 14 sept. 1948.

ses crédits globaux pour réduire l'enveloppe allouée au Special Devices Center de plus de 50 % (passant de 11 à 5 millions de dollars). Faisant montre de moins en moins d'enthousiasme pour le simulateur de vol, Forrester cesse de travailler à la conception du cockpit en juin 1948. La raison qu'il invoque est que la construction du cockpit, beaucoup plus facile que celle du contrôleur informatique, doit attendre que l'ordinateur soit prêt.

La doctrine de l'Air Force

Pendant toute la période dont nous discutons ici, la question des armes atomiques domine l'ordre du jour politique et militaire. Comme chacun sait, le monopole nucléaire des États-Unis cesse en 1949, lorsque l'Union soviétique fait exploser sa première bombe. À partir de 1945, ce qui est encore l'Army Air Force (c'est-à-dire le service de l'air de l'armée de Terre) voit dans la bombe le moyen d'étendre son rôle militaire et d'assurer son indépendance face à l'armée de Terre et à la Marine. Ce qu'on nomme le « bombardement stratégique », c'est-à-dire le bombardement de villes dans le but d'infliger des pertes aux industries de guerre et de détruire le moral des civils, a été l'un des piliers de la stratégie des armées de l'Air alliées pendant la guerre. Après la guerre, les enquêtes faites par la Grande-Bretagne et les États-Unis, les *Strategic Bombing Surveys*, en démontrent pourtant la relative inefficacité. Mais « l'opinion répandue suivant laquelle la bombe atomique aurait joué un rôle décisif dans la capitulation du Japon [...] redonne vie à l'école de pensée qui voit dans la puissance aérienne la clé de la victoire dans l'immédiat après-guerre »²⁸. Malgré les conclusions de ces enquêtes, la planification d'après-guerre s'articule donc toujours sur l'attaque généralisée des villes. Elle prétend que des ravages semblables à ceux infligés à Hiroshima conduiraient automatiquement à la reddition de l'ennemi. En 1946, l'Air Force esquisse un plan de guerre prévoyant le lâchage de cinquante bombes atomiques sur les villes russes... bien que les États-Unis ne disposent encore l'année suivante que de treize bombes. En 1948, le conseil de sécurité nationale autorise les stratèges de l'armée de l'Air à supposer que le nombre d'armes nucléaires augmentera rapidement et à établir une politique dite d'« utilisation prompte ».

Essentiellement, il s'agit de la doctrine des frappes préventives. Contre l'URSS, l'armée de l'Air prépare une attaque nucléaire totale dans tous les cas où il semblerait que l'URSS s'apprêterait elle-même à frapper. La logique qui sous-tend cette stratégie relève de la culture de l'Air Force et de son éthique de cow-boys. Dans l'entre-deux-guerres, le commandant de l'Army Air Corps Billy Mitchell qui a ser-

28. Herken, 1983, p. 24.

vi pendant la première guerre mondiale, monte une gigantesque opération médiatique présentant les frappes aériennes comme l'arme ultime. Les actualités cinématographiques de la première guerre, plus ou moins commanditées par Mitchell, montrent des escadrilles d'avions qui, sous son commandement, anéantissent des bâtiments de guerre ennemis. Les aviateurs de Mitchell affublent cette activité du titre de « défense aérienne » puisqu'il s'agit de détruire les canons ennemis. Cet usage se perpétue jusqu'après la seconde guerre, rendant problématique la distinction entre guerre aérienne défensive et offensive²⁹ (en 1952, le général Hoyt Vandenberg reprend encore l'idée, lors d'un entretien télévisé, que la destruction des installations offensives de l'ennemi – dans ce cas, des bases aériennes – forme la base de la défense aérienne)³⁰. Les fanfaronnades d'un Mitchell, qui symbolisent la culture de l'armée de l'Air et la doctrine du bombardement stratégique, deviennent la stratégie officielle de l'armée de l'Air pendant la deuxième guerre. La vision de Mitchell – le pouvoir aérien suprême – cristallise, sous l'égide du général Curtis LeMay, personnage flamboyant au perpétuel cigare, le rêve que l'armée de l'Air poursuit jusqu'à l'apothéose de la guerre atomique et du Strategic Air Command (SAC).

D'importantes raisons stratégiques motivent pourtant la politique d'utilisation prompte de l'arme nucléaire. L'expérience de la défense antiaérienne a amplement démontré l'extrême difficulté qu'il y a à défendre même de petits secteurs contre une attaque aérienne résolue. La faible qualité des techniques radar, la complexité de balayer l'espace tridimensionnel, la portée limitée des batteries antiaériennes et les dimensions gigantesques des États-Unis contrecarrent l'établissement d'une défense à grande échelle. Les experts croient généralement que, même excellentes, les défenses antiaériennes n'empêcheraient guère moins de 10 % des avions agresseurs d'atteindre leurs cibles, 30 % étant, selon les plus optimistes, la limite supérieure absolue. Mais si ces avions transportent des armes atomiques destinées aux villes, une proportion de 90 % d'appareils abattus serait encore inacceptable. Le principe de l'armée de l'Air selon lequel « la meilleure défense, c'est l'attaque », s'applique donc à merveille aux bombardiers atomiques. Des bombes nucléaires découle un avantage encore plus décisif en faveur de la stratégie offensive qui, dans la pensée de l'Air Force, est une stratégie de défense. Dès 1950, cinquante bombardiers ont déjà été construits et plusieurs autres sont en chantier.

La stratégie d'utilisation prompte est un secret bien gardé ; selon Gregg Herken en 1983, « il est vraisemblable que peu de personnes au sein du gouvernement ou à la RAND connaissaient suffisamment la planification militaire de l'armée de l'air pour apprécier la

29. Schaffel, 1991, 8 *passim*.

30. *Ibid.*, p. 180.

pleine mesure de la dépendance stratégique nucléaire américaine, au milieu des années cinquante, sur la prémisse que les États-Unis devraient utiliser la bombe en premier ». Le général LeMay « confie à un groupe de pilotes du SAC qu'il 'ne pouvait imaginer aucune circonstance dans laquelle les États-Unis seraient à la traîne' dans un conflit nucléaire »³¹. Bien entendu, une telle stratégie laisse peu de place à la défense antiaérienne active.

La défense antiaérienne

Alors que l'attaque de Pearl Harbor a brièvement dirigé l'attention sur les mesures actives de défense, celles-ci ont été, dès le milieu de la deuxième guerre, plus ou moins abandonnées en faveur du développement des forces stratégiques. Malgré certains arguments contraires émis au sein de l'armée de l'air, un comité d'officiers de l'état-major de l'Air expose, en août 1947, la vision prédominante selon laquelle « l'AAF [American Air Force] serait dans l'impossibilité de planifier une défense antiaérienne adéquate pour l'ensemble du territoire américain. Le faire, estiment-ils, mettrait l'économie nationale en péril et laisserait peu de marge à l'offensive aérienne, ce qui serait désastreux puisque la seule vraie sécurité réside dans les capacités offensives »³². Invoquant un symbole fétiche de l'armée de l'Air, une commission dirigée par Thomas K. Finletter insiste sur le fait que l'Air Force devrait « posséder [en 1953] un équipement défensif complexe à base d'électronique moderne, de chasseurs défensifs modernes et des armes antiaériennes au sol », tout en s'opposant à tout système total de couverture radar car celui-ci pourrait « nous détourner – comme la ligne Maginot avait détourné la France – de la meilleure défense contre une attaque atomique qui est la force de frappe contre-offensive »³³.

Plusieurs plans intérimaires de défense antiaérienne sont proposés entre 1945 et 1949. Aucun n'est adopté au Congrès, faute principalement de soutien ferme de la part de l'Air Force ou du gouvernement. Ce n'est qu'en mars 1949 que le Congrès approuve enfin un plan rudimentaire de défense antiaérienne, le système « Lashup » composé de 75 stations radar au coût total d'à peine 116 millions de dollars³⁴. Mais le flux des crédits – et la fortune politique de l'armée de l'Air – se renverse en septembre 1949 à la suite de l'explosion de la première bombe atomique soviétique. Le plaidoyer en faveur d'une défense antiaérienne s'en trouve soudain

31. Herken, *op. cit.*, p. 97. La citation interne est celle d'un officier des services secrets de l'armée de l'Air qui assiste aux commentaires de LeMay.

32. *Ibid.*, p. 66.

33. *Ibid.*, p. 75, en référence au rapport de la commission Finletter daté du 1^{er} janvier 1948.

34. *Ibid.*, 83 *passim*.

renforcé. Le 30 septembre, le général Fairchild convoque une conférence de l'état-major en vue de préparer la réponse de l'armée de l'Air. Il est intéressant de constater que, bien que plusieurs aviateurs eussent proclamé l'impossibilité de contrer une attaque atomique lorsque les États-Unis avaient le monopole de l'arme nucléaire, aucun des membres de l'état-major de l'Air présent à la réunion n'en conclut que les capacités atomiques soviétiques invalidaient le concept de défense antiaérienne. En fait, les représentants du chef d'état-major adjoint pour les opérations suggérèrent qu'il était temps pour l'Air Force de promouvoir la défense antiaérienne avec la même intensité que les forces stratégiques de représailles. Cette idée fut cependant vite étouffée³⁵.

Devenu commandant en chef de l'Air Force, le général Hoyt Vandenberg déclare aux chefs d'état-major réunis en novembre que « *la situation requiert toute l'urgence et la priorité accordées au projet Manhattan* »³⁶. Les populations civiles, en particulier celles de l'État de Washington (près des installations de Boeing et de Hanford), commencent à exiger d'être protégées. Dès lors, quand la guerre éclate en Corée en 1950, « *les fonds alloués au Bureau de recherche et développement [des forces armées] sont pour l'année fiscale en cours immédiatement doublés et dépassent le milliard de dollars, à la suite de quoi tous les domaines de la R&D militaire croissent rapidement* »³⁷. Des subventions de recherche d'une magnitude seulement égalee par celles de la seconde guerre mondiale refont leur apparition. À court terme, l'armée de l'Air se lance dans un programme accéléré de surveillance avancée, renforçant le projet *Lashup* et suggérant de nouveaux systèmes.

À plus long terme, l'armée de l'Air sollicite les scientifiques pour de nouvelles idées. En décembre 1949, l'Air Defense System Engineering Committee, dirigé par le professeur George E. Valley du MIT, lance le premier d'une série de projets majeurs. Le comité Valley, comme on l'appelle, fonctionne pendant deux ans. Selon Valley, l'importance des problèmes de calcul (la triangulation des positions et des vitesses d'avions à partir de signaux provenant de deux stations radar ou plus) lui apparaît tout de suite clairement : « *La courbure de la terre implique que des radars par centaines, sinon par milliers, sont nécessaires afin de détecter des avions volant à basse altitude. [...] Il est inconcevable qu'on puisse employer des opérateurs humains pour faire les calculs [nécessaires] pour les centaines d'avions que détecteraient un aussi grand nombre de radars, pas plus qu'on ne peut envisager de synthétiser les données en une carte unique si les opérateurs n'utilisent que des moyens de communication oraux.*

35. *Ibid.*, p. 111.

36. *Ibid.*, p. 116.

37. Forman, 1987, p. 158.

Les [...] calculs sont assez simples. [...] C'était la quantité de travail à effectuer en temps réel qui est impossible. »

En décembre 1949, Valley décide de se servir d'ordinateurs digitaux. Un mois plus tard, Jerome Wiesner lui apprend l'existence du projet Whirlwind. Du hasard de cette rencontre, à ce moment précis, beaucoup dépendra. L'ONR vient en effet d'être attaquée dans un rapport d'un comité du Département de la Défense, le Ad Hoc Panel on Electronic Digital Computers. Les fortes critiques que ce comité *ad hoc* lance contre Whirlwind seront suivies d'effets. Selon cette analyse, les « *coûts estimés d'achèvement [de Whirlwind] [...] représentent à peu près 27 % de ce que coûtera en tout, selon l'estimation du comité, le programme de construction d'ordinateurs pour l'ensemble du DoD [Département de la Défense]* »³⁸. En l'absence d'une utilité finale plus pressante, juge le comité, on ne peut justifier les dépenses de Whirlwind³⁹. Dès mars 1950, l'ONR coupe le budget de Whirlwind pour l'année suivante et le ramène à 250 000 dollars. En regard des 5,8 millions annuels dont Forrester estimait qu'ils seraient une allocation convenable pour le programme du MIT, la somme est dérisoire. L'armée de l'Air a cependant donné carte blanche à Valley (du moins le croit-il). Bien que Valley n'ait guère recueilli au MIT que de mauvais échos à propos de Whirlwind, il prend contact avec Forrester, qui séance tenante lui tend les rapports L-1 et L-2 de 1947 sur les ordinateurs digitaux comme centre de contrôle dans la guerre navale.

SAGE

Au comité Valley, se joint bientôt le projet Charles, un comité de chercheurs éminents chargés d'examiner le problème de la défense antiaérienne au cours de l'été 1951 au MIT. Ces comités montent rapidement un plan à grande échelle prévoyant de contrôler un vaste périmètre national de défense antiaérienne au moyen d'ordinateurs centraux. Ceux-ci chapeauteraient les radars sur une base sectorielle et, en cas d'attaque soviétique, assigneraient un intercepteur à chaque avion ennemi et coordonneraient la riposte. Ce plan sera connu sous l'acronyme SAGE, pour Semi-Automated Ground Environment (défense semi-automatisée au sol). Le premier secteur SAGE est opérationnel en 1958 et se sert d'ordinateurs IBM FSQ-7 développés à partir du prototype Whirlwind de Forrester. En 1961, l'ensemble des vingt-trois secteurs est en opération. Le coût total du système dans les années 1950 se situe quelque part entre 4 et 12 milliards de dollars.

38. Redmond & Smith, 1980, p. 154.

39. *Ibid.*, p. 161.

Un centre SAGE est l'archétype du monde clos : emmuré et isolé, renfermant un monde représenté abstraitement sur un écran cathodique, domestiqué, régulé et rationalisé par le calcul et le contrôle digital. Chaque centre de contrôle reçoit et traite automatiquement non seulement les données radar digitalisées et codées, mais aussi les rapports météo, l'état des missiles et des bases aériennes, les plans de vol d'avions amis et d'autres informations transmises verbalement par téléphone ou télétype et que des opérateurs intègrent au plan d'ensemble de l'ordinateur. Il communique aussi avec les autres centres et coordonne automatiquement les activités inter-sectorielles. Chaque centre piste tous les avions de son secteur et les identifie comme amis ou non-identifiés. Des écrans, appelés « *air-situation display scopes* » surimposent ces renseignements à une carte schématique du secteur. Les opérateurs surveillent le déroulement de la situation aérienne et décident de la réponse à apporter. Les ordinateurs génèrent les coordonnées d'interception et les relaient automatiquement aux pilotes automatiques des intercepteurs. Sauf à être court-circuités par les pilotes humains, les intercepteurs se dirigent d'eux-mêmes à portée des avions non-identifiés. SAGE contrôlera éventuellement plusieurs systèmes d'armes comme le BOMARC de l'armée de l'Air et les missiles antiaériens Nike-Hercules de l'armée de Terre.

Sur un terrain de 0,8 hectare, chaque centre SAGE occupe un blockhaus de quatre étages, sans fenêtre et dont les murs en béton résistant aux explosions sont épais de 2 mètres. Le deuxième étage du bâtiment est tout entier occupé par l'ordinateur AN/FSQ-7 – par deux ordinateurs identiques, en fait, qui fonctionnent en tandem fournissant un renfort instantané en cas de panne de l'une des deux machines (une technique appelée *duplexing*). Pesant 300 tonnes sur une surface de près de 2 000 m², les 70 coffrets du FSQ-7 contiennent 58 000 tubes à vide. Les écrans d'affichage et le matériel téléphonique occupent une surface de plancher égale⁴⁰. Chaque centre possède son propre groupe électrogène servant à faire fonctionner les ordinateurs, la climatisation et les systèmes téléphoniques⁴¹.

Les témoins lumineux bleus des consoles éclairent l'intérieur, appelé « pièces bleues », où les opérateurs connectent les points sur les écrans vidéo à l'aide de faisceaux lumineux. Un reportage photo sur SAGE, paru dans la revue *Life* en 1957, rend bien l'atmosphère de l'intérieur du blockhaus et le calme étrange d'une bataille entièrement automatisée conduite par des gestionnaires rationnels⁴².

40. *Ibid.*, p. 32.

41. Everett, Zraket & Benington, 1983, p. 339-345 ; Wieser, 1983, p. 362-369 ; Jacobs, 1983, p. 323-329 ; Schaffel, 1991.

42. J'ai repris cette image sur la couverture de mon livre, Edwards, 1996, duquel cet article est largement tiré.

Selon *Life*, « l'énorme ordinateur électronique » pouvait résumer les données « et les présenter de façon si claire que les hommes de l'Air qui surveillent SAGE peuvent rester tranquillement assis dans leurs pièces éclairées par une lumière étrange, observant ses consoles et conservant une liberté de pensée qui leur permet de ne s'occuper que des décisions qui doivent être prises par des êtres humains, c'est-à-dire le lieu et le moment où s'engagera le combat »⁴³. L'architecture électronique abstraite du monde représenté sur les écrans, précurseurs de la réalité virtuelle du champ de bataille électronique, est le symbole de l'architecture politique du monde clos.

La stratégie et le commandement automatique

Pour le profane, les forces armées, avec leurs hiérarchies strictes et leur autoritarisme, incarnent la bureaucratie rigide bien huilée. Vues de plus près, toutefois, les hiérarchies militaires traditionnelles ne sont pas du tout mécaniques. À tout niveau, les individus assument des responsabilités, plus qu'ils ne remplissent des fonctions. On peut bien ordonner à un officier « de prendre cette colline », l'important dans cet ordre est que la manière dont il le remplira est laissée à son entière initiative. Appelons ce système la « tradition du commandement. » Dans les années 1950, en l'espace de quelques années, les défenseurs de cette tradition au sein de l'Air Force, qui s'étaient opposés à l'informatisation du système de défense antiaérienne, se muent en défenseurs les plus vigoureux de l'art de la guerre centralisée et informatisée. Ce changement se produit, entre autres, quand on réalise que les techniques du style SAGE deviennent nécessairement un outil de contrôle central d'armes offensives autant que pour la défense. Vers 1955, il apparaît clairement que, dans la guerre nucléaire stratégique, les missiles seconderaient et même remplaceraient bientôt les avions. C'en serait fait du rôle glorieux du pilote ! Cela diminue aussi d'un ordre de grandeur les temps de réponse. Seuls des systèmes centralisés et coordonnés peuvent faire face à de telles exigences.

Le système SAGE – *Air Force project 416L* – sera le modèle d'au moins 25 autres systèmes de contrôle et de commandement militaires entre la fin des années 1950 et le début des années 1960 (et, ensuite, de beaucoup plus). Connus comme les systèmes « Big L », ce sont plusieurs projets conçus en réaction à la menace des missiles balistiques intercontinentaux (ICBM). On compte parmi ceux-ci le 425L (système NORAD), le 438L (système de l'Air Force pour traiter les données sensibles AFIDHS) et le 474L (système de surveillance avancée des missiles balistiques BMEWS). Des systèmes inspirés de SAGE sont aussi construits pour l'OTAN (NAD-

43. « Pushbutton Defense for Air War », *Life*, 42(6), 1957, p. 62-67.

GE, le NATO Air Defense Ground Environment) et, pour le Japon, le BADGE.

Le projet 465L, le système de contrôle SAC (SACCS), est l'un des successeurs les plus importants. Comptant plus d'un million de lignes, son programme est quatre fois plus long que celui de SAGE et exige 1 400 hommes-années de programmation. Le SDC invente le langage informatique JOVIAL spécialement pour ce projet, faisant de SACCS le premier système majeur qui soit programmé dans un langage évolué⁴⁴. En 1962, le SACCS est étendu et devient le Système mondial de contrôle et commandement militaires (World-Wide Military Command and Control System, WWMCCS). À l'aide d'un réseau mondial de communication incluant des satellites, le WWMCCS rend théoriquement possible le commandement centralisé, en temps réel, des forces américaines déployées dans le monde entier. Pendant la guerre du Vietnam, le gouvernement Johnson se sert de ce système pour diriger la guerre aérienne depuis Washington (toutefois pas en temps réel). En fin de compte, l'armée de l'Air relie les différents systèmes de surveillance avancée utilisés à l'origine par SAGE, BMEWS et d'autres, à l'équipement informatique de la base NORAD située sous la montagne, à Cheyenne dans le Colorado, afin d'avoir un système totalement centralisé de détection et de riposte contre les ICBM⁴⁵.

J'ai défini, plus haut, trois versions de la politique du monde clos : l'Occident comme monde replié sur lui-même derrière ses moyens de défense, l'URSS comme monde clos à pénétrer ou à « ouvrir », et la planète entière comme monde renfermé sur le combat entre capitalisme et communisme. Dans les systèmes Big L, chacune de ces versions du monde clos s'incarne dans le contrôle et le commandement informatisé. Le système SAGE entame le processus de renfermement des États-Unis à l'intérieur d'une « clôture » radar et une bulle de défense antiaérienne. Le SACCS poursuit ce processus avec un système de contrôle capable de pénétrer l'empire soviétique. WWMCCS le complète avec un système de surveillance mondial permettant de « gérer les conflits » de manière totale et globale. Mais, alors que SAGE est encore une expérience de laboratoire, les dirigeants de l'armée de l'Air conçoivent effectivement « *la défense de l'espace aérien au-dessus du Monde Libre comme une tâche globale* »⁴⁶, entendant par là que, suivant la doctrine stratégique d'avant la deuxième guerre mondiale, la frappe offensive intercontinentale constitue le meilleur espoir de défense civile. Le discours du monde clos n'oppose jamais clairement les militaires aux civils, les libéraux aux conservateurs, les intellectuels au

44. Baum, 1981, 56 *passim*.

45. Borning, 1987 présente une longue histoire d'échecs informatiques dans le cas du NORAD.

46. Gen. Hoyt S. Vandenberg, « Suggested Remarks before the Joint Civilian Orientation Conference », 26 mars 1953. Hoyt S. Vandenberg Papers, Box 91, Library of Congress.

peuple, les partisans de la défensive à ceux de l'offensive. Non, la plupart des courants d'opinions se retrouvent dans les termes, métaphores, expériences et technologies communes. Bien qu'ils s'imaginent souvent représenter des points de vue opposés, ceux qui élaborent des systèmes militaires favorisant l'offensive et ceux qui contribuent à la stratégie défensive construisent ensemble le discours du monde clos.

En dépit de son importance, l'histoire de SAGE déborde d'ironie. Il s'agit d'un projet monté par l'armée de l'Air qui vise à promouvoir un but que la plupart des commandants de l'Air Force rejettent : la défense antiaérienne contre les armes atomiques. Il est dépassé avant d'être terminé, militairement discrédité par les missiles balistiques intercontinentaux et techniquement dépassé par les transistors et les circuits intégrés. Pourtant, il continue à fonctionner jusque dans les années 1980. Six centres SAGE, toujours équipés des tubes à vide d'origine, sont encore en opération en 1983.

L'ironie la plus significative de la perspective du monde clos est peut-être que le contrôle automatique promis par SAGE est à l'époque – et demeure – en grande part une illusion. Quelles que soient les capacités des ordinateurs et de leurs programmes, une bonne partie de la tâche reste aux mains d'opérateurs humains. Les tentatives faites pour « programmer » cette partie du travail – sous la forme de procédures formelles codées dans des manuels – ont toujours buté sur les complexités non encore intégrées aux systèmes. *« Il était impossible de spécifier à l'avance tous les éléments contingents qu'on est amené à rencontrer lors d'opérations réelles. La dépendance sur des procédures écrites s'est montrée impraticable et les opérateurs humains de SAGE développaient rapidement des mécanismes de contournement non écrits. Les contrôleurs faisaient montre de réticence vis-à-vis des ingénieurs leur demandant d'expliquer les procédures opérationnelles exactes qu'ils emploieraient dans certaines situations particulières. [...] Par exemple, une petite quantité de brouillage radar pouvait paralyser SAGE si les procédures étaient suivies à la lettre. Des accords oraux entre opérateurs résolvaient le problème, mais ceux-ci n'apparaissaient jamais dans les rapports officiels⁴⁷. »*

Le monde clos est un réceptacle dont on bouche les fuites en permanence, mais dans lequel survient toujours une nouvelle fuite.

Conclusion

Les systèmes informatiques de contrôle et de surveillance incarnent et soutiennent le discours complexe et hétérogène de la politique du monde clos. La doctrine de l'engagement, les discours publics des scientifiques et des ingénieurs à propos de

47. Bracken, 1983, p. 12.

stratégie, la culture et les traditions de l'Air Force, les anxiétés du public face à la guerre atomique et l'hystérie anticomuniste des années 1950 participent tous, au moins autant que les changements techniques, à la construction de formes rhétoriques et métaphoriques dans lesquels se coule le conflit entre capitalisme et communisme. Avec SAGE, l'espoir d'enfermer l'effrayant chaos de la guerre moderne (non seulement nucléaire mais aussi « conventionnelle ») à l'intérieur de bulles systémiques automatisées et rationalisées se répand rapidement chez les militaires, au moment même où les forces armées se convertissent sérieusement à la haute technologie.

Toutefois, le potentiel militaire de SAGE reste infime. Beaucoup de ceux qui œuvrent au projet, sinon la plupart, le savent. Ceci se reflète dans une autre ironie du programme SAGE : l'insuccès des tentatives de placer les centres de contrôle dans des bunkers sous-terrains, là où ils auraient effectivement été en mesure de contrôler la défense active en cas de véritable guerre. Au lieu de cela, l'armée de l'Air installe la plupart des centres de direction de SAGE dans les bases du SAC⁴⁸. Cette décision ne peut avoir qu'une seule logique stratégique : le SAC n'a jamais eu l'intention d'attendre l'alerte et l'interception lancées par SAGE, il frapperait les Russes en premier. Suite à la frappe préventive nucléaire du SAC, la défense antiaérienne continentale n'aurait à disposer que d'une faible riposte sans doute désorganisée. En tout cas, jamais SAGE n'aurait fonctionné. Il était facile de le brouiller et les tests recréant les conditions de combat étaient trafiqués pour ne pas révéler ses faiblesses⁴⁹. Lorsque SAGE entre pleinement en service en 1961, les bases du SAC sont de toute façon impossibles à protéger (à cause des missiles ICBM), et les centres de contrôle SAGE auraient été parmi les premières cibles détruites en cas de guerre nucléaire.

En un sens, toutefois, SAGE a effectivement « fonctionné ». Il a fonctionné pour la communauté des chercheurs qui s'en sont servis pour poursuivre leurs buts intellectuels et techniques. Il a fonctionné comme politique industrielle, fournissant le financement de l'État à une nouvelle industrie majeure. Et de manière peut-être plus importante encore, SAGE a fonctionné comme idéologie en créant l'impression d'une défense active qui atténue l'angoisse nucléaire. SAGE représente à la fois une contribution et une réponse visionnaire à l'émergence du monde clos. Dans cette optique, SAGE est bien plus qu'un système d'armes, c'est un rêve, un mythe, une métaphore de la défense totale, une technologie au service du discours du monde clos.

48. Bruce-Briggs, 1988, p. 129.

49. Les Earnest, communication personnelle. Voir Bruce-Briggs, 1988, p. 96, pour la description d'un tel test.

Références

- BARITZ (L.),
1985 *Backfire*. New York, Ballantine.
- BRUCE-BRIGGS (B.),
1988 *The Shield of Faith*. New York, Touchstone.
- BAUM (C.),
1981 *The System Builders*. Santa Monica, CA: System Development Corporation.
- BORNING (A.),
1987 « Computer System Reliability and Nuclear War », *Communications of the ACM*, 30(2), p. 112-131.
- BRACKEN (P.),
1983 *The Command and Control of Nuclear Forces*. New Haven, Yale University Press.
- CHACE (J.) & CARR (C.),
1988 *America Invulnerable*. New York, Summit Books.
- EDWARDS (P.N.),
1996 *The Closed World*. Cambridge (Mass.), MIT Press.
- EVERETT (R.), ZRAKET (Ch.A.) & BENINGTON (H.D.),
1983 « SAGE: A Data-Processing System for Air Defense », *Annals of the History of Computing*, 5(4), p. 339-345.
- FAGEN (M.D.) (sous la dir. de),
1978 *A History of Engineering and Science in the Bell System*. Murray Hill, Bell Telephone Laboratories.
- FLAMM (K.),
1987 *Targeting the Computer*. Washington, Brookings Institution.
1988 *Creating the Computer*. Washington, Brookings Institution.
- FORMAN (P.),
1987 « Behind quantum electronics: National security as basis for physical research in the United States, 1940-1960 », *Historical Studies in the Physical and Biological Sciences*, 18(1), p. 149-229.
- GOLDSTINE (H.),
1972 *The Computer from Pascal to von Neumann*. Princeton, Princeton University Press.
- GREENBERGER (M.) (sous la dir. de),
1962 *Computers and the World of the Future*. Cambridge (Mass.), MIT Press.
- HERKEN (G.),
1983 *Counsels of War*. New York, Knopf.
- JACOBS (J.F.),
1983 « SAGE Overview », *Annals of the History of Computing*, 5(4), p. 323-329.

- MACARTHUR (D.),
 1951 *Hearings Before the Committee on Armed Services and the Committee on Foreign Relations of the United States Senate, 82nd Congress, 1st session to « Conduct an Inquiry into the Military Situation in the Far East and the Facts Surrounding the Relief of General of the Army Douglas MacArthur from his Assignments in the Area »*, 68, p. 81-83.
- MCCORMICK (T.J.),
 1989 *America's Half-Century*. Baltimore, Johns Hopkins University Press.
- PINCH (T.) & BIJKE (W.),
 1987 « The Social Construction of Facts and Artifacts, or How the Sociology of Science and the Sociology of Technology Might Benefit Each Other », in W. Bijker, T.P. Hughes & T. Pinch (sous la dir. de), *The Social Construction of Technological Systems*, Cambridge (Mass.), MIT Press, p. 17-50.
- REDMOND (K.C.) & SMITH (T.M.),
 1980 *Project Whirlwind: The History of a Pioneer Computer*. Boston, Digital Press.
- REES (M.),
 1982 « The Computing Program of the Office of Naval Research, 1946-1953 », *Annals of the History of Computing*, 4(2), p. 103-113.
- SCHAFFEL (K.),
 1991 *The Emerging Shield*. Washington, Office of Air Force History, United States Air Force.
- SMALL (J.S.),
 1993 « General-Purpose Electronic Analog Computing: 1945-1965 », *IEEE Annals of the History of Computing*, 15(2), p. 8-18.
- TROPP (H.S.) et al.,
 1983 « A Perspective on SAGE: Discussion », *Annals of the History of Computing*, 5(4), p. 375-398.
- VALLEY (G.E. J'),
 1985 « How the SAGE Development Began », *Annals of the History of Computing*, 7(3), p. 196-226.
- WIESER (C.R.),
 1983 « The Cape Cod System », *Annals of the History of Computing*, 5(4), p. 362-369.