HISTOIRE

Le CNET et les débuts de l'informatique (1944-1964)

Pierre-Eric MOUNIER-KUHN

© Réseaux n° 70 CNET - 1995

L'histoire de la recherche française en télécommunications, notamment de la commutation électronique, est aujourd'hui bien connue grâce à un remarquable effort d'enquête et de publication (1). Pourtant, un aspect en est resté jusqu'ici dans l'obscurité, c'est le rôle joué par les laboratoires de télécommunications dans le développement du calcul numérique — nous distinguerons nettement ici les machines destinées à ce type d'usage, qui pouvaient être construites pour répondre à des besoins techniques, dès le début des années cinquante, et les ordinateurs réalisés plus tard pour la commutation, qui exigeaient une fiabilité très supérieure. Certes, réaliser des ordinateurs n'était pas un but assigné au CNET dans ses missions officielles. Mais les centres de recherche en télécommunications avaient besoin de moyens de calcul pour résoudre certains problèmes (conception de réseaux, etc.) ; d'autre part, en raison de leurs compétences, ils se voyaient souvent confier par les militaires le soin de développer des matériels « de pointe » (radars, automatismes, calculateurs). C'est ainsi que les Bell Labs en Amérique, le Telecom Research Establishment britannique, les PTT néerlandais et japonais ont construit plusieurs calculateurs électroniques après la Seconde Guerre mondiale (2). Or, dans cette liste, le CNET brille par son absence. Étudier comparativement cette « anomalie » contribuerait à préciser les problématiques générales sur le « retard français » et sur « l'exception française », et à fournir des éléments de réflexion à propos des rapports entre la recherche et l'industrie, ou entre les mathématiques et l'ingénierie dans les milieux académiques.

Il est clair que nous tentons ici d'écrire une histoire « en creux », d'examiner un vide, une absence qui n'apparaît qu'a posteriori à la lumière d'une comparaison internationale. Tel que nous le posons, le problème ne pouvait apparaître dans la conscience des acteurs de l'époque. Pour eux, il était évident que le CNET « n'avait pas » à construire d'ordinateur. Pour nous, cette évidence est objet d'interrogation. Une interrogation d'autant plus attentive que, au-delà du CNET, c'est toute la recherche publique française qui échoue à réaliser des ordinateurs dans la décennie 1950-1959 (3).

Notre article décrira d'abord la situation du calcul et du traitement de l'information au Centre national d'études des télécommunications dans les dix premières années de son existence. On esquissera ensuite une comparaison avec l'institution privée qui, à la même époque, fait figure de rivale

(1) Voir notamment : du CASTEL et LAVALLARD (1990), et ATTEN (à paraître), AURELLE (1986), BERTHO-LAVENIR (1974), FLICHY (1991), GRISET (1983), LIBOIS (1985). Pour une perspective internationale, voir CHAPUIS et JOEL (1990).

(2) Les Bell Labs construisent cinq calculateurs entre 1945 et 1954, dont le *Complex number calculator* de Stibitz destiné aux calculs de réseaux téléphoniques, un *Ballistic computer* et un ordinateur transistorisé *TRADIC* pour l'US Air Force. Les PTT néerlandaises présentent les ordinateurs *PTERA* en 1953, ZEBRA en 1957. Le Telecom Research Establishment de Malvern réalise, entre 1947 et 1953, deux machines : *MOSAIC* (Ministry of Supply Automatic Integrator and Computer, incorporant 6 000 tubes et 2 000 diodes), destiné à traiter des télémesures de missiles, et *TREAC,* à usage interne, caractérisée par son architecture parallèle, sa mémoire à tubes de Williams et la haute fiabilité de ses composants. Nippon Telegraph & Telephon met en service en 1957 son ordinateur N1 (Parametron), dont s'inspirera la série Facom 200 de Fujitsu.

(3) MOUNIER-KUHN (1994), pp. 23-29.

du CNET : l'ensemble des laboratoires LMT-LCT, filiales françaises du groupe ITT (et dont l'histoire reste encore à écrire). On soulignera enfin le contraste entre le CNET des débuts et le CNET des années soixante. Ce dernier mène à bien un projet technique ambitieux, la mise au point de la commutation électronique et son transfert à l'industrie — opération typique de la « science lourde » qui semblait tout-à-fait hors de portée du « premier CNET ».

Un parent pauvre de la recherche (1944-1954)

Fondé sous le régime de Vichy par une loi du 4 mai 1944, le CNET a pour mission de grouper et de coordonner les recherches en télécommunications de différents ministères, dont chacun avait jusque-là son laboratoire exclusif. Il est administrativement rattaché au Ministère des PTT mais consacre une partie de ses travaux à la Défense nationale : héritant du Laboratoire national de radioélectricité fondé en 1914 par le général Ferrié, il est l'un des principaux éléments du dispositif militaire de recherche en électronique et en télécommunications. Créé en réaction contre la dispersion et la duplication des études, qui handicapent la recherche publique (4), le CNET réunit en principe les atouts nécessaires pour maîtriser l'évolution rapide des technologies : d'une part, il rassemble des compétences dans tous les domaines touchant aux télécommunications, favorisant le travail interdisciplinaire ; d'autre part, ses activités s'étendent de la recherche fondamentale au développement préindustriel. « D'une certaine façon, écrit A. Bertho, l'ambition est encore plus grande que celle du CNRS puisqu'il s'agit d'un organisme interministériel annonçant son souci de lier recherche publique et recherche d'entreprise, recherche et innovation » (5).

De notre point de vue, le CNET dispose, peut-être plus qu'aucune autre organisation en France, des compétences et des techniques nécessaires pour construire un ordinateur. C'est du reste ce que souligne le physicien Léon Brillouin en 1947, lors d'une conférence sur *Les grandes machines mathématiques* (6) organisée à l'École nationale supérieure des Télécoms. Ses ingénieurs fabriquent des compteurs électroniques d'impulsions, mettent au point lignes à retard et matériaux magnétiques (ferrites), étudient la subminiaturisation des composants pour l'Armée de l'Air, travaillent sur la théorie de l'information, etc. Ils réalisent des tubes spéciaux à haute fiabilité (durée de vie moyenne : 30 000 heures), inaccessibles objets de rêve pour les constructeurs d'ordinateurs de l'époque. Pourquoi le CNET n'exploite-t-il pas ces atouts en se lançant dans la voie indiquée dès 1946 par Von Neumann, et qui apparaît déjà à certains Européens comme devant être la voie royale du traitement de l'information (7) ?

En fait, le CNET de 1944 est une juxtaposition de services géographiquement épars, conservant des tutelles administratives distinctes. Il mettra dix ans à construire son identité, dix ans de conflits internes marqués notamment par la sécession en 1946 du Service de recherche et du contrôle technique des PTT (SRCT), dirigé par Pierre Marzin, qui ne réintégrera le CNET que lors de la réforme de 1954.

Ces conflits sont d'autant plus âpres que le CNET est pauvre, malgré l'ambition qui inspira sa création. Si un soutien financier appréciable est accordé au SRCT, voué en principe à la recherche appliquée pour les besoins urgents des PTT, en revanche le CNET proprement dit voit son budget en francs constants diminuer de 1946 à 1953, rongé par l'inflation : ainsi, en un an

(4) Ordonnance no 45-144 du 29 janvier 1945 relative à la création du CNET. L'exposé des motifs souligne que « Les recherches et les réalisations touchant les télécommunications ont souffert en France jusqu'à ce jour d'une extrême modicité des moyens, et de leur dispersion » Dans la réalité, cette situation se prolongera dix ans.

(5) BERTHO A., 1990.

(6) PERES J., L. BRILLOUIN, L. COUFFIGNAL (1948).

(7) Voir par exemple M. V. WILKES, 1985.

(1950-1951), les prix de cinq composants et appareils d'usage courant augmentent de 21 à 62 % selon le cas (8). Attributions tardives des crédits, lenteurs et formalités bureaucratiques pèsent sur la passation de marchés d'études à l'industrie. Plus grave encore, le budget de ces marchés d'études diminue de 76,8 % en volume de 1946 à 1953 ! Ce déclin de la puissance d'investissement du CNET oblige le Centre à réduire ses interventions industrielles d'envergure aux domaines jugés les plus vitaux : les tubes électroniques (partenaires : CSF et LCT), secondairement les radars. Cette situation reflète l'état général de sous-développement du téléphone français, auquel les ingénieurs ne peuvent remédier faute d'une politique suivie au niveau gouvernemental, que le régime parlementaire de l'époque ne permettrait pas.

La pénurie de personnel (moins de 300 salariés jusqu'en 1953) vient à la fois de la faiblesse de l'effectif titulaire et des obstacles administratifs qui entravent l'embauche de contractuels — seul moyen pourtant de recruter des spécialistes qualifiés en électronique, où le marché de l'emploi est très tendu. Les départs pour l'industrie sont nombreux, et le CNET de la Reconstruction vit même sous la menace d'une démission collective de ses laboratoires « Tubes » et « Hyperfréquences ». Le CNET ne peut recruter directement des ingénieurs sortant de Polytechnique, ceux-ci étant alors obligés de rembourser leurs frais d'études. La « division Recherches mathématiques » est d'abord réduite à un seul mathématicien, Louis Robin.

Quatre entités nous intéressent particulièrement, qui se caractérisent par des besoins de calculs croissants. Certaines s'équipent de machines à calculer, mais sans aucune coordination, sans envisager un effort commun à la taille d'un « Centre national ». Ce sont :

– le service de recherche des PTT (SRCT),

– la division « Tubes et Hyperfréquences »,

– le département « Télécommande et contre-mesures »,

– la division « Recherches mathématiques ».

Le Service de recherche et de contrôle technique des PTT (SRCT) dispose, pour la conception des filtres téléphoniques, d'un bureau de calcul équipé de petites machines Monroe, sous la direction d'un jeune X-Télécom, Jean Carteron. Le SRCT s'installe en 1952 dans le nouveau bâtiment du CNET à Issy-les-Moulineaux, où il fait livrer par la Société d'Électronique et d'Automatisme un « corrélateur analogique et analyseur harmonique » OME 15 (9). Ce faisant, « le SRCT a voulu :

– appliquer à ses problème un outil de calcul moderne,

– acquérir dans ce domaine une expérience qui ne peut être obtenue que par la pratique de tels engins,

– acquérir vis-à-vis de ce type d'opérateur une expérience qui permettra peu à peu d'établir les bases d'un groupe de calcul plus important et correspondant plus précisément encore aux besoins de la technique développée dans nos laboratoires. »

Toutefois cette machine ne suffit pas à étancher la soif de calcul des ingénieurs. Chiffrant en 1954 ses besoins d'équipe-

(8) Compte rendu général des études de télécommunications menées en 1952 par les services de recherches ministériels, chemise « Département Acoustique et téléphonométrie ».

(9) CARTERON J. et RAYNAUD, 1988. M. CLAVIER, ingénieur PTT au département Transmission du SRCT « L'OME 15 » (*L'Echo des recherches* n° 8, juillet 1952). M. CLAVIER « Note succincte sur l'OME » (Note technique T69). M. CLAVIER « Calcul de la phase d'un gain connu par son module au moyen de l'OME 15 est basé sur 6 amplificateurs à contre-réaction + 3 amplificateurs servant à la commande des servo-mécanismes ; il comprend un bâti à deux baies, une table traçante, un tableau de connexions, un tableau de commande. Il faut une journée pour résoudre une équation différentielle du 2e ordre X » + £ = 0, avec une précision de 3 à 5 %. M. Clavier signale son large champ d'applications : étude des organes non linéaires et de la distorsion non linéaire, calcul de la réponse transitoire d'un réseau donné par sa fonction de transfert et inversement, étude des fonctions de corrélation et de densités spectrales d'énergie dans les différentes modulations, ou dans les bruits, étude de la réponse d'un réseau au moyen de générateurs de bruit, résolution des équations intégrodifférentielles au moyen de l'analyse symbolique, etc.

ment dans le cadre de la préparation du IIIe Plan, le SRCT demande des crédits pour « étudier et construire des appareils mathématiques automatiques de calcul », appareils qui « devront être fort développés dans le cadre d'une coordination indispensable. » « Un renforcement très sensible des moyens de calcul mis à la disposition des organismes de recherche s'impose de façon manifeste » (10) concluent les rapporteurs.

La division « Tubes et Hyperfréquences » est l'une des plus actives du CNET. C'est une véritable pépinière de grands électroniciens : Georges Goudet (11), André Blanc-Lapierre (qui deviendra plus tard président de l'Académie des sciences), etc. Le CNET constitue dès l'origine un vecteur du transfert vers la France des technologies électroniques développées dans les pays anglo-américains depuis la guerre. C'est le cas notamment dans le domaine des composants. On s'efforce aussi de reconstruire une industrie française du radar, profitant de la mise hors jeu de l'Allemagne dans les hautes fréquences (12).

Pour étudier l'optique électronique des faisceaux dans les klystrons, le service « Tubes » se dote vers 1947 d'un calculateur analogique constitué d'une cuve pleine d'eau et parsemée d'électrodes, procédé mis au point au milieu des années trente pour l'aéronautique par deux universitaires, Pérès et Malavard. Cette cuve sera transférée à Issy-les-Moulineaux en 1957 et restera en service jusqu'en 1965 (13).

Le département « Télécommande et contre-mesures » est dirigé par Julien Loeb (X 1922), l'un des pionniers français de l'Automatique (travaux sur l'électronique, les ondes ultracourtes, les servomécanismes, la théorie de l'information) ; il a dès 1945 mis au point des « procédés mécaniques et électriques pour le calcul de la charge d'espace dans les tubes électroniques » ; il sera l'un des fondateurs de l'Association française de régulation et d'automatisme en 1956, et passera plus tard chez Schlumberger et à la Compagnie générale d'automatisation (CGA). Son successeur, le chef de la division « Télécommande » du SRCT, est Dickran Indjoudjian (X 1941), entré au CNET en 1946. Indjoudjian enseigne l'analyse et la statistique mathématique à l'ENSTélécom, à l'École des Ponts et à l'Institut de statistiques de l'Université de Paris. Il commencera une seconde et brillante carrière en entrant en 1960 à la Banque de Paris et des Pays-Bas, dont il deviendra directeur adjoint en 1966, chargé notamment de suivre les dossiers de financement du secteur informatique (c'est ainsi qu'il deviendra vice-président de SEMA-Metra). L'essentiel des activités du département est financé par la Défense nationale.

La division Servomécanismes du même département, dirigée par P. Blassel (X 1946), travaille notamment sur le guidage de fusées, jouant dans ce domaine un rôle de conseil et d'expertise vis-à-vis de la SNCASE qui construit les engins. Cette spécialité en fait une utilisatrice assidue

(10) CHAMPETIER G. et M. SCHWOB *Rapport général de la Commission de la recherche scientifique et technique du Plan,* novembre 1954 (Arch. Nat. RE 130/30-560-2). Champetier est directeur adjoint du CNRS.

(11) Georges Goudet a une fort intéressante carrière. Né en 1912, ce normalien, docteur ès-sciences, travaille en 1944-1945 au Laboratoire central des télécommunications. Ses travaux portent sur l'optique électronique et les ondes ultra-courtes. Il devient ensuite chef du service « Hyperfréquences » au CNET, qu'il quitte en 1951 pour la faculté des sciences de Nancy (chaire d'électrotechnique et direction de l'Ecole nationale supérieure d'électricité et de mécanique). En 1955 il passe définitivement dans l'industrie privée, au sein du groupe Le Matériel Téléphonique où il dirige le LCT et deviendra PDG de la CGCT. Il continue cependant à enseigner dans diverses écoles d'ingénieurs, et c'est lui qui réédite le tome d'électricité de l'increvable manuel de physique de Georges Bruhat, publié depuis 1924.

(12) IGA E. GIBOIN « L'histoire du radar naval » Comité de documentation historique de la Marine, *Communications* 1988-1989.

(13) « C'était une cuve rhéographique équipée d'un système de tracé automatique des équipotentielles et destinée plus spécialement à l'étude des canons électroniques de révolution. Cette méthode d'analogie électrique était alors le moyen le plus puissant et le plus souple pour résoudre l'équation de Laplace, les ordinateurs numériques n'ayant pas encore atteint un stade de développement suffisant. La cuve rhéographique permit de définir et de mettre au point les canons électroniques et la focalisation de nombreux tubes pour hyperfréquences qui furent utilisés sur les faisceaux hertziens. » (F. DU CASTEL, 1990, pp. 203-205.) Une méthode originale a permis de l'utiliser en tenant compte de la charge d'espace du faisceau électronique.

des calculateurs analogiques (simulation de vol vertical, cinématique du guidage d'engins, étude des dispositifs stabilisateurs). Elle recourt d'abord à « l'Opérateur mathématique électronique » installé à la SEA aux frais du Service Technique de l'Aéronautique, et qui produit pour elle « des centaines de courbes ». A partir de 1952, elle effectue maints calculs sur l'OME 15 du SRCT. Cette expérience la conduit à réaliser elle-même un calculateur analogique de 10 amplificateurs à courant continu dérivé des machines SEA, « d'une précision moyenne, mais d'un encombrement et d'un prix de revient réduits » (14), calculateur programmable par tableau de connexions ; l'appareil permet de tester le radioguidage du missile « Pénélope » à Colomb-Béchar avec un radar allemand Würtzburg (15). La division Servomécanismes prévoit d'en construire quatre exemplaires en 1954, et en a effectivement deux en service à cette date, servant à la simulation électronique de servomécanismes (étude RTD 33) ou à la simulation électronique de sous-marin. Grâce à ces machines, « on a développé des procédés électroniques de calcul qui permettent de traiter des problèmes comportant deux variables indépendantes. Des machines de cette nature ont permis de pousser jusqu'à un degré très avancé des questions de pilotage automatique. Parallèlement, on a développé des procédés de calcul mécanique qui permettent la mesure des fonctions de transfert d'organes non linéaires. On sera ainsi prochainement en mesure d'attaquer des problèmes inaccessibles au calcul humain, tels que les systèmes répondant à des équations dont les paramètres sont variables avec le temps. » (16)

L'aspect le plus étonnant des relations entre le CNET et la SEA est que l'organisme de recherche public construit des calculateurs analogiques, machines déjà classiques, et laisse à l'industriel le soin de faire le plus difficile, le plus aventureux : les ordinateurs ! Si le département « Télécommande » est axé sur les techniques analogiques, comme le montre un article publié à l'époque par Indjoudjian (17), ce n'est pas le cas d'autres services, comme en témoigne Libois (faisceaux hertziens) : « Dès 1946, nous travaillions sur les impulsions, non sur des circuits analogiques. On a collaboré avec Gloess, de la SEA... On pensait en numérique ! » Le CNET contribue d'ailleurs à une démonstration de « télétraitement » lors d'un colloque de cybernétique à Namur (Belgique) en juin 1956, où un congressiste interroge via la ligne téléphonique l'ordinateur de la SEA installé à Courbevoie.

La division « Recherches Mathématiques » est dirigée par Louis Robin, auquel se joignent deux autres ingénieurs, Collet et Poincelot. Cette division élabore sous forme mathématique des problèmes posés par les autres services du CNET, et effectue force calculs numériques, comme le signalent les rapports d'activité. Mais elle ne dispose pas des machines adéquates. Aussi voit-on, à travers les archives, L. Robin courir confier ses calculs à l'institut Henri-Poincaré (18) (calcul des probabilités appliqué au fonctionnement d'un réseau téléphonique, en 1947), au bureau de calcul de l'institut d'Astrophysique (étude RM 5/calcul de distorsion harmonique pour la division Radiocommunications), à Kuntzmann à l'université de Grenoble (pour la thèse de Poincelot, étude RM 15), à la société grenobloise Neyrpic, toujours avec Kuntzmann, en

(14) Etude RTD 33, CNET, réunion du 23 juin 1954 (Arch. Nat. 80/0284-226). Bien d'autres développements concernent le calcul automatique. Ainsi, le 21 février 1952, un marché d'étude est passé avec les Ets Belin pour un calculateur à numération binaire asservissant deux axes. En juin 1952, une étude RTD 16 porte sur un télémètre bistatique, comportant deux discriminateurs d'azimut et un calculateur analogique : « Un premier calculateur comportant un amplificateur à courant continu s'est révélé trop instable pour être utilisé ; un nouveau calculateur plus simple a été construit, reste à l'essayer sur le terrain. »

(15) Projet RTD 21. La division Servomécanismes dispose d'une machine construite par la SEA aux frais du ministère de l'Air.

(16) Réunion CCTU/Comité du CNET 23 juin 1953). Le PV signale que le CNET collabore et mène des études en commun avec le LRBA, l'ONERA, l'école Polytechnique, le Collège de France, etc.

(18) INDJOUDJIAN, 1955.

1954 (traité des fonctions de Legendre, étude de la division Mathématiques (19), et même — pourquoi pas ? — sur l'OME 15 du SRCT (calcul d'une fonction de corrélation, étude RM 10). Cette attitude est surprenante pour qui connaît le rôle pionnier joué à l'étranger par les laboratoires de Mathématiques dans la réalisation des premiers ordinateurs.

En fait, Louis Robin incarne une pratique artisanale de la recherche, où les outils du mathématicien se limitent au papier et au crayon. Les témoins qui l'ont connu au CNET, tout en soulignant ses hautes qualités scientifiques (20), le décrivent comme « un mathématicien à l'ancienne mode » « qui écrivait à la plume sergent-major », « un savant isolé qui fut longtemps le chef du département... et son unique membre » et « ne s'intéressait pas aux machines ». Membre du Comité national du CNRS, il siège dans la commission de Mathématiques pures, non en Mathématiques appliquées. Même au milieu des années soixante, lorsque le CNET possède un service de calcul bien équipé auquel Robin peut confier le traitement de fonctions de Bessel, « il faisait refaire les opérations à la main par un scientifique du contingent. » (21) Or Robin, loin d'être atypique, est bien représentatif des mathématiciens français de sa génération, celle du groupe Bourbaki, et, au-delà, d'un milieu savant qui n'a pas fait pendant la guerre l'apprentissage de la coopération avec l'Armée et l'industrie, en raison de la défaite de juin 1940. Les mathématiciens, en particulier, restent fort éloignés de la « science lourde », de la technologie, de la gestion de projets faisant intervenir d'autres disciplines. Ces caractères spécifiques suffisent à expliquer pourquoi les militaires ne s'adressent pas à la recherche « académique » pour construire des ordinateurs — contrairement à ce qui se passe aux États-Unis et en Angleterre.

L'examen des quatre départements ci-dessus montre donc que le CNET a d'importants besoins de calcul et dispose des techniques nécessaires pour construire un ordinateur. C'est faute de moyens matériels, et surtout faute d'une organisation lui permettant de mobiliser ses équipes sur un tel projet, qu'il ne le fait pas. En fait, personne jusqu'en 1954 n'imagine que le CNET soit capable d'une telle réalisation. Le premier réflexe du CNET lui-même est de se tourner vers l'institut Blaise-Pascal du CNRS, où un calculateur électronique digital a été mis en chantier depuis 1947

(19) Calculs exécutés par l'institut Henri-Poincaré pour le CNET de 1947 à 1955 :

Bénéficiaires	Robin (mathématiques)		Bouix (DEM-radar)		Lambreaux (télécommande)		Total
1947			400 h	?			
1948-49			1004 h	?			
1950	341 h	68 200 F	1300 h	260 200 F			
1951	423 h	82 400 F					
1952	52 h	15 750 F			1 277 h	270 400 F	
1953	814 h	244 200 F					
1954	837 h	370 500 F					
1955	458 h	228 500 F	131 h	65 500 F			
Total		1 009 550 F		325 700 F			1 607 550 F

Source : cahier de comptes du laboratoire de calculs numériques de l'IHP, archives de l'institut Blaise-Pascal. Quant aux calculs confiés par le CNET à la faculté des sciences de Grenoble, ils coûtent, en 1954, 125 000 F. Les sommes payées en six ans (1950-1955) par le CNET pour des travaux de calcul peuvent être évaluées, par approximation, à 3 ou 4 millions de francs. Or, vers 1956 le prix moyen d'un petit ordinateur commercial est d'environ 50 MaF (Bull Gamma AET ou SEA CAB 2000 à mémoire minimale). En bonne logique, les besoins de calcul du CNET étaient loin de justifier la construction d'un ordinateur. Mais la construction ou l'acquisition d'un ordinateur était-elle toujours décidée « en bonne logique » sur la base d'une prévision rigoureuse de retour sur investissement ? Sans doute non, et c'est heureux pour le développement de l'informatique ! 4 millions de francs, c'est le prix d'un ensemble mécanographique classique... que le CNET n'achète ni ne loue.

(19) Robin prie le chef du service de calcul de Neyrpic, Arnaud, de « faire un devis le plus serré possible » (lettre d'Arnaud à Kuntzmann, 9 juin 1954 (IMAG 02). Neyrpic acquiert un calculateur IBM 604 à programme par cartes en 1954.

(20) Louis Robin (X 1921-Télécom 1926) a laissé d'importants travaux sur les fonctions sphériques et sphéroïdales et sur les tables numériques ; il est assisté en 1956 d'un X-Télécom, M. Poincelot (Bata P. « La naissance du CNET » *Le Centre national d'études des télécommunications 1944-1974),* F. du Castel & F. Lavallard éd., Centre de recherche sur la culture technique, 1990).

(21) Remarques de participants (notamment A. Gérard et M. Truchet) au séminaire sur l'histoire du CNET, novembre 1993.

par un inventeur, Louis Couffignal, qui prétend posséder une « avance théorique » sur les Américains (22).

En décembre 1952, lors de la réunion du comité du CNET, « M. Loeb déclare que pour pouvoir étudier le comportement des servomécanismes réels, il est indispensable de créer une sorte de bureau de calculs analogiques disposant de machines à cartes perforées [sic]. » « M. Robin, [...] constate avec regret que la France ne dispose d'aucun centre national de calcul numérique équipé de machines modernes, en particulier du type Couffignal, et d'un nombre suffisant de tables numériques. Seules quelques rares sociétés privées ont fait un effort dans ce domaine [SEA, Bull et IBM]. M. Goudet, à la demande du président, rend compte des possibilités du CNRS : les machines Couffignal ne seront pas au point avant deux ans ; cependant le CNRS dispose dès maintenant de machines à calculer du type à cartes perforées qu'il met à la disposition du CNET. » (23)

Personne, dans ce milieu informé, ne se fait plus d'illusions sur la machine de Couffignal, et Goudet le dit crûment au directeur du CNRS : « C'est le rôle du CNRS de constituer en France un centre national de calcul numérique, doté de tous les moyens modernes. Cependant, l'achèvement de la machine du centre Blaise-Pascal paraît si lointain qu'il faut s'organiser pour s'en passer. » En conclusion, G. Goudet suggère « de demander aux nombreux services gouvernementaux qui sont représentés au CCTU leur contribution financière à l'équipement du Centre, dont l'intérêt national paraît évident à beaucoup. » (24)

La machine de Couffignal a visiblement suscité des espoirs, sans doute a-t-elle été pour le CNET une raison de s'abstenir de s'engager dans le calcul électronique jusqu'en 1952. Mais cette explication partielle ne suffit pas à dissiper le mystère de la non-construction d'un ordinateur dans cet établissement. On est tenté de songer que l'énergie et les moyens investis dans la construction de divers calculateurs entre 1950 et 1954 auraient permis de réaliser un ordinateur, si le CNET avait pu décider de les mobiliser en vue d'une œuvre commune. Le problème est que « le CNET » n'est en 1950 qu'une expression administrative, comme l'Italie d'avant Cavour était une expression géographique. La division « Tubes et Hyperfréquences » est installée à Neuilly, la division « Antennes » est logée à Issy dans les locaux de la SEFT (Armée de Terre), la division « Télévision » est rue Cognaq-Jay à Paris, le SRCT ne s'installe qu'en 1952 dans la première partie achevée du bâtiment qui deviendra plus tard celui du CNET à Issy. En tout, le Centre rassemble quatorze implantations dans la région parisienne (25) !

L'exemple de l'unique calculateur digital construit au CNET sous la IVe République nous montre, mieux que tout ce qui précède, les limites dans lesquelles agissent les ingénieurs du Centre à l'époque. Entre 1949 et 1952, une équipe réalise en effet un calculateur numérique à Issy-les-Moulineaux. Il s'agit d'une machine électromécanique, constituée de relais et de sélecteurs rotatifs — composants de base des centraux téléphoniques d'alors, qui avaient l'avantage d'être robustes et peu coûteux : elle est comparable aux calculateurs conçus par Stibitz aux Bell Labs dix ans auparavant (26). Bien entendu il n'est pas question de programme enregistré. Elle a été conçue par Jean Rose (CNRS et faculté des sciences de Paris) en vue d'effectuer la sommation rapide des séries de Fourier pour calculer des densités électro-

(22) PERES, J., L. BRILLOUIN, L. COUFFIGNAL (1948). Sur la machine de Couffignal, voir G. RAMUNNI (1988) ; MOUNIER-KUHN (1989, 1990 et 1994, 1).

(23) PV des réunions du CCTU des 9 et 10 décembre 1952. G. Goudet, qui a quitté le CNET en 1950, représente alors le CNRS au comité du CNET et au Comité de coordination des télécommunications de l'Union française.

(24) Lettre de Goudet au directeur du CNRS, 11 décembre 1952 (Archives du CNRS, Arch. Nat. 800284-226). Les relations entre les deux organismes semblent bonnes, comme en témoigne « l'étude d'un numérateur pour machine à calculer en liaison avec le CNRS » (Compte rendu général des études de télécommunications menées en 1951 par les services de recherches ministériels.)

(25) DU CASTEL & LAVALLARD, 1990, p. 53.

(26) Sur Stibitz, voir notamment CERUZZI, 1983 et RANDELL, 1973, rééd., 1982.

niques en cristallographie (27). Le CNET n'intervient ici que comme constructeur, la machine étant destinée à l'usage de chercheurs universitaires. Le prototype effectue en une seconde un calcul tel que 64 x 64 = 4 096. La partie électromagnétique est réalisée bénévolement par le CNET avec du matériel CGCT et un lecteur de bande perforée du commerce, la partie mécanique par le Laboratoire de minéralogie du Museum d'Histoire naturelle, avec l'aide de la firme d'horlogerie Jaeger pour les numérateurs : on est encore dans l'univers technique de Hollerith et de Torrès-Quevedo. Le coût de construction de la machine, hors dépenses de personnel, se monte à environ 800 000 F. Initialement manipulée par un opérateur, elle devait être ultérieurement automatisée. L'inventeur et le CNET en envisageaient l'industrialisation par une société privée car « avec quelques modifications, la machine serait applicable à maints autres problème de sommation à plusieurs variables. » L'apparition de calculateurs électroniques universels Bull et IBM à cartes perforées, autour de 1953, mit un point final à ce projet.

Justifiant le choix d'une technologie classique dans la machine de Jean Rose, un commentaire de l'ingénieur général des Télécommunications G. Letellier, directeur du département Commutation, permet de mieux comprendre pourquoi le CNET ne construit pas d'ordinateur : « Il existe des machines électroniques permettant de résoudre, parmi beaucoup d'autres, le problème ainsi posé, mais ces machines sont d'une complication et d'un prix tels qu'il n'en existe que très peu d'exemplaires dans le monde. » (28) Le CNET juge les ordinateurs hors de sa portée. De fait, vers 1955, un ordinateur moyen coûte 50 à 100 fois plus que la machine de J. Rose.

Un point de comparaison : le groupe LCT-LMT

Cette impression d'impuissance du CNET des débuts, face à l'informatique naissante, est confirmée a contrario par l'engagement précoce dans le « digital » de son équivalent privé, le Laboratoire Central de Télécommunications — l'une des quatre filiales françaises du groupe américain ITT, avec LMT, LTT et la CGCT. Lors de l'implantation du groupe en France, dans les années 1920, ITT a compris que, pour être accepté sur le marché, il fallait faire participer le milieu technique français à l'innovation. D'où la création en 1927 du LCT, qui devient un centre de R & D bouillonnant de créativité, à la mesure des moyens dont il dispose et du talent de son directeur, Maurice Deloraine (29). C'est aux « Laboratoires LMT », avenue de Breteuil, qu'est inventée en 1938 la modulation par impulsions et codage (MIC), un principe de base des actuels systèmes de télécommunications. C'est au LCT que se forment nombre de spécialistes du radar, qui développeront ensuite des calculateurs électroniques dans d'autres firmes : P.-F. Gloess (SEA), B. Leclerc et H. Feissel (Bull), etc. Signalons au passage que le groupe ITT a construit le premier ordinateur d'Europe continentale vers 1951 dans son laboratoire d'Anvers (30), et que les ingénieurs des autres filiales européennes en avaient connaissance.

Comme le CNET, le LCT consacre une partie de ses recherches à la Défense. C'est ce qui l'amène à réaliser des calculateurs digitaux. « En 1954 nous avons reçu un contrat de la Marine pour étudier un calcu-

(27) Cette machine construite au CNET est décrite dans ROSE, J., 1948, pp. 139-144. Elle a fait l'objet d'un brevet déposé par le CNRS le 15 mai 1948, n° provisoire 555 034. Une description technique sommaire, accompagnée d'un devis, se trouve dans les archives du CNRS (Arch. Nat. 80/0284-101) (entretiens en 1989 avec Jean Rose et Jacques Benas, qui construisit l'appareil avec M. Bréant).

(28) LETELLIER, 1954, mais sans doute écrit en 1953 étant donnés les délais de publication dans *L'Echo des recherches*). Cet article comporte des photos et un schéma de la machine de Rose.

(29) DELORAINE, 1974.

(30) Cet ordinateur, un oublié de l'histoire, fut construit sous la direction de M. Lindemans au début des années 1950 par Bell Telephone Manufacturing Comp. pour l'Institut de la recherche scientifique dans l''industrie et l'agriculture (IRSIA-FNRS). C'était une machine sérielle à mot de 18 bits, décimale à une adresse ; technologie : 2 000 tubes, 2 500 diodes, fréquence d'horloge 100 kHz. Le tambour (100 pistes) tournait à 4 000 tours/mn (W. de Beauclair, *Rechnenmaschinen, Braunschweig,* 1968).

lateur de guidage de torpilles. C'était la suite d'un système de radioguidage que nous avions fourni vers 1950 : il s'agissait de placer un calculateur numérique, en amont de l'émetteur radio, qui fournisse des ordres à la torpille en fonction de la position de la cible. Nous avons développé un ordinateur à lampes (2 000 doubles triodes AT7, importées je crois) et à tambour magnétique. Il pouvait recevoir ses données d'un radar, d'une gonio, d'un observateur visuel. Le prototype a été réceptionné en 1958 au STCAN de Toulon, mais j'ignore s'il a été embarqué : son MTBF [mean time between failures, temps moyen entre pannes] était faible, nous étions contents s'il ne tombait en panne qu'une fois par jour ! Il n'a pas été industrialisé. » (31)

« A ce moment on commençait à disposer de transistors et de tores de ferrites, que nous avons utilisés pour faire un calculateur de "2e génération", le "L 10", destiné à l'Armée de l'Air suédoise. Là aussi, LCT n'a fait qu'un prototype, mais le "L 10" a peut-être été produit en série par la filiale d'ITT à Stockholm. Par ailleurs, en 1962 la Société d'études et de recherches d'engins balistiques (SEREB) a lancé un appel d'offres pour le calculateur de guidage des MSBS, et a contracté avec la SAGEM et le LCT. A cause de problèmes techniques, nous avons pris du retard. Notre prototype a été réceptionné par la SEREB, mais c'est la SAGEM qui a été retenue pour faire la série. » Le groupe LMT-LCT ne se lance dans l'informatique civile que dans certains créneaux bien définis. Il se limite, en 1960, à inscrire à son catalogue commercial des ordinateurs construits par ses sociétés-sœurs anglaise et allemande : le Stantec Zebra et l'ER 56 de Standard Elektrik Lorenz, avec lequel il réalise le système SARI de réservation des places d'Air France. Puis il développe deux calculateurs pour la navigation aérienne (CS 2 et 825 P), produits à quelques unités, et un ordinateur destiné à facturer les notes de téléphone, l'AMA (Automatic message accounting).

Parallèlement, la commutation électronique a fait très tôt l'objet de recherches au LCT, dont le directeur a déposé le brevet de base de la commutation temporelle en 1945, et fait un exposé sur la question en 1947 devant la Société française des radioélectriciens (32). LCT construit dès 1956 un autocommutateur électronique à 20 lignes pour la Marine, puis un central à 240 lignes (33). « Le résultat le plus important des développements d'ordinateurs au LCT a été la formation d'équipes expérimentées, au moment où ITT s'interrogeait sur la stratégie à suivre en vue de la commande électronique des centraux téléphoniques [commutation spatiale] : devions-nous acheter des ordinateurs IBM et les adapter, ou en développer nous-mêmes ? On a choisi d'en développer. Le premier a été le LCT 3200, dont dix prototypes ont été construits en 18 mois. LMT l'a produit en série pour contrôler des centraux Metaconta ; le premier a été installé à Roissy en 1970. Son défaut était d'être trop volumineux (composants discrets), et nous lui avons fait un successeur en circuits intégrés, le LCT 3202. Parallèlement, le LCT développait depuis 1959 le système qui s'appellera plus tard le RITA, fondé sur ses brevets en MIC et en commutation temporelle. Thomson a longtemps payé des royalties à ITT sur le RITA et sur les centraux LMT 3202. » (34)

Un transfert recherche industrie réussi : la commutation électronique

Tout change au CNET en 1954 lorsque Pierre Marzin y prend le pouvoir et le transforme en une véritable agence d'objectifs. Dressant l'état des lieux, P. Marzin

(31) Entretien avec M. G. Phélizon, 2 novembre 1993. L'ingénieur de l'armement Henri Boucher recense toutefois six exemplaires d'un calculateur conçu par LCT à la même époque (BOUCHER, 1988).

(32) Voir MULLER J.-J., 1987, cité dans L.-J. LIBOIS, 1989.

(33) Voir le no de *L'Onde électrique* de mars 1957 consacré à la commutation téléphonique électronique (articles de Dumousseau, Goudet, Benassy). A. SCHMITT, 1960. En téléphonie, le groupe (qui partage depuis trente ans le monopole de la commutation en France avec le Suédois Ericsson) consacre à l'époque l'essentiel de son activité aux centraux électromécaniques « Crossbar ».

(34) Entretien avec M. G. PHELIZON, 2 novembre 1993.

expose un cruel bilan du Centre : « d'un point de vue général un redressement s'impose dans l'élaboration des programmes des laboratoires du CNET. Ces programmes paraissent en effet avoir été établis jusqu'ici en accueillant toutes les suggestions extérieures et intérieures du CNET, sans considération suffisante des moyens matériels du CNET ni de la responsabilité des demandeurs [...] Ces moyens matériels limités devraient être concentrés sur un petit nombre d'études d'intérêt primordial. Il existe actuellement au CNET quelque 200 études pour un effectif de moins de 200 agents productifs. Elles traînent (jusqu'à 5 et 8 ans) et, lorsqu'elles aboutissent, elles n'intéressent plus personne. La division Tubes et Hyperfréquences a dépensé 100 MF par an depuis 8 ans, sans résultats satisfaisants, et a perdu ses meilleurs spécialistes des tubes (Goudet, Blanc-Lapierre). » (35)

La réunion du SRCT avec le CNET aboutit à constituer un ensemble de 1 463 personnes dont 900 se consacrent à la recherche-développement. De plus, en 1955, le CNET absorbe le Service de prévisions ionosphériques militaires (SPIM), créé à partir d'un laboratoire militaire allemand transplanté en France après 1945, qui s'est doté depuis deux ans d'un calculateur électronique IBM 604 CPC installé au château de la Martinière à Saclay. Stabilisé sur le plan de son identité institutionnelle, sous l'impulsion énergique de P. Marzin qui obtient dès 1957 une croissance notable des moyens, le CNET entame une longue « montée en puissance », marquée par le développement des technologies informatiques pour la téléphonie. Les développements qui suivront concerneront la commutation électronique (machines « dédiées ») : il ne s'agit pas pour le CNET de « faire de l'informatique », orientation que la hiérarchie écartera systématiquement.

Dès 1955, un nouveau texte de Letellier montre une rupture complète avec la résignation antérieure, et exprime une audace inconcevable jusque-là : « Il est à prévoir que les organes centraux emprunteront beaucoup de leurs caractères aux techniques maintenant bien connues des machines à calculer électroniques. [...] la plupart des pièces détachées entrant dans sa constitution restent encore à créer sur le plan industriel », mais « on peut toutefois concevoir sur le plan du laboratoire l'essai partiel d'un tel système. » (36)

La même année 1955, le CNET confie à la SEA une étude à caractère prospectif sur la commutation téléphonique. Le rapport de fin d'étude (février 1956) propose la voie de la commutation temporelle : « Voie naturelle pour l'équipe SEA — et là s'arrêtèrent nos réflexions sur le "téléphone", ce n'était pas notre métier ! » (37) Les relations continuent cependant, par exemple à travers P.-F. Gloess qui, travaillant à la fois au CNET et à la SEA, dépose de très nombreux brevets en commutation et en électronique.

L'idée n'est pas entièrement neuve. On a mentionné le brevet Deloraine de 1945. Dès 1931 en Grande-Bretagne, T. H. Flowers avait entrepris des études sur la commutation électronique ; en 1935, un montage expérimental a fonctionné ; un premier système « opérationnel » est attesté en 1939 (38). La recherche à grande échelle commence au cours des années cinquante aux Etats-Unis et en Grande-Bretagne. Un colloque international, tenu à Murray Hill en 1957, suscite l'émulation des laboratoires à travers le monde.

L'électronique, qui depuis les années trente envahissait les techniques de transmission, fait donc son entrée dans les techniques de commutation. Ce progrès est illustré par l'évolution de l'équipe de

(35) Réunion Comité du CNET 11 février 1954.

(36) LETELLIER, préface à LUCAS, 1955. En 1956, Letellier confie à Lucas le soin de créer, au sein du département « Commutation », une cellule « Commutation électronique ».

(37) RAYMOND, 1988. BOISVIEUX, 1956. F.-H. Raymond suggérera, quelques années plus tard à la DGRST, la suppression de l'annuaire téléphonique papier et son remplacement par un système électronique.

(38) RANDELL « The Colossus » in Metropolis, 1980.

Louis-Joseph Libois (39), spécialisée depuis l'après-guerre dans le multiplexage pour les faisceaux hertziens. Sa transformation, en 1956, en groupe « Téléphonie électronique et faisceaux hertziens » amorce sa réorientation vers un pari technologique à long terme : la commutation électronique. Ce tournant se manifeste en 1957 par la création du département « Recherche sur les machines électroniques » (RME), qui comprend trois divisions : Calcul électronique, Commutation électronique, Energie et prototypes de laboratoire. En 1961 s'ajoutent deux nouvelles divisions (Service calculateurs et automatisme, Centre logique et programmation), illustrant le rapprochement de la commutation électronique avec l'informatique. Les modifications ultérieures accentueront cette symbiose. L'effectif du département RME doublera en dix ans (1958-1967), passant de 94 à 198 personnes, tandis que l'établissement du CNET à Lannion, particulièrement axé sur la commutation et des composants électroniques, passera de 140 à 809 salariés entre 1962, date de sa fondation, et 1967.

En 1958, ayant mené à bien ses premières études de sous-ensembles (maquettes de mémoires, circuits logiques), le département RME décide de les réunir dans un ordinateur expérimental, « Antinea ». Celui-ci permet de tester fiabilité et performances des circuits, et d'entraîner les personnels à la conception de systèmes et à leur programmation. « Antinea », qui commence à exécuter des programmes en 1960, fait partie de la nouvelle « génération » des ordinateurs transistorisés. C'est surtout, de notre point de vue, le premier calculateur électronique digital construit et mis en service opérationnel par un laboratoire français du secteur public.

« Antinea » sert de calculateur de commande à une maquette d'autocommutateur téléphonique, « Antarès », en 1961-1962. L'étape suivante consiste à réaliser une machine plus puissante, « Ramsès », incorporée en 1964 au central « Aristote » qui desservira la zone téléphonique de Lannion. Deux répliques, « Ramsès II » et « Ramsès 1L », sont construites en 1965 pour servir au centre de calcul du CNET ; très rapides, munies d'un système d'exploitation permettant l'utilisation en temps partagé, reliées par une liaison à 50 000 bauds les « Ramsès » fonctionneront à Paris et à Lannion jusqu'en 1973. Les tambours magnétiques sont fournis par la SEA, les unités de bandes par la Compagnie des Compteurs. Par ailleurs, deux petites maquettes d'ordinateurs, RME X1 et X2, seront montées en 1968 pour tester des circuits intégrés TTL et des architectures logiques temps réel. Le CNET voit son rôle dans le dispositif français de recherche en informatique confirmé lorsqu'il crée à Lannion, avec l'appui de l'Armée, un « laboratoire d'essai des ordinateurs » chargé d'évaluer les périphériques magnétiques.

Conformément au mode de travail du CNET, ces recherches sont effectuées en coopération avec l'industrie. Ainsi, en 1961, les ingénieurs des télécom essayent divers circuits de composants logiques et de mémoires en liaison avec les constructeurs français de matériel informatique : SEA, Bull, Compagnie des Compteurs (40).

Les études de programmation, lancées lors du développement d'Antinéa, produisent des assembleurs, des compilateurs Fortran (le premier en 1963 pour Ramsès), des jeux de microprogrammes, et mèneront à des travaux sur la fiabilité du logiciel au début des années 1970. Pour la conception des systèmes informatiques, des programmes de tests de circuits logiques, puis de CAO de circuits intégrés sont développés au cours de la décennie 1960.

Toutefois, les ingénieurs du CNET qui seraient tentés de s'orienter vers une informatique déconnectée des besoins des télécommunications sont soigneusement remis dans le droit chemin par une hiérarchie attentive. A la fin des années soixante, le

(39) Louis-Joseph Libois deviendra directeur du CNET puis de la DGT. Il présidera plus tard la Caisse nationale des Télécommunications.

(40) CNET, programme général des recherches RME 1961.

CNET restera en marge du Plan Calcul (41), bien que des liens institutionnels soient assurés — Alain Profit, chef du groupe « Informatique et transmission de données » du Centre, est membre de la Délégation à l'informatique. Le CNET se concentre sur sa participation à deux grands programmes technologiques, la conquête spatiale et surtout la modernisation du réseau téléphonique.

Grâce à l'expérience acquise avec « Antinea », « Ramsès » et les systèmes suivants, le CNET maîtrise les technologies nécessaires pour atteindre les objectifs essentiels qui avaient présidé à sa fondation : fournir les bases technologiques d'une industrie nationale des télécommunications indépendante. Le premier vecteur de transfert de technologie est la société mixte Socotel (1959-1977), qui coordonne les études effectuées au CNET et dans les laboratoires industriels. « Le rôle du CNET y a été déterminant car c'est lui qui, en les mettant en pratique, a démontré la validité des principes fondamentaux que l'on retrouve dans les systèmes modernes [...] la base même des réseaux intégrés (42). » En 1970, le central Platon, mis au point au CNET, industrialisé par la SLE-CITEREL (CIT-Alcatel et Ericsson), est mis en service à Perros-Guirec ; d'autres installations suivent. C'est le premier commutateur temporel au monde desservant les abonnés du réseau public. Il apparaît que le CNET et la CIT ont deux ans d'avance en ce domaine sur leurs concurrents. La CGE (CIT-Alcatel) industrialisera ensuite le système E 10 fondé sur les recherches du CNET. Alcatel deviendra dans les années quatre-vingt le premier fournisseur mondial de matériel de télécommunications.

Résumons. Le CNET, vers 1950, a des besoins croissants de calcul, de simulation, de contrôle automatique de processus. Il possède les compétences techniques nécessaires pour construire des ordinateurs. Ce qui lui manque pour en réaliser, c'est principalement les aptitudes à gérer un grand projet technologique : aptitude à réunir les moyens financiers ; art de mobiliser des équipes pluridisciplinaires comprenant notamment des mathématiciens ; possibilité de définir sa propre politique scientifique, ses orientations de développement — ou à défaut, capacité de convaincre des acteurs extérieurs, en particulier l'Armée, de lui confier la réalisation d'un ordinateur. Bref, au temps de la reconstruction, le CNET, simple étiquette administrative recouvrant des laboratoires disparates, n'est pas encore tout-à-fait un organisme maîtrisant la *Big Science.*

D'autres institutions possèdent ces aptitudes à un degré plus élevé. Ce sont des entreprises, et nous avons vu l'exemple de l'ensemble LCT-LMT. C'est à ces firmes (LCT-LMT, SEA, IBM France aussi) que les militaires confient l'étude et la réalisation des premiers ordinateurs français. Ce n'est donc pas la recherche publique, mais les laboratoires industriels, qui sont en France à la pointe de l'innovation dans ce domaine porteur d'avenir : exception parmi les nations. Le résultat est le même du point de vue strictement technique. Mais, si l'on considère la diffusion ultérieure de l'innovation, les entreprises sont évidemment moins portées à faire partager leurs savoirs et savoir-faire acquis dans un tel développement que ne l'est la recherche publique (songeons à l'essaimage autour de Stanford et du MIT, voire des Bell Labs dont la logique de secret industriel est en partie neutralisée par les lois anti-trust). Ne bénéficiant en informatique d'aucune expérience concrète émanant des laboratoires d'État, la seule firme à capitaux français, la SEA, a donc pris tous les risques de l'exploration d'une technologie nouvelle, et l'a payé cher. Le résultat est, dès le début des années soixante, la domination d'IBM sur le marché du calcul scientifique et de la gestion, de LMT sur celui des simulateurs aéronautiques.

A ce moment, le CNET, désormais en pleine possession des moyens de sa mis-

(41) BERTHO-LAVENIR, 1990.
(42) LUCAS, 1990, p. 187.

sion, prend l'initiative dans le domaine de la commutation électronique, et assure ultérieurement le transfert de ses résultats vers l'industrie. Au-delà de la réussite technique, on peut admirer la gestion du temps, l'alliage expert d'audace et de prudence calculée qui permettent de réaliser les systèmes en adéquation avec le progrès des technologies : ni trop tôt (songeons aux échecs de tant de machines conçues prématurément par rapport aux performances des composants), ni trop tard. Bref, le succès d'une maîtrise à tous les niveaux, techniques et stratégiques, qui contraste avec les heurs et malheurs de l'informatique tricolore.

Le contraste est encore accentué par l'inégale efficacité des politiques gouvernementales, comme l'a montré Jean-Jacques Salomon (43). La « stratégie de l'arsenal » est adaptée à la réalisation de biens d'équipements destinés à un client unique, l'Etat, dans des situations de quasi-monopole ; d'où sa réussite lorsqu'il s'agit d'équiper des réseaux de télécommunications. Mais les causes de son succès dans cette configuration deviennent des handicaps lorsqu'il s'agit de vendre sur des marchés ouverts et très concurrentiels, exigeant un esprit commercial adaptable à une clientèle variée, internationale, plus sensible aux prix qu'aux qualités purement techniques ; tels sont par exemple les utilisateurs d'ordinateurs de gestion.

La période des « trente glorieuses » voit, en conséquence, se croiser deux évolutions inverses : l'industrie française du traitement de l'information perd progressivement son autonomie technique et financière au profit de groupes américains, tandis que l'industrie des télécommunications prend son essor et assure son indépendance.

(43) SALOMON, 1986.

RÉFÉRENCES

ATTEN, M. : « L'émergence de la R et D dans les télécommunications : la voie française, 1940-1970 », à paraître.

AURELLE, B. *Les télécommunications,* La Découverte, 1986.

BERTHO, A. : « Le CNET dans le système de recherche publique » . L*e Centre national d'études des télécommunications (1944-1974)* in DU CASTEL et LAVALLARD eds CRCT 1994.

BERTHO-LAVENIR, C. : *Télégraphes et téléphones, de Valmy au microprocesseur,* Hachette, 1981.

BERTHO-LAVENIR, C. et PROFIT, A. : « Informatique et histoire des télécommunications : le rôle du CNET dans le développement de l'informatique en France. » *Actes du 2e colloque sur l'histoire de l'informatique en France,* CNAM, Paris, 1990.

BOISVIEUX, J. : *Autocommutation électronique,* rapport confidentiel SEA/NT/438, 1er février 1956.

BOUCHER, H. : « L'informatique dans la Défense » . *Actes du colloque sur l'histoire de l'informatique en France,* INPG, Grenoble, 1988.

CHAMPETIER G. et M. SCHWOB Rapport général de la Commission de la recherche scientifique et technique du Plan, novembre 1954 (Arch. Nat. RE 130/30-560-2).

CARTERON, J. « Naissance du calcul électronique en France », Actes du colloque sur l'histoire de l'informatique en France, Grenoble, 1988.

CERUZZI, P. : *Reckoners, the Prehistory of the Digital Computer, 1935-1945* Greenwood Press, 1983.

CHAPUIS R.J. et JOËL, A.E. : *Electronic Computers and Telephone Switching,* North Holland, New York, 1990.

DELORAINE, M., *Des ondes et des hommes,* Flammarion, 1974.

DU CASTEL F. et LAVALLARD F. : *Le Centre national d'études des télécommunications (1944-1974).* Centre de recherche sur la culture technique, 1990.

FLICHY, Patrice : *Une histoire de la communication moderne-Espace public et vie privée,* La Découverte, 1991.

GRISET, Pascal : « La société Radio-France dans l'entre-deux guerres », *Histoire, Economie et Société,* 1983, 1.

INDJOUDJIAN D. : « Calculatrices analogiques et simulation » *Electronique,* n° 107, 1955.

LETELLIER : « Machine à calculer permettant la sommation des termes de séries de Fourier à trois variables ». *L'Echo des recherches,* n° 17, octobre 1954.

LETELLIER, G. Préface à Lucas P. : Considérations sur les conditions auxquelles pourrait satisfaire un système de commutation automatique. *L'Echo des recherches,* n° 19, octobre 1956.

LIBOIS, L.-J. : « La grande mutation des télécommunications, de l'analogie au numérique », colloque sur le développement des télécommunications internationales (Histoire et Avenir), Villefranche-sur-Mer, juin 1989.

LIBOIS, L.-J. : *Genèse et croissance des télécommunications,* Paris, Masson, 1985.

LUCAS, P. « La commutation électronique ». *Le Centre national d'études des télécommunications (1944-1974) in* DU CASTEL et LAVALLARD, 1990.

METROPOLIS, N., HOWLETT, J., ROTA, G.C. : *A History of Computing in the XXth Century, A Collection of Essays,* Academic Press, New York 1980.

MOUNIER-KUHN, P.-E. : « The Institut Blaise Pascal : From Couffignal machine to Artificial Intelligence » *Annals Hist. Comput,* vol. 11/4, décembre 1989.

MOUNIER-KUHN, P.-E. : « Genèse de l'informatique en France (1945-1965) : diffusion de l'innovation et transfert de technologie », *Culture technique,* septembre 1990.

MOUNIER-KUHN, P.-E. : « L'Institut Blaise Pascal du CNRS (1946-1969) » Actes de la journée de Possel (16 novembre 1994), *Cahiers de l'Institut Blaise-Pascal,* novembre 1994.

MOUNIER-KUHN, P.-E. : « La recherche publique française et les premiers ordinateurs : un échec lourd de conséquences (1939-1959) » *XXe journées d'études sur la parole.* Groupe francophone sur la communication parlée, SFA/ESCA, 1994.

MULLER, J.J. : « La croissance irrésistible des réseaux numériques », *L'onde électrique,* octobre 1987.

PERES, J., BRILLOUIN, L., COUFFIGNAL, L. : « Les grandes machines mathématiques » *Annales des Télécommunications* n° 2, Paris, 1948.

RAMUNNI, G. : « Louis Couffignal 1902-1966 : Un pionnier de l'informatique en France ? » *Actes du colloque sur l'histoire de l'informatique en France,* Grenoble INPG, 1988.

RANDELL, B., *The Origins of Digital Computers,* Springer Verlag, New York, 1973, rééd. 1982.

RANDELL, B. : « The Colossus » in Metropolis et alii 1980.

RAYMOND, F.-H. : « La SEA : une aventure qui termine mal », *Actes du colloque sur l'histoire de l'informatique en France,* Grenoble INPG 1988.

ROSE, J. : « Machine à calculer permettant la détermination de fonctions périodiques et leur introduction dans des calculs. Application à la sommation des séries de Fourier et au calcul des facteurs de structure en cristallographie », *Journal des recherches du CNRS* n° 7 (1948).

SALOMON, J.J. : *Le Gaulois, le Cowboy et le Samouraï, rapport sur la politique française de la technologie,* Economica Paris, 1986.

SCHMITT, A. : « Un autocommutateur téléphonique à 240 lignes entièrement électronique », *L'Onde électrique,* avril 1960.

WILKES, M. V. : *Memoirs of a Computer Pionneer* MIT Press, Cambridge MA, 1985.