



**HAL**  
open science

## Du radar naval à l'informatique : François-Henri Raymond (1914-2000)

Pierre Mounier-Kuhn

► **To cite this version:**

Pierre Mounier-Kuhn. Du radar naval à l'informatique : François-Henri Raymond (1914-2000). LES ARCHIVES DE L'INVENTION. ÉCRITS, OBJETS ET IMAGES DE L'ACTIVITE INVENTIVE, DES ORIGINES A NOS JOURS, Presses Universitaires de Toulouse- Le Mirail, 2007, coll. Méridiennes, Histoire et Techniques. hal-03976077

**HAL Id: hal-03976077**

**<https://hal.science/hal-03976077>**

Submitted on 6 Feb 2023

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

## Du radar naval à l'informatique : François-Henri Raymond (1914-2000)

Pierre-E. Mounier-Kuhn

CNRS & Centre Roland-Mousnier  
Université Paris-Sorbonne <mounier@msh-paris.fr>

« Les lieux de mémoire seront numérotés <sup>1</sup> »

« Notre sujet concerne un sujet bien plus vaste que celui des machines à calculer : il deviendra, sans doute, la science d'une famille générale de machines dans lesquelles l'*information* est la matière d'œuvre, l'énergie y étant nécessaire, certes, mais accessoire et d'ailleurs totalement transformée en chaleur. Ce fait conduit à une nouvelle conception du rendement et rapproche un concept lentement dégagé au cours du temps, celui d'énergie, de travail, d'un concept quantitatif plus récent, celui d'information<sup>2</sup>. »

Décernant à F.-H. Raymond la médaille Blondel en 1950, Louis de Broglie admirait “qu’âgé de 34 ans, vous étiez déjà l’auteur de près de 60 publications et que vous aviez pris plus de 20 brevets<sup>3</sup>.” Cet ingénieur Supélec, docteur ès-Sciences, mena en effet de front la recherche, l’enseignement (au CNAM et dans les universités de Grenoble et de Toulouse), la création et la direction d’entreprise (Société d’électronique et d’automatisme, constructeur des premiers ordinateurs en France en 1954), la fondation et l’animation de sociétés savantes, puis la participation aux instances de politique technologique de la Ve République. Il contribua au processus de décision menant au Plan Calcul... qui prit ensuite une orientation contraire à ses vues et finit par le rejeter.

Ses publications, comme les archives qu’il a laissées (archives privées, documents conservés au CNAM, papiers répartis dans les archives des différentes administrations et firmes auxquelles il eut affaire), éclairent non seulement son activité inventive personnelle, mais aussi la constitution du réseau d’hommes et d’institutions qu’il s’efforça de mobiliser pour entraîner l’industrie et le milieu scientifique français dans des voies alors nouvelles : l’électronique digitale, les sciences de l’information. Cette figure d’inventeur-entrepreneur, si elle présente tous les ingrédients classiques familiers aux biographes de héros de l’innovation, illustre aussi explicitement la notion empirique d’« acteur-réseau » avancée par Michel Callon et Bruno Latour.

Pour diffuser ce qu’il faut bien appeler un nouveau paradigme, Raymond et ses collaborateurs firent feu de tout bois : procédés de transfert “académiques” (publications,colloques, cours et

---

1 *Exposé sur la structure logique des machines à calculer universelles*, 22 novembre 1949, FHR/DB, rapport interne SEA. Par cette expression, typique de la période pionnière où n’existait aucun vocabulaire informatique normalisé, Raymond définit l’adressage mémoire d’un ordinateur.

2 F.-H. Raymond, *L’Automatique des Informations*, Masson 1957, p. XI.

3 Louis de Broglie, “Allocution pour la remise des médailles Blondel le 19 mai 1950”, Archives de l’Académie des Sciences, Fonds 42 J, boîte 33.

conférences) ; démonstrations techniques, effectuées en public à l'occasion de congrès ou de salons professionnels, et qui relevaient à la fois de la tradition scientifique et de la pratique commerciale ; formation de personnel ; brevets et cession de licences ; sans oublier les 'jeux' d'ingénieurs, qui ont contribué à développer dans quelques cercles une culture de l'informatique temps réel.

Quel projet global révèlent ces textes, ces objets, ces tentatives ? Quels ont été les résultats de ces efforts et ses limites, qui sont en grande partie celles du réseau constitué par Raymond ? Ces questions sont indissociables des controverses, parfois très âpres, dont Raymond fut le protagoniste, au sujet de l'avenir du système technique et des stratégies de modernisation.

### **1. « An outstanding engineer »<sup>4</sup>**

Son père, un artisan ébéniste, ayant été tué en 1916, Fr.-H. Raymond est pupille de la nation. A ce difficile départ dans la vie, il réagit à la fois par une boulimie de science et par un esprit critique aiguisé face aux autorités et aux hiérarchies. Ce dernier thème est récurrent dans son discours : « Mon père était mort à la guerre. J'ai été élevé par un tuteur : mon oncle, un brillant polytechnicien. Il avait chez lui *quelques* livres scientifiques... datant de 1899 ! Et il ne se référait qu'à eux quand il devait résoudre un problème. Un jour, j'avais voulu résoudre un problème d'équations différentielles. Il m'a enlevé le livre : 'ce n'est pas de ton âge, tu verras ça plus tard<sup>5</sup> !' »

Sorti ingénieur de l'Ecole Supérieure d'Electricité en 1937, il étudie la mécanique au CNAM, les mathématiques à l'Institut Henri-Poincaré et passe en 1945 un doctorat sur la théorie des réseaux polyphasés, sous la direction de Louis de Broglie. Ses publications ultérieures révèlent une infatigable curiosité qui le pousse à approfondir sérieusement chacun de ces domaines, y compris une culture approfondie en histoire des sciences et des techniques. Il se forme ainsi une capacité, rare, à faire communiquer plusieurs univers intellectuels. Capacité qui lui permettra d'inventer des solutions originales à des problèmes très variés : mécanique, électrotechnique, électronique, mathématiques appliquées<sup>6</sup>. C'est parce qu'il possède et réunit ces traditions, et parce qu'il exerce librement son jugement, que Raymond devient un homme de la rupture.

Sa carrière, militaire puis industrielle, accompagne cet enrichissement intellectuel. Officier de marine en activité de 1938 à 1940, il est affecté au Centre d'études de la Marine de Toulon comme ingénieur électronicien chargé statutairement de co-diriger ce laboratoire. Il y étudie des appareils de détection acoustique sous-marine et des projets liés au radar, à la DCA et à la conduite de tir. C'est à la bibliothèque du Centre de Toulon que F.-H. Raymond découvre l'article fondamental de Shannon

---

4 C'est ainsi que H. Goldstine, l'ancien assistant de Von Neumann, qualifie F.-H. Raymond dans le court paragraphe qu'il consacre au rôle de la France dans l'histoire de l'ordinateur (Goldstine, H. H. *The Computer, from Pascal to Von Neumann*, Princeton, 1972).

5 Entretien avec F.-H. Raymond, 14 janvier 1998.

6 Un bon exemple est l'application aux circuits électronique de la "méthode de Bergeron". Bergeron était un professeur de mécanique des fluides toulousain, qui avait inventé une méthode graphique simple pour étudier les coups de bélier dans les conduites hydrauliques. Cette méthode était enseignée chez les mécaniciens, mais évidemment pas chez les électriciens. Or les ingénieurs de la SEA qui étudiaient les circuits d'ordinateurs l'employèrent pour obtenir rapidement des résultats approchés, en économisant de fastidieux calculs numériques (Chapouille P. & J.-P. Vabre "Bergeron's Graphic Method", *PIRE*, nov. 1962, n° 11, p. 2373, cité dans Note interne SEA 23-11-1966, Piel & Costes à Raymond, "Fonctionnement des circuits TTL, compte-tenu des interconnexions", 44 p.).

proposant l'application de l'algèbre de Boole aux circuits de commutation automatiques<sup>7</sup>. « Le labo de Toulon était abonné à la revue de l'association américaine des électriciens, et au BSTJ [*Bell System Technical Journal*]... mais personne n'allait à la bibliothèque — en tout cas pas les ingénieurs du Génie Maritime ! A part moi, personne n'avait lu les articles pionniers de Shannon, pas même au CNET après la guerre ; or le compte-rendu de sa thèse de 1938 se trouvait dans le BSTJ ! [De même] Ce sont les Américains qui nous ont fait relire Fourier et Herbrand [l'un des rares spécialistes français de logique mathématique, mort à 23 ans dans un accident de montagne en 1931] ! Ce pays crève de cloisonnements, de fermeture, de hiérarchies<sup>8</sup>... »

Le Centre d'études de la Marine se replie temporairement à Alger en juin 1940 en vue d'une poursuite de la guerre en Afrique du Nord, puis démobilise une partie de ses cadres. Sous l'Occupation, Raymond travaille à la SNCF et au Laboratoire Central d'Électricité, où il met au point des méthodes de simulation des réseaux de lignes à haute tension. Parallèlement, il fréquente le Laboratoire Central des Télécommunications (LCT, groupe ITT), bouillon de culture technologique où il noue des amitiés qui s'avèreront fort utiles par la suite. À la Libération de Paris, il est secrétaire général de la société Les Ateliers GSP, l'un des grands constructeurs français de machines-outils ; ce qui lui permet de « découvrir l'industrie auprès d'un grand patron ». Un an plus tard, F.-H. Raymond entre comme conseiller scientifique chez Sadir-Carpentier, constructeur d'appareils de mesure et d'électronique (radio-navigation, radar...).

En 1947, son patron l'expédie en mission exploratoire aux Etats-Unis. F.-H. Raymond visite systématiquement tous les laboratoires où se développent les technologies nouvelles — la “cybernétique” est le sujet du livre influent publié cette année-là par Norbert Wiener, au MIT. La lecture du célèbre rapport de Von Neumann, acheté à Washington pour quelques dollars, lui apporte une véritable révélation. Ce texte définit une machine futuriste, l'ordinateur<sup>9</sup>. A l'époque, F.-H. Raymond se trouve être l'un des rares Européens à pouvoir en comprendre l'immense potentiel, par sa connaissance approfondie des technologies développées pour la guerre et des problèmes posés par les industries de pointe et les grands réseaux techniques.

Rentré à Paris, il propose à son président un certain nombre d'orientations nouvelles. Ses propositions sont repoussées par les actionnaires : le calcul électronique “n'est qu'un amusement pour Américains et n'a aucun avenir<sup>10</sup>”. Notons au passage le sens du mécénat désintéressé d'une firme qui paye un « conseiller scientifique », mais, dès que celui-ci propose une orientation d'investissement, le retoque ! Il démissionne et fonde, en décembre 1947, la Société d'Electronique et d'Automatisme (SEA). En quelques semaines, sans entraves bureaucratiques ni *business plan* normé, l'entreprise démarre à Courbevoie dans une ancienne usine automobile bombardée. Raymond commence par

---

7 Cf. Shannon, “A Symbolic Analysis of Relay and Switching Circuits”, *Trans. AIEE* 57, 1938.

8 Entretien avec F.-H. Raymond, 14 janvier 1998.

9 Entretien avec F.-H. Raymond, janvier 1986, se référant à A.W. Burkes, H.H. Goldstine et J. Von Neumann, *Preliminary Discussion of the Logical Design of an Electronic Computing Instrument*.

10 C'est du moins en ces termes que FHR se rappelait la réaction des nouveaux administrateurs de Sadir-Carpentier (Raymond F.-H. “La SEA : une aventure qui termine mal”, *Colloque sur l'histoire de l'informatique en France*, Grenoble, INPG, 1988, note 3 p. 383).

trouver un premier client : le bureau des missiles de l'Armée de l'Air, avide de procédés de simulation. Le capital initial est apporté par quelques amis et par son ancien employeur, le constructeur de machines-outils GSP.



### **La mise en place d'une configuration innovante**

Arrêtons-nous un instant sur le montage de cette *start-up*, qui dessine une première « configuration innovante ». Trois personnages jouent un rôle décisif. Albert Métral est à la fois professeur de mécanique au CNAM (où Raymond enseigne à ses côtés comme assistant), et directeur général de GSP ; il connaît « FHR » depuis longtemps, lui ayant demandé en 1939 de rédiger un traité sur la radionavigation<sup>11</sup>. « Il me fallait vite bâtir ma nouvelle situation car j'avais la charge d'un foyer et je n'avais ni rentes ni fortune. Je m'adresse à Albert Métral [...]. Je lui explique l'importance pour la machine-outil des activités que je voulais mettre en route. Je rédigeai à son intention une note sur ce qu'on désignera beaucoup plus tard par la commande numérique des machines-outils. Non pas pour lui dire 'Voilà ce qui devrait vous intéresser immédiatement', mais pour le convaincre des buts à atteindre sans indiquer de délais... A. Métral était habitué à mon langage, la communication entre nous était parfaite, confiante et amicale. Il proposa que GSP fût actionnaire de la société que je voulais créer ; mais avant que cet accord soit acquis, il devait recueillir celui de son propre actionnaire, Claude Desanges, PDG de la Société Gaz et Eaux. »

Il se trouve que C. Desanges et Raymond se connaissent, étant tous deux actifs à la Société des Ingénieurs de l'École Supérieure d'Électricité. « Avant même de le rencontrer j'ajoutai 'Gaz et Eaux' à la liste des actionnaires de la future SEA. Je lui présentai ensuite mon projet ; il a dû sourire de la manière directe dont je faisais montre en cette négociation en lui demandant de signer l'acte de naissance de la SEA que je lui présentais. Ainsi les choses n'ont pas traîné... » C'est une véritable opération de capital-risque qu'effectue Gaz et Eaux, réinvestissant les indemnités des nationalisations. Le « réseau Sup'Elec » est ainsi mobilisé pour participer à la création de la SEA. Il apporte non seulement du capital (et un président expérimenté pour le conseil d'administration), mais aussi de jeunes ingénieurs Supélec qui constituent l'équipe de démarrage ; s'y ajoutent deux polytechniciens aventureux, que sait entraîner la passion communicative de Raymond ; et un ancien du Laboratoire Central des Télécommunications, P.-M. Gloess, homme à idées et aux connaissances étendues, qui seconde Raymond sur le plan technique général et assure une liaison féconde avec le CNET<sup>12</sup>. GSP et Gaz et Eaux détachent quelques cadres administratifs à la SEA, donnant une capacité de gestion à cette entreprise d'inventeurs.

---

11 Raymond F.-H., "Albert Métral (1902-1962), professeur de Mécanique", dans C. Fontanon & A. Grelon (dir.), *Les professeurs du CNAM. Dictionnaire biographique 1794-1955*, INRP & CNAM, 1994, p. 261-264.

12 P.-M. Gloess avait travaillé sur la radionavigation, la TV et le radar au LCT dans les années 1930, ce qui l'avait amené à participer à l'effort de guerre franco-britannique. Il avait inventé rien moins que l'indicateur de plan de position, c'est-à-dire l'écran radar (Deloraine M. *Des ondes et des hommes* Flammarion, 1974, p. 137).

Le troisième partenaire est l'Armée de l'Air. Organisant au CNAM un cycle de conférences sur les servomécanismes<sup>13</sup>, F.-H. Raymond rencontre la petite équipe d'ingénieurs militaires de la section "Engins spéciaux" créée peu de temps auparavant au Service Technique de l'Aéronautique par Michel Decker. « L'un et l'autre nous étions enthousiasmés par les perspectives de ce qu'il y avait à entreprendre ; aussi, la SEA démarre-t-elle ses activités avant même son existence légale et elle reçoit un premier marché du Service Technique de l'Aéronautique notifié à la 'Société SEA en formation' représentée par moi <sup>14</sup>! »

La fondation de la SEA renvoie aux études récentes sur l'essaimage et sur la création d'entreprises par des chercheurs. Si l'on adopte la définition de l'essaimage donnée par un rapport de 1989 — il y a essaimage "dès qu'un salarié en activité ou licencié bénéficie d'un appui minimum de la part de son entreprise d'origine, en termes d'information, d'appuis techniques ou d'aides financières<sup>15</sup>" — la SEA ne résulte pas d'un essaimage puisque Sadir-Carpentier ne semble jouer qu'un rôle négatif. En revanche, F.-H. Raymond trouve un ferme appui auprès de son précédent employeur, GSP, avec lequel il a un lien à la fois professionnel (il en est l'ancien secrétaire général) et "académique" (il enseigne au CNAM et publie avec A. Métral). Cet appui consiste en apport de capital (une usine) et en détachement de personnel.

Si l'on se réfère aux travaux de Ph. Mustar sur la création d'entreprises par des chercheurs, l'on se retrouve en pays de connaissance<sup>16</sup>. La SEA évolue à l'instar de ce type d'entreprises : elle commence par produire des instruments scientifiques pour une clientèle d'ingénieurs et de savants, notamment en partenariat avec divers services scientifiques et techniques de l'État qui financent alors la majeure partie de son CA ; puis elle développe progressivement ses capacités industrielles et commerciales en élargissant son marché. Elle maintient des relations étroites avec le monde académique, soit qu'elle emploie des universitaires comme conseillers ou qu'elle accueille des stagiaires venant des facultés, soit que ses ingénieurs participent à l'enseignement supérieur. Consacrant une forte part de ses moyens à la R&D, elle offre les prestations d'un bureau d'études, en produisant des rapports à la demande de Bull, de Matra, du CNET, de la DGRST, de la DRME. Sa politique de produits est fondée sur une réflexion à long terme. Enfin, dirigée par des scientifiques qui ont l'habitude professionnelle des contacts internationaux, la SEA ne craint pas de s'aventurer sur les marchés étrangers.

Pourtant, F.-H. Raymond ne relève pas exactement de ce modèle. Il n'appartient ni à l'Université, ni à un organisme de recherche public — il a quitté depuis huit ans le Laboratoire de recherches de la Marine. La SEA a en fait beaucoup de traits communs avec les firmes fondées naguère en Amérique par des inventeurs indépendants — Sperry, Edison, Houdry...<sup>17</sup> : stratégie

---

13 Cette série de conférences, publiées dans *Analyse, synthèse et position actuelle de la question des servomécanismes* (SEDES 1949), marque la naissance en France d'une communauté nouvelle, celle des automaticiens.

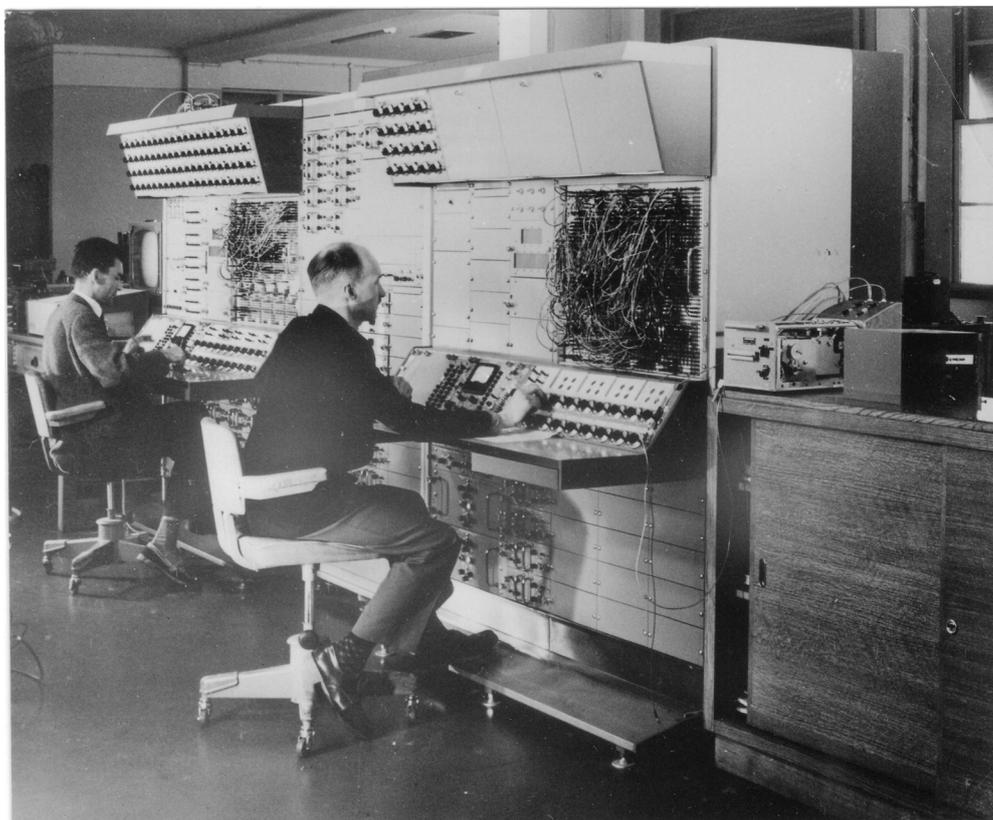
14 Raymond F.-H., "La SEA : une aventure qui termine mal", *Colloque sur l'histoire de l'informatique en France*, Grenoble INPG 1988, p. 375.

15 Bertherat J., *L'essaimage, levier de la création d'entreprises*, La Documentation française, 1989.

16 Mustar Ph., *Science & innovation- Annuaire raisonné de la création d'entreprises par des chercheurs en France*, Economica, 1990.

17 Hughes T., *American Genesis. A Century of Invention and Technological Enthusiasm*, NY, Viking, 1989.

centrée sur l'innovation radicale, dont le potentiel de développement est le plus élevé ; importance des brevets qui constituent l'essentiel du capital de l'inventeur. Raymond est avant tout un scientifique travaillant dans l'industrie, qui a terminé son doctorat trois ans plus tôt et qui enseigne à temps partiel au CNAM et dans d'autres établissements. Son expérience de l'industrie, supérieure à celle de la plupart des chercheurs qui deviennent entrepreneurs, contribue à expliquer la réussite de la SEA et sa longévité<sup>18</sup> ; jointe à la forte personnalité de F.-H. Raymond, elle explique aussi, sans doute, le fait que celui-ci reste jusqu'au bout le véritable patron de la SEA.



Le "Fizeaugraphe" de la SEA (1950),

un calculateur numérique programmable pour l'étude des trajectoires de missiles.

Construit par la SEA à partir de 1949 sur un contrat du STAé, cet ensemble à tubes électroniques était à programme externe (mots de 16 ou 32 bits). Le terme "Fizeaugraphe" était un hommage au physicien Hippolyte Fizeau (1819-1896), qui avait étendu aux ondes électromagnétiques l'effet découvert par Doppler dans la propagation des ondes sonores. Le Fizeaugraphe fut exposé en 1952 à Paris au "Salon du Progrès" comme la "première calculatrice française" et installé au centre d'essais d'engins spéciaux de Colomb-Béchar, dans le Sahara algérien.

L'appui du STAé représente un atout essentiel dans la phase de démarrage de la SEA. D'une part, l'équipe de M. Decker contribue à financer les premiers travaux, réduisant le risque inhérent à l'innovation ; et à crédibiliser la nouvelle entreprise — SEA, fournisseur de l'armée de l'Air. D'autre part, client pionnier, elle permet à la jeune société d'intégrer la demande et ses contraintes dans la conception du produit. Autre avantage, ce type de client évite à la SEA la charge de développer, dans un premier temps, un réseau commercial onéreux. Jusqu'en 1960, la SEA "vendant toujours en petites

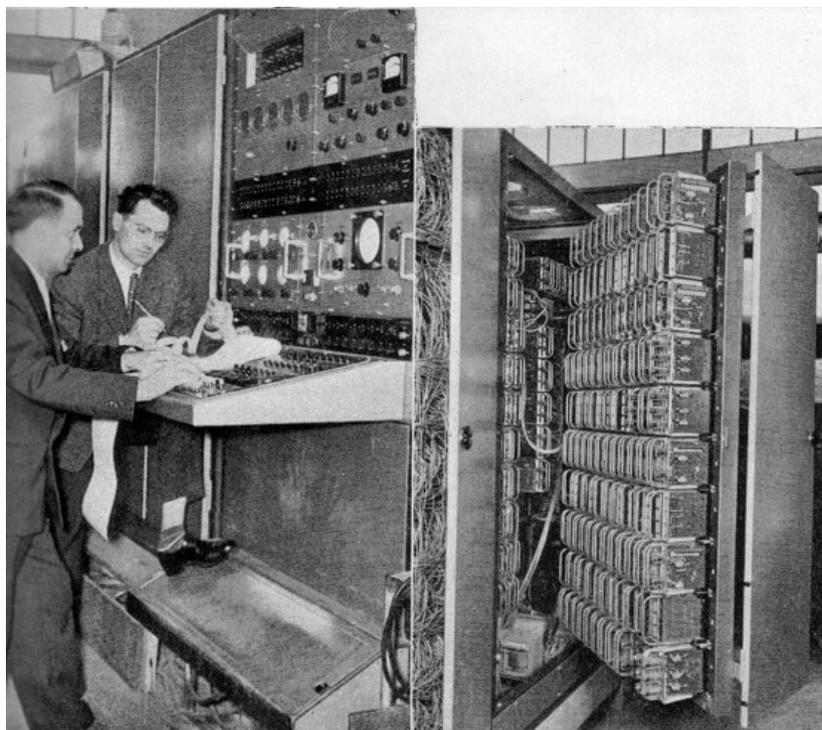
---

18 Selon une abondante littérature, les entreprises créées par des chercheurs mêleraient deux types de risques : ceux inhérents à la création de toute entreprise, et ceux qui sont plus particulièrement liés à la haute technologie. Un *Rapport sur le renouvellement du tissu industriel* publié par le CEPME en 1985 montre au contraire que le taux d'échec des entreprises de haute technologie est inférieur à celui existant dans des secteurs plus traditionnels (cité par Ph. Mustar, *id*).

quantités [...] et surtout à de grandes administrations, son organisation commerciale est assez sommaire<sup>19</sup>.” Elle dispose toutefois, dès le milieu des années cinquante, d’un centre de calcul à façon qui permet de familiariser des clients potentiels avec les nouvelles machines. Ajoutons que F.-H. Raymond, expert, passionné, maîtrisant une vaste culture scientifique, est aussi un vendeur persuasif et entraînant.

A la fois bureau d’études et producteur spécialisé dans le calcul électronique, la SEA établit d’abord sa réputation et ses revenus en concevant des machines diverses pour les télécommunications, l’automatisation et l’aéronautique, essentiellement sur commandes des services techniques des Armées, d’EDF et du CNET. En 1955 la SEA installe les premiers ordinateurs en France, dans une atmosphère de foisonnement inventif : brevets sur le traitement de texte, mémoire virtuelle, téléinformatique, projet de commutation temporelle... Elle les conçoit d’abord pour les usages scientifiques, puis pour la gestion. En 1960 la SEA réalise un “mini-ordinateur” scientifique avant la lettre, la CAB 500, doté d’un langage de programmation en français. *Best-seller* de la SEA, la CAB 500 formera une génération d’étudiants en informatique, et sera exportée jusqu’au Japon, où Raymond a fondé une filiale. L’entrée de la SEA dans le groupe Schneider, en 1960, facilite la production et la commercialisation de ses machines. Préférant investir dans ses études plutôt que dans des usines, la SEA entraîne autour d’elle le développement d’un réseau de sous-traitants spécialisés dans les techniques avancées. Elle contribue ainsi à transformer le vieux tissu industriel français.

Parallèlement à ses tâches de directeur général, à l’extérieur de l’entreprise Raymond fait feu de tout bois pour communiquer sa foi dans l’avenir des technologies de l’information. Il enseigne dans deux universités et trois écoles d’ingénieurs, publie des dizaines d’articles et de livres, organise colloques et associations spécialisées.



Ordinateur SEA CAB 3030 au centre de calcul de Courbevoie (1958)

---

19 Etude financière en vue d’une augmentation de capital de la SEA, 15-3-1960, Archives du Crédit Lyonnais.

## Une stratégie d'avance technique maximale

F.-H. Raymond est convaincu, en effet, que seule une stratégie d'avance technique maximale offre quelque chance de rattraper le retard d'un pays comme la France. Développer tout à la fois, les technologies de base et les produits, les savoirs et les savoir-faire, créer le marché et révéler les besoins ? Raymond est conscient des difficultés et des risques d'un tel pari, dans une France appauvrie et ravagée par deux guerres mondiales. Mais, si l'on se contente de bricoler l'existant par des améliorations progressives, on est sûr que l'industrie française se laissera irrémédiablement distancer. Il faut donc investir dans la recherche, mettre en œuvre une politique de produits à long terme, protéger et valoriser ces travaux en utilisant toutes les armes de la propriété intellectuelle. Raymond veut éviter à tout prix la dépendance technique vis-à-vis des brevets américains, dans laquelle certains grands groupes français d'électrotechnique se sont piégés depuis un demi-siècle.

Aucun anti-américanisme dans cette volonté d'autonomie. Fort de sa riche culture scientifique et technique, curieux, par tournure d'esprit, d'explorer les limites du système technique de son temps et d'inventer des solutions aux blocages qui y apparaissent, Raymond se trouve, dès l'après-guerre, dans un univers mental commun avec les savants anglo-américains que l'effort de guerre a conduits à transformer la technologie — ses objets comme sa gestion.

Il se trouve tout aussi naturellement en opposition avec ceux de ses compatriotes qui « savent tout ce qu'on peut apprendre<sup>20</sup> », mais sans plus, et exercent des responsabilités dans l'industrie et la technostrucure. Raymond et la SEA se heurtent donc à d'autres configurations — mentales, institutionnelles, politiques, financières, commerciales — objectivement plus puissantes et capables de mobiliser des arguments plus convaincants dans le contexte français de l'époque. Les limites de son action correspondent à la fois aux limites de son réseau de ressources relationnelles et à la politique de ces grands groupes, notamment CGE et Thomson, qui ne partagent pas la même vision de l'innovation.

F.-H. Raymond affronte les dirigeants de ces groupes en participant à l'élaboration de la politique industrielle dans les comités du Commissariat au Plan et de la DGRST. De 1962 à 1966, l'"affaire Bull", le "fossé technologique" qui se creuse au détriment des semiconducteurs européens, la domination croissante des multinationales américaines jalonnent un processus de décision qui mènera au Plan Calcul. Le 18 juillet 1966, Raymond a un entretien de trois quarts d'heure avec le général de Gaulle, et fait comprendre au chef de l'Etat les préoccupations et les enjeux qui justifient une politique nationale.

Il joue là un jeu périlleux. En effet, le réflexe naturel des ministères, pour résoudre un problème industriel, consiste alors à inciter les entreprises à fusionner sans trop se soucier d'assortir les partenaires que l'on marie. Et à s'appuyer de préférences sur les grands groupes traditionnels, auxquels les attachent de multiples liens. Or le non-conformisme caustique de Raymond ne lui a pas

---

20 Empruntons au *Neveu de Rameau* cette expression qui correspond bien à l'ironie de Raymond et résume parfaitement l'opposition entre science normale et science révolutionnaire, entre innovation incrémentale et innovation radicale.

valu que des amis dans ces milieux, qu'il critiquât la formation polytechnicienne, le comportement des grands corps de l'Etat ou le rôle de chambres d'enregistrement des conseils d'administration.

Il est d'autant plus vulnérable que ses projets, sur lesquels il joue l'avenir de la SEA, ne se situent pas dans le *mainstream* de l'évolution des ordinateurs. En 1964, IBM a établi un standard de fait en présentant la série IBM 360 : une gamme de machines compatibles, partageant un *operating system* commun. Système très lourd, dont le développement connaît des retards catastrophiques, mais qui finira par s'imposer sur le marché, prolongeant pour quinze ans les vieilles conceptions tayloriennes héritées de la mécanographie. Les concurrents doivent désormais définir leur stratégie par rapport à la gamme IBM : soit faire des compatibles, soit développer des systèmes nettement différenciés. Raymond estime qu'empiler des couches de *software* ne peut que dégrader les performances des machines, domaine où la France est déjà handicapée par son retard en composants, et qu'en se pliant à la compatibilité IBM on ne fera que s'essouffler à courir derrière le leader mondial. Il juge beaucoup plus intéressant, à tous points de vue, d'étudier des "machines langages", des ordinateurs où l'utilisateur communiquerait avec le processeur directement en langage évolué, puis, si possible, en langage naturel ou par des interfaces graphiques. De notre fauteuil, quarante ans plus tard, on peut facilement constater que sa vision de l'informatique future était généralement juste, mais que les voies par lesquelles il pensait y parvenir étaient peu praticables : les machines langages, celles de la SEA comme celles d'autres constructeurs (Burroughs), sont jugées intéressantes pour la recherche en architecture, mais ne réussiront jamais à s'imposer sur le marché. En voulant s'écarter de l'architecture de Von Neumann (un processeur simple nécessitant des logiciels complexes), on n'élimine pas vraiment le problème de la complexité, on le retrouve ailleurs...

Le Plan Calcul fonde en 1966 la Compagnie Internationale pour l'Informatique (CII), en faisant absorber la SEA (850 salariés, 1500 brevets) par une filiale de CGE et de Thomson-CSF, la CAE, qui exploite des licences américaines et ne partage nullement sa philosophie avant-gardiste. Les équipes SEA sont démantelées. Le bouillon de culture technologique, cuisiné depuis vingt ans par le fougueux Raymond, est en partie stérilisé dans des manœuvres politico-industrielles qui lui échappent complètement. Lui même se replie, à partir de 1969, sur l'enseignement et la recherche en informatique, au Conservatoire national des Arts et Métiers : pour mériter son élection à une chaire, il tient à passer un second doctorat sur *La formalisation du concept de calcul*. Membre de la SFEE, *fellow* de l'Institute of Radio-Engineers ("for his contributions to the analyses and development of electronic computers and automation systems"), Raymond est élu en 1973 président de la Société des anciens élèves de Supélec. Thomson lui attribue par ailleurs un placard avec un titre de « directeur de l'informatique » au sein de la direction générale du groupe.

## **2. Acquisition et diffusion de technologies : la SEA, école et entreprise**

Considérons le réseau tissé par la SEA, les circulations entre elle et ses partenaires, à travers les modes de réception et de diffusion des technologies. Pour la commodité de l'exposé, on répartira ces modes de circulation en deux catégories classiques : l'académique et l'industriel. Le premier correspond au mode de diffusion des connaissances dans le milieu universitaire traditionnel, et ses caractéristiques découlent des normes de la recherche pure telles que les a énoncées R. K. Merton : la technologie est valorisée en fonction de son apport à la science ; elle doit faire l'objet d'une

information aussi large que possible, sans considération d'éventuels profits privés ; cette information porte sur des concepts fondamentaux plutôt que sur des procédés de développement ; elle est diffusée par les canaux de communication habituels du milieu scientifique (articles de revues, rapports, colloques...) ; l'État est directement impliqué comme acteur.

Le deuxième mode de circulation et de transfert technologique est celui du monde industriel. La technologie est considérée avant tout en fonction des chances de survie et des profits qu'elle peut apporter à l'entreprise ; sa diffusion est soumise aux règles de la propriété industrielle et des échanges commerciaux (cessions de brevets, de licences et de produits...) ; l'acquisition des méthodes concrètes et des procédés de fabrication est aussi importante que celle des concepts ; si l'État intervient, c'est pour soutenir la recherche et contrôler les transferts de technologie afin de protéger éventuellement l'industrie et la sécurité nationales ; enfin, plus encore que dans le "modèle universitaire", seule la mobilité des spécialistes peut assurer la transmission des aspects les moins formalisables du savoir technique — le tour de main, l'expérience des échecs par exemple.

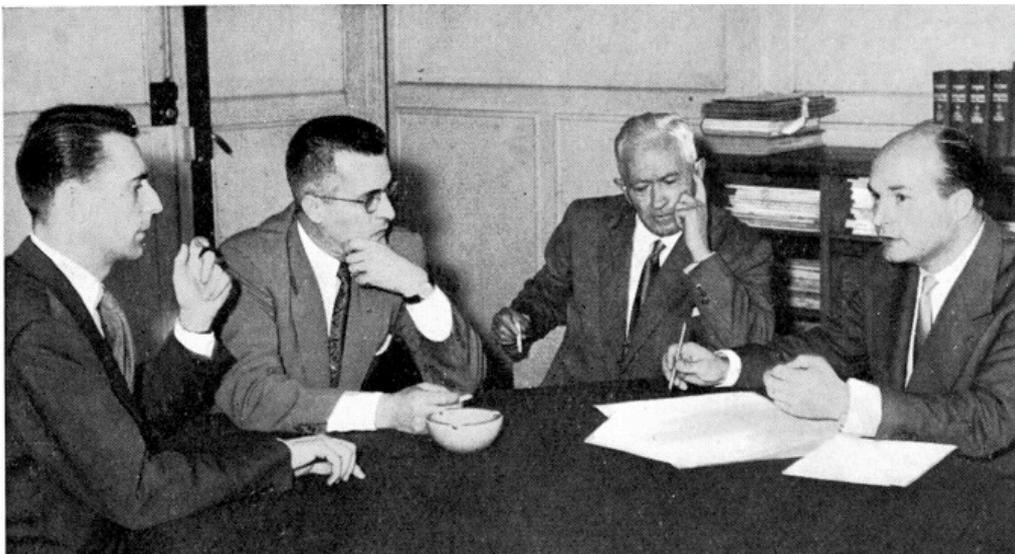
Dans le cas de la SEA, les deux "modes" de transfert sont utilisés. Plus exactement les deux catégories ci-dessus forment un continuum : le tissu sans couture de l'industrie basée sur la recherche. Que l'on considère sa formation, ses centres d'intérêt ou les configurations de ressources et de marché que construit la SEA autour d'elle, le mot *technoscience* est parfaitement adéquat.

On l'observe concrètement dans les méthodes de travail mises en œuvre à la SEA, par exemple en développant les premiers calculateurs électroniques pour la simulation de missiles. Le STAé est un partenaire autant qu'un client ; ses ingénieurs participent à la conception des machines au même titre que ceux de la SEA, avec qui ils partagent visiblement la passion de la création technologique. Les réunions tenues à Courbevoie ressemblent moins à des négociations commerciales qu'à des tables rondes scientifiques — un universitaire au moins y participe, Jean Kuntzmann, fondateur de l'Institut de Mathématiques Appliquées de Grenoble. Le STAé possède un "Laboratoire de calcul électronique", installé non dans des locaux de l'Armée de l'Air, mais dans l'entreprise SEA, et géré par un comité scientifique composé de professeurs de faculté et d'ingénieurs de l'Air qui contribuent à la conception des machines futures. De façon complémentaire, le "Centre d'études de la mécanique du vol", fondé au STAé par Michel Decker, réunit en séminaire mensuel les spécialistes militaires, industriels et universitaires de la théorie des asservissements.

Les catégories étiquetées "la Science", "l'Industrie", "le Militaire" apparaissent ici mélangées et décroisées, les activités ne s'identifiant plus de façon rigide aux institutions. Ne serait-ce que par la mobilité des personnes : un ingénieur de l'Air est détaché pendant deux ans à la faculté de Grenoble où il passe un doctorat ; le responsable des simulateurs analogiques d'un autre laboratoire militaire, agrégé et docteur en physique, deviendra ultérieurement conseiller scientifique à la SEA, participant à la conception de la CAB 500. La SEA emploie couramment des mathématiciens, universitaires ou normaliens, comme ingénieurs salariés, comme consultants ou comme stagiaires.

Ainsi, "la Science" n'est plus une ressource externe, un réservoir d'idées, d'inventions ou de recettes où puiseraient les ingénieurs industriels et militaires pour en dériver des "applications". À l'interface entre la SEA et ses partenaires, c'est-à-dire dans les groupes de travail qui caractérisent ce

mode d'action, le processus d'innovation met simultanément en œuvre la définition des besoins, la recherche mathématique, la conception des différentes technologies imaginables pour aboutir à la fois à des machines et à des savoir-faire nouveaux.



F.-H. Raymond, méditatif, écoute J. Boisvieux exposer un projet avec J. Gaudfernau et H. Bastien (1958, photo SEA)

### **La SEA et la réception du calcul électronique en France**

À l'origine de la SEA se trouve le voyage aux États-Unis effectué en 1946 par F.-H. Raymond. Celui-ci y visite des laboratoires et des entreprises. Il y découvre le rapport de Burks, Goldstine et von Neumann, publication féconde qui agit comme une illumination sur ses lecteurs avertis et nourrira maintes réflexions à partir desquelles la SEA définira sa politique de produits à long terme.

Disposant d'une bibliothèque d'entreprise bien fournie en publications scientifiques, les ingénieurs de la SEA fréquentent systématiquement les premiers colloques scientifiques consacrés au calcul électronique, à l'automation et aux disciplines voisines, que ce soit en France ou à l'étranger. La SEA emploie comme ingénieur-conseil l'un des pionniers américains de l'automatique, Donald P. Campbell, qui depuis la guerre a travaillé sur les servomécanismes au MIT. Elle envoie certains de ses ingénieurs suivre des stages dans des laboratoires universitaires étrangers afin d'y acquérir des compétences inexistantes en France : quelques-uns des premiers informaticiens français se sont ainsi perfectionnés à Manchester, à Boston, à Cambridge où fut publié le premier manuel de programmation<sup>21</sup> en 1951 ; et l'expérience acquise à Cambridge sur la machine EDSAC influencera profondément les premiers ordinateurs SEA, leur architecture et leur programmation.

De plus, dès le début des années cinquante, l'INPI publie les brevets français accordés aux pionniers britanniques et américains de l'ordinateur : brevets sur le calculateur et la mémoire à tube de Williams (université de Manchester) ; "perfectionnement aux machines à calculer" (Eckert-Mauchly Computer Corp., 1950). Les Français qui s'intéressent à la question peuvent ainsi, à Paris, examiner en détail les schémas et les principes des premiers ordinateurs ; les ingénieurs de la SEA ne s'en privent pas.

---

21 Wilkes, Gill, Wheeler *The Preparation of Programs for an Electronic Digital Computer* (première édition Cambridge, Addison-Wesley. Rééd. MIT reprint series for the History of Computing, 1985).

Enfin la SEA, soucieuse de tirer profit du gisement de ressources scientifiques que constitue l'enseignement supérieur, emploie régulièrement, comme consultants ou "mathématiciens-conseils", des enseignants du CNAM et des universités. Leurs apports seront précieux, en particulier dans le domaine de la programmation (codes auto-correcteurs d'A. Hocquenghem). Le développement des composants de mémoires est mené en collaboration avec le CNRS au début des années soixante.

La SEA n'en recourt pas moins à des procédés plus typiquement "industriels" de transfert de technologie : acquisition de licences, de composants et parfois d'éléments de machines. C'est le cas par exemple dans la mise au point des tambours magnétiques des premiers ordinateurs SEA, dont les peintures magnétiques viennent d'un fournisseur allemand, avant d'être produites par le département de chimie-physique de la SEA. La société doit acquérir une licence sur la modulation de phase auprès du National Research Development Corporation (NRDC), ce procédé étant breveté en Grande-Bretagne. Plus tard, la SEA achète une licence des incontournables brevets Bell System sur l'emploi des transistors. Ne pouvant tout faire elle-même, la SEA importe des unités de bandes magnétiques américaines pour ses premiers ordinateurs de gestion, en attendant de mettre les siennes au point avec la Cie des Compteurs.

Le physicien Léon Brillouin avait signalé en 1947, dans une conférence sur *Les grandes machines mathématiques*<sup>22</sup>, que les technologies nécessaires à la construction d'un ordinateur électronique existaient, en France même, dans le milieu des télécommunications : lignes à retard, circuits binaires, dispositifs de création et de comptage d'impulsions... De fait, la SEA recrute dès l'origine de nombreux ingénieurs venant des laboratoires de recherche en télécommunications, comme D. Starynkevitch du CNET, ou P.-F. Gloess du Laboratoire Central des Télécommunications, spécialiste en matière de lignes à retard et de multiplex à impulsions. Gloess fait circuler entre la SEA et le CNET des informations sur les études de composants et de systèmes menées dans les deux institutions. Starynkevitch participe à la conception de la plupart des ordinateurs SEA (*hardware* et *software*) ; cousin de Zoé Oldenbourg, il reçoit un jour à la SEA la visite de Raymond Queneau, qui a besoin d'un logiciel capable de produire des poèmes en alexandrins, poétiquement parfaits mais de signification quasi-nulle : Starynkevitch le développe et participe ainsi à la conception de *Mille milliards de poèmes*<sup>23</sup>.

Le projet de l'écrivain rencontre ici la tradition des distractions d'ingénieurs, qui explorent « en perruque » les possibilités de l'électronique : production de sonorités, dessin fixe ou animé, jeux créatifs et canulars. Du point de vue technique, il s'agit aussi d'exploits (réels ou apparents) qui jouent un rôle analogue à celui des courses automobiles dans l'industrie mécanique au début du XXe siècle : explorer les limites de la technique tout en accrochant la curiosité du public, donc en excitant la demande, en développant le marché.

---

22 Péres, J., L. Brillouin, L. Couffignal "Les grandes machines mathématiques", *Annales des Télécommunications*, Paris, 1947, n° 2.

23 Raymond F.-H. "Dimitri Starynkevitch", *4<sup>e</sup> Colloque sur l'Histoire de l'Informatique*, INRIA/IRISA, Rennes, novembre 1995, p. 260-264.

## La SEA et la diffusion d'un nouveau paradigme

Au milieu des années cinquante, la SEA devient à son tour une source de technologies et de connaissances qui va irriguer le "tissu" industriel et scientifique, en France et même au-delà des frontières de l'hexagone. Les différents modes de diffusion technologique se retrouvent ici.

D'abord, les procédés de caractère "académique". Les ingénieurs SEA, comme leur patron, produisent de très nombreuses publications<sup>24</sup>. Ils participent aussi comme conférenciers aux divers colloques spécialisés, en France et à l'étranger. En 1956, F.-H. Raymond organise au CNAM le premier Congrès international d'automatique, à la suite duquel est créé l'International Federation of Automatic Control ; la presse d'information générale y trouve l'une des toutes premières occasions de publier, en France, des reportages sur la « cybernétique » et les « cerveaux électroniques ». L'année suivante, il organise à Strasbourg les deuxièmes Journées internationales de calcul analogique. F.-H. Raymond, qui est chef de travaux au Conservatoire National des Arts et Métiers, et certains de ses collaborateurs multiplient les cours et les conférences dans l'enseignement supérieur ; l'un d'eux, Paul Namian, quitte la SEA pour enseigner l'informatique à l'Institut Polytechnique de Grenoble, puis au CNAM.

Les démonstrations techniques, effectuées en public à l'occasion de colloques ou de salons professionnels, relèvent à la fois de la tradition scientifique et de la pratique commerciale. Dès 1950, des visiteurs sont conviés à voir fonctionner les machines au "Laboratoire de calcul" de la SEA ou chez ses clients. Les mêmes machines font l'objet d'un film, projeté au colloque du CNRS en 1951. En 1956, le colloque de cybernétique de Namur offre l'occasion de faire une démonstration de "télétraitement" : un congressiste interroge, via la ligne téléphonique, l'ordinateur de la SEA installé à Courbevoie. L'une des dernières "manips" SEA sera effectuée en 1967, à l'IRIA, par Gloess qui programmera des représentations fractales sur un écran d'ordinateur : création d'un flocon de neige, développement d'un arbre...<sup>25</sup> Elle se poursuivra par le développement d'un système conversationnel équipé de périphériques évolués, Miria.

Le but de ces publications, de ces conférences, de ces cours, de ces mises en scène dépasse, de loin, le simple souci de notoriété commerciale de la SEA. Il s'agit, comme le dit F.-H. Raymond, de "créer une dynamique" ; de persuader fournisseurs, clients potentiels, décideurs de tous ordres, industriels (éventuellement concurrents), chercheurs et enseignants que les premiers calculateurs électroniques digitaux amorcent un changement profond de la civilisation industrielle ; de "mieux faire connaître un domaine de la technique dont l'importance est considérable et [de] susciter à son égard plus d'intérêt réaliste"<sup>26</sup>. Bref, il ne s'agit pas seulement de vendre des produits, mais de

---

24 Il faudrait plusieurs pages pour énumérer leurs articles publiés dans *L'Onde électrique, Automatismes, Chiffres, RFTI, Ingénieurs et Techniciens, Mémorial de l'Artillerie Française* et dans des revues étrangères.

25 Lettre de F.-H. Raymond, 20 mai 1991. Cette expérience illustre un programme de recherche "Système de liaison homme-machine par voie optique" proposé à la DRME en 1965.

26 Raymond F.-H., "Les calculatrices numériques universelles", *Mémorial de l'Artillerie française*, 1955, n° 3 et 4, p. 729. Ce texte de 85 pages est un exemple typique de l'ambitieuse propagande entreprise par F.-H. Raymond pour diffuser les notions de base de l'informatique, familiariser le lecteur avec ses instruments et ses possibilités, et stimuler sa curiosité en le renvoyant aux textes des bons auteurs — Shannon, Von Neumann, etc. L'«intérêt réaliste» que Raymond désire susciter s'oppose certainement aux spéculations cybernétiques et à leurs échos journalistiques.

transformer le monde — en tout cas le tissu industriel français et européen. Si la métaphore révolutionnaire est évoquée, dans les publications de la SEA, avec beaucoup plus de réserve qu'elle ne le sera trente ans plus tard par les promoteurs de la micro-informatique, le projet est résumé dans le même esprit par F.-H. Raymond lorsqu'il « constate journallement » la pertinence d'une remarque du philosophe Léon Brunschvicq : « On ne peut travailler efficacement pour l'avenir que si l'on veut le réaliser immédiatement et totalement, ce qui n'allège pas la besogne<sup>27</sup>. »

C'est donc, aussi, en fonction de ces objectifs généraux que l'on doit analyser les succès et les échecs de la SEA et de son fondateur : de ce point de vue, si l'innovation est un élément clé de sa stratégie, la SEA n'est que l'un des instruments de l'innovation, du changement global. F.-H. Raymond et son entreprise sont bien des « bâtisseurs de systèmes » au sens où l'entend Thomas Hughes<sup>28</sup>. On ne saurait comprendre l'histoire de la SEA, comme de bien d'autres sociétés similaires, à travers la seule grille d'analyse économique d'une entreprise visant la maximisation du profit dans une certaine durée.

La SEA participe aussi à la diffusion de l'informatique en France par des procédés typiques du monde industriel. Le plus direct est la vente de ses calculatrices et la formation concernant le personnel utilisateur. Pratiquement tous les avions développés en France dans les années cinquante, qui symbolisent à l'époque le « miracle français », ont été calculés ou simulés sur des machines SEA. La société installe 170 ordinateurs entre 1955 et 1967 ; pour chaque installation, elle doit former programmeurs et personnel de maintenance.

Afin de réaliser ses machines, la SEA mobilise des fournisseurs (Radiotechnique pour les tores de ferrite et pour les semi-conducteurs, Compagnie des Compteurs pour les dérouleurs de bandes magnétiques, etc.), entraînant ces entreprises dans l'industrie informatique naissante. Le recours systématique à la sous-traitance est à la fois une nécessité pour cette PME qui ne peut produire l'ensemble des éléments d'un système et qui voit son « cœur de métier » dans l'assemblage et l'architecture-système ; et une doctrine industrielle car, face à un marché en expansion aussi rapide que le calcul électronique, la sous-traitance est indispensable pour pouvoir s'adapter rapidement. Une idée géniale, le « Servalco », moteur électrique à bobinage imprimé, fait l'objet de nombreux brevets SEA, déposés dans une vingtaine de pays, conjointement avec un prolifique inventeur-entrepreneur américain, Robert Page Burr. La production en est sous-traitée à des « grands » de l'électrotechnique, comme la Compagnie électro-mécanique, et sera très rentable pour la SEA. Non sans mal, la SEA introduit en France de nombreuses technologies devenues classiques depuis : câblage par *wrapping*, câbles plats, circuits imprimés double-face puis multicouches. Une autre contribution de la SEA à la diffusion des technologies informatiques consiste en dépôt de brevets et en cession de licences, qui contribuent à

---

27 Cité par F.-H. Raymond, «Automatisme et production (Possible influence de l'électronique sur le développement industriel)», *Bulletin scientifique de l'AIM*, Institut Electrotechnique Montefiore, Liège, nov. 1954, n° 11, p. 762-778. C'est l'un des premiers textes où Raymond parle de l'innovation et des relations entre technique et société. Sur le problème du retard français : «les révolutions techniques — si tant est qu'il y ait vraiment des révolutions — sont considérablement amorties par les contingences financières et humaines, particulièrement dans notre pays [...] où n'existe pas une foi véritable dans la science et la technique» et qui «ne voit pas que Science et Technique sont les impératifs catégoriques de notre développement et de notre liberté.»

28 Hughes T.P., «The Electrification of America: The System Builders», *Technology and Culture*, 1979, n° 20, p. 124-161.

enrichir l'information technique du milieu environnant. Les accords de brevets qu'elle conclut dans les années cinquante avec IBM, Bull et d'autres sociétés font de la SEA un membre du *pool* des titulaires de droits de propriété intellectuelle, dont les frontières définissent l'industrie informatique.

**GESTION DES ENTREPRISES**

LES ENSEMBLES ELECTRONIQUES  
DE GRANDE PUISSANCE  
S.E.A. 3000  
Ruban perforé - Bande magnétique

Ensemble SEA 3030  
du Compteur Français  
des Produits Sidérurgiques

**SEA**

**CALCUL SCIENTIFIQUE**

**CAB 5000**  
Virgule flottante automatique  
Technologie à transistors à grande vitesse  
Unités de mémoire rapide de 4096 mots  
de 42 signes binaires

**CAB 500**  
CALCULATRICE ARITHMÉTIQUE  
UNIVERSELLE BINAIRE  
Ruban perforé - Bande magnétique  
TECHNOLOGIE "SYMMAG"  
(Éléments logiques à lames magnétiques)

**STÉ D'ELECTRONIQUE ET D'AUTOMATISME**  
138, Boulevard de Verdun - COURBEVOIE (Seine) - DEF. 41-20

Surtout, la SEA joue le rôle d'une véritable pépinière humaine dans le tissu industriel français. Dès le milieu des années 1950, certains de ses ingénieurs sont allés renforcer les services d'études de Bull et d'autres firmes. Celles-ci peuvent désormais se lancer dans la construction d'ordinateurs. Quelques-uns fondent leur propre entreprise. En 1958, Jean Auricoste, ancien chef du service de calcul numérique à la SEA, devient chef de département chez Intertechnique, puis crée en 1960 la Compagnie européenne d'automatisme électronique (CAE), filiale de CSF. En 1959, Jean Gaudfernau quitte la SEA pour entrer à la Compagnie des Compteurs, où il fonde une filiale, la SETI. En 1967 la plupart des 800 employés de la SEA entrent à la CII, constituée par la fusion de SEA et de CAE, dans le cadre du Plan Calcul. Si l'équipe rassemblée depuis vingt ans est alors disloquée, c'est un ingénieur issu de la SEA, Alice Recoque, qui conçoit le seul modèle d'ordinateur CII dont la production survivra au Plan Calcul, le Mitra 15.

## Les risques d'une stratégie tous azimuts

La SEA a joué un rôle moteur dans l'informatique française ; elle a, plus qu'aucune autre, exploité tout l'éventail des modes de transfert de technologie. En fait cette entreprise remplit, dans la France des années cinquante, une double fonction. D'une part, elle produit et vend des machines. D'autre part, elle est la première institution française à acclimater, à enrichir et à diffuser le corpus de connaissances qui deviendra plus tard la "science informatique" : cela, en concevant des ordinateurs originaux, en publiant des textes savants et en assurant des enseignements. Ainsi, la SEA a en même temps joué son rôle d'entreprise industrielle et pallié, autant qu'elle le pouvait, la carence de la recherche publique française qui, contrairement à ses homologues d'Europe et d'Amérique, n'a ni construit d'ordinateur, ni initié les premiers transferts de technologie en ce domaine. Double fonction difficile à tenir et qui explique en partie que, dans le contexte français, la SEA n'a pas toujours été prise au sérieux comme partenaire industriel. Rien n'est plus coûteux pour une entreprise que d'éduquer son marché.

La réussite de la SEA dans la voie qu'elle s'est tracée depuis le début — la réalisation d'ordinateurs pour le calcul, la gestion et l'automatisation de processus — dépend de l'acquisition d'une capacité industrielle et commerciale (atteinte vers 1960), et de l'état du marché. Or le marché se transforme. La SEA rencontrait peu de concurrents dans les années cinquante. Elle restera jusqu'à la fin le n° 1 français du calcul analogique. Mais, dans le secteur du "digital" qu'elle a initié en France, des rivaux dangereux apparaissent à partir de 1960. Outre les constructeurs américains qui commencent à s'attaquer au marché européen à la suite d'IBM, de nouveaux entrants français (CAE, CIT, SETI, Alcatel), contrôlent le marché de l'automation industrielle qui échappe à la SEA. Un peu plus tard, les mêmes rivaux mordent sérieusement sur son créneau privilégié, le calcul scientifique ; vers 1965, la CAB 500, dont le successeur se fait attendre, est dépassée par des ordinateurs concurrents plus performants. Sur ces deux "segments de marché", le jeu est pipé car la CAE, comme la SETI, travaillent à perte ; leurs maisons-mères s'en défausseront en 1966, avant de sombrer elles-mêmes... mais elles auront entre temps laminé la SEA.

En gestion, la SEA ne parvient pas à transformer l'essai. Sur les quelque 30 % du marché français laissés par IBM, Bull se maintient malgré ses difficultés financières, et de nouveaux venus américains apparaissent très agressifs. La SEA souffre du conservatisme naturel de la clientèle gestion qui, ayant les yeux fixés sur IBM, accueille une nouveauté avec confiance quand elle vient d'IBM, avec méfiance s'il s'agit d'une autre marque. C'est la raison principale du demi-échec des ensembles de gestion SEA 3900 présentés en 1960. S'aventurer sur ce marché était intéressant mais très risqué, pour une entreprise d'ingénieurs ne disposant pas d'un vaste réseau commercial. La SEA suit, de ce point de vue, le destin de la plupart des *start-ups* d'ingénieurs (en Europe comme en Amérique) qui ont cru que la supériorité technique de leurs ordinateurs leur permettrait de s'imposer facilement dans le monde des comptables ou des assureurs où elles n'ont ni notoriété, ni « parc de machines », ni expérience technico-commerciale. Une firme de technologues s'aventurant dans l'informatique de gestion était un acteur sans réseau.

Un problème parallèle est celui de la vocation, de l'identité de la SEA : laboratoire, ou entreprise commerciale ? Dans certains domaines (téléphone de sécurité Généphone, moteurs

imprimés Servalco), elle agit comme une véritable entreprise : étude, fabrication, vente — soit directement, soit par l'intermédiaire de filiales. En informatique, domaine à tous points de vue plus complexe et plus exigeant que les précédents, elle semble hésiter, être tiraillée entre deux voies :

- Se transformer véritablement en entreprise industrielle, en étoffant ses capacités propres de fabrication et de vente. Cette voie correspond aux projets d'extension des usines et d'installation du siège au Sud-Ouest de la région parisienne, zone où se multiplient alors les firmes de haute technologie et les laboratoires publics. Les augmentations de capital successives soutiennent et augmentent cette vocation, d'après les archives ministérielles et bancaires. L'« archéologie » des objets techniques le confirme : l'examen des photos des premiers ordinateurs SEA (1955) et la fouille des entrailles électroniques des machines de 2<sup>e</sup> génération, conservées au CNAM, révèlent un montage en cartes enfichables de circuits imprimés, assez comparable à celui de nos PC actuels, système qui favorise à la fois une production de série économique et une facilité de maintenance après vente. Sur ce plan, on est à l'opposé du montage artisanal de laboratoire, caractérisé par la soudure de pièces détachées sur un châssis.

- Se spécialiser dans un rôle de bureau d'études, avec un atelier limité aux pré-séries. Cela correspond, par bien des côtés, au savoir-faire et à la culture de la SEA : production de rapports d'expert ou de consultant, de notes techniques par centaines, d'articles et de conférences scientifiques. Cela correspond aussi à la passion de FHR pour les expérimentations en matière d'architecture d'ordinateurs, dont témoignent les nombreux projets qu'il confie « pour étude » à tel ou tel de « ses » ingénieurs. Cela correspond enfin à la division du travail inscrite en 1963 dans le texte de l'accord SEA-Bull-Schneider, où la SEA confie la vente de la CAB 500 à Bull et se spécialise dans le développement de produits futurs, que ses deux grands partenaires se chargeraient d'industrialiser. Spécialisation dangereuse, frustrante pour les ingénieurs de la SEA, et surtout irréaliste en informatique : le rejet du *not invented here* par les constructeurs partenaires (qui tiennent à maîtriser la conception d'unités centrales) se conjuguera aux délais incompressibles du transfert technologique pour que cette formule, imposée par le Ministère de l'Industrie, s'avère impraticable.

L'impression générale est donc que la SEA, très libre de ses mouvements dans les années cinquante, se fait coincer peu-à-peu par ses concurrents sur les différents marchés à partir de 1960. Le développement résolu de ses capacités industrielles et commerciales, qui aurait pu lui permettre de sortir victorieuse de cette lutte, est stoppé en 1963 par le démembrement de sa filiale commerciale dans le cadre de l'accord ci-dessus. La croissance ultérieure est hésitante et relativement lente — le chiffre d'affaires de la SEA double à peine entre 1963 et 1966 pendant que décuple celui de son principal rival sur les marchés d'Etat : la CAE, filiale commune de la CGE et de la CSF, qui tient de ses maisons mères une aptitude aux manœuvres politico-administratives que ne possèdent ni la SEA, ni ses principaux actionnaires. La SEA mise, pour rebondir, sur l'innovation (nouvelles architectures d'ordinateurs, microcircuits développés avec Philips-RTC, etc.) et sur de nouvelles alliances (Control Data). Le Plan Calcul bloquera cette issue, en donnant la priorité aux ordinateurs construits sous licence américaine Scientific Data Systems par la CAE, devenue champion national sous le nom de « Compagnie internationale pour l'informatique ». La configuration « SEA », essentiellement technoscientifique, a progressivement perdu du terrain face à la configuration « CAE » ; celle-ci

réussit, appuyée sur des réseaux politiques et bancaires plus influents que ceux de la SEA, à tenir ensemble les liens qui l'unissent, d'un côté au sanctuaire gaullien où se développent les systèmes de guidage de la Force nucléaire stratégique, de l'autre à un constructeur d'ordinateurs californien qui réussit une carrière parmi les plus foudroyantes de l'histoire du capitalisme.

## Conclusion

Les archives de l'inventeur-entrepreneur permettent d'apporter des éléments de réponse à l'obsédante question : la France serait-elle un terrain défavorable au développement de *start-ups* ? La politique des banques depuis un siècle, particulièrement leur non-investissement dans le capital-risque (métier bien spécifique), est un obstacle connu ; la faveur accordée par l'État aux grands groupes, pour de multiples raisons, en est un autre. Pourtant, l'après-guerre a vu naître la SEA, la Sintra, la Sfena, Intertechnique, Matra et bien d'autres sociétés : un véritable *baby-boom* d'entreprises qui ont régénéré l'industrie française. Comment expliquer cette éclosion, ce printemps entrepreneurial d'après 1945 ? D'une part, de nombreux ingénieurs ou hommes d'affaires appartenant à la génération montante à la fin des années trente étaient porteurs d'idées, de projets auxquels le réarmement avait donné des moyens de développement en 1938-1940, mais que la défaite et l'occupation ont bloqués. La Libération libère aussi leur esprit d'entreprise, d'autant qu'elle s'accompagne de la révélation d'un immense retard technique à rattraper sur les alliés anglo-américains. D'autre part, ces initiatives sont soutenues par les contrats d'études, puis les commandes de série, des administrations techniques de l'État. Non seulement EDF, le CEA ou les corps de l'Armement ont vocation à soutenir l'innovation (une raison essentielle de la nationalisation de l'électricité fut de constituer un potentiel de recherche à « taille critique »). Mais, plus pratiquement, les jeunes ingénieurs qui prennent des décisions au niveau intermédiaire de la hiérarchie préfèrent souvent traiter avec une PME qu'avec un grand groupe dont le patron, en cas de désaccord, irait directement voir le ministre<sup>29</sup> ; de plus, nombre de ces entreprises innovantes sont créées ou encadrées par des ingénieurs des corps techniques de l'Etat qui passent au privé, suivant le vieux schéma de gestion des carrières dans ce milieu : leurs premiers contrats sont signés avec leur administration d'origine, qui voit dans la nouvelle entreprise une solution à un problème immédiat : étudier ou industrialiser une invention, « franciser » une technologie américaine, rémunérer des compétences critiques hors des grilles de traitement de la fonction publique, susciter de la concurrence aux grands groupes établis...

Dans ce contexte, l'histoire de la SEA est un parfait « cas pratique » pour comprendre, à travers la notion d'acteur-réseau, comment un entrepreneur mobilise les ressources nécessaires à son projet. Il ne recourt pas seulement aux « mécanismes du marché » (achat de composants au meilleur rapport qualité/prix, vente de produits compétitifs, recrutement par petites annonces...) ; les relations sociales en constituent une dimension tout aussi vitale, qu'elles lui préexistent (Association des anciens Supélec, camaraderies d'officiers de Marine) ou qu'il les noue ad hoc (alliances de SEA avec Bull ou la Cie des Compteurs, avec l'Université de Grenoble ou le Ministère de l'Industrie, recrutement à l'École de Physique-Chimie de Paris). Mieux : les mécanismes du marché et les relations sociales sont étroitement imbriqués — en fait il est presque impossible de les dissocier en catégories distinctes. En

---

<sup>29</sup> On retrouve ici les comportements analysés pour l'aéronautique au début du XXe siècle par E. Chadeau *L'industrie aéronautique en France (1900-1950) - De Blériot à Dassault* Fayard, Paris 1987.

pleine « troisième révolution industrielle », les échanges économiques restent profondément « encastrés » dans les relations sociales<sup>30</sup>. Et nous le constatons même dans le cas d'un innovateur qui ne possédait, au départ, qu'un faible « capital social ».

Dans le même ordre d'idées, reconsidérons, en même temps que le mythe de l'inventeur, celui de l'entrepreneur schumpéterien, ce demiurge qui réunit autour de lui les facteurs de production. Certes pas avec la prétention de le détruire — il faudrait pour cela lui opposer un nouveau mythe. Mais pour éclairer cette figure humaine dans ses nuances et sa complexité. L'entrepreneur, comme l'inventeur, est rarement un individu seul. Souvent ce sont deux ou trois personnes complémentaires (classiquement, un technicien et un vendeur ou un financier) ; dans ses souvenirs, FHR évoque explicitement l'équipe fondatrice de la SEA : les deux ingénieurs scientifiques visionnaires (FHR et Gløess), l'organisateur de la production, l'homme des brevets. Et, à la fin de son article de 1988 sur l'histoire de la SEA, une phrase profondément nostalgique sur ces hommes de valeur, dont il était le seul survivant en 1988, révèle la dimension affective de cet être collectif : l'entreprise créée autour d'un projet. Parfois même, certains acteurs-clés se trouvent en-dehors de l'entreprise ; c'est le cas du chef de la section Missiles du STAé, Decker, du patron de holding et président des anciens Supélec, Cl. Desanges, ou d'A. Métral, professeur au CNAM et directeur d'une autre firme, qui soutinrent de façon décisive les débuts de la SEA.

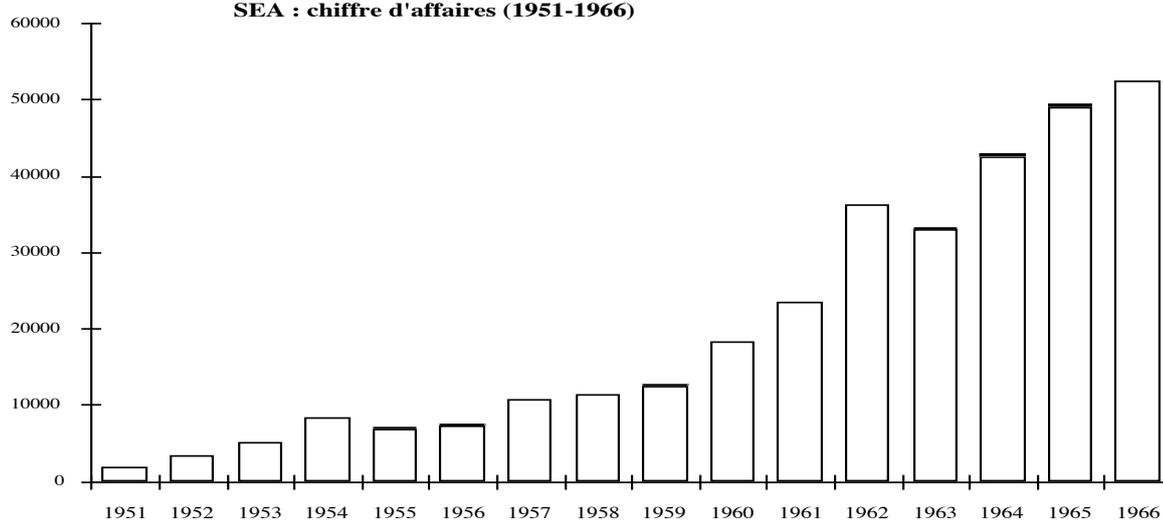
Ces considérations, qui sont de simples observations de bon sens pour les historiens<sup>31</sup>, devraient avoir des conséquences pratiques pour les praticiens de l'innovation. La plupart des formules actuelles d'aide à la création d'entreprises exigent en effet que tout projet soumis à évaluation soit présenté par un « porteur » identifié comme un individu, seul. En somme, la vulgate schumpéterienne s'est dégradée en formulaires administratifs. Les politiques de soutien à l'innovation auraient avantage à prendre en compte une conception plus réaliste, c'est-à-dire plus collective, de l'innovation.

---

30 Karl Polanyi, dans *La Grande Transformation* (Gallimard, 1983) utilise la notion d'encastrement (*embeddedness*) à propos des sociétés traditionnelles où la production et l'échange marchands se confondent avec d'autres relations ou institutions ; il appelle « désencastrement » le processus d'autonomisation d'une sphère économique à l'époque moderne.

31 Et qui n'ont rien d'un *scoop*... Rappelons la description par L.-S. Mercier, au XVIII<sup>e</sup> siècle, de la carrière des frères Pâris, créateurs d'un puissant groupe financier de fournitures aux armées : « Quatre frères, doués d'un esprit différent, et qui eurent le bon sens de le reconnaître, se lièrent de bonne heure pour le grand intérêt de la fortune, car point de grande fortune sans liaison réciproque ».

**SEA : chiffre d'affaires (1951-1966)**

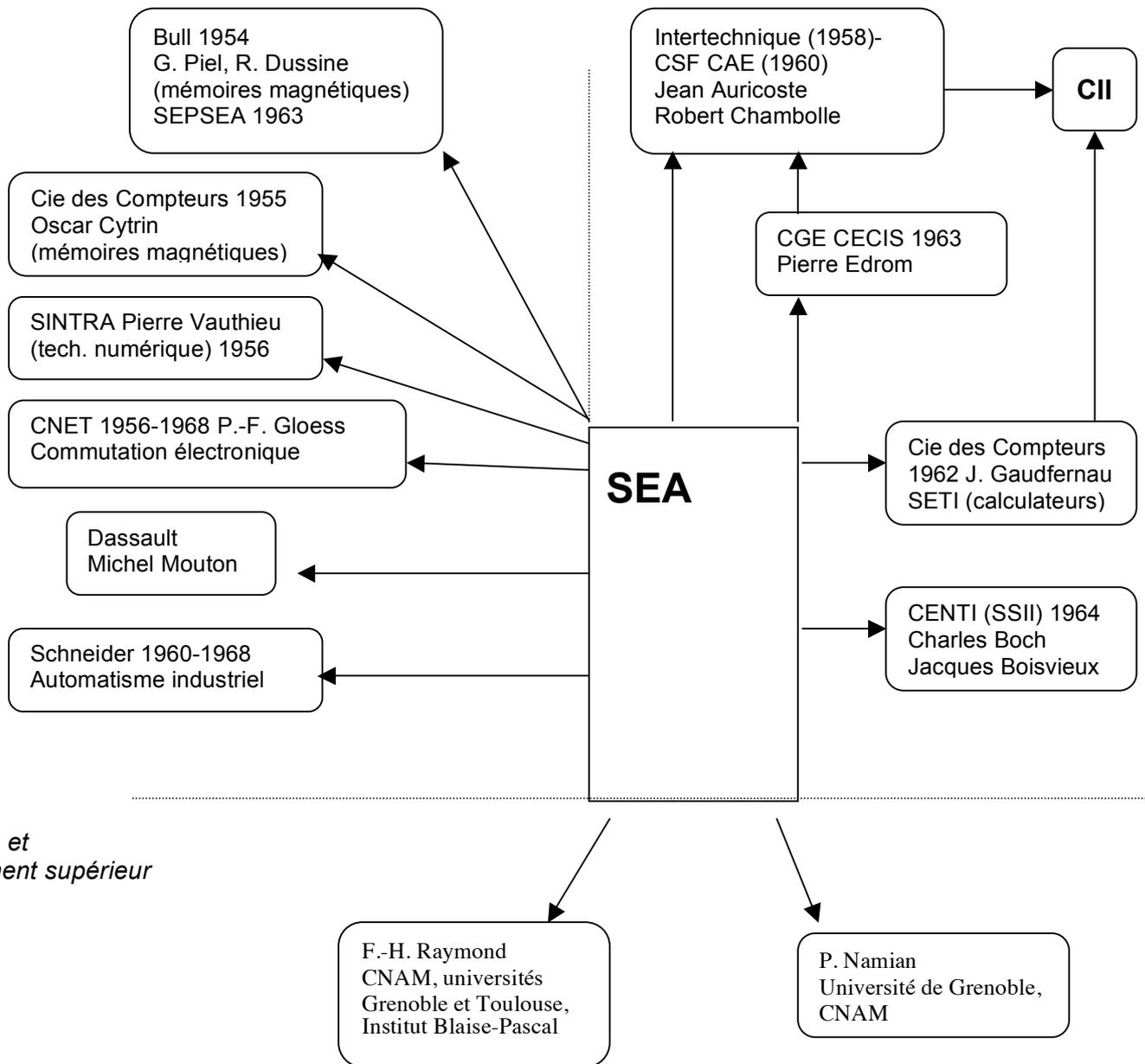


La forte croissance de 1961-1962 reflète en particulier la commercialisation des ordinateurs CAB 500 et SEA 3900, ainsi que l'installation de simulateurs pour l'aéronautique. La chute de 1963 résulte à la fois du plan gouvernemental "de refroidissement" contre l'inflation, et de l'apport de l'activité CAB 500 à Bull.

## Essaimage à partir de la SEA

*Apport de compétences informatiques  
au tissu industriel*

*Essaimage (création ou direction de firmes)*



Sources : Actes des colloques sur l'histoire de l'informatique en France,  
*Who's Who informatique*

$$Y = \frac{1}{2} [y_1 + \lambda_1 \sin \omega t | \cos \omega t | + |y_1 - \lambda_1 \sin \omega t | \cos \omega t |] e^{-(t) + Kt}$$

$$y_1 = \frac{1}{4} \left[ \sin \omega t | \cos \omega t | + (a \sin \omega t + b) + | \sin \omega t | \cos \omega t | - (a \sin \omega t + b) \right] \left( \frac{|t - t_3| - |t - t_2|}{t_2 - t_3} - 1 \right) + \frac{1}{2} \sin \omega t \left( 1 + \frac{|t - t_3| - |t - t_2|}{t_2 - t_3} \right)$$

$$F(t) = a_1 e^t - a_2 e^{2t} + a_3 e^{3t}$$

$$G(t) = \alpha_1 t + \alpha_2 (|t - t_4| + t - t_4) + \alpha_3 (|t - t_5| + t - t_5)$$

$$\sin \omega t + \mu | \cos \omega t | > 0$$

Système d'Équations Paramétriques  
résolu et tracé par

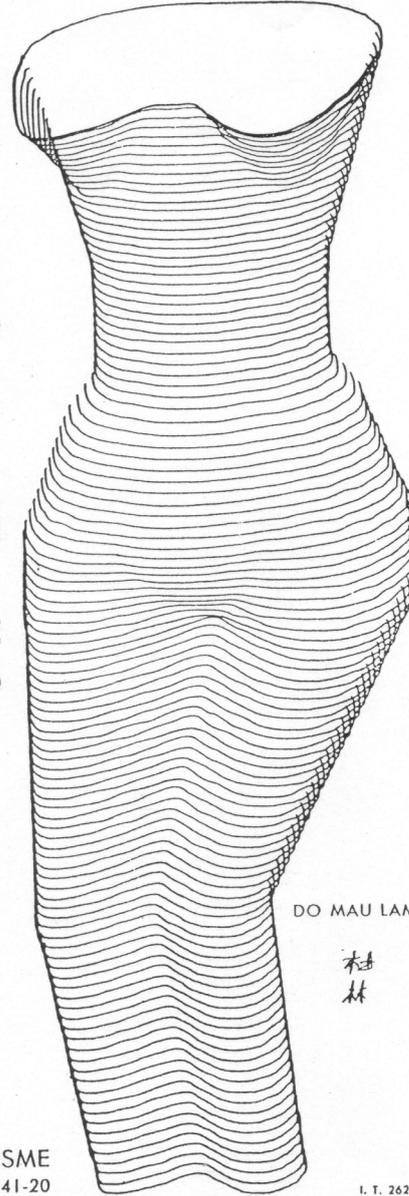
**NADAC 100**

**CALCULATEUR ANALOGIQUE  
A HAUTES PERFORMANCES**

DE LA



SOCIÉTÉ D'ÉLECTRONIQUE ET D'AUTOMATISME  
17-19, Rue du Moulin des Bruyères, COURBEVOIE (S.) - DÉF. 41-20



DO MAU LAM

杜  
林

I. T. 2629

Abstraction figurative illustrant la flexibilité des calculateurs analogiques SEA (1962).

C'est l'une des rares traces subsistant des divertissements d'ingénieurs, en marge de leur travail régulier : programmer la machine pour qu'elle dessine, joue de la musique ou fasse sautiller en rythme ses bandes magnétiques — de préférence sur des thèmes aussi peu "technologiques" que possible. Le tracé ci-dessus valorise à des fins publicitaires la virtuosité d'un ingénieur de Nord-Aviation, Do Mau Lam.