

BIOGRAPHIE DU CAUTRA
Naissance et développement d'un système d'informations
pour la circulation aérienne.

Thèse de doctorat de sociologie
présentée par Sophie LAVAUT - POIROT-DELPECH
Le 20 Janvier 1995
(Université Paris 1- Panthéon Sorbonne)

Sous la direction de M.Alain GRAS, Professeur de sociologie à l'Université de Paris I
Panthéon-Sorbonne, Directeur de la thèse.

Devant le jury composé de:

Mme Bernadette BENSAUDE-VINCENT, Maître de Conférence en histoire des
sciences à l'Université de Paris X Nanterre
M.Denis DUCLOS, Directeur de recherches en sociologie au CNRS
M.Jean-Marc GAROT, Ingénieur de l'Aviation Civile,
Chef du Centre d'Etudes de la Navigation Aérienne
M.Michel SERRES, Professeur d'histoire des sciences et des techniques à
l'Université de Paris I Panthéon-Sorbonne, Membre de l'Académie Française,
Président du jury.

Cette thèse est diffusée sous cette forme grâce au Centre d'Etudes de la Navigation
Aérienne.

Je dédie cette thèse à Bernard Lavault

REMERCIEMENTS.

Je voudrais avant tout exprimer ma gratitude à ceux qui furent, à leur insu et sous ma pleine responsabilité, à l'origine de la trajectoire bifurquée qui mène à cette thèse :

Alain Gras d'abord qui, "auxiliaire de l'histoire", interrogeait dans son enseignement de sociologie le temps, ses cours, ses détours et ses recours. En m'accueillant au CETCOPRA, il m'a ouvert à la sociologie et au monde aéronautique. Enfin, sa confiance comme son impatience ont considérablement contribué à accélérer la rédaction de cette thèse.

Enseignant l'histoire des sciences en philosophes, mais toujours attentifs à l'historicité, Bernadette Bensaude et Michel Serres m'ont à leur tour détournée des sentiers plus fréquentés de l'histoire. Ils reconnaîtront leurs traces dans ce texte et j'espère qu'ils me pardonneront les trahisons que sont toujours des emprunts.

Bien des aspects de ce travail reflètent un travail d'équipe. C'est avec Caroline Moricot que j'ai battu la campagne des salles de contrôle et les analyses exprimées dans ce texte sont souvent issues d'une perception et d'une réflexion communes. Les nombreux échanges avec Victor Scardigli, Gérard Dubey et Pascal Siskind ont constamment enrichi ma propre appréhension des problèmes. Je les remercie tous trois, ainsi que Getty pour son aide efficace dans le "final" de cette thèse et Françoise Seingier pour sa lecture de cette dernière version.

Les raisons pour lesquelles je pourrais remercier Jean-Marc Garot sont nombreuses. J'irai donc à l'essentiel : il fut un "truchement" non seulement pour les moyens qu'il a mobilisés,

les portes qu'il a ouvertes et les explications patiemment administrées mais par l'espace de communication qu'il a su favoriser entre le monde des techniques et celui des sciences humaines.

Cette "Biographie du CAUTRA" n'existe que par ceux qui, contrôleurs ou ingénieurs, lui ont donné sa substance. Ils sont trop nombreux pour être tous nommés ici mais je profite de cet espace pour dire à Dominique Alvarez combien j'ai été sensible à sa lecture, à la fois exigeante et respectueuse, de mes textes. Qu'ils soient tous remerciés d'avoir fait l'effort de se souvenir et de me consacrer un peu de leur temps précieux. Plus généralement, je remercie la Direction de la Navigation Aérienne d'avoir bien voulu financer, pour une part, le temps passé à cette thèse.

Je remercie François Villa de sa contribution à cette réflexion sur la mémoire

Je remercie tous ceux qui m'ont encouragée dans cette entreprise. Et tout particulièrement ma mère et tous ceux qui comme ma soeur, mon frère et leurs familles, Madame Lequeutre et les amis du Morvan ont su tisser un réseau accueillant, pendant ces quelques mois, pour mes enfants.

Puisque cette thèse traite un peu de la mémoire, c'est sans doute dans l'humour de mon père, Jean-Pierre Poirot-Delpech, qu'elle a puisé ce qu'elle a de meilleur. Car c'est par sa devise, incontestablement, que s'est initiée une réflexion sur la nature et la culture : "Rayonne et soi(s)(e) naturel(le) !"

Enfin, sans Clément, Juliette et Théophile, la vie ne vaudrait pas d'avoir passé tout ce temps à être un peu plus loin d'eux.

TABLE DES MATIERES

INTRODUCTION

Que s'est-il passé ?.....	5
Le macro-système aéronautique	7
Penser la technique ?.....	8

Chap I : UNE HISTOIRE DE PLEIN VENT

UNE BIOGRAPHIE.....	13
La biographie comme synthèse.....	14
La biographie comme récit.....	15
Néo positivisme?.....	15
Le souci des singularités.....	16
Une quasi-biographie ?.....	18
Faire parler les objets.....	19
Le présent.....	21
INTIER UNE MÉMOIRE.....	23
Le souci du terrain.....	26
Traduction.....	26
L'INSTITUTION DE LA NAVIGATION AÉRIENNE.....	28
Le strip.....	30
Le strip comme quasi-objet	
Les contrôleurs et les règles.....	36
Le collectif des contrôleurs aériens.....	39

Biographie du CAUTRA

Chap II : LE TEMPS DES PIONNIERS (1957-1969)

UN PROJET MARGINAL.....	48
Un projet original.....	53
Un projet expérimental	53
Une automatisation progressive.....	54
Incertitude à propos des machines - Incertitude à propos des hommes - Une pensée en système	
RIVALITÉS INSTITUTIONNELLES	56
L'EPOQUE HEROIQUE.....	59
Les psychos.....	65
Une banalisation - Une harmonisation des méthodes Un changement culturel	
Un projet utopique ?	72
LE CAUTRA II.....	75
Le clavier et la première prime d'automatisation.....	76
Le premier radar secondaire	79
Le CAUTRA GAGNE DU TERRAIN	82
La guerre des strips	82
Les "sub" CAUTRA.....	83
LA METHODE DES FILTRES.....	84
Un bilan et une anticipation.	86
Un bilan - Un pari sur l'avenir - Une anticipation	
La méthode des filtres ou comment reconstruire l'espace aérien.....	90
Un changement du système de valeur.....	92
CONCLUSION.....	94
Le CAUTRA comme compromis institutionnel.	95
Le CAUTRA comme espace mixte d'expérimentation.....	97
Une politique de l'usage.	101

Chap. III : LE TEMPS DES ENJEUX (1969-1974)

UNE PANNE IDIOTE	106
LA MISE EN PLACE DU CAUTRA III.....	111
Un langage pour le ciel	113
LA CRISE.....	117
Problèmes techniques.....	117
Problèmes sociaux.....	120
Problèmes institutionnels	122
Le digitatron.....	125
UNE ALTERNATIVE AU TRAITEMENT RADAR DU CAUTRA.....	128

LE CAUTRA III SOUS LES FEUX DE LA CRITIQUE	130
Un système évolutif	137
La documentation.....	140
Les méthodes de programmation.....	142
La structure d'autorité du CAUTRA.....	144
"Du passé faisons table rase" ?	
SECURITE-FIABILITÉ-RENTABILITÉ	152
DE LA CRISE.....	155

Chap. IV : LE CAUTRA DIVISE (1974-1980)

QUERELLES INSTITUTIONNELLES.....	161
Un nouveau centre de contrôle en route pour Brest.....	164
LE TEMPS DES QUERELLES	165
Divergences sur la représentation d'un système informatique.....	165
Le credo de la méthode - Le CENA contre une méthode universelle -	
Les "patches" et les "modify" - Les anciens et les modernes ?	
Querelles sur le développement industriel.....	174
Une question ancienne - Faire ou faire faire ? ;	
L'informatique comme technologie industrielle -	
Une transmission difficile	
Controverses sur la représentation des automates	179
Le traitement radar - Le système de traitement plan de vol	
Querelles sur la mise en oeuvre Du CAUTRA.....	187
Architecture centralisée ou répartie - Un nouveau calculateur	
Controverse à propos du langage	
Qu'est-ce que "ça marche" veut dire ?	194
Pour les industriels - Pour le CENA	
Un combat perdu ?.....	203
Le médiateur.	205
LE CAUTRA ECLATÉ	207
Chevannes.....	207
Brétigny sur Orge	212
Athis Mons.....	215
Le CAUTRA III continue - Un centre expérimental	
LES NOUVELLES FONCTIONS.....	218
De l'étude à l'expérimentation.....	218
L'activation automatique - Le filet de sauvegarde	
LE PROBLEME DE LA CONVERGENCE	234
CONCLUSION : LE TEMPS DES CONTROVERSES	236

Chap. V : UN NOUVEAU DÉCOR (Épilogue)

MELER PLUTOT QUE SÉPARER.....	246
UN CLIMAT D'URGENCE.....	249
LE MONDE A CHANGÉ.....	250
Le CAUTRA COMPOSITE.....	252

Chap VI : TECHNIQUE ET MÉMOIRE

LA MEMOIRE DE LA TECHNIQUE.....	257
La technique "comme si".....	260
INVISIBILITÉ, TRANSPARENCE ET DEPENDANCE.....	262
Technophiles et technophobes.....	263
L'HISTORICITE DES SCIENCES ET DES TECHNIQUES.....	265
Un artisan de l'oubli.....	271
Réminiscences.....	274
La technique telle qu'elle se fait.....	276
Le temps de la mémoire.....	277
Les temps du CAUTRA.....	279
Les deux corps de l'ordinateur - La confusion des temps	
Besoin d'histoire, besoin de mémoire.....	281
Genèse et généalogie.....	283
CONCLUSION.....	285
LISTE DES PRINCIPAUX SIGLES.....	295
BIBLIOGRAPHIE.....	297

INTRODUCTION

Que s'est-il passé ?

Le problème est simple : vous prenez des mobiles qu'on appellera "avions" aux trajectoires prévues ou prévisibles ; un ciel civilisé par des routes aériennes qui superposent leur trame ordonnée aux mystères d'un espace qui fut, de toujours, le lieu assigné à l'inconnu et au sacré. Au sol, des centres de contrôle reçoivent toutes les informations requises pour organiser les flux et assurer la sécurité et sont peuplés d'êtres humains, faillibles qu'on appellera "contrôleurs aériens". Vous prenez en considération que, depuis peu, une toute nouvelle technique (ou science selon les interprètes) permet de faire des calculs à une vitesse jamais égalée et de transformer les informations en bits. La formule est, sinon facile, évidente : il faut automatiser.

Vers la fin des années 1950, les possibilités qu'offre pour la circulation aérienne "l'invention des ordinateurs" n'échappent pas aux responsables de l'aviation civile. Les projets d'automatisation du contrôle aérien se multiplient : aux Etats-Unis, bien sûr, terre mère de l'informatique mais aussi en Angleterre, aux Pays Bas ou en France. De leur côté, les constructeurs s'intéressent à ce marché plein d'avenir : IBM ou même la société française Bull élaborent des systèmes de détection de conflits entre aéronefs. L'optimisme règne.

Le ciel récemment exploré est d'emblée considéré comme un terrain privilégié pour les rêves cybernétiques. Apparemment libre et sans contraintes, il apparaît comme un modèle d'espace de communication où pourra circuler librement l'information. Les premiers systèmes informatiques "temps réel" s'y installent : le SAGE assure la défense aérienne de l'Etat américain tandis que, bientôt le SABRE va automatiser la réservation des places des compagnies aériennes nord-américaine.

Au sol, le travail des contrôleurs aériens n'attire pas moins les passionnés de la "nouvelle science". Leur activité n'offre-t-elle pas un modèle du genre ? Leur travail n'est-il pas strictement de faire circuler de l'information et de produire de la décision, c'est-à-dire la définition même que des chercheurs comme Newell et Simon donnent de l'intelligence. On néglige souvent que c'est à l'occasion d'une tentative de simulation de l'activité des contrôleurs que ces auteurs se sont rencontrés et qu'ils ont affirmé la possibilité de traduire l'intelligence humaine dans un système symbolique, ce qui les a menés à affirmer :

*"Tout cela nous conduit à l'idée que l'intelligence qu'elle soit enchâssée dans un être humain, dans un chien ou dans un computer, peut être représentée par un système capable de produire des symboles"*¹.

Or, trente-cinq ans après, qu'observe-t-on ? La question de l'automatisation du contrôle aérien semble beaucoup plus complexe que ne le laissaient transparaître les discours des années 1950 ou 1960. Le "mystère" de l'activité des contrôleurs n'est pas parvenu à se dissoudre dans les arbres de fonctionnement de l'intelligence humaine. Pire, la plupart des fonctions automatisées ont été imaginées et conçues dans la première moitié des années 1960. Plus inquiétant encore, des acteurs mêmes du système présentent les problèmes d'automatisation, non en termes de problèmes à résoudre mais de méconnaissance :

*"On ne connaît pas la capacité ; (...) On ne connaît pas la demande (en particulier pour tous les avions non régulés)
(...) Il faut tordre le réel pour le rendre déterminé"*².

Que s'est-il passé ? Le premier constat est que le processus d'automatisation du contrôle aérien s'est lové dans la même trajectoire que l'intelligence artificielle. Hubert Dreyfus a bien montré comment cette discipline a constamment prédit pour un avenir proche des réalisations qui ne virent le jour que beaucoup plus tard ou qui, n'entrevoient encore aujourd'hui aucune possibilité de réalisation ³.

¹- Jean-Louis LE MOIGNE, "La science informatique va-t-elle construire sa propre épistémologie" , in *Culture technique* n°21, "L'emprise de l'informatique", p. 16- 28

²- Notes prises lors d'un exposé de Jean-Marc Garot mais dont on peut retrouver le développement in : GAROT J-M (avec Jacques VILLIERS), *Pour une stratégie de la recherche dans le domaine de l'automatisation de l'ATM, Rapport CENA 92707*, Novembre 1992

³- H. DREYFUS, *Intelligence Artificielle, mythes et limites*, Paris, Tradition Française, Flammarion, 1984

Le macro-système aéronautique

En l'air, la traduction du ciel en un espace électromagnétique permet aux avions de se repérer dans l'espace à trois dimensions comme aux abords du sol, et leur offre la possibilité de se couler dans ces matrices virtuelles que sont les systèmes d'atterrissage. Un réseau tout aussi subtil le rend présent à lui-même : celui des communications. Des messages transitent du bord vers le sol, par la radio ou par les échos des avions reflétés sur l'écran de contrôle. Tous sont retraduits par un système de traitement de l'information. Ce que Alain Gras a appelé le "Macro système aéronautique"⁴ semble exemplaire car il désigne le lien intime entre deux concepts clés de l'époque contemporaine : les réseaux et la communication qui leur permet d'exister. Les techniques, qui furent toujours à la fois le médiateur et le constructeur de notre rapport au monde, paraissent aujourd'hui, comme invariablement, se mouler sur ces figures. De l'électricité, en passant par le téléphone, le train et les produits surgelés, le réseau s'impose comme le cadre inévitable de notre action et de notre compréhension du monde. Il n'a inventé ni la richesse et la pauvreté, ni l'invention et la normalisation, ni la démocratie ou la justice, le progrès ou l'exclusion, ni le social ni le politique, ni l'attente mais il constitue la forme contemporaine sous laquelle tous ces phénomènes se donnent à voir et à expliquer.

Aux constats d'Hubert Dreyfus, il faut ajouter les analyses de R.K. Merton concernant "la prophétie auto-réalisatrice". Le rôle d'une prophétie est moins d'annoncer l'avenir qu'elle promet que de stimuler un processus social par la persuasion et le consensus qu'elle arrive à produire⁵. Cet espace, ce décalage entre le monde utopique des nouvelles technologies et la réalité de ce qu'elles ont produit sous-tend les interrogations souterraines de ce travail. L'utopie cybernétique que l'on peut résumer dans l'espoir d'un monde pacifié en termes d'informations n'a pas produit ce que les pionniers rêvaient mais elle a produit autre chose. Pour comprendre cet écart entre les rêves d'hier et les réalisations d'aujourd'hui, le parti que nous prenons dans ce texte est de plonger le monde formalisé des utopies dans le monde impur du social et de l'histoire.

⁴- Alain GRAS, *Grandeur et dépendance- Sociologie des macro-systèmes techniques*, Paris, PUF, 1994.

⁵- R.K MERTON : *Eléments de théorie et de méthodes sociologiques*, Paris, Plon, 1975

Penser la technique ?

Comment penser technique et société ? L'intérêt des chercheurs en sciences humaines pour les techniques est récent, mais aujourd'hui florissant. Deux axes de recherche retiendront, ici, notre attention pour nous aider à comprendre ce décalage. Du côté de ce qu'on pourrait rassembler sous le concept générique de "l'usage", et du côté du "laboratoire".

Du côté de l'usage

Du côté de ce que l'on peut appeler, après Jacques Perriault et Victor Scardigli la "logique de l'usage" ou de "l'appropriation", des travaux sociologiques mettent en évidence qu'un objet technique n'est presque jamais utilisé de la manière prévue par ses concepteurs : l'usager le détourne, l'ignore, se l'approprie et barre par là même la réalisation du projet qui pouvait l'animer. Cet éclairage guida ma première approche du contrôle aérien. J'ai mené en effet (particulièrement avec Caroline Moricot), dans le cadre d'un programme de recherche dirigé par Victor Scardigli et Alain Gras, une étude de type socio-anthropologique sur le collectif des contrôleurs aériens. La perspective générale de cette étude (démarrée peu de temps après le lancement de l'A-320), qui se déroulait parallèlement dans les cockpits d'avion, était de comprendre la place sociale et symbolique des automates dans la conduite d'un avion ou dans le travail du contrôleur. Dans les salles de contrôle, après l'observation d'une vacation de deux heures, nous nous entretenions avec un contrôleur pour commenter ce moment et aborder des problèmes plus généraux.

Nous avons retiré de cette première phase le sentiment que le contrôleur aérien tel que le décrivent les spécialistes de l'Intelligence Artificielle ne rendait compte que très imparfaitement de la nature de son activité. L'humain, en effet, en même temps qu'il accomplit une tâche formellement difficile, produit du sens. Son activité n'est, dès lors, compréhensible que si on la restitue dans ses dimensions symboliques. Ce manque est d'ailleurs perceptible dans les développements contemporains de l'intelligence artificielle. Pour imposer l'identité de l'homme que ses développements définissent ou présupposent, elle a besoin de s'entourer d'un certain nombre de disciplines auxiliaires qui font résonner ses présupposés de différents points de vue : la philosophie (analytique), la psychologie (cognitive) ou la sociologie des organisations dans ses

manifestations les plus mécaniques agissent de concert avec elle dans un travail de fragmentation de l'être humain. C'est ainsi que l'introduction de l'ouvrage d'Hubert Dreyfus décrit, non sans mordant, un certain nombre de disciplines :

"L'IA se voudrait une discipline amicalement appuyée sur des disciplines-soeurs, qui seraient la psychologie, la linguistique, la philosophie. Comme ses soeurs, dans la réalité, manquent trop souvent d'égards, l'IA -une certaine IA- les corrige, les resserre telles qu'elle les souhaite, débarrassées de leurs mauvais penchants. Elle nomme ainsi (bonne) psychologie, (bonne) linguistique, (bonne) philosophique les parties de ces disciplines qui lui agréent" ⁶.

Ce que nous contestons dans ces disciplines n'est pas leur fécondité ponctuelle, mais leur prétention impérialiste à donner une portée globale à des résultats locaux et de vouloir construire l'identité de l'homme contemporain à leur image. De ce faisceau sont nés, dans le champ qui nous occupe, un certain nombre de concepts tels "le facteur humain" ou "l'erreur humaine". L'homme devient un "facteur" au même titre, et de même nature, que les autres éléments du dispositif. C'est cette anthropologie négative, et non la qualité des travaux réalisés dans ce champ, qui est inquiétante. Cette vision du monde réalise une tendance que Marx avait bien perçue au XIXe siècle : l'homme devient un facteur de production. La notion "d'erreur humaine" découle directement de cette forme de pensée. Mais une autre conséquence de la prééminence de cette catégorie de causalité est le clivage qu'elle ratifie entre l'homme et la machine, reproduction locale du grand partage qui s'est institué entre la technique et la culture. Ce partage, en effet, en gommant l'être humain comme producteur des techniques risque de faire oublier, dans les approches les plus locales, tout ce qu'il y a d'humain dans les dispositifs techniques et tout ce qu'il y a de technique dans les hommes de même que tout ce qu'il y a d'incertain et de flou dans les frontières entre l'un et l'autre.

Du côté du laboratoire

Au cours de nos premiers contacts avec le monde du contrôle, mon intérêt particulier pour l'histoire me fit ajouter au cadre commun de questionnement quelques questions sur l'histoire technique du contrôle afin d'aborder l'automate, non plus du seul point de vue de sa place dans l'espace social du contrôle, mais de celui de l'histoire de son

⁶- H. DREYFUS, op. cit. p. XIII .

introduction. Or je me heurtais, non à un mur de silence (il n'y avait aucune résistance) mais à une zone d'ombre, c'est-à-dire à une absence (relative) de mémoire technique chez les contrôleurs aériens. Quand elle intervenait, c'était pour faire revivre les grandes pannes ou les "basculages" d'un système à l'autre. La technique dans les salles de contrôle est surtout présente quand elle est absente. Si les questionnements sur l'histoire des techniques restaient sans réponses précises, d'autres dimensions en revanche épanchaient la mémoire : le récit détaillé d'un *airmiss* (même ancien), d'un incident, d'une peur ou encore les luttes syndicales, les grèves clandestines. Cette absence de mémoire technique venait s'appuyer sur une autre affirmation (émanant autant des ingénieurs que des contrôleurs) : il n'y avait pas lieu de parler d'une histoire de l'automatisation puisque le contrôle n'était pas automatisé. En outre, la question de l'automate ne semblait pas, au contraire des représentations recueillies dans le cockpit, poser de problème crucial. Dans ces salles claires obscures où pullulent écrans radar, claviers, écrans alphanumériques, micros et casques, la technique n'est que la servante du dialogue continu qui se noue entre le ciel et la terre, entre le contrôleur et le pilote. Or ce dialogue, s'il a connu des changements essentiels dans sa forme, semble au regard des représentations qu'en donnent les acteurs, inchangé dans son sens. L'homme contrôleur reste, du point de vue du sol, l'officiant principal de la sécurité aérienne.

Mais si le contrôle n'est pas automatisé, qui donc était ce CAUTRA (Coordinateur Automatique du Contrôle Aérien), qui achemine des informations sur le plan de vol et ses modifications, extrait les informations du traitement radar, corrèle celles-ci avec celles-là, crache des strips "à jour" sur l'imprimante des positions de contrôle et met en présence sur des écrans le vol des avions ? Un objet de recherche émergeait peu à peu de ces moments heureux (où tout est encore possible) que sont souvent les débuts d'un travail de terrain. Mais n'était-il pas l'histoire impossible d'une non automatisation ?

Je me trouvais comme le promeneur qui voit, à l'abord d'une route un panneau "sans issue" alors qu'il a le sentiment confus que cette voie barrée se prolonge par un petit chemin qui, lui, mène bien quelque part. Pour poursuivre, il fallait donc effectivement sortir des sentiers battus et ne plus traquer ce vilain automate qui allait bientôt remplacer l'homme mais tenter de tracer le chemin souterrain qui avait mené à cette situation singulière où hommes et automates semblaient entretenir une relation relativement sereine. D'autre part, si la mémoire technique n'était pas chez les contrôleurs, elle était ailleurs : chez les techniciens qui en faisaient l'installation ou la maintenance ou chez les ingénieurs qui avaient conçu les systèmes.

C'est l'un d'entre eux, actuellement chef du Centre d'Etudes de la Navigation Aérienne, qui repéra, dans le vaste programme de travail que nous lui soumettions, cette discrète proposition (deux lignes sur 50 pages !) sur l'histoire de l'automatisation du contrôle aérien en France. C'est le CENA qui en permit donc le financement, et, pour une part importante, la réalisation. Ce sujet me permit d'étendre le champ d'observation aux "laboratoires", là où les innovations technologiques dans le domaine du contrôle aérien se pensent et se décident. A aucun moment, dans ce travail cependant, je n'ai perdu de vue le "prisme" des contrôleurs, mais l'ai seulement articulé à celui des ingénieurs. Pourtant, au fil du récit, le lecteur remarquera que la figure des premiers s'estompéra de plus en plus au profit des seconds. Ce trait n'est pas seulement la traduction de l'absence de mémoire technique évoquée plus haut, mais le résultat d'une histoire. Les principaux "automates" rentrés dans la salle de contrôle ont été élaborés dans ce que nous appellerons le "laboratoire monde", c'est-à-dire en se soumettant précocement à l'épreuve du réel du monde opérationnel. Or, au gré des changements institutionnels, de l'évolution technique, sociale et économique de l'informatique, ce laboratoire monde s'est mué en laboratoire au sens classique du terme, scientifique ou industriel, où le réel est traduit, réduit, maîtrisé dans l'espace clos de l'expérimentation qui fait "jouer" des contrôleurs devant une représentation simulée du trafic aérien.

En outre, je ne compris que bien plus tard pourquoi cette proposition d'une histoire de l'automatisation du contrôle aérien avait pu résonner fortement dans l'institution : non seulement le CAUTRA avait été le prétexte à une grave crise au sein de l'institution de la Navigation Aérienne, mais cette crise entraînait en résonance avec des problèmes contemporains. C'est le présent qui crée l'histoire, sa construction et l'émergence de ses sujets.

Car le monde aéronautique est aujourd'hui confronté à un ensemble de défis. Il s'efforce de répondre à la fois à une demande croissante de transports civils et à celle de sécurité, ce qui peut entrer en contradiction. La préoccupation sécuritaire demeure donc, en l'air comme au sol, un acquis à préserver dès lors que la fluidité du trafic devient une nouvelle priorité économique. Dans ce contexte, se pose à nouveau avec acuité le problème du devenir de l'automatisation du contrôle aérien. Les structures dans lesquelles il se développe semblent craquer de tous les côtés : étouffées de l'intérieur par l'expansion du système et pressées de l'extérieur par les perspectives européennes d'intégration (ou d'harmonisation) des systèmes de contrôle que la mise en place d'une régulation des flux centralisée à Bruxelles semble amorcer. En outre, l'aboutissement des recherches conduit aujourd'hui à l'introduction prochaine (et problématique dans sa phase actuelle d'insertion) d'un nouvel outil pour le contrôleur, PHIDIAS (Position

Harmonisant et Intégrant les Dialogues InteractifS)⁷. Cet outil marque une évolution importante dans l'automatisation des fonctions de contrôle d'autant qu'il prévoit d'intégrer à moyen terme des "aides à la décision" qui feront entrer l'automate dans des zones sensibles de l'activité du contrôleur. Ce climat de crise ranime la mémoire et permet de faire parler les objets en les replongeant dans le processus qui les a vus naître et de rendre compte du décalage entre l'avenir prophétisé et le devenir réalisé.

Il faut que les sociologues se défassent de l'idée d'inspiration populiste qu'il n'y a de lien social qu' au niveau de l'usage. L'immersion dans l'espace et le temps des laboratoires et des méandres institutionnels et intersubjectifs des décisions techniques nous a permis de nous rendre compte combien la conception n'était pas seulement faite de traductions formelles et de fonctions spécifiées mais bien le résultat d'un processus hétérogène où se construit le sens. Seulement, les objets techniques inscrivent l'oubli dans leur matérialité et transforment en évidence efficace ce qui était problèmes multiformes et controversés.

Il est une question que ce texte laisse ouverte. L'invention, la possibilité de choix technologiques différents du point de vue de leur sens peut s'observer à ce niveau local mais semble s'annuler, ou se diluer, dans les effets globaux, largement uniformes, de l'automatisation, non seulement du contrôle de la circulation aérienne envisagé d'un point de vue international mais, plus avant, de la société. Cette biographie donnera quelques clés pour comprendre ce passage mais, surtout, elle pourra suggérer quelques voies pour résister à l'empire du même.

⁷- On remarquera que les concepteurs ont choisi comme nom de baptême de la nouvelle position de contrôle, celui d'un sculpteur !

Chapitre I

UNE HISTOIRE DE PLEIN VENT

UNE BIOGRAPHIE

Baptiser un travail socio-historique sur un système technique "biographie" est moins une analogie qu' une métaphore. En effet, transporter une figure de l'univers des hommes et du vivant vers celui des objets et des systèmes est plus, pour nous, une manière de soulever un certain nombre de questions que d'y répondre.

La première fonction de ce titre est de situer l'étude. Notre objet n'est pas l'automatisation du contrôle aérien en tant que tel mais bien l'histoire d'un système technique concret, construit et porté par des hommes et des collectifs particuliers inscrits dans une historicité. Ce choix a une incidence importante sur le cadre spatio-temporel qui est celui, propre du CAUTRA :

"Dans la vie des hommes, il y a des tendances locales dans le temps et l'espace. C'est la localité qui définit le problème et donne le cadre de référence de la compréhension "13.

¹³- Alain GRAS, *Les formes du temps social*, Thèse de Doctorat, Université Paris 1, 1983, p. 167.

La biographie comme synthèse

Mais si cette histoire est locale, elle n'est pas pour autant interne. Notre but est de faire buissonner les composants qui interviennent dans la réalisation de ce système technique, à leur heure et avec leur forme singulière, dans un même texte. Mais cette visée pose un problème de style. Comment mêler sans incohérence machines, concepts, trajectoires singulières d'êtres humains, fonctions, contraintes économiques, convictions politiques, mouvements sociaux, affects... La façon la plus courante de résoudre ce problème est de fragmenter l'objet ou le réel en points de vue (que ceux-ci se nomment "influence" en littérature, déterminants en histoire ou en sociologie, ou facteurs dans le monde des techniciens). Chaque vision fait émerger un profil dont le trait, s'il est réussi, semble rendre compte de l'ensemble de l'objet. La cause illumine la chose, la rend lisse, sans mystère. D'où la difficulté de l'interdisciplinarité, elle est toujours conseillée mais jamais réalisée pour deux raisons essentielles : elle menace l'ordre établi des disciplines qui méritent souvent bien leur nom, et elle implique un type de description qui soit d'ombres et de lumières et non d'illumination et de dévoilement. Plus qu'une organisation structurée, c'est un "agencement", au sens que Gilles Deleuze donnait à ce terme dans les années 1970 pour s'opposer à l'impérialisme du structuralisme :

"Le difficile, c'est de faire conspirer tous les éléments d'un ensemble non homogène, les faire fonctionner ensemble. Les structures sont liées à des conditions d'homogénéité, mais pas les agencements. L'agencement, c'est le co-fonctionnement. C'est la sympathie, la symbiose" ¹⁴.

Cette biographie cherche à agencer dans un récit des éléments qui n'ont, ni la même temporalité, ni la même texture, ni la même densité. On va donc se permettre de "sauter" d'un niveau de compréhension à l'autre. Le risque majeur de ce parti est la confusion totale. S'il est réussi, il aura la richesse d'un patchwork, c'est-à-dire une mise en relations de textures, de points, de grains et de couleurs hétérogènes mais qui imposent par leur coexistence un nouveau type d'harmonie. Celle-ci n'est pas recherchée dans une explication qui éclairerait, en imposant son unité sur ce qui s'est passé mais au travers de questionnements souterrains qui entrecroisent les mailles de l'objet.

Nous aurions pu, sans doute, choisir le modèle du réseau qui vise, avec plus de rigueur sans doute, à rendre compte de l'hétérogénéité des phénomènes à l'oeuvre en les

¹⁴- Gilles Deleuze, *Dialogues*, Paris, Flammarion, p. 65-66.

articulant sans les réduire ni les hiérarchiser autrement que dans leur durée propre. La notion de réseau en effet permet de sortir des schémas classiques historiques ou sociologiques de détermination en articulant différents niveaux (macro et micro social, macro et micro économique, niveau de l'individu, niveau de l'institution aux deux sens du terme) entrelacés. Mais précisément, le CAUTRA est un réseau stricto sensu et nous avons choisi de l'appréhender, non du point de vue global de sa trame mais de celui local de sa construction. De plus, la métaphore biographique ne peut traduire, aussi bien que le modèle du réseau, le fait que le devenir peut être dans la bifurcation. A moins de penser que "tout se joue avant six ans" ou bien que notre devenir est tout entier écrasé sous le poids de nos antécédents (sociaux, génétiques, biologiques, nationaux), etc., nous savons bien que les chemins de la vie peuvent tenir à un fil. Les circonstances de la vie humaines montrent bien de quelle manière vient le nouveau. Ce n'est qu'a posteriori que ce moment où notre regard a croisé sur le boulevard Saint Germain celui d'un adolescent à lunettes, est assigné comme celui qui a bouleversé une existence. Car si, à ce regard à la volée n'avait succédé aucun autre regard, ce même moment serait aujourd'hui sans existence. L'événement, les critiques de l'histoire ont sur ce point raison, est transitoire et il est autant d'événements que d'instant, mais l'événement le plus infime peut prendre sens lorsqu'il s'agglomère à ce qui est le non événementiel et dure, c'est-à-dire résiste à l'indifférence du temps.

La biographie comme récit

A cet agencement qui renvoie à une forme la moins réductrice possible de synthèse, le mode biographique implique la possibilité de mise en récit, ou de mise en intrigue. Le temps chronologique comme cause et strict agent dynamique peut être un puissant sédatif mais l'inscription dans le temps ravive la mémoire. Si cette thèse n'invente que dans son agencement et son interprétation, elle **fait histoire** en racontant une histoire. Sans doute, à bien des égards, ce travail n'est-il pas un travail d'historien car il voudrait réhabiliter deux parts maudites de la discipline historique quand elle prétend à la scientificité : la mémoire collective, et l'histoire qu'on raconte.

Néo positivisme?

Les critiques couramment faites à ce type de travail empirique, et partiellement descriptif, sont de renouveler l'interdit comtien du pourquoi, c'est-à-dire du sens.

Apparemment, cette critique est justifiée. Notre parti n'a pas été d'évaluer l'avenir ou même le devenir du monde à l'aune du CAUTRA, de ses artisans et de ses utilisateurs. Car, de notre point de vue, la faiblesse de nombreux travaux sociologiques a priori critiques est d'appliquer, sans autre forme de procès, le global au local : l'enquête de terrain n'est pas la texture du travail mais le prétexte qui permet au chercheur de vérifier des considérations générales sur le monde contemporain. Il nous semble en revanche que la question du sens est omniprésente dans ce texte en tant qu'elle émerge de l'activité, des discours des acteurs et des objets techniques eux mêmes et vient ainsi enrichir le questionnement global. La question du sens est bien, avec l'économie, le nerf de la guerre du CAUTRA.

Le souci des singularités

Enfin, ce travail a le souci de marquer et de préserver les singularités. Celle des instants qui peuvent, pris dans la durée, devenir des événements. Celle des individus et celle des techniques.

L'historiographie contemporaine, impulsée notamment en France par l'Ecole des Annales, a montré les limites d'une histoire strictement événementielle, ou centrée sur le rôle des "grands hommes" dans l'histoire. Cette oblitération des dimensions événementielles ou individuelles de l'histoire a été à l'origine de chefs d'oeuvre d'une histoire attentive aux durées longues, aux structures plus qu'aux conjonctures. Mais elle a peut-être perdu, ce faisant, ce qui fait la force possible d'un événement, ou d'un individu, c'est-à-dire l'attention aux singularités : produire de la différence, créer des bifurcations qui font emprunter à l'histoire des chemins inattendus. On verra par exemple qu'une panne de quelques heures peut, dans des circonstances particulières, amorcer un processus qui va bouleverser le devenir du CAUTRA.

Dans ce travail d'inspiration sociologique, les personnages sont, d'une certaine manière des "quasi personnages" (Paul Ricoeur), des "représentants" (Boltanski), des "porte-parole" (Latour) mais le choix du récit de type biographique nous oblige à prendre en considération ce que la stricte sociologie peut souvent écarter : ce sont des êtres vivants, marqués par leur ineffable singularité, des êtres d'affect et de subjectivité et qui tiennent

de leur vie professionnelle la légitimité. "Renoncer au partage entre le singulier et le général" comme l'affirme Luc Boltanski est un projet difficile parce qu'il brouille les partages établis mais que le refuge de l'anonymat sociologique rend plus aisé.

Nous verrons également dans ce texte que la technique est à la fois la traduction de compromis, le gel de relations sociales ou symboliques et la traduction d'investissements individuels. Et ce qui fait parfois la différence entre deux projets rivaux est la qualité de cet investissement. Il ne s'agit pas là, de quelque chose qui ressemblerait à la rationalité des fins, c'est-à-dire la procédure mentale ou organisationnelle qui ajuste les moyens à une fin mais de bien autre chose. Ce qui nous a surpris dans le CAUTRA et que nous voudrions restituer dans notre biographie, c'est d'avoir fait se rencontrer la passion et la raison. La passion ou encore la fusion : certaines figures de cette histoire ont, au sens strict, incorporé¹⁵ le CAUTRA, s'y sont identifiées et l'ont fait à leur image, c'est-à-dire pas nécessairement à l'image d'un "idéal type de l'ingénieur" mais à celle de leur personnalité propre. Bien sûr, ils sont des représentants (de conceptions techniques, politiques, économiques comme de leur institution) mais toutes ces dimensions se mêlent dans des singularités irréductibles. Comme le collectif n'est pas la seule addition des individus, l'individu n'est pas non plus l'addition des dimensions collectives qu'il traduit et représente. Dans nos conclusions, nous verrons que, dans les différentes phases qui se succèdent dans l'histoire du CAUTRA, ce qui fait la "différence" entre les projets ne sont pas tant les qualités techniques intrinsèques, l'intelligence des acteurs, les moyens mis en oeuvre, l'issue des querelles et l'étendue des alliances que l'investissement des êtres dans le CAUTRA. A propos du projet *Aramis*, Bruno Latour conclut que si le projet a échoué, c'est qu'il a manqué d'amour¹⁶. Nous espérons que nous saurons montrer dans ce texte que le CAUTRA a résisté aux épreuves, non pas malgré la charge affective dont il a été périodiquement l'objet, mais grâce à cette charge.

Une administration, comme toute institution, fonctionne en protégeant l'individu, et celui-ci se protège souvent en maintenant caché le secret de sa vie familiale ou ses engagements personnels. Pourtant, ces parts secrètes des individus interviennent de notre point de vue dans la construction de l'objet. Cette biographie aurait incontestablement gagné en intérêt et en profondeur, si nous avions pu, ou voulu, faire intervenir ces aspects de façon explicite. Dans l'histoire du CAUTRA par exemple, la

¹⁵- Sur cette notion de l'"incorporation" de l'objet dans le processus d'invention, cf. Hélène MIALET, *Le sujet de l'invention*, Thèse de doctorat de philosophie, Université Paris 1, 1994.

¹⁶- Bruno LATOUR, *Aramis ou l'amour des techniques*, Paris, La Découverte, 1992.

présence d'un certain nombre d'acteurs à des postes-clé que leurs collègues nomment volontiers des "électrons libres" a une part importante dans le profil du système. L'expérience du maquis des uns, l'engagement syndical des autres, les convictions politiques ou religieuses, n'interviennent jamais dans le corps mais jouent un rôle secret dans le tissage¹⁷ du texte.

Une quasi-biographie ?

Biographie du CAUTRA, pour conclure, est un clin d'oeil à la controverse sur les humains et les "non humains". Le CAUTRA n'existe que par les hommes qui l'ont conçu, ceux qui l'utilisent, ceux qui le maintiennent, ceux qui le financent, par les logiciels, les algorithmes. Il n'est plus rien sans tout cela. Il est le produit d'une histoire, d'une aventure humaine à la fois locale et globale, singulière et générale. Le CAUTRA ne choisit pas de s'arrêter, ne fait pas grève (c'est d'ailleurs, pour bien des acteurs rencontrés, une de ses grandes qualités !), il n'a pas d'état d'âme, de dépression nerveuse ou de congé maternité. Le CAUTRA n'a pas de désir même si son extension peut rappeler une logique de pouvoir. Mais, bien souvent, il fait "comme si". En panne, il déclenche la colère et les événements en donnant à l'Aéroport d'Orly des allures de camp de réfugiés. Quand il répond mal à une demande, il est souvent apostrophé : "mais qu'est-ce qu'il me fait alors !". Il peut susciter la familiarité : dans le sud, on peut l'appeler "la CAUTRA" ou bien CAUTRA, tout court, comme on dit Dupont. Ses "fonctions" sont celles autrefois assumées par les contrôleurs aériens. Le CAUTRA, mine de rien, avec son air de pas y toucher, a changé en trente ans un métier, transformé les relations entre les hommes, bouleversé la structure d'autorité de l'institution. Cette autonomie des techniques n'est qu'une quasi autonomie et le leurre des utopies cybernéticiennes est d'ignorer le "comme si" en réduisant les êtres et les choses à de l'information. Mais il n'en reste pas moins que sa présence, elle, n'est pas "quasi" ou "comme si" et qu'elle oblige à poser sérieusement le problème social de la cohabitation.

Enfin, la métaphore de la biographie renvoie à une méthode pratiquée largement, à certaines périodes par la sociologie. Les biographies de l'Ecole de Chicago (qui a aussi

¹⁷ Elles permettent notamment d'éclairer le régime des alliances, des recompositions, sans jamais pourtant les déterminer.

inventé l'observation "participante") comme celles plus récentes des "histoires de vie"¹⁸ ont en commun de proposer une alternative face à une sociologie jugée desséchée par l'esprit de système et la fragmentation des points de vue. Elle ont marqué, au début du siècle comme plus récemment, un retour vers la multiplicité, le mélange originnaire que l'on retrouve dans tout être. Cette métaphore, donc, traduit le questionnement qui nous a guidé tout au long de ce travail en cherchant à percer l'identité de cet acteur, à la fois muet et parlant, passif et efficace, objet et sujet, quasi-objet, quasi-sujet. C'est en cherchant auprès des gens qui l'ont conçu, utilisé, aimé et haï, que nous avons cherché à repérer les grands traits de son identité. L'avons-nous pour autant interrogé directement ? Non pas à la manière passionnante dont P.E. Mounier Kuhn par exemple va démonter de vieux ordinateurs pour repérer les marques de leurs constituants. Matériellement absent (mis à part un panneau de circuits intégrés de MITRA placé devant mon bureau parisien), le CAUTRA est mis en présence par les souvenirs et discours qu'il suscite, par les traces matérielles qu'il a laissées dans les archives, par sa présence dans les salles de contrôle, par le vaste réseau dans lequel il s'inscrit dont nous allons montrer, à chaque fois, qu'il en est possible, par quels chemins et médiations il est devenu ce qu'il est.

Faire parler les objets

Cette histoire, pour être racontée, passe par un apprentissage particulièrement ardu. Pour transgresser le partage entre le monde de la culture et celui de la technique, le conteur doit se transformer en "tiers instruit", comprendre et s'imprégner des objets eux-mêmes et de leur fonctionnement. Raconter l'histoire du CAUTRA sans laisser leur place aux objets ou aux fonctions, ce serait faire une thèse sur l'île de Chausey sans évoquer la mer ou sur Baudelaire sans parler (ou même boire) de l'absinthe. Est-ce à dire que toute sociologie des techniques passe nécessairement par une formation d'ingénieur ou de technicien ? La multiplication de chercheurs hybrides montre l'utilité de cette voie . Mais comme toute thèse est d'une certaine façon un plaidoyer *pro domo*, nous revendiquons aussi la fécondité d'une formation "extérieure" qui permet d'ébranler les évidences, de poser des questions intempestives. Par exemple, les patientes explications techniques qui nous ont été données à propos du CAUTRA constituent, en

¹⁸- Daniel BERTAUX, *Destins personnels et structure de classe*, Paris , PUF, 1977. Plus généralement, voir Jean PENEFF, *La méthode biographique*, Paris, Armand Colin, 1990.

elles-mêmes, un matériau extrêmement riche. Car des explications, (et aussi de leur diversité), on peut dégager les "enjeux", c'est-à-dire cette part de mélange et d'humain que l'objet a scellé quand il s'est stabilisé. Celui qui sait comment marche un ordinateur ou un radar n'aura jamais accès à ce type de données. Outre cette féconde naïveté, notre radicale étrangeté au monde technique nous a permis de chercher un niveau d'interrogation et de compréhension de l'objet qui se situe, en deçà du clivage institué.

Une des singularités de ce texte qui n'est, pourtant, pas autre chose qu'une recherche en sciences humaines, est la présence massive des techniques. Cette présence semblera lourde au lecteur avide de nouvelles généralités sur le sujet brûlant de "sciences et société." D'autant que, dans la tradition française, le travail empirique n'a pas toujours bonne presse. Comme le remarque avec humour Jean-Claude Passeron :

*"La minutie ou l'originalité n'importe guère au lecteur pressé ou au suiveur hâtif. Ce qui le fascine, c'est un principe de télescopage dialectique qui réveille en lui le dormeur hégélien rêvant"*¹⁹.

Mais cette présence des objets est un enjeu important dans un travail qui cherche, en traversant l'écran opaque de la transparence, à sortir de l'oubli les composantes non techniques qui y sont gelées. Ce passage présente un risque souvent évoqué par les chercheurs en sciences humaines : passer de l'autre côté du miroir et ne plus savoir refléter que le monde clos des idéologies techniciennes. Donner une présence concrète à la technique (et ne pas seulement la commenter), c'est donner une place dans une recherche en sciences humaines à ce qui n'est souvent considéré que comme un épiphénomène pour les sociologues ; les interroger au niveau des problèmes et du sens qui leur est donné, c'est ce qui est communément (c'est-à-dire souvent et par la communauté) considéré comme une étape nécessaire mais accessoire dans une démarche orientée vers la finalité. Mais en dessous de ce clivage, nous montrerons qu'en brouillant les pistes on peut dégager un lien entre les questions que posent les chercheurs et ceux que celles qui se posent aux ingénieurs.

¹⁹- Jean-Claude PASSERON, *Le raisonnement sociologique*, Paris, Nathan, 1991, p. 81.

Le présent

La métaphore de la biographie permet également de prendre le présent au sérieux, c'est-à-dire, d'une part, comme la seule réalité temporelle réellement éprouvable et, d'autre part, comme une attente²⁰ La conception augustinienne du présent comme attente s'oppose radicalement à celle qui annule le présent comme passage. C'est du présent qu'émerge le sens, celui reconstruit du passé et celui projeté ou anticipé de l'avenir. Fugitif, c'est pourtant dans le présent que se noue le sens. Le présent est le temps, non de l'avenir, mais du devenir. Si l'on admet que l'avenir peut se lire dans les lignes de la main, dans la révolution des astres ou dans les tendances lourdes des prospectivistes, le devenir en revanche se devine et se construit.

Or l'histoire, comme les sciences, montre bien que le devenir se noue bien souvent à l'extrême marge, dans les queues de distribution, dans les zones d'ombre. Les spécialistes du contrôle aérien connaissent bien ce phénomène (qui résiste à leur maîtrise de l'espace et du temps) que Lorenz a si joliment nommé l'effet papillon et qui montre comment un battement d'aile peut donner naissance, de proche en proche, à des phénomènes massifs ou catastrophiques. Ces lignes de fuite impliquées dans notre présent barrent la maîtrise du temps de l'avenir comme celle de la météorologie. Elles désespèrent futurologues, bâtisseurs de l'automatisation du contrôle aérien, politiques et scientifiques car elles soustraient le futur à leur forme de calcul. Elles nous semblent au contraire l'interstice où vient se nicher l'espoir, car il y a longtemps que si le monde devait être ce que le passé lui a promis, nous ne serions plus là pour attendre. Ce point de vue permet en outre de "sauver" le poète Holderlin du philosophe Heidegger car la fameuse formule, gelée par l'interprétation du philosophe allemand :

"Car, là où il y a danger, là aussi croît aussi ce qui sauve" ²¹.

serait une excellente traduction de l'effet papillon si elle venait nourrir une philosophie du devenir et non une prophétie de l'avenir :

20- C'est ainsi qu'Alain Gras définit le rôle de la sociologie : *"Pourtant, si la sociologie ne dit pas l'avenir, elle doit, comme le voulaient ses pères fondateurs, répondre à l'attente de cet avenir et pour cela inviter à réfléchir sur ce qui se passe aujourd'hui."*, in *Grandeur et dépendance*, op. cit. p. 23.

21- M. HEIDEGGER, "La question de la technique", in *Essais et Conférences*, Gallimard, 1954 p. 34

" Avant que l'être puisse se montrer dans sa vérité initiale, il faut que l'être comme volonté soit brisé, que le monde soit renversé, la terre livrée à la dévastation et l'homme contraint à ce qui n'est que travail" ²².

En ce sens, la "fin des grands récits" et l'intérêt nouveau des sociologues, historiens ou philosophes pour le "local", le "quotidien", le "tactile" nous semblent moins traduire un renoncement, un désengagement qu'une indispensable attention au devenir. Le monde contemporain semble plongé dans l'univers monotone des grands réseaux techniques qui canalisent les flux d'informations, d'êtres humains en partance pour la Méditerranée. Mais cette trame ne parvient pas à endiguer, non pas l'imprévisible vécu comme le chaos et l'échec de la science, mais l'imprévu d'où émerge le nouveau. Dans cette perspective, l'histoire devient un creuset où le travail de mémoire renoue avec le possible :

"Daniel Bensaïd nomme matérialisme historique le mode où l'historien sait qu'il s'agit bien moins de reconstituer que de se souvenir et de guetter, dans un présent 'sommé de prendre la relève des sentinelles épuisées devant le désert vide, pour le cas où un godot en haillons y apparaîtrait'. Ce présent 'qui n'est point passage mais qui se tient immobile sur le seuil du temps (...) est le temps de la politique. Tout événement du passé peut y acquérir ou y retrouver un plus haut degré d'actualité que celui qu'il avait au moment où il a eu lieu. L'histoire qui prétend montrer comment les choses se sont réellement passées est animée par une conception policière qui constitue le plus puissant narcotique du siècle" ²³.

Ce retour au local, là où émerge le sens et où s'initient les processus, met en vedette les études ethnographiques. Si elles furent toujours, avec l'histoire, un réservoir de savoirs sur l'homme, elles sont aujourd'hui convoquées pour nous rappeler que l'avenir des hommes n'était pas nécessairement inscrit dans ce qui est prévisible mais qu'il se joue souvent dans les bifurcations. Ainsi la critique souvent faite aux travailleurs de terrain qui observent la science ou la technique telle qu'elle se fait semble mal venue. Car ils ne cherchent pas le sens à la manière analogique que prônait Durkheim mais sont attentifs, dans la multiplicité du terrain à l'émergence, même infinitésimale, du sens. C'est dans

²²- M. HEIDEGGER, "Dépassement de la métaphysique", p. 83. Pour cette utilisation hative, nous nous référons à l'éclairante lecture qu'en a faite Véronique LE GOAZIOU : *Le rapport entre l'homme et la technique dans le monde moderne et la vie quotidienne*, Thèse de doctorat de sociologie, Université Paris 1, p. 18-30.

²³- Isabelle STENGERS, in *L'invention des sciences modernes*, Paris, La Découverte, 1993, p. 193 cite Daniel BENSALD, in *Walter Benjamin, sentinelle messianique. À la gauche du possible*, Plon, Paris, 1990. Ce jeu de citation en abyme concrétise le propos.

l'étude des "autres sociétés" que nous avons appris que nous aurions pu devenir autres que ce que nous sommes. Et c'est en important ce type de regard sur le terrain même où se dessine le devenir que nous cherchons à voir le présent comme porteur de lignes de fuite et non comme passage transitoire entre le passé et le présent.

INITIER UNE MÉMOIRE.

Un des enjeux de cette thèse est de transformer le CAUTRA, obscur système technique construit dans la part la plus cachée l'aéronautique, et qui ne pose pas d'emblée les questions qui tuent type : "y a t il un pilote dans l'avion" semble une curieuse idée. Cette biographie du CAUTRA est construite de toute pièce. Aucune autre histoire de l'automatisation du contrôle aérien ne nous a précédée. Elle ne s'appuie donc, d'un point de vue strictement local, sur aucun allié et ne s'écrit contre aucun adversaire. Car, on peut écrire mille thèses sur la Révolution, on pourra toujours trouver un point de vue oublié susceptible de faire émerger un récit dont la qualité se mesurera à l'infinitésimale différence que l'on aura pu établir. Ici, l'enjeu est moins de réorganiser et d'ajouter quelques pièces au dossier que de faire tenir ensemble des éléments jusque là séparés : des archives, des souvenirs, des ordinateurs, des relations homme-machine. C'est l'initiation d'une mémoire.

Ce qui nous amène à un autre point. Une qualité que partagent l'histoire et l'ethnologie est qu'elles constituent un stock de mémoire accessible dans le temps. L'histoire des annales va se fonder sur une critique de l'histoire de Lavisse en s'appuyant plutôt sur celle de Michelet, mais elle va nonobstant, tout en déconstruisant l'édifice historisant de Seignobos ou de Lavisse et Rambaud, conserver des matériaux, des traces, qu'elle va pouvoir réagencer autrement en l'éclairant d'autres traces. Ce qui résiste dans les travaux historiques, ce ne sont pas les édifices conceptuels, les grands récits mais les traces qu'ils laissent en héritage à ceux qui, en les critiquant, les maintiennent paradoxalement en vie.

Ainsi dire le point de vue de l'observateur, les pensées qui l'inspirent ou les outils qu'il a empruntés, ne relève pas d'une complaisance narcissique. C'est le seul moyen de ne pas transformer sa machine en une machine de guerre. La pensée systématique et sans faille invite à se plier ou à se rebeller : "on ne peut qu'acquiescer devant une telle démonstration !". Une construction qui donne ses clefs autorise les lecteurs, et notamment les acteurs concernés, à remodeler, à agencer différemment.

De la terre historique, où nous nous sommes initialement formée, nous avons gardé le "goût des archives"²⁴ Cette passion est souvent mal comprise par les sociologues car elle constitue un "coût" énorme par rapport à un "gain" qui n'a pas toujours la belle allure systématique des théories ou des systèmes sociologiques. Mais tout le temps "perdu" à sélectionner l'information pertinente est indispensable pour élaborer les "climats" et tenter d'approcher l'ineffable singularité de l'espace temps étudié. Le temps des archives ne sert pas à seulement en ce sens à établir des **faits** mais permet l'immersion (au sens que donnent parfois les anthropologues à ce terme) d'où jaillissent les hypothèses, les périodes, les divisions. Tout en donnant une assise, une sorte de légitimité, permettant de relativiser la part toujours fictive du travail historique, le contact avec les archives est le lien matériel, concret au travers duquel le chercheur établit un lien corporel, affectif, symbiotique avec le passé dont il a fait son objet. Le contact avec les archives est un élément essentiel à l'incorporation, condition essentielle à la production d'un savoir.

Dans cette biographie, archives et entretiens ont exercé une sorte de contrôle réciproque. La mémoire de l'interviewé reconstruit dans le présent et, malgré une vigilance souvent étonnante dans certains des entretiens à nous donner accès au passé²⁵, c'est un mixte de présent et de passé synthétisé dans une subjectivité qui nous est toujours restitué. Or, cette part du travail historique, toute floue et imaginaire soit-elle, conditionne la réussite du projet qui dépend, nous le verrons en détail plus bas, de l'atteinte de deux résultats : susciter chez les acteurs un travail de mémoire qui n'est possible que si le monde reconstruit "rend" quelque chose du "climat" et, du côté des chercheurs, interroger le processus collectif et le sens. Cette thèse se veut un espace littéraire mixte, ou si l'on préfère un tunnel permettant de frayer un chemin entre deux cultures que tout semble séparer.

²⁴- Cf. Arlette FARGE, *Le goût des archives*, Paris, Le Seuil, Libraire du XXe siècle : "L'archive ne ressemble ni aux textes, ni aux documents imprimés, ni aux "relations", ni aux "correspondances, ni aux journaux, ni même aux autobiographies. Elle est difficile dans sa matérialité. Parce que démesurée, envahissante comme les marées d'équinoxes, les avalanches ou les inondations. (...) Fonds d'archives dont la définition scientifique n'épuise heureusement ni les mystères ni la profondeur : 'Ensemble de documents, quels que soient leurs formes ou leur support matériel, dont l'accroissement s'est effectué d'une manière organique, automatique, dans l'exercice des activités d'une personne physique ou morale, privée ou publique, et dont la conservation respecte cet accroissement sans jamais le démembrer'" (p. 11).

Et Arlette Farge conclut sur des mots qui résument sous bien des aspects notre problématique : "*Le goût de l'archive est visiblement une errance à travers les mots d'autrui, la recherche d'un langage qui en sauve les pertinences. Peut-être même est-ce une errance à travers les mots d'aujourd'hui, une conviction peu raisonnable qu'on écrit l'histoire pour ne pas la raconter, pour articuler un passé mort sur un langage et produire de "l'échange entre vivants" (M. de Certeau)". Pour se glisser dans un discours inachevable sur l'homme et l'oubli, l'origine et la mort. Sur les mots qui traduisent l'implication de chacun dans le débat social"* (148).

²⁵- Je pense notamment à l'aide précieuse de Dominique Alvarez

L'essentiel des archives étudiées furent recherchées non dans la rue des Archives, mais sur le lieu autour duquel s'est construit ce récit, dans les caves du CENA. Leur exploitation fut ponctuée, de conversations informelles, de commentaires, de précisions. Ces allers et venues entre la cave et le premier étage nous en apprirent sans doute moins que les entretiens, les rapports et les papiers mais furent la condition essentielle à ce qui fait la possibilité de toute compréhension anthropologique d'un objet : se tailler une place dans le milieu étudié²⁶. Place ambiguë dans le climat plutôt "clean" d'un centre d'études en informatique où vivent des ingénieurs pour qui la cave des archives est un lieu étrange qui renvoie à des éléments inquiétants par excellence : la poussière et le passé²⁷.

Cette place s'est concrétisée dans le processus immergé dans la durée que constitue l'enquête orale au sein d'une institution. Plus le temps passe, plus l'entretien "historique" se fait anthropologique. Par la multiplication des rencontres, la rumeur, les bruits de couloir, le chercheur acquiert un rôle dans l'institution : celui de l'historien. Une relecture dans cette perspective des entretiens menés pendant deux ou trois ans traduit l'évolution d'une situation. L'historien y apparaît de moins en moins comme observateur et de plus en plus comme un acteur. Des expressions nouvelles voient le jour : "*vous qui connaissez l'histoire de notre maison*", "*vous savez déjà*", ou encore : "*vous pourriez sans doute m'en apprendre plus que ce que je vais vous raconter*" ou, non sans un soupçon d'inquiétude : "*je ne sais pas s'il vous a dit la même chose, mais...*". Ce "supposé savoir" historique s'allie, avec le temps avec un (plus supposé encore) savoir technique. Plus le temps passe, moins les interlocuteurs s'embarrassent de pédagogie ce qui rend le contenu infiniment plus riche mais les décryptages plus éprouvants. Car, comment décrire un monde où l'on n'ait pas une place ?

Cette subjectivité de l'observateur, loin d'empêcher la construction du récit, le rend possible et l'amène à son terme. C'est pour décrire cette posture singulière et en hommage à Lucien Febvre, qui soulignait l'importance conjuguée des "géographes de

²⁶. Cf., par exemple, Jeanne Favret Saada, *La vie, la mort, les sorts* et Bruno Latour, *La vie de laboratoire*, Paris, La Découverte, 1990.

²⁷. Cf. plus bas la question de la mémoire de la technique et *De la souillure* de Mary Douglas. La cave du CENA, contrairement au reste du centre plutôt clair et ordonné, respire le mélange : avec les archives, sont stockés de vieilles consoles d'ordinateur, des tables bancales, des logiciels, etc... Notre second lieu d'archives fut la DGAC, dans les bâtiments vétustes de la rue de La Convention. Le déménagement à Issy les Moulineux de cette institution a d'ailleurs ralenti, puis arrêté, cet axe d'investigation.

cabinet ou de serre" et de ceux de "plein vent"²⁸ pour la découverte du Nouveau Monde, que nous appelons ce travail "une histoire de plein vent".

Le souci du terrain.

Le souci du terrain implique un autre type d'exigence, celle de créer un espace littéraire, donc de communication. Cette "cohabitation" implique, comme toujours, des efforts de part et d'autre. Du côté du chercheur, elle nécessite la prise en compte de ce qu'il considère le plus souvent comme un épiphénomène (la matérialité de l'objet, sa singularité, sa présence concrète). Du côté de l'ingénieur, elle implique de se souvenir de ce que le temps institué de la technique lui a fait oublier. Le rôle de l'historien n'est plus de fixer le passé, ni de répondre à l'attente, mais de la susciter. La validité, ou plus modestement, l'intérêt de notre entreprise se mesurera à la manière dont notre regard aura su susciter chez certains acteurs, par effet de miroir ou de repoussoir ou d'inquiétante étrangeté, une altération de leur propre regard, des nouvelles manières de dire, de voir, de sentir, ou produira un effet de mémoire sur un savoir enfoui mais actif du collectif et de l'historicité.

Traduction

Le processus de traduction qui permet ce type de travail est un miroir équivoque. Comme le montre Philippe Roqueplo, qui a affirmé un des premiers l'exigence de placer des ponts entre la technique et la culture²⁹, penser la technique relève d'une opération de traduction complexe. Le "détour" par l'autre pour comprendre le même et par le même pour comprendre l'autre est le processus fondateur de l'anthropologie. Il peut dans notre culture se situer historiquement au XVI^e siècle avec certains récits de voyages d'explorateurs européens dans le Nouveau-Monde. Mais ce parcours acquiert, dans l'anthropologie des sciences et des techniques, des difficultés spécifiques. Quel que soit le degré de nos apprentissages scientifiques, nous pensons avec la science, non seulement comme chercheur mais comme homme de sens commun : sciences et techniques structurent aujourd'hui le cadre de notre expérience, impregnent le sens commun. Par ailleurs, l'ingénieur, comme le scientifique est aussi un homme du sens commun (du rêve, de l'imaginaire, du symbolique, du désir mais aussi du politique)

²⁸- Lucien FEBVRE, *Le problème de l'incroyance au XVI^e siècle*, Paris, Armand Colin, 1956.

²⁹- Philippe ROQUEPLO, *Penser la technique*, Paris, Seuil, 1983.

dans son processus de production d'un objet, d'une théorie, ou d'un algorithme. Mais le fossé entre les sciences et techniques et la culture transforme ces mixtes proches en des points de vue totalement hétérogènes. Ce partage n'est pas un mythe, mais bien une institution culturelle. Et la rupture ne se marque pas seulement dans le langage et les formalisation. La savane qui protège les tribus d'ingénieurs est souvent, à bien des égards, bien plus hostile que les barrières naturelles ou culturelles qui transforme l'accès au terrain ethnologique en un réel rite initiatique (qui souvent passe, d'ailleurs, par une authentique initiation). Des strates diverses de complexité barrent le terrain à l'observateur. A la complexité des organigrammes s'ajoute celle des sigles, à celle des sigles celle des techniques et des machines, à celles-ci le calcul ou les formalismes qui semblent protégés de tout référent analogique. Ce n'est qu'en dessous de ces strates, que le chercheur peut trouver une terre plus meuble : logiques institutionnelles et liens informels, connaissance tacite, affects, etc.

Tous les anthropologues sont confrontés au problème de la traduction et à ses équivoques. Mais dans le cas de ces lieux où se fabriquent notre monde par des êtres qui ne se distinguent de nous que parce qu'ils le traduisent dans des formalismes qui semblent purifiés du monde, le problème est, dans une certaine mesure, plus complexe. Dans le cas où "ce monde" ne se différencie de celui du chercheur que par la singularisation dans une culture commune, une solution est de radicaliser la différence, de la typifier. Toute une série de travaux, historiques ou sociologiques réalisés dans cette perspective nous donnent une vision éclairante de ce que peut être un "esprit ingénieur" et sur la base, par exemple, des réseaux (Grandes écoles, culture professionnelle, type de formalisation utilisé dans les disciplines qui induit une tendance à l'abstraction, mécanisation du monde, etc.) dans lesquels il s'inscrit. C'est la perspective adoptée par Victor Scardigli dans notre ouvrage collectif *Face à l'automate*. lorsqu'il montre comment on pouvait faire une lecture des avions fortement automatisés à partir d'un "*socle de convictions intimes et unanimes qui guident le travail de chacun et de tous*"³⁰ Ce type d'approche reflète bien les grands problèmes des sociétés contemporaines confrontées à une technicisation, et à une informatisation croissante mais épouse, tout en renouvelant leur contenu et leur interprétations, les grandes dichotomies qui semblent structurer nos représentations : offre/demande, concepteur/usager, actif/ passif. Ce qui oblitère une dimension à nos yeux essentielle : que font les ingénieurs dans leur bureaux d'étude ou leur laboratoire ? Ils se battent à propos de la définition du monde qu'ils vont construire. Une des questions que posera

³⁰- op cit, p. 206.

ce texte est de savoir si les projets divergents sur un même objet technique ne sont que des alternatives qui, en dernière analyse, mèneront au même résultat et relèvent de la même "vision du monde" ou si, au contraire, les controverses dites techniques ne conduisent pas à des projets "culturels" distincts.

Dans cette perspective en revanche, le fait de n'être pas radicalement autre (et d'appartenir à une profession qui revendique elle aussi des formes, même atténuées, de rationalité, voire de "scientificité") apparaît comme un avantage. Car elle permet de déplacer le questionnement (l'entretien, les hypothèses) à un niveau qui déplace l'homogénéité du côté de notre commune condition d'hommes et de femmes confrontés à la question du devenir, même si nous avons des façons différentes d'y répondre et de le construire.

Essentiels dans ce travail singulier de traduction sont les "truchements". C'est ainsi qu'un voyageur français dans le Brésil du XVII^e siècle, Jean de Léry, appelait les traducteurs qui, en même temps qu'ils se faisaient interprètes lui racontaient le monde des Tupinambis. Lévi-Strauss qualifie ce texte de "bréviaire de l'ethnologue" en tant qu'il met en scène la question centrale de l'anthropologie (qu'elle soit ethnographique ou historiographie) du même et de l'autre. Calviniste en exil, Jean de Léry "comprendait" l'anthropophagie des Indiens au travers de la controverse théologique entre catholiques et réformés sur la transsubstantiation. **Toute connaissance passe par le truchement d'un autre.**

Ce travail n'eut pas été possible sans un certain nombre de "truchements" (contrôleurs et ingénieurs) et c'est la nature de nos relations, fondées non seulement sur l'échange "d'informations" mais sur la sympathie et sur une quête partagée du sens, qui nous a permis de tenter le pari de reconstruire le microcosme technicisé du CAUTRA dans celui de la culture générale.

L'INSTITUTION DE LA NAVIGATION AÉRIENNE

Cette étude, enfin, est particulièrement attentive à la dimension "institutionnelle". Soulignons, pour commencer les analogies entre les objets techniques tels que nous les appréhendons et les institutions : les uns comme les autres stabilisent l'état des relations à un moment donné et les font perdurer. Cornélius Castoriadis a bien montré que la trame législative était insuffisante pour appréhender le phénomène institutionnel et qu'il

revenait au sociologue de reconstituer "l'imaginaire instituant des sociétés"³¹, c'est-à-dire d'en appréhender la dimension symbolique. Mais l'on verra avec ce texte qu'au réseau des lois et à la dimension plus fluide de l'imaginaire et du sens, il faut ajouter le réseau des choses. L'institution au sens où nous l'entendons peut se comprendre au travers de trois trames plus entrelacées que superposées : celle des lois, celle de l'imaginaire et enfin celle des objets. C'est de cette triple stratification que l'institution tire sa cohésion et les crises révèlent bien souvent leur décalage. Ces strates correspondent à des niveaux d'autorité eux aussi souvent en décalage et en compétition.

L'institution de la Navigation Aérienne semble au premier regard une administration de service public classiquement organisée dans une hiérarchie. Mais son organigramme rend mal compte de la structure d'autorité qui serait mieux traduite par l'architecture des centres de contrôle en route. Au centre de l'édifice, la salle de contrôle autour de laquelle se distribuent les différents services administratifs³². Sous la salle de contrôle, la salle technique rassemble les électroniciens, part invisible mais essentielle du système.

Ce qui donne son sens à tout l'édifice est la coupole invisible du ciel dont le sol doit assurer la sécurité. Le rôle du contrôle aérien est d'assurer la fluidité du trafic et d'éviter les conflits, les collisions. Le risque est présent à tout instant : simultané dans le temps mais différé dans l'espace. Les collisions en vol sont exceptionnelles, mais le risque d'accident est rappelé par des événements beaucoup plus fréquents : les "airmiss" déposés par le pilote quand il a perçu un croisement ou une séparation en dessous des normes de sécurité. Plus quotidiennement, les alarmes automatiques du "filet de sauvegarde" alertent les contrôleurs quand les normes réglementaires ne sont pas respectées. Pour le contrôleur, le risque peut venir aussi bien des défaillances humaines que techniques, car il n'a aucune prise sur la réalité du vol. Il ne manipule et n'a toujours manipulé que des informations. L'accident ne le menace pas physiquement puisque son éventualité concerne toujours un niveau de réalité hétérogène à celui-là même où il évolue, mais il n'en est pas moins difficile à vivre. Les contrôleurs parlent parfois de la peur :

"Non, ce n'est pas l'appréhension de la collision : ça, elle est toujours là. C'est le fait de se retrouver tout seul sans plus personne à rattraper"

¹⁹- Cornélius CASTORIADIS, *L'institution imaginaire de la société*, Paris, Le Seuil, 1975.

³²- On remarquera par exemple, à Athis Mons que le Centre d'Études de la Navigation Aérienne a toujours tenu à garder sa salle technique à deux pas de la salle de contrôle.

Plus personne à rattraper... La communication est rompue et **le fil informationnel** qui relie l'avion au sol coupé. Cette situation évoque de manière métaphorique le monde contemporain qui a confié son équilibre et la gestion de beaucoup de ses dangers à la circulation d'informations. Dans la salle de contrôle le risque cimente le collectif et l'extrême solidarité qui y règne n'est sans doute pas étrangère à cette présence absente du risque. Cette extrême médiatisation fait de la salle un espace quasi-virtuel. Trois liens relient le contrôleur au ciel, objet de toute son attention : par la radio, il échange des informations avec le pilote et surtout transmet des instructions de contrôle ; l'écran radar lui donne la position des avions ; et enfin le strip ou bande de progression de vol.

Le strip...

Nous reviendrons dans le détail de ce texte à plusieurs reprises sur le radar. Mais, dans cette introduction, il est intéressant de montrer comment les contrôleurs aériens tissent un lien social dense dans un univers très technicisé. Peu de petits papiers ont fait couler autant d'encre que cette bande en bristol sur laquelle sont inscrits les éléments du plan de vol intéressant le contrôle aérien. La méthode du *stripping* a été inventée aux Etats-Unis où elle a remplacé progressivement le *plotting*. Cette méthode consistait à déplacer des plots (en fait des pions) sur une grande carte qui représentait l'espace aérien contrôlé. Le *stripping* a permis d'affiner les processus d'organisation du trafic et de détection des conflits ainsi que la circulation de l'information sur le vol entre les secteurs de contrôle qui se faisaient de plus en plus nombreux avec l'augmentation du trafic. Le contrôleur dispose sur un tableau de strips selon une méthode qui lui permet de détecter les conflits éventuels.

Le strip (associé au crayon avec lequel les contrôleurs les annotent) aide à mémoriser le trafic et ses actions, mais aussi à **mettre en présence** les avions **en agissant dessus, en se les appropriant**. Le stripping peut-être compris comme une antidote à l'angoisse immanente au travail qui consiste à prendre des décisions en temps réel et sur la réalisation desquelles, concrètement, corporellement, le contrôleur n'a aucune prise. La relation entre le contrôle et le ciel et les pilotes est une sorte de **contrat social** respecté dans presque tous les cas par les différents acteurs du monde aéronautique. Mais un pilote peut très bien ne pas vouloir exécuter l'instruction, ou encore la machine ne pas se plier aux commandes du pilote. Et si le contrat n'est pas respecté, les conséquences peuvent être dramatiques. Ces éventualités sont extrêmement rares d'un point de vue statistique mais très présentes dans l'imaginaire du contrôleur aérien, contribuant au

stress bien sûr, mais aussi à la vigilance maintenue et à un fort sentiment de responsabilité. La manipulation de strips en papier apparaît donc aussi, outre sa fonction purement technique, comme un moyen d'enrayer l'angoisse inhérente au travail du contrôle qui relève de l'hétérogénéité radicale entre l'élément d'où il contrôle (le centre ou la tour) et le trafic. Entre le ciel et la terre.

D'où l'intérêt de recourir à une approche historicisme des techniques. La vision évolutionniste d'une technique tend à montrer comment un outil se substitue, plus ou moins progressivement, selon les "philosophies de développement de l'automatisation par exemple", à un autre. Mais du point de vue qui est le nôtre, il serait sans doute plus juste de dire que les différentes étapes technologiques se superposent et qu'il est possible de retrouver, en observant les pratiques et interprétant les représentations des contrôleurs, les différentes strates, la complexité de la sédimentation. Nous l'avons noté, les contrôleurs ont peu de mémoire consciente de l'évolution de leur technologie. Une des explications que l'on peut trouver, et qui nous fut d'ailleurs donnée par certains d'entre eux, est que leur travail se fait dans l'instant, dans un temps "concentré". :

"C'est une question qu'on se pose dans le syndicat : comment se fait-il qu'on ait effacé, au cours des décennies, des tas de souvenirs, y compris des documents. Notre syndicat a détruit ses archives, par accident, mais quand les accidents se répètent trop souvent, cela a un sens. Et mon copain qui travaille dans le petit groupe dont je vous parlais a dit : "mais c'est parce que vous avez l'habitude de travailler dans le temps présent. Quand il y a eu un problème, une difficulté, ça a été quelque chose de tellement désagréable qu'on l'efface."

Mais cette (relative) amnésie historique n'empêche pas la présence et la force dans la salle d'une mémoire collective qui agit peut-être d'autant plus qu'elle est enfouie. Cette mémoire collective existe par la transmission. C'est en salle qu'on apprend vraiment à contrôler avec les anciens qui vont un jour, après le passage de la "qualif", devenir des pairs. Dans l'équipe de contrôle, on apprend pas seulement le métier présent de contrôleur, on incorpore tout un savoir que les instructeurs ont eux même reçus de leur anciens, et ce depuis la nuit des temps du contrôle aérien.

Il est donc important de rappeler qu'aux premiers temps du stripping, le même strip circulait dans la salle de secteurs en secteurs. Les descriptions hautes en couleur que nous en ont fait les "anciens" attestent de l'importance de cette circulation au niveau

symbolique. Le bruit mat du porte strip lorsqu'il tombe à terre, la "souris" qui l'enrobait, etc.. Mais le récit le plus signifiant est celui relaté par André Bisseret ³³:

"En ses débuts, le système de contrôle français fonctionnait sur la base d'un strip par avion et par centre alors même que la division en secteurs géographiques était intervenue : c'était donc le même strip que les secteurs intéressés par un avion se transmettaient successivement (...). Les anciens racontent, pour la petite histoire, qu'il arrivait que deux contrôleurs se lèvent simultanément pour s'en aller porter l'un à l'autre le strip d'un avion et, se rencontrant au milieu de la salle, s'aperçoivent alors que les deux avions étaient en conflit".

Le strip n'est pas seulement le moyen concret par lequel le contrôleur, seul sur sa position ou en couple ou en trio, s'approprie individuellement les avions et le trafic, c'est aussi la mise en présence au sein de la salle de la circulation des aéronefs. Grâce à cette circulation, ce sont tous les mouvements du ciel qui sont là, comblant de façon symbolique l'irréparable rupture entre le ciel et la terre. Dans cette situation fondatrice, le contrôleur porte l'avion, s'y identifie corporellement. Les mouvements des contrôleurs et des strips rejouent symboliquement la circulation des avions, leur donne une quasi-présence.

Le strip comme quasi-objet

Cette quasi-présence nous renvoie au concept de "quasi-objet" défini par le philosophe et anthropologue des sciences, Michel Serres et qui peut nous aider à comprendre une fonction latente, du strip, celle de tisser le lien social et de maintenir la cohésion dans la salle. Dans "*Le Parasite*", il pose à sa manière une question qui hante beaucoup d'entre nous :

"Ce que c'est de vivre ensemble. Qu'est-ce que le collectif. Qu'est-ce que le collectif, cette question maintenant nous fascine"³⁴.

Pour tenter d'éclairer cette question, il recourt à des manifestations du collectif dans des jeux. Une chanson, d'abord, qui résonne à toutes nos oreilles : "*Il court, il court le furet, le furet du bois mesdames..*". Le furet circule entre les mains et tisse le collectif de la ronde enfantine, soude le groupe. Mais quand le furet est surpris dans les mains d'un des

³³- Tout ce développement m'est venu à la suite d'un déjeuner avec André Bisseret dans un bon restaurant grenoblois.

³⁴- Michel SERRES, *Le Parasite*, Paris, Grasset, 1980, p. 302

joueurs, celui ci est placé au centre du cercle : c'est un individu seul au centre de la situation :

"Le furet, mobile, tisse le nous, le collectif ; qu'il s'arrête, il marque le je".

Le même processus est décrit dans les jeux de balle, plus précisément le rugby que le philosophe prise tout particulièrement :

"Un ballon n'est pas un objet ordinaire, puisqu'il n'est ce qu'il est que si un sujet l'a en main. Posé là, il est bête, il n'a pas de sens, ni de fonction, ni de valeur. On ne joue pas tout seul au ballon. Ceux qui le font, ceux qui le gardent ou, comme ont dit, le monopolisent, sont de mauvais joueurs, bientôt exclus du jeu. On les dit personnels. Le jeu collectif n'a aucun besoin de personnes. Considérons celui qui le tient. S'il le fait tourner autour de lui, c'est un maladroit, un mauvais comédien. Le ballon n'est pas là pour le corps, c'est le contraire exact qui est vrai : le corps est l'objet du ballon, le sujet tourne autour de ce soleil. On reconnaît l'adresse de balle à ce signe qui ne trompe jamais, le joueur la suit et la sert, loin de la faire suivre et de s'en servir. Elle est sujet du corps, sujet des corps, et comme sujet des sujets. Jouer n'est rien d'autre que de se faire l'attribut de la balle comme substance. Les lois sont écrites pour elle, sont définies par rapport à elle, et nous plions à ces lois. L'adresse de ballon suppose une révolution ptolémaïque dont peu de théoriciens sont capables, accoutumés à être des sujets, dans un monde copernicien, où les objets sont des esclaves.

De même que le furet, la balle circule. Meilleure est l'équipe, plus rapide en est le transfert. On a dit parfois que cette balle est une braise rouge qui brûle si fort les doigts qu'ils faut s'en débarrasser au plus vite. Apprécions au passage la métaphore, que Rudyard Kipling n'a pas méprisée : la fleur rouge écarte les tigres, et le rameau d'or n'est pas loin. La balle est le sujet de la circulation, les joueurs n'en sont que les stations et les relais. Le ballon peut se transformer en témoin de relais. Témoin, cela en grec se dit martyr. (...) L'attaquant, porteur de ballon, est signalé comme victime. Il détient le témoin et il est le martyr. En ce lieu, en ce moment, sur lui précisément, tout l'important se passe et précipite. Le ciel lui tombe sur la tête. L'ensemble des vitesses, des forces, des angles, des chocs et des pensées de stratégie se noue ici et maintenant. Or, tout à coup, ce n'est plus vrai, ce qui devait se décider n'en découd point, la balle fuse, le noeud actuel se défait, par le déplacement. L'histoire et l'attention bifurquent. Le témoin n'est plus là, le furet court, brusquement muselé, il va quérir un autre lapin dans le réseau des galeries, le ballon est hors de portée, le sacrifice n'a pas lieu, il est

*différé à plus tard, le martyr n'est pas tel, il est tel autre, et encore tel autre, et pourquoi pas tel à nouveau. Tous. Le jeu est cette vicariance. Il est le graphe des substitutions. Prêtres, victimes, en habit bleu, rouge ou vert ? Non. Strictement, des vicaires. Vicaires par la mobilité des suppléances, par la vitesse des substitutions. Sacrificateur, maintenant, et très vite victime, vite neutralisé, rapidement changeant par la balle en course, dans ce terrain, délimité comme autrefois un temple. Le sacrifié a tout loisir, par son astuce ou son habileté, d'envoyer tout de son voisin au casse-pipe en son lieu et place, et le voisin a ce loisir et ainsi autant qu'on voudra. Dès lors, par le ballon, nous sommes tous des victimes possibles, nous nous y exposons et nous y échappons, et plus la balle court, plus le clignotement de la vicarité est rapide, plus l'émotion est suspendue. La balle navette comme le furet, tisse le collectif en mettant à mort virtuellement chaque individu. Ce pourquoi la victime apaise la crise est ce savoir imprenable que nous portons tous, sous la voix qui dit je, que cette victime peut être je tout aussi bien, et au hasard. Le ballon est ce quasi-objet par qui je suis sujet, c'est-à-dire soumis. Tombé, mis dessous, piétiné, plaqué, jeté de haut en bas, assujéti, exposé, puis substitué tout à coup par cette vicariance. La liste est celle des sens de *subjicere*, *subjectus*.. La philosophie n'est pas toujours aux lieux d'ordinaire prévus. J'apprends plus au sujet du sujet en jouant à la balle que dans le poêle cartésien. Où pourtant rôdait quelque mise à mort. (...)*

Ce quasi-objet, marqueur du sujet, comme on dit marquer un agneau pour l'autel ou pour la boucherie, est un étonnant constructeur d'intersubjectivité. Par lui, nous savons comment et quand nous sommes des sujets, quand et comment nous ne le sommes plus. Nous, qu'est-ce à dire ? Nous sommes en précision ce clignotement fluctuant du je. Le je est dans le jeu un jeton qu'on échange. Et ce passage, ce réseau de passes, ces vicariances de sujets tissent le collectif. Je suis je maintenant, sujet, c'est-à-dire exposé à être jeté de mon haut sur le sol, exposé à tomber, à être mis dessous la masse compacte des autres, puis tu prends le relais, tu es substitué à je et le deviens, plus tard c'est lui qui le rend, son travail fait, son danger assumé, sa part de collectif construite. Le nous se fait par les éclats et les occultations du je. Le nous se fait par les passes du je. Par échange du je. Et par substitution, et par vicariance du je" ³⁵.

³⁵- Ibid, p. 303_304.

Nous avons cité intégralement ce long texte car il nous semble décrire avec une philosophique exactitude le travail du contrôle aérien. L'art du contrôle n'est pas de maîtriser l'avion mais de laisser circuler, le plus naturellement possible, les flux. Non pas pour "jouer" (le contrôleur ne joue pas, même s'il peut trouver un plaisir ludique à son activité et c'est peut-être une des raisons pour lesquelles il n'aime ni ne pratique beaucoup les simulateurs qui sont à sa disposition dans les centres de contrôle). La relation classique sujet humain - objet technique est comme inversée puisque le contrôleur est assujéti à l'avion. Dans un centre de contrôle en route, un trafic idéal est un trafic fluide où l'avion passe de secteur en secteur tel le cordon de furet : l'équipe est unie, le collectif soudé, la notion de lien social prend toute sa force. Si un conflit s'annonce par surprise, détecté par exemple par le filet de sauvegarde, le responsable du secteur et des avions concernés est désigné. Les boutades fusent, des ricanements parfois. Le collectif se défait et le radariste concerné émerge du groupe, désigné un temps comme individu, comme responsable, avant de se fondre à nouveau, une fois l'incident passé, dans le collectif. Si le croisement a été trop serré ou l'espacement insuffisant, le pilote dépose un airmis. Une procédure d'analyse est mise en branle, l'encadrement cherche le responsable et analyse la responsabilité de l'individu. Si, bien que cette situation n'existe pas dans les faits, une catastrophe survenait, le contrôleur serait désigné comme responsable pénalement et deviendrait avec certitude, pour le groupe, un "martyr". La beauté de la scène et sa complexité sont amplifiées par le fait qu'il n'y a pas un seul quasi-objet, une seule balle ou un seul furet mais dix, cent ou mille qui, dans le clair obscur de la salle de contrôle, au milieu de la rumeur permanente, scintillent sur les écrans radar.

Le texte de Michel Serres nous fait voir, peut-être mieux que toute analyse sociologique lourde, pourquoi et comment le travail du contrôle a secrété, en France en tout cas, un groupe aussi soudé. Bien sûr, le furet n'est pas le strip mais l'avion ; bien sûr les contrôleurs ne le touchent pas car le strip est le symbole de l'avion. Dans le même ouvrage, Michel Serres rappelle la traduction latine du mot d'origine grecque "symbole" : la tessère ou tessère d'hospitalité :

"Tablette, cube ou osselet que des camarades, pour le lit, que des copains, pour la table et le couvert, que l'hôte, en bref, et son parasite partagent en le cassant. Ils rompent la tessère et font ainsi un mémoire. (...) Passé le temps ou ailleurs dans l'espace, qui l'aura dans la main reconnaîtra son autre exact, par ce signe, par ce rapprochement, par cet emboîtement adapté, spécifique. Nulle autre clef possible pour une telle serrure, par la stéréospécificité. (...). Le mot tessère est

un terme latin qui n'est jamais vraiment resté dans la mémoire de ma langue, le mot grec est le mien, chacun de nous est un symbole d'homme. (...). Le symbolique est là, il court depuis le furet, se partage et ne se partage pas. Qu'est-ce que le symbole? Une stéréospécificité ? "36.

Le strip est le symbole de l'avion, ou plutôt la moitié de la tessère qui ne prend son sens que par rapport à l'objet volant, bien réel. La scission de la tessère désigne la discontinuité, vécue comme une fracture, entre l'espace aérien et l'espace de la salle de contrôle dont les contrôleurs reconstruisent, en permanence, symboliquement l'unité. La circulation du strip dans la salle et dans le réseau tout entier, c'est la matérialisation de la circulation du flux du trafic aérien que les contrôleurs peuvent ainsi s'approprier.

Les contrôleurs et les règles

Cette reconstruction d'un espace social autonome n'est pas seulement perceptible dans la réinterprétation de l'usage prescrit ou fonctionnel des objets techniques mais dans la relation que les contrôleurs entretiennent avec les règles, c'est-à-dire cette fois-ci à la trame législative de l'institution. Nous prendrons la notion de règle à plusieurs niveaux : les "règles de l'air" extrêmement codifiées et pour beaucoup internationales (ce sont les règles de la circulation aérienne -par exemple les normes d'espacement), les règles techniques qui régissent l'utilisation des machines et enfin les règles sociales

Les premières sont codifiées à un niveau international par l'OACI. Les adaptations nationales se font au sein d'une administration : la DGAC (Direction Générale de l'Aviation Civile). Les problèmes spécifiques à la circulation aérienne dépendent d'une direction de la DGAC, la DNA (Direction de la Navigation Aérienne) qui a une certaine autonomie financière grâce aux redevances des compagnies aériennes. Un exemple typique et fréquent de transgression de cette catégories de règles est de ne pas respecter les normes d'espacement entre les avions. Cette pratique permet aux contrôleurs de concilier deux impératifs souvent contradictoires : la sécurité et la fluidité du trafic. C'est la quotidienneté de cette pratique qui a permis le phénomène de grève du zèle, surtout pendant toute la période (1964-1982) où les contrôleurs ne disposaient pas du

³⁶- Ibid p. 313-314

droit de grève. Ces grèves du zèle³⁷ consistaient à respecter strictement les normes, ce qui pouvait avoir de lourdes conséquences sur l'écoulement du trafic. Un autre exemple proche est un croisement radar un peu serré, c'est-à-dire qui se fait en dessous des normes d'espacement prescrites. Si le pilote s'en rend compte et s'il a perçu un danger, "s'il a eu peur", il peut déposer un *airmiss*, c'est-à-dire une plainte qui donne lieu à une enquête. Mais cette situation extrême est rare et, dans bien des cas, ces croisements se font en toute sécurité et-ou à l'insu des équipages. Si les règles de l'air sont relativement nettes et figées, d'autres règles existent où la limite de la transgression est plus floue. Pour exemple, les règles qui régissent le passage d'un avion d'un centre de contrôle à l'autre. Ces passages sont régis par des "lettres d'accord" entre les centres dont l'élaboration est le résultat d'un processus socio-technique complexe : formalisées par l'encadrement, elles dépendent de l'usage, de l'expérience accumulée, de difficultés rencontrées ici ou là par les contrôleurs aériens. Les normes stipulées dans les lettres d'accord sont fréquemment violées et c'est précisément leur transgression fréquente qui est un des moteurs de l'évolution de la réglementation. Ce type de transgression est possible par l'extrême marge que se sont données les normes officielles qui légifèrent sur le général. Le contrôleur, lui, connaît intimement son secteur de contrôle, la qualité de la détection radar, les réactions des avions de telle ou telle compagnie et il peut transgresser sans commettre pour autant d'imprudence, c'est-à-dire menacer la sécurité.

Un autre exemple de transgression permanente de règles peut être donné par la manière dont les contrôleurs occupent un secteur de contrôle. L'organisation officielle, formalisée par l'OACI, s'appuie sur un partage des tâches entre un contrôleur planning et un contrôleur exécutif, en France on parle de contrôleur organique et de contrôleur radar. Au niveau du concept, les ingénieurs parlent souvent de contrôle stratégique et de contrôle tactique. Cette typologie repose sur une partition relativement claire du travail : le CO (contrôleur organique) organise le trafic à partir d'un tableau de strips et, en cas de problème, est en communication téléphonique avec les secteurs adjacents (qu'ils soient dans le même centre ou dans un autre centre ou encore une approche) ; le CR (contrôleur radar) quand à lui fait les séparations radar et à la fréquence, c'est-à-dire qu'il est en contact avec les pilotes à qui il donne des ordres, des instructions. Cette partition traduit, bien entendu, une partie de la réalité de la pratique des contrôleurs (c'est bien le contrôleur radar qui reste responsable, seul, devant la loi des instructions qu'il a données en cas de problèmes). Mais, lorsque nous les interrogeons sur ce point, les contrôleurs répondent de façon quasiment unanimes (surtout dans certains centres) :

³⁷ - Cf. les travaux de P. Siskind mentionnés en bibliographie sur l'histoire sociale des contrôleurs aériens.

"CO, CR : qu'est-ce qui vous a raconté ça... Des ingénieurs ? On est en permanence tous les deux à la fois".

Les ingénieurs prescrivent un modèle de "**coopération**" du partage des tâches qui ne répond pas seulement à un souci de sécurité mais à un objectif de productivité. Le nombre d'avions qu'un contrôleur peut traiter en même temps sur un secteur (15 à 20) constitue en effet un des problèmes expliquant l'encombrement du ciel. Les contrôleurs quant à eux, moins sensibles à ce type de problème, pratiquent et surtout **se représentent** un modèle qu'on pourrait qualifier d'**interchangeabilité**. Le Contrôleur organique a toujours un oeil et une oreille tendue vers le contrôleur radar et constitue pour lui une "sauvegarde". Le contrôleur radar quant à lui compte sur cette présence même si elle est, le plus souvent, muette (ce qui peut poser des problèmes car en cas de fort trafic cette présence peut bien être absente) et, de son côté, a un oeil sur le tableau de strips. Cette notion d'interchangeabilité renvoie à un concept développé en psychosociologie par l'interactionnisme symbolique, notamment Georges Mead, pour qui l'interaction entre des acteurs sociaux se définit comme un processus par lequel chaque sujet est capable de se mettre à la place de l'autre. Sans rentrer dans les arcanes de cette théorie, notons que cette capacité à se "mettre à la place de l'autre" caractéristique du travail du contrôleur **tel qu'il se le représente** est sans doute un des facteurs constitutifs d'un collectif fort, d'un lien social dense. Cette façon de dévier le partage des tâches officiel est aussi le résultat d'une histoire. Les contrôleurs britanniques, par exemple, sont alternativement au tableau de strips ou à la fréquence.

Troisième exemple de transgression des règles : le mode de présence des contrôleurs sur une position. Normalement, une position est armée par trois personnes (un CO, un CR et un assistant). Dans certains centres, à Reims par exemple, cet armement à trois est rare du fait du manque d'effectif. Mais ailleurs où les problèmes d'effectif ne se posent pas (Bordeaux par exemple), une position est rarement armée à trois. D'ailleurs, en période de faible trafic, il peut être plus handicapant qu'autre chose. Les contrôleurs ont élaboré un mode de gestion des présences et des absences auto-institué, c'est-à-dire que c'est le chef d'équipe qui gère ce qu'ils appellent les "clearances". Dans bien des centres, les feuilles de présence sont opaques à l'administration.

Ces quelques exemples pris à plusieurs niveaux d'observation témoignent d'un phénomène plus général, ce qui nous a fait dire lors de notre première phase

d'observation que "la norme du contrôle aérien était l'écart à la norme" ³⁸. Ce phénomène peut s'observer à d'autres niveaux, par exemple l'habillement très décontracté des contrôleurs (ce qui est frappant dans un univers où le plupart des gens sont en uniforme). Or cette situation ne génère pas de culpabilité apparente, les contrôleurs ne la vivent pas comme une transgression. C'est que leur modèle de référence n'est pas le cadre normatif et réglementaire imposé par l'administration mais la norme du groupe, du collectif.

Le collectif des contrôleurs aériens

Depuis les années 1950, la communauté des contrôleurs produit ses propres règles de gestion du temps, de la technique, des relations entre les êtres et avec les machines. Dans *Le Pilote, le contrôleur et l'automate*, nous avons souligné l'analogie entre l'organisation sociale des contrôleurs (avec pour "forme élémentaire" l'équipe) et celle de tribus indiennes décrites par l'anthropologue Pierre Clastres dans un ouvrage important, *La société contre l'état*.³⁹ Cette comparaison mettait en avant la fonction toute particulière du chef d'équipe qui, loin d'être un échelon hiérarchique, avait semble-t-il pour rôle, tout en assumant ses fonctions spécifiques, de maintenir une distribution diffuse et horizontale du pouvoir. Le titre de l'ouvrage de Clastres prend alors tout son sens. La fameuse "auto-gestion" des contrôleurs s'est construite contre, ou en tout cas en se distinguant d'une organisation du pouvoir plus classique et hiérarchique incarnée par l'administration. Mais il serait illusoire de séparer le collectif des contrôleurs des relations que ces "clans" entretiennent entre eux d'une part et du reste de l'institution de la Navigation Aérienne. L'équipe, c'est-à-dire la salle de contrôle à un moment donné, s'intègre dans un modèle plus large et plus complexe dont elle est le centre de gravité.

Ces règles ne font pas l'objet de la part des contrôleurs de formalisation écrite. Elles sont à la fois secrètes et visibles, implicites au regard de l'énonciation des règles administratives (qui, au fil du temps, sont obligées de se formaliser en fonction de ces pratiques), explicites entre eux. Ces règles font l'objet d'une transmission orale, ce vocable incluant à la fois le langage et l'oralité en un sens plus anthropologique. Elles

³⁸-Cf. *Le pilote, le contrôleur*, op. cit et Caroline MORICOT, "Les contrôleurs aériens et le rapport à la norme", *Actes du séminaire public de l'enseignement à distance*, à paraître;

³⁹- Pierre Clastres, *La société contre l'état*, Paris, Minuit, 1974

sont régulières et codifiées, ritualisées. Ce qui rend possible cette existence d'un système de règles et de normes est qu'elles s'élaborent dans le cadre d'une **institution, celle du groupe des contrôleurs**. Comme abritée dans l'institution au sens administratif du terme, et en interaction permanente avec elle, l'institution des contrôleurs a sa division sociale (en équipes), sa propre répartition des pouvoirs, ses légendes et ses mythes fondateurs (l'histoire sociale et syndicale, très mouvementée, les nourrissant et les réactivant), ses rituels quotidiens (rituel du "bonjour", rituel des repas la nuit, etc.).

Parmi ces rituels, nous évoquerons le rite de passage que constitue la "qualif", c'est-à-dire le moment où l'on passe premier contrôleur. Bien sûr, la formation d'un contrôleur est très précisément légiférée. Pendant deux ans (maintenant trois) de formation à l'Ecole Nationale de l'Aviation Civile où il reçoit une formation théorique et pratique sur simulateur, il effectue déjà des stages dans le centre où il sera affecté. A son arrivée dans un centre, il est pris en charge par la subdivision instruction où il reçoit un enseignement théorique spécifique concernant le secteur de contrôle et son environnement. Mais surtout, il est intégré dans une équipe où il fait un apprentissage à la fois social et technique de son travail. Graduellement, il s'initie à toutes les parties du métier de contrôleur : gestion de l'information sur les vols (avec le calculateur, les secteurs adjacents et les autres centres), compréhension et gestion de la fréquence (c'est-à-dire le dialogue avec les pilotes), organisation du trafic sur le tableau de strips, détection et résolution des conflits. Ce n'est qu'arrivé au terme de cet apprentissage gradué dans la salle qu'il peut prétendre à la qualification de premier contrôleur. Après un entraînement intensif, l'équipe collectivement par l'intermédiaire de son chef décide du moment où il va passer les tests pratiques. Cette période des tests, il la passera en dehors de son équipe mais en présence d'un des chefs d'équipe de son groupe d'appartenance. La période des tests est, disent-ils, le moment le plus intense de la trajectoire d'un contrôleur : il faut se coltiner à la peur, à la responsabilité du trafic et de ses décisions, à la maîtrise du ciel. Ce que l'équipe gère collectivement, c'est non seulement le risque mais une responsabilité individuelle très forte. Une fois les tests passés, le nouveau "premier contrôleur" (PC) revient dans son équipe d'origine mais avec un statut différent.

"C'est juste après la qualif qu'on est le meilleur"

Ce qui est intéressant dans cette progression est qu'elle rappelle la description faite par des anthropologues comme Arnold Van Gennep ou Mircea Eliade des rites de passage

ou d'initiation ⁴⁰. Après le temps de l'éducation (où le jeune grandit, souvent dans la société des femmes, c'est le temps de la ségrégation où il est séparé de sa communauté d'appartenance et passe par un certain nombre d'épreuves, souvent terribles, après lesquelles il peut revenir dans sa société d'origine en adulte, qualitativement différent.

Le passage de la qualif constitue bien un rituel, un rite de passage codifié et vécu comme une "expérience existentielle ". Il atteste de la cohésion d'un espace social auto-institué, véritable cadre normatif du contrôleur aérien au travail. Et les règles, qui relèvent de ce que nous avons appelé l'oralité, prescrites par ce groupe, ne sont pas, elles, facilement transgressées. La pression du groupe est forte et multiforme et celui qui n'y adhère pas est souvent obligé d'aller dans une autre équipe (chaque équipe est différente). Ou si son travail est défectueux au regard de la norme collective (s'il commet des imprudences ou au contraire s'il est trop frileux), il est souvent engagé par "la salle" à se réorienter vers des activités d'encadrement ou d'étude.

Ce caractère "tribal" de la communauté des contrôleurs avec un espace social spécifique caractérisé par son horizontalité, une gestion diffuse du pouvoir, une autogestion du temps, un usage spécifique des techniques rend complexe la cohabitation, la structure administrative hiérarchisée de l'institution de la Navigation Aérienne. Les ingénieurs (que les contrôleurs désignent sous le nom de "hiérarchie") sont eux aussi passés par l'Ecole Nationale de l'Aviation Civile. Ils sont séparés en deux corps : les Ingénieurs de l'Aviation Civile (IAC) pour qui l'ENAC est une école de spécialisation après Polytechnique et les IEEAC (Ingénieurs d'Etudes de l'Aviation Civile) qui ont passé un concours, le plus souvent après "Maths-spé". Ces corps représentent l'autorité verticale qui se confronte, parfois avec violence, avec le mode "d'être ensemble" horizontal des contrôleurs. La rivalité entre le corps des contrôleurs et celui des IEEAC, est sans cesse mise en avant par les uns et les autres. Cette coupure doit être mise en relations avec leurs attributions spécifiques. La salle de contrôle vit le temps continu d'une nécessaire maîtrise permanente de l'évolution des aéronefs dans le ciel. Toute interruption non maîtrisée peut signifier une catastrophe comme, dans l'antiquité l'entretien permanent du feu évitait les calamités (d'ailleurs, au niveau des horaires le contrôleur fait un temps **continu**). Les bureaux et services techniques ou d'études vivent le temps discontinu de la société civile. A l'échelle-même du travail, la temporalité est différente : le contrôleur vit dans le temps ponctuel de la décision immédiate alors que son encadrement pense dans le temps de la décision mais à court, moyen ou long terme.

⁴⁰- A. VAN GENNEP, *Les rites de passage*, Paris, Nourry, 1909 ; M.ELIADE, *Initiations, rites, sociétés secrètes*, Paris, Gallimard, 1959.

Au dessous de ces clivages, on peut cerner une unité plus profonde : ce qui fait le sens de toute l'administration de la Navigation Aérienne et focalise toutes les énergies, c'est précisément le fonctionnement de cet espace spécifique, de ce temps concentré. Les contrôleurs au niveau de l'organisation comme la salle au niveau du centre constituent le centre symbolique de toute l'institution. L'encadrement a un pouvoir hiérarchique, qu'il exerce d'ailleurs, mais les contrôleurs ont non seulement un pouvoir immédiat sur la réalité mais une légitimité incontestable au regard de leur encadrement. Précisément parce qu'ils ne sont pas interchangeables : aucun cadre ou ingénieur, fût-il polytechnicien, ne peut remplacer un contrôleur. Le travail est d'ailleurs si spécifique qu'il faut au moins un an avant de repasser "la qualif" quand on change de centre. Dans les grands récits qui émaillent nos entretiens et qui ont une fonction importante, l'un d'eux est particulièrement caractéristique. Significativement, il nous a été raconté à plusieurs reprises dans des versions assez différentes mais qui allaient toutes dans le même sens. Il s'agit de l'histoire, dans les années 1960, d'un chef de centre qui "aurait" pris la "fréquence" lors d'une grève de zèle. La version sans doute la plus réaliste nous est venue du contrôleur qui occupait le poste de l'organique :

Un copain, D. (c'est devenu "l'affaire D), premier contrôleur, était sur la position de contrôle qui faisait les traitements de la région parisienne d'Orly. On était en grève, enfin en grève du zèle (je ne me rappelle plus très bien quoi) mais en grève de décollage. On disait : "on fait grève de décollage pendant deux heures". On était vraiment dans des époques de ras le bol. C'était une incompréhension totale avec l'administration. Le copain était sur la position terminale. Il dit, à partir de maintenant, plus de décollage. (...) J'étais en position assistant à côté de lui et donc grève des décollages pendant deux heures. Orly répercute sur les compagnies aériennes, ça vient à la direction, chez P. (le chef du centre) qui arrive fou furieux dans la salle, prend le téléphone avec Orly et dit : "laissez partir les avions". Il raccroche et le copain qui était à côté dit : "le contrôleur, ici, c'est moi. Tu n'as pas obéir à celui qui vient de te parler". Sanction : demande de sanction, rétrogradation, tout le grand jeu. Mais les avions n'ont pas décollé. Il y a eu sanction sur le copain D. et on n'a quand même fait grève 12 jours contre la sanction. Il a juste dit ça, il a pris le téléphone, c'est tout. Le syndicat a fait appel de la décision, il a été remis dans son grade mais pas avec effet rétroactif. (ce qui est rare en général les sanctions sont annulées). Quand P. est parti comme patron de l'ENAC, D. voulait aller à Toulouse mais il hésitait à postuler pour l'ENAC à cause de cette histoire. Et P. l'a accueilli à bras ouverts.

Il était patron, il a sanctionné, il a fait son boulot. Après, il a eu besoin d'un instructeur, il a pris D.."

C'est parce qu'elle se comprend dans un cadre collectif structuré, cohérent et légitime au regard des prescripteurs, que la transgression des règles, non seulement n'est pas culpabilisante du point de vue subjectif (même si elle n'est pas moins stressante) mais n'est pas dangereuse. Car si la transgression des règles est effectivement un phénomène non seulement fréquent mais inévitable dans le monde du travail, elle n'en revêt pas moins un caractère particulier dans un univers comme le système aéronautique qu'on peut qualifier de "sécuritaire" et qui met en scène en permanence l'accident, la catastrophe, la vie et la mort. Au niveau des représentations globales. Il est présenté comme essentiel que l'usager des techniques se conforme exactement à l'usage prescrit. C'est parce que la "logique de l'usage" secrète comme elle s'intègre dans un cadre institutionnel spécifique, avec ses normes, ses rituels, sa propre vision de la sécurité et de la responsabilité (en somme des régularités repérables dans une approche de type sociologique classique que ce niveau constitue comme la part cachée (parfois maudite) de l'institution et intervient en permanence dans la dynamique de l'élaboration des règles et prescriptions.

La compréhension de cette relation singulière entre les contrôleurs et la hiérarchie et entre ces deux types d'exercice du pouvoir est essentielle pour percevoir la singularité du CAUTRA conçu, pour ses phases essentielles⁴¹, par des "ingénieurs maison". Par là même, l'automatisation est souvent perçue par les contrôleurs aériens, non seulement comme une délégation d'une part de leur propre activité à un système mais comme l'emprise des ingénieurs sur leur espace social. Marcel Mauss a montré qu'un élément important de compréhension d'une société donnée est la nature et les formes de l'échange entre individus et entre clans. Dans cette perspective, les "lois" de l'échange sont régies par trois obligations fondamentales : **donner, recevoir et rendre**⁴². Le statut "d'équivalent général" de la monnaie aujourd'hui arrive mal à dissimuler qu'il s'échange bien d'autres choses au travers de la circulation économique ou de la circulation d'objets entre les êtres et les groupes :

"Au fond, ce sont des mélanges. On mêle les âmes dans les choses ; on mêle les choses dans les âmes. On mêle les vies et voilà comment les personnes et les

⁴¹- Et l'on verra dans la biographie du CAUTRA que l'entrée en scène de concepteurs "étrangers" va bouleverser l'institution.

⁴²- Marcel MAUSS, "Essai sur le don", *in sociologie et anthropologie*, op. cit.

choses mêlées sortent chacune de sa sphère et se mêlent : ce qui est précisément le contrat et l'échange" ⁴³

Les récents problèmes des accords du GATT traduisent bien ce phénomène : au travers d'accords économiques on parle de culture ("exception culturelle"), d'indépendance nationale, de morale aussi (travail des enfants dans les pays pauvres), etc.. Dans le cadre de notre propos, il est intéressant de noter qu'un nouvel équivalent général tend à se substituer, ou mieux à se mêler, à la monnaie : l'information (ce qui pourrait donner une portée globale aux analyses qui vont suivre). L'idée de base est que l'échange établit un rapport qualitatif entre les partenaires. C'est de ce point de vue que nous voudrions expliciter les relations contrôleurs-ingénieurs.

Nous verrons plus loin que les primes demandées à l'occasion de l'introduction de nouveaux outils d'automatisation (clavier dans les années 1960, Digitatron dans les années 1970) traduisent la relation CAUTRA-CONTROLEURS comme une relation contrôleurs-administration au travers de revendications et de négociations. Ces primes se justifient par un décalage temporel entre le moment où l'outil nouveau entre dans la salle et où il n'apporte rien et demande au contrôleur une charge supplémentaire de travail avant d'offrir, peut-être, mais à plus longue échéance, une amélioration opérationnelle. Or les textes d'intention et les entretiens menés traduisent, du point de vue des ingénieurs, une inquiétude qui exprime la nécessité d'un échange équilibré. Les contrôleurs en abandonnant quelque chose **donnent** à la hiérarchie et au système. Et la question est sans cesse présente de savoir si le système, avec ses possibilités actuelles ou futures, va pouvoir leur rendre, c'est-à-dire assurer la contre-prestation nécessaire, selon les recherches anthropologiques, à l'équilibre de l'échange.

Ce qui nous ramène à un autre aspect de l'observation des échanges dans un système social observé par beaucoup d'ethnologues et systématisé par Marcel Mauss dans "L'essai sur le don", c'est que l'échange établit un rapport qualitatif entre les partenaires. Dans les échanges entre clans, certaines catégories de clan doivent non seulement rendre, mais rendre avec "usure" afin de maintenir leur **rang** dans le système social étudié. Or la notion de "rang" a la même étymologie que celle de "hiérarchie". Ce qui est en toile de fond de toute l'histoire du CAUTRA est non seulement l'insertion réussie de nouveaux outils, mais la permanence de l'ordre social dans l'institution toute entière. Pour maintenir son rang, la hiérarchie ne doit pas être "débitrice", "en reste" et le décalage temporel entre le don et le contre don est toujours équilibré par des

⁴³Ibid. . 173

compensations d'une autre nature, financières ou honorifiques. Marshall Sahlins chercha, après Mauss, à classer les types d'échanges en fonction des liens sociaux existant entre les partenaires. Dans ce cadre théorique, le lien qui unit les contrôleurs et l'administration ressortit probablement à ce qu'il appelle la "**réciprocité équilibrée**", ce qui est pour lui un :

"Point de solidarité intermédiaire et où les produits échangés doivent être de valeur considérée comme équivalente et où la relation échangée tend à se dissoudre si le retour du don n'a pas lieu dans un délai assez bref." 44.

Cette perspective nous amène à deux conclusions qui serviront de préambules à l'exposé de notre travail empirique sur l'histoire du CAUTRA. La première est que la question du risque et de la sécurité dans le monde contemporain ne peut se maintenir au niveau d'analyses en termes de "facteurs" et de problèmes techniques et humains (réduits à l'ergonomie) séparés. Elle doit suivre, par exemple, la voie ouverte par Mary Douglas dans des ouvrages comme "*Risk et culture*" 45. Ainsi, nous dit Mary Douglas :

"Dans une étude sur le risque, il serait intéressant de savoir comment on parvient au consensus. Celui qui analyse la perception du risque ne parle pas (généralement) de l'intersubjectivité, de l'établissement du consensus, de l'influence sociale sur les décisions (...) Pour le psychologue, le facteur humain est une personne individuelle. pour un anthropologue, le terme désigne la structure générale de l'autorité dans l'institution"46.

Dans cette étude, nous aborderons la question de la conception d'un système de communication automatisé par le prisme des ingénieurs et, singulièrement, du lieu de l'institution ou se pense "techniquement" l'avenir. Mais ce travail n'aurait pas eu de sens s'il n'avait été, non contextualisé, mais plongé dans l'espace social et symbolique de la salle de contrôle.

Le deuxième constat est que le ciel semble avoir conservé, dans la façon dont il est traduit dans l'espace institutionnel de la Navigation Aérienne, bien des attributs du sacré. Tous les membres de l'institution le servent mais, parmi ceux-ci, le corps des

44- L. RACINE, in P.BONTE et M.IZARD (dir), *Dictionnaire de l'ethnologie et de l'anthropologie*, Paris, PUF, 1991.

45- Denis DUCLOS, *L'homme face au risque technique*, Paris, L'Harmattan, 1991.

46- Mary DOUGLAS, *De la souillure*, Ed Française : La Découverte, 1992.

contrôleurs a un statut spécifique. Au centre de l'institution, ils sont ceux qui, au sein du monde "profane", entretiennent la relation avec l'espace "sacré" et leur activité est, par là, le garant de l'harmonie de l'ensemble. Dans ce cadre "imaginaire et symbolique", on comprend plus profondément l'ambivalence, la fascination-répulsion, qui caractérise les relations entre les contrôleurs et tous les autres membres de l'institution (encadrement, administration, concepteurs, électroniciens)⁴⁷. Et on peut interpréter dans cette perspective les enjeux de chaque avancée de l'automatisation. Ce qui se joue, à chaque étape importante, est la réinterprétation dans le monde symbolique, de fonctions introduites apparemment privées de sens. Et c'est sans doute parce que cette reconstruction a pu se faire jusqu'à aujourd'hui sans bouleversements ni accidents que les acteurs peuvent dire que l'histoire du CAUTRA est celle d'une non automatisation.

⁴⁷- Sur cette question des électroniciens de la Navigation Aérienne, Cf. G. DUBEY, *Dans les coulisses du ciel*, CETCOPRA, 1994.

Chapitre II

LE TEMPS DES PIONNIERS (1957-1969)

L'histoire de l'automatisation du contrôle aérien se trouve à la croisée des chemins de deux grandes *inventions* du XXe siècle, l'aéronautique et l'informatique qui ont toutes deux profondément modifié notre appréhension de l'espace et du temps. Les affinités entre ces deux techniques au niveau des représentations des fondateurs est frappante : le rêve des pionniers de l'aviation civile d'un espace libre et sans contraintes semble ouvrir la voie aux utopies cybernéticiennes d'une communication libre et transparente comme antidote au désordre et à l'entropie sociale. Mais le destin de ces *libertés* ne sera pas, loin s'en faut, celui imaginé par ces pères-fondateurs.

La question de l'aide que peut apporter la puissance de calcul pour la maîtrise du ciel est, dans les Etats-Unis des années 50, au cœur des préoccupations. Le projet SAGE (Semi Automatic Ground Environment) de défense aérienne démarré en 1951 fut, en effet, le premier grand système informatique temps réel. Ce n'est pas seulement par ses dimensions techniques que le projet SAGE est fondateur en inaugurant toute une série de réseaux automatiques de surveillance (civils ou militaires) du ciel, mais par ses dimensions symboliques. Comme le remarque l'historien de l'informatique Philippe Breton, SAGE fut une réponse de l'Etat américain à la menace soviétique et au sentiment d'insécurité des citoyens, à travers laquelle une société délègue à des

automates, reconnus comme plus compétents de par leur puissance de calcul, la protection de son territoire¹

Nous avons montré ailleurs² comment la notion de sécurité s'était progressivement imposée dans le monde aéronautique pour devenir aujourd'hui une valeur centrale et que son développement était concomitant d'inventions d'automatismes destinées à se substituer à l'homme pour un certain nombre d'aspects de *l'art du pilotage*. L'automatisation de la surveillance du ciel constitue, pour le sol, un événement de même type même si, pour le système civil, le problème se pose alors avec moins d'acuité et d'urgence.

UN PROJET MARGINAL

L'idée d'automatiser complètement ou partiellement le contrôle civil du ciel survient aux Etats-Unis au milieu des années 50. Il est vrai que le problème est grave : pour moins de deux mille avions en vol sur tout le territoire, environ trois mille personnes sont employées à les contrôler³. Le problème est donc crucial et on attend de l'automatisation, non seulement plus de sécurité, mais des économies en personnel. En France, la question de la surveillance militaire du ciel précède, elle aussi, les questions civiles. Le système STRIDA (Système de Traitement Radar Intégré Défense Aérienne) est expérimenté, dirigé par un ingénieur de l'armement, Jacques Stern, qui connaîtra une carrière remarquable dans l'informatique : après son passage dans l'armée de l'air, il est un des premiers à créer une Société de Service en informatique (SESA Automation), dirigera Bull dans les années 1980 avant de créer à nouveau sa propre société (Jacques Stern Automation)⁴. Dans le domaine civil, le problème semble moins aigu qu'aux

¹ - "Comme cela avait été le cas dans la tradition qui s'était perpétuée depuis des siècles, une communauté, se sentant en péril et incapable de se défendre par elle-même, fit appel à une aide extérieure artificielle. Le Golem, ici s'appellera SAGE, un dispositif complexe dont le centre nerveux était constitué d'ordinateurs qui scrutaient et analysaient l'environnement grâce à des radars, qui organisaient et commandaient la riposte en dirigeant les chasseurs vers leur cible. Le besoin militaire était placé ici à la fois sous le signe de l'urgence et sous celui de l'imperfection de l'homme. Le délai propre à la réaction humaine était désormais inapproprié à la situation". BRETON Philippe, *Histoire de l'informatique*, Paris, La Découverte, 1987, p. 117. Sur le mythe du Golem, cf. Le même auteur : "Créatures artificielles", in A GRAS et S.LPOIROT-DELPECH, *L'imaginaire des techniques de pointe*, Paris, L'Harmattan, 1994.

² - Cf. S. L. POIROT-DELPECH, "Icare et L'oiseau mécanique", in *Alliage* n°6, 1991.

³ - "6 et 7 janvier 1961 : Echange de vues (officieux) sur l'automatisation du contrôle de la circulation aérienne - Groupe OACI." (archives CENA).

⁴ - Malgré notre vif désir, il ne nous a pas été possible de rencontrer Jacques Stern, c'est une des raisons pour lesquelles les relations entre le CAUTRA et le STRIDA ne seront pas étudiées à fond.

Etats-Unis car les priorités sont ailleurs et, après la guerre encore proche, les efforts et investissements se dirigent plutôt vers la reconstruction du réseau, aéroportuaire notamment. Il s'agit moins, comme aux Etats Unis, d'améliorer le réseau existant que de construire un nouveau réseau, technique et humain.

Pourtant, quelques ingénieurs éclairés voient que l'augmentation régulière et spectaculaire du trafic comme la mise en service des avions à réaction allant beaucoup plus vite et beaucoup plus haut annoncent des jours difficiles. Ils remarquent notamment que doubler les secteurs de contrôle pour faire face à la poussée du trafic n'est pas une solution car cela multiplie les coordinations et donc la complexité du système. Le problème, trente ans après, est plus que jamais, à l'ordre du jour. Pour la France, l'idée initiale vient d'un ingénieur sorti de l'X puis de la première promotion des Ingénieurs de la Navigation Aérienne au sein de la toute jeune Ecole Nationale de l'Aviation Civile. Au sein du Service de la Navigation Aérienne (SNAé), Jacques Villiers est spécialiste, entre autres problèmes, de radar et de moyens de navigation (VOR-ILS). Mais un dessein l'occupe et le passionne depuis 1957 : les perspectives d'automatisation du contrôle aérien. Très informé de la recherche dans le domaine, notamment aux Etats-Unis, Jacques Villiers s'entoure d'un petit noyau d'ingénieurs de l'aviation civile et se met en rapport avec des constructeurs de "calculateurs arithmétiques" comme on les appelait alors, IBM France et la société française Bull, afin d'élaborer un projet français. Les avantages d'IBM sont patents : cette société peut proposer, outre l'expérience des Etats -Unis en la matière (ce sont des calculateurs IBM qui servent au premier réseau informatique civil temps réel de réservation des places d'avion, le Système SABRE (*Semi Automatic Business Related Environment*) américain dont la technologie s'inspire largement du SAGE. une gamme de calculateurs et un matériel déjà bien rôdé. De plus, et c'est un point important, IBM travaille avec l'armée pour la préparation du STRIDA, projet d'automatisation du contrôle militaire, avec qui le futur système devra entretenir des relations techniques et sociales. Le vocable STRIDA inspirera d'ailleurs le nom de baptême du système civil à venir : CAUTRA, Coordonnateur Automatique du Trafic Aérien. Du côté d'IBM, ce travail s'inscrit dans une stratégie européenne cherchant à adapter ses produits à la demande du vieux continent. Elle met en place dans ce cadre des relations étroites de travail entre ses ingénieurs et les clients potentiels, créant notamment des "groupes d'utilisateurs".

L'IBM 650 à tube (avec une mémoire à tambours) finalement choisi par l'administration est, pour l'époque, un *standard* puisqu'il a pu être surnommé *le modèle T* de l'informatique (par référence à la fameuse Ford) et a connu une diffusion exceptionnelle

pour l'époque (plus de 1500 calculateurs vendus de par le monde). Ce calculateur, à l'origine une machine scientifique, utilisait des cartes perforées ce qui favorisa sa diffusion dans les grandes entreprises habituées à l'usage de la mécanographie. Cet aspect n'est sans doute pas non plus étranger au choix final de l'administration française car Jacques Villiers, à l'époque, aime à mettre en valeur les analogies entre les problèmes du contrôle aérien et ceux de la gestion, métaphore qui sera développée beaucoup plus tard avec la notion contemporaine de *Air Traffic Management*.

*"Le lancement d'une commande nouvelle nécessite l'étude de la compatibilité de sa réalisation avec celle des commandes antérieurement lancées, tant en ce qui concerne les stocks de matière que l'occupation des machines ou les disponibilités en main-d'œuvre. Ce processus peut valablement être comparé à celui qui est nécessaire pour étudier la compatibilité d'un vol nouveau avec tous les vols précédemment enregistrés. La facturation d'une commande et l'impression des strips constituent deux opérations similaires consistant dans l'impression d'un document élaboré et calculé en fonction des caractéristiques de la commande (ou du vol) et des éléments pré-enregistrés dans le calculateur (...) Vu le prix des calculateurs, l'automatisation de gestion ne fait pas faire de bénéfice à l'entreprise mais elle présente **aux cadres responsables** une situation synthétique claire et récente des facteurs importants de la marche de l'entreprise, lui permettant ainsi de prendre à chaque instant la décision la meilleure (...) La quantité de travail à accomplir croît très rapidement au fur et à mesure que des tâches plus complexes sont entreprises. Il existe en général un seuil au-delà duquel aucune organisation manuelle ne peut plus être mise en place, en raison de l'interpénétration des tâches et de la complexité croissante des problèmes de coordination. Le même goulot d'étranglement existe dans un centre de contrôle où il arrive un moment où il devient de plus en plus difficile de fractionner le travail entre un nombre croissant de contrôleurs, en raison de l'accroissement rapide des coordinations à effectuer. L'augmentation du nombre de contrôleurs utilisé ne constitue plus une solution valable du problème. (...) Le contrôleur a été considéré comme le **responsable d'une fraction de l'espace aérien** et on a recherché les solutions propres à lui permettre de prendre à chaque instant les décisions les meilleures grâce aux informations supplémentaires élaborées par le calculateur (visualisation du trafic sur écran cathodique, prévision des conflits futurs, transfert semi-automatique des informations de secteur à secteur)"*⁵

5-Echange de vues (officieux) sur l'automatisation du contrôle de la circulation aérienne - Groupe OACI.(archives CENA), "6 et 7 janvier 1961 .

Jacques Villiers sait bien que la grande différence lourde de conséquence sur la façon, précisément, de manipuler les données est que le contrôle est un travail en temps réel. Mais ces considérations sont intéressantes dans la mesure où elles montrent clairement comment un projet technique peut s'affirmer d'emblée comme un projet social. A l'époque, en effet, le travail du contrôleur est encore considéré comme un travail de technicien peu spécialisé (et c'est comme technicien qu'il est recruté et comme technicien qu'il est payé). En nettoyant le travail du contrôleur des *tâches annexes et répétitives*, l'automatisation vise à transformer *la nature du métier*. Le contrôleur peut devenir un cadre *responsable du trafic*, un gestionnaire. La plupart des commentateurs présentent l'histoire de l'automatisation du contrôle aérien en France (et d'ailleurs à l'étranger) comme celle d'une **non automatisation** dans la mesure où, nous le verrons en détail, les fonctions progressivement automatisées jusqu'à aujourd'hui ne concernent que le recueil, la circulation et la présentation des informations et laissent à l'opérateur humain les tâches dites *nobles* de détection et de résolution de conflit. Cette présentation de l'évolution des automates, de la périphérie vers le centre traduit bien une partie de la réalité, mais elle risque de masquer les mutations subies par le métier de contrôleur de ses origines à nos jours. Aussi opterons-nous, dans cette étude socio-historique, pour un point de vue plus sensible au changement : l'automatisation, même partielle, même des tâches annexes, a produit, à chacune de ses étapes, une définition nouvelle du métier du travail du contrôle aérien, jugeant ce qui devait ou pouvait être du ressort de la machine ou de l'homme et en valorisant (notions de "tâches nobles" de "responsabilité") la part qui reste à celui-ci. Or la **valeur** d'une activité n'est pas un fait objectif mais un trait de culture et d'histoire. Nous retrouverons ce problème philosophique, historique et sociologique tout au long de ce récit. Il nous oblige à nous éloigner des visions "ergonomiques" traitant "l'homme" et "la machine" comme des données atemporelles et sorties de leur contexte. Par les fonctions déléguées aux artefacts, *in certo loco in certo tempore*, on peut lire *le style* ou la philosophie d'une culture, déchiffrer son système de valeur, la définition de l'homme qu'il produit et qu'il valorise mais aussi tous les *aspects humains* comme les populations qu'il rejette⁶.

Jacques Villiers, déploie beaucoup d'énergie pour faire accepter des investissements humains et financiers de la Direction de la Navigation Aérienne (DNA) en matière d'automatisation, mais celle-ci n'est pas très perméable au projet car l'urgence est ailleurs. Jacques Villiers, dans une belle formule, nous disait que l'automatisation resta longtemps *la danseuse de la navigation aérienne*, c'est-à-dire un luxe, un symbole

6- Voir à propos du contrôle, nous, "Le corps en jeu", in *Le Pilote, le contrôleur et l'automate*, op. cit. p. 42-50.

(obligatoire dans un milieu où le progrès est une valeur dominante) de modernité, mais pas une priorité. Aussi lui faut-il convaincre et habilement argumenter. La teneur de ses arguments tient, d'une part, dans des considérations sur les problèmes à venir pour la circulation aérienne ou sur la place que la France doit tenir dans ce domaine de recherche technologique mais tout autant sur des arguments plus pragmatiques : l'automatisation non seulement prépare l'avenir mais peut résoudre, vite, des problèmes immédiats et apporter rapidement des services de toutes sortes (y compris dans la gestion et la paye par exemple). Il faut convaincre qu'elle ne coûte pas trop cher (ce qui s'avérera exact comparativement à d'autres projets contemporains) et qu'elle peut rapporter gros en résolvant rapidement des problèmes immédiatement sensibles. **Il faut savoir intéresser.** Les contraintes sociales sont également prises en compte, car le climat social déjà troublé impose de rassurer les contrôleurs sur les visées de l'opération : les calculateurs devront aider les contrôleurs, ne pas induire de tâches supplémentaires sans compensation matérielle ou technique en échange. Ainsi le CCR Nord n'est-il pas seulement choisi comme centre expérimental parce qu'il est le plus représentatif du trafic à venir sur toute la France, mais comme un des centres les plus importants du monde où des problèmes aigus doivent rapidement être résolus. Un "style" de sociologie des techniques inaugurée en Angleterre et représentée en France par le Centre de Sociologie de l'Innovation a montré l'intérêt pour le sociologue ou l'historien des techniques de s'intéresser, en même temps qu'à leur contenu, à la rhétorique des projets, c'est-à-dire à la capacité qu'ont les promoteurs de mobiliser des arguments efficaces et d'enrôler des alliés.

Ces alliés peuvent être de toutes natures : une brillante démonstration technique, le recrutement de l'exemple des Etats -Unis comme *symbole de modernité*, ou encore les économies d'emplois que peut laisser espérer un projet d'automatisation bien conduit. Ils sont aussi humains ou institutionnels. Le projet trouvera par exemple chez un jeune ingénieur de la DNA, Georges Maignan, un ardent soutien manifesté explicitement dans une lettre adressée à René Bulin. Cette lettre prophétise l'avènement prochain d' une *automatisation intégrale* du contrôle aérien⁷. Sa foi dans le progrès informatique est

7-Une des lacunes de cette étude est, sans conteste, l'absence d'évaluation chiffrée du projet. Avant son démarrage, Georges Maignan l'évalue à 5000 à 6000 milliers de NF mais il prépare déjà l'avenir : "*C'est par 5 ou 10 qu'il conviendra encore de le multiplier quand on s'engagera dans la voie de l'automatisation généralisée*". Pour lui, qui est alors à la DNA, le projet s'inscrit dans la perspective EUROCONTROL défendue à l'époque par la direction : "*La DNA n'a pratiquement jamais fait d'études, d'où les difficultés à obtenir des crédits sur les budgets correspondants. L'habitude étant prise il n'en sera plus ainsi. Si l'administration française entrait au sein d'EUROCONTROL sans rien amener dans le domaine automatisation, elle serait inévitablement mise à l'écart dans la compétition qui s'ouvrira pour l'automatisation définitive.*", in "lettre à René Bullin" du 18 novembre 1960 (archives CENA). En 1961,

attestée, dans la période qui nous concerne, par le premier simulateur *digital* du trafic aérien dont il concevra le prototype sur l'IBM 650 de l'administration française pour le compte de l'agence EUROCONTROL. Or on verra que cette institution, dont il dirige aujourd'hui le *Centre Expérimental*, a toujours, à l'instar de certains projets américains, orienté ses recherches sur l'automatisation du contrôle dans une perspective plus radicale (c'est-à-dire en proposant des solutions déléguant a priori un rôle le plus étendu possible à la machine) que celles développées en France. Mais ce qui fait aujourd'hui les éléments d'une passionnante controverse⁸ n'est alors que question de nuances.

Tout ce travail de conviction aboutit finalement et le SGAC (Secrétariat Général à l'Aviation Civile) confie finalement au SNAé "*la définition de la préparation des programmes d'essais et de passation des marchés*".

Un projet original

Une lettre signée du directeur de ce service, mais probablement rédigée par Jacques Villiers, constitue le point d'aboutissement des travaux et contacts menés entre 1957 et 1960⁹ et résume l'état et l'esprit du projet avant le début de sa mise en œuvre. Les documents de cette période sont précieux, car ils montrent les conditions originaires de la création d'un "style" qui marque encore les réalisations contemporaines.

Un projet expérimental

Le choix de commencer par un stade expérimental n'est en lui même, ni surprenant, ni spécifique de la France. A l'époque, il y a deux projets *phares* dans le domaine de l'automatisation du contrôle de la circulation : le programme américain, à l'époque totalement sous-traité par la FAA à des industriels (GPL) et le projet hollandais (SATCO). Ces deux projets sont élaborés dans des centres expérimentaux où des contrôleurs viennent éventuellement tester les dispositifs. Le projet français se construit

un document officiel chiffre le projet à 5200 milliers de NF et précise, à titre indicatif, que ; le prix du prototype du matériel militaire est d'environ 50 millions de NF, soit 10 fois plus élevé.

8- Sur cette controverse contemporaine, voir les articles d'Alain GRAS, Georges MAIGNAN et Jacques VILLIERS in *Revue Futuribles*, n°167, juil. 1992.

9- Archives CENA : Signé par Joseph Grenier, ce document est très probablement rédigé par Jacques Villiers.

sur des bases tout-à-fait différentes car il prévoit d'implanter l'expérimentation en milieu opérationnel et dans une visée de passage rapide à l'exploitation.

Ce choix correspond à une sensibilité particulière de ses promoteurs aux dimensions psychologiques et sociales. Mais il traduit tout autant la prise en compte dans la formulation et la *philosophie* du projet des contraintes sociales, économiques, opérationnelles et institutionnelles.

Une automatisation progressive

Progressive, l'automatisation le sera car, nous l'avons vu, il faut convaincre pour poursuivre. Mais également parce que sa mise en œuvre est problématique du fait de deux types d'incertitude :

Incertitude à propos des machines.

Si Jacques Villiers a conscience des possibilités formidables du nouvel outil, il apparaît sans cesse dans ses écrits une incertitude quant à ses évolutions ultérieures d'une part et, d'autre part, quant aux difficultés que sa mise en œuvre risque d'engendrer. Cet aspect renvoie à un aspect important de l'histoire de l'informatique qu'Hubert Dreyfus¹⁰ a mis en évidence à propos des promesses de l'informatique : les choses sont toujours allées beaucoup plus lentement que les précurseurs l'avaient envisagé et nombre des promesses assurées au début des années 60 n'ont encore jamais été réalisées. Cette dernière caractéristique se vérifie aussi pour l'application de l'informatique au contrôle aérien. De plus, Jacques Villiers, conscient de l'extrême rapidité de l'évolution du matériel s'interdit de penser d'emblée un système trop figé.

Une fois encore, cette clairvoyance conditionnera la voie française : une approche pragmatique même si c'est, nous le verrons, dans le cadre d'un projet ambitieux mais évolutif. **Cette approche a sans doute quelque chose à voir avec le fait que ces premiers acteurs sont des ingénieurs de l'Aviation Civile, ce qui les fait appréhender les calculateurs comme un outil au service d'une fonction et non comme une visée en soi.**

10- Hubert L. Dreyfus, *Intelligence artificielle : mythes et limites*, trad. française, Paris, Flammarion, 1984.

Incertitude à propos des hommes

Il est important de noter que le souci de fonder le processus d'automatisation sur un examen approfondi des méthodes de travail du contrôleur d'une part et sur *l'étude des problèmes psychologiques et sociaux posés par l'adaptation des contrôleurs à la machine*¹¹, de l'autre, sont présents avant même que des spécialistes de sciences humaines ne viennent alimenter de leur science une préoccupation qui resta longtemps marginale dans le monde de l'aviation civile en général. Cette question est, dans ce texte, explicitement abordée à propos de la distribution des strips. Après avoir montré les difficultés pratiques, technologiques et surtout psychologiques posées par le projet américain GPL dont un des aspects était la modification des strips par le système, l'auteur du document cité souligne :

"Les modifications automatiques des strips ne déclencheront vraisemblablement pas, de la part du contrôleur, une même prise de conscience ou un même 'enregistrement' en mémoire qu'une modification effectuée sciemment par le contrôleur et écrite de sa propre main. La frappe sur un clavier d'un message conventionnel ne peut pas provoquer le même mécanisme conscient ou subconscient (...). Les strips seront modifiés par un procédé indépendant de son action (...) et seront périodiquement extraits de son tableau par un procédé mécanique pouvant induire des réactions psychologiques (auditives ou visuelles) difficiles à prévoir".

Une pensée en système.

"Expérimental", "pragmatique" et "progressif", le CAUTRA n'en est pas moins un projet ambitieux. La démonstration que fait la société IBM dans son siège de la Place Vendôme pour *vendre* ses compétences à l'aviation civile est significative puisqu'elle fait miroiter la possibilité proche de *détection automatique des conflits*., fonction sans cesse annoncée pour un avenir proche dans les textes d'origine.

En outre, les pionniers sont conscients de l'importance grandissante que va prendre l'informatique avec, notamment, la notion de système. Dans une note, non datée mais sans doute à peine plus tardive, on peut lire :

11- Ibidem,

"Avec l'avènement de l'automatisation, un lien de plus en plus étroit s'établit entre les besoins isolés qui se subordonnent aux exigences d'un SYSTEME dont ils constituent un des aspects"¹².

Ce qui montre bien que l'informatique et ses promoteurs ont bien l'intention de sortir de leur position de marginalité et qu'ils attendent le temps, proche, où ils auront une place essentielle dans le système technique aéronautique.

Les circonstances vont donc engager le projet français d'automatisation du contrôle aérien sur une voie originale. A partir d'un investissement, important mais en rien comparable aux efforts consentis aux Etats Unis par exemple, il devra rapidement montrer son utilité pratique. Expérimental (comme la plupart des projets de l'époque aux Etats-Unis et aux Pays Bas notamment), il sera, et c'est une spécificité, expérimenté sur le site même d'Athis Mons, en prise directe avec la salle de contrôle afin de rendre opérationnelles le plus rapidement possible les fonctions au point. Evolutif et progressif, le projet conçoit l'automatisation comme une visée à terme et procédera par étapes. Attentif aux questions humaines et sociales, il mettra l'étude du travail du contrôleur au centre de ses préoccupations. Ces caractéristiques initiales se révéleront fondatrices dans la mesure où elles marqueront longtemps, et continuent sans doute de le faire, le processus français d'automatisation du contrôle aérien.

RIVALITÉS INSTITUTIONNELLES

Mais le projet rencontre de nouvelles difficultés institutionnelles. Le SNAé, est l'héritier des services techniques d'avant-guerre et s'il dépend formellement de la DNA garde vis à vis d'elle une grande indépendance. En fait, comme l'exprime un témoin de l'époque, *c'est la bagarre entre les deux services*, bagarre qui ne fut pas sans conséquences sur les difficultés de démarrer le projet. Au départ de son chef, Joseph Grenier, en 1960, Jacques Villiers, qui s'est taillé une place importante au sein du SNAé peut raisonnablement espérer la succession. Mais le Directeur de la Navigation Aérienne fait coïncider ce départ avec une réorganisation globale et décide, en 1960, de régionaliser les attributions administratives et d'exploitation du SNAé et de confier les attributions techniques à un service nouveau, le STNA (Service Technique de la Navigation Aérienne). Ce service est confié à Bernard Palayret qui dirigeait le département

12- Archives CENA

Télécommunications de la DNA. Jacques Villiers quant à lui se voit attribuer la direction du Centre d'Expérimentation de la Navigation Aérienne (CENA) créé depuis peu. Les deux hommes se connaissent depuis longtemps puisqu'ils faisaient partie de la première promotion des Ingénieurs de la Navigation Aérienne (cinq élèves sortis de l'Ecole Polytechnique) de la toute jeune Ecole Nationale de l'Aviation Civile où ils ont très tôt mesuré leurs différences. Car en effet, ce qui intéresse l'historien ou le sociologue dans les **différends**, ce sont bien les différences qu'ils incarnent à un niveau plus global. La personnalité et les options politiques, sociales et économiques de ces deux hommes vont profondément marquer le *style* des services dont ils prennent, alors, la responsabilité et qui constitueront les deux principales *scènes* où se déroulera l'histoire du CAUTRA. Pour le premier chef du STNA, un service technique dans une administration comme la navigation aérienne doit servir d'intermédiaire, efficace mais discret, entre les utilisateurs et l'industrie en laissant à cette dernière le plus large champ de manœuvre possible, y compris au niveau de la recherche. Bernard Palayret connaît à fond le milieu industriel et ses possibilités. Autres traits de son état d'esprit : il se défie de la spéculation et a un goût plus marqué pour les questions aéronautiques en l'air que pour les problèmes spécifiques à la circulation aérienne. Jacques Villiers pense quant à lui que le rôle d'un service technique d'Etat est aussi d'imprimer l'avenir quant aux choix techniques et scientifiques. Inventeur dans l'âme (il a déposé plusieurs brevets), son goût pour les idées et pour la science dans ce qu'elle a de plus théorique lui fait s'intéresser à de vastes projets, incertains parfois, mais selon lui porteurs d'avenir. Tous deux œuvrent sincèrement pour donner à l'aviation civile française une place importante, mais ils se feront tout au long de leur carrière, l'un et l'autre le *porte-parole* de visions très différentes du rôle de l'Etat et de l'administration dans les affaires techniques et industrielles.

Avec le STNA, Bernard Palayret a la responsabilité de tous les gros problèmes techniques et opérationnels de l'époque. Jacques Villiers quant à lui reçoit un centre sans fonctions, avec peu de moyens et une existence administrative floue (autonome, il dépend administrativement du STNA qui gère ses dépenses). Mais il a dans ses bagages un grand projet d'automatisation qui va fonder la légitimité du CENA. Cette distribution correspond assez bien aux tempéraments des deux hommes mais l'inégalité du partage engendre une situation ambiguë qui n'en finira pas de se régler et suscitera périodiquement de nouveaux problèmes en réactivant la rivalité initiale avec ses composantes économique, politique, idéologique et personnelle : ce partage en effet donne provisoirement à l'informatique (terme qui n'existe pas encore ; il sera créé en France par Philippe Dreyfus en 1963) une trajectoire autonome par rapport aux autres

questions techniques du contrôle. Tant que son champ d'extension restera limité et expérimental, cette situation ne posera pas (trop) de problèmes mais ceux-ci se multiplieront à mesure qu'elle va étendre son empreinte.

Le Centre d'Etude de la Navigation Aérienne (CENA) avait été créé en 1959¹³ par René Bulin. Très investi dans le projet d'une organisation européenne, EUROCONTROL alors en gestation (et dont il sera le premier directeur), celui-ci voyait ce centre comme l'embryon d'un grand centre expérimental européen comparable à *l'experimental center d'Atlantic City* que la FAA (*Federal Aviation Administration*) venait de créer et qu'il avait visité. Le CENA existait donc, mais n'a eu dans un premier temps ni fonction, ni chef, ni locaux. Dominique Alvarez, jeune Ingénieur de la Navigation Aérienne (INA) qui y est nommé à sa sortie de l'ENAC mais n'y traite dans un premier temps que la rubrique "*chiens écrasés*."¹⁴ Dans le courant de l'année 1960, une petite activité se dessine et des locaux sont trouvés dans l'ancienne école de Paray Vieille Poste. En septembre, Olivier Carel est affecté et dirigera pendant quelques années la recherche et les expérimentations dans le domaine de la radionavigation. Ces deux ingénieurs racontent l'ambiance désœuvrée qui règne alors dans le centre, et leur récit est corroboré par celui d'une jeune secrétaire de l'époque qui avoue s'y être beaucoup ennuyée, ce qui a motivé son départ. Elle est revenue depuis et, apparemment, ne s'ennuie plus. C'est dans ce contexte que Dominique Alvarez, ayant eu vent des contacts du SNAé et de Villiers avec IBM et BULL, s'était intéressé, de son propre fait, par curiosité personnelle et lassitude de l'inaction, aux possibilités des calculateurs pour la circulation aérienne en se greffant tout naturellement sur le petit groupe d'ingénieurs formé autour de Jacques Villiers et des responsables du CCR Nord qui commence à réfléchir sur les problèmes d'automatisation.

La nomination de Jacques Villiers au CENA inaugure une collaboration fructueuse avec Dominique Alvarez. Ingénieur théoricien, Jacques Villiers aime les grandes synthèses et le monde des idées. Dominique Alvarez, à l'époque, apprécie le métier d'ingénieur dans ce qu'il a de plus concret : le contact avec les machines, résoudre les problèmes qu'on lui pose, surtout si ces problèmes sont porteurs d'un avenir encore inexploré. Leur complémentarité va engager l'automatisation française du contrôle aérien sur une voie à la fois sûre et originale pendant une dizaine d'années. Les rapproche également un

13- Le CEENA (Centre d'Etudes et d'Expérimentation de la Navigation Aérienne) est créé en août 1959 avant d'être transformé en décembre de la même année en Centre d'Expérimentation de la Navigation Aérienne. On verra qu'en 1972, il sera rebaptisé en Centre d'Etudes. Ce qui confirme une de nos thèses : l'origine institutionnelle concentre un certain nombre d'éléments de son devenir.

14- Entretien avec Dominique Alvarez.

intérêt particulier pour les problèmes, techniques et humains, du contrôle aérien. On retrouve souvent dans l'histoire de l'informatique ce couple complémentaire mais qui peut devenir conflictuel entre théoriciens et ingénieurs, notamment à l'occasion de la conception, aux Etats-Unis, du premier ordinateur numérique¹⁵.

Cette série de contraintes et de circonstances va déboucher sur une décision technique originale par rapport aux projets contemporains : on s'occupera d'abord de la question de l'impression et de la distribution des strips, outil central du contrôle de l'époque, avant de traiter le radar. Mais s'il est ambitieux dans ses visées initiales, le CAUTRA va se voir contraint d'adopter une progression plus réaliste et certaines des fonctions annoncées dès 1960 mettront bien du temps à voir le jour.

L'EPOQUE HEROIQUE

Le Centre d'Expérimentation de la Navigation Aérienne (CENA) qui va abriter le projet sera donc tout de suite branché sur le Centre de Contrôle Régional Nord, à Orly. Les premières fonctions expérimentées et testées doivent passer le plus rapidement possible en système opérationnel et soulager le travail du contrôleur.

A cette période, le contrôle se fait à peu près partout aux *procédures*, c'est-à-dire que les contrôleurs maintiennent des espacements réglementaires entre les avions à partir des informations plan de vol (heures de passage aux points balisés et niveaux des aéronefs) qu'ils consultent sur des petites bandes de papier appelées strips (ou fiches de progression des vols) disposées sur des tableaux. Ces informations sont au cours du vol actualisées grâce aux communications radiotéléphoniques avec les avions et à nouveau transcrites par les contrôleurs sur le strip. A partir de ces informations, le contrôleur détecte les conflits possibles entre aéronefs et indique aux pilotes les routes à suivre, les manœuvres d'évitement à effectuer ou les vitesses à respecter. Les premiers radars

15- Cf. sur ce point l'article de Pierre Lévy : " L'invention de l'ordinateur" où il remarque : " *On aura remarqué en effet que les principaux candidats à la fondation de l'informatique sont tous les trois mathématiciens. On leur fait gloire d'avoir conçu les machines abstraites qui caractérisent aujourd'hui les ordinateurs et rendent possibles leur étonnantes performances. Ce faisant, on relègue dans l'ombre les mécaniciens, les ingénieurs et les gens de métiers, dont l'apport ne fut pas moins capital, quoiqu'il se prêtât moins facilement à la mise en scène de l'invention.*". Et, après avoir donné un certain nombre d'exemples, l'auteur ajoute : "*L'hésitation de l'historien sur l'identité des inventeurs (ingénieurs ou mathématiciens ?) traduit l'ambiguïté du statut de l'informatique aujourd'hui (est-ce une science ou une technique ?)*". in Michel Serres (direction) , *Eléments d'histoire des sciences*, Paris, Bordas, 1989, p. 520-521.

avaient été mis en service, à la Libération, dans certains aéroports, mais cette nouvelle technologie ne rentre que très progressivement dans les centres de contrôle en route : vers la fin des années 1950, Athis Mons est le seul centre de contrôle en route équipé d'un radar.

Il est courant de constater que toute informatisation induit une normalisation. Les ingénieurs du CENA durent, à l'inverse, normaliser avant d'introduire le calculateur car l'arrivée des plans de vol venant des compagnies était rien moins que désordonnée. Le fait qu'ils soient, par exemple, le plus souvent déposés après le départ de l'avion, posait, on l'imagine, un certain nombre de problèmes pour le contrôleur et surtout une charge considérable de travail en terme de liaisons téléphoniques entre secteurs et entre l'air et le sol. Il fallait donc, comme l'exprime un ingénieur du CENA de l'époque *ranger la cuisine avant de préparer la sauce* et obtenir des compagnies aériennes françaises et étrangères une normalisation du contenu et de l'arrivée des plans de vol. Ces travaux se faisaient en collaboration avec ceux de l'OACI dans ce domaine.

Avant l'automatisation, des opérateurs recevaient des coups de téléphone et faisaient les strips à la main. Le premier pas de l'automatisation dans la salle de contrôle sera donc l'impression semi-automatique des strips. C'est l'époque du gai savoir où un petit groupe d'ingénieurs passionnés croient au progrès et à l'utilité de leur tâche et travaillent dans le plaisir de la créativité et de la certitude de préparer l'avenir. Dès 1962, Dominique Alvarez développe des programmes sur l'IBM 650 permettant l'impression opérationnelle des strips. L'automatisation n'est encore que très partielle : les opératrices perforent des cartes avant d'introduire dans le calculateur les données plan de vol. Puis un opérateur détache les strips calculés et imprimés par le CAUTRA avant de les envoyer par tube pneumatique sur le premier secteur de la salle de contrôle avant de circuler, dans la salle, de secteur en secteur. A l'heure où la "souris" de la micro-informatique menace d'envahir les salles de contrôle, il est amusant de signaler qu'elle fut précédée par une autre "souris" :

"Quand je suis arrivé en 1959, il y avait une série de tables et de téléphones et c'était vraiment très rustique. Trois ou quatre jeunes femmes (entre 30 et 40 ans) recevaient des coups de fil d'un petit peu partout et faisaient des strips à la main. Quand la première informatique est arrivée, les strips étaient imprimés à l'étage en dessous puis envoyés par tube à l'étage au dessus : l'équipe de femmes était descendue. Quelqu'un réceptionnait et ventilait dans la salle avec des petites souris...: c'était un bouchon en matière plastique à l'intérieur duquel on avait noyé

*une pince croco , derrière la pince on accrochait de 1 à 5 ou 6 strips et on mettait ça dans un tube. Et charge à celui qui recevait le tube de défaire la pince croco et de défaire et d'enfiler les strips. Mais ce petit bouchon en mousse était très pratique. c'était la petite souris qui passait dans les trous."*¹⁶.

Ces premiers pas du CAUTRA auront une première conséquence sociale : les opérateurs (opératrices pour la plupart) qui s'occupaient de l'écriture et de la distribution des strips avant le CAUTRA 1 sortent de la salle de contrôle pour descendre dans la salle du "CAUTRA". La salle de contrôle devient l'espace exclusif des contrôleurs aériens (qui sont, à l'époque, principalement des hommes¹⁷), ce qui n'est sans doute pas sans incidence sur l'évolution sociologique ultérieure de cet univers. La deuxième génération d'ordinateurs, grâce à un frontal de communications, permettra une impression décentralisée des strips, c'est-à-dire un acheminement sélectif sur chaque secteur de contrôle.

Sur le plan des relations entre contrôle civil et contrôle militaire, les années 50 avaient vu l'arrivée dans le ciel civil d'un nouveau type d'avion : les avions pressurisés à turbo hélices dans un premier temps puis, à partir de la fin de la décennie, les avions à réaction (Boeing 707, Caravelle, DC 8) qui vont voler dans l'espace supérieur jusque là réservé aux vols de l'armée. Un groupe mixte avait défini les conditions dans lesquelles l'espace supérieur serait ouvert au trafic de la circulation aérienne générale. Depuis cette époque, la DNA doit procurer aux contrôleurs militaires les informations leur permettant d'identifier tous les avions civils survolant le territoire comme d'assurer la prévention entre avions civils et militaires. A cet effet, des contrôleurs civils sont systématiquement affectés dans chaque centre militaire pour assurer cette liaison. Avant le CAUTRA, les contrôleurs civils écoutaient les fréquences radio et recopiaient les strips civils (qu'ils recevaient par téléphone) à la main. Une des premières retombées du CAUTRA fut l'amélioration de l'efficacité de leur tâche grâce à l'envoi des informations du centre de Paris aux coordinations civiles des centres militaires.

Ces premières fonctions se mettent progressivement en place de 1961 à 1965 sur le seul site d'Athis Mons. L'IBM 650 avait été modifié en rajoutant une horloge qui permettait, le cas échéant, au logiciel d'accéder à l'heure. Un calculateur est opérationnel et l'autre sert à la fois de secours en cas de panne et pour les expérimentations et

16- Un contrôleur

17- Proportion qui a considérablement changé puisque le partage entre hommes et femmes est aujourd'hui presque équilibré.

programmations. C'est l'époque héroïque : les programmes sont tous écrits en langage machine par Dominique Alvarez et aussitôt expérimentés. L'automatisation est le fait d'un petit groupe d'hommes très soudé qui peuvent développer librement leur créativité.

Cette rapidité dans l'application du projet d'automatisation est vite connue et assure au système français une réputation d'avance sur les autres systèmes qu'il gardera une dizaine d'années. Dans le journal de l'ATC (Air Traffic Control) américain en juillet 1962, on peut lire :

"Comme les petites RENAULT, le CENA a progressé fort loin avec un très petit budget. La même ingéniosité française qui a donné naissance aux "CARAVELLES" et au transformateur d'image T1440 est partout évidente dans tous les aspects du programme d'automatisation du contrôle de la circulation aérienne à Orly. Les résultats déjà obtenus montrent à l'évidence que la réflexion profonde est plus efficace que la dépense de millions de dollars et prouvent qu'il existe une voie plus raisonnable que l'effort massif typique des Etats-Unis."¹⁸.

Mais ces réalisations pratiques n'empêchent pas le petit groupe soudé de préparer l'avenir et de se coltiner aux problèmes centraux de l'automatisation : c'est-à-dire la tenue à jour des informations et la liaison avec les informations radar. Ils font également des essais de programmation de détection de conflit à partir d'éléments du plan de vol mais sont finalement contraints de fermer le dossier car le système n'est pas suffisamment informé.

C'est donc à l'obtention d'une information précise que s'attellent les pionniers du CAUTRA. Si la périodisation du CAUTRA opérationnel est relativement aisée, celle des études est plus difficile à établir car une multitude de champs sont en permanence explorés et partiellement expérimentés dans le CCR nord. Des idées donnent lieu à des dispositifs innovants, plus ou moins mûris ou expérimentés, parfois abandonnés pour, souvent, être repris même des années plus tard et engendrer de nouvelles idées. Ainsi la genèse de chaque outil est-elle complexe et subtile : discontinue plutôt que continue et le progrès technique apparaît plus comme une arborescence aux ramifications inégalement explorées que comme une progression linéaire. L'originalité de la démarche est aussi que les mêmes calculateurs servent à la recherche, à l'expérimentation ou à l'exploitation.

18- Archives CENA, l'auteur est T.Vickers.

Un bon exemple est le projet expérimental de *Télévision asservie* qui visait à informer en temps réel le calculateur des consignes assignées au pilote et transcrites sur le strip. Une caméra de télévision télécommandée était censée filmer les modifications que le contrôleur effectuait *avec le crayon*. Une opératrice située à l'arrière notait les modifications sur une machine à écrire connectée au calculateur et les réingérait dans le plan de vol. Ce dispositif assez simple au niveau du concept était en fait quasiment impossible à réaliser avec la technologie, audiovisuelle notamment, de l'époque mais il est important de noter que s'il avait été réalisable, c'est-à-dire si toutes les modifications notées par les contrôleurs sur le strip avaient pu systématiquement être intégrées dans le calculateur sans rien demander au contrôleur, la question de l'information du calculateur, si importante pour le devenir de l'automatisation aurait sans doute eu une autre genèse¹⁹. D'autres dispositifs sont expérimentés, notamment un clavier très simplifié construit par IBM à l'aide duquel le contrôleur, faisait les *prises à jour*, c'est-à-dire enregistrait les modifications de plan de vol. Ce clavier servira de modèle à celui mis en place dans le CAUTRA II. Cette question de la prise de connaissance par le calculateur des informations échangées oralement entre pilotes et contrôleurs ou entre les contrôleurs montre que le contrôle aérien convoque tous les grands problèmes que se posent les premiers artisans de l'informatique et, notamment, celui du recueil et de la compréhension, par le calculateur, d'informations données en langue naturelle (parlée ou écrite).

Ce système est surtout très significatif de l'état d'esprit du projet global : une automatisation qui apporte au contrôleur et lui demande le moins possible en prenant en charge les tâches répétitives pour lui donner tout le loisir d'exercer les fonctions considérées comme centrales de son travail. Cette vision a pour corollaire un souci tout particulier des relations homme-machine. La recherche se fait *in vivo*, deux pupitres de contrôle sont consacrés à l'expérimentation qui se déploie devant les contrôleurs qui, de façon informelle parfois, regardent, posent des questions, donnent leur avis. D'un point de vue plus formel, des groupes de réflexion sont constitués comprenant des ingénieurs, des psychotechniciens et des contrôleurs qui élaborent ensemble des projets, notamment sur les problèmes d'interface homme-machine : c'est le "groupe CAUTRA" qui permet à la fois de détecter les besoins et de tester rapidement avec les opérationnels l'opportunité des chemins envisagés.

19- Archives CENA : *Rapport sur une première expérimentation du système d'introduction des modifications par télévision..*

En 1964, les priorités du CAUTRA sont réaffirmées. URGENCE : En 1963, le trafic au CCR Nord devient critique (1600 avions pour les pointes de trafic pour 2500 aux USA à la même époque). PROGRESSIVITE :

"La transformation brutale et totale des méthodes de contrôle ne peut pas être envisagée en raison de la continuité absolue du service à rendre. Les solutions retenues doivent donc s'accommoder d'une mise en service par phases successives. Chaque phase procédant d'une évolution par rapport à la phase précédente. EXPERIMENTATION : en raison du caractère extrêmement complexe d'un Centre de contrôle et de l'interpénétration des aspects techniques humains, l'expérimentation doit, dans toute la mesure du possible, être effectuée dans les Centres eux-mêmes, avec un trafic réel et des contrôleurs effectuant un travail réel"²⁰.

Cette période est essentielle car, hormis en matière de traitement radar, l'essentiel des fonctions du CAUTRA sont pensées et expérimentées. Pour les unes, cette étape débouche sur une mise en service alors que pour les autres des lignes de travail sont définies.

Ce type de progression invalide la vision courante des "irrésistibles progrès de l'informatique" en termes de courbe exponentielle et nous permet d'amorcer la vision un peu iconoclaste du progrès technique qui pourra se dégager de cette histoire. L'extension des techniques sur le monde est sans doute en extension permanente mais elle entraîne avec elle une diminution de plus en plus forte de l'invention. En quelques années, sans grands moyens et avec des calculateurs "archaïques", le centre a plus inventé que tous les acteurs qui seront engagés dans la suite de l'histoire ne le feront jamais. Aujourd'hui encore, lorsqu'un ancien contrôleur lance un système original d'aide à la détection et à la résolution de conflits²¹, il rentre en résonance avec des idées (une histoire évolutionniste ou récurrente dirait des intuitions) formulées avant 1968. Ce phénomène, que l'on peut observer en maints domaines montre combien ce qui est "glorifié" dans les sciences et techniques (la nouveauté, l'invention) est rare et plutôt moins coûteux que la pérennisation qui, elle, mobilise un nombre d'acteurs de plus en plus important. Nous reviendrons, dans le prochain chapitre, sur cet aspect ²².

20- R CENA : *Automatisation du contrôle de la circulation aérienne. Choix d'un nouveau calculateur pour le CCR Nord*, mars 1964.

21- Il s'agit du projet "ERATO" développé au CENA par Marcel Leroux.

22- Michel Serres baptise ce processus (ce qui peut amuser un certain nombre de lecteurs de cette thèse), " l'effet Concorde" : " *J'appelle volontiers l'aéronef Concorde une fin de série. A supposer que nous voulions aller plus vite, il faudra bientôt expulser tous les passagers pour faire place aux réservoirs de kérosène. En d'autres termes, pour acquérir un peu de vitesse, il faut consentir beaucoup plus de*

Les psychos

Jacques Villiers raconte qu'il eut l'idée d'intéresser aux problèmes du CAUTRA des psychologues du travail venus au CCR Nord pour étudier des problèmes de primes. Jacques Leplat, qui a déjà une certaine notoriété prend contact avec André Bisseret (qui, après une formation classique en psychologie travaillait dans une société privée avec Maurice de Montmollin, autre figure importante de l'ergonomie française). Ce dernier accepte de voir son salaire divisé par deux, ce qui témoigne de la passion que porte la petite équipe à l'étude du travail du contrôleur aérien. Les tendances théoriques de l'équipe qui se constitue autour de Jacques Leplat marquent une rupture par rapport au béhaviorisme, à l'époque dominant, auquel ils préfèrent le *mentalisme*, c'est-à-dire les premiers pas des sciences cognitives contemporaines :

"Par rapport au béhaviorisme dominant, les travaux de Leplat semblaient un peu rétros car ils reposaient sur un travail d'introspection des contrôleurs"²³.

Leur référence théorique principale est Herbert Simon qui, à l'époque, expérimente son fameux GPS (*General Problem Solver*)²⁴. Le postulat de ces chercheurs est celui des tenants de l'intelligence artificielle en général, c'est-à-dire qu'ils postulent la possibilité d'étudier l'activité de l'être humain, et singulièrement celle des contrôleurs aériens, comme une activité de traitement de l'information :

"Simon et Newell ont appelé tout de suite ça : "théorie du traitement de l'information" et ça nous a bien convenu".

dépense. Et cet "un peu" décroît beaucoup, lorsque ce "beaucoup" croît énormément. A la limite, nous transporterons optimalement, à la condition de ne rien transporter du tout. Et c'est bien ce qui se passe dans l'aviation militaire, bien plus rapide et avancée que son homologue civile, mais qui ne porte rien qu'un opérateur et la mort. On sait qu'en faveur de la mort aucun sacrifice ne se refuse. Ainsi Concorde ne peut avoir de fils, au moins en ligne directe, en raison d'un rapport de maximum à minimum. Cet outil ne fait de progrès qu'à la condition qu'il oublie son utilité, qu'il gomme progressivement ce pour quoi il est fait. Qu'il fonctionne pour fonctionner. Ou pour être vecteur de mort. Stérilité ou guerre. Il est connu qu'en matière de production militaire, la rentabilité, le rendement ne comptent plus. La réciproque, hélas, est moins connue : lorsqu'un rendement décroît fortement, alors la production plonge vers la mort. Elle n'intéresse plus que l'art militaire", in "Histoire des sciences", *Le passage du Nord-Ouest*, Paris, Editions de Minuit, 1890, p. 132.

23- Entretien avec André Bisseret.

24- Simon était, à l'époque, animé d'un bel optimisme : "La suite de nos travaux tend à confirmer ce que nous avions soupçonné, et à démontrer que les démarches heuristiques, l'appel à des recettes empiriques, constituent la trame même du processus de résolution de problèmes utilisés par les humains. Au fur et à mesure que nous avançons dans la compréhension des processus heuristiques humains, le mystère commence à se dissiper autour de ces processus dont nous n'avions jusqu'à présent que de vagues notions, comme "l'intuition" et le "jugement". Allen NEWELL ET H.A SIMON, "Computer simulation of human thinking", in *Science*, vol. 134, 22 décembre 1961, p. 19. Cité par H. DREYFUS, op. cit. p. 41.

Dans cette optique, l'ordinateur sert de modèle à l'esprit humain, à son activité cognitive. Les "psychos" chercheront donc à mettre au point un "modèle cognitif" du contrôleur. Le concept le plus caractéristique de leur approche est celui de **mémoire opérationnelle**. Au travers de cette notion, la mémoire des contrôleurs est appréhendée comme un lieu de stockage qui se transforme en fonction des priorités du processus de contrôle.

Ce processus est lui-même modélisé par un *arbre de décision*. Un bon exemple est la représentation qu'ont les contrôleurs de la carte de leur secteur :

*"Quand on fait dessiner la carte à un très bon contrôleur, il ne reproduit pas la carte telle qu'elle est réellement (ce qui effraie d'ailleurs les ingénieurs, mais c'est eux qui ont tort). Il y a des parties qu'il connaît mal mais c'est sans doute qu'il ne s'y passe rien. Ça rejoint d'autres résultats, sur des connaissances d'un organe par des médecins par exemple qui est aussi une connaissance déformée."*²⁵.

L'ordinateur et l'informatique sont les bases conceptuelles qui servent à formaliser un *modèle du contrôleur* susceptible, à plus long terme, d'être utilisé dans l'optique d'une automatisation plus poussée.

La part objective des travaux des *psychos* dans les dispositifs concrets mis en place à cette période est difficile à évaluer de notre point de vue d'historien et sociologue. Elle est diffuse plus que localisée ou localisable et transparaît principalement dans la méthodologie systématisée pour presque tous les travaux du CENA : toute réflexion sur l'introduction de nouvelles fonctions doit prendre en compte le point de vue de l'opérateur et avec, dans la mesure du possible, la participation de ce dernier, de l'étude préalable aux expérimentations. Le *Groupe CAUTRA* a mis en esquisse une méthodologie de recherche collective : contrôleurs, ingénieurs et psychotechniciens réfléchissent ensemble à telle ou telle fonction. Cet état d'esprit suscita également l'envie, chez un certain nombre de contrôleurs, de développer leur créativité et de se lancer eux-mêmes dans le processus d'innovation, comme Michel Fortens qui se lança avec passion dans l'aventure en collaborant étroitement avec les psychos (notamment pour la mise en place du classement des strips par niveau qui remplace au début des années 1960 le classement par balise). Tel fut le cas également de Jean Nobel qui poussa assez loin l'idée d'un strip fondé sur la progression temporelle de l'avion plutôt

25- André BISSERET

que sur sa progression spatiale : le *strip base temps* qui semblait comporter beaucoup d'avantages opérationnels. Mais, comme un certain nombre d'études menées au CENA, cette technique prometteuse se heurta à des difficultés de réalisation. Elle imposait en particulier un classement des strips en fonction des niveaux de l'avion, option à laquelle les contrôleurs ont toujours semblé préférer une représentation plus analogique et géographique.

Mais, s'il faut faire un bilan, la marque des psychos est surtout présente par défaut : dans la trace invisible de toutes les idées, dispositifs ou fonctions qui ont été rejetés pour avoir été considérés inacceptables, techniquement, psychologiquement ou socialement, par les contrôleurs :

*"Ce que je dirais dans le rôle des psychos, et qui n'a peut-être pas été suffisamment perçu, c'est que ce qui a été mis en place est le résultat de ce qu'ils ont empêché de faire. Sûrement que les gens qui voulaient faire l'automatisation auraient mis beaucoup de choses en place mais, par leurs travaux, ils disaient qu'il ne faut pas faire ça. Et quand on empêche de faire quelque chose, ça ne laisse pas de traces, on ne voit que le résultat."*²⁶.

Mais les *psychos* vont laisser des traces bien au delà du petit cénacle qu'est le CENA en appliquant leur modèle à la formation. A l'époque, les contrôleurs commencent leur apprentissage à l'ENAC où ils acquièrent une vision générale sur la circulation aérienne. Mais l'essentiel de la formation se fait dans les centres où ils sont affectés précocement, au cours de stages, avant même leur insertion définitive. C'est essentiellement auprès de leurs aînés qu'ils apprennent le contrôle et ceux-ci ont plus l'impression de transmettre un art que d'enseigner une technique rationnelle. Les analyses psycho-ergonomiques consistent précisément à décomposer l'activité de contrôle en un ensemble de processus analysables et descriptibles. D'où l'idée qui vient à André Bisseret d'étendre à toute la formation des contrôleurs les techniques qu'il a expérimentées au CCR Nord. C'est la naissance de la MICUP (Méthode par Interaction Constante des Unités Programmées), méthode d'apprentissage fondée sur l'enseignement par ordinateur. Deux *psychos* seront bientôt embauchés à l'ENAC pour la mettre en œuvre. L'intérêt de la MICUP est multiple au regard des acteurs du CAUTRA.

26- Entretien avec un contrôleur du CCR Nord devenu ingénieur.

Une banalisation

D'abord, elle permet d'accélérer la formation des contrôleurs mais aussi de niveler l'accès aux compétences et d'accélérer la formation :

"Avant qu'on fasse les premières promotions, les contrôleurs qui venaient de l'ENAC faisaient de l'entraînement sur la position avant de passer le fameux test. On a fait des statistiques qui donnaient une cloche : certains passaient très rapidement (7 mois), la moyenne c'était un an et il y avait une queue,, certains allant jusqu'à 18 mois et plus. On a à peine réduit la moyenne. Mais l'essentiel est qu'on ait supprimé la queue. Il n'y en avait plus qui traînaient ""²⁷.

En nivelant l'accès à la qualification, la méthode des "psychos" démocratise et banalise dans une certaine mesure le métier, ce que perçoivent un certain nombre de contrôleurs, issus notamment du syndicat dit corporatiste :

"Et il y a eu un tract de la CFTC maintenue contre ça et ils nous ont dit oralement : Vous êtes en train de saboter nos privilèges car si vous banalisez ...".

Une harmonisation des méthodes

Une autre visée de cette méthode est d'harmoniser les méthodes de contrôle qui sont fort diverses, non seulement selon les centres mais selon les équipes :

"Les études menées pour mettre au point l'enseignement programmé imposent une analyse la plus fine du travail des contrôleurs, mettant en évidence des divergences entre les équipes et peuvent servir de base au développement rationnel de méthodes de travail uniformes au sein d'un Centre et entre les Centres. Un tel objectif présente un intérêt essentiel et justifierait à lui seul la continuation des travaux en cours " ²⁸.

Un changement culturel

Enfin, et c'est de notre point de vue l'essentiel, la MICUP comme le travail des psychos contribue à modifier le monde culturel du contrôle. Les contrôleurs en effet (et cette tendance est encore largement présente aujourd'hui malgré les effets conjugués de

²⁷- Entretien avec A Bisseret

²⁸- Lettre de Jacques Villiers au Directeur NA, 19/12/1966, archives CENA.

normalisation de l'automatisation et de la formation) perçoivent plus leur métier comme un "art" faisant appel aux sens et à l'intuition que comme une technique appliquant des méthodes rationnelles. En décomposant le métier et en le rationalisant, le travail théorique des psychos comme leurs applications visent à transformer la "nature" même du métier et le monde dans lequel les contrôleurs se perçoivent. Ce qui est en question, c'est le passage d'un monde où domine une vision esthétique du métier (l'art, l'affect, les sens) à une vision rationnelle et technique.

"Le "métier" ne sera plus conçu comme un "sens". Aussi peut-on programmer l'instruction. (...) Il est donc possible de considérer la formation, non plus comme un art appliqué par des personnes qui en auraient "la vocation", mais comme l'application d'un ensemble de méthodes et de techniques mises en œuvre pour un système de formation, dans lequel des hommes et des dispositifs matériels coopèrent pour assurer diverses fonctions (...)" 29.

Cette transformation du monde des contrôleurs est un préalable indispensable à l'insertion en ce monde d'automates. On voit bien par cet exemple comment "l'imaginaire" de l'automate s'intègre dans le monde en même temps que les nouvelles machines le modifient par leur présence. L'esprit de la MICUP s'inspire largement de l'enseignement programmé par ordinateur fort en vogue à l'époque, mais son application ne requiert aucun dispositif machinique particulier (ce ne sera d'ailleurs vraiment possible que lorsque les progrès des interfaces permettront un dialogue plus aisé entre utilisateurs profanes et calculateurs, avec, notamment, le développement de la micro-informatique). Mais sans introduire "d'automate", elle permet de préparer l'automatisation du processus, et ce au niveau de la pratique de contrôle comme au niveau de la formation :

"Rappelons que les méthodes utilisées permettent "d'automatiser" de façon importante le déroulement même du stage : les élèves reçoivent au départ un planning complet qui leur permet d'apprendre entièrement seuls, la présence d'un seul instructeur suffisant pratiquement pendant les trois quarts du stage pour en assurer la gestion" 30.

29- Ibid.

30- A.BISSERET, *Note sur la formation globale du contrôleur de la Navigation aérienne*, R .CENA, février 1969.

Mais pour ne pas entrer dans une vision par trop manichéenne et simplificatrice des discours sur LA TECHNOLOGIE, soulignons que le but initial, l'utopie auto-créatrice de ces précurseurs des sciences cognitives n'est pas de remplacer les hommes, leur interaction et leur communication par une communication strictement mécanique mais d'améliorer, de "purifier" la communication des bruits afin de la rendre optimale. Ce qu'observent avec bonheur les psychos, c'est que l'application de la MICUP ne supprime pas la communication entre les instructeurs et les contrôleurs, elle l'améliore qualitativement.

On disait, à Villiers et à d'autres : "Ça serait bien que les contrôleurs apprennent d'emblée, ça libérerait quand même des instructeurs". Et surtout l'avantage qu'on faisait valoir, c'est que les instructeurs étaient vraiment libérés pour jouer un autre rôle : au lieu de faire des cours au tableau, les élèves apprenaient tout seuls dans leur coin et pouvaient poser des questions : "ça je ne comprends pas". Ou bien, et c'est ce qu'on voulait, ils s'adressaient aux instructeurs qui étaient là quand même, Fortens et tout ça, dans le "bocal" comme ils disaient (c'était une grande salle où ils s'entraînaient et de l'autre côté d'une vitre, il y avait des instructeurs). Et tout à coup, il se produisait des phénomènes qu'on souhaitait : au lieu d'avoir à rabâcher des choses qui pouvaient être apprises par chacun, tout-à-coup se formait un petit groupe où les contrôleurs racontaient les événements qui leur arrivaient à propos d'une question, donc ils faisaient vivre le métier aux jeunes. Donc, c'était assez superbe. Ce qui montrait que l'enseignement automatisé, pour ce qui est du rabâchage, si c'est bien utilisé, ne remplace pas le prof mais lui permet d'être l'expert qui sait et qui a le petit truc que, finalement, on ne sait pas expliquer dans les livres" ³¹.

Des truchements

Sans rentrer plus avant dans le détail des apports théoriques de cette équipe, notions qu'ils ont introduit de façon très précoce dans le contrôle aérien français des notions qui ont encore du mal à être reconnues dans d'autres domaines technologiques. Pour nous, ils ont été, non seulement des "acteurs" très importants mais des actants, des constructeurs de cette expérience singulière qu'est le CAUTRA. Beaucoup de leurs travaux sont encore à l'ordre du jour mais nous voudrions insister sur une fonction plus

31- Entretien avec A. Bisseret

"sociologique" de leur présence au sein du CCR Nord. Fidèles à la mission que se donnent généralement les ergonomes, leur but était de faire remonter auprès des concepteurs le point de vue des utilisateurs. Leur rôle est un rôle de traducteur, dans un langage intégrable dans un dispositif technique, du point de vue de l'utilisateur. Mais cette compréhension et cette traduction n'ont été possibles que par une réelle immersion, au sens anthropologique du terme, dans le milieu. :

"Très vite, on a été incorporés avec les habitudes sociologiques du contrôleur. Par exemple à l'époque (1968 n'était pas passé !), il y avait encore une salle à manger des cadres et la cantine du personnel. Et nous étions censés manger dans la salle à manger, et on a dit (en fait, ça nous embêtait fondamentalement de manger avec les ingénieurs),: les contrôleurs, un des bons moments, c'est quand ils mangent en équipe. On a donc été autorisés à manger à la cantine. Il y a des gens que ça a choqué tandis que les contrôleurs ont trouvé ça superbe" ³².

Dans le même esprit, ils obtiennent non sans mal que leurs études soient systématiquement distribuées aux contrôleurs et puissent, ainsi, déboucher sur un retour. Tous ces éléments militent en faveur de leur acceptation en salle de contrôle et leur confèrent, finalement, l'**invisibilité** nécessaire, à notre avis, à toute approche compréhensive de terrain :

"Bisseret, il avait de bonnes relations avec tout le monde. Il se baladait partout. On l'appelait "le docteur". Il était très bien, comme un poisson dans l'eau" ³³.

Installés dans un petit bureau à l'entrée du CCR Nord, ils constituent progressivement un petit groupe de contrôleurs intéressés qui participent activement à leurs études et, de ce fait, deviennent des acteurs à part entière de l'automatisation : le groupe CAUTRA, composé d'ingénieurs, d'ergonomes et de contrôleurs qui vont travailler notamment sur des questions relatives à la coordination automatique.

Ce qui ne veut en aucun cas dire que tous les contrôleurs sont tous impliqués dans le processus de changement, et ce trait est valable encore aujourd'hui, mais un certain nombre participent aux études. Leur participation permet, d'une part, d'avoir un retour sur les fonctions opérationnelles ou en expérimentation et, de l'autre, d'identifier des besoins nouveaux et de favoriser l'accouchement de solutions possibles. Ces

³². Ibid

³³. Un contrôleur

contrôleurs, aux côtés des ergonomes, vont permettre une relativement bonne acceptation des innovations.

Mais plus encore que des traducteurs, terme trop exclusivement associé à la traduction des signes et des textes, les psychos furent des **truchements**, ce terme renvoyant au terrain dans toutes ses dimensions (non seulement sémiotiques mais culturelles, affectives, corporelles et matérielles). C'est ainsi en effet que les voyageurs français du XVIe siècle qualifiaient les autochtones qui, non seulement leur servaient d'interprètes mais les introduisaient au monde des tribus amérindiennes. Le truchement est donc celui qui se fait l'interprète d'un autre, exprime sa pensée et traduit son monde en créant un espace commun et concret de communication. Enfin, les "psychos" furent des truchements au sens de "représentants" en se faisant les porte-parole des contrôleurs auprès des ingénieurs et de l'administration. A leur contact, un certain nombre d'ingénieurs, du CENA notamment, purent mieux comprendre le "malaise" structurel de cette profession. Enfin leur présence, leur action et leurs analyses permirent la prolifération de nouveaux intermédiaires, de nouveaux truchements au sein du CENA ou de la salle de contrôle, parmi les contrôleurs ou les ingénieurs qui assumèrent à leur tour cette fonction d'interprète et de porte-parole. Ils furent, à ce titre des acteurs essentiels dans la construction de ce que nous appellerons dans la conclusion de ce chapitre un espace mixte laboratoire-monde d'expérimentation.

Un projet utopique ? (avenir et devenir)

Les souvenirs des contrôleurs sur cette période sont souvent moins précis que ceux des ingénieurs. Mais leur témoignage conduit l'historien à nuancer son récit. Bien qu'ils n'aient jamais visé "l'automatisation intégrale", ce qui ressort du sentiment des contrôleurs est combien les concepteurs ont dû reculer par rapport à leur dessein initial :

*"Au début, quand ils ont commencé, ils disaient : les Américains n'y sont pas arrivés et nous, on va y arriver. Au début, CAUTRA, ça voulait dire **contrôle Automatique** ; et puis ils se sont aperçus que ça ne marchait pas et ça s'est transformé en **coordinateur automatique**. Oui, au début, c'était "contrôle automatique" et c'était pour remplacer l'être humain" ³⁴*

34- Un contrôleur

"D'abord, il y a eu des erreurs de la direction à ce sujet-là. On va automatiser le contrôle, dans cinq ans ce sera fait et, donc, on ne recrutera pas : pendant 5 ans, ça passe. Ca a été dit dans la salle de conférence du 4e étage du CCR Nord, et c'est le chef de centre qui l'a dit" 35.

"L'imprimante de strips a marché mais c'était beaucoup moins ambitieux que le reste du projet" 36.

Les ingénieurs sont peu disert sur cette "utopie fondatrice" qui transparait cependant, ça et là, dans les sources de l'époque. Elle atteste de l'influence des "visions du monde" cybernétiques qui imprègnent la plupart des projets d'automatisation. Plus spécifiquement, on se rend compte qu'alors le CAUTRA est porté par deux types de représentations qui visent des horizons temporels différents : le chef du centre, Jacques Villiers, développe une approche à la fois prophétique et stratégique qui lui fait projeter le CAUTRA dans l'**avenir** en minimisant les embûches possibles. Dominique Alvarez au contraire réalise le système du point de vue de son **devenir**, en cherchant à rester le plus près possible des utilisateurs et de leurs besoins comme des possibilités réelles des machines. Il se rend compte en particulier que celles-ci ne sont pas adaptées à un réel système temps réel³⁷. Cette pluralité des temporalités peut nous aider à rendre compte des analyses souvent divergentes des anthropologues ou sociologues qui travaillent sur l'informatique et les informaticiens, et plus généralement sur l'emprise des techniques sur le monde contemporain. Les uns, comme Philippe Breton que nous sollicitons souvent se situent à un niveau global, privilégient le caractère prophétique et utopique des théories fondatrices et nous font sentir l'univers rationnel et vidé de substance et de temps dans lequel ils semblent vouloir plonger la société. Les autres comme Pierre Lévy, plus attentifs aux processus, au tactile, aux bifurcations et aux réinterprétations et à la multiplicité des acteurs, montrent comment ces schémas ne rendent pas compte de l'informatique en train de se faire et comment le monde des informaticiens n'est pas régi

35- Un contrôleur

36- Un contrôleur

37- Un bon exemple est la question des détections de conflits Sa possibilité, à partir des informations données par les plans de vol, est présentée par IBM, lors des premières démonstrations Place Vendôme, comme un argument essentiel de vente. Dès 1961, les ingénieurs s'attaquent à ce problème et tentent de mettre au point un système qui permette au CAUTRA d'engranger, non seulement les routes normales mais les itinéraires plus "flous" occasionnés par les fréquentes demandes de trajectoires plus directes par les pilotes. Ce système avait un double but : améliorer l'information du contrôleur mais aussi celle du CAUTRA afin qu'il puisse, à moyen terme détecter à son tour des conflits. Un logiciel de détection est donc expérimenté dès 1964 mais les ingénieurs réalisent à cette occasion que l'information est insuffisante et qu'il est essentiel, avant toute avancée, de donner au CAUTRA des informations issues du radar. En fait, cette question ne connaîtra ses premières solutions, et encore de façon très limitée, qu'avec le *Filet de sauvegarde* à la fin des années 1970

par des processus strictement rationnels. Plutôt que d'opposer ces approches, nous préférons les présenter comme complémentaires : car l'informatique se présente globalement comme Philippe Breton la décrit mais se fait localement comme la montre Pierre Lévy. Ce qui est intéressant une fois encore, c'est le processus de purification qui fait tenir ensemble les deux niveaux d'interprétation. De notre point de vue, l'oubli des origines "mêlées" de la technique nous semblant, comme nous l'avons expliqué, un ingrédient essentiel de ce processus³⁸

Mais les contrôleurs associent la teneur du projet initial à un autre phénomène : la pénurie d'effectif qui se fait de plus en plus sensible à mesure que le trafic croît et qui ne sera vraiment prise en compte qu'au cours des années 1970 par des recrutements massifs à l'ENAC). A notre avis, cette impression des contrôleurs de l'époque n'est pas sans fondements. Car, en effet, les responsables du CAUTRA sont sur un fil ténu : pour convaincre l'administration d'investir sur le CAUTRA, il leur faut promettre des améliorations, non seulement en matière de sécurité mais en gestion du personnel. De plus, on verra en détail plus bas que l'allure que semble adopter le CAUTRA opérationnel comme la teneur des études et expérimentations peuvent raisonnablement laisser espérer pour la prochaine décennie, sinon une diminution, au moins une stabilisation de l'effectif ; une stabilisation de l'effectif, c'est du moins ce que semble penser Jacques Villiers lorsqu'il compare le système américain et le système français :

"Il nous est apparu que la différence essentielle entre les travaux que nous effectuons et ceux dans lesquels la F.AA est actuellement engagée réside sans doute dans le rapport considérablement inégal des moyens mis en œuvre (financiers et humains) mais surtout que la F.AA considère comme résolus ou solubles certains problèmes humains que nous plaçons au contraire, au centre de nos préoccupations et qui nous apparaissent comme ceux dont la solution est la plus incertaine. Il est vrai que l'ampleur de la dotation en effectif des Centres de contrôles aux Etats-Unis autorise de démarrer l'automatisation sans compression d'effectif alors que l'on fonctionne en France à effectifs suffisants et qu'on s'est fixé comme objectifs, de tenter par l'automatisation d'éviter au moins partiellement l'alignement des effectifs sur ceux dont sont normalement dotés les centres étrangers équivalents"³⁹.

³⁸- Sur les ouvrages de ces deux auteurs, cf. La bibliographie générale

³⁹- R. CENA , J.VILLIERS et L.LEWDEN, *Mission aux Etats-Unis, mai 1965*, p. 8

Mais ils sont d'autre part bien conscients que le processus augmente plus, dans un premier temps, la charge de travail qu'il ne la soulage et, d'autre part, que la réussite du projet passe nécessairement par une adhésion des utilisateurs, adhésion difficile à emporter si on leur explique que le projet vise à terme, à les remplacer, même si ce n'est que d'un point de vue numérique, par des machines. Cette situation de double contrainte, oblige les responsables à des déclarations alambiquées qui témoignent peut-être surtout, que l'avenir, dans ce domaine, reste imprévisible :

"Dans l'état actuel des recherches et de la technique, il n'existe aucun espoir réaliste de trouver des solutions permettant d'affronter le trafic des années à venir dans les grands centres avec un effectif qui ne serait pas supérieur à leur effectif actuel. Toutefois, il convient de limiter l'augmentation du nombre de contrôleurs nécessaires au strict minimum en tirant le meilleur parti possible des possibilités offertes par l'utilisation des calculateurs (et autres dispositifs). Le compromis présente un aspect essentiellement évolutif en fonction des perfectionnements progressifs des techniques et des méthodes"⁴⁰.

Pour les contrôleurs, il n'y a pas de rejet explicite de l'automatisation, mais un sentiment diffus de méfiance alimenté par des bruits de couloir et la rumeur. Bien sur, comme toute caractérisation, celle-ci peut et doit être nuancée car on trouve aussi des contrôleurs systématiquement réfractaires à toute innovation comme d'autres, au contraire, particulièrement motivés qui seront, par le biais des "groupes CAUTRA" ou des travaux avec les psychotechniciens, de véritables promoteurs de l'automatisation. Cette ambivalence est particulièrement sensible chez les contrôleurs de la CGT pour qui la notion de "progrès" reste une valeur positive mais qui se méfient malgré tout de l'avenir où peut les amener le CAUTRA.

LE CAUTRA II

C'est dans ce contexte que se met progressivement en place, de 1965 à 1970, la deuxième génération du CAUTRA. La puissance des calculateurs IBM 650 s'avère trop faible vu l'ampleur des projets d'automatisation. L'administration française lance une nouvelle consultation auprès de Bull (au moment même de sa prise de contrôle par

40- R CENA, *Automatisation du contrôle de la circulation aérienne. Choix d'un nouveau calculateur pour le CCR Nord*, mars 1964.

General Electric) car la perspective du Gamma 40, ordinateur construit par Bull pour rivaliser avec l'IBM 360 retient tout particulièrement son attention. Mais ce ordinateur n'est pas encore au point :

"Il est donc pratiquement inconcevable de baser un système devant fonctionner en 1965 sur un tel ordinateur. Toutefois, en raison des conditions particulières actuelles, il a été jugé souhaitable d'étudier dans quelle mesure le GAMMA 40 aurait pu ou pourrait dans le futur, servir de base à un système de contrôle de la circulation aérienne. D'autres ordinateurs construits en France sont examinés, notamment le CAE 510 et le CDC Pallas mais aucun des ensembles existants ne remplit à la fois toutes les exigences du système" ⁴¹.

C'est donc à nouveau vers IBM que se tourne l'administration pour s'équiper d'une machine plus puissante, l'IBM 7040 (de la famille des 7090 plus connus) pour les calculs, mais aussi d'un ordinateur de communications qu'IBM venait de sortir (les exemplaires du CENA sont les deux seuls vendus en Europe) qui va permettre l'impression décentralisée des strips sur les secteurs parisiens mais aussi, un peu plus tard, en province (centres d'Aix en Provence puis de Bordeaux) alors que l'entrée des données, les calculs ainsi que les visualisations se feront toujours à partir d'Athis Mons.

Le clavier et la première prime d'automatisation.

Au niveau des périphériques, le projet "Télévision asservie" définitivement abandonné, c'est la mise en service opérationnelle d'un clavier destiné à introduire les données plans de vol (les "mises à jour") dans le ordinateur. L'originalité de cet outil est d'être composé de touches pré programmées qui correspondent aux différents éléments du plan de vol. Il est construit spécialement par IBM et constitue, du point de vue des ingénieurs, une étape essentielle dans le processus d'acquisition des informations pour le ordinateur. Il résume par ailleurs assez bien la philosophie du CAUTRA : ne pas induire par les nouveaux outils de complexité supplémentaire. Jacques Villiers souligne cet aspect lorsqu'il compare cet outil avec les claviers adoptés par la FAA :

"Nous avons eu l'impression que le problème des claviers est provisoirement résolu par la conception d'un ensemble de claviers permettant de tout faire sans

41- R CENA : Automatisation du contrôle de la circulation aérienne. Choix d'un nouveau ordinateur pour le CCR Nord, mars 1964.

qu'aucun choix ait été effectué, qui en limiterait certes les possibilités mais assurerait une meilleure adaptation à des besoins limités, sélectionnés a priori, ou après expérimentation. Peut-être sommes nous trop prudents en France dans ce domaine, mais nous ne croyons pas nous tromper en manifestant d'extrêmes réserves sur l'aptitude des contrôleurs engagés dans le contrôle actif, à manipuler des ensembles complexes de boutons"⁴².

Cette mise en service des claviers marque enfin la première vraie rencontre de l'informatique et de l'histoire sociale des contrôleurs. Jusque là, la présence des expérimentateurs du CENA était, une fois passés les premiers effrois, vécue par les contrôleurs dans un sentiment de relative indifférence et une certaine dose de scepticisme. Les contrôleurs profitent de cette occasion pour faire valoir une vieille revendication salariale :

"Grâce à une technique nouvelle, que l'administration veut nous faire expérimenter puis exploiter, sans bourse délier, nous avons enfin l'occasion de nous faire entendre. L'attitude normale, de notre part, aurait dû être de voir enfin liquidé ce problème du retard dans l'évolution de l'ISSA depuis 13 ans. Lorsque ce retard aurait été comblé = primes réajustées, rappels payés, assurance sur l'avenir, nous aurions alors seulement commencé à parler des claviers-visu et des questions financières s'y attachant. Il est évident que les 250 F, réclamés récemment, ne correspondent à rien de concret et ont seulement été demandés dans un esprit réaliste et conciliant"⁴³.

Comme souvent, la revendication s'exprime au travers d'une idée inventive :

"On écrivait 78 F sur le clavier et, pour toute la hiérarchie qui passait, c'était une manière de dire : donnez-nous 78 F, on travaillera davantage" ⁴⁴.

L'automatisation n'est pas, à l'époque, ressentie comme une menace par les contrôleurs, en partie d'ailleurs parce qu'elle n'est pas tellement prise au sérieux, ce qu'exprime plus crûment encore un contrôleur de l'époque :

42- R. CENA , J.VILLIERS et L.LEWDEN, *Mission aux Etats-Unis, mai 1965*, p. 8

43- Extrait de *Rend-compte* (section d'entreprise USSAC /CGT du CRNA Nord).

44- Un contrôleur

"Au début du mouvement (de la prime clavier), on n'y croyait à peine, mais ce n'est qu'après qu'on s'est rendu compte qu'ils y attachaient beaucoup d'importance et qu'on pouvait tirer ce que l'on voulait" 45.

Associer une prime pour les contrôleurs à l'utilisation d'un nouvel outil deviendra un fait de culture dans l'histoire sociale du contrôle. Mais le mouvement lié à la prime clavier inaugure également un autre trait qui marquera l'histoire de l'automatisation du contrôle aérien du point de vue des contrôleurs, un nouvel outil n'est utilisé que s'il donne immédiatement un plus :

"Le clavier servait à faire des mises à jour, ce qui permettait à l'ordinateur de donner le code radar pour pouvoir afficher sur le scope radar. S'il n'y avait pas eu quelque chose d'intéressant pour nous derrière, on ne l'aurait jamais fait" 46.

C'est, dès les débuts de l'automatisation, un contrat de réciprocité qu'imposent les contrôleurs, entre eux et le "système" informatique, c'est-à-dire, pour eux, les concepteurs qui l'imaginent et l'administration compris comme un ensemble : la hiérarchie. Tout travail supplémentaire implique non seulement d'être rétribué par une prime mais doit, comme nous l'avons analysé dans la première partie, pour être accepté, impliquer de façon immédiate un "plus" pour les contrôleurs :

"Il a fallu, à chaque étape du CAUTRA, qu'il y ait bénéfice pour que ce soit accepté par les contrôleurs. Ils acceptaient mal d'avoir d'autres manipulations à faire pour renseigner la machine, sauf s'ils en retiraient quelque chose. Ce n'est qu'au fil du temps qu'on s'est aperçu que les strips étaient distribués correctement et qu'ils arrivaient avec la bonne altitude, les bonnes heures." 47.

Nous avons, ailleurs, approfondi ce thème, mais cet aspect conditionne un des traits essentiels de l'automatisation du contrôle aérien en France : demander le moins possible de participation du contrôleur lors de l'introduction de nouveaux outils. De notre point de vue, cet aspect traduit la situation de double contrainte dans laquelle se trouvent les responsables du CAUTRA qui sont entre le marteau et l'enclume : vis-à-vis de l'administration, le CAUTRA ne doit pas impliquer de coût excessif en personnel et, donc, vis-à-vis des contrôleurs, ne pas alourdir la tâche du contrôleur. Cet aspect socio-

45 - Un contrôleur

46 - Ibid.

47 - Un contrôleur

économique sera peut-être pénalisant pour les avancées du système : d'autres systèmes d'automatisation ont d'emblée demandé beaucoup plus aux opérateurs et ont moins de problèmes aujourd'hui pour obtenir les informations, mais il sera également source d'ingéniosité. Cet aspect rend compte en effet du caractère invisible, souterrain de la progression de l'informatique au sein de la salle de contrôle. Cette caractéristique a longtemps été un facteur positif pour la diffusion de l'automatisation, mais le revers de la médaille est peut-être, et on s'en rend compte aujourd'hui car le retard doit être rattrapé pour l'introduction de l'outil PHIDIAS, que les contrôleurs (d'un point de vue collectif) ne se sont jamais sentis réellement impliqués, partie prenante dans le processus d'automatisation. L'aide qu'apporte le système informatique se manifeste sous le mode d'une présence invisible et muette et n'apparaît vraiment qu'en cas de panne ou de dysfonctionnement du système.

Le premier radar secondaire

Cette période se caractérise également par l'introduction dans les salles de contrôle du radar secondaire. Rappelons brièvement le principe du radar : une onde électromagnétique "illumine" un espace et reçoit les ondes réfléchies des objets qui s'y trouvent. Si la référence "naturaliste" traditionnelle pour l'avion est l'oiseau, celle du radar est la chauve-souris. Contrairement à certains raccourcis historiques, le radar ne fut pas découvert à proprement dit pendant la guerre de 1940. En fait, les recherches dans ce domaine remontent au début du siècle. En 1930, la détection accidentelle d'un avion passant dans un faisceau d'ondes radio par L.A Hyland stimule la recherche en Angleterre, aux Etats Unis et en France où, en 1934, P. David expérimente un système (le barrage David) qui détecte des avions au Bourget à 10 km. Jusqu'en 1935, les expérimentations sont faites en ondes continues. Puis en 1935, Sir R. Watson Watt, utilise en Angleterre des ondes métriques et des impulsions courtes et espacées qui permettent une mesure directe de la distance (radiale) des objets par la mesure à intervalles de temps séparant l'émission de la réception. Le principe de base du radar actuel est découvert⁴⁸.

C'est sur ce principe que fonctionnent les radars primaires analogiques installés dans les centres de contrôle en route à partir de la fin des années 1950. Ils ont constitué un progrès important pour l'efficacité du contrôle aérien puisqu'ils présentent les informations en temps réel et permettent d'appliquer des normes de séparation plus

48- Cf. Henri CARPENTIER , *Le radar*, PUF, coll. que sais-je, 1987

réduites que les séparations aux procédures, c'est-à-dire à partir de l'analyse des informations issues des seuls "strips". Mais leur utilisation intensive est limitée par deux difficultés principales. Le radar primaire enregistre et présente aux contrôleurs tous les obstacles qu'il rencontre (y compris un nuage ou une montagne) sans discrimination et d'autre part, ce dispositif produit des "bruits", soit qu'il engendre lui-même, soit par une fausse alarme ou une fausse détection. L'autre problème est que le radar détecte tous les avions indistinctement, qu'ils concernent son secteur ou non. Pour identifier, le contrôleur doit donc discriminer les échos en même temps qu'il identifie les avions en reliant les informations radar avec celles qui lui viennent du pilote ou du strip. Cette gymnastique intellectuelle implique un coût énorme en charge de travail et communication radio.

L'introduction du radar secondaire est une étape fondamentale de l'histoire du contrôle. L'installation d'un transpondeur dans les avions permet d'établir un dialogue explicite, privilégié entre le contrôleur et le ciel avec une détection sélective. Ce dispositif est issu lui aussi de la guerre de 1939-1945 avec l'*Identification Friend or Foe* (IFF) qui permettait, comme son nom l'indique, de distinguer les échos amis ou ennemis. Un récepteur installé dans la carlingue de l'avion effectue le balayage continu d'une bande de fréquence. Lorsqu'il reçoit les impulsions d'un radar, il émet sur la même fréquence des impulsions dont la cadence correspond à un code (secret au moment de la guerre) représenté sur l'écran par un symbole spécifique⁴⁹. Les traitements ajoutés au radar secondaire ne permettent pas seulement d'éliminer les anges, les parasites, ils filtrent pour le contrôleur les avions selon leur niveau (espace supérieur ou inférieur), leur nature (civil ou militaire) ou leur localisation (secteur).

Le radar facilite donc la tâche du contrôleur mais introduit en même temps une médiation supplémentaire entre le ciel et le contrôleur, médiation à travers laquelle le contrôleur va déléguer une part puis la totalité du travail d'identification à un dispositif matériel, à un automate. Les choix présidant au filtrage font donc l'objet d'une réflexion très poussée de la part des ingénieurs.

Parmi ces choix, citons le débat qui a eu lieu à cette époque entre deux solutions pour utiliser ce nouveau système : le décodage actif proposait une solution qui permettait au contrôleur de demander les informations sur l'avion par l'intermédiaire d'une boule roulante ou un manche, ce qui provoquait leur affichage sur un écran annexe.

49- Cf. A.Vasseur, *De la T.S.F. à l'électronique. Histoire des techniques radioélectriques*, Paris, ETSF, 1975.

Conformément au principe selon lequel il faut demander le moins possible au contrôleur, à cette solution sera préférée celle du décodage passif, très simple de manipulation mais qui implique, du fait du nombre limité de codes disponibles, un changement de code à chaque entrée dans une nouvelle zone de contrôle.

L'introduction du premier radar secondaire nous semble elle aussi une étape fondamentale de l'automatisation. Le contrôleur délègue à un automate une partie importante de son métier, à savoir le traitement d'une information brute (le filtrage et l'identification des aéronefs) et, par là même, délègue au système technique une part importante de sa représentation de l'espace aérien. La relation au réel est médiatisée par un certain nombre de filtres qui construisent la représentation du trafic et du ciel. L'information gagne en précision mais perd, dans une certaine mesure, en "réalité". Et le contrôleur, s'il gagne en efficacité (à une période où le trafic monte de 10% par an et où la montée des effectifs ne suit pas), a parfois le sentiment de perdre en maîtrise.

Car, chaque étape où le contrôleur voit confiée une part de son travail à un automate insuffle un vent de doute dans la salle de contrôle (périodiquement ravivé par les défaillances des dispositifs) : la machine est-elle, dans tous les cas, aussi compétente que l'opérateur humain ?

Contrastant avec la "philosophie spontanée" des ingénieurs est en règle générale de se fier plus volontiers aux machines qu'aux hommes, ce doute est pris en compte dans les études du CENA. C'est ce qu'exprime en tout cas la remarque suivante :

*"Ce que fait l'extracteur du radar secondaire, c'est ce que faisait le contrôleur devant son radar primaire : il lissait les informations afin d'estimer la position de l'avion, et donc, éventuellement, une trajectoire. Ma préoccupation était, avant d'aller plus avant dans la recherche, que le traitement soit **au moins aussi bon que celui du contrôleur**"⁵⁰.*

Comme l'acheminement automatique des strips, la mise en œuvre du radar secondaire pointe le lien toujours omniprésent entre le niveau micro des usages des acteurs de l'aéronautique et le niveau macro du Macro Système Technique (MST) Aéronautique. Car, pour être efficace, le dispositif transpondeur doit être généralisé pour la majorité des vols IFR, ce qui exige, non seulement l'intervention de l'OACI et un travail de

50 - Un ingénieur du CENA.

persuasion auprès des compagnies aériennes mais une familiarisation progressive à ce nouvel outil des pilotes qui ne sont pas encore habitués à l'utiliser.

Après ce premier radar secondaire "analogique" (il y a transmission d'un code mais pas de digitalisation de l'information radar), viendra, vers 1968 au Centre de Paris, le radar secondaire synthétique qui personnalise plus encore l'avion en associant à l'écho une "étiquette" comportant son indicatif et son code en clair : un extracteur trie les impulsions et élimine ainsi les parasites (anges ou nuages) et délivre la position de l'écho (distance et azimuth). Puis il livre la position et le code à un ordinateur qui envoie l'information à un générateur de caractère qui permet la fabrication de l'étiquette.

Le CAUTRA GAGNE DU TERRAIN

La guerre des strips

Le CAUTRA semble grandir dans une apparente sérénité, à l'écart des problèmes institutionnels et personnels qui avaient présidé à sa naissance. Le Service Technique de la Navigation Aérienne gère les dépenses du CENA en lui laissant toute l'autonomie souhaitée. Mais l'installation d'un centre tout neuf à Aix en Provence va réactiver et donner de nouvelles formes aux rivalités anciennes. Une équipe d'ingénieurs du STNA imagine un traitement spécifique des plans de vol plus frustré que celui développé par le CAUTRA. Or, le CAUTRA compte s'étendre sur tout le territoire français et le projet aixois menace cette visée tout en constituant, de son point de vue, une régression. Le CENA doit à nouveau déployer toute une stratégie de persuasion auprès de la direction en désignant les failles de ce système et, surtout, en arguant qu'il faisait double office puisque le système de Paris traite déjà la majorité des vols qui survolent le secteur d'Aix. Un dispositif est conçu permettant de déporter, par lignes téléphoniques, les informations Plan de Vol. C'est une utilisation précoce pour l'époque car ces techniques sont alors peu connues en France, de ce qu'on appelle aujourd'hui des "modems".

On arrive donc, finalement, à un compromis mais le CAUTRA se heurte pour la première fois aux difficultés liées aux **différences culturelles** entre les centres car les contrôleurs aixois détectent les conflits éventuels à partir d'une disposition des strips spécifique incompatible avec le "strip long". Un "strip court" sera donc spécialement

défini pour Aix. Cette "guerre des strips" aixoise est un des épisodes souvent relaté dans l'épopée du CAUTRA.

Les "sub" CAUTRA

Le problème ne se reposera pas dans les mêmes termes à Bordeaux. Mais, l'extension du système pose le problème du statut de l'informatique au sein de l'institution : qui en a la responsabilité ? Plus précisément, le problème n'est pas abordé en tant que tel. Le CENA, centre d'études et d'expérimentation a clairement la responsabilité des recherches et des expérimentations. Mais celles-ci débouchant sur une mise en service rapide (définitive ou expérimentale), se pose le problème de la responsabilité du CAUTRA opérationnel. Cette question fut tranchée par la création, à Paris, d'une subdivision informatique souvent appelée par les acteurs "Sub CAUTRA", dépendante de l'encadrement du centre. Son chef est un ingénieur des travaux qui dépend hiérarchiquement du CRNA.(Centre Régional de la Navigation Aérienne). Le même modèle est donc tout naturellement appliqué lors de l'extension du CAUTRA aux centres régionaux.

Mais à cette organisation formelle, se superposent les relations instituées par l'histoire . Un jeune ingénieur des travaux, Jean-Bernard Triquet avait effectué son stage de fin d'études au CENA durant lequel il amorça une étroite collaboration avec Dominique Alvarez qui l'initia aux subtilités et au "style" spécifique du CAUTRA. Proposé par Jacques Villiers pour diriger la première subdivision informatique du centre de Paris, il va continuer en parfaite symbiose avec le CENA dans un contexte où les frontières entre fonctions en service ou expérimentales sont indécidables. Car, dès qu'une fonction est opérationnelle, elle passe sous la responsabilité d'une subdivision CAUTRA. Mais la frontière entre l'expérimental et l'opérationnel n'est pas si simple. Des pupitres expérimentaux sont installés dans la salle du CCR. Deux calculateurs sont utilisés : normalement le premier est opérationnel et le second sert en cas de problèmes techniques et à l'expérimentation. D'un point de vue institutionnel, les choses sont aussi complexes. Quand une fonction devient opérationnelle, elle passe sous la responsabilité de la division CAUTRA. Le CAUTRA est dans l'entre-deux, les contrôleurs ne s'y trompent d'ailleurs pas lorsqu'ils l'évoquent comme le "*Truc d'Alvarez et Triquet*".

Les futurs chefs de subdivisions CAUTRA des autres centres passent, eux aussi par le CENA avant d' occuper ce poste. Ils y apprennent, non seulement une technicité mais

une culture, une relation particulière avec les matériels et logiciels et les opérateurs, culture dont un des objets de ce travail est de dégager les grands traits. Mais on verra, dans le chapitre prochain que cette culture du CAUTRA importée dans des centres "non expérimentaux" va le mettre en danger en menaçant ses visées initiales.

LA METHODE DES FILTRES

Nous arrivons en 1967. Le CAUTRA n' a pas les dimensions dont ses créateurs rêvaient à la fin des années 1950 mais il marche et semble sur la bonne voie, en avance notamment par rapport à d'autres pays qui avaient opté d'emblée pour une visée beaucoup plus radicale. C'est sur cet acquis que se fonde Jacques Villiers pour, à nouveau, envisager l'avenir, proche et lointain qu'il dessine dans une théorie qu'il veut générale de l'automatisation du contrôle aérien : "la méthode des filtres"⁵¹. Conforme en cela à la structure positiviste qui reste si prégnante dans l'imaginaire technique, l'évolution du CAUTRA est présentée dans une histoire **logique** découpée en trois phases et réglée par une **dynamique** d'évolution :

"L'introduction progressive de l'automatisation dans les processus de contrôle régional s'effectue, en France, selon un plan comprenant plusieurs étapes définies de telle manière que chaque phase : -augmente l'efficacité du système; conditionne le calculateur pour la phase suivante".

Cette politique peut se schématiser par le tableau ci-contre : ⁵²

51- D'abord un rapport CENA : "Propositions pour la phase III d'automatisation", avril 1967 puis dans une publication remaniée in *Navigation* n° 61, 1968.

52- *Méthodes des Filtres*, p. 2

Stratégie de la mise en œuvre de l'automatisation en France

	FONCTIONS AUTOMATISÉES	CONDITIONNEMENT DU CALCULATEUR QUI EN RÉSULTE
Phase I	Strips calculés et rédigés automatiquement dans tous les Centres de Contrôle Régional (Paris, Aix, Bordeaux).	Tous les plans de vol en mémoire dans le calculateur.
Phase II _P (plans de vol)	<ul style="list-style-type: none"> — Coordination aux procédures intersecteur asynchrone et semi-automatique. — Planification du débit du trafic et de l'emploi de l'effectif. — Coordination civile/militaire. 	Tous les plans de vol sont systématiquement « activés » et mis à jour dans le calculateur.
Phase II _R (radar)	<ul style="list-style-type: none"> — Allocation automatique des codes SSR. Identification et poursuite automatique SSR. — Affichages alphanumériques sur scope radar (identité, niveaux). — Assistance à la coordination (heure SSR et niveau mode C) sur les messages de coordination et sur les « strips ». — Déport digital des informations des radars éloignés. 	Tous les plans de vol d'avions équipés de SSR sont systématiquement à jour dans le calculateur (« heure radar », niveau mode C).
Phase III		

C'est dans ce cadre évolutif et autour de la notion de "filtre", si importante pour la mise en œuvre du radar secondaire, que le chef du CENA va construire sa théorie (qui est aussi une "doctrine" puisqu'elle doit déboucher sur des pratiques nouvelles) de l'automatisation du contrôle aérien en France.

Un bilan et une anticipation.

Ce texte se présente d'abord sous la forme d'un bilan du CAUTRA, "opérationnel" et expérimental. Son étude sera donc d'abord pour nous l'occasion de décrire de façon synthétique qui est le CAUTRA en cette fin des années 1960 et comment est, à cette période, envisagé son devenir. Mais la "Méthode des filtres" est surtout une anticipation et ce, à double titre. D'abord au sens de la littérature d'anticipation, car sa lecture donne une sensation voisine de celle dégagée par certains ouvrages de science fiction de cette période : une impression de brûlante actualité dans un monde révolu. Mais une anticipation également parce que la "Méthode des filtres" projette l'avenir du CAUTRA

Un bilan

En 1967, des opérateurs entrent manuellement dans le CAUTRA tous les plans de vol de la circulation aérienne générale (CAG) intéressant l'un quelconque des trois centres de contrôle régional français, Paris, Aix-en-Provence et Bordeaux, et qui sont reçus sur une batterie de téléimprimeurs. A partir de ces données, il peut calculer leur passage en certains points et produit des "strips" (fiches de progression de vol) qui sont distribués sur chaque position de contrôle dans les trois centres un peu avant l'entrée de l'avion concerné dans le secteur correspondant. Ces strips sont placés dans un porte strip selon une logique (différente, à cette époque, dans chaque centre) qui permet au contrôleur organique de régler certains conflits selon les normes d'espacement qui sont celles du contrôle dit aux procédures. Ce contrôleur a en charge la communication avec les secteurs adjacents au cours des différentes opérations qui ponctuent le transfert d'un avion d'un secteur à l'autre. Ces communications entre contrôleurs se font par téléphone ou à voix haute (dans un même centre). Le contrôleur organique laisse évoluer certains conflits éventuels pour les confier au contrôleur radar, cet instrument permettant d'appliquer des normes de séparation beaucoup plus réduites. Un clavier où les principaux éléments du plan de vol sont pré programmés sert au dialogue entre contrôleurs et calculateur. Les communications avec les pilotes se font par la radio.

Le radar, qui faisait une entrée timide au début de notre récit, est devenu un outil essentiel de contrôle car il permet d'appliquer des normes de séparation plus réduites. Le contrôleur a à sa disposition deux représentations du ciel et du trafic : une visualisation primaire analogique et le premier radar secondaire (dit radar secondaire analogique) qui, grâce au transpondeur, illustre les plots de symboles et donne des informations sur certaines caractéristiques de l'avion (mais pas son identification ni son niveau qui ne seront donnés qu'avec le Mode C du transpondeur). D'un point de vue opérationnel, le traitement numérique des informations radar n'interviendra qu'un peu plus tard pour le CCR Nord, au milieu de l'année 1968. L'activation du clavier par les contrôleurs permet l'impression des "codes" sur les strips

Depuis 1965, des IBM 7040 ont remplacé les IBM 650. Leur mémoire est de 32 k mots de 36 bits. Un calculateur de communication (multiplexeur IBM 7740) permet, entre autres fonctions, la digitalisation des informations plan de vol qui sont transmises, à partir du CAUTRA parisien à Bordeaux et à Aix. Les informations sont stockées sur des disques ou des bandes magnétiques. La sécurité est assurée par un calculateur de secours qui sert également aux expérimentations du CENA. A cette période, le besoin de changer de calculateur est déjà patent. Dans une suite logique, les responsables envisagent de remplacer les IBM 7040 par des 360 bientôt disponibles sur le marché français. Le CAUTRA a un besoin urgent d'une plus grande puissance du calcul, non pas tellement pour les services qu'il rend effectivement aux contrôleurs à cette date mais pour les expérimentations en cours et pour les évolutions ultérieures. A cette date, le système est, avant tout, un **devenir**.

Un pari sur l'avenir.

La méthode des filtres s'appuie sur les acquis opérationnels mais elle mise surtout sur l'avenir en pariant que les fonctionnalités expérimentées au CCR nord pourront être mises en service à la fin de la décennie. Cette mise en place (qui fera l'objet de notre prochaine partie) prendra en fait près de 10 ans. Nous y reviendrons donc longuement mais un exposé succinct est cependant nécessaire pour pénétrer les enjeux de la méthode des filtres.

Les expérimentations menées au CCR nord peuvent en effet laisser penser qu'un certain nombre de problèmes seront bientôt résolus. Le CAUTRA, outre la distribution des strips, assiste les contrôleurs dans la coordination entre secteurs grâce à un dialogue affiché sur des écrans tabulaires (qui doit être remplacé par un outil plus sophistiqué : le

digitatron). Il allège ainsi d'une façon considérable la charge de travail en mettant un terme au foisonnement des tâches :

"(...) La suppression des reports de position systématiques rendue ainsi possible, participera largement à la réduction de la tâche de l'équipe de contrôle du secteur qui pourra consacrer une plus grande partie de son temps à coordonner son propre travail"⁵³.

De plus, la généralisation du mode C du transpondeur, la numérisation du traitement radar et sa corrélation avec le traitement plan de vol donnent une information précise sur la situation de l'avion en temps réel et permettent au contrôleur radar d'appliquer des séparations plus réduites entre les avions, ce qui libère dans une certaine mesure l'espace. Enfin, l'affichage en clair des informations sur le radar et sur un écran tabulaire réduit les tâches de coordination au sein du secteur de contrôle et facilite l'activité de contrôle proprement dite, à savoir la détection et la résolution de conflits.

Une anticipation

Au terme de ce bilan anticipé, Jacques Villiers remarque que toutes ces innovations, si elles allègent la charge du travail du contrôleur, n'entraîneront une amélioration qu'extrêmement provisoire de la situation et ne seront pas en mesure d'absorber l'augmentation du trafic aérien qui s'annonce pour les années 1970. En outre, elles ne peuvent laisser espérer mieux qu'une stabilisation des effectifs. D'où l'urgence de penser l'avenir, c'est-à-dire la phase III de l'automatisation.

"On dit souvent qu'elle se caractérisera par la 'recherche de conflits', suivie éventuellement de la 'résolution de conflits' par le calculateur. En fait, la réalité est beaucoup plus complexe. Prenons par exemple la 'recherche' des conflits ; on peut se poser les questions suivantes : - de quels conflits s'agit-il (aux procédures, au radar), selon quelles normes d'espacement et à quelle échéance ? ; quand et pourquoi cette recherche doit-elle être effectuée ? ; Comment partager la tâche entre un calculateur et un contrôleur, tous deux chargés de la 'recherche des conflits' ? Quel bénéfice le contrôleur en retirera-t-il ? Dans quelle mesure la capacité de l'espace et la capacité du Centre en seront-elles affectées ?"⁵⁴.

53- *Méthodes des Filtres*, op. cit. p. 4

54- *Ibid.* p. 5-6

Pour aborder ces questions, Jacques Villiers démontre qu'une rupture s'impose dans la manière dont le CAUTRA a été envisagé jusque-là, c'est-à-dire en se substituant peu à peu pour certaines fonctions au contrôleur sans changer fondamentalement le système de contrôle:

"Dans la recherche des solutions basées sur l'emploi intensif du calculateur on ne s'imposera pas de copier servilement l'exploitation manuelle de la phase II ; au contraire, on s'autorisera à repenser, aussi fondamentalement qu'il apparaîtra nécessaire, les procédures et méthodes actuelles qui ont été établies essentiellement pour une exploitation manuelle" 55.

La méthode conçue par Jacques Villiers consiste à placer en amont du contrôle radar proprement dit une série de dispositifs automatiques (des calculs du CAUTRA) qui filtrent, de façon de plus en plus fine, le trafic aérien :

"Un premier filtre (...) agissant d'une manière purement qualitative pour prévoir la surcharge future éventuelle du Centre ou de chaque secteur (...) régulation du débit et utilisation optimale de l'effectif).

- un 'filtre aux procédures' dont les caractéristiques sont adaptées en temps réel pour 'alimenter' d'une manière optimale le contrôleur radar

- un 'filtre radar' destiné à extraire en temps réel, de la sortie du filtre précédent, les paires d'avions justiciables d'un 'évitement' radar ;

- un 'filtre accident', dont la 'sortie' doit être maintenue à un niveau extrêmement faible, fixé à l'avance, par l'ensemble des dispositions prises" 56.

Notons, avant d'aller plus avant que sur ces 4 niveaux de filtrage seuls le premier et le quatrième se sont concrétisées, sous des formes évidemment adaptées avec, en 1973 la création de la CORTA, organisme de régulation du trafic aérien et à la fin des années 1970, le "filet de sauvegarde". En revanche les deux filtres intermédiaires n'ont fait que beaucoup plus tard l'objet d'études spécifiques. La raison couramment évoquée est que la phase d'acquisition des informations par le calculateur a été considérablement plus longue et complexe que prévu dans la méthode des filtres pour des raisons qui seront retracées dans les prochains chapitres. Mais un autre faisceau de causalité peut être invoqué : cette "refonte" des méthodes de contrôle impliquait une mutation radicale, non seulement des méthodes et des techniques, mais de l'univers culturel du contrôle et

55- Ibid. p. 6

56- Ibid. p. 26

s'est avérée incompatible avec la logique "évolutionniste" de la progression du CAUTRA.

La méthode des filtres ou comment reconstruire l'espace aérien.

Que l'encombrement du ciel soit le problème n°1 de l'aviation civile commerciale semble parfois ésotérique pour l'observateur du sens commun. Le passage d'un avion reste un événement et la plupart des petites têtes blondes (c'est-à-dire celles qui n'habitent pas aux abords d'un aéroport ou d'une zone d'entraînement militaire) continuent à lever une frimousse émerveillée vers le ciel lorsque leurs parents leur indiquent : "T'as vu l'avion, c'est drôle...". Ici, la distinction entre espace naturel et espace culturel s'impose.

Le Macro-système Aéronautique est un système complexe, au sens que donnent à ce concept les sciences les plus contemporaines. Dans un programme stratégique de la recherche élaboré par Jean-Marc Garot, actuel chef du CENA avec la collaboration de Jacques Villiers, les auteurs remarquent que :

"Tous les critères de complexité, au sens scientifique moderne de ce terme sont en effet réunis dans le système ATM (Air Traffic Management) : fonctionnement dans un environnement ouvert ; utilisation de données plus ou moins floues ; prévisibilité imparfaite ; processus comprenant de nombreuses interactions, rétroactions et embranchements ; fonctionnement en temps réel ; sévères contraintes de sécurité"⁵⁷.

Cette description contemporaine est a fortiori valable pour les années 1960 où la précision des trajectoires des avions et des informations sur les vols est bien moindre. Le "truc", ou plutôt l'artifice du système pour muer un ciel imprévisible et dangereux en un espace sûr et accueillant et de transformer un espace réel "probabiliste" en un espace virtuel déterministe. Aujourd'hui par exemple un avion de ligne correspond à un polyèdre de 10 km de long et de 330 m d'épaisseur se déplaçant à la vitesse de 850 km/h. A l'époque, cet objet était plus impressionnant encore.

57-J. -M. GAROT, *Pour une stratégie de la recherche*, CENA/N92707, p. 6.

Une des visées essentielles de l'introduction de l'informatique dans le système aéronautique est liée à ce phénomène. Comme l'automatisation du contrôle doit permettre une précision de plus en plus fine des informations sur les coordonnées du vol et sur la prévision, les automatismes embarqués (FMS, FMGS) visent à rendre les trajectoires parfaitement prévisibles. Dans cette représentation, le devenir du système reste subordonné à une logique totalement déterministe. C'est cette épistémologie qui structure les recherches des partisans d'une "automatisation intégrale"

L'intérêt de la phase III de l'automatisation telle que la présente Jacques Villiers est qu'elle implique un changement de paradigme en proposant de "réinjecter" dans l'espace virtuel une dose de complexité et d'imprévisibilité. Avec la méthode des filtres, l'espace redeviendrait probabiliste :

"(...) L'importance des séparations appliquées au contrôle aux procédures provient du fait qu'on s'impose une probabilité nulle d'accident et que des marges considérables doivent être prises en conséquence, marges qui peuvent conduire, dans certains cas, à une séparation effective égale à deux fois la séparation standard. Il s'ensuit que la capacité de l'espace est très faible dans le cas du contrôle aux procédures pures, et que, corrélativement, la charge de travail de contrôle croît rapidement avec le trafic."

"La pénalisation fondamentale de ce type de contrôle provient donc du fait que les décisions prises le sont par "tout ou rien", tout conflit potentiel étant à priori supposé être un accident, ce qui impose donc des mesures conservatoires très pénalisantes. Lorsque ce contrôle est pondéré par une assistance radar, il est encore procédé à des décisions par tout ou rien, tout conflit potentiel étant, soit considéré comme un accident, soit confié au contrôleur radar pour solution appropriée, soit "mis de côté" pour une résolution ultérieure"⁵⁸.

La proposition de Jacques Villiers est de diviser les normes d'espacement du contrôle aux procédures de moitié :

"Supposons, à titre d'exemple, que les consignes données au contrôleur aux procédures soient, non plus de n'accepter les avions que s'ils sont 2 à 2 séparés

⁵⁸- *La méthodes des filtres*, op. cit. p. 10

par la norme habituelle, mais de ne les refuser que s'ils ne sont pas séparés, par exemple, de la moitié de cette norme standard"⁵⁹.

Cette simple opération permet d'augmenter considérablement la capacité de chaque secteur mais oblige, par là même, à sortir de la logique du "tout ou rien" et introduit un risque en acceptant d'intégrer dans le fonctionnement normal du système une "probabilité réelle" d'accident.

"Il est évident cependant que, bien que très faible, ce risque ne peut pas être accepté en raison du nombre extrêmement grand de cas où cette éventualité se produirait chaque année pour l'ensemble des avions, si une telle norme réduite était brutalement et exclusivement acceptée".

C'est là où intervient le calculateur qui devra procéder à un "filtrage aux procédures" dont le rôle sera de désigner au contrôleur aux procédures des "paires d'avions problème" dont il assurera la surveillance. Ce filtrage, assuré par le calculateur mais surveillé par le contrôleur aux procédures permet de réguler la fréquence des conflits (de paires d'avions problème") que le contrôleur radar aura à traiter. A ce premier filtre, succède un "filtrage" radar permettant de désigner au contrôleur radar les paires en questions, ces conflits résiduels étant traités par le contrôle sur le mode traditionnel.

Un changement du système de valeur.

Ce n'est ni le lieu, ni surtout de notre compétence de formuler un quelconque jugement sur cette méthode. Ce qui nous intéresse en revanche est la bifurcation que sa mise en œuvre aurait pu impliquer d'un point de vue culturel et social sur l'évolution du contrôle aérien en remettant en cause le système de valeur sur lequel fonctionne l'institution de la Navigation Aérienne et ce, principalement sur deux niveaux :

- à un niveau "micro", cette méthode impliquait une remise en cause fondamentale du partage des tâches entre les contrôleurs d'un secteur. Or nous avons montré ailleurs combien les contrôleurs se vivaient comme "interchangeables" sur une position à un moment donné en faisant l'hypothèse que ce phénomène était un facteur important dans le tissage d'un lien social dense au sein de l'équipe de contrôle, lien dont nous faisons

⁵⁹- Ibid.

l'hypothèse qu'il est un garant essentiel d'une gestion collective de la sécurité assurée par les contrôleurs aérien.

- à un niveau plus macro, la méthode des filtres implique de passer d'une représentation déterministe de l'espace aérien à une représentation probabiliste. Le contrôleur, même s'il est aidé par le calculateur, aura donc à gérer, explicitement, la possibilité d'un accident.

La méthode des filtres implique donc un changement de contenu et de représentation de la "sécurité aérienne", clef de voûte de tout le système. Cette question rejoint un problème contemporain qui s'étend bien au delà du MST aéronautique. Au niveau collectif, les questions de vie et de mort sont de plus en plus pensées en termes probabilistes et ce sont les statistiques qui, dans une large mesure, guident les politiques sécuritaires dans quelque domaine que ce soit (médecine, criminalité, écologie, etc.). Mais au niveau de l'acteur individuel, ces dispositions sont retraduites en termes déterministes: "tu mettras ta ceinture de sécurité, !" tu ne feras pas d'excès !", "Tu éviteras de prendre la route les jours de pointe", etc. Dans la sphère de la subjectivité, le possible s'actualise dans des prescriptions, au sens médical du terme, déterministes. Une difficulté de la méthode des filtres est de faire assumer au contrôleur, dont la responsabilité reste individuelle, une gestion probabiliste du risque. Ce problème est vécu quotidiennement par les médecins par exemple mais plus rarement en temps réel, sans possibilité de rectification de la décision ou de la prescription.

Le contrôleur aujourd'hui continue à travailler selon la logique du "tout ou rien". Mais l'approche statistique du contrôle aérien a cependant fait son entrée dans le monde du contrôle par la régulation des flux avec, au milieu des années 1970, les différents centres de régulation nationaux. Mais, comme le montre Alain Gras,⁶⁰ l'approche déterministe semble encore une fois l'emporter avec le système automatisé qui se met actuellement en place à Bruxelles (la CFMU). En fait, "la méthode des filtres" ouvre une controverse au sein du monde aéronautique : l'espace aérien est-il intrinsèquement partiellement indéterminé et il faut concevoir les nouveaux outils en fonction de cette caractéristique ou au contraire: la puissance de calcul, les normes et les règles seront-elles un jour capables de maîtriser l'imprévu ? Cette dualité, qui n'est pas sans liens avec les différents points de vue développés sur la place de l'homme dans le processus

60- Cf. sur ce point, *Face à l'automate*, op. cit. p. 145_166

d'automatisation du contrôle aérien vient rejoindre, sans s'y superposer, celle que nous avons mise en évidence à propos d'"Icare et l'oiseau mécanique".

CONCLUSION

Reprenons pour conclure les principaux résultats auxquels nous conduit cette première période. Rappelons en préambule que l'hypothèse de base de notre travail est une mise en cause d'un certain type de déterminisme technologique présentant l'histoire d'une technique comme le déploiement autonome d'une logique interne. Pour nous, le processus de construction d'un dispositif technique intègre, dans sa matérialité même, les circonstances sociale, politique économique, voire psychologique ou affectives dans lesquelles il baigne. Cette perspective nous amène à considérer les questions techniques que les acteurs ont à résoudre comme autant de choix sur lesquels pèsent de tout leur poids ces circonstances. En outre, les choix essentiels ne sont plus considérés comme les étapes d'un processus linéaire (qu'il soit continu ou discontinu) mais comme autant de carrefours où se redécide périodiquement le dessin (et le dessein) du système.

Dans cette vision de l'histoire, les premiers temps sont particulièrement importants. Ce sont ceux où la prégnance des circonstances est la plus visible et lisible en même temps que l'éventail des possibles reste extrêmement ouvert. C'est le temps des **fondations**, c'est-à-dire qu'on peut y repérer un certain nombre d'éléments que l'on va retrouver, sous des formes variées, tout au long de l'histoire. Il ne faut pas prendre en effet le concept de fondation au sens mécanique d'éléments originaires et immuables qui guideraient définitivement le cours des choses, ni comme la répétition, au sens de la psychanalyse de retour, toujours le même d'un symptôme qui entraverait le fonctionnement de l'appareil. Quoique se rapportant à des événements réels, ces éléments vivent comme des mythes, c'est-à-dire qu'ils sont repris, réinterprétés, détournés par la subjectivité des acteurs et marquent de leur empreinte représentations et discours, connaissances et pratiques, dispositifs matériels et institutionnels. "La fondation est récurrente", c'est-à-dire qu'un certain nombre de thèmes reviennent "comme un refrain"⁶¹ et donnent à l'histoire, non pas une logique d'évolution, mais des référents stables qui doivent permettre, à l'auteur comme au lecteur, de se retrouver dans la multiplicité. Ces mythes tels des légendes ("choses dites") nous sont accessibles par

61- Sur ce thème de la fondation, voir, notamment Michel SERRES, *Rome*, Grasset, 1983.

le témoignage oral des acteurs. On les reconnaît à leur fréquence, à leur retour périodique, aux variations que leur relation subit. Leur importance toutefois est attestée par des "traces" (documents techniques, rapports, lettres administratives).

Au terme, donc, de cette période initiale, le CAUTRA nous semble marqué par deux éléments, de niveaux hétérogènes, essentiels : les circonstances institutionnelles de sa création et la formalisation progressive d'une conception singulière de la relation "homme-machine" au travers d'une définition spécifique du concept d'expérimentation. En forme de synthèse provisoire, nous nous interrogerons à la lumière du terrain du CAUTRA, sur la notion de "logique de l'usage".

Le CAUTRA comme compromis institutionnel.

Revenons un moment sur les circonstances de la naissance du CAUTRA. Le Service de la Navigation Aérienne au sein duquel Jacques Villiers envisage d'expérimenter des outils informatiques est un service héritier de l'organisation d'avant-guerre qui subsiste malgré la création récente de la Direction de la Navigation Aérienne en 1947. Il conserve une grande autonomie malgré la tutelle théorique de la DNA, dont il ne dépend d'ailleurs pas exclusivement. Un acteur important de l'époque le qualifie comme un "Etat dans l'Etat" et il tire cette légitimité de sa proximité des problèmes "opérationnels". Des recherches techniques y sont menées et débouchent souvent rapidement sur des applications. De son côté, la DNA traite également de problèmes techniques mais avec une moins grande proximité par rapport au terrain. On va retrouver tout au long du CAUTRA ce trait : des problèmes techniques sont appréhendés par plusieurs services simultanément sans que les prérogatives des uns et des autres soient, dans les faits mêmes si elles le sont parfois sur le papier, claires. Les uns mènent l'approche initiale, les autres déterminent les spécifications, d'autres enfin s'occupent des mises en service mais chacun prétend souvent à une maîtrise globale. Cet éparpillement institutionnel de l'innovation est tempéré par des collaborations transversales qui peuvent se nouer, de façon plus ou moins informelle entre techniciens et ingénieurs. Dans ce contexte, l'innovation devient un enjeu au sein de conflits internes ce qui met particulièrement, pour nous, en évidence que toute controverse technologique est nécessairement teintée, ou mieux, composée, d'éléments hétérogènes à la technique. Jacques Villiers, donc s'engage dans le projet d'automatisation comme il avait traité précédemment les questions de l'introduction du radar ou des moyens de

navigation, c'est-à-dire avec une grande liberté de travail et en prise direct avec le milieu opérationnel (nommément le CCR Nord).

Le directeur de la Navigation Aérienne est, lui aussi, ouvert sur le futur. Il a visité notamment aux Etats Unis le centre expérimental d'Atlantic City qui lui donne envie de mettre l'avenir en chantier. Mais sa vision des choses est plus "organisationnelle", moins proche du terrain. L'avenir qu'il envisage pour les techniques européennes est un avenir européen et c'est dans cette perspective qu'il fonde le Centre d'Expérimentation de la Navigation Aérienne dont il espère qu'il se transformera un jour en centre expérimental d'Eurocontrol (il sera d'ailleurs le premier directeur de l'Agence Eurocontrol). L'opération éliminant le SNAé en le remplaçant dans ses prérogatives techniques par le Service Technique de la Navigation Aérienne vise à renforcer la structure d'autorité de la DNA. Elle s'accompagne nécessairement de la mise en place aux postes clefs d'hommes proches de la direction et de l'éloignement de personnalités qui incarnent les tendances centrifuges de l'ancien SNAé. D'autre part, la politique française d'indépendance nationale menée par le Général de Gaulle rend improbable une délégation importante des prérogatives de l'institution de la Navigation Aérienne à un organisme supranational européen, d'où un investissement tiède des français dans le projet Eurocontrol. Alors qu'un certain nombre de pays (dont l'Allemagne) confient à la nouvelle agence la gestion du tout nouvel espace civil supérieur, la France comme l'Angleterre se retirent du projet. Le CENA ne sera donc pas l'embryon désiré d'élaboration d'un système européen de contrôle⁶².

62- Pour mesurer le désinvestissement de la France par rapport à EUROCONTROL à partir de l'histoire du CAUTRA, mettons en regard deux courriers. Le premier émane de Paul Moroni alors secrétaire général de l'Aviation civile pour le ministre et le second, du 30 juillet 1965, une lettre de Monsieur Lansalot-Basou qui a remplacé Bulin à la tête de la DNA atteste de cette indépendance de la France et du CENA vis-à-vis d'Eurocontrol :

"1- Pendant que s'accomplissaient les travaux préparatoires à cette automatisation expérimentale, EUROCONTROL est devenu une réalité. Or il semble hors de doute, étant donné les dépenses considérables en matériel (plusieurs dizaines de millions de NF) et en personnel (plusieurs milliers d'heures ingénieur) que représente une automatisation définitive, que l'automatisation du contrôle -pour l'espace supérieur tout au moins- soit par excellence le domaine où doit jouer la coopération européenne pour laquelle cet organisme a été créé. Cependant les travaux en cours en France, justement de par leur nature expérimentale, s'intègrent parfaitement dans ces perspectives nouvelles : - parce que, s'ils sont suivis et éventuellement complétés par EUROCONTROL, ils fournissent à cet organisme les éléments nécessaires à la définition de l'automatisation définitive des centres de contrôle supérieur. Je crois que pour ce but les travaux français du fait de leur caractère expérimental soient sensiblement supérieurs à ce qui sont fait n'importe où ailleurs en Europe.

2 : "(...) Je précise néanmoins en rappelant que l'automatisation dont vous avez le développement à charge, vise l'ensemble des services du CCR sans distinction entre espaces supérieur et inférieur, que les études menées et leurs résultats ou les documents de synthèse s'ils sont de nature à retenir l'attention d'Administrations étrangères, devront être présentés par vos soins. (...) Pour ces raisons, il n'y a pas lieu de matérialiser officiellement un accord portant sur cette collaboration, le CENA restant, en toute hypothèse, seul responsable de l'introduction de l'automatisation des services en France et les études

L'investissement du CENA par le CAUTRA est issu de cette double filiation, il est le résultat d'un compromis. Tout compromis implique des restes, des résidus, des questions non réglées qui risquent de resurgir à un moment ou à un autre et brouiller la stabilité, toujours provisoire, du développement d'une technique car aucune réorganisation, si radicale soit-elle, ne peut du passé faire table rase des éléments sédimentés dans la mémoire collective de l'institution. Le partage entre questions techniques d'une part et études et informatique de l'autre (y compris, même si ce n'est pas formalisé, dans ses aspects "opérationnels") donnera au CAUTRA une certaine indépendance institutionnelle par rapport aux autres problèmes techniques. Cette indépendance contribuera au "climat" qui caractérise cette période : un petit groupe d'hommes règnent sans partage sur un domaine nouveau, dans le "gai savoir" et relativement à l'abri des enjeux et querelles. Mais cette indépendance est relative car le STNA gère les dépenses du CENA et s'occupe des investissements matériels (notamment en matière de hardware). De plus, le CAUTRA naît dans un flou juridique : enfant d'un centre d'expérimentation, que devient-il au moment du passage (rapide nous l'avons vu pour certaines fonctions) opérationnel. La structure d'autorité dont il dépend est en fait informelle et se construit de façon empirique par des négociations locales qui ne sont pas centralisées dans une réflexion globale. Cette situation ne pose pas trop de problème tant que CAUTRA reste marginal, la "danseuse de la Navigation aérienne" mais elle peut resurgir (nous l'avons vu au moment de la "guerre des strips") dès que l'occasion s'en fait sentir. D'autant que la rivalité initiale entre le SNAé et la DNA va se transporter dans la nouvelle organisation entre le Service Technique et le Service d'Expérimentation qui sont menés par deux hommes qui développent des visions du monde par certains côtés antagonistes. Cette rivalité institutionnelle est sans grande incidence dans la période que nous venons de relater, mais elle couve cependant et va resurgir au grand jour au moment de la crise que nous conterons dans le prochain chapitre.

Le CAUTRA comme espace mixte d'expérimentation.

Une autre dimension nous semble fondamentale. Le CENA est un centre d'expérimentation. La notion d'expérience fonde, on le sait, la science contemporaine. Pour les sciences, le temps de l'expérience est celui, décisif (on parle couramment

particulières que pourrait demander EUROCONTROL devant faire l'objet de contrats dans chaque cas d'espèce.

d'expérience cruciale) où l'hypothèse se confronte avec la nature. Le laboratoire scientifique moderne est le lieu le plus caractéristique de cette confrontation :

"Le dialogue expérimental avec la nature, que la science moderne se découvre capable de mener de façon systématique, ne suppose pas une observation passive, mais une pratique. Il s'agit de manipuler, de mettre en scène une réalité physique jusqu'à lui conférer une proximité maximale par rapport à une description théorique"⁶³.

La sociologie contemporaine des sciences a donné un contenu plus concret à cette approche épistémologique de la notion d'expérience comme pratique. Des études sociologiques des laboratoires ont montré le caractère social de cette pratique, mettant notamment en évidence le caractère conflictuel de la production des faits scientifiques. Nous reviendrons plus en détail sur ces aspects.

Dans le champ des techniques, la phase d'expérimentation peut être envisagée sous un point de vue analogue. Théoriquement, elle succède à la phase de recherches ou d'études et constitue le moment de confrontation avec le "monde" où la technique nouvelle doit s'insérer, c'est le temps de l'épreuve du "réel". En aéronautique par exemple, l'expérience cruciale fut longtemps le premier vol : est-ce que ça marche ? L'anthropologie contemporaine des sciences et des techniques a mis en évidence tout l'intérêt sociologique du lieu de l'expérimentation. Une expérience est une expérience sociale puisqu'elle se fait dans un laboratoire au sein duquel s'élaborent ou se construisent les "faits" scientifiques. Un des mécanismes de protection de la science par rapport à l'opinion ou le "sens commun" étant la clôture du laboratoire expérimental qui "prépare" le nouvel objet à subir l'épreuve décisive de la mise en service.

Un aspect décisif distingue le CAUTRA d'autres projets contemporains d'automatisation, c'est la nature sociale de l'institution dans laquelle il se construit. Le dispositif d'expérimentation n'est pas un centre fermé où s'élabore un projet qui, une fois testé, serait transporté dans le monde. Le monde opérationnel n'est pas reconstruit à l'intérieur d'un espace fermé pour tester les inventions ou innovations. Les ingénieurs du CENA expérimentent directement dans le monde opérationnel, au sein de la salle de contrôle. Ce qui a une série importante de conséquences : les idées et propositions qui émergent du travail en laboratoire sont contrôlées par le monde opérationnel qui régule

63- PRIGOGINE et STENGERS, *La nouvelle alliance*, Paris, Gallimard, 1977.

leur développement. Le dispositif expérimental mis en place crée un **espace mixte (laboratoire-monde)**, instituant comme un continuum entre le laboratoire et le monde là où il y a, traditionnellement, rupture. Si elle a sans doute entravé la vitalité de la recherche et des études, cette situation très particulière a en revanche été à l'origine de deux phénomènes eux aussi caractéristiques : une efficacité redoutable : (un outil expérimenté *in vivo* peut être mis en service très rapidement) ; la nécessaire prise en compte par les chercheurs des usagers qui régulent le développement des recherches et les applications. D'autre part, si le laboratoire est infiltré par le monde instituant un dialogue expérimental spécifique, le monde devient lui même un laboratoire. C'est le même ordinateur qui sert pour le secours et pour les expérimentations comme le même centre de calcul sert aux chercheurs et aux opérationnels. Des pupitres sont installés dans la salle pour faire les expérimentations, etc.

Le statut de "danseuse" de l'automatisation au sein des priorités de l'institution de la Navigation Aérienne l'a mise en demeure d'avoir à passer "l'épreuve du feu" de façon très précoce. L'espace d'expérimentation (le laboratoire technologique) est d'emblée un espace mixte et la réalité technique et sociale imprime ses contraintes et sa temporalité aux avancées de la recherche. Cette situation régule la hiérarchisation des problèmes et le cours du développement : certaines pistes de recherche ou dispositifs sont mis en attente ou abandonnés. L'épreuve du réel est permanente. De notre point de vue, cet aspect est une fondation au sens que nous avons signalé dans la mesure où aucune réorganisation institutionnelle ne pourra, malgré certaines tentatives, l'éliminer. Ce caractère ambigu du dispositif expérimental initial va s'étendre dans l'institution en se transformant mais en conservant ses caractéristiques initiales d'un espace mixte. Cette mixité du dispositif de recherche dans le domaine de l'automatisation du contrôle aérien en France aura sans doute freiné l'élan de la recherche, l'espace social de la salle de contrôle régulant les avancées, éliminant les trop grandes audaces, etc... Mais en retour, il explique en partie que l'automatisation ne fut jamais, jusqu'à présent, vécue par les contrôleurs comme un traumatisme, une captation par une altérité machinique, de leurs prérogatives et de leur métier.

Ce statut très particulier de l'expérimentation a une incidence profonde sur l'approche pragmatique et réaliste que nous avons décrite. La prudence est là dès les premiers textes. Il est vrai et la personnalité de Jacques Villiers n'est sans doute pas étrangère à ce phénomène : issu du SNAé qui s'occupe surtout des problèmes opérationnels, il est sensible aux problèmes sociaux et connaît bien le milieu des contrôleurs et les problèmes concrets de la circulation du trafic aérien. De plus, le projet est élaboré de

concert avec des ingénieurs du CRNA Nord, proches eux aussi des problèmes opérationnels. Le rôle des psychos comme "truchement" entre ingénieurs et contrôleurs fut, à ce titre, lui aussi décisif. Cet aspect est intéressant car si l'automatisation avait été pensée dans un contexte plus technique et moins opérationnel, son destin aurait pu être totalement différent. A l'époque, aux Etats Unis, le projet GPL est pris en charge par un laboratoire privé et prend d'emblée des options très radicales. L'administration américaine sera d'ailleurs obligée de faire marche arrière et de prendre des options plus réalistes elles aussi. En Grande Bretagne également un projet extrêmement radical dans ses visées premières fut purement et simplement abandonné.

Cette situation est clairement perçue par les observateurs de l'époque. Les contrôleurs qui ne connaissent pas très bien le contexte institutionnel (notamment ceux, majoritaires qui ne participent que de loin ou pas du tout aux expérimentations) parlent du "truc d'Alvarez et de Triquet", c'est à dire comme l'objet commun du responsable de la recherche et du chef de la division "CAUTRA opérationnel". De même, un responsable important de la DNA parle de "climat fusionnel" entre le CENA et le CCR nord et lui donne une tonalité subversive en la qualifiant, à l'heure où grondent encore les clameurs de la "révolution permanente", d'expérimentation permanente".

Tout au long des années qui s'achèvent, le CAUTRA eut Jacques Villiers comme principal porte-parole. S'il se fit l'interprète de sa doctrine et de sa théorie, c'est son successeur à la tête du CENA, qui va pointer, traduire et puis, nous le verrons dans les deuxième et troisième chapitres, placer explicitement au centre du dispositif cette notion d'une recherche et d'une expérimentation "in vivo" dans un texte ultérieur (mais notre conception de l'histoire nous autorise à anticiper) qui est une défense et illustration de sa conception du CAUTRA⁶⁴. Les trois premiers termes de son plan nous sont maintenant familiers puisqu'ils reprennent la dynamique évolutive du CAUTRA (1- Rappel du plan de développement de l'automatisation du contrôle ; 2- importance des relations hommes-machine ; 3- mise en œuvre progressive). Mais c'est la dernière partie qui attire, pour l'heure, notre attention : 4- nécessité d'expérimenter in vivo :

"Le système de contrôle existe, avec son organisation, ses hommes, ses méthodes de travail, ses outils, et ce système possède une certaine efficacité. Son évolution hors automatisation est certainement possible ainsi qu'on peut le constater en d'autres lieux. (...) De cela, il résulte que l'automatisation doit s'insérer en milieu vivant comme une

64- ALVAREZ D., R/CENA/1969 "Relations entre le CENA et les centres d'exploitation dans le cadre de l'automatisation du contrôle", ce qui est souligné l'est par nous.

greffe, avec tous les risques de rejet que de telles opérations comportent. On ne peut faire table rase de ce qui existe et de ce qui fonctionne. (...) "Des considérations précédentes, il résulte aussi que la progression sera difficile, d'autant plus difficile que l'éloignement du milieu opérationnel sera grand, et cela surtout dans les premières phases où l'automatisation apporte peu et réclame beaucoup".. (...) Nécessité de l'analyse de l'adaptation réciproque de l'homme et du nouvel environnement de travail dans ce nouveau contexte et la recherche du meilleur compromis. (..). On ne peut pas en effet faire valablement une expérimentation dans un milieu qui n'est pas préparé à la recevoir. Il est donc nécessaire de préparer un plan d'expérimentation et d'informer en conséquence le milieu dans lequel elle va se dérouler" .

Une politique de l'usage.

Nous avons amorcé dans cette première partie un récit impliquant le double point de vue des concepteurs et des usagers⁶⁵. La notion d'usage, en effet, est un des thèmes qui a renouvelé le chantier de la sociologie des techniques. Il part de la constatation que, dans bien des cas, la façon dont l'utilisateur utilise une technique n'est pas conforme à celle envisagée ou prescrite par le constructeur ou l'industriel. Les conséquences de ces phénomènes observés dans beaucoup de domaines mais plus particulièrement dans celui de la "sociologie des techniques de la vie quotidienne"⁶⁶ ont donné lieu à plusieurs types de conceptualisation. Citons les travaux de Jacques Perriault qui a mis en place une typologie de ces différents usages ou encore la recherche de Victor Scardigli qui, depuis plus de vingt ans, s'interroge sur l'appropriation des techniques dans le quotidien des acteurs. Enfin, la sociologie de l'acteur-réseau et de la traduction développée au Centre de Sociologie de l'Innovation sous l'inspiration de l'école constructiviste anglo-saxonne intègre bien entendu l'utilisateur dans la diversité des différentes traductions que vit l'objet technique au cours de son existence. Le dénominateur commun de ces approches est une critique d'un modèle de l'objet technique où celui-ci se **diffuserait** dans la société sans altérer ses caractéristiques initiales. Dans ce modèle, l'utilisateur est présent mais sa seule fonction est d'accepter ou de refuser (définitivement ou provisoirement) la nouveauté. En tout état de cause il reste passif, ouvert ou fermé,

65- Dans le milieu aéronautique, ce terme d'utilisateur est ambigu car il renvoie, soit aux compagnies aériennes, soit aux passagers des avions. Nous maintenons malgré tout ce terme car son introduction (relativement récente) dans l'à peine moins récente sociologie des techniques a renouvelé

66- Cf. GRAS, JOERGES, SCARDIGLI (dir.), *Technologies de la vie quotidienne*, Paris, l'Harmattan, 1992 et A.GRAS et C. MORICOT, *Technologies du quotidien*, Autrement, Série Science et société n°3, mars 1992.

comme dans la logique binaire des circuits informatiques. Au contraire, la sociologie de l'usage met en valeur l'aspect créatif et dynamique, voire inventif, de l'utilisateur dans la vie de l'objet. En détournant l'objet, l'utilisateur non seulement se l'approprie mais peut en modifier le sens (en l'utilisant, par exemple, à d'autres fins) ou en discriminant une partie de ses fonctionnalités. Cette résistance active ou passive aux prescriptions intégrées dans l'objet par l'industriel ou l'ingénieur peut ainsi modifier le sens de l'objet.

Le principe organisateur du CAUTRA est une dynamique évolutive : chaque nouvelle fonction doit aider le contrôleur et préparer le calculateur pour la phase suivante (c'est-à-dire, entre autres problèmes lui fournir les informations nécessaires à l'introduction de nouveaux automates). Ce principe s'intègre dans la concrétisation des dispositifs. Le choix fait, aux Etats-Unis par exemple, de faire du contrôleur un informateur permanent du calculateur est rejeté a priori et l'option française est de n'imposer au contrôleur qu'un minimum d'actions. Et de fait, dans le dialogue avec le système, le contrôleur va privilégier les dialogues qui peuvent l'aider en temps réel mais il va souvent omettre de lui donner les informations qui pourraient lui permettre d'anticiper (changements de niveau ou de cap à l'intérieur du secteur par exemple). Ce phénomène auquel sont, aujourd'hui encore, confrontés les concepteurs des nouveaux systèmes, peut être interprété comme une résistance de la part des contrôleurs à déléguer au système une part extrêmement valorisante de leur métier : l'anticipation. C'est un des éléments, nous l'avons vu, qui amènera les concepteurs du CAUTRA à affirmer que la phase III de l'automatisation passe par un changement d'organisation socio-technique du contrôle au sein du secteur. L'usage des contrôleurs oblige donc les concepteurs à repenser en d'autres termes le devenir de l'objet technique.

L'espace mixte d'expérimentation produit par le CAUTRA permet à la fois la régulation du "progrès technique" par les utilisateurs mais il permet également, dès le niveau de l'expérimentation, une perception par les concepteurs des problèmes qui se poseront au moment de la mise en service opérationnelle. Nous avons décrit cet espace et avons proposé une interprétation historique de sa construction mais interrogeons-le, pour conclure, d'un point de vue plus sociologique et anthropologique. Les acteurs aiment à parler d'une "philosophie française de l'automatisation du contrôle aérien", une "*human centered automation*". Mais c'est au contact du monde que se forge une philosophie. L'humanisme ou la sensibilité sociale⁶⁷ des concepteurs parfois invoqués a sans doute

67- Aujourd'hui, où ces formulations sont quelque peu passées de mode, l'actuel chef du CENA, parle de position "éthique" du CENA : "*L'automatisation du contrôle du trafic aérien devrait donc avoir un but éthique : réconcilier les opérateurs avec une mission psychologiquement acceptable. Le résultat en serait une amélioration de la sécurité et par voie de conséquence de l'efficacité (capacité et coût)*", "De

favorisé une certaine souplesse dans sa construction mais n'épuise pas, loin s'en faut le problème qui doit, selon, nous être examiné en termes politiques au sens de partage des pouvoirs au sein de la cité.

Pour comprendre, il faut revenir me semble-t-il sur l'institution de la Navigation Aérienne. Si tous les éléments du macro-système aéronautique sont confrontés, à leur manière, au problème du risque et de la sécurité, l'institution où s'exerce le contrôle aérien l'est peut-être plus que tous les autres. Rappelons que la Direction de la Navigation Aérienne et l'organisation des corps furent créés à la suite d'un accident fameux qui incita le ministre des transports de l'époque, Jules Moch, à la suite de l'accident d'un Dakota à réorganiser l'institution. Ce sont les contrôleurs, au sein de la salle de contrôle qui assurent, en temps réel, la sécurité. Tous les autres corps (électroniciens, ingénieurs d'encadrement ou de conception, techniciens, cadres supérieurs) sont, dans une certaine mesure, subordonnés à cette pratique des contrôleurs. Aussi, au niveau de la structure d'autorité au sein de l'institution, on peut distinguer deux types de pouvoir : le pouvoir administratif horizontal qui fonctionne comme dans une administration classique : un pouvoir gradué et hiérarchisé (c'est cette structure qu'expriment les organigrammes et les représentations où chaque service est dirigé par un "chef") et un pouvoir effectif des contrôleurs sur le trafic en temps réel. Ce pouvoir, à l'époque que nous traitons, est amplifié par une syndicalisation très forte du contrôle. Il se manifeste hors de l'institution lors des mouvements de grève mais il est présent quotidiennement dans les relations entre les êtres (type de relations avec les ingénieurs d'encadrement, relations avec les électroniciens, etc...). C'est le mélange de ces deux types de structures d'autorité qui rend compte de la spécificité de l'avancée de l'automatisation au sein de l'institution.

Cette contrainte qui est, à la fois et indistinctement, technique et sociale se double d'une seconde qui lui est liée : l'impératif catégorique de continuité du service. La salle de contrôle vit le temps continu d'une nécessaire maîtrise permanente de l'évolution des aéronefs dans le ciel. Toute interruption non maîtrisée peut signifier une catastrophe comme, dans l'antiquité l'entretien permanent du feu évitait les calamités. Cette contrainte est intériorisée par les concepteurs et impose le cours (progressif et pragmatique) du CAUTRA interdisant toute "révolution" technologique à court ou moyen terme.

l'influence des séparations sur le comportement des contrôleurs", in Actes du Forum international : *La congestion du ciel : les enjeux du XXIe siècle*, Paris, 27-28 janvier 1994, p. 106.

L'usage, plus qu'une question logique est, comme l'a bien montré Jacques Perriault, un problème socio-logique mais, aussi, un problème politique : C'est la sécurité aérienne qui oblige les ingénieurs à prendre en compte le "facteur humain". Mais ce facteur ne doit pas être seulement compris comme une contrainte supplémentaire parmi tous les problèmes "techniques" que les concepteurs ont à intégrer dans leurs dispositifs. C'est parce que les contrôleurs aériens sont ceux qui, **exerçant la sécurité**, constituent le centre de gravité de l'institution sécuritaire qu'ils **exercent un pouvoir**, implicite ou explicite, sur le devenir technique et sont nécessairement impliqués dans le processus de conception.

Chapitre III

LE TEMPS DES ENJEUX

(1969-1974)

Avec "la *Méthode des Filtres*" et les fonctions expérimentées au sein du CCR Nord, un avenir à la fois serein et ambitieux qui semblait promis au CAUTRA. Mais ce texte clôt en fait une période, celle du gai savoir et du CAUTRA comme devenir, c'est-à-dire à la fois ancré sur les problèmes du présent et tourné vers l'avenir. Précédant de peu le départ de Jacques Villiers qui est nommé à la DRAC Nord (Direction Régionale de l'Aviation Civile Nord) qu'il dirigera jusqu'à la fin des années 1970 ¹, la "*Méthode des Filtres*" fait figure de testament où sont projetées les phases successives du système, son sens et sa philosophie dans une doctrine confiante en l'avenir. Mais c'était sans compter que, comme Jacques Villiers le dira lui-même beaucoup plus tard², un système technique est une "production historique concrète" et qu'une logique autonome, si satisfaisante et fondée soit-elle, ne suffit pas à assurer son devenir. Le destin de Jacques Villiers semble s'éloigner de celui du CAUTRA mais un certain nombre d'articles qui ponctuent sa carrière comme sa contribution au rapport des sages, montrent qu'il gardera toujours un œil, attentif sinon vigilant, sur ce "projet technique" dont il fut,

1- Qu'il quittera au début des années 1980 pour l'Inspection Générale de l'Aviation Civile où il dirigera notamment la réalisation du "*Rapport des sages*" sur le contrôle aérien.

2- In *Quel avenir pour l'automatisation du contrôle de la circulation aérienne*, 1992.

incontestablement le père fondateur³. Avec lui, le CAUTRA perd non seulement un théoricien mais un porte-parole efficace et talentueux. Son successeur, Dominique Alvarez qui s'est dédié avec passion depuis 1960 à la conception du projet et à l'écriture des programmes, n'est pas préparé à cette part du métier. Il va devoir faire l'apprentissage de la face cachée du métier d'ingénieur : la sociologie. En effet, la valeur intrinsèque d'un projet technique ne suffit pas à son insertion. Le concepteur doit aussi traduire, convaincre, emporter l'adhésion et tenir compte, dans le travail même de conception, des circonstances.

Toute périodisation comporte une part d'arbitraire. Mais nous ouvrons cette deuxième période de l'histoire du CAUTRA vers 1968, non pas à cause de ce fameux printemps qui va ébranler toute la France mais parce que cette période nous semble être le moment où la trajectoire du CAUTRA s'infléchit et se complique, dessinant un de ses carrefours ouvrant sur de multiples possibles dont nous avons dit qu'ils jalonnaient notre conception de l'histoire. L'état de "crise" ne sera perçu comme tel par les acteurs que vers 1972 mais il se prépare par une série d'événements et de perturbations qui, imperceptiblement, modifient puis bouleversent le destin du CAUTRA.

UNE PANNE IDIOTE

La force d'un événement ne tient pas nécessairement à son importance intrinsèque. Il peut être discret, imperceptible : une simple panne par exemple. Des pannes, il y en a tout le temps dès lors qu'il s'agit de machine et plus couramment encore dans le domaine informatique. De la même manière qu'un *bug* ne se "répare" pas au sens mécanique du terme mais révèle une erreur dans le logiciel et oblige à le modifier, une panne ou à fortiori un accident, obligent parfois le concepteur ou une institution gérant des systèmes sécuritaires à des remises en cause profondes. Plus généralement, la fragilité des grands systèmes socio-techniques favorise cette sensibilité à l'événement le plus infime comme déclencheur des plus grandes conséquences.

Une des premières pannes qui revêtit, pour le CAUTRA, cette dimension sociale et symbolique survint un peu avant les événements de mai 1968. Bien d'autres l'avaient précédée : l'espace mixte laboratoire-monde du CAUTRA s'y prêtait particulièrement.

³- Sur ce point, cf. tous les articles de Jacques Villiers consacrés à l'automatisation du contrôle cités dans la bibliographie.

Mais aucune n'avait encore eu d'incidence significative sur le trafic, ni provoqué de réactions notables de la part des contrôleurs ou de l'administration. De plus, le système de sécurité du CAUTRA rendu possible par l'état encore embryonnaire de l'automatisation prévoyait, moyennant quelques limitations, un retour toujours possible au système manuel. Il n'en fut pas de même pour la panne de ce printemps-là. A l'époque, rappelons-le, le calculateur principal était secondé par un calculateur de secours servant également aux expérimentations. La distribution des strips sur les secteurs était opérationnelle mais le traitement des informations radar (la corrélation) restait expérimental. Suite à un problème dans le traitement radar expérimental, un opérateur, par la procédure normale, vient relancer le système. Mais cette manipulation, répétée à plusieurs reprises, déclenche des phénomènes anarchiques dans l'ordre temporel de distribution des strips⁴. Techniciens du CAUTRA et ingénieurs du CENA passent plusieurs heures avant de trouver l'explication : pour relancer le système, l'opérateur devait indiquer l'heure or, il avait à chaque fois inscrit l'heure locale au lieu de l'heure universelle (TU) constamment utilisée dans l'aéronautique. Le système de traitement plan de vol et de distribution des strips, avait obéi aux consignes du calculateur en distribuant les strips prévus pour l'heure qu'il lui indiquait.

Cet incident parti d'une "cause idiote" (on dirait aujourd'hui une "erreur humaine") fit grand bruit, révélant à l'institution l'importance qu'avait gagnée le CAUTRA au sein du système de contrôle dont une panne informatique pouvait, désormais, gravement perturber le fonctionnement. L'automatisation, même limitée à la distribution des strips, n'est plus marginale, un "luxe", la "danseuse" mais devient une pièce essentielle du travail du contrôleur. Cet aspect eût pu avoir des conséquences positives à une période où le CENA est sans cesse obligé de "pleurer" pour obtenir des crédits supplémentaires. Mais l'incident porte plutôt sous les feux de la critique le fait que les mêmes calculateurs puissent servir simultanément au fonctionnement opérationnel et aux expérimentations. De plus, la période historique (printemps 1968) amplifie l'événement, le marque dans les mémoires et modifie le regard porté par les responsables de l'aviation civile sur le CAUTRA et les activités du CENA.

Un événement perturbateur plus visible va venir de l'extérieur avec le "Plan Calcul Français". On impute communément la mise en place de ce dispositif au refus des Américains de vendre à l'État français l'ordinateur dont il avait besoin pour développer

⁴- A cette époque en effet, démarrait au CCR Nord la distribution décentralisée des strips directement sur chaque secteur. La conséquence en était que, quand le calculateur était en panne au moment de l'activation sur le premier secteur de la salle, aucun secteur n'était distribué.

sa puissance nucléaire. Face à cet embargo, l'État français, dirigé alors par le Général DD Gaulle dont on sait combien il était soucieux d'indépendance nationale, aurait voulu, brusquement, se doter d'une "puissance de calcul autonome" Des travaux récents⁵ mettent en évidence que le Plan Calcul fut plus le résultat d'un processus plus complexe et de bien plus longue haleine de prise de conscience par les industries électroniques françaises et des institutions de recherche du "fossé" (le fameux *gap*) qui se creusait entre l'Amérique et la France dans ce domaine. Le Plan Calcul fut le résultat de négociations réussies ou ratées (notamment avec Bull, ce qui fut pour l'historien de l'informatique Emmanuel Mounier Kuhn, une des causes de son échec). C'est dans ce cadre que fut créée la Délégation Générale à l'Informatique en septembre 1966 et arrêté un dispositif destiné à promouvoir et soutenir une "industrie informatique française". Parmi les pièces de ce dispositif, la création d'une société Nationale d'Informatique, la CII était un élément clé. Elle regroupe la SEA (filiale de Schneider) et la CAE, filiale de Thomson qui, depuis 1960, produisait des ordinateurs temps réel destinés au calcul et au contrôle de processus. Le Plan comportait également des dispositions incitant les administrations et les sociétés nationales à utiliser les services de la CII. Pour ce faire, il fallait proposer immédiatement du matériel opérationnel à ces clients potentiels et c'est dans ce contexte que les calculateurs Sigma 7 de SDS (Scientific Data system) sont exportés sous licence française sous le nom de CII 10070. Un certain nombre de travaux sur le Plan Calcul Français sont actuellement en cours, notamment ceux de Pierre-Emmanuel Mounier Kuhn ainsi que les différents témoignages et analyses recueillis dans le cadre des trois colloques organisés sur l'histoire de l'informatique en France⁶. Notre propos n'est pas d'ajouter notre version à ces travaux mais de montrer comment un phénomène politique de ce type peut être traduit, ressenti, réinterprété et se trouver dans une certaine mesure détourné de son sens initial (au lieu de promouvoir la

⁵ L'historien de l'informatique en France, Emmanuel Mounier Kuhn dans un travail patient de recueil d'archives et de témoignages sur l'histoire de l'informatique en France résume ainsi la genèse de ce dispositif : "*Quatre événements sont à l'origine du Plan Calcul : la prise de conscience du retard de l'industrie électronique, "l'affaire Bull", l'annonce par IBM de sa série 360, et le refus américain de livrer à la France un ordinateur nécessaire au développement de la bombe thermonucléaire. En 1961, le Commissariat général au Plan, préoccupé par le "fossé technologique" qui se creuse entre l'industrie électronique française et son homologue américain crée une Commission permanente de l'électronique du Plan (COPEP). Un an plus tard, la DGRST lance une action concertée "Électronique" ; celle-ci donne naissance en 1963 à une action concertée "calculateurs". Dans ces deux institutions siègent des experts -industriels, militaires, hauts fonctionnaires, universitaires - dont la plupart se retrouvent aussi au CNRS et à la DRME . Le groupe de pression ainsi institutionnalisé oriente de plus en plus sa réflexion, au-delà de l'encouragement à la recherche, vers la définition d'une politique industrielle nationale, et entreprend d'influencer les pouvoirs publics au plus haut niveau afin d'obtenir un sérieux engagement de l'Etat en faveur du développement de l'informatique française. "* Pierre-E. Mounier-Kuhn, "Le Plan Calcul, Bull et l'industrie des composants : les contradictions d'une stratégie", in *Actes du 3e Colloque Histoire de l'Informatique*, INRIA, Sophia-Antipolis, octobre 1993.

⁶ - *Premier et deuxième colloque sur l'histoire de l'informatique en France*, 3-4-5 mai 1988 et 24-25-26 avril 1990, actes édités par Philippe Chatelin et Pierre-E. Mounier-Kuhn.

technologie "française" dans un cadre local, le Plan Calcul, apparemment met en péril un projet technologique français réussi). Engagé dans l'histoire du CAUTRA, le Plan Calcul ne se contente pas de créer de nouveaux problèmes techniques avec le changement de calculateur, il modifie le milieu social où se construit l'innovation comme il altère le regard que les acteurs portent sur l'objet technique en construction en changeant le statut de l'objet technique.

Car le CAUTRA fut un de ces "projets phare" ciblé par la Délégation (il avait déjà acquis une certaine réputation) et la Direction de la Navigation Aérienne dut renoncer à la collaboration avec IBM pour choisir du matériel "français" (les deux calculateurs loués par CII pour le CCR nord sont importés et les suivants -Aix, Bordeaux, ENAC- seront des fabrications françaises). Les acteurs, tous types confondus, évoquent cette intrusion de la dimension politique comme un traumatisme et une contrainte imposée de l'extérieur. Le directeur de la Navigation Aérienne de l'époque nous confie qu'il a failli "démissionner" tandis qu'un autre responsable, parvenu lui aussi à ce poste, n'hésite pas à établir une relation entre les problèmes socio-techniques qu'a pu avoir le système informatique au cours du printemps 1991 et les décisions consécutives au Plan Calcul. Un ancien contrôleur raconte sa perception de l'événement :

"Des pourparlers sont en cours entre l'administration et la société IBM France en vue de louer un équipement encore plus performant. Il s'agit de l'IBM 360. Déjà, nous avons commencé notre instruction afin de nous familiariser avec la future machine. Hélas, c'était trop beau ! Pour des raisons financières, nous dit-on, la direction a choisi de se tourner vers un nouveau fournisseur complètement inconnu de nos services. Il s'agit de la Compagnie CII, européenne paraît-il, IBM va donc être évincée. L'inestimable expérience acquise au fil des années par les techniciens sur le plan applications de l'informatique à l'aviation est donc perdue. Nous allons repartir pour ainsi dire à zéro, avec du matériel inconnu. Pour nous contrôleurs, c'est un recul. La bonne ambiance de jadis a disparu, nos amis d'IBM nous ont quittés (...). Les rapports avec la nouvelle équipe CII sont plutôt distants. Le lecteur de carte fait des caprices, les pannes d'ordinateurs sont répétitives, bref nous avons tous l'impression d'essayer les plâtres"⁷.

Dans cette période de crise qui s'ouvre imperceptiblement, le CAUTRA apparaîtra souvent comme un révélateur des conflits et des différences de vision du monde au sein

⁷- Eugène PORET, *J'étais aiguilleur du ciel*, "mémoire" gentiment envoyé par l'auteur et extraits in *DGAC info* n° 248 P. 32-35, Nov. 1992

de l'institution de la navigation aérienne. Le Plan Calcul en revanche exhibe le consensus, soude l'institution dans un même rejet d'une cause externe devant laquelle tous les acteurs se seraient retrouvés également impuissants. Son évocation révèle également une rivalité sous-jacente entre civils et militaires, et d'un point de vue plus précisément sociologique, entre ingénieurs de l'Aviation Civile et ingénieurs de l'armement. Cette rivalité s'exprime sous la formulation d'un paradoxe : pour des raisons d'intérêt national, le CAUTRA qui, dans son domaine, contribuait au prestige technologique de la France, se voit entravé et ralenti alors que, pour des raisons de "sécurité" nationale cette fois, le STRIDA peut poursuivre sa collaboration avec IBM.

Mais ce consensus n'occulte-t-il pas une autre façon d'analyser la question. Le CENA avait, à plusieurs reprises, exprimé et justifié sa volonté de poursuivre sa collaboration avec IBM⁸. En effet, avec l'IBM 360, la société américaine lance une gamme d'ordinateurs compatibles qui rendent possible le transfert des logiciels d'une machine à l'autre. Or cette qualité promet de résoudre des problèmes fondamentaux dans le cadre de systèmes informatiques qui ne souffrent d'aucune discontinuité en permettant de faire évoluer les systèmes tout en conservant l'existant et sans exiger tout le travail en réécriture qu'avait, par exemple, nécessité le passage du 650 au 7040. Le choix du 360 semblait donc, dans cette perspective, évident outre le fait qu'il permettait de poursuivre une collaboration fructueuse de travail entre le CENA et IBM France. Or il faut rappeler que le Plan Calcul dans ses premières versions ne fut qu'une **incitation** à utiliser du matériel CII et bien des sociétés françaises comme des administrations contournèrent les consignes gouvernementales en poursuivant leur collaboration avec IBM France. Là encore, tout fut affaire de **négociations** entre les administrations et les pouvoirs publics. On peut se demander si l'abandon d'IBM ne fut pas l'expression, une fois encore, de l'importance encore minime accordée à cette période au CAUTRA. Car si l'automatisation et son destin avait fait l'objet d'un réel consensus au sein de l'Aviation Civile, il est probable que la consigne aurait pu, dans le cadre de la Navigation Aérienne comme ce fut le cas ailleurs, être contournée⁹. Au niveau national, le Plan Calcul traduit des questions techniques, industrielles, stratégiques et économiques en UNE affaire d'État. Du point de vue local de l'Aviation Civile, il va conférer au CAUTRA une nouvelle dimension et changer le regard que les acteurs portent sur lui : l'informatique n'est plus seulement une discipline prometteuse, une expérience mais devient, à mesure

⁸- Un dossier dans ce sens fut établi par Dominique Alvarez, "*Conclusions pour le choix d'un calculateur*" mais nous n'en avons pas trouvé trace dans les archives du CENA.

⁹- Cette hypothèse est le fruit d'une conversation avec François Jacq du Centre de Sociologie de l'Innovation au cours d'un voyage aérien sans problèmes entre Nice et Paris.

qu'elle s'infiltré dans le système de contrôle au sens large comme dans la société et l'économie, un enjeu de pouvoir.

LA MISE EN PLACE DU CAUTRA III

Le Plan Calcul est venu fragiliser la réalisation d'un pari déjà difficile. Avec le CAUTRA III, en effet, on rentre de plein-pied et de façon globale dans la deuxième phase de l'automatisation telle qu'elle est définie dans la *Méthode des Filtres*. Le CAUTRA devra traiter tous les avions civils qui survolent le territoire français, c'est-à-dire, pour l'année 1970, près de 2800 vols quotidiens (2200 passent par le CCR nord, 1000 par Aix, 600 à Bordeaux). Assurément, la plupart des fonctions nouvelles sont déjà, soit en service opérationnel, soit expérimentées par le CAUTRA II comme nous l'avons vu dans le chapitre précédent. Mais, avec cette phase, le système doit s'étendre de façon uniforme à tous les centres de contrôle régionaux et, dans la mesure du possible, dans les grands centres d'approche. Pour tous ces centres, la distribution décentralisée des strips, le traitement numérique des informations radar (mais aussi le traitement multi-radar), l'assistance à la coordination doivent être mis en place. Or le problème n'est pas aisé car les différences entre les centres ne tiennent pas seulement à des questions techniques mais à des comportements opérationnels (techniques, psychologiques, sociologiques et culturels) différents. Un des objectifs du CAUTRA est d'homogénéiser les modes de contrôle afin de rendre plus fluide et efficace la circulation de l'information. C'était aussi un des objectifs explicites de la MICUP élaboré par les équipes de psychos. Mais l'expérience a montré aux responsables, nous l'avons vu à propos de la "guerre des strips" à Aix-en-Provence, que cette homogénéisation ne peut être imposée ou décrétée mais n'est possible que par une transformation progressive des usages et des mentalités. L'enjeu du CAUTRA III est de passer d'un stade d'une automatisation limitée à certains outils et inégalement appliquée à une mise en place systématique de ces outils sur tout le territoire français.

Un autre but du CAUTRA III est de passer d'un contrôle essentiellement "aux procédures" à un contrôle utilisant plus le radar afin d'augmenter la capacité des secteurs. Améliorer la qualité de l'information radar est donc un objectif prioritaire. Plusieurs problèmes doivent donc être traités. D'abord l'extension de la couverture radar : le CAUTRA II effectuait sa poursuite à partir des informations émanant d'un seul radar, Le CAUTRA III devra créer ses pistes à partir des plots issus de plusieurs radars.

Une autre innovation essentielle est la corrélation des informations radar et des informations plan de vol : l'affichage en clair de l'altitude, de la vitesse et de l'identité de l'avion devra, non seulement alléger la tâche du contrôleur aérien mais diminuer l'importance du strip (support essentiel du contrôle aux procédures) dans le processus de contrôle. Mais cette présentation des informations fait elle-même problème car les étiquettes qui les exhibent se chevauchent dans les zones de trafic dense, là précisément où l'identification est la plus utile. Enfin, le radar synthétique permet de renseigner le calculateur en temps réel. Les informations radar et les informations plan de vol peuvent donc collaborer pour le calcul des estimées, c'est-à-dire l'extrapolation des positions futures des aéronefs à partir des coordonnées actuelles de l'avion. L'impression décentralisée devient effective et les contrôleurs reçoivent sur chaque position des strips "à jour".

La coordination inter-secteurs doit également alléger la charge du contrôleur et lui permettre de se concentrer sur les activités de contrôle proprement dites. Elle était ébauchée avec le dispositif "clavier-visu" qui assiste les contrôleurs lors des coordinations, avec la fonction "aide mémoire". Contrairement à d'autres systèmes contemporains (le MADAP, notamment qui est mis en place à Maastricht pour une partie de l'espace aérien supérieur de l'Europe du Nord), ce petit écran ne présente pas de visualisation du trafic. Un nouveau périphérique conçu spécialement pour le contrôle aérien à partir d'idées de Dominique Alvarez, le *DIGITATRON* est conçu pour mettre en place cette fonction en facilitant et enrichissant le dialogue entre les contrôleurs et le système. La coordination automatique avait été expérimentée en service opérationnel au CCR Nord, mais la relance de cette fonction ne sera effective, du fait des événements qui vont suivre, que beaucoup plus tard. Au niveau du traitement des plans de vol et de leur entrée dans le système, un nouveau périphérique doit également être mis en service avec le CAUTRA III : le "datascope". Comme son nom l'indique, l'affichage des informations plans de vol sur un écran doit permettre aux opérateurs CAUTRA de contrôler l'entrée des PLN dans le système.

On voit que le CAUTRA III est l'aboutissement de dix années de recherche et d'expérimentation et vise à concrétiser la phase 2 du plan d'automatisation. Quant à la phase III, Jacques Villiers n'a eu que le temps de lancer quelques études parcellaires pour vérifier ses hypothèses. Mais l'urgence et les difficultés liées à la mise en place du CAUTRA opérationnel vont mettre en pointillés, pour quelques années, les activités d'étude du CENA et ces questions ne seront reprises que dans les années 1980.

Un langage pour le ciel

Mais le CAUTRA III est également l'aboutissement de dix années de recherche, d'application et d'expérience en matière de programmation. Dans ce domaine, et à cette phase de notre récit, Dominique Alvarez est sans contexte le personnage principal de l'histoire. Son initiation à l'informatique s'est faite, comme pour la plupart de ses contemporains "sur le tas", au contact direct des IBM 650 et de leur documentation et des techniciens d'IBM France avec qui, les témoignages comme les archives en attestent, il entretient d'excellentes relations. Dans le domaine du langage informatique, le CAUTRA apparaît comme un modèle réduit de l'histoire de l'informatique. Les programmes du premier CAUTRA sont tous écrits en **langage machine**, c'est-à-dire que les instructions sont traduites directement en code binaire selon le mode accepté par l'IBM 650. Ce travail est extrêmement long et rigoureux car toute erreur peut remettre en question le programme tout entier. La diffusion en France de l'**assembleur** représenta un progrès important pour programmer le CAUTRA II, mais la programmation reste très morcelée et l'introduction de modifications délicate et complexe. Or, si Dominique Alvarez qui rédige seul tous les programmes du CAUTRA I et de la plupart du CAUTRA II, les modifications, leur adaptation dans les centres peuvent être faites par des techniciens qui connaissent moins intimement la structure des programmes et les possibilités de la machine. C'est dans ce contexte que Dominique Alvarez prend conscience de l'intérêt essentiel d'une programmation facilitée et d'une documentation des logiciels. Face à l'émergence de ce problème de la documentation, le CENA ne prendra pas l'optique de réaliser une documentation strictement ordonnée et facilement communicable. Il y a à cela plusieurs raisons: la première est sans doute que les programmes, comme le système global, sont en perpétuelle évolution ce qui rend l'établissement d'une documentation statique inutile. Les documents existent bien entendu, mais ils sont épars, parfois redondants et lacunaires par endroits. En fait, comme me le confiait un des acteurs: "*La documentation, au CENA, ce sont les gens*", c'est-à-dire l'expérience accumulée et partagée et la transmission des connaissances et des savoirs au travers des relations de travail. Une autre raison est sans contexte le climat d'urgence : le CAUTRA, nous l'avons vu, devient indispensable au travail du contrôleur, surtout au CRNA Nord où le trafic augmente régulièrement de 10% par an sans que la progression en effectifs suive en proportion (phénomène dans lequel, nous l'avons vu, le projet d'automatisation détient une part de responsabilité). Enfin, dernier aspect et non le moindre, les moyens matériels manquent : les demandes répétées en ingénieurs des travaux, ou même en techniciens et en secrétariat ne sont pas satisfaites par l'administration qui ne mesure pas encore sans doute assez l'importance du

CAUTRA pour l'avenir. Or, dans le contexte informatique qui est celui de ce tournant de la décennie (ce qu'on appellera plus tard la "programmation empirique"), la mise en forme de la documentation des programmes implique qu'ils soient rédigés par les auteurs eux-mêmes et ceux-ci n'ont pas le temps, ni peut-être l'envie, de s'y consacrer.

C'est donc par un autre biais que le CENA va aborder la question de la documentation : par le choix d'un langage évolué de programmation. Comme le remarque Pierre Lévy,

"La courte histoire du dialogue entre les hommes et les ordinateurs peut être analysée comme un effort pour combler le fossé entre langages formels et langues naturelles. Par une série toujours plus longue de traducteurs intermédiaires, par l'invention de nouveaux organes de sortie et d'entrée, visuels, tactiles et sonores, par de subtils effets de mise en scène, la rigidité mécanique de la communication formelle est assouplie"¹⁰.

L'invention de l'assembleur, celle du FORTRAN par John Backus en 1955 puis d'une floraison de langages plus ou moins spécifiques dérivés des langages formels des mathématiques, vise à faciliter le travail de programmation et à rendre les logiciels plus sûrs. Elle le fait en tentant de rapprocher ces langages des langages naturels c'est-à-dire en les rendant plus accessibles à la compréhension d'un nombre de plus en plus étendu d'humains.

Un des intérêts principaux que Dominique Alvarez voit dans un langage évolué de programmation est cette possibilité d'exprimer, dans le programme lui-même, le sens qui lui est conféré. Le langage devra donc permettre une "auto-documentation" des programmes, et être "parlant" pour le programmeur comme pour l'informaticien qui va l'adapter ou le corriger dans les contextes locaux. Ce qui guide enfin le choix d'un langage évolué est un triple principe d'économie. En effet, un des principaux problèmes que posent, à l'époque, les langages évolués est la place qu'ils occupent en mémoire. Or, intégrer toutes les fonctions présentes ou futures du CAUTRA sur le calculateur reste, même sur le 10070, un exploit et requiert, de la part des programmeurs, une stratégie d'économie d'utilisation très complexe. Principe d'économie, également, en temps d'exécution car les contraintes "temps réel" du CAUTRA exigent, pour certaines fonctions, une grande rapidité d'exécution. Economie enfin, car l'emploi d'un langage évolué permet théoriquement, moyennant l'écriture d'un compilateur adapté, l'utilisation

¹⁰- P. LEVY, *La machine univers (création, cognition et culture informatique)*, Paris, La Découverte, 1987, p.32

des programmes sur des machines différentes et permet donc de préparer les transitions futures entre différentes générations du CAUTRA sans impliquer tout un travail de réécriture.

C'est à partir de cette réflexion que le CENA charge la SEMA (Société d'Économie et Mathématiques Appliquées) de comparer différents langages disponibles sur le marché. Citons, parmi ceux envisagés, le PL1, créé par IBM, un de ces multiples langages à vocation "universelle" qui vont ponctuer l'histoire de l'informatique. Le PL1 fut écarté pour 2 raisons principales : sa puissance, qui était son atout, le rend beaucoup trop volumineux ; sa dépendance par rapport à IBM, l'adaptation sur une autre gamme de machine pouvant s'avérer difficile (les incertitudes liées au Plan Calcul planent déjà sur le CAUTRA !). Cette inadaptation des différents langages disponibles aux besoins spécifiques du CENA incite Dominique Alvarez à se lancer dans l'aventure de la conception d'un langage de programmation en collaboration avec la SEMA. Il ne fut pas le seul : certains auteurs dénombrent près de 4000 langages de programmation conçus dans ces années. C'est la naissance de l'ASTRE

Comme le remarqueront certains de ses détracteurs (qui diront même qu'il est "sous-développé"), ASTRE n'est pas un langage très "évolué" Des acteurs plus objectifs le présentent plutôt comme un "super macro-assembleur" en ce sens qu'il reste assez près du langage machine au niveau de la codification. En revanche, tout l'effort d'innovation porte sur le "symbolisme du langage" et l'aspect description des données :

"Compte tenu de l'expérience vécue, les problèmes attachés au traitement des données compactées sont de deux natures : au niveau du symbolisme, chaque item, même non directement adressable, peut recevoir un nom symbolique explicite, ce qui n'est pas permis en assembleur ; au niveau accès, dans la mesure où les séquences d'instructions permettant à l'accès ou au stockage d'instructions sont automatiquement créées. (...) Tout item est repéré par un nom qui peut avoir 20 caractères, non compris les blancs. (...) Les programmes, compte tenu de la manière de procéder exposée précédemment, évoluent en permanence. Néanmoins, il faut atteindre très rapidement un très bon degré de sécurité de fonctionnement. Mais c'est l'existence d'une partie description des données, très bien isolée du programme, très aisée à comprendre, qui est l'outil permettant l'introduction très rapide et très facile de modifications même importantes dans la structure des données" ¹¹.

¹¹- Pourquoi un langage évolué ASTRE ? .R CENA 720, 1972

ASTRE veut donc concilier les avantages d'un langage qui reste près de la machine (facteur d'expansion faible et optimisation de l'accès aux données compactées¹²) et les possibilités en symbolisme que peut offrir un langage évolué. Cette expressivité doit permettre au programmeur ou au technicien expérimenté de se retrouver, en toute sécurité, dans les méandres des logiciels. Expérimenté, en informatique sans doute, mais plus encore dans le domaine du contrôle ; c'est ce qu'exprime une étude comparant le langage ASTRE avec les autres langages envisagés :

"Une difficulté a été signalée : des programmeurs non formés à l'ATC utilisaient des noms symboliques peu explicites et produisaient donc des programmes peu clairs, ne tirant pas parti des possibilités du langage"¹³.

L'ASTRE, comme son nom l'indique n'a pas vocation à devenir un langage universel, mais s'adresse en priorité à des techniciens "ATC" parfaitement au fait des problèmes spécifiques du contrôle. Un premier compilateur est mis au point pour l'IBM 360 mais, le Plan calcul intervenant, un second est finalement réalisé pour le CII 10070¹⁴.

Une douzaine de personnes préparent en 21 mois (1969-1970) la conversion du système programmé en ASTRE. Cette équipe comprend des ingénieurs du CENA, de la CII, Jean-Bernard Triquet qui dirige toujours la subdivision informatique du Centre de Paris ainsi que les futurs responsables de la subdivision informatique d'Aix et de Bordeaux. La participation de ces trois derniers ingénieurs (qui sont des ingénieurs des Travaux et non des ingénieurs de l'Aviation Civile passés par Polytechnique) marque une évolution sociologique notable dans l'histoire du CAUTRA : la programmation n'est plus affaire seulement de Dominique Alvarez ou des polytechniciens qui le secondent, mais peut être confiée à des ingénieurs ayant une formation moins poussée et moins universelle.

Le "basculage" d'un système à l'autre est toujours une opération critique dans l'histoire du contrôle aérien et plus généralement pour des grands systèmes informatiques qui gèrent des questions de sécurité où le service ne peut souffrir d'aucune discontinuité : les machines et les hommes passent mais le trafic aérien, lui, poursuit indéfiniment sa course dans le ciel. Vu les circonstances difficiles, le premier objectif se réduit à transposer les fonctions expérimentées sur le CAUTRA II sur le nouveau calculateur en

¹²- *Mission d'information sur le CAUTRA III*, Eurocontrol, 1970.

¹³- Ibid.

¹⁴- Le premier sera vendu au service des Télécommunications de l'Armée de l'Air, qui, elle, nous l'avons évoqué peut continuer à travailler avec IBM France.

conservant, dans un premier temps, les anciens périphériques (imprimantes IBM et clavier). La mise en service des fonctions et des périphériques nouveaux est repoussée à un horizon ultérieur. Les essais de basculage commencent en décembre 1970. Il en faudra quinze pour parvenir, au tout début de l'année 1971, au basculage définitif. Jean-Bernard Triquet qui dirige toujours la subdivision informatique du CCR Nord s'en rappelle avec précision :

"On faisait des essais à des heures de peu de trafic (la nuit de préférence) sur les 10070. Plusieurs essais furent sans succès... Et puis un soir, ça a bien marché et on est resté un certain temps. Probablement de soulagement, je me suis appuyé sur l'armoire de l'ordinateur et je l'ai mis hors tension. Je me suis dit que c'était un peu bête d'avoir fait cette fausse manœuvre et suis allé tout péteux pour essayer de négocier une reprise, c'est-à-dire de repartir sur le même système plutôt que de repartir sur le 7040. Quand je suis arrivé dans la salle de contrôle, j'ai vu qu'il y avait deux types seulement qui étaient en train de lire leur journal. Alors, je n'ai rien dit, j'ai fermé tout doucement la porte et on a rechargé : c'était le coup du basculage"¹⁵.

LA CRISE

Ce basculage constitue l'aboutissement de beaucoup d'années de travail. Mais le soulagement de Jean-Bernard Triquet sera de courte durée car l'année 1971 est celle où le CAUTRA rentre dans une des phases les plus critiques de son existence.

Problèmes techniques

Changement de machine, extension des fonctions prévues (traitement multi-radar, coordination automatique, interconnexion des CAUTRA Locaux) changements de

¹⁵- Entretien avec J.-B. TRIQUET

langage... Tout ceci dans un contexte où l'informatique n'est pas encore assez prise au sérieux par l'administration qui mesure ses crédits et ses effectifs au CENA. La dimension humaine et économique du centre, en effet, n'est plus à la hauteur de l'extension qu'a pris le système et son chef voit sans réponse ses demandes réitérées en moyens matériels et humains. La disette et l'urgence empêchent notamment le test suffisant des logiciels avant leur mise en service. "*C'est le pastis*" et Dominique Alvarez doit se battre sur tous les fronts en alertant l'administration à la fois sur les problèmes présents du CAUTRA mais, déjà, sur sa prochaine saturation qu'il annonce, à l'époque, pour 1977. Il réalise également que l'ampleur nouvelle du projet exigerait que soit insufflé un peu de "méthode informatique" et prend des contacts à cet effet avec la SESA, avec qui le CENA travaille sporadiquement. Mais l'administration, de son côté, négocie un contrat global avec la CII. La compétence des ingénieurs de la nouvelle société n'est pas en cause (la CII profite de l'expérience des ingénieurs des deux constructeurs qui ont fusionné à l'occasion du Plan Calcul) mais ceux-ci doivent faire l'apprentissage du domaine, très spécifiques de l'ATC, et paraissent, eux aussi, quelque peu débordés par la situation. **Il faut tout reconstruire.** Car en effet, ce n'est pas le calculateur en tant que tel qui pose des problèmes : de l'avis de tous les techniciens qui ont travaillé sur le projet, le CII 10070 s'avère être une très bonne machine pleine de possibilités (et elle le prouvera puisque les circonstances feront qu'il devra supporter jusqu'en 1986 le système de Paris), mais les ingénieurs du CENA doivent prendre en compte des nouveaux problèmes, notamment de fiabilité. La fiabilité du CAUTRA reposait en particulier sur un système de disques qui étaient très sûr chez IBM alors que celui de la CII s'avère défectueux.

Les pannes en effet donnent la mesure concrète de l'importance prise insensiblement par l'automatisation dans les procédures de contrôle. Un certain nombre d'incidents montrent, à l'instar de la panne du printemps 1968, la fragilité d'un système qui, avec de faibles moyens d'essai, utilise les mêmes calculateurs pour l'exploitation et l'expérimentation. En outre, le système a été élaboré et les programmes écrits par quelques ingénieurs qui, dans les cas les plus graves, sont les seuls capables de venir réparer. Les programmes du CAUTRA I ont été entièrement écrits par Dominique Alvarez. Avec le CAUTRA II, cette activité s'est étendue à deux autres ingénieurs, polytechniciens eux aussi. Dans le climat d'urgence que nous avons décrit, ces ingénieurs n'ont eu le temps, ni sans doute le souci, de produire une documentation pour accompagner les programmes. De plus, nous avons vu que la visée essentielle de l'ASTRE était de résoudre, au travers du langage lui-même, le problème de la documentation. Mais dans cette perspective même, la programmation comme l'adaptation

des programmes reste alors une **activité d'élite** (et le fait qu'elle n'ait été prise longtemps en charge que par des polytechniciens, c'est-à-dire par le haut de la hiérarchie de l'institution est significatif), un art subtil autant qu'une technique pointue. Bien des artisans futurs du CAUTRA III évoquent encore avec émotion et admiration un certain nombre de ces programmes :

"Il y avait dans le Traitement Plan de Vol un célèbre programme développé par un X... Ils en étaient... Si vous leur en parlez, ils en sont encore babas de la beauté de ce programme informatique qui était capable de traiter des infos plan de vol"¹⁶

Comme une panne avait attiré l'attention sur le mélange d'expérimentation et de service opérationnel sur les mêmes calculateurs, d'autres vont révéler le problème de la documentation. Le 14 juillet 1971 par exemple, tous les calculateurs s'arrêtent. Le trafic est gravement perturbé et Dominique Alvarez est alerté d'urgence. En fait, ni les logiciels, ni l'absence de documentation n'étaient réellement en cause (mais des problèmes de connexion entre les 10070 et les anciens périphériques du CAUTRA II), mais la panne leur est systématiquement imputée dans les récits qui nous ont été rapportés. Elle fait partie de la légende, des grands récits perpétués par les acteurs. D'autres épisodes forcent le trait, par exemple celui d'un ingénieur en vacances en Corse rappelé d'urgence pour régler un problème d'imprimantes bloquées. Ces récits, comme d'autres, fonctionnent comme des mythes, c'est-à-dire que leur vérité ne tient pas à leur exactitude historique mais au sentiment diffus qu'ils traduisent. En août de cette même année, le Service Technique de la Navigation Aérienne, qui est responsable du hardware et des périphériques achète, par mesure d'économie, un nouveau papier pour les imprimantes. Celles-ci tombent régulièrement en panne, ce qui a des répercussions sur les trois centres. Courant 1972, la situation semble pouvoir s'améliorer mais interviennent des problèmes de disques : le système bâti avec IBM reposait sur la sécurité de fonctionnement des disques mémoires or, la CII avait passé un contrat avec Control Data dont les disques n'ont pas la même fiabilité.

Les archives de cette période fourmillent de notes et de rapports concernant la fiabilité du CAUTRA dans lesquels le CENA s'évertue à montrer que l'informatique n'est pas toujours seule en cause mais, tout autant, l'électricité, la climatisation, l'extracteur du radar, etc. Rien n'y fait, toute l'institution est tournée vers le CAUTRA et les mesures prises pour remédier à cette situation le désigneront comme principal responsable.

¹⁶- Un ingénieur du CENA.

Problèmes sociaux

Le nouveau système, introduit dans l'urgence par une équipe technique affaiblie connaît donc une phase critique du point de vue de sa fiabilité. Des pannes de toutes natures perturbent quotidiennement le fonctionnement du Centre de Paris qui n'avait pas besoin de ces troubles supplémentaires. A cette période, l'insatisfaction règne dans les salles de contrôle et le climat social est chaud. Les contrôleurs, privés du droit de grève, limitent le trafic, soit pour imposer les conditions de sécurité qu'ils estiment non remplies dans les conditions actuelles de leur travail, soit comme grèves du zèle pour soutenir leurs revendications. Tout ceci dans un contexte où l'augmentation du trafic est à peu près de 10% par an et les effectifs ne suivent pas.

Dans une étude consacrée au grand mouvement de grève qui va menacer le monde du contrôle aérien dans l'hiver 1973¹⁷, Pascal Siskind recense les plus importantes revendications des contrôleurs à cette époque :

"Les conditions de travail des OCCA étaient à l'origine de nombreuses revendications syndicales. (...). Mais, de plus, les syndicats dénonçaient constamment l'insuffisance des effectifs, particulièrement des effectifs qualifiés ainsi que le manque de fiabilité du matériel et l'organisation générale de l'infrastructure. En ce qui concerne les revendications directement liées au manque de fiabilité du matériel utilisé, l'ensemble des contrôleurs dénonçaient avant tout la fréquence des pannes affectant le matériel utilisé. Ils mentionnaient essentiellement les anomalies suivantes : incertitudes sur les fréquences ; étiquettes ne suivant pas l'avion ou partant avec un autre ; multiplication des "échos fantômes", défaillances du CAUTRA, celui-ci fournissant des estimées et des routes erronées ; mauvais fonctionnement des rubans des imprimantes ; faiblesses des VOR ; mauvaise qualité des lignes téléphoniques de Brest.

D'une manière générale, les contrôleurs considéraient que le développement de l'automatisation entrepris depuis plusieurs années ne s'était pas toujours révélé d'une fiabilité suffisante et avait entraîné un renforcement des charges de travail, en raison notamment de l'impossibilité de faire totalement confiance au matériel"¹⁸

¹⁷- Pascal SISKIND, *Les mouvements sociaux dans le contrôle de la circulation aérienne, le cas de la crise de février-mars 1973*, Mémoire de DEA option "Anthropologie des techniques contemporaines", Paris, CETCOPRA, 1992. Ce mémoire anticipe un important travail sur l'histoire sociale du contrôle aérien.

¹⁸- Ibid., p. 19-20

Le CAUTRA avait opéré une progression souterraine dans la salle de contrôle conformément à son principe directeur de ne pas bouleverser les habitudes des contrôleurs en leur demandant trop de participation. Ainsi, tous les automates que nous avons décrits étaient rentrés, sûrement mais discrètement (mise à part la "prime clavier" dans les mœurs des contrôleurs, un peu comme les psychos, techniciens et ingénieurs du CAUTRA se sont, finalement, fait accepter dans "la salle" peu ouverte a priori aux populations hétérogènes. Mais c'est par leur défaillance que les automates sortent de leur invisibilité : imprimantes, radar secondaire, étiquettes sur les scopes, estimées calculées par le système de traitement plan de vol apparaissent soudain comme des éléments indispensables au travail quotidien. La crise est le moment où l'informatique devient, mais sous un mode négatif, définitivement visible et incontournable pour les contrôleurs comme pour la direction.

Les premiers se plaignent et se souviennent avec agacement de cette période marquée par un sentiment de défiance vis-à-vis de la technique :

"Nous avons la conscience très profonde que le jour où la technologie te lâche, tu te retrouves tout seul face au trafic et tu es vraiment seul... Quel que soit ce qui te tombe dessus, il faut le gérer. Tu aurais pu prendre 10 airmiss ce soir là, même si ce n'est pas vraiment de ta faute, n'empêche que c'est toi qui te fais des frayeurs. C'est une sensation, à la fois de non maîtrise de la technologie (on ne comprend pas très bien ce qui se passe) et quand ça merde, c'est nous. Donc, les pannes développaient une relation très méfiante vis-à-vis de la technique"¹⁹.

Les "psychos", toujours très présents dans la salle sont alertés par ces problèmes et les observations de Jean-Claude Spérandio résument bien le sentiment des contrôleurs de l'époque :

"L'assistance par CAUTRA n'est pas remise en question, au contraire. Mais incontestablement une certaine méfiance s'est installée. Les critiques enregistrées portent essentiellement sur la non fiabilité du système actuel : pannes générales d'une part, anomalies et dysfonctionnements d'autre part qui semblent persister. S'il fallait opter, un système peu audacieux, mais sûr, serait préféré à un système prometteur, mais trop peu fiable"²⁰.

¹⁹- Un contrôleur

²⁰- J.-C. SPERANDIO, *Quelques interviews menées auprès des contrôleurs du CCR/Nord au sujet de la fiabilité du CAUTRA*, note de travail, juillet 1971.

Problèmes institutionnels

Si, comme nous l'avons évoqué en introduction, l'opposition entre micro et macro sociologie est théoriquement contestable, et contestée²¹, elle est particulièrement peu adaptée à notre sujet. Les pannes du CAUTRA montrent le lien permanent entre l'espace confidentiel de la salle de contrôle ou celui du "laboratoire" qu'est le centre d'expérimentation et l'espace public (c'est-à-dire en premier lieu l'avion, mais aussi les journaux, la télévision, le Ministère des transports etc.). Le devenir du CAUTRA se joue, à des niveaux différents mais toujours en inter-relation, entre ces espaces que l'on peut appeler des "forums" à la suite de Harry M. Collins et Trevor J. Pinch, dans la mesure où c'est en leur sein que se discute et se décide l'avenir du système²². Les pannes du CAUTRA posent des questions techniques aux concepteurs, font intervenir les techniciens, exaspèrent les contrôleurs, retardent les avions, ennuient les passagers, suscitent l'indignation des médias, menacent l'efficacité et le bilan financier des compagnies aériennes, obsèdent la Direction de la Navigation Aérienne, préoccupent le Ministre des Transports ou n'importe quel autre si, comme ce fut le cas, un membre influent du gouvernement se trouve dans l'avion au moment où un incident "CAUTRA" se répercute. La mission d'une Direction est donc, alors, de trouver les "causes" et, surtout, se doit de désigner des responsables vis-à-vis de tous ces acteurs soudain enrôlés dans le problème CAUTRA. Pour Jean Leveque, qui dirige alors le destin de la DNA, le coupable, plus qu'une personne ou un service, est le climat "fusionnel" et "d'expérimentation permanente" qui règne au CCR Nord. Cette formule réunit dans une même causalité le climat social agité du centre (les rumeurs de la "révolution permanente" ne sont pas loin) et le dispositif d'expérimentation original que nous avons décrit dans le deuxième chapitre de cette partie :

"Quand par exemple un vendredi matin, on s'apercevait que ça ne passe pas... que le trafic commence à bloquer, que ça gueule de partout... Air France, Air-inter, etc. Il arrivait souvent que les deux causes interpénètrent : il y avait un problème CAUTRA et se branchaient dessus des grèves plus ou moins larvées (puisque à l'époque il y avait des grèves du zèle assez fréquemment de la part du contrôleur). Quand les deux causes se superposent, il faut s'arracher les cheveux parce qu'on n'arrive pas à déterminer exactement... 23".

²¹- Cf. par exemple, *Le pilote, le contrôleur et l'automate*, op. cit. P 14-18.

²²- Harry M. COLLINS et Trevor PINCH, " En parapsychologie, rien ne se passe qui ne soit scientifique", in *La Science telle qu'elle se fait*, Paris, La Découverte, 1994, p. 297-343.

²³- Entretien avec Jean Lévêque.

C'est donc l'espace mixte laboratoire-monde qui est, dès les prémices de la crise qui fait l'objet de ce chapitre, visé dans une brève note de septembre 1972 aux apparences anodines :

"Le Centre d'Expérimentation de la Navigation Aérienne a été constitué sur une décision en date du 31/12/1959. Cette décision comporte un certain nombre de dispositions devenues caduques du fait de changements intervenus dans l'implantation et l'organisation des structures du SGAC. Aussi m'a-t-il paru nécessaire de proposer à votre signature une nouvelle décision adaptée à la réalité des choses. (...) J'ai profité de cette remise en ordre formelle pour modifier le titre du CENA qui, de centre d'Expérimentation, trop limité à la lettre de l'expression, devient Centre d'Etudes, appellation correspondant mieux à sa vocation²⁴".

Avant même que la responsabilité du système opérationnel ne soit concrètement retirée au CENA pour être confiée au STNA et au moment, précisément où l'urgence lui interdit tout travail d'étude, cette mesure touche l'âme même du centre, la méthode de travail forgée au cours des ans, en lui retirant son rôle d'expérimentateur. La réponse officielle de Dominique Alvarez viendra presque un an plus tard, mûrement réfléchie dans un rapport : *"Relations entre le CENA et les centres d'exploitation dans le cadre de l'automatisation du contrôle"* déjà cité et sur lequel nous reviendrons plus loin.

L'organisation nouvelle que Dominique Alvarez préconise dans ce rapport en conservant au CENA le point central de son existence, c'est-à-dire une expérimentation *in vivo* mais dans un contexte institutionnel restructuré ne sera pas, comme nous le verrons plus loin, adoptée même si la notion d'expérimentation telle qu'elle s'exprime dans ce texte et le souci des relations homme-machine vont finalement se diffuser et s'imposer, avec des traductions spécifiques, dans l'institution toute entière. Cependant la crise marque peut-être une perte fondamentale, celle de la possibilité d'une expérimentation incluant les dimensions collectives et sociales de ces problèmes.

D'autres aspects institutionnels changent le contexte. Cette période correspond, pour le CENA, à un renouvellement humain. Les polytechniciens qui secondaient Dominique Alvarez depuis le début des années 1960 et qui avaient participé à la mise en place du nouveau système, s'en vont du centre, soit pour d'autres fonctions dans l'aviation civile, soit pour le privé. L'équipe se renouvelle et une nouvelle génération d'ingénieurs, plus jeune, pour qui l'informatique est un peu plus familière, vient remplacer l'équipe

²⁴- Archives CENA

ancienne. Mais ils doivent, avant d'être réellement opérationnels, se former au CAUTRA, à l'informatique et au "style" spécifique du CENA. Cette équipe est plus hétérogène, des Ingénieurs des Travaux assument des rôles plus importants dans l'étude, la programmation ou la communication au sein et en dehors de l'institution.

Cette équipe renouvelée se soude assez vite autour de Dominique Alvarez car l'état de crise, là comme ailleurs, favorise la cohésion autour d'objectifs communs. Beaucoup de ses membres sont encore aujourd'hui des acteurs importants de l'automatisation et restent profondément marqués par cette période. Jean-Marc Garot, qui avait fait un stage à la SESA sur les questions radar, succède à Philippe Gufflet avec l'espoir de pouvoir démarrer, enfin, des études sur les détections automatiques de conflits. Daniel Azéma prend la succession d'Alain Cronier pour les aspects traitement plan de vol et travaille en étroite symbiose avec Dominique Alvarez qui est toujours resté au plus près de ces aspects du CAUTRA. Les ingénieurs des travaux sont maintenant enrôlés dans l'écriture des programmes : Claude Candillier, Alain Juran ou encore Michel Calvet qui prend notamment en charge l'adaptation du CAUTRA III pour le DACTA, système d'automatisation du contrôle aérien brésilien. A cet effet, il revoit tous les logiciels, organise la documentation et remplace peu à peu Dominique Alvarez pour un certain nombre de participations à des groupes d'études internationaux, Ce dernier est en effet obligé de déléguer des responsabilités, administratives et techniques : l'ampleur du nouveau système ne permet plus qu'il puisse, comme auparavant, contrôler tous les travaux et les activités du centre dans leur moindre détail. C'est la fin du temps des pionniers et le centre, au niveau de son fonctionnement humain, se normalise²⁵. Les récits de ces acteurs sont riches d'informations pour qui se demande comment se crée un "style", une manière particulière de penser, de voir et d'agir au sein d'une institution. Sous certains aspects, leur travail est solitaire : ils consultent les documents, fouillent dans les archives, s'initient par la pratique au CAUTRA et au calculateur. Les travaux qu'ils produisent sont soumis au chef du centre qui les critique, les annote, les commente oralement. Ainsi, ils apprennent peu à peu une manière de penser, de voir et d'agir, mais aussi de produire de la technique. C'est de cette manière également qu'ils se familiarisent avec le CAUTRA : la documentation est lacunaire et l'évolution du système la rend toujours dépassée et comprendre le CAUTRA et son langage nécessite une rude initiation : des heures de travail solitaire, mais aussi un glanage des informations au travers de séances de travail ou au cours de conversations de couloir ou de repas partagés. Nous verrons plus bas, et plus en détails dans le prochain chapitre,

²⁵. Comme l'explique Dominique Alvarez, la structure d'autorité du CENA ressemble à un râteau, avec des boîtes individualisées qui sont toutes directement liées au chef du centre.

comment le CENA va tenter de formuler et de formaliser, dans des textes méthodologiques, ce "style", ce cheminement particulier. Mais avant cette phase, ce sont les hommes qui constituent le vecteur essentiel d'apprentissage du CAUTRA.

"J'essayais quand même de faire régner une ambiance de travail qui soit satisfaisante, celle que j'avais connue : une ambiance de confiance. Les gens ont une certaine compétence et on leur fait confiance. Si ils se trompent, on en discute avec eux. Au niveau technique, de toute façon, je n'avais plus le temps de voir les choses en détail et je me réservais la partie système parce que c'était celle que je connaissais le mieux. Mais le traitement radar, il y avait longtemps que je n'avais plus les compétences pour aller discuter du détail. Par contre, au niveau des mesures que l'on pouvait prendre, de discuter les résultats, de savoir quelles applications on en faisait... Ca oui. J'estimais que ça rentrait dans mon rôle de passer du temps à discuter avec mes ingénieurs" ²⁶.

Le digitatron.

Cette période qui va de 1971 à 1974 est marquée, pour le CAUTRA, par une succession de difficultés de fonctionnement, puis de reprises en main provisoires auxquelles succèdent de nouvelles difficultés. La mise en service opérationnelle généralisée du DIGITATRON en juin 1973 va définitivement, pour l'administration mais aussi pour les contrôleurs, consacrer l'image d'un CAUTRA faillible.

S'il est un outil qui concrétise et résume dans sa matérialité le sens du CAUTRA, c'est bien le *DIGITATRON*. On peut situer son origine au début des années 1960 avec la réflexion amorcée sur l'interface contrôleur-calculateur. Son nom de baptême est un hommage à Robert Escarpit qui, dans *Le Littératron* tournait en dérision les ingénieurs. La télévision assistée fut, on l'a vu, le premier système expérimenté avant que le clavier aux touches présélectionnées ne lui succède. Dans ses premières versions, ce clavier était associé à l'impression d'un petit compte-rendu pour les contrôleurs. Une série d'expérimentations dans ce sens ont permis aux concepteurs de se rendre compte que :

²⁶- Entretien avec Dominique Alvarez

"voir que sortir du papier n'était pas viable pour le contrôleur et qu'il valait mieux envisager des visualisations"²⁷.

C'est de cette réflexion que sortit le premier "clavier-visu." La structure arborescente du raisonnement du contrôleur avait, en outre, suggéré l'idée de lui présenter des champs sur un écran tactile qu'il pourrait modifier directement. Aujourd'hui où l'écran tactile est un compagnon de plus en plus présent de notre quotidien, la nouveauté que représenta le *Digitatron* pour l'époque est difficile à éprouver.

En fait, le *Digitatron* systématise et étend un système déjà expérimenté dans les salles de contrôle britanniques, le "*touch display*", qui affichait en bas de l'écran les indicatifs que le contrôleur pouvait modifier, directement, par le doigt. Dans le dispositif conçu par Dominique Alvarez, tout l'écran qui devient interactif. Un cadre est fixé sur la face avant du tube cathodique d'un visualisateur. Les sources lumineuses et les cellules photoélectriques sont disposées en alternance sur les quatre faces internes du cadre. Cet écran montre des éléments modifiables des plans de vol et le contrôleur peut, par simple toucher, le modifier. Cette désignation coupe un faisceau vertical et un faisceau horizontal et la détection de ces deux interruptions renseigne le CAUTRA sur les coordonnées du point désigné. Celui-ci réagit en proposant différentes modifications sur une ligne réservée au bas de l'écran. Les fonctions du *Digitatron* sont multiples mais sa principale visée est l'assistance à la coordination. Il intègre notamment toute une réflexion sur le thème essentiel du choix des informations pour le contrôleur, mais aussi pour le système. Pour le premier, le calculateur ne lui présente que des informations "utiles", soit à sa demande, soit que le transfert de l'avion d'un secteur à l'autre l'exige. A ce moment en effet, le *Digitatron* affiche un message pour le contrôleur lui rappelant qu'il a une coordination à faire. Grande différence par rapport aux autres systèmes contemporains, le CAUTRA ne contraint pas le contrôleur à indiquer au calculateur les modifications au sein du secteur mais veille avant tout à ce que les conditions du transfert soient bien déterminées et que, au moment du transfert, le CAUTRA soit renseigné afin de pouvoir imprimer un strip à jour sur le secteur adjacent.

Le *Digitatron* est une pièce essentielle pour le devenir du CAUTRA., notamment pour la réalisation des coordinations automatiques. De plus, il fait rentrer le système dans une phase beaucoup plus avancée de l'automatisation réunissant l'ingéniosité des concepteurs et la pensée ergonomique des psychotechniciens. Cette dernière apparaît en effet sous deux aspects : la présentation de l'information conformément à "l'arbre" qui

²⁷. Entretien avec Dominique Alvarez

traduit le processus de résolution et de décision du contrôleur ; de plus, il mise sur la possibilité que la désignation digitale puisse remplacer le processus de mémorisation, d'appropriation des informations déclenché par l'écriture sur le strip (l'aspect extéroceptif de la mémorisation). Ce dernier toutefois n'est pas remplacé par une image électronique et reste le support principal de l'information sur le trafic, mais le *Digitatron* expérimente la possibilité ultérieure de strips électroniques. Il est fidèle en cela à la méthode (au cheminement) spécifique du CAUTRA : alléger la tâche du contrôleur sans augmenter la charge de travail et préparer le système pour les phases suivantes d'évolution.

Le *Digitatron* est, dans un premier temps, expérimenté avec succès sur quelques positions et un bel avenir lui semble promis. Mais les circonstances vont le transformer en un objet problème. Entre temps, la crise sociale la plus marquante de l'histoire du contrôle est intervenue. Dans des circonstances décrites par Pascal Siskind²⁸, un mot d'ordre de grève partielle durement sanctionné (à cette époque, les contrôleurs n'avaient pas le droit de grève) avait évolué en conflit ouvert entre les contrôleurs et l'administration. Cette dernière avait déclenché, comme elle l'avait déjà fait en 1968, le Plan Clément Marot, c'est-à-dire un dispositif substituant le contrôle militaire au contrôle civil. C'est donc sous la responsabilité du contrôle militaire qu'advint la seule collision en vol (entre deux avions espagnols) sur le territoire français le 5 mars 1973. Il n'est pas question dans cette histoire du CAUTRA de commenter cet événement qui se répercuta, en ce mois de mars, sur l'ensemble du système aéronautique en France en l'air comme au sol mais de montrer comment il va intervenir de façon décisive dans l'histoire du système informatique. Car l'administration et les responsables de l'automatisation vont en effet décider de profiter de cette interruption du contrôle civil pour mettre en service, au retour des contrôleurs, la nouvelle salle du CCR Nord (dite "le cube"), moderne et, précisément équipée des *Digitatrons*. Cette décision introduit une discontinuité notable dans le processus, jusque là toujours évolutif, de l'automatisation du contrôle. En effet, non seulement les premiers *Digitatrons* ne sont pas très au point (des problèmes de parallaxe embarrassent la désignation précise par les contrôleurs) et les contrôleurs peu familiarisés mais le calculateur est brusquement beaucoup plus chargé, ce qui est à l'origine de nouveaux incidents. Le principe du *Digitatron* avait été conçu au CENA mais c'est le STNA qui a la responsabilité de l'industrialisation et cet incident va contribuer à détériorer les relations entre les deux services. Beaucoup d'ingénieurs tirent encore aujourd'hui des leçons de cet événement et redoutent le phénomène similaire que pourrait susciter une mise en place trop brutale de la nouvelle

²⁸- Pascal SISKIND, op. cit.

position du contrôleur, PHIDIAS, objet contemporain des études et des expérimentations de l'institution. Un contrôleur résume le climat de cette période :

"Augmentation du trafic. Deux fois cent nouveaux contrôleurs dans la même année. Les deux salles du CCR Nord qui marchaient simultanément. Un CAUTRA en panne en permanence, vous saupoudrez ça de conflits sociaux..."

UNE ALTERNATIVE AU TRAITEMENT RADAR DU CAUTRA

Nous avons longuement insisté dans le premier chapitre sur l'importance que nous accordions aux circonstances institutionnelles qui ont présidé à la mise en place de CAUTRA. L'épisode du centre d'Aix avait déjà montré qu'un conflit latent pouvait resurgir dès que l'occasion s'en présentait. L'affaire des MULTI 20 nous apparaît comme une nouvelle manifestation de cette situation institutionnelle initiale.

L'introduction du radar secondaire avait fait l'objet, de la part des ingénieurs du CENA, d'études prospectives, mais, jusqu'aux premières expérimentations de corrélation, le radar ne faisait pas partie du système informatique en tant que tel. Les questions relatives au radar restent la prérogative du STNA qui choisit les matériels, mène les études à court terme, arrête les choix techniques. La corrélation des données plans de vol et des données radar est une opération techniquement délicate. Du point de vue de la programmation bien entendu et du système d'exploitation, mais également du point de vue de la visualisation et de l'interface. Les "étiquettes" affichant, grâce à cette corrélation, le maximum d'informations sont difficiles à intégrer sur l'écran radar. Souvent, elles se chevauchent, ce qui perturbe le travail du contrôleur. De plus, le traitement radar devient tributaire du système informatique et de ses pannes dans le contexte d'instabilité socio-technique que nous venons de décrire.

Face à cette situation, les responsables du STNA, dont une part de la responsabilité totale du radar est retirée du fait de son entrée dans l'automatisation, imaginent de mettre en place un système de secours. Or les techniciens de ce service utilisaient alors un petit calculateur (un MULTI 8) comme outil d'analyse pour évaluer ce qui sortait des dépôts radar, système qui produisait une visualisation radar, ce qui donna l'idée au STNA d'utiliser. Cette image comme secours pour remédier aux déficiences du CAUTRA. Des ingénieurs du STNA se lancent donc dans l'aventure informatique en concevant, de façon tout-à-fait indépendante de l'équipe du CENA, un petit système de

traitement radar (avec un ordinateur un petit peu plus puissant mais de même type : le MULTI 20). Ils utilisent pour ce faire le centre de calcul d'Athis Mons où ils croisent les ingénieurs et techniciens qui travaillent sur le CAUTRA sans, cependant, échanger d'information.

L'opération MULTI 20 permet aux contrôleurs d'avoir un secours ou, éventuellement dans certains centres (Aix en Provence par exemple), de le connecter, grâce à un bouton au niveau de la visé, lorsqu'ils ont un doute sur la visualisation principale donnée par le traitement du CAUTRA III. A l'instar du CAUTRA III, le MULTI 20 fait une poursuite multi radars. Le système fonctionne assez bien d'autant qu'il n'est pas corrélé au plan de vol et se contente d'afficher le code radar secondaire et le niveau. La réussite et, sans doute, le coût raisonnable de cette opération, auront des conséquences très importantes sur l'histoire du CAUTRA. Les responsables du STNA en tirent la conclusion que le problème du traitement informatique des données radar s'avère finalement assez simple et ne nécessite pas une "usine à gaz"²⁹ telle que le CAUTRA III. Autre aspect qui s'avérera fondateur, le STNA travaille pour ce projet "en régie" avec des industriels qui ont en fait la maîtrise technologique du projet, ce qui laisse penser qu'un dispositif socio-technique laissant plus de place et de responsabilité à des contractants extérieurs, formule traditionnellement employée par le Service Technique et correspondant à sa vision du monde et de l'institution, est tout à fait adaptée aux problèmes relatifs à l'informatisation du contrôle aérien. Enfin, le MULTI 20 est un ordinateur d'une génération qui préfigure les "mini-ordinateurs". Il n'est pas universel (c'est-à-dire pouvant faire à tout moment tous types de calcul) mais, grâce aux tout nouveaux microprocesseurs qui rentrent alors dans le monde informatique, microprogramme, c'est-à-dire, à cette époque, que son usage est dédié strictement à des fonctions pré définies.

Plus généralement, cet épisode montre l'intérêt de penser l'évolution des technosciences en termes de territoire. En même temps qu'il s'implante dans un terreau originaire qui modèle ses caractéristiques de base (et nous avons montré que ces composantes sont fondamentales pour son évolution ultérieure), un système technique, non seulement doit s'adapter au milieu mais le modifie à son tour contribuant à créer son territoire, c'est-à-dire un "monde" spatial et temporel qui permette son développement. Penser en termes de territoires, c'est penser en termes de frontières et de partage du pouvoir. Devenu un élément limite, frontière entre le service technique et le Centre d'expérimentation, le radar devient à la fois l'objet d'une controverse technologique et un enjeu de pouvoir. L'existence, au début des années 1970 de deux systèmes de traitement radar sur la

²⁹- Entretien avec un ingénieur du STNA.

position de contrôle, concrétise cette situation technique et politique et annonce une nouvelle phase, plus tourmentée, dans le développement du CAUTRA.

Ainsi se prépare une crise : la convergence progressive de problèmes hétérogènes (techniques, sociaux, institutionnels) qui évoluent avec des temporalités et sous des modes différents vers un point critique à partir duquel tout bascule. Le choix de ces éléments qui affluent, de plus en plus nombreux, vers ce point critique est le résultat d'un cheminement personnel (un travail de recueil, de tri et de présentation des informations !) au travers des témoignages et des **interprétations** des acteurs. Chacun situe la cause du point de vue (technique, institutionnel, social ou politique) qui est le sien. Chacun en détermine la temporalité en fonction de son entrée dans l'institution et de la façon propre dont il hiérarchise les événements. Cette mémoire, diffuse, multiforme, souvent contradictoire du CAUTRA, nous avons voulu la traduire en histoire. Mais dans la construction de ce récit, qui comme tout récit historique est aussi fiction parce que reconstruction à partir de traces, nous avons résisté à la tentation historienne qui est de subsumer sous une cause, un processus ou un facteur unique, l'historicité. Chercher les causes, c'est précisément ce que va tenter de faire l'administration en lançant une série "d'audits" du système : la crise, tout naturellement, débouche sur la critique et fait passer le CAUTRA sous les fourches caudines de l'expertise.

LE CAUTRA III SOUS LES FEUX DE LA CRITIQUE

La DNA, conseillée par le STNA, décide de mettre en branle une évaluation du CAUTRA. Le directeur de l'époque revendique des positions libérales, vent qui gagne la France de 1974. Il revient en outre d'une mission aux Etats-Unis de laquelle il retire la conviction que la fiabilité pour la technique et le "*management*" pour les êtres humains sont les clefs de la réussite du système américain :

*"A grands traits, la conclusion globale qui semble s'imposer est que, sur le plan technique, et notamment celui de l'automatisation, le système américain est en retrait des réalisations française, mais que son efficacité unitaire est plus élevée cependant par une **fiabilité** remarquable de ses composants (équipement) et un "**management**" particulièrement efficace de l'ensemble du personnel, depuis le*

recrutement, la formation et les qualifications, jusqu'aux méthodes de travail détaillées pour l'exercice du contrôle du trafic" ³⁰.

Il faut évaluer le CAUTRA mais qui et comment ? Le problème est sérieux, car le système est extrêmement spécifique et ses artisans des spécialistes pointus internationalement reconnus. L'agence Eurocontrol avait bien, en 1971, effectué une "mission d'information" sur le CAUTRA, précise et circonstanciée mais essentiellement guidée par la recherche d'éléments pouvant améliorer le MADAP. A l'époque, même si les deux systèmes entretenaient (et entretiennent toujours) une légendaire rivalité, il ne s'agissait pas de jugement mais d'une mission d'information. La DNA décide de confier des missions d'évaluation du CAUTRA III à deux sociétés de service informatique (SSII). Le choix n'est pas fortuit, car l'idée est déjà en l'air que les systèmes informatiques devront, sous la responsabilité du STNA (puisque le CENA est déjà destitué de ses prérogatives informelles de responsable du CAUTRA opérationnel), collaborer avec l'administration pour la programmation du CAUTRA :

"Le fait d'envisager l'appel à un consultant ne signifie pas pour autant que la Direction de la Navigation Aérienne se dessaisisse de ses prérogatives de maître d'œuvre de son système informatique ; il s'agit bien au contraire de susciter la critique technique impartiale, seule génératrice de progrès" ³¹.

Les jugements que porteront finalement les témoins sur les résultats de cette consultation sont en général tranchants, l'un deux (émanant pourtant d'un des responsables essentiels de cette décision) les résume tous :

"Deux sociétés ont expertisé : l'une a dit que c'était très bien, magnifique et l'autre disait que tout était lamentable et à refaire. En fait, l'une ne voulait pas heurter le CENA et l'autre voulait s'approprier le marché " ³².

En fait, le problème est difficile car, à cette époque moins que jamais, qui peut être expert en matière de système informatique temps réel appliqué à la navigation aérienne, sinon des gens qui ont été nécessairement impliqués, soit dans le CAUTRA lui-même, soit dans un projet comparable et donc, rival. L'expérience respective des deux sociétés légitime pleinement le choix (réduit) de la DNA. D'ailleurs, elles ont bien des points communs : SESA Automation a été créée par Jacques Stern en 1964, ancien

³⁰- J. LEVEQUE, *Compte rendu d'un voyage aux Etats Unis*, 6/12/1973. Archives DGAC

³¹- Lettre de Jean Levêque au Directeur Général de l'Aviation Civile, 1973, archives CENA;

³²- Entretien avec un ingénieur du STNA.

ingénieur de l'armement et responsable du STRIDA qui fournit régulièrement des études au CENA. ECA AUTOMATION fut elle aussi créée par un ancien ingénieur de l'armement, Pierre Thellier, qui, après un long voyage d'étude à San Diego (où il s'initie aux règles de programmation et d'organisation de la production des systèmes techniques d'Outre-Atlantique), organise un "Centre de Programmation de la Marine" avant de créer sa propre société (ECA Automation) qui assumait d'ailleurs la responsabilité technique de ce centre. C'est là où ECA a forgé son expérience du traitement radar avec le SENIT, système de défense anti-aérien de la Marine Nationale. Elle peut également se prévaloir d'une part importante dans la conception des logiciels du MADAP, centre de contrôle de Maastricht, projet, nous l'avons déjà évoqué, traditionnellement qualifié de "concurrent" du CAUTRA (mais, en période de crise, une concurrence loyale peut facilement se tourner en féroce rivalité). Plus généralement, ECA se place sur le créneau des grands systèmes temps réels. SESA AUTOMATION fonde, elle, sa légitimité, sur l'expérience de Jacques STERN au travers du STRIDA et sur une collaboration, sporadique mais fructueuse, avec le CENA qui lui sous-traite l'étude de problèmes précis.

La naissance des SSII marque un moment important dans le monde de l'informatique. Elle avale comme elle creuse la distinction entre le traitement des questions "*hardware*" et "*software*". Les logiciels, avec l'évolution des langages de programmation et la multiplication des applications de l'informatique, sont devenus de plus en plus indépendants du matériel. Cette évolution se traduit en termes économiques (alors que le coût du matériel décroît, celui des logiciels amorce une courbe exponentielle), mais aussi dans l'organisation du travail et la séparation des rôles au sein de la communauté informatique. Dans ce domaine comme dans d'autres, la France a pris un peu tardivement le pas sur les Etats Unis et les SSII sont encore peu nombreuses à se partager un marché prometteur. Avec elles émerge une nouvelle population qui ne va cesser de croître : les informaticiens professionnels et ce tournant coïncide avec le début de formations spécifiques en informatique.

A la confiance parfois aveugle, ou feinte que certains accordent aux expertises, s'oppose comme symétriquement le manichéisme de ceux qui les tiennent systématiquement en suspicion. Aux prétentions d'objectivité des uns, les autres ont une nette tendance à opposer un féroce relativisme qui remet en cause, avec acharnement, toute existence possible de faits. Nous voudrions, en cette part du récit, tenter une autre approche qui s'apparente à celle développée par Nicolas Dodier sur "l'expertise médicale" :

"Comment rendre justice à la complexité des jugements sans rejeter les cheminements des juges dans les régions obscures de la contingence, de l'arbitraire, de l'informel ou de ces stratégies secrètes issues des profondeurs de l'expert dans lesquelles la verve critique des sociologues va généralement puiser les facteurs sociaux ? Comment dire en quoi consistent les jugement empiriques, concrets, autrement qu'en formulant un modèle de raisonnement et en marquant les distorsions que la réalité des actes humains ferait subir à cet idéal ? Comment en somme éviter le verdict dualiste sur les actes des experts ? (...) Ainsi, nous a-t-il été permis d'esquisser quelques réponses à l'énigme du jugement, cette activité qui n'est pas pure sans être arbitraire, qui ne consiste pas à appliquer un corpus de règles mais qui pourtant se réfère à des règles, qui n'est pas formelle sans être informelle, qui n'est pas contingente tout en étant soumise à la singularité des cas" ³³.

Car quelle que soit son origine institutionnelle, l'expert n'est jamais "ni tout à fait neutre", ni au service d'une cause ³⁴. Des sociologues des techniques en mal de champs d'action pourraient proposer une "expertise" systématique des experts afin de recontextualiser leur discours et démêler, enfin, le bon grain de l'ivraie. Mais, d'une part, le mouvement serait infini car "l'objectivité" du sociologue resterait, elle aussi, à évaluer... Favorable aux statistiques de chômage des chercheurs en sciences humaines, ce processus infini serait de peu d'utilité pour ceux qui, non seulement commandent, mais ont besoin d'expertises pour prendre, ou appuyer, leurs décisions.

Car l'expertise est liée à l'action plus qu'à la réflexion, au court plus qu'au long terme. Ce problème est crucial dans la société contemporaine où le recours à l'expertise est généralisé (et devenu, par la même, un objet sociologique central) mais il est particulièrement brûlant dans les champs sociaux où se joue la sécurité des personnes et, a fortiori, leur vie et leur mort³⁵. D'autre part, le problème est que le mélange que produit l'expertise n'est pas celui d'éléments insécables (le bon grain et l'ivraie, le bien et le mal, le vrai et le faux, le nécessaire et le contingent). Ces dichotomies sont de peu de soutien pour comprendre le processus d'expertise car, s'il s'agit de mélange, c'est de liquides ou plutôt de viscosité dont il faudrait parler. L'histoire peut sembler, parfois, provoquer une certaine décantation et le devenir concret des objets ou questions

³³- Nicolas DODIER, *L'expertise médicale, Essai de sociologie sur l'exercice du jugement*, Paris, Métaillié, 1993, P. 273.

³⁴- Cf. Ibid. p. 273-281

³⁵- Nous entamons, dans un travail parallèle, une histoire de l'expertise dans le monde de l'aviation civile dans son lien avec la notion de sécurité

techniques expertisées paraître autoriser un jugement rétrospectif. Mais c'est sans compter que, la plupart du temps, l'acte même d'expertise est actif, transformant irréversiblement le processus et produisant de nouvelles bifurcations.

Le lecteur aura compris que, partant de ce type d'analyse, il n'est pas question pour nous d'adopter un quelconque point de vue de Sirius ni même à notre tour de juger des verdicts que le temps, la vérité ou l'histoire permettraient de confirmer ou d'infirmer. Notre histoire n'est pas récurrente mais s'attache à l'historicité. Dans notre exposé, les rapports d'évaluation des SSII seront constamment mis en relation avec le rapport déjà cité rédigé par Dominique Alvarez : "*Relations entre le CENA et les centres d'exploitation dans le cadre de l'automatisation du contrôle*". Ces trois documents seront étudiés sur le même plan comme ceux d'un "expert" **de l'intérieur**, un expert **allié** et un expert **antagoniste**.

Car, ce qui ressort après de multiples lectures, de cette mise en regard, ce sont des **faits** et un **relatif consensus** sur la nature du système, sur les causes de ses défaillances comme sur les solutions à adopter. Les rapports d'évaluation comportent trois composantes essentielles : une description du système, un verdict sur son efficacité avec les causes de ses défaillances et un avis sur son devenir possible et souhaitable à court et moyen terme.

Premier point consensuel : malgré le CAUTRA, le système de contrôle reste fondamentalement inchangé. Le strip reste l'outil essentiel du contrôleur, au détriment du radar dont la sophistication n'a pas encore permis l'augmentation en capacité attendue. Sur ce point, critique, Dominique Alvarez est le plus clair :

"L'automatisation du contrôle n'a pas encore modifié de manière profonde les processus de travail des contrôleurs. (...) Actuellement, l'automatisation se limite au tri, à l'acquisition, à la corrélation et à la présentation des informations utiles. L'exécution est réalisée suivant des processus en vigueur dans les centres manuels. (...) Les communications jouent un rôle très important, probablement beaucoup trop important maintenant, compte tenu de l'enrichissement de la présentation radar renseignée. (...). Malgré un emploi systématique de plus en plus grand, le radar n'a pas permis l'augmentation de capacité de contrôle

considérable qui en était attendue"(...) "L'absorption de l'augmentation du trafic se fait toujours par la division en secteurs"³⁶.

Et ailleurs, plus clairement encore :

"On peut constater que les améliorations techniques n'ont pas entraîné un accroissement substantiel de capacité. La capacité du système est encore très dépendante de la capacité d'absorption de la cellule élémentaire de contrôle (nombre de vols en compte sur la position)" .

A la fois constat et cause du point précédent : *"les contrôleurs ne sont pas engagés dans l'automatisation" (SESA)*. Par exemple, *"Les strips sont mis à jour dans la mesure où cette mise à jour est effectuée par les contrôleurs "*. (...) *"Les contrôleurs, actuellement, se contentent d'exploiter les informations reçues du système mais refusent de travailler pour lui même de façon très légère, par exemple en lui signalant les aéronefs qu'ils prennent en contrôle ou en effectuant une mise à jour systématique des plans de vol" (ECA)*. Mais à partir des constats convergents, les conclusions divergent : Pour SESA, ce point critique n'invalide pas que le système apporte *"une aide importante dans le contrôle de plus de 700 000 mouvements par an"*, alors que pour ECA : *"Le système ne fait que réduire le travail du contrôleur et n'améliore pas la Sécurité Aérienne"*.

Sur les causes manifestes de la crise, les experts restent d'accord : les pannes révèlent les failles du système. Le rapport d'ECA souligne leur occurrence (450 entre janvier et novembre) et remarque que les incidents, *"sensiblement proportionnels au trafic traité"* relèvent de causes structurelles. "Pour SESA en revanche, les pannes sont des *"erreurs de jeunesse"* et les efforts du CENA devraient déboucher, pour 1974, sur une *"fiabilité correcte"*. ECA remarque aussi cette évolution mais qu'elle qualifie de surprenante avec *"des méthodes de travail aussi discutables"*.

Pour rendre compte de ces pannes, un nouvel argument rassemble une fois de plus les experts : les logiciels sont insuffisamment testés. Pour le CENA, comme pour SESA, ce phénomène a une double origine : la contrainte d'urgence et la déficience en moyens. SESA souligne *"la multiplication des problèmes quotidiens qui permettent difficilement d'avoir autre chose que des objectifs à court terme"* (Le CENA construit des tableaux

³⁶- Pour ne pas briser le style que nous avons choisi pour mettre en regard les différentes expertises, nous nous contenterons de citer les auteurs entre parenthèses. Mais les références exactes sont disponibles pour tout lecteur tenté par une relecture de cette relecture.

de fonctionnement du CAUTRA depuis le début de l'année 1973 et les commente : *"On constate que, bien que 80% des modules du traitement radar aient été modifiés, que les programmes d'interconnexions aient été incorporés, deux des anomalies software ayant entraîné un arrêt CAUTRA sont les conséquences de ces travaux. Et en fait, ces anomalies auraient été détectées à coup sûr si les essais nécessaires avaient pu être conduits, le manque de moyens d'essais ne l'ayant jamais permis"* (Alvarez).

A ce propos, un ingénieur du CENA évoque aujourd'hui son sentiment de l'époque : *"Ce qu'on pouvait reprocher au CENA à l'époque était une insuffisance de personnel travaillant sur le CAUTRA, il n'y en avait que très peu. Ce qu'on aurait souhaité, nous les IEEAC, c'est qu'il y ait suffisamment de gens et qu'on fasse une équipe"* Cet argument est présent dans l'expertise SESA : *"(...) la définition et la mise en place de moyens d'expérimentation plus importante, indépendante mais faisant intervenir tous les services assureraient aux matériels et au software la qualité opérationnelle recherchée"* et développé par ECA qui souligne un *"manque de personnel informatique"* et prône *"un système d'évaluation plus complet"*.

Mais les constats divergent sur le protocole de tests à mettre en œuvre ou, plus largement, sur la définition d'un test. ECA préconise (...) *"de tester les programmes avec une sollicitation plus forte"*, notamment *"en créant un modèle de simulation de l'environnement."* Pour ECA, un test est un produit technique transposable d'un système à l'autre et qui existe déjà sur le "marché, ce qui devrait inciter le CENA *"à ne pas refaire des études déjà réalisées par ailleurs"*. Dominique Alvarez critique implicitement cette approche car, pour lui la multiplication des essais ne résout pas tout car : *"Les essais ne peuvent pas permettre de balayer tout le domaine des variations possibles de tous les paramètres conditionnant la vie d'un système réel"*. La validation, pour lui, n'est pas une succession de tests et de recettes (un dispositif strictement technique) mais un processus qui comprend et engage la participation de tous : concepteurs, personnel de maintenance et d'adaptation comme utilisateurs : *On voit donc la nécessité de réunir périodiquement tous ceux qui s'estiment concernés par la vie du système de contrôle, de manière à faire la chasse aux problèmes et aux idées nouvelles, en particulier des premiers intéressés, les contrôleurs et leur encadrement direct* (Alvarez). Les tests ne sont qu'un élément dans une conception de l'expérimentation au sein d'un laboratoire-monde.

Divergences également sur les causes de cette déficience en moyens. Pour le CENA ou la SESA, c'est l'absence de crédit (dans tous les sens du terme) qui est en cause alors

que pour ECA les investissements effectués sont tout à fait raisonnables : *"Le volume total de personnel affecté à la réalisation du système est comparable aux moyens mis en œuvre pour des systèmes analogues tels que MADAP ou KARLDAP qui utilisent plus de personnes pendant moins de temps en réalisant un système figé pendant quelques années"*. Pour cette société en effet, l'absence de moyens n'est pas imputable à l'indigence, mais, au contraire, au luxe. Les moyens mis en œuvre outrepassent largement les besoins du CAUTRA opérationnel *"Le Digitatron est utilisé en dessous de ses possibilités comme un simple clavier"*, *"Le matériel est trop luxueux pour l'utilisation qui en est faite"*, l'argent est dépensé dans des projets qui n'aboutissent jamais. L'appréciation de SESA est plus circonscrite : *"Historiquement, les Digitatrons étaient destinés principalement à l'automatisation des coordinations intersecteur. Une réalisation a d'ailleurs été faite à une certaine époque. Cependant, plusieurs raisons, parmi lesquelles la difficulté de passer ex abrupto à un stade de fonctionnement aussi automatisé, ont conduit à limiter l'emploi actuel des Digitatrons à la réalisation de certaines fonctions simples"* (SESA). Les deux experts évaluent mais de manière différente, un phénomène commun : le CAUTRA n'est pas un concept préétabli mais un devenir. Nous arrivons, à ce point de notre analyse, à un point nodal des expertises qui touche à la singularité même du CAUTRA.

Un système évolutif.

Le CAUTRA est un système construit sur un principe évolutif. Cet aspect a été suffisamment abordé d'un point de vue général pour qu'il ne soit pas besoin d'y revenir explicitement, bien qu'il apparaisse constamment dans les différentes expertises. Ce que visent, d'ailleurs, ces dernières, c'est plutôt l'expression, ou mieux, la traduction de ce trait dans les logiciels et dans la pratique de programmation : *"La structuration des algorithmes est une arborescence de plus en plus ramifiée (...). Dans une telle structuration, il est possible de prévoir dès le départ la place des bourgeons qui donneront naissance aux branches ultérieurement, les travaux de développement consisteront donc à développer les branches en question"* (Alvarez).

La figure de l'arbre est aux fondations de l'imaginaire informatique, mais Dominique Alvarez tire à l'extrême cette métaphore du vivant par un trait particulier : l'imprévisibilité : *"Compte tenu du domaine abordé, s'il paraît possible d'analyser l'état de départ, il est très difficile, voire même impossible de décrire les nouveaux états que peut créer l'automatisation et qui servent de point de départ à de nouveaux*

développements. *La mise en œuvre ne peut être que progressive et la programmation doit être structurée en conséquence*". En fait, le CAUTRA n'est pas un concept technique à l'arborescence prédéfinie mais la rencontre, et qui passe par des épreuves sans cesse renouvelées, de deux organismes vivants : le système informatique et le "système opérationnel" :

"Un système opérationnel n'est jamais figé. En admettant même que le gel des algorithmes de traitement pendant des périodes importantes soit une contrainte acceptable, ce qui reste à démontrer, le système doit au moins s'adapter, aux changements de contexte opérationnel qui se produisent avec une fréquence non négligeable (par exemple, un changement de route ou de moyen radio en moyenne par mois). Il en est de même de la configuration opérationnelle des moyens du centre" .

Cet aspect est intégré dans l'analyse de SESA : *"En fait, le système qui nous est présenté à l'heure actuelle n'est pas la matérialisation fidèle d'un concept "système" telle qu'elle aurait pu résulter d'un développement autonome, mais le résultat d'une évolution continue menée délibérément en ambiance opérationnelle qui, pour chaque partie du système, a donc dû résoudre au mieux à chaque instant les problèmes rencontrés lors de la mise en œuvre avec la nécessité impérieuse d'assurer la continuité de l'exploitation"* . C'est sur un autre ton qu'ECA note cette caractéristique : *"Le système est en perpétuelle transformation"*, ce qui est vécu comme une gêne pour l'expert : *"Le système n'est pas figé, ce qui rend son étude malaisée"* (ECA). Ou, à propos du moniteur (dit MONSTRE) : *"Celui-ci doit être fiable et parfaitement figé; or, on constate que le moniteur CAUTRA est en évolution permanente. Il est difficile d'évaluer le nombre de modifications qui y ont été apportées depuis sa mise en service"*. Au lieu d'évolutif, le CAUTRA devient inachevé : *"Il apparaît que le système ne peut être considéré comme en service opérationnellement mais plutôt comme en cours de mise au point"* (ECA) ; d'itérative, la progression du CAUTRA devient erratique : *"Le CAUTRA n'a pas d'objectif nettement précisé dès le départ mais une longue évolution dans la conception du système"*. Puis, plus radicalement : *"N'ayant aucun but à atteindre, on peut répondre simplement que tous les moyens consacrés au CAUTRA sont superflus et inutiles"*. Cette dernière formule a marqué les mémoires. Un acteur de l'époque en cite aujourd'hui la substance : *"Le système n'ayant aucun objectif à atteindre, on considère qu'il l'a atteint"* avant de conclure non sans gravité : *"Je pense que beaucoup de gens ont sauté sur la dépouille du CAUTRA pensant qu'il n'y avait rien dedans"*³⁷.

³⁷- Entretien avec un ingénieur de la subdivision informatique.

Pour le CENA comme pour l'expert du SESA, l'histoire et le temps sont constitutifs de la conception d'un système technique, ce qui transparaît à deux niveaux : un **plan** de développement divisé en phases qui projette le système dans un devenir. Mais la planification temporelle est sans cesse réaménagée, car le plan ne peut maîtriser le temps, il n'est qu'un programme, un cadre pour la recherche. Ce qui rythme l'évolution du CAUTRA, c'est son historicité : le contingent se mêle au nécessaire, le social au logique, l'imprévisible au prévisible, l'opérationnel à l'informatique. Cette prégnance de l'histoire n'est pas, pour les experts, l'expression d'une réflexion globale sur l'évolution d'un système technique mais le produit d'une contrainte spécifique dans un système sécuritaire en temps réel : l'exigence de continuité du service. A l'heure où résonne dans tous les recoins du monde informaticien le thème de la "révolution informatique"³⁸, le CAUTRA doit, sans paraphraser Giscard d'Estaing qui, à cette période prend les rênes de l'Etat français, opérer une "évolution sans révolution" : *"La mise en service d'un nouveau programme se fait avec un filet de sécurité si cette version est compatible avec l'ancien, c'est-à-dire si, en cas d'incident avec le nouveau programme, on peut y substituer l'ancien"* (Alvarez). Dans cette formule aux sonorités bergsoniennes, le maître mot est lâché : la sécurité. Le nouveau ne peut s'imposer que s'il se sédimente sur l'ancien et garantit la sécurité, à la fois cause et finalité du système de contrôle du trafic aérien.

Les problèmes qui partagent les experts sont ceux-là mêmes qui divisent les historiens ou sociologues des sciences et des techniques : l'autonomie et le moteur du développement de ces disciplines. Pour ECA, le passé du CAUTRA, le modèle temporel dans lequel il se développe est occulté. Le "truc" du rapport est d'évaluer un système présent, sans tenir compte de son passé ou de son devenir. Bien sûr, pour ECA, un système se développe dans le temps mais guidé par la pure LOGIQUE : *"un système qui n'évolue pas est un système mort mais un système qui évolue chaque jour est un système qui, peu à peu, se dégrade"* (ECA). A l'évolution insensible et imprévisible du vivant, ECA préfère la métaphore d'un temps divisé en étapes bien définies, nettement séparées et déterminées a priori. Bien sûr, les contrôleurs sont indispensables dans la conception du système mais leur participation est soigneusement cantonnée en amont du système technique ou en aval des développements : aux prémices de la conception ou au moment de la diffusion à l'occasion de la recette "usine". Le texte de Dominique Alvarez est une autobiographie du CAUTRA, le rapport de SESA est une mise en histoire permanente des problèmes. L'expertise d'ECA est une réduction du temps au

³⁸- Cf. par exemple Colloque de Cerisy La Salle, *Révolution informatiques*, 10/18, 1970.

présent, ingrédient caractéristique de l'utopie informaticienne. A ce propos, écoutons une fois encore Pierre Lévy :

*"La notion de temps réel, inventée par les informaticiens, résume bien la pointe vive de l'esprit de l'informatique : la condensation sur le présent, sur l'opération en cours. La connaissance de type opérationnel portée par l'informatique est en temps réel. Elle s'opposerait en cela aux styles herméneutiques et théoriques. Par analogie avec le temps circulaire de l'oralité primaire et le temps linéaire des sociétés historiques, on pourrait parler d'une sorte d'implosion chronologique, d'un temps ponctuel instauré par les réseaux informatiques (...) Le temps ponctuel annoncerait, non pas la fin de l'aventure humaine, mais son entrée dans un rythme nouveau qui ne serait plus celui de l'histoire. S'agit-il d'un retour au devenir sans trace, inassignable, des sociétés sans écritures ? Mais tandis que le premier devenir coulait d'une source immémoriale, le second semble s'engendrer lui-même dans l'instant, jaillissant des simulations, des programmes et du flux intarissable des données numériques. Le devenir de l'oralité se pensait immobile, celui de l'informatique laisse entendre qu'il va très vite, quoiqu'il ne veuille pas savoir d'où il vient et où il va. Il est la vitesse"*³⁹.

La documentation

Une autre cause invoquée pour expliquer les défaillances du système est son absence de rigueur et de cohérence. Non seulement les pannes ou incidents perturbent quotidiennement la vie du système mais leur cause est difficile à repérer par manque de documentation." *Au fur et à mesure de la réalisation de nouvelles fonctions automatiques et de la programmation correspondante, le CENA a établi pour son usage propre une documentation des programmes. (...).Malheureusement, cette documentation s'est révélée peu pratique à l'usage car elle n'est pas homogène dans les niveaux de description, certains points étant beaucoup plus détaillés que d'autres, et incomplète. (...) L'absence de structure, de principe directeur, rend cette documentation pratiquement inutilisable pour former quelqu'un sur tel programme. Elle ne peut guère être tenue à jour"* (SESA). Cette documentation lacunaire, les experts ne l'ont pas seulement repérée mais expérimentée, vécue de l'intérieur : "A titre d'exemple, ceci nous a personnellement valu de passer beaucoup plus de temps que prévu pour connaître de

³⁹- P. Lévy, *Les technologies de l'intelligence- l'avenir de la pensée à l'ère informatique*, op. cit. p. 130-131.

façon assez précise comment le système CAUTRA de Paris était constitué et agencé. Ce n'est que par de nombreux regroupements que nous pensons être parvenus à la structure décrite par ailleurs" (SESA).

Pour ECA, le thème de la documentation prolifère dans les moindres recoins de l'expertise. Elle est "*insuffisante*", "*faite par le réalisateur et non "après-coup"*", n'a pas de "*classement logique*". Elle complexifie le travail "*du personnel de maintenance et plus généralement, d'environnement*". Pire, elle conserve des éléments périmés du passé et envisage l'avenir. Les deux experts profèrent le même conseil : "*Il serait sans doute intéressant d'y faire participer les personnels nouveaux, donc en général curieux sur les problèmes qu'ils abordent pour la première fois. On sait en effet combien il est difficile pour celui qui a réalisé tel programme de bâtir une bonne documentation*" (SESA). Le CENA est moins explicitement disert sur le problème de l'aspect lacunaire de la documentation qui s'explique par le manque de moyens mais est compensé par le caractère "auto-documentaire" du langage.

On voit se dresser deux conceptions radicalement différentes de la documentation mais, sur ce point, les alliances se défont : les deux SSII contre le CENA. Pour le second, la documentation est "*comprise dans le langage*", dans la structure de programmation alors que pour les premières, c'est une documentation papier qui pourrait faciliter leur pénétration du CAUTRA. Un expert opère au fond comme un historien, mêlant entretiens, observations et consultation de sources. Mais pour lui la documentation *hardware* et *software* est la formule magique qui permet de rentrer dans la caverne du système. Or la documentation du CAUTRA ne leur permet pas cet accès immédiat qu'ils attendent. Cette possibilité d'un contact direct, sans médiation avec "le système" est un des thèmes fondamentaux de l'imaginaire des informaticiens qui s'exprime aujourd'hui, dans ses expressions les plus radicales avec les "*hackers*", pirates de l'informatique dont les éléments les plus inoffensifs visent, au travers de leurs activités, l'accès au cœur du système, les protections ou verrouillages étant vécues comme une perversion du projet informaticien originaire d'une libre communication. Or, si le CAUTRA leur semble hermétique, mal documenté, etc., c'est que ce système ne leur est pas **adressé** : il est fait **par et pour** des membres de l'institution de la Navigation Aérienne. La mission d'Eurocontrol en 1970 avait déjà noté cette difficulté dans le maniement de l'ASTRE, mais elle apparaît plus nettement encore dans les expertises : "*La documentation (existante) ne peut être utilisée que par quelqu'un qui est parfaitement au courant du fonctionnement du système, du rôle de chaque module*", etc. (ECA).

Cette tendance du CENA à l'autarcie ne transparait pas seulement dans ce domaine mais au travers d'un événement contemporain des expertises. Parmi les multiples remises en cause que connaît cette période de crise, la DNA pose la question de l'opportunité des travaux des "psychos" ainsi que leur présence permanente au CCR Nord. Dans une note consacrée à ce problème, Dominique Alvarez défend leur cause et rappelle leur rôle essentiel, notamment pour la mise en place de la MICUP. Mais il convient en même temps des insuffisances de leurs études, pas suffisamment instruites de technique et à la méthodologie "sentimentale" et qui ne débouchent que sur des résultats "partiels". Selon lui, les études ergonomiques pourront être sérieusement menées

" (...) à partir de l'instant où suffisamment de temps sera consacré à cette tâche, c'est à dire en fait dès qu'une équipe compétente de personnels "aviation civile" traitera à temps plein de ces problèmes"⁴⁰.

Les méthodes de programmation.

Dans ce cheminement labyrinthique que semble être l'évaluation d'un système informatique, les experts vont se heurter à de nouveaux obstacles, c'est-à-dire de nouvelles **différences** : les méthodes de programmation et l'écriture des logiciels. Car en effet, comme un langage informatique qui est plutôt, comme le souligne Philippe Breton, une écriture, est hermétique à ceux qui n'y sont pas initiés, un programme est l'expression d'un style particulier d'un individu ou d'un collectif :

"Un programme d'ordinateur est (...) un texte écrit, destiné à résoudre "interactivement" (l'ordinateur répond et pose des questions), un problème ou un ensemble de problèmes donnés. (...) Ce texte a un auteur, ou une équipe d'auteurs, qui ont leur manière propre de résoudre le problème en question. Un programme d'ordinateur est rédigé dans un style particulier, qui est propre à son ou à ses auteurs. Confiez un même problème à des équipes différentes, ils rédigeront des programmes différents"⁴¹.

Les règles et le protocole de programmation édictés par Dominique Alvarez visent à créer cette communauté d'écriture entre les différents programmeurs. L'équipe doit être le prolongement à un cercle élargi d'une pratique d'écriture, qu'il a longtemps menée de

⁴⁰- D.Alvarez, *Note pour le Directeur de la Navigation Aérienne*, 2 mai 1974. N. CENA 8224.

⁴¹- Philippe BRETON, *La tribu informatique*, p. 35

façon solitaire ou au sein d'un noyau très restreint de collaborateurs. Ces règles visent à faire régner la rigueur, mais aussi la souplesse nécessaire à un système évolutif. Là encore, elles ne sont pas pensées comme universelles mais internes à un collectif réuni et dédiées à un problème commun et spécifique : la navigation aérienne.

Dans ce domaine des règles de programmation, ECA est péremptoire incisive : "*Il faut repenser les méthodes de programmation*", adopter "*des méthodes de travail parfaitement définies et figées*". Le monde de l'informatique exige de se soumettre à l'ordre et à la règle. Mais cette contrainte se traduit différemment selon les pratiques et les collectifs car, comme le remarque Philippe Breton encore :

"L'informatique est un domaine paradoxal car les règles y sont rigoureuses, plus qu'ailleurs sans doute, mais plus qu'ailleurs sans doute aussi, on peut les changer. La seule chose que l'on ne puisse pas changer est le fait que l'on ait besoin de règles, surtout pour communiquer avec l'ordinateur"⁴².

Toute la communauté informaticienne se retrouve sur "l'amour de la règle" mais peut diverger sur la définition de celle-ci. Les critiques d'ECA font en fait résonner une tentative d'instaurer UNE règle ou UNE méthode universelle de programmation, d'évaluation et de mise en service d'un grand système informatique. Ces aspects seront développés dans le prochain chapitre mais on voit déjà que ce qui oppose les différents experts, ce sont deux conceptions du devenir de l'informatique. Pour le CENA, c'est un outil extrêmement puissant qu'il faut adapter au contexte "opérationnel" : une technique. Dans cette figure, l'homme et la machine doivent, avec le temps, apprendre non seulement à s'adapter l'un à l'autre mais se transformer progressivement. Pour ECA, l'informatique vise à l'universel et doit se donner les moyens de devenir une science : ne plus se laisser définir mais définir à son tour. Cette question de type épistémologique rentre en écho avec le problème économique et social de l'industrialisation de l'informatique. Industrialiser l'informatique, c'est faire des logiciels des produits "standard" et conçus au sein d'une communauté partageant les mêmes règles, normes et valeurs : la communauté des informaticiens avec sa méthode, sa hiérarchie propre, son organisation, sa culture. Cette vision, ou plutôt cette visée, de l'informatique traverse de part en part le rapport ECA, notamment lorsqu'il qualifie les acteurs, du concepteur à l'électronicien du CAUTRA : "*Ce ne sont pas des informaticiens mais des contrôleurs ou des élèves qui sortent de l'ENAC*". Ou, encore à propos du personnel dit "de maintenance" qui est surqualifié : "*Il semble excessif lorsqu'un élément daté ne*

42- Ibid, P. 72.

correspond à aucun processus de sortir un message sur le poste de supervision du système donnant en hexadécimal le rang dans la table ou la valeur du mot". Le mal du système est qu'il n'est pas fait par et pour des informaticiens mais par "du personnel de l'aviation civile converti à l'informatique" (ECA). Et lorsque l'auteur se laisse aller à un hommage à l'équipe du CAUTRA, c'est pour immédiatement se reprendre : "Un tel résultat est obtenu grâce à l'extrême compétence du personnel chargé de l'évolution du système ou, plus précisément, grâce à l'étendue des connaissances d'un nombre très réduit d'individus". Les artisans du CAUTRA ne sont pas des "professionnels compétents", membres de la "tribu des informaticiens" ou de la (future) communauté scientifique (selon le point de vue adopté), mais des individus, des sortes d'autodidactes qui ont utilisé l'informatique sans respecter la règle.

La structure d'autorité du CAUTRA

C'est à partir de l'histoire, de la sociologie ou même de l'épistémologie que nous présentons et tentons de démêler les enjeux de cette "querelle d'experts". Mais cette approche n'est pas le seul fait d'un regard "extérieur" un peu plus aguerri aux sciences humaines qu'aux techniques ou aux problèmes de la Navigation Aérienne. Car, tous les experts se retrouvent sur un dernier fait : les défaillances du CAUTRA sont moins le fait de causes techniques que de problèmes humains. Le principal défaut du projet informatique est, pour tous, son organisation, ou plutôt son absence d'organisation.

"Les causes premières de difficultés ne relèvent donc pas toutes du domaine technique. Plus généralement, en effet, la mise en œuvre du système CAUTRA n'a vraisemblablement pas été conduite avec une rigueur suffisante en ce qui concerne l'organisation, la planification, le contrôle, eu égard à la complexité de ce système".(SESA).

Car l'histoire spécifique du CAUTRA le place, au moment où l'informatique prend de l'importance, dans une situation complexe où il semble éclaté entre les différents services. ECA constate le phénomène :

" Nous avons vu au chapitre 3 que le programme d'automatisation repose, en ce qui concerne les organismes de l'Administration, sur le DNA, pour la politique générale et la budgétisation, sur le CENA pour les études et le développement

software, sur les CRNA et cellules CAUTRA pour l'emploi et l'expression des besoins, sur le STNA pour le développement et l'installation du hardware spécifique à cette application " .

En outre, ces entités sont "équivalentes" et il n'existe donc pas clairement de responsable de l'automatisation. L'expertise aboutit donc à la nécessité d'accroître l'efficacité de cette structure par la création d'une fonction de *chef de projet* pour l'automatisation, et "d'une équipe qui lui serait associée pour la supervision" (SESA). Dans cette organisation la structure du chef de projet devra avoir une certaine "indépendance par rapport aux équipes de réalisation". Enfin, cette structure ne doit pas être trop "lourde afin de laisser libre cours à la créativité et à l'imagination" et devra favoriser des groupes de travail mixtes et occasionnels, à l'image des "groupes CAUTRA".

ECA renchérit et, dans son analyse des différents organismes qui interviennent sur le CAUTRA , propose une refonte totale de l'organisation institutionnelle :

*"Après avoir étudié les structures (ou l'absence de structure) existant actuellement, nous analyserons les conséquences des défauts de l'organisation actuelle ". "Le système CAUTRA est en perpétuelle évolution, celle-ci durant depuis 10 ans et ne faisant que s'accélérer. Le système est développé par de nombreux organismes indépendants, leur travail est, **plus ou moins**, coordonné par le CENA qui joue **dans une certaine mesure** le rôle de maître d'œuvre (dans les faits mais non dans les textes" (...). "Il n'y a pas officiellement d'organisme chargé de la programmation et de la mise au point des systèmes". "Le STNA a en charge le hard et le CENA le soft".*

Les programmes sont modifiés simultanément par le CENA et la CII d'une part et, d'autre part par le CENA et les subdivisions informatiques des CRNA.

L'image organisationnelle qui est présentée du CAUTRA est celle d'un magma indifférencié où chacun intervient, sans "coordination" ni "concertation". Cette organisation anarchique est concrètement traduite dans les programmes dans un système en évolution permanente : "Le CENA réalise des modifications importantes, les CRNA le font au jour le jour" sur lesquelles chacun a toute liberté d'intervenir en effectuant des "modify". L'état du CAUTRA est non seulement anarchique mais despotique car les responsabilités, tant au niveau du CENA que des CRNA, reposent entièrement sur

quelques "*personnages-clés*" ou "*homme orchestre*" dont l'absence peut paralyser le système en cas de défaillance. Le CAUTRA est malade du désordre et seul un traitement drastique pourra le sauver : une révolution organisationnelle.

Quant au CENA, c'est précisément cette nécessité d'une formalisation rigoureuse d'une structure d'autorité sur le CAUTRA qui était à l'origine du document que nous avons abordé comme une expertise "de l'intérieur". Son titre, on l'a remarqué, est d'ailleurs explicite : "*Relations entre le CENA et les centre d'exploitation dans le cadre de l'automatisation du contrôle*".

"Du passé faisons table rase" ?

Au terme de ce cheminement à travers les expertises du CAUTRA nous avons trouvé, non pas des discours disparates et en tous points divergents mais, bien au contraire, un tronc commun d'avis tout a fait comparables sur les symptômes, les maladies du CAUTRA comme sur les localisations des lésions. Cette communauté de diagnostic n'est pas surprenante : les avis sont établis par des experts "compétents" et qui ont tous une certaine expérience au contact de grands systèmes informatique temps réel. Mais là où les discours commencent à diverger, et parfois à dériver, c'est sur l'étiologie des maladies.

Puisqu'il s'agit de systèmes "intelligents" poussons notre métaphore médicale vers un vocabulaire psychiatrique. Le CENA pratique l'auto-analyse par une méthode d'introspection historique. Comme souvent chez les sujets déprimés, il a tendance à rejeter la faute exclusivement sur l'extérieur. Il est débordé, dépassé par l'urgence et le monde extérieur qui le met sous pression. La thérapeutique qu'il envisage est une clarification de la situation : les situations floues doivent être formalisées, les dérives contrôlées et les moyens nécessaires injectés. Plus que des remèdes, un apport en vitamine et oligo-éléments, par des moyens financiers et humains, est nécessaire et permettra au système, à partir de ses propres forces, de se régénérer. Pour cela, il faut que la légitimité qu'il a obtenue par la pratique soit reconnue et formalisée par l'institution :

"Le CENA était tout naturellement conduit à assurer la maîtrise d'œuvre générale et à confier aux CRNA par le canal des subdivisions informatiques

créées à cet effet, la maîtrise d'œuvre opérationnelle locale. De ce fait et bien que le rôle du CENA n'ait jamais été confirmé ni infirmé officiellement, ce qui n'a pas été sans simplifier les problèmes, le CENA a essayé de mettre en place les moyens qui lui semblaient les plus adéquats pour mener à bien cette mission. Cette structure, critiquable comme toutes les structures, a été efficace si on en juge à la fois, les résultats obtenus, la notoriété internationale, le montant total relativement faible des dépenses réalisées, malgré la faiblesse des moyens sur lesquels elle s'appuie".

La structure de mise en œuvre de l'automatisation doit donc donner un rôle central au "concepteur de programme" surtout "*Dans l'hypothèse où seulement les programmes évoluent par modifications ou adjonctions de logiques de traitement nouvelles, le rôle du concepteur de programme devient primordial.*". A propos des relations entre le concepteur de programme (CENA) et les structures d'exploitation (SUB CAUTRA), si un "*partage net des responsabilités*" doit être respecté (pour garantir la fiabilité, l'homogénéité du système et de la documentation, le maintien de la structure de programmation choisie pour garantir l'évolution ultérieure), il doit toujours être nuancé afin de conserver la souplesse du système et permettre aux sub de remplir leur rôle qui est, outre les fonctions d'adaptation et de maintenance du système, d'être "*(...) comme gardien de la cohérence et comme conseil*", et "*le porte parole du CRNA en ce qui concerne la discussion des spécifications détaillées de modifications de services ou de nouveaux services à rendre*" (6-2). Le projet institutionnel du CENA est donc, toujours, une organisation centralisée mais "éclairée" par une grande souplesse et mobilité dans les relations et les échanges, seule garante du maintien ordonné d'un système vivant et du maintien des contacts avec le milieu "opérationnel". Le fonctionnement de l'ensemble reste essentiellement assuré par du personnel de l'aviation civile, même si le recours à des avis extérieurs éclairés n'est pas explicitement écarté.

SESA pratique une médecine de terrain et recourt à l'anamnèse pour expliquer l'état actuel. Pour elle, le fond est bon et le patient, bien structuré par une enfance studieuse, est promis à un avenir brillant. Mais le Plan Calcul et l'arrivée inopinée des 10070 au moment même où le CAUTRA se développait et s'initiait au langage, provoqua, chez lui, un traumatisme grave :

"Cependant, malgré des efforts constants une bonne volonté commune des services de développement et d'exploitation, la mise en œuvre de ce système a posé des problèmes techniques et conjoncturels tels qu'il était possible de

remettre en cause la politique d'automatisation. Cette politique d'automatisation telle qu'elle avait été définie, nous semble totalement justifiée même si le planning et les détails de sa mise en œuvre ont été passablement modifiés" (SESA).

Puis lancé précocement et sans les moyens nécessaires à un poste de responsabilité trop important (où il a eu à gérer des problèmes qui le dépassaient : trafic, crise sociale), sans être suffisamment conseillé des spécialistes extérieurs, il vit un épisode difficile. Episode qu' une médecine douce (conseils extérieurs bienveillants, remaniement en douceur) saura vite plonger dans l'oubli :

"La structure de mise en œuvre de l'automatisation, bien que sans doute incomplète a permis d'aboutir, grâce à la bonne volonté de tous, à un système expert qui apporte une aide importante dans le contrôle de plus de 700 000 mouvements par an. On a peine à imaginer comment il aurait été possible de faire face à la croissance importante et rapide du trafic dans les dernières années sans la mise en œuvre d'un tel support. Il nous semble cependant urgent d'accroître encore l'efficacité de cette structure par la création d'une fonction de chef de projet pour l'automatisation, et d'une équipe qui lui serait associée pour la supervision" (SESA).

Cette structure devant rester "indépendante par rapport aux équipes de réalisation " et ne pas être trop lourde pour "*laisser libre cours à la créativité et à l'imagination*". Les analyses de SESA et du CENA semblent converger mais un point essentiel les sépare cependant : pour éliminer tous les problèmes liés au mélange expérimentations/opérationnel, *la création d'un centre spécialisé pour les essais et expérimentations s'impose* (de préférence à Toulouse, près de l'ENAC et de son simulateur).

Le diagnostic d'ECA est beaucoup plus sévère. Le CAUTRA est malade, plein de "verrues" qui le "gangrènent". Attardé, il est "sous évolué" et son langage "sous développé". Désordonné et incohérent, il se développe "de façon anarchique sans objectifs parfaitement définis ", "mélange tout", et erre "sans but à atteindre" au travers de projets "non aboutis". Il faut le "nettoyer". "Instable", il déstabilise son entourage (les contrôleurs) et méprise sa raison d'être : le calculateur, qui a un rôle de "planton". Perpétuellement en retard, "il ne respecte pas les délais" ; laxiste, il laisse trop de "latitude aux utilisateurs du système". Le CAUTRA n'est pas seulement malade mais a un mauvais fond, il est **immoral** : **Avare**, il retient l'information et fonctionne en

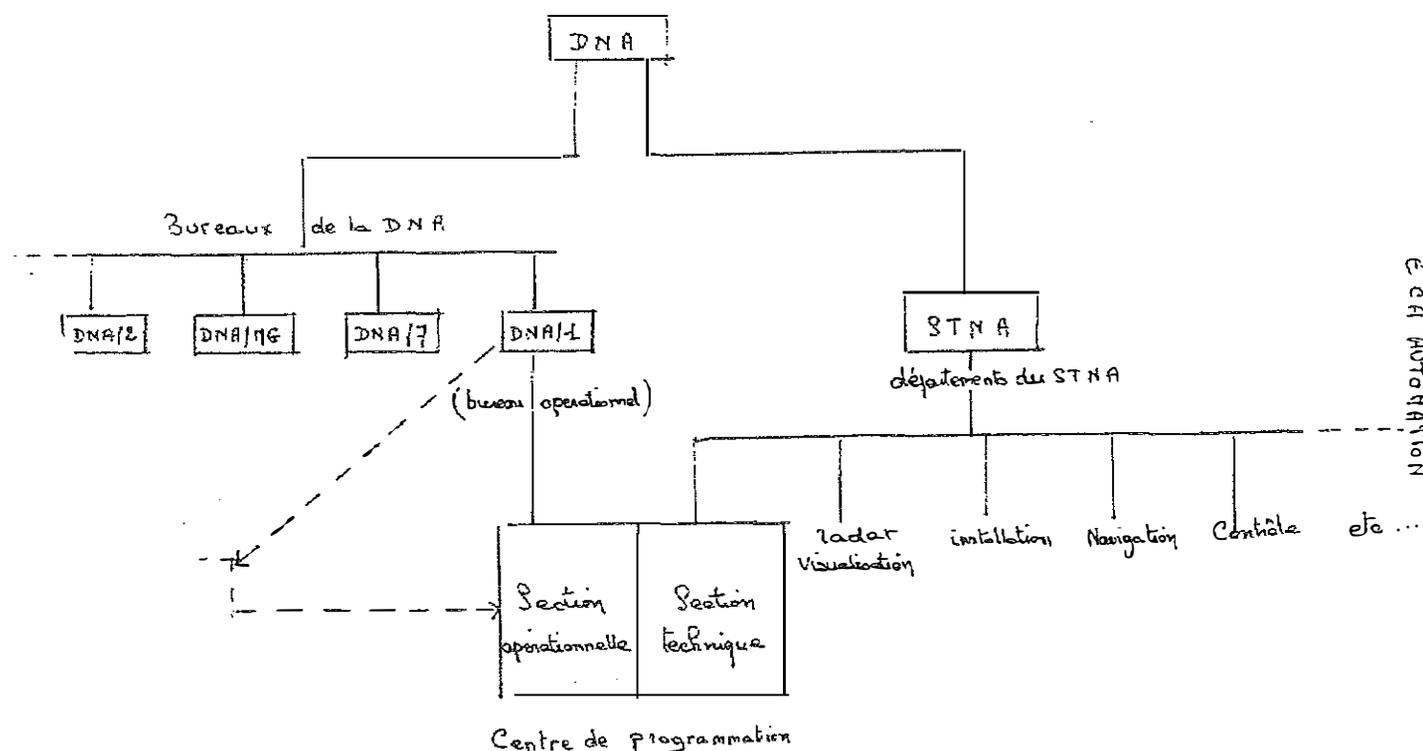
"circuit fermé" ; **gourmand**, il est trop "luxueux" ; **orgueilleux**, il ne sait ni *déléguer* ni se "*préoccuper des études et travaux déjà réalisés*" **luxurieux**, chacun "*travaille pour soi et fait de la technique pour le plaisir*" ; **paresseux** : "*le seul problème du CAUTRA est un problème de fiabilité, celle-ci ne peut être obtenue que si chacun arrête de "s'amuser"*".

On voit que dans cette perspective, l'état du patient nécessite un traitement énergique. Progressif cependant car "*une modification de structure ne peut être mise en place que très progressivement*". L'urgence est de stopper l'épidémie : "*arrêt complet de toutes les modifications faites au jour le jour ; l'évolution devra se faire par étapes, chacune d'elles étant parfaitement testée avant d'être mise en service*". Il faut le désinfecter : "*mise au propre du système (suppression des "modify", documentations, programme et utilisation)*, lui faire pratiquer des "jeux de rôle" par la mise en place d'un "*jeu de tests*" et d'un "*système de simulation de l'environnement*", et le sortir de son autarcie : "*des contacts plus étroits devraient être établis entre le CENA et les organismes extérieurs travaillant sur des problèmes semblables afin de ne pas refaire des études déjà réalisées*". Cette première étape précède et prépare un traitement, à long terme, plus énergique qui seul pourra corriger le défaut essentiel du système actuel à savoir son manque de fiabilité" :

"La structure, l'organisation actuelles, sont adaptées à la réalisation d'un système opérationnel en constante évolution, sans que les coûts, les délais ou la fiabilité du système réalisé soient des objectifs fondamentaux ; elles ne sont pas adaptées à la réalisation d'un système opérationnel qui doit respecter des délais et pouvoir évoluer tout en conservant une fiabilité très élevée. Afin d'atteindre un tel objectif, un certain nombre de principes doivent être respectés : - le système doit dépendre d'un organisme centralisateur, véritable maître d'œuvre du système (et coordinateur de tous ses éléments) ; il faut une scission bien nette entre le centre de production et les centres d'exploitation (...) ; - le centre de production doit disposer de tous les moyens indispensables pour mener à bien sa tâche (...) - Il doit être composé d'une équipe mixte expérimentée et non de contrôleurs débutants qui n'ont ni une formation informatique suffisante, ni une formation pratique de contrôleur (!). il doit disposer de tout le "personnel d'environnement" indispensable (...) - le développement doit se faire par étapes (...) et les tests" utiliser des jeux d'essai" - il faut éviter la mise en service opérationnelle de plus de 3 ou 4 nouvelles versions par an afin de travailler (...) sans précipitation... "

Pour réaliser cette mutation, la solution proposée est celle expérimentée dans la Marine d'un Centre de programmation dans une structure organisationnelle représentée par le schéma ci-après.

TABLEAU RAPPORT Eca



Le lecteur l'aura remarqué, il n'est plus question d'études. Le traitement préconisé par ECA était moins un électrochoc qu'une lobotomie : la suppression du CENA.

Nous avons, volontairement, forcé le trait mais notre récit exprime bien la violence que dégagent de cette période les différents témoignages des acteurs. Les experts n'ont pas failli à leur travail : la convergence entre les phénomènes, le diagnostic et même les conclusions montrent bien qu'ils ont repéré, chacun à leur manière, les failles du CAUTRA, ce qui leur permet de proposer des remèdes et des évolutions parfaitement cohérents. Mais les expertises ne peuvent être sorties du contexte dans lesquelles elles ont été commandées : un vieux conflit de pouvoir sous-jacent entre deux services par rapport au devenir du système technique éclate au grand jour à la faveur d'incidents ;

une crise globale (sociale, technique, économique) amène l'institution à se remettre en cause en ré envisageant son organisation. De plus, nous sommes à une période charnière où les Sociétés de Service en Informatique cherchent leur place et développent différentes stratégies pour s'infiltrer dans la conception, dans un monde qui n'a longtemps impliqué que constructeurs de machines et utilisateurs : offre d'étude et mise à disposition de matériel ou maître d'ouvrage des systèmes. La SESA est plutôt dans le premier cas alors qu'ECA vise alors le deuxième cas d'espèce. Le cadre, c'est donc aussi "leur culture et leur projet d'entreprise" ⁴³. De plus, l'expertise s'insère dans un réseau d'alliance qui la précède : ECA a non seulement travaillé avec Eurocontrol pour le MADAP, projet rival du CAUTRA, mais avec le STNA en assistant le projet MULTI 20 et ce service est tout naturellement son interlocuteur. SESA en revanche s'adresse essentiellement au CENA avec qui elle travaille depuis sa création (1964). De plus, les experts se sont formés au travers d'expériences de l'informatique différentes : ECA est très marquée par le séjour de Pierre Thellier à San Diego et se fait l'apôtre des méthodes américaines qui visent à s'imposer comme LES METHODES. SESA fut fondée par Jacques Stern, moins marqué par l'Amérique et soucieux de développer une réflexion propre sur l'informatique. Le CENA se fonde sur son expérience propre, ses réussites passées et sa proximité du milieu opérationnel. Tous, enfin, développent des conceptions divergentes de l'outil informatique et en projettent des devenir différents. Les expressions que lâche l'expert d'ECA témoignent moins d'un "passage à tabac" du CAUTRA et du CENA que d'un réel sentiment de colère et de désarroi face à une conception, une histoire, des méthodes de travail qui s'opposent radicalement aux certitudes acquises au travers de systèmes différents mais qui ont, eux aussi, fait leur preuve. De même, le sentiment de violence, ou de bienveillance qui émane des expertises traduit moins la "cupidité" ou "l'intéressement" des auteurs que la traduction, à propos du CAUTRA, d'opinions hétérogènes et souvent conflictuelles sur le devenir (scientifique, social et économique) de l'informatique, du système aéronautique ou de la

⁴³- Jean Carteron, PDG du groupe STERIA commente : *"Dans les années 1960, au moment où l'utilisation de l'informatique commence à exploser entraînant un énorme appel de compétences c'est autour de la notion d'assistance que ces sociétés se développent. (...)Il ne faut pas oublier l'extrême faiblesse à cette époque des moyens de formation. Le flux d'étudiants formés à ces techniques nouvelles provenant des universités ou des écoles d'ingénieurs est presque inexistant et les jeunes SSI vont jouer un rôle significatif dans la formation d'informaticiens. Peu à peu se répandra l'idée chez les jeunes, que passer les quatre à cinq premières années professionnelles au sein d'une SSI est un excellent complément à l'éducation reçue (...). Petit à petit émergera la notion de sous-traitance où les SSII s'engagent à fournir un logiciel selon des coûts, des délais et des performances définis. Puis seront confiées à ces sociétés des missions de maîtrise d'oeuvre. (...) De prestataires d'assistance, certaines d'entre elles deviennent sur de grandes opérations des architectes -réalisateurs-intégrateurs. Concevant des solutions, les développant et les implantant. Après l'année 1975, cet aspect du métier s'affirmera pour toute une classe de SSII". Naissance du secteur des Sociétés de Services Informatiques (1957-1975)", in *Deuxième colloque sur l'histoire de l'informatique en France*, Paris, 1990*

sécurité. **Tous ces éléments ne sont pas des perversions qui biaisent le regard mais bien les cadres de l' expérience de praticien-expert.**

Dans cette perspective, le travail d'un expert ne se réduit pas à un pur exercice de style. Mais la rhétorique, nous l'avons amplement montré, est essentielle, les traductions différentes d'un même phénomène pouvant conduire, insensiblement, le lecteur vers des appréciations radicalement différentes. Car, en sortant ces expressions de leur contexte, quelle est, au fond, la différence entre un système **souple et évolutif** et un système **en permanente évolution ou "non figé"**. Qui peut apprécier ce qui distingue **un informaticien compétent d'un ingénieur de l'aviation civile aux connaissances étendues** ? La rhétorique n'est pas extérieure mais constitutive de l'expertise et même, comme le montre Bruno Latour, de la recherche scientifique ou technique ⁴⁴ :

"Les textes scientifiques ou techniques -j'utiliserai indifféremment l'un ou l'autre de ces termes - n'appartiennent pas à un autre monde et ne sont pas écrits par des auteurs différents de ceux qui écrivent les articles de journaux ou les romans. Lorsque vous vous y plongez, vous ne quittez pas la rhétorique pour les eaux calmes de la raison pure" ⁴⁵.

SECURITE-FIABILITÉ-RENTABILITÉ.

Si nous avons insisté si longuement sur ces expertises, ce n'est pas seulement pour montrer le CAUTRA sous toutes ses coutures et réfléchir sur ce que peut être "l'objectivité" en science ou en technique comme ailleurs mais parce que leur contenu et

⁴⁴ - "On appelle rhétorique la discipline qui, depuis des millénaires, étudie la façon dont on amène les gens à croire et à infléchir leur comportement, et qui enseigne l'art de la persuasion. La rhétorique est une discipline fascinante mais méprisée. Elle n'est bonne, dit-on, que pour les tribunaux ; en science, elle n'aurait pas de place. Or, c'est tout le contraire, la place de la rhétorique s'accroît lorsque les débats s'exacerbent au point de devenir scientifiques et techniques. Cela découle de ce que j'ai dit précédemment. Vous avez remarqué dans les trois exemples cités que plus j'ai laissé la controverse se développer, plus nous avons été conduits dans ce qu'on appelle les détails techniques. Ceux qui sont en désaccord, ouvrent de plus en plus de boîtes noires et sont conduits toujours plus vers l'amont, c'est-à-dire vers les conditions dans lesquelles les énoncés sont produits. Il y a toujours un moment dans une discussion où ce dont disposent localement les protagonistes n'est pas suffisant pour ouvrir ou fermer une boîte noire. Il est nécessaire d'invoquer d'autres ressources venant d'autres lieux et d'autres temps. On commence alors par utiliser des textes, des dossiers, des documents, des articles, pour forcer les autres à transformer ce qui était au départ une opinion en un fait. Si la discussion se poursuit, les adversaires qui avaient commencé dans une confrontation orale deviennent les lecteurs de textes ou de rapports techniques. (...)." in *La science en action*, Paris, La Découverte p. 49

⁴⁵- Ibid, p.49.

les débats qu'elles reflètent auront une influence importante sur le CAUTRA. Nous avons montré à propos de la *Méthode des Filtres* comment cette dernière, ouvrait un débat sur la "nature" déterministe ou probabiliste de l'espace aérien à venir. Ce débat ne s'est pas tourné en controverse, c'est-à-dire qu'il n'est pas devenu un enjeu explicite opposant les différents acteurs du système et ce, même si la question est implicitement traitée par les acteurs, un peu, comme me disait l'un d'entre eux, "à la manière dont Monsieur Jourdain faisait de la prose : sans le savoir". Nous avons relevé en outre que l'application de cette méthode aurait impliqué un changement culturel : d'une sécurité reposant sur les hommes, la *Méthode des Filtres* impliquait la délégation de cette responsabilité à un mixte homme-machine (Villiers parle plutôt d'être hybride "homme-machine" ⁴⁶).

C'est par une autre voie que ce que nous pourrions appeler le "paradigme sécuritaire" va être ébranlé, avec l'introduction au centre du système socio-technique de la valeur de fiabilité. Il est toujours difficile de penser, quand une notion semble évidente et qu'elle s'est naturalisée, qu'il a pu en être autrement. Car bien sûr, depuis le début du CAUTRA, on cherche des remèdes aux pannes et on se préoccupe de la sûreté des machines. Mais les recherches sur la "sécurité" du système privilégient, au travers des recherches ergonomiques comme de l'importance donnée à l'expérimentation, une sécurité qui repose sur les hommes à qui les machines doivent s'adapter. Le garant de la sécurité aérienne est toujours l'être humain et le contrôleur son gardien. En 1970, le rapport d'Eurocontrol mettait cette caractéristique en évidence :

"Un des principes de base du CAUTRA est que les pannes sont inévitables et qu'il faut pouvoir y faire face quand elles se produisent ; ainsi, dans l'état actuel des fonctions opérationnelles, il est toujours possible de revenir à un fonctionnement entièrement manuel. Le maintien dans l'avenir de l'emploi des strips papiers qui ne se détruisent pas facilement, procède de la même idée. (...). D'une façon générale, la philosophie du système est de ne se fier jamais complètement à une fonction automatisée avant de l'avoir éprouvée pendant des années"⁴⁷.

Dans cette conception, le système reste identifié à l'homme et non à la machine. En mettant l'accent sur la fiabilité et en organisant son jugement du CAUTRA autour de cette nouvelle valeur, la société ECA automation inverse les priorités de l'institution et ébranle le système de valeurs à l'œuvre dans la construction du système technique. La notion qu'elle introduit est une nouveauté dans le vocabulaire puisque l'adjectif **fiable**

⁴⁶- Jacques VILLIERS., *L'intelligence artificielle dans le contrôle de la navigation aérienne*, 1986

⁴⁷- Eurocontrol, op. cit.

n'apparaît dans notre dictionnaire qu'en 1962 et son substantif "fiabilité" en 1968. Dérivés du verbe "se fier", ils existaient au moyen âge pour exprimer la "fidélité" avant de connaître une longue parenthèse. Ce n'est qu'au cours des années 1960 mais pour qualifier une relation nouvelle qui était en train de s'instaurer entre la société et la machine : une sorte de confiance autorisée par "*l'aptitude d'un système ou d'un matériel à fonctionner sans incidents pendant un temps donné*"⁴⁸.

Privilégier la machine à l'homme dans la conception de la sécurité est, en effet, une caractéristique de cette période qui débouche sur la notion aujourd'hui si divulguée d'erreur humaine. La crise que nous venons de relater traduit aussi cette mutation, c'est ce qu'exprime en tout cas en substance l'Esquisse d'un *Schéma directeur de la Navigation Aérienne*⁴⁹ par Alain Monnier qui dirige alors le service DNA3 :

"Ces objectifs découlent d'une constatation fondamentale : les services de la circulation aérienne sont entrés dans une phase industrielle et doivent être soumis, dès lors, au triple critère de l'efficacité opérationnelle, de l'équilibre économique, et de la gestion optimum des ressources" .. Et plus loin : "Il n'existe pas en effet d'autre voie possible que l'automatisation pour résoudre les multiples problèmes posés par l'augmentation constante du trafic et la mise en service d'aéronefs de type nouveau" (...). Cette évolution impliquant d'intégrer tous les éléments en un système : "La notion de fiabilité au niveau du système devient alors capitale, et doit être traitée comme un objectif particulier entraînant des opérations identifiables" Enfin : "L'aspect le plus spectaculaire du service rendu par les services de la Circulation Aérienne au sens le plus large du terme, est celui de la sécurité ; c'est celui auquel on se réfère le plus souvent en particulier pour les justifications budgétaires. En fait, l'évolution des relations entre le prestataire de service, l'administration et le bénéficiaire, les utilisateurs de l'espace aérien, devrait amener l'Administration à reconsidérer la finalité du contrôle, non plus sous l'angle de la sécurité seulement, mais aussi sous celui de l'économie".

Cette dernière phrase rentre en écho avec le système d'organisation proposé par ECA au terme de son rapport :

⁴⁸ - Dictionnaire *Robert historique*

⁴⁹- Archives CENA

"Nous voyons donc se dégager nettement les responsabilités, la section opérationnelle jouant le rôle de "client" vis-à-vis de la section technique chargée de la réalisation technique"⁵⁰.

L'opérationnel se transforme en client et l'expérimentation in vivo en "recette"... La crise que nous venons de retracer ne mélange pas seulement problèmes sociaux et techniques, crise du logiciel et crise institutionnelle. Avec l'entrée en scène de la notion de fiabilité, elle marque l'introduction au cœur du CAUTRA de nouvelles priorités : l'impératif économique et les contraintes industrielles. La crise ouvre, finalement, sur une controverse qui va confronter deux visions bien différentes de l'automatisation du CAUTRA qui vont se concrétiser par le travail, en parallèle, de deux équipes distinctes de "programmation". Longtemps relégué à une place subalterne dans les priorités de l'institution, le CAUTRA est devenu un enjeu.

DE LA CRISE....

Pour conclure, arrêtons-nous un moment sur cette idée de crise constamment sollicitée par les acteurs pour caractériser cette période. Cette notion est centrale dans les sciences humaines. La plupart des théories sociologiques ou philosophiques se fondent sur le constat d'un monde en crise et comme un appel à le repenser. Dans les théories économiques classiques, la crise est le moment d'un processus à la fois cyclique et progressif (l'essor, la dépression, la crise, la reprise). Plus près de nous, le temps de la crise est essentiel dans la conception socio-historique que Thomas Kuhn a développée sur la science dans *La structure des révolutions scientifiques*.⁵¹ La notion centrale de ce livre est celle de paradigme. Le paradigme, pour Kuhn, est le cadre cognitif et social au sein duquel une communauté scientifique pose et résout les problèmes. Il constitue la partie consensuelle de l'activité scientifique et le théâtre du déroulement de ce que l'auteur appelle "la science normale" où la recherche consiste à résoudre des énigmes qui restent compatibles avec le paradigme dominant. La crise, en revanche, est ce moment où s'effritent les convictions, et où la science "normale" ne parvient plus à sauver les phénomènes, à résister aux anomalies où le consensus social et cognitif se défait. Les temps de crise sont décrits comme éprouvants pour les communautés de

⁵⁰ - Rapport ECA Automation.

⁵¹- Thomas S KUHN, *La structure des révolutions scientifiques*, Trad franç. : Paris, Flammarion, coll. "Champs", 1983. Pour une lecture stimulante de ce livre, cf. Isabelle STENGERS, *L'invention des sciences modernes*, op. cit.

savants qui y sont confrontés et dont l'univers "se disloque". C'est aussi les périodes où le monde des sciences s'ouvre aux questionnements philosophiques ou socio-historiques :

"C'est surtout, me semble-t-il, dans les périodes de crise patente que les scientifiques se tournent vers l'analyse philosophique pour y chercher un procédé qui résolve les problèmes de leur propre domaine"⁵².

Cette remarque n'est pas sans rappeler ce que nous appelions le "besoin d'histoire" dans la partie introductive de cette thèse.

Mais la crise permet aux anomalies, qui jusque là étaient réintégrées dans le paradigme, de s'autonomiser, de s'opposer et finalement de s'affirmer. Cette dynamique de la science est souvent incarnée par un savant (de préférence jeune ou marginal) qui va finir par imposer un nouveau paradigme, ce qui permettra de régénérer et recomposer la communauté un temps menacé : c'est le temps des révolutions. Mais, pour conclure ce trop bref résumé, il convient de rappeler que si des dimensions hétérogènes à l'activité scientifique proprement dite sont liées, c'est de la dynamique autonome de la connaissance que naissent les crises :

"La raison est claire. Il en est des sciences comme de l'industrie -le renouvellement des outils est un luxe qui doit être réservé aux circonstances qui l'exigent. La crise signifie qu'on se trouve devant l'obligation de renouveler les outils" ⁵³.

La force de la théorie de Thomas Kuhn est de parvenir à lier solidement des éléments apparemment, ou plutôt précédemment, contradictoires ou incompatibles : l'évolution et la circularité, l'accumulation et la révolution, l'historicité et le progrès, l'incidence de la société et l'autonomie de la science. Cette belle performance lui a valu d'être exportée dans bien d'autres domaines que les sciences exactes. Citons, dans un champ sinon proche du moins connecté au nôtre, l'utilisation qu'en a fait Constant pour le cas du turboréacteur où il applique *stricto sensu* la théorie de Thomas Kuhn aux "révolutions technologiques"⁵⁴. Voyons, quant à nous, si ce modèle convient à notre objet et à l'approche résolument mêlée pour laquelle nous avons opté dans cette biographie.

⁵²- Ibid p. 128.

⁵³ - Ibidp. 113

⁵⁴ - Dans un article intitulé "Un changement de paradigme technologique - l'exemple de la révolution du turboréacteur," E. W Constant II utilise le cas du turboréacteur pour définir, en s'inspirant de la théorie de

C'est presque imperceptiblement que le CAUTRA est passé de l'image d'un système plein d'avenir et dynamisé par une "doctrine" (Si les sciences humaines parlent de "paradigme", les ingénieurs parlent de "doctrine" et même, souvent, de "philosophie" !) cohérente à celle d'un objet vieilli, vérolé, croulant sur les problèmes. Que s'est-il passé ? **Il est difficile après avoir entendu les acteurs de tous bords de se laisser convaincre que c'est la stricte logique "technique" du CAUTRA qui arrive à épuisement...** Des acteurs "humains et non humains" pour reprendre le concept devenu classique du Centre de Sociologie de l'Innovation sont intervenus de tous les côtés : le Plan Calcul, Mai 1968, une panne insignifiante, des mouvements sociaux, une collision en vol, un ministre dans l'avion, des nouveaux disques mémoire, des représentations politiques et économiques de l'institution divergentes, le laboratoire monde, l'arrivée sur le marché de l'informatique des SSII, etc. Notre parti, le lecteur l'aura remarqué, a été de ne prendre aucun de ces aspects comme cause, dernière ou première, des problèmes du CAUTRA. Tous convergent, ou plutôt s'infiltrèrent et la rupture qui se manifeste au moment de la crise ressemble moins une impasse ou une cesure dans une trajectoire linéaire qu'à un affaissement de terrain.

Si le modèle de Thomas Kuhn convient assez bien pour décrire la première phase de notre histoire, il a plus de mal à rendre compte des difficultés. Chez Kuhn, comme chez d'autres auteurs, la crise est le plus souvent présentée comme le moment où l'on passe d'une situation où domine le solide (de la fondation ou des éléments insécables) à un état flou et liquide. Il cite par exemple Einstein ou Wolfgang Pauli confrontés en ce début de siècle à la crise de la physique :

Thomas Kuhn sur la structure des révolutions scientifiques, une révolution technologique. Après avoir prévenu d'emblée que "(...) lorsque survient une révolution technologique, le paradigme de la communauté change. Une révolution technologique se définit seulement par rapport à la communauté des professionnels concernés et n'a aucune connotation de dimension sociale ou économique. La révolution paradigmatique sera illustrée dans cet article par le remplacement de l'avion hélice par l'avion à réaction" (p.134). Il nous décrit alors la révolution du turbo-réacteur comme une révolution par "anomalie par présomption", c'est-à-dire qu'elle "est déduite de la science avant qu'un nouveau paradigme ait été formulé, et que la déduction scientifique est la seule raison de créer un nouveau paradigme puisqu'elle en est le seul guide"(134). Avant d'appliquer son modèle au turbo-réacteur, il précise que "s'il est vrai que les facteurs économiques, comme les facteurs sociaux peuvent pousser à innover, rien ne permet de dire que ce type de motivation exerce une influence quelconque sur le processus intellectuel de détection d'une anomalie ou de formulation d'un nouveau paradigme".

Il est permis d'en douter car, dans le même article, Constant montre bien que le paradigme de la propulsion s'établit assez lentement, et de façon isolée chez quatre chercheurs en Allemagne et en Angleterre, chacun travaillant en ignorant les travaux des autres. Il est frappant que tous ces projets n'aient pu se concrétiser qu'entre 1937 et 1939 à la veille de la Deuxième Guerre Mondiale, au moment où se développait notamment l'infrastructure au sol et la demande liée à la guerre se renforçait (les Nazis lancèrent le fameux Messerschmitt à réaction six mois avant la fin de la guerre). Tel est à notre avis l'intérêt d'une approche en terme de MST : elle n'est pas causaliste et ne pense pas en termes de facteurs ou d'influence mais mesure à la fois la dépendance et l'hétérogénéité dans le développement et l'histoire des différents éléments du système.

"C'était comme si le sol se dérobaît sous les pas et qu'il était impossible d'apercevoir nulle part un fondement solide sur lequel on aurait pu construire" 55.

"En ce moment, la physique est de nouveau terriblement confuse. En tout cas, c'est trop difficile pour moi et je voudrais être acteur de cinéma ou quelque chose du même genre et n'avoir jamais entendu parler de physique" 56.

Or, de notre point de vue, il nous semble qu'inverser la métaphore servirait mieux notre propos : les moments d'invention ou de progression sont ceux où les différents aspects semblent mêlés au point qu'il est souvent difficile de les discerner. Les périodes de crise en revanche font voir la multiplicité des éléments et l'hétérogénéité. On dit souvent que les situations de crise brouillent les pistes. Pour l'historien au contraire, une crise, pour l'historien en tout cas, est comme une sauce (anglaise, hollandaise ou tartare - encore le problème des différences culturelles !) qui se défait et montre, séparés, le beurre, le vin blanc, l'œuf, le sucre ou les échalotes. Les langues se délient, les rapports se multiplient, les courriers font légion, les controverses distinguent, les institutions se décomposent. Alors que dans les moments plus stables, les traces sensibles, concrètes, solides semblent laminées dans le fleuve de l'oubli.

De plus, selon Kuhn, le moment de la crise est celui où émerge et s'impose le nouveau. Or, pour le CAUTRA, ces querelles entre anciens et modernes sont très difficiles à manipuler. Le prochain chapitre montrera en détail que si les "nouveaux" semblent représenter la modernité du point de vue des "méthodes industrielles" et "des matériels", les "anciens" restent maîtres du jeu du point de vue de l'invention et de l'innovation. Enfin, "la crise" chez Kuhn débouche inévitablement et comme naturellement sur une révolution. On verra au contraire dans le dernier chapitre que le CAUTRA IV pour s'imposer devra être régénéré par le passé.

Ainsi le modèle de Kuhn ne semble-t-il pas pouvoir nous aider à organiser cette biographie, sans doute parce qu'elle n'est ni de science ni même de technique pure mais de la technologie appliquée. Et pourtant, à lire les évaluations, et particulièrement celle d'ECA AUTOMATATION, il apparaît que ce modèle convienne assez bien pour traduire la "logique d'argumentation" de la battante SSII. Que dit ce rapport en effet ? Que le CAUTRA est vieux, usé, vérolé, sous évolué, englué dans son histoire et les

55- Albert EINSTEIN, cité par T.S. Kuhn, op. cit. p. 122.

56- Wolfgang PAULI, Ibid, p. 123

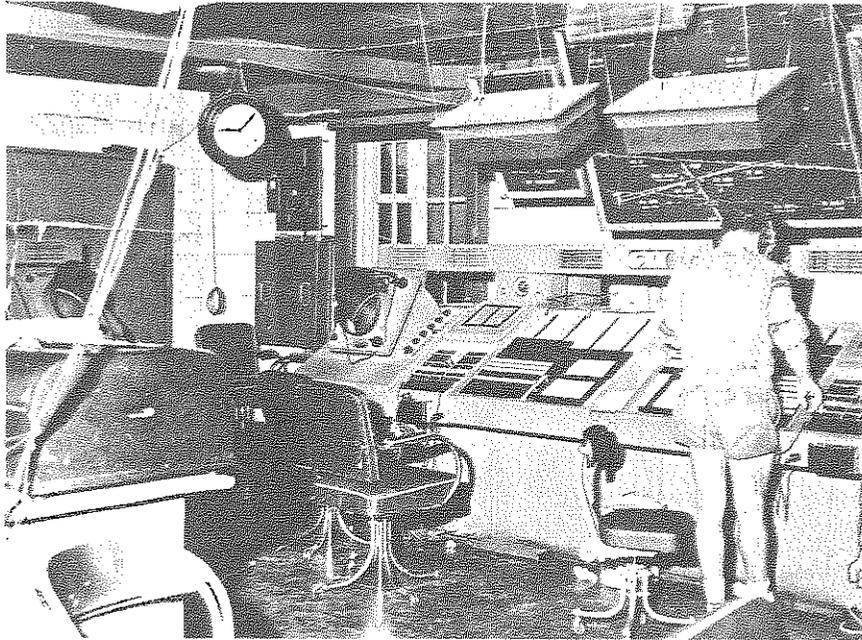
conflits et incapable de surmonter ce qui ne s'appelle pas des anomalies, mais y ressemble puisqu'il s'agit de pannes. Que dit-il encore ? Qu'un vent venu d'ailleurs va pouvoir régénérer un système et un collectif en péril grâce à la mise en place d'un nouveau paradigme qui va faire table rase du passé. Quel, enfin, sera l'agent de ce processus ? C'est l'idée d'une "révolution informatique" qui résonne en de nombreux recoins de la société et va changer le monde.

Scindons, une fois n'est pas coutume, les aspects sociaux ou politiques d'un côté et la dimension technique de l'autre. Au fil de cette dernière, le modèle élaboré par Thomas Kuhn pour les sciences exactes ne semble pas pouvoir s'appliquer. Mais si l'on se maintient à un niveau rhétorique et politique, il semble assez adapté... En d'autres termes, on pourra se demander si l'interprétation de Thomas Kuhn n'a pas pour fonction seconde de légitimer, du côté des sciences humaines, l'idée qu'un paradigme ne se défait que parce qu'il est épuisé, écartant par là la possibilité que l'ancien puisse se ressourcer ou que d'autres options alternatives puisse émerger. C'est la question, nous semble-t-il en tout cas que pose Bernadette Bensaude-Vincent lorsqu'elle confronte, à propos de la théorie du phlogistique, les positions de Thomas Kuhn et celles du philosophe Emile Meyerson :

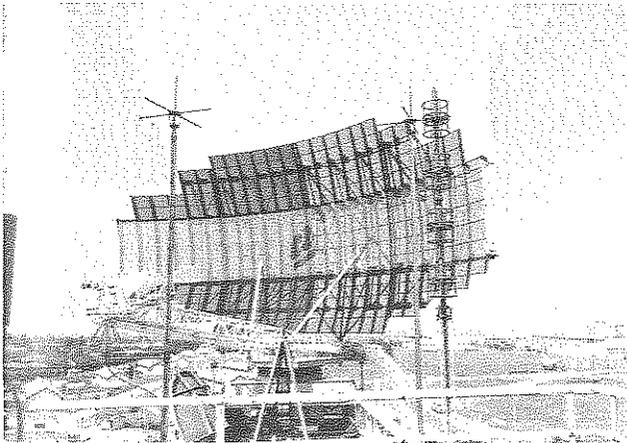
"Deux philosophes du XXe siècle ont avancé deux interprétations opposées du processus de la révolution chimique. Pour Meyerson : 'Jamais une théorie ne meurt, si l'on ose user de ce terme, de sa belle mort, par suite de sa faiblesse constitutionnelle, ou de vieillesse, c'est-à-dire uniquement parce qu'on a découvert, dans la suite, des faits qui cadrent mal avec ses suppositions fondamentales : toujours, il faut qu'elle soit assassinée comme le prêtre Nemi, par celle qui lui succédera" 57.

Le CAUTRA III sera-t-il assassiné ?

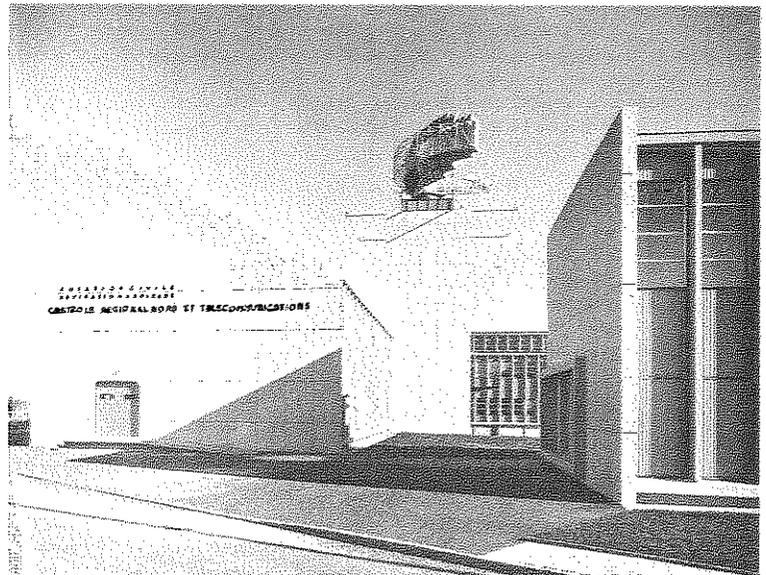
57. Bernadette Bensaude-Vincent, *Lavoisier*, Paris, Flammarion, 1993, p-169-170.



2 La salle du premier Centre de contrôle en route à Orly, sur la N7.



3 Le radar primaire.



4 Vue générale du CCR Nord.

Indicatif d'appel	Type d'avion et vitesse	Niveau FLB	Egure calculée sur SFD						Non du secteur	
A Z Z B 1	CARA	290						20	UN	
951 01	432		ATN	RBT				12		
EGLL LIRF			22	12				DPE	SFD	
								10	02	
	Départ	Destinat.	temps de vol (en min.) entre balises							09
E9 du vol machine et n° du strip			filéage : sans du vol							
A Z Z B 1	CARA	290							US	
951 02	432		RBT	ATN						
EGLL LIRF				22				PAS	02	
								12	09	

5 Strip.

Chapitre IV

LE CAUTRA DIVISÉ

La tourmente qui secoue alors l'institution de la Navigation Aérienne dépasse largement le champ du CAUTRA. La crise économique tempère de façon provisoire le problème de l'augmentation du trafic mais, comme l'exprime le « schéma directeur de la Navigation Aérienne » cité dans le dernier chapitre, semble inciter l'institution à traduire ses préoccupations en termes de rentabilité et d'efficacité économique. Cette période voit également l'organigramme de la DNA se gonfler de deux nouveaux services dont le CAUTRA aura à tenir compte pour son devenir : la CORTA (Cellule d'Organisation et de Régulation du Trafic Aérien) et le SCTA (Service du Contrôle du Trafic Aérien).

QUERELLES INSTITUTIONNELLES

La première concerne la régulation des flux en amont de la salle de contrôle. Le SCTA nous intéresse plus dans l'immédiat, car il constitue la réponse institutionnelle à un problème de plus en plus manifeste : chaque centre, avec son histoire, sa culture propre gère à sa manière la mise en place des techniques et leurs usages. On ne contrôle pas à Paris comme à Aix ou à Bordeaux et les strips, par exemple, sont différents dans chaque centre. Au niveau administratif, les Directions Régionales (DRAC) prennent elles aussi de plus en plus d'indépendance par rapport à la DNA. Ces différences se traduisent en permanence dans le quotidien du contrôle aérien, notamment par le biais des procédures de transfert des avions d'un centre à l'autre. D'où l'idée de créer un service centralisant les problèmes d'exploitation du contrôle, une des fonctions de ce service étant de représenter les besoins opérationnels auprès des services plus techniques (STNA et CENA) ou de l'Administration centrale (DNA). Le CAUTRA

contribua pour une part non négligeable à l'émergence de cette nécessité, car la mise en place d'un système unique d'automatisation pour tout le territoire s'était heurtée, à de nombreuses reprises, aux tendances centrifuges des responsables locaux, et ce tant au niveau de l'administration que des services techniques ou de contrôle dans les différents centres. Ces tendances avaient éclaté au grand jour lors de la crise : sans structure d'autorité cohérente de l'automatisation, les subdivisions informatiques pouvaient, sous la pression des problèmes opérationnels, intervenir sur les logiciels sans concertation systématique avec le CENA, ce qui menaçait non seulement la cohérence et la fiabilité du système, mais son rythme de progression. Ce trait étant renforcé par le fait que ces subdivisions, bien que modestes, bénéficiaient souvent de moyens relativement supérieurs à ceux du centre d'études qui n'avait pas, formellement, la responsabilité de la mise en service opérationnelle du CAUTRA.

C'est donc dans ce nouveau contexte institutionnel que doit être réenvisagé le devenir du CAUTRA. Les évaluations du CAUTRA n'avaient fait que confirmer la volonté ancienne de la direction de bien différencier études, expérimentation, réalisation et usage opérationnel et d'enlever au CENA ses responsabilités (officielles) sur l'expérimentation et ses responsabilités (officieuses) sur sa mise en œuvre et son suivi. De plus, ils avaient conforté la DNA dans sa volonté de sortir le CAUTRA de la situation marginale où l'histoire l'avait mis par rapport aux autres questions techniques. Mais ces grandes orientations laissent de nombreux problèmes non résolus et ne suffisent pas à définir un cadre de travail renouvelé. De plus, l'institution est en crise et les tensions manifestes qui font alors le quotidien de son fonctionnement menacent sa cohésion. Le CENA vit les critiques du CAUTRA comme des « attaques personnelles » et se resserre, « *telle une citadelle assiégée* », autour de son chef. Un groupe de travail « Amélioration, efficacité et sécurité du fonctionnement des services » présidé par Jean-Marie Giraud, adjoint au Directeur de la Navigation Aérienne se met donc en place, non seulement pour trouver des solutions mais pour tenter de relancer une dynamique institutionnelle sur les débris encore fumants des querelles. Le groupe réunit périodiquement entre l'été et l'automne 1974 des représentants de tous les protagonistes de notre histoire (DNA 1 et 3, STNA, CENA) ainsi que de chacun des centres d'exploitation (Paris, Aix et Bordeaux). Les comptes-rendus de ces réunions traduisent à la fois l'acuité du problème (le CAUTRA est bien devenu un enjeu) et le climat conflictuel qui règne dans l'institution. Chaque compte-rendu est soigneusement réexaminé puis remanié à la demande de l'un ou l'autre protagoniste. Des textes placés en annexe exposent la vision personnelle de telle personnalité ou de telle institution traduisant, avant tout, l'impossibilité de dépasser les divergences entre les différentes

logiques. Le consensus sur les solutions à mettre en œuvre s'avère quasiment impossible.

C'est le pragmatisme qui finit par l'emporter en contraignant les responsables à différencier la gestion et les évolutions du système en service et le système futur. Le chef du CENA, voyant que le point de vue qu'il a développé dans le document analysé au chapitre précédent milite d'ailleurs dans ce sens. Très affecté par le tour et le ton que prennent les événements (il a le sentiment que le CENA sert de bouc émissaire et n'a pas envie de s'offrir comme victime à la curée), il n'assiste à aucune de ces réunions auxquelles il a délégué Alain Cronier responsable d'une division « Cautra opérationnel ». Son objectif est de sauver le CAUTRA III et il parvient pour ce faire à un accord avec Bernard Palayret que son désir de faire rentrer l'automatisation dans une phase « industrielle » ne rend pas aveugle : le personnel du CENA et des subdivisions informatique sont les seuls ingénieurs de l'aviation civile ou d'ailleurs ayant la compétence et le savoir-faire suffisants pour gérer le fonctionnement et les évolutions du CAUTRA III. Il est donc décidé de reporter à l'horizon 1978 la décision de la DNA de confier le système opérationnel au STNA. La section « CAUTRA opérationnel » sera donc renforcée en moyens matériels et humains et Daniel Azéma s'en verra confier la responsabilité par Dominique Alvarez.

Voilà pour les transitions. En ce qui concerne l'avenir, l'urgence, comme souvent suspend le temps de la réflexion et c'est finalement l'application des décisions prises en 1973 d'amorcer la 4^e génération du CAUTRA à Brest qui fait pression. Le projet un moment évoqué de mise en place d'un Centre d'Expérimentation (dont la projection met en évidence les contradictions interne de l'institution) est mis de côté et se profile un schéma nouveau. Les spécifications du système sont établies par le SCTA, le STNA a la maîtrise d'ouvrage de la production du système dont il confie la maîtrise d'œuvre dans un « contrat avec coûts et délais » à un industriel. Le CENA enfin, outre ses fonctions d'études à long terme et la responsabilité provisoire du CAUTRA opérationnel, sera chargé des tests techniques et opérationnels et de la recette (c'est-à-dire l'acceptation finale du système).

Le CAUTRA IV voit donc le jour et **un nouveau paysage institutionnel semble se stabiliser mais son devenir n'est compréhensible que par les humains qui lui donnent sens**. C'est le choix des individus placés aux différents postes clés qui vont, en fait, décider du devenir du CAUTRA. Au SCTA, et sur le conseil de Dominique Alvarez, les ingénieurs choisis ont connu de près tout ou partie de l'aventure du

CAUTRA : Jean-Bernard Triquet (le « pionnier » de la subdivision informatique du CCR Nord) et Jean-Pierre Bolland. Des hommes formés au CAUTRA par le CENA et son style. Les ingénieurs du STNA qui superviseront la réalisation du système de traitement radar sont les responsables de l'opération MULTI-20. L'industriel, enfin, choisi pour réaliser ce traitement est celui qui avait développé la critique la plus féroce du CAUTRA : ECA Automation. Pour parfaire ce tableau où le lecteur pourra deviner de lui-même les difficultés qui s'annoncent, anticipons de quelques années. Le développement du système de traitement plan de vol sera, quant à lui, confié à l'Agence Eurocontrol qui a développé des systèmes (notamment le MADAP) traditionnellement concurrents par leurs options, du CAUTRA.

Un nouveau centre de contrôle en route pour Brest

En fait l'histoire événementielle du CAUTRA IV commence avec celle du CRNA de Brest. En 1970, le STNA avait installé un radar au pied du centre de contrôle militaire de Brest dont les images devaient être déportées à Paris afin d'améliorer la couverture radar du CCR Nord. La mise en œuvre de ce déport devait être faite par le CENA qui, empêtré dans les difficultés liées à la mise en place du CAUTRA III, ajourne régulièrement cette mission. En 1971, l'été s'annonce avec ses habituels problèmes de surcharge et le radar de Brest menace de se voir inutilisé. Le service technique a donc l'idée d'envoyer un petit détachement de civils dans le centre de Brest. Les volontaires ne sont pas difficiles à trouver au sein du CCR Nord, car beaucoup de contrôleurs sont d'origine bretonne et désireux de « retourner au pays » (on verra que le problème ne se posera pas dans les mêmes termes pour le centre de Reims inauguré au début des années 1980). Dans un premier temps, les contrôleurs de Brest reçoivent des strips acheminés par Paris. En 1973, le centre est équipé de claviers pour les « mises à jour ». Un nouveau centre est en train de naître. Cette naissance au fil des circonstances correspond d'ailleurs au souci de l'Aviation Civile de décongestionner Athis Mons, qui gère à lui seul toute la moitié nord de la France et qui est considéré comme un foyer d'agitation sociale.

Pour Dominique Alvarez, consulté à ce sujet, la création d'un nouveau centre CAUTRA est prématurée :

« Compte tenu des problèmes encore non résolus avec le type de configuration actuelle, et l'absence d'expérience dans le fonctionnement étape 2 CAUTRA, il ne

paraît pas souhaitable de s'attaquer à la réalisation d'un système autonome complet pour l'échéance 1977 »¹.

C'est pourtant le parti qui sera adopté et Brest sera le point de départ de la 4^e génération du CAUTRA.

LE TEMPS DES QUERELLES

La « crise » sur laquelle nous avons tenté de réfléchir débouche donc sur un dispositif institutionnel qui va servir de nouveau théâtre à l'histoire du CAUTRA. La rivalité initiale, sensible dès les débuts du projet (cf. chapitre 1) et qui refait surface au moment de la crise, se concrétise dans la mise en place de deux dispositifs : le CAUTRA III opérationnel qui se poursuit avec, dans un premier temps une équipe qui reste liée au CENA et le CAUTRA IV qui naît sous la maîtrise d'ouvrage du STNA et avec la maîtrise d'œuvre de deux acteurs déjà présents dans l'histoire (la société ECA Automation, devenue entre-temps « SYSECA Automation ») et l'agence Eurocontrol). Nous avons repéré au moment des évaluations du CAUTRA l'émergence de deux points de vue différents sur le système. Aujourd'hui, cette opposition se concrétise dans la réalisation simultanée et parallèle du CAUTRA III et du CAUTRA IV. C'est le temps des controverses au travers desquelles vont se révéler, non seulement des opposition techniques, non seulement des « différends » personnels ou institutionnels mais des visions divergentes sur le devenir du CAUTRA et par delà sur le sens du monde et de la société que les ingénieurs contribuent à construire.

DIVERGENCES SUR LA REPRÉSENTATION D'UN SYSTÈME INFORMATIQUE

Un point fondamental de désaccord est la représentation d'un système informatique, comment il doit être défini et réalisé et quels chemins il doit emprunter.

¹- R CENA 73/11 : Dominique ALVAREZ, *Automatisation du centre de Brest. Proposition de solution.*

Le credo de la méthode

Le choix de SYSECA pour la réalisation du CAUTRA IV se justifie par l'expérience technique de cette société dans le domaine, mais plus encore sans doute par l'idée de l'informatique qu'elle amène avec elle : un produit industriel.

« (...)une méthodologie américaine très proche de celle utilisée pour la marine américaine. C'était une première façon d'organiser industriellement les logiciels. Avec un découpage en phases : on commence à faire des spécifications, puis de la conception puisqu'on va devoir faire travailler des dizaines de personnes en parallèle, puis distribuer ce travail à des populations importantes qui vont travailler presque isolément pendant un moment, et puis on rassemble tout cela, c'est l'intégration et puis les recettes d'usine, et puis les recettes site. Là, il y a un savoir-faire méthodologique qui n'était, à l'époque c'est vrai, alors que maintenant ça existe, pas très développé. (...) On apportait une méthodologie, un savoir-faire, des comportements industriels et je pense que c'est ça qui a fait la différence »².

Dans cette approche, l'Amérique fait figure de « grand modèle », terre mère à la fois de l'économie libérale et de la science informatique. Une histoire de l'informatique française passe nécessairement par le récit de ces véritables rituels initiés par les pionniers des années 1950 et 1960 que sont les voyages aux Etats-Unis. Dans cette perspective, le plus puissant allié de Syseca est peut-être moins son savoir-faire et son expérience que le mythe économique, technique et scientifique américain sur lequel elle fonde sa légitimité : le rôle de l'industriel devient un rôle quasiment messianique d'apporter en France la vérité outre-Atlantique. Non que l'Amérique ne soit pas intervenue dans la construction du CAUTRA première manière. Tous les acteurs importants sont allés voir ce qui s'y passait et ont utilisé les recherches américaines en matière d'informatique et d'automatisation du contrôle du trafic aérien. Mais la relation à l'Amérique est une relation plus complexe et ambivalente, où l'admiration se mêle de distance et de rivalité. L'Amérique sert de modèle mais aussi de repoussoir et la visée n'est pas seulement de faire « aussi bien » mais de faire mieux que les Américains en développant une voie originale.

²- Un ingénieur de SYSECA.

Un autre maître mot de la méthode affirmée par SYSECA est la séparation. Le mal (l'insécurité, les pannes, les erreurs du logiciel) vient du mélange et le salut de la séparation. Il faut séparer les phases (spécification, conception, réalisation, évaluation), séparer les populations (les contrôleurs, les ingénieurs, les techniciens, le public, le privé, le client, le fournisseur, etc.). Séparer les réalisateurs eux-mêmes qui se voient confier la responsabilité d'un module sans regarder ce qui se passe sur les autres. Seule la phase finale de l'intégration rassemblant à la fois les êtres et les éléments du système. Mais cette séparation était tempérée par le fait que chaque module était pris en charge par la même personne d'un bout à l'autre du processus.

A cette méthode « américaine », Eurocontrol propose une variante dite « anglo-saxonne » où ce syndrome de la séparation est plus manifeste encore :

« On était organisés de la façon suivante. Il y avait deux équipes. L'une était chargée de la production des logiciels et qui, sur la base des spécifications, faisait l'analyse détaillée (l'analyse organique des constituants), le codage et les test unitaires (ils vérifiaient que leur constituant isolé fonctionnait bien. Et à côté de ça, il y avait une équipe isolée qu'on peut appeler « système »³.

Dans cette perspective, le responsable du système est comparé à un architecte qui doit construire une maison pour les utilisateurs :

« Un système, c'est pas des petits morceaux qu'on rajoute mais un truc qui doit tenir, c'est vrai pour une maison comme pour un système quelconque, mais on ne l'a pas fait parce que ce n'était pas l'idée de départ. Une maison, vous la construisez avec une idée au départ. un architecte détermine l'objectif de cette maison (qui peut être tout simplement qu'une famille vive dedans autour de ce point focal qui est sa cheminée) et bâtit autour de ça »⁴.

Même si les sous-traitants manifestent, entre eux, des désaccords sur la façon d'organiser la réalisation et la conception d'un système informatique, ils ont en commun de vouloir construire un système « industriel ». Chaque module doit être étanche et bien protégé. La question de la rentabilité est importante : un contrat est établi avec délai et coût, ce qui contraint de rester tout au long du processus au plus près des spécifications initiales. Le réalisme économique devient un facteur d'ordre : la moindre modification

³- Un ingénieur d'Eurocontrol.

⁴- Ibid.

dans les programmes doit faire l'objet de toute une procédure : il faut se protéger de ce caractère « quasi-vivant » de l'informatique, qui donne aux systèmes la souplesse, mais aussi leur extrême fragilité. En outre, ils convergent lorsqu'il s'agit de critiquer leur ennemi commun : le caractère évolutif du CAUTRA III.

Le CENA contre une méthode universelle

Dominique Alvarez avait déjà bien identifié que l'absence de méthode était un problème au CENA. Mais les critiques dont il fait l'objet le pousse à prendre ce problème comme un défi. Il ne s'agit pas cependant d'adhérer à une illusoire « méthode universelle » qui, à ses yeux, n'existe pas :

« Depuis 10 ans, nombreux sont ceux qui par le monde ont réfléchi à cette importante question. Apparemment, il ne semble pas exister de méthode miraculeuse meilleure que toute autre et permettant à peu de frais et en un temps réduit de développer du logiciel fiable. »

La démarche est donc moins d'insuffler de l'extérieur une méthode étrangère que de rationaliser dans un chemin rigoureux les pratiques existantes. Le chef du CENA est cependant bien conscient que cette visée constitue, pour le CENA, une petite révolution de palais car elle va impliquer un changement de mentalités :

« Il est important que chacun se persuade que la crédibilité des outils qu'il peut être amené à développer sera inversement proportionnelle à la qualité et au sérieux de la documentation. ».

Pour conclure le rapport avec une pointe d'humour optimiste : *« L'inconvénient majeur de la méthode proposée nous paraît être essentiellement la modification des habitudes de travail actuelles. Du fait que l'immobilisme doit être a priori banni d'un centre d'études, cet obstacle ne devrait pas résister très longtemps ».*

Dans une logique classique au CENA, c'est l'échange humain qui est le principal garant de la rigueur dans un processus où la programmation est associée à une pratique d'écriture :

« Je désire que soit mise en place une « appréciation » des logiciels semblable à celle qui existe pour les rapports ». (...) .Structuration des traitements : L'ensemble logiciel répondant à l'énoncé du problème est identifié par un nom, autant que possible mnémorique, imagé ou signe à consonance humoristique (c'est le processus) . (...) Sructuration du processus en un corps et des sous processus ; Corps et sous processus sont structurés en programme principal et sous programme . L'appellation sous programme sera réservée à un ensemble logiciel ayant effectivement cette fonction **On appellera constituant tout ensemble logiciel compilable séparément. On emploiera ce terme de préférence au terme module employé actuellement au CENA pour éviter les confusions de compréhension avec d'autres organisations qui emploient ce terme avec d'autres sens.** (...).

Il est important que le rédacteur se souvienne qu'il écrit pour être compris par d'autres (encadré par l'auteur) »⁵.

On remarquera, dans ce résumé sommaire, l'origine sémantique des vocables préconisés : (corps, processus) qui renvoient à un monde mobile et vivant, mais aussi, par là même, le souci affiché de bien se démarquer « *d'autres organisations* » (surtout SYSECA).

Si la biologie depuis quelques temps emprunte son vocabulaire à l'informatique (programme génétique ...), c'est une représentation d'un système informatique qui emprunte beaucoup de ses métaphores au vivant que développe le CENA : Un système informatique a une vie, une mort, une évolution, il est modifié par des événements. Ces métaphores ne prennent tout leur sens que dans la mesure où le CAUTRA est lui même greffé sur un milieu vivant, le milieu des contrôleurs qui détermine le cours du processus du système. Pour reprendre les idées de H. Collins⁶, la machine veut s'adapter à l'homme, social et individuel. Dans cette optique, le système doit être le plus souple possible, des données nouvelles pouvant remettre en cause les spécifications initiales. L'activité de programmation est souvent comparée à un « art » fait par des êtres d'élite qui sont à l'intérieur de l'institution (des ingénieurs de l'administration) et qui connaissent en profondeur le milieu d'application (les contrôleurs). L'expression de Dominique Alvarez, « *Un système informatique doit s'insérer en milieu vivant comme une greffe* », reste à ce titre la plus parlante.

⁵- D. Alvarez, *L'apport de l'informatique à l'évolution du système ATC*, R. CENA, Août 1972.

⁶- H. Collins, *Experts artificiels*, Paris, Seuil, 1992

Les « patches » et les « modify »

Un point de controverse technologique cristallise particulièrement cette confrontation de deux approches des systèmes informatique. On appelait, sous le CAUTRA III « modify » les pratiques et procédures qui permettaient de corriger les logiciels en temps réel en intervenant directement sur le code :

« On faisait des pièges directement sur la console, pour arrêter le programme quand ça passait dans une boucle et puis, à ce moment-là, on imprimait ce qu'on avait dans la mémoire et on regardait par où on était passés. Il y avait un ingénieur passionné de bridge et de ce type d'informatique. Maintenant, il doit avoir 45 ans, il n'a pas changé vis-à-vis de l'informatique : pour lui il n'y a pas besoin de faire des heures et des heures de réflexion avant de programmer, on va sur le calculateur et on fait des corrections. Et c'était redoutable car il était en permanence dans la salle de calcul en bas. Au premier étage, il y avait l'équivalent du responsable de la sub-étude qui voyait des anomalies sur l'écran. Alors, il allait voir cet ingénieur en disant : « Tu sais j'ai vu un machin, un code qui s'est mélangé avec un truc » . Il fonçait alors sur son calculateur et faisait ce qu'on a appelé sur le CAUTRA IV des patches et ce qu'on appelait alors des modify : on rentrait sur les cartes perforées des modifications qui n'étaient même pas dans le programme, qui étaient à la fin dans un paquet de modify, il y en avait parfois de gros parquets, et on mettait ça en service » ⁷.

Ce type de pratique où l'intuition semblait l'emporter sur la raison choquait profondément les industriels :

« Au CAUTRA III, les gens demandaient une modif : ils la faisaient. Le problème c'est que faire une modification dans un système, c'est très risqué et dangereux et on peut casser plein de choses si on ne prend pas beaucoup de précautions. Derrière tout ça, il y a un aspect organisation, méthodologie très forte. Et ce point faible du CAUTRA III nous était tout de suite apparu. Et j'avais été ahuri d'apprendre que les contrôleurs avaient la possibilité eux-mêmes de modifier les programmes en ligne » ⁸.

⁷ Un ingénieur du CENA

⁸. Un ingénieur de SYSECA;

La mémoire exagère évidemment les faits, les contrôleurs n'interviennent jamais sur les logiciels. Mais cette évocation traduit bien l'état d'esprit de la société de service qui a l'impression de se trouver confrontée à un fonctionnement totalement anarchique. Pour le CAUTRA IV, les industriels veulent mettre un terme définitif à ce type de fonctionnement. Ils s'opposent en cela aux responsables du CAUTRA III, et notamment à Daniel AZEMA. Ce dernier en effet est bien conscient qu'il faut contrôler et organiser ce type de pratique, pense qu'il faut trouver les moyens de continuer à les pratiquer afin de conserver au système une certaine souplesse, tout en préservant la sécurité.

« Au début, j'ai personnellement essayé de transmettre le savoir-faire. Mais chaque fois qu'on disait quelque chose à SYSECA, ils disaient systématiquement le contraire. Quand j'ai vu que, de toutes façons, ça ne servait à rien, j'ai laissé tomber. Une anecdote très typique : dans les gros logiciels, la phase « d'édition de liens » consiste à reprendre tous les petits morceaux et de les faire passer dans un gros programme qui établit les liens entre ces morceaux. C'est une phase qui dure longtemps. Une fois cette phase finie on a un programme « exécutable », c'est-à-dire qu'on peut charger en machine et exécuter. Si après on trouve une erreur, l'habitude était, au lieu de partir du début, du code source en refaisant les modifs, en recompilant et en refaisant l'édition de liens, on faisait des « modify ». Ca consiste à aller modifier directement le code machine en rentrant une instruction dans la machine en disant à telle adresse (84784), on va écrire le chiffre untel et ce chiffre est un code instruction mais qui n'est pas en code source mais en code exécutable. On prend le programme une fois qu'il est en mémoire et on modifie cette case mémoire et cela modifie une instruction, des données. Cela permet de corriger des erreurs immédiatement. Dans le CAUTRA III, on avait ce système et on avait été obligé de rajouter une gestion de ces modify très sophistiquée pour éviter de rajouter des erreurs dans ces erreurs (quelquefois, quand on passe d'une version de programme à la suivante, on n'a pas corrigé toutes les erreurs). Moi j'avais dit que notre méthode était bricolée et que pour le CAUTRA IV, il faudrait faire une procédure très sophistiquée pour éviter toute erreur dans ce type de gestion. Les « gens » m'ont dit mais non, avec les nouveaux calculateurs qu'on a, l'édition de liens est très rapide et on corrige à partir du langage source, on corrige l'édition de liens. On était considérés comme des gens de l'âge de pierre qui donnaient des conseils à l'âge de fer... Vraiment, ils se moquaient de nous. Au final, dans le CAUTRA IV, on a dû

intégrer un système de gestion des patchs et cela a été mal fait parce que ça n'a pas été conçu depuis le départ »⁹.

Ce débat sur les patchs renvoie à un phénomène communément observé par les anthropologues qui se sont penchés sur les informaticiens au travail. La rationalité et la logique sont toujours mises en avant dans les discours alors même que des pratiques moins ordonnées et sans doute plus intuitives ainsi que le désir de transgresser les barrières mises entre le programmeur et le code, le cœur de la machine, restent le lot commun des programmeurs ou des personnes qui s'occupent de la maintenance. Les « bidouilleurs » sont présentés comme « les pirates », les « anarchistes » dans la communauté des informaticiens mais « la bidouille » n'est étrangère à aucun d'entre eux¹⁰.

Car un système figé, documenté, bien cadré dans une méthode univoque apporte, certes, sécurité et solidité du système. Mais, par là même, il impose une lourdeur nouvelle. Une méthode très stricte implique le pari que les problèmes ne vont pas changer au cours de la réalisation (qui est souvent assez longue pour les grands systèmes). Dans ce sens, un système trop figé privilégie le prévisible à l'historicité, c'est-à-dire ce qui peut arriver. Or, le monde que nous tentons de décrire est un monde de changements : les avancées dans le domaine informatique sont très rapides comme le monde de la circulation aérienne est lui-même très sensible à l'événement. Et c'est précisément le constat que devront faire les partisans de la méthode au moment de la mise en place du système : le monde auquel ils devront s'adapter aura profondément changé par rapport à celui à partir duquel ils avaient établi les spécifications.

Les anciens et les modernes ?

Ainsi, le CAUTRA vit-il de l'intérieur les problèmes que soulève la tendance générale dans cette période de canaliser la réalisation des logiciels dans UNE méthode. Et c'est bien du chemin droit de la méthode cartésienne dont il s'agit, progressif et par degrés et qui implique un cheminement universel (le même pour tous les problèmes) et linéaire (sans retour en arrière). Mais peut-on réduire pour autant ce type de controverse à un nouvel épisode de la sempiternelle bataille entre les anciens et les modernes, entre les programmeurs empiristes et les méthodistes (Rappelons la citation de Daniel Azéma : « *On était considérés comme des gens de l'âge de pierre qui donnaient des conseils à*

⁹. Entretien avec Daniel Azéma.

¹⁰. Ph Breton, *La tribu informatique*, op. cit.

l'âge de fer... Vraiment, ils se moquaient de nous. »). Il nous semble au contraire que la controverse qui traverse le CAUTRA révèle un problème récurrent de l'histoire de l'informatique. Dans un livre récent où il tente de présenter la programmation « comme un des beaux arts » Pierre Lévy souligne, à partir de quatre études de cas, combien l'activité de programmation est difficilement réductible à une méthode :

« Qu'est-ce qu'une méthode ? Nous prenons ce concept au sens le plus rigoureux, sans y inclure les conseils ou les règles heuristiques (erreurs à éviter, etc.). Premièrement, on peut dire que tout méthode, au sens fort, met en jeu trois opérations: -l'analyse préalable et complète d'un problème ; -le choix d'une procédure de résolution dudit problème ; -l'application de la procédure ou de l'algorithme choisi, étape après étape. Si la programmation était justiciable d'une méthode, cela signifierait que son auteur dispose d'une vision synoptique à longue distance, qu'il domine l'ensemble des opérations à venir (Descartes ne vient qu'après la représentation perspective de la Renaissance). Deuxièmement, la méthode présuppose qu'un sujet et un objet se font face. Le sujet actif applique la méthode à l'objet passif (matériau, données à traiter, etc.). Or, ces deux présupposés de la méthode ne correspondent en rien à ce que nous avons pu observer dans les quatre cas de programmation que nous avons analysés. Premièrement, on se trouvait dans un milieu tactile des proximités, avec un « horizon » très proche, plutôt que dans l'espace perspectif de la Renaissance. Les programmeurs dont nous avons suivi les aventures naviguaient à vue, rencontraient des sous-problèmes imprévus qui les aiguillaient sur de nouvelles voies, négociaient des contraintes apparues à la dernière minute, sautaient d'une singularité à l'autre. Secondement, les experts, ou les divers spécialistes des domaines considérés, n'étaient en aucun cas des « objets » étudiés ou traités par les informaticiens, mais des acteurs et même des coauteurs de la programmation à part entière. Les modèles formels, finalement obtenus résultaient d'une construction collective, empirique, où les circonstances et les aléas avaient joué un rôle non négligeable. L'apparent désordre et les interactions fines de la conversation qualifient bien plus adéquatement les processus de conception observés que l'ordre rigide et les décisions unilatérales de la méthode » ¹¹.

Plus généralement, on pourrait se demander en quoi consiste cette tendance (plus qu'une évolution) dans la science de la programmation. Est-ce, là encore, un

¹¹- P. Lévy, *De la programmation considérée comme un des beaux-arts*, Paris, La Découverte, 1992.

phénomène purement technique ou ne s'agit-il pas plutôt de la nécessité d'asseoir les développements de l'informatique dans une logique économique et sociale : le taylorisme. Outre un strict ordonnancement du processus de conception, c'est la division systématique des tâches et des fonctions qui est en question et qui garantit, à la fois, la sécurité des systèmes et la discipline des hommes.

QUERELLES SUR LE DÉVELOPPEMENT INDUSTRIEL

Une question ancienne

La crise fait remonter en surface une opposition entre deux points de vue sur le rôle de l'administration dans le développement des technologies nouvelles. Ce conflit de représentation est incarné par deux types de conception (et de pratique) du partage des rôles entre l'administration et les industriels. Bernard Palayret, qui dirige le STNA depuis le début des années 1960 l'a toujours fait dans l'optique du faire faire :

« Le rôle du CENA se situe avant qu'on industrialise. Le rôle du STNA est de faire l'interface entre les besoins des gens et ce que la technique peut leur offrir. Moi, ce qui me plaisait, c'était le contact avec les industriels. La technique, c'est les industriels qui l'ont et les avancées, c'est eux qui les font. J'ai eu l'impression de contribuer dans un certaine mesure à l'avancée de l'industrie française. En toute honnêteté, quand je suis arrivé au STNA, il n'y avait pas d'industriels français dans ce domaine. Quand je suis parti, la France était le deuxième pays dans ce domaine (c'est surtout Thomson-CSF). (...) J'ai participé à une « aventure industrielle » et c'est grâce à cette aventure que la France est devenue une parmi les exportateurs de ce type de matériel. Nous avons contribué à faire ajuster les prix industriels aux normes, à la concurrence internationale. Les ingénieurs du STNA étaient très près des industriels. (...) Il faut faire un certain nombre de choses dans l'administration, je ne suis pas partisan de tout sous-traiter. Mais de là, franchement, si on fait un logiciel, c'est pour l'utiliser mais c'est aussi pour pouvoir faire de l'export. C'est une vue d'ensemble, ce qui est intéressant, c'est l'intérêt du pays »¹².

¹²- Entretien avec Bernard Palayret

Cette vision du service public comme arbitre ou comme intermédiaire traduit la culture qui s'est développée au STNA, intériorisée dans la pratique quotidienne des ingénieurs comme des techniciens. Le CAUTRA s'est développé dans un « imaginaire institutionnel » fort différent. Les visions du monde de ses « chefs » y sont pour beaucoup. Jacques Villiers, sans écarter la réappropriation par les industriels des études menées au sein de la DNA, a toujours pratiqué le faire. Il a, de plus, toujours nourri d'une dimension économique sa réflexion générale sur le contrôle aérien et il sourd encore de son analyse actuelle des problèmes de capacité de l'espace aérien, une critique du libéralisme¹³. Quant à Dominique Alvarez, il a marqué le CENA pendant une quinzaine d'année, une vision du service (public) comme une « institution » au sens sociologique du terme. La cohésion de l'institution est rendue possible par une dimension transcendante, l'intérêt général de la sécurité aérienne qui investit chacun des membres d'une mission à accomplir pour le bien commun. Dans cette vision, la cohésion sociale autour de ce sens partagé est une condition essentielle à la qualité des prestations et à la production de techniques efficaces et sûres. Elle entraîne même parfois des réactions de rejet quant à la possibilité de déléguer des responsabilités trop grandes à des intervenants extérieurs. Ce rejet étant légitimé par ailleurs par l'absence de connaissance des problèmes spécifiques, c'est-à-dire « de l'intérieur » du système de la circulation aérienne.

Porté sur les fonds baptismaux par cette vision du monde cohérente, le CAUTRA n'a d'ailleurs eu, pendant de longues années, pas d'autre choix. En effet, jusqu'en ce milieu des années 1970 où éclate la crise, la production des logiciels reste une activité essentiellement empirique (on pourrait presque dire artisanale) fondée sur des relations de travail bipolaires entre les constructeurs de « *hard* » et les utilisateurs à qui revient la mission d'adapter le nouvel outil à des usages spécifiques.

13. Il écrit par exemple dans un article récent : *"Alors que le transport aérien européen entre dans la phase active de la mise en oeuvre de l'Acte unique, les autorités responsables et les compagnies aériennes manifestent une inquiétude croissante concernant la saturation de certains aéroports et du contrôle de la circulation aérienne. Cette préoccupation est d'autant plus justifiée que l'effort de libéralisation se développe dans un contexte de très vive croissance du transport aérien, alors qu'aux Etats-Unis, les premières années de la déréglementation se sont écoulées sur un fond de récession économique. Or, pour s'épanouir librement la concurrence suppose des infrastructures largement dimensionnées -tel n'est déjà plus le cas en Europe. Les infrastructures doivent d'ailleurs être d'autant plus facilement accessibles que le libéralisme s'oppose, par sa nature même, à l'optimisation de l'utilisation de leur capacité. Qui plus est, l'expérience américaine a montré que la capture à son profit des capacités d'infrastructure disponibles continue pour chaque compagnie aérienne un enjeu stratégique d'autant plus déterminant que la concurrence est plus vive et que cette capacité est plus limitée. Tel est bien le mécanisme qui a accéléré d'une manière spectaculaire la saturation des aéroports principaux américains. Alors que le nombre de mouvements totaux (circulation aérienne en route) n'a crû que de 26% de 1978 à 1987, celui des grands aéroports a augmenté de 64% pendant cette même période ; de surcroît, les mouvements sur les grands aéroports ont eu tendance à se concentrer sur des périodes de pointe pour optimiser les possibilités de correspondances"*, ITA Magazine n° 59, Janv-fev 1990, p. 14.

Faire ou faire faire ?

Faire ou faire faire ? Le CAUTRA vit de l'intérieur un de ces conflits de représentation du devenir économique et social qui sont aux fondements de nos sociétés modernes. Libéralisme et étatismes s'affrontent, là comme ailleurs à une période où l'arrivée au pouvoir de Valéry Giscard d'Estaing marque en France un tournant libéral dans la politique économique et où le service public et la notion d'Etat-providence qui lui est historiquement associée se voient vivement contestés, de l'intérieur comme de l'extérieur.

« La critique du service public a pris cependant une dimension toute différente au milieu des années soixante-dix : la crise du service public est alors tout à la fois le révélateur et la traduction, le point de focalisation et l'abcès de fixation d'une crise plus globale de l'Etat-providence ; le service public qui avait été le fer de lance et le vecteur de la croissance étatique est mis au ban des accusés et devient une pièce à conviction dans le procès instruit à l'État. S'il a résisté en définitive à ces assauts, c'est au prix d'un ensemble de mutations, d'ordre pratique mais aussi d'ordre symbolique »¹⁴.

Mais la question, comme toujours lorsqu'on sort du niveau des généralités, est plus délicate. Car un service public et sa mission se définissent par rapport à ses usagers. Or, qui sont les usagers pour les membres de l'institution de la navigation aérienne ? Les questions où la réponse semble la plus évidente (les avions !) sont souvent de celles qui recèlent le plus de difficultés. Car qu'est-ce qu'un avion ? Sur ce point, les représentations de l'institution divergent et les échelles de valeurs (c'est-à-dire les moteurs de l'action) qui en découlent sont parfois contradictoires. Si l'avion est un objet technique qui transporte des passagers, c'est-à-dire une collection d'individus, la sécurité des personnes est la valeur centrale du système et le contrôle aérien se range du côté des missions qui restent naturellement et dans une étonnante continuité historique confiées à l'État (les institutions de police, d'incarcération, la « sécurité routière » ou ferroviaire). Mais si le contrôle aérien gère des flux constitués d'objets volants qui sont les outils économiques des compagnies aériennes, la relation symbolique entre le service et l'utilisateur (qui devient la compagnie aérienne) est profondément modifiée et la sécurité des usagers devient elle-même un élément parmi d'autres dans une politique

¹⁴- Jacques Chevalier, *Le service public*, Paris, PUF, Que sais-je?, 1987

économique, élément intégrable dans un calcul. Ces deux représentations ne partagent pas nécessairement les être ou les services mais cohabitent en leur sein¹⁵.

L'informatique comme technologie industrielle

Avec l'apparition corrélative des SSII, et de la notion de « génie logiciel » qui traduit le souci de « structurer » la pratique de la programmation, l'informatique cherche à imposer une nouvelle image d'elle-même, où la programmation semble pouvoir devenir une activité industrielle et le logiciel un produit quasiment « fini ». De là à penser que l'État peut faire faire et le CAUTRA rentrer dans le moule des pratiques techniques et économiques développées par le Service technique, il n'y a qu'un pas que la Direction de la Navigation Aérienne franchit sans hésitation.

Si la politique du « faire » avait, jusque là, prévalu dans l'automatisation du contrôle aérien, celle du « faire faire » prend le relais avec la nouvelle réorganisation institutionnelle. Intégré au STNA, le CAUTRA devra donc se mouler dans les pratiques institutionnelles et économiques qui sont celles de ce service : une approche industrielle des questions techniques. Bien sûr, les grandes orientations sont toujours, en principe, dessinées par le CENA et les spécifications du système restent sous la responsabilité de l'administration, mais sa réalisation et l'écriture des programmes sera confiée à des sous-traitants. Ce changement de politique remet le CAUTRA dans une situation plus conforme aux relations qu'entretient traditionnellement le STNA avec l'industrie (notamment avec Thomson pour les radars). Rendu possible par l'éclosion, sur le marché industriel français, des Sociétés de Service en Informatique, il remet en surface une opposition entre deux points de vue sur le rôle de l'administration dans la conception d'un système : faire ou faire faire¹⁶.

15. Nous avons pu cependant constater lors de nos observations et entretiens que les contrôleurs valorisent plus leur mission socio-technique (assurer la sécurité des personnes) que leur rôle économique, bien que ces objectifs restent indissociables dans leur travail quotidien. Cette ambivalence qui prend souvent la forme d'une double contrainte (concilier la fluidité et la sécurité du trafic) n'est pas seulement présente dans le quotidien, elle apparaît également dans les règles prescrites, les normes d'espacement radar par exemple qui ne sont que le compromis fait à partir de différents points de vue : le politico-économique tout entier tendu par la question de la capacité, le technique qui évalue la qualité intrinsèque du traitement et l'opérationnel qui joue avec les normes (dans un sens ou dans l'autre) en fonction d'un grand nombre de critères. (cf. sur ce point, nos analyses in *Le Pilote, le Contrôleur et l'automate*, p.68) et Caroline Moricot, "Les contrôleurs aériens et le rapport à la norme", in *Actes du séminaire "Publics de l'enseignement à distance"*, 1992.

16. Parmi ces sociétés, remarquons la trajectoire parallèle de SESA Automation et d'ECA Automation. Elles furent toutes deux fondées par des pionniers de l'informatique, anciens ingénieurs de l'armement. L'une et l'autre ont trouvé leur premier client avec les systèmes (STRIDA et SENIT) qu'avaient exploré leur fondateur. Il est remarquable de noter comment ces ingénieurs de l'armement ont su anticiper dans les années 1960 les évolutions à la fois techniques et économiques de l'informatique. A la relation constructeur de machine (hardware)- utilisateurs, va se complexifier par l'arrivée d'une troisième

Enfin, sous le vocable « industrialisation » des systèmes informatiques, il faut lire divers niveaux de réalité. Outre le transfert de la production des logiciels à une société extérieure, il s'agit de normaliser et de standardiser la production de logiciels en tant que telle. Ces derniers en effet voient à cette époque leur coût décupler par rapport au matériel. Les langages évolués avaient été une première réponse à ce problème mais la tendance qui s'impose à cette période est que la normalisation des logiciels et l'augmentation de leur fiabilité passe par une « industrialisation » de leur conception. Il s'agit de proposer des produits relativement standardisés et dont la réalisation est strictement ordonnancée par LA méthode. Cette préoccupation rentre en écho avec le problème qui hante les constructeurs de l'époque : la compatibilité. Problème que la CII n'a pas pu, ou su prendre en compte et qui, dans une certaine mesure, conditionnera et mettra en péril les projets auxquels elle a contribué, le CAUTRA n'est, à ce titre, qu'un exemple parmi d'autres.

Une transmission difficile

Mais le CENA semble réticent à cette évolution de l'informatique. Pour ses membres, la qualité et la fiabilité des logiciels passe avant tout par l'excellence des programmeurs associée à une bonne connaissance des problèmes spécifiques de la Navigation Aérienne. Le recours à des sous-traitants dans ce domaine n'est pas systématiquement écarté, mais réservé pour des tâches subalternes. Le principal risque d'une approche « industrielle » est d'éloigner les concepteurs des utilisateurs **en adoptant une approche trop linéaire.**

En outre, si la continuité est un des principes qui régissent et légitiment les services publics en général, cette contrainte est particulièrement manifeste dans le monde de la Navigation Aérienne qui doit assurer la circulation continue du trafic aérien. Aussi, malgré la déchirure que vit l'institution, était-il impensable que le dispositif initial n'ait pas prévu de lien entre le présent et le futur. Ainsi le CENA avait-il gardé une fonction de contrôle sur les développements du CAUTRA IV, en amont, au niveau des spécifications et de « l'analyse fonctionnelle » et en aval pour le test et l'évaluation de la version finale. Mais, au travers des exemples et anecdotes qui émaillent ce récit, on

composante (les Sociétés de Service en Informatique), liée à l'importance technique et économique croissante du logiciel (software) et qui va ouvrir un espace pour une nouvelle catégorie d'acteurs socio-économiques : les informaticiens. Ce tournant n'a pas été anticipé par les ingénieurs de la Navigation Aérienne dont peu, à cette époque, passent dans le privé pour créer leur propre boîte. De cet état de fait, un des acteurs donne une interprétation "sociologique" : *Ce serait intéressant de faire une étude sociologique (!) en comparant les ingénieurs de l'armement et les civils. Ceux de l'armement, beaucoup de noms à particules : bourgeoisie avec des relations avec les banquiers et possibilité de faire des boîtes. Les gens de la Navigation Aérienne ne sont culturellement pas prêts à créer des boîtes privées.* (Un ingénieur de la DNA)

se rend bien compte que la transmission s'avère, ni réellement possible, ni d'ailleurs véritablement souhaitée par aucune des parties et la tendance qu'ont naturellement beaucoup des témoins à « lisser » le passé pour en exhiber une image heureuse résiste mal quand il s'agit de décrire les séances de travail entre les responsables du CAUTRA IV et ceux du CAUTRA III :

« Le CENA ne nous a jamais dit : voilà tout ce qu'on a fait, tous les algorithmes, tous nos trucs. Pour plein de raisons : d'abord, ça n'était pas si évident que ça de transférer un savoir-faire aussi compliqué. La documentation associée était une documentation peut-être plus d'expérimentation qu'une documentation industrielle que nous aurions pu réutiliser pour redévelopper. Et le CENA, probablement, oscillait entre deux positions : le STNA veut faire le CAUTRA IV et veut industrialiser, eh bien qu'il le fasse ! L'industriel ECA AUTOMATION prétend faire ça, qu'il le fasse. Et c'est vrai qu'il n' y avait pas une volonté du CENA d'aider massivement le STNA et encore moins l'industriel »¹⁷.

On voit ainsi se développer, avec cette controverse, deux points de vue sur l'outil informatique et sur le chemin qu'il doit prendre pour étendre son empreinte.

CONTROVERSES SUR LA REPRÉSENTATION DES AUTOMATES

Le traitement radar

Le rôle de l'image dans les sociétés contemporaines, la prégnance (et la puissance) que lui autorisent les nouvelles technologie est un thème abondamment exploré dans la littérature philosophique et sociologique. Nous ne nous livrerons pas cette fois non plus à l'exercice académique qui consiste à revisiter les différentes théories pour définir la position **juste** mais chercherons à montrer que les problèmes qui préoccupent (et divisent) les chercheurs en sciences humaines sont souvent des questions que se posent, à leur manière, les constructeurs d'artefacts.

¹⁷- Un ingénieur de SYSECA.

De l'image...

L'histoire du contrôle aérien pourrait servir de « guide » à une petite histoire contemporaine de l'image comme traduction de la réalité. Les premiers supports sur lesquels s'appuient les contrôleurs pour détecter les conflits aériens sont des cartes planes du ciel sur lesquels les opérateurs déplacent des plots. Mais cette pratique ne résiste pas à une augmentation et à une complexification du trafic et la méthode du stripping remplace le plotting en France après la guerre de 1940. Cette nouvelle méthode implique pour le contrôleur, qui doit se représenter le ciel et les conflits potentiels entre les aéronefs à partir de strips (chacun représentant un avion) classés sur un tableau, une puissante activité mentale. L'introduction du premier radar introduit incontestablement une rupture technique dans la représentation de l'espace : un écho analogique brut balaye l'écran cathodique et renseigne, au prix d'une subtile gymnastique de l'esprit, en temps réel le contrôleur sur la position « réelle » . Mais l'appropriation de cette nouvelle technologie ne constitua pas, elle, une discontinuité. L'usage du radar ne s'impose que très progressivement dans les salles de contrôle et reste longtemps un appoint du stripping. Un premier codage de ces informations brutes intervient avec le transpondeur qui permet de « filtrer le ciel » . Mais la digitalisation des informations n'est complète qu'avec le premier radar synthétique. Un extracteur numérise les informations et l'image qui est présentée au contrôleur est une image de synthèse. Cette notion de synthèse est radicalisée avec la poursuite multi-radar : l'image fait la synthèse de plusieurs informations émanant de plusieurs récepteurs. On voit comment des « automates » se substituent à des fragments de l'activité humaine. Aujourd'hui le projet PHIDIAS radicalise cette thèse en faisant la synthèse sur une image unique des informations radar et plan de vol, l'automate se substituant alors à l'homme pour produire la vérité du ciel ¹⁸.

Mais la représentation n'est jamais qu'une approximation de plus en plus fine du réel. Et ce que l'on gagne en exactitude se paye en puissance de calcul et en ingéniosité. Elle implique également un transfert de la responsabilité : une part de l'activité des contrôleurs (corrélér, extrapoler, lisser les informations entre elles) est déléguée à des automates. Dans cette perspective, on voit bien comment le thème aux connotations négatives de la « résistance au changement » qui imprègne les représentations qu'ont les ingénieurs à propos des utilisateurs relève d'un optimisme technologique un peu béat et, à bien des égards, irrationnel. Que penseraient les mêmes contempteurs de la résistance

¹⁸. Cf. *Face à l'automate*, partie II, chap. II “Innovation et lien social, le cas de PHIDIAS”, p.200-202.

au changement d'un PDG qui passerait la main sans s'assurer que son successeur est capable ou d'un agriculteur qui transmettrait une exploitation à son fils sans lui avoir transmis son savoir-faire et ce, à plus forte raison s'ils doivent, un temps, cohabiter. La responsabilité nouvelle qui incombe aux ingénieurs à chaque avancée de la technologie est rarement présentée dans toute sa complexité. Car le progrès technique n'est linéaire qu'a posteriori et chaque problème n'a pas, à portée de la main, sa solution. L'ingénieur sait comme le physicien que plus il progresse dans sa représentation du réel, plus les problèmes affluent et se complexifient, non seulement en termes de calcul mais en termes d'inconnu. Le réel se construit dans une succession de choix et d'exclusions de possibles. L'intérêt, pour le sociologue des techniques, du cas du radar est qu'il est manifeste que ces choix portent à conséquence sur ce qui peut advenir mais qu'il se concrétise dans des représentations dont les failles peuvent être sensibles pour l'utilisateur. Un contrôleur averti sait reconnaître une poursuite radar d'une autre et apprend, par sa pratique quotidienne, à en corriger les imperfections.

De la position radar

Nous avons plus haut évoqué les difficultés que représentèrent, pour le contrôleur aérien, l'évolution de cette « construction de la réalité » où les calculateurs interviennent de plus en plus. Mais nous voudrions pour l'heure reprendre ce thème sous un autre angle sociologique, celui des ingénieurs. En effet, un des points de controverse qui se développa pendant cette « guerre des systèmes » tourne précisément autour de la question des modes de calcul de la position de l'avion. Il nous est malheureusement difficile de rentrer trop avant dans le détail scientifique de cette passionnante controverse, mais notre approche globale nous permet tout au moins d'en repérer quelques enjeux.

Les institutions qui se partagent maintenant le CAUTRA ont toutes trois acquis une expérience forte dans le domaine de la poursuite radar. En fait la rareté des compétences dans ce domaine très pointu semble intégrer tous ses spécialistes dans un microcosme, ce qui rend très complexes les interrelations entre les différentes institutions (et explique par ailleurs les relations passionnelles et nourries de rivalité qui semblent les lier). L'expérience du CENA a déjà été évoquée. Eurocontrol est responsable de son côté, de la réalisation du Centre de Maastricht qui contrôle une partie de l'espace supérieur de l'Europe du Nord. Mais la poursuite radar du MADAP a été faite, à l'origine, par SYSECA. Cette dernière société ayant, par ailleurs, forgé son expérience au Centre de Programmation de la Marine où elle a réalisé la poursuite du SENIT. Des

ingénieurs de même niveau et de formation comparable sont arrivés dans des cadres institutionnels et des « environnements différents » (par exemple, l'espace supérieur est réputé moins « difficile » que l'espace inférieur où les avions sont plus évolutifs) à des choix relativement distincts. Pour le profane, ces controverses apparaissent comme des « cuisines internes », des « querelles d'experts ». Pour l'ingénieur et pour le contrôleur, elles sont essentielles¹⁹.

C'est dans l'écart entre le réel et sa représentation que se déploie la controverse. Le gain en exactitude résout des problèmes mais en soulève d'autres d'une nature sans doute plus complexe : en présentant la représentation comme la position réelle, en gommant le compromis, le système donne au contrôleur l'impression qu'il dit vrai alors que cette vérité reste relative.

Guerre et paix

La controverse entre le CAUTRA III et le CAUTRA IV à propos de la poursuite radar porte sur d'autres aspects, non moins techniques et non moins difficiles à apprécier pour l'observateur profane. ECA Automation en effet peut se prévaloir d'une expérience multiple : sa participation aux projets dans les systèmes d'Eurocontrol et l'expérience acquise dans la marine. C'est, curieusement sur cette dernière pratique, non seulement

19. *“On était en querelle avec les gens de MAASTRICHT et d'EUROCONTROL sur le traitement MULTI RADAR et tout particulièrement sur le problème des normes : nous avons fait une estimation raisonnable que la norme entre nos pistes synthétiques devait être de 10 NM (Nautical Miles), estimation fondée sur la qualité des informations radar qu'on recevait, sur la manière dont nos traitements fonctionnaient, ainsi que sur des mesures statistiques d'écart. Finalement, nous avons beaucoup plus de radars que les gens de MAASTRICHT et on mesurait les positions d'avions avec plusieurs instruments différents, ce qui nous permettait de dire : statistiquement, notre plot radar doit se trouver là, dans une petite tâche. Notre norme était fondée là-dessus alors que MAASTRICHT faisait une cuisine barycentrique qui ne démontrait rien par rapport à la réalité et qui était simplement un raisonnement purement spéculatif. Alors que les gens de Maastricht qui généralement travaillaient avec deux radars disaient : “On a bien deux plots mais pour éviter que le contrôleur n'en voit deux, on va lui visualiser le barycentre suivant une formule fondée sur des poids reliés à la qualité de la mesure radar... Ce n'était quand même pas tout-à-fait le même raisonnement.” (Un ingénieur du CENA)) Mais, du point de vue du même ingénieur, chaque choix engendre ses propres problèmes, sa propre vulnérabilité : “Comme on avait pas de mécanismes de type barycentrique type EUROCONTROL, dès qu'un RADAR était décallé, plop il y avait plein de doubles étiquettes partout et les contrôleurs se plaignaient, ce qui était compréhensible;.. C'était la vulnérabilité de notre approche.”*

L'analyse rétrospective peut également amener les acteurs à des autocritiques de type métaphysique : “Je pense que nous aussi, nous sommes laissés piéger dans le rêve que la perfection était possible. En particulier le système CAUTRA était un des seuls qui depuis très longtemps a présenté aux contrôleurs le résultat de la poursuite comme position alors que beaucoup de systèmes donnent la position brute. Et comme les systèmes de poursuite radar, c'est des compromis, il faut trouver un compromis entre la rapidité (quand un avion tourne, en évolution). Des systèmes plus frustrés donnaient plus de poids, soit à la réalité d'évolution, soit à la rapidité d'évolution . Comme, pour le filet de sauvegarde, il y a un compromis à faire entre les alarmes non détectées et les fausses alarmes, pour créer une piste radar , il y a un compromis à faire entre les avions non détectés et les avions détectés à tort. Même avec le radar secondaire ça existe parce qu'il y a des faux plots “. (Un ingénieur du CENA)

qu'elle affirme sa légitimité mais sur laquelle elle se fonde pour élaborer le traitement radar du CAUTRA IV plutôt que sur l'expérience acquise au sein des systèmes de contrôle aérien²⁰.

D'un point de vue institutionnel, avions civils et militaires ne volent pas dans les mêmes cieux, ce qui implique des relations fort différentes avec l'opérateur qui les surveille sur l'écran radar. Les avions civils sont des oiseaux mécaniques constamment reliés au sol qui guide pour une grande part leurs routes, leur trajectoire, leur vitesse, etc. De plus, le transpondeur est là pour rappeler en permanence au sol leur présence, leur identité. S'il existe, comme nous l'avons montré, des conflits de représentations sur le devenir de l'objet volant entre l'air et le sol, ces conflits se jouent dans un espace institutionnel commun : l'imaginaire de la sécurité aérienne. Un avion en exercice militaire a, au contraire, tout intérêt à être caché, à déjouer la poursuite du radar ennemi et choisit à qui il se montre et à qui il se cache. Ainsi la poursuite militaire se fait à partir du radar primaire et vise à mettre en présence, à révéler, un univers beaucoup plus complexe et indéterminé que le ciel civil²¹. La logique à mettre en œuvre est donc beaucoup plus « sophistiquée » (s'inscrivant elle aussi dans des relations sociales bien particulières : la guerre), ce qui donne la conviction aux ingénieurs qu'il est facile de faire simple quand on sait faire compliqué. De leur côté, les ingénieurs du CENA reprochent au traitement SYSECA d'avoir mis en œuvre des logiques, effectivement inutilement complexes pour la poursuite civile et qui les auraient fait sous estimer les problèmes spécifiques du radar secondaire²². Un certain nombre de ces défauts (encore minimes) sont repérés par

20. La différence entre un système militaire et un système civil est souvent abordée par les acteurs de manière humoristique : *“Il y a une boutade qu'on dit souvent : les militaires passent leur temps à se faire rencontrer des avions parce qu'on va les intercepter, alors que l'aviation civile passe son temps à les séparer. Oui, mais il y a plein de différences ...”* (Un ingénieur de SYSECA)

21. *“Dans le monde de la marine, l'univers est moins déterminé. : l'ennemi (la cible), on ne sait pas où ils sont. Alors qu'un avion civil, on sait où il va, on sait où il tourne, on sait son niveau et donc on peut s'y préparer, (poursuite en niveau). Donc, on a un modèle de comportement d'avion de ligne qui est beaucoup plus simple qu'un avion de chasse. Un avion de chasse, il peut faire n'importe quoi avec des taux d'accélération pas possibles, ça fait décrocher toutes les poursuites que vous voulez.”* (Ibid.)

22. *“Dans l'armée, quand on suit un avion, on en suit un seul et, donc, la probabilité d'avoir des défauts sur un avion est plus faible et le traitement n'est qu'une aide à, encore une fois, la représentation mentale de l'opérateur. Le contrôleur civil a aussi une image de la trajectoire des avions, mais il n'a pas une image aussi fine. Alors que le contrôleur civil a une vision globale des avions. Il y a une population qui regarde en permanence les avions donc les défauts, même ceux qui ont une faible fréquence d'occurrence sont vus tôt ou tard par des opérateurs. Donc, les exigences en termes de qualité, de mon point de vue ne sont pas les mêmes pour un système militaire ou civil : je crois que c'est ça le problème de fond plus que le fait que les avions militaires sont plus évolutifs que les avions civils. Sinon, on arriverait au raisonnement inverse : puisque les avions militaires sont plus évolutifs, le système doit être plus sophistiqué. Et je pense qu'ils sont plus sophistiqués, encore une fois, pour cet aspect réponse rapide mais ce n'est qu'un des éléments du problème. Or c'est vrai que, CAUTRA IV, au début répondait très rapidement aux évolutions. Et comme il y avait des faux plots, et parfois des plots aberrants qui se trouvaient à 1 ou 2 NA, ça partait dans les décors, ça créait des fausses pistes. Il y avait des paramètres dans ces fameux filtres de poursuite qui étaient jusqu'à la quatrième décimale, ce qui est à peu près du*

le CENA lors des évaluations du systèmes à Chevannes. Mais, c'est plus tard que de détails, ils se transformeront en phénomènes importants : lorsqu'ils seront évalués du point de vue du contrôleur.

Le contrôleur, le concepteur et le technicien

Ce souci de l'opérateur avait guidé le CENA dans sa révision de la poursuite radar. Parmi les études menées dans ce cadre, l'une d'entre elles a retenu notre attention ²³. Son intérêt principal est d'être menée conjointement par deux spécialistes du radar : Charles Moll, un électronicien du STNA et Jean-Marc Garot IAC au CENA, ce type de collaboration étant assez rare (d'autant que le second avoue avoir tout appris du traitement radar du premier ! ²⁴) dans le climat conflictuel de cette période où l'informatique est encore un monde autonome par rapport aux autres aspects techniques. De plus, les résultats de cette étude montrent que les failles du système radar ne sont pas seulement imputables au CAUTRA mais parfois aux réglages radar eux-mêmes. Un autre intérêt de cette étude est de prouver « que le traitement du radar secondaire n'est pas aussi simple qu'on le prouve généralement et que, notamment, une observation visuelle des résultats ne suffit pas à l'évaluer. Dans la terminologie du CENA, l'observation visuelle est un test, c'est-à-dire un diagnostic local et partiel et dont les résultats sont appréciés en fonction des normes que le technicien se donne à lui-même :

« Pour un technicien radar, l'important est que son système fonctionne correctement pour un certain pourcentage (par exemple pour 99%) le spécialiste radar présentera ces chiffres avec fierté. (...) Cela correspond pour le contrôle une probabilité (1/10000) a des chances de se produire tous les 1/4 d'heure, (...), c'est-à-dire qu'un contrôleur peut se trouver en face de ce phénomène huit fois pendant une vacation de deux heures... Il est vraisemblable qu'il ne retiendra que cet événement et que sa façon de contrôler en sera affectée par la suite. En

même ordre que ceux qui font des statistiques sur 10 personnes et qui sortent des pourcentages avec 3 décimales). Et tous les problèmes de garbling, de plots multiples en radar secondaire, de plots fantôme ... , ils étaient passés complètement à côté..." (Un ingénieur du CENA)

²³- R/CENA N°74-8 : Analyse de l'information radar par calculateur.

²⁴- Le STNA avait détaché un électronicien, Charles Moll pour travailler sur ces aspects-là. C'est lui qui m'a appris ce que c'était que le traitement radar, l'extracteur et on a commencé à développer des programmes mais de façon totalement empirique, sans aucune méthode, on alignait les instructions sans programme de dépouillement . On a sorti les premiers résultats et on s'est rendu compte qu'il y avait des stations radar mal réglées et que les gens n'avaient pas le moyen de régler les radars. Dans des documents qui ont été publiés, j'ai dit que les radars étaient mal réglés et qu'il y avait des aberrations et ça a créé un tollé , en particulier au radar d'Evreux qui a été un des premiers radars connectés au CAUTRA en radar déporté. Moi encore, ils ont dit que j'étais un jeune IAC qui n'y connaît rien mais l'électronicien qui était avec moi a été considéré comme un traître . " (Entretien avec J.M. Garot)

résumé un phénomène rare pour le technicien radar peut être un phénomène fréquent pour le contrôleur. »

En d'autres termes, le test peut être une preuve mais il ne constitue pas une épreuve suffisante pour estimer la qualité d'un traitement. A la notion de test, le CENA préfère celle d'évaluation dont l'objet n'est pas la recherche d'une illusoire cohérence intrinsèque d'un dispositif technique mais d'expérimentation de la relation qui s'inaugure entre l'homme et l'objet technique. La qualité d'une image radar ne se lit pas sur un scope, elle s'expérimente en combinant le triple point de vue du contrôleur, du concepteur et du technicien. Cette démarche, caractéristique de l'approche méthodologique du CENA, peut être mise en relation avec des démarches intellectuelles qui ont vu le jour dans des domaines apparemment bien éloignés de notre propos. Elle rappelle des travaux comme ceux de Roger Chartier qui appréhende les textes du point de vue de leur réception ou, plus directement liée, l'approche plus récente de Régis Debray dans *Vie et mort de l'image*:

« On aura compris qu'il n'y a pas d'un côté l'image, matériau unique, inerte et stable, et de l'autre le regard, comme un rayon de soleil mobile qui viendrait animer la page d'un livre grand ouvert. Regarder n'est pas recevoir mais ordonner le visible, organiser l'expérience. L'image tire son sens du regard comme l'écrit de la lecture, et ce sens n'est pas spéculatif mais pratique. Et de même que, dans « l'Ordre des Livres » (Roger Chartier), l'analyse des textes a cédé le pas à l'examen des pratiques de lecture, de même dans la cité des images, une histoire des usages et des sociabilités du regard devrait pouvoir revisiter utilement l'histoire de l'art. (...) Mais les cultures du regard, en retour, ne sont pas indépendantes des révolutions techniques qui viennent modifier à chaque époque le format, les matériaux, la quantité des images dont une société doit se saisir »²⁵

Le système de traitement plan de vol

Les controverses sur la mise en œuvre du Système de Traitement Plan de Vol (STPV) SONT plus diffuses et distribuées. Les relations entre Eurocontrol et le CENA sont, sinon moins tendues, plus fréquentes. L'équipe de réalisation du CAUTRA IV

²⁵- Régis Debray, *Vie et mort de l'image- Une histoire du regard en Occident*, Paris, NRF Gallimard, 1992. Ce qui est souligné l'est par nous.

peut moins facilement voler de ses propres ailes. Le cahier des charges en effet avait prévu de reprendre strictement les fonctions du CAUTRA III pour les adapter dans une version fiable et industrielle du système. Pour Eurocontrol, la réalisation du STPV du CAUTRA IV est un « mauvais souvenir ». Et les ingénieurs ont le mérite de ne pas dissimuler leur échec derrière des arguments techniques qu'ils pourraient cependant, à bon droit invoquer. En effet, ils ont à éprouver dès le début de leur travail les choix initiaux : des petits calculateurs conviennent mal à cette énorme et complexe banque de données qu'est le Système de Traitement Plan de vol. Le compilateur (qui avait été réalisé rappelons le pour le MITRA 15) doit être révisé pour le MITRA 125 et pour s'adapter au STPV (« *ça nous a pris deux ans* »). Cependant Claude Eyman qui dirige le projet, et qui avait pourtant travaillé sur des calculateurs puissants (IBM 370), minimise ces problèmes pour avancer des arguments d'un autre type :

« Le MITRA 125 n'était pas performant comme l'IBM 370, c'était un peu plus difficile à manipuler (cet aspect du choix de l'ordinateur sera abordé plus loin). Bon il y a la performance du moteur, la puissance de calcul, etc. Mais il y a surtout, pour les développements, la performance du logiciel de base et des outils de développement. On avait des problèmes de compilateur, des problèmes de système d'exploitation et il n'y avait pas d'outil de développement comme on peut trouver sur l'IBM. Mais les problèmes n'étaient pas là mais au niveau du concept du système puisqu'on nous demandait de reconduire toutes les fonctionnalités du CAUTRA III et le CAUTRA III avait été bâti suite à tous les besoins qui avaient été exprimés durant sa longue vie et c'était un système plein de verrues. C'est d'ailleurs pour ça qu'il fallait le repenser. Et on nous a demandé de reconduire toutes ces fonctionnalités spécifiques. »

Pour le chef du projet STPV, c'est précisément à partir de cette contrainte initiale qu'émergent les nombreuses difficultés auxquelles aura à se confronter le projet :

« Je me souviens qu'au départ, j'étais rentré de KARLSRHUE. On était allés voir Alvarez avec Lewden et j'avais compris que le projet CAUTRA IV consistait à reprendre le CAUTRA III. J'avais dit à Georges Maignan : « non, je ne veux pas faire ». Je voyais tout de suite la difficulté qu'on allait avoir pour faire un système qui marche à partir de ce CAUTRA III qui avait évolué en fonctionnalités et arrivait en bout de souffle. J'avais senti qu'on allait nous demander des choses qu'on n'arriverait pas à faire. Les problèmes techniques comme le compilateur, c'est pas anormal, il y a toujours quelque chose qui merde quelque part, surtout

à l'époque. Le sachant, je n'ai pas pu le récupérer. J'aurais dû geler les choses. J'aurais dû être très ferme. (...) Avec le recul, je dirais qu'on aurait dû analyser en détail les fonctionnalités du CAUTRA III. Refaire un dessin de ce système : il va y en avoir qu'on va reprendre intégralement, d'autres qu'on ne va pas reprendre du tout et il y en a qu'on va arranger, modifier. Et puis, vendre ça aux contrôleurs et à partir de là construire un système avec la notion de système. Un système, c'est pas des petits morceaux qu'on rajoute mais un truc qui doit tenir, c'est vrai pour une maison comme pour un système quelconque, mais on ne l'a pas fait parce que ce n'était pas l'idée de départ »²⁶.

Ce qu'expérimentent les ingénieurs d'Eurocontrol c'est la difficulté de faire cohabiter des logiques (sociales, économiques, politiques) différentes, et tout particulièrement des représentations divergentes d'un système informatique et de la relation qu'il inscrit avec l'utilisateur.

QUERELLES SUR LA MISE EN ŒUVRE DU CAUTRA

Architecture centralisée ou répartie

« Jusqu'aux années 1970-1975, on vit dans la logique de tout faire tourner dans des gros calculateurs assez chers. Puis apparaissent sur le marché, parce que les technologies deviennent plus accessibles, les minis qui offrent des échelles de prix assez considérables. Et on est à l'époque où, en gros, on minimise d'une grande façon le logiciel et on dit : eh bien, on laisse tomber les gros, on va mettre beaucoup de petits avec des télécom entre les petits : d'abord, ça va améliorer la fiabilité et la disponibilité (redondance) ; ça coûte pas cher, c'est plus évolutif. Il y avait tout un argumentaire à propos de ces technologies-là. Et c'est vrai que c'était la grande mode de l'époque (il y a un fond économique : les coûts des gros ordinateurs étaient quand même assez dissuasifs). C'était la mode de l'informatique répartie des systèmes dits fédérés »²⁷.

²⁶ - Entretien avec Claude Eyman

²⁷ - Un ingénieur de SYSECA

C'est ce choix qui est fait pour le CAUTRA IV. Mais rappelons toutefois que l'idée d'une architecture séparant les traitements plan de vol et radar est antérieure à ce choix de matériel et avait été lancée par Dominique Alvarez lui-même :

« Du CAUTRA IV, je n'ai lancé que les grandes lignes de l'architecture dans les réflexions que j'avais menées avant 1974 : quand on regarde la manière dont sont faits les traitements, il y a une structure où l'on a des plans de vol et des informations radar et, dans les informations radar, ce sont des informations renouvelables à fréquence élevée alors que le plan de vol, ce sont des informations événementielles et donc sur lequel il y a des contraintes d'intégrité relativement importantes... On n'a donc pas les mêmes contraintes techniques et on peut en profiter pour faire à ce moment là un lien souple : non temps réel exclusif... C'est tout... Le CAUTRA IV a effectivement été développé comme ça mais ma participation a été très faible... »²⁸.

Mais, dans son idée, cette répartition des traitements devait se faire, sinon nécessairement sur le même calculateur mais sous la même autorité technique et le choix d'une architecture répartie sur plusieurs MULTI 20 suscite de vives critiques de la part du CENA. L'argument technique le plus clair est le problème de la puissance des calculateurs et de leur disponibilité ce qui permet au CENA de prophétiser des problèmes que les producteurs du CAUTRA IV auront effectivement à résoudre. Mais les arguments techniques traduisent un autre point de vue : l'attachement à l'unité du CAUTRA. Le projet de sujet de mémoire établi par Jean-Marc Garot en 1977 à l'adresse d'éventuels étudiants de l'ENAC, montre bien l'importance pour le CENA, ou en tout cas pour lui-même, de cette notion d'intégrité du CAUTRA.²⁹

²⁸ - Entretien avec Dominique Alvarez,

²⁹- *“L'évolution considérable de la technologie informatique ces dernières années, notamment le développement des minicalculateurs, des microprocesseurs, des mémoires de grandes capacités et de faible encombrement, a entraîné un bouillonnement d'idées et de nombreuses controverses entre l'informatique traditionnellement centralisée et monolithique et l'informatique répartie. Dans le domaine du contrôle du trafic aérien, le fait de répartir des fonctions sur des calculateurs différents est l'option retenue en France pour l'architecture de la future génération du système (...) pour permettre une certaine indépendance. En effet, ce système est composé de deux sous-systèmes, l'un pour le traitement radar, l'autre pour le traitement plan de vol. D'autres systèmes (USA, Canada, STRIDA) utilisent un ensemble de calculateurs. Il serait intéressant d'étudier de façon précise si ces différents systèmes sont effectivement de type réparti ou s'ils n'utilisent plusieurs calculateurs que pour augmenter la puissance de calcul. Pour cela, il faudrait savoir quelles sont les fonctions réellement indépendantes, c'est-à-dire dont la disponibilité est assurée en cas d'arrêt d'une autre fonction pendant un temps non négligeable avant d'entraîner une dégradation gênante pour l'utilisateur. Ceci revient à se poser la question suivante : existe-il des fonctions indépendantes ou autonomes dans le processus de contrôle ? Si oui, pendant combien de temps : 10s, 1', 10'. Enfin, il serait intéressant compte-tenu du faible coût et de la fiabilité des microprocesseurs et petits calculateurs, de clore cette étude par une comparaison du point de vue du coût avec une solution intégrée de type classique employant un gros calculateur.”* Note CENA 78093/J-M G/ Projet de sujet de mémoire IAC : informatique centralisée ou informatique répartie pour l'assistance automatisée au contrôle du trafic aérien.

Ce projet de mémoire, malheureusement pour notre propos, ne déboucha pas. Mais on voit que les choses ne sont pas réductibles à la seule opposition de personnes, de services ou même de visions du monde. Ce qui ressort, une fois encore des discussions techniques est une opposition de point de vue sur la structure d'autorité de l'institution. La nécessité d'une responsabilité unique de l'automatisation était un des points consensuels des rapports d'évaluations. La commission Giraud avait mis en évidence combien elle était difficile à mettre en œuvre car incompatible avec l'organisation du STNA (où il est convenu que le CAUTRA doit s'intégrer). Ce dernier, en effet, est organisé en un certain nombre de divisions techniques aux sphères de compétence bien délimitées. Parmi elles, les sections « Telecom » et « Radar » (qui correspondent aux deux aspects du CAUTRA) travaillent dans une relative indépendance. Ce qu'on peut lire, sous les arguments techniques (architecture ou puissance de calcul) est un débat sur le mode de progression de l'informatique dans le monde technique. Cette dernière en effet, et peu importe qu'elle soit comme le voudrait Jacques Arzac une science ou une « technologie de l'intelligence »³⁰, commence à cette période une marche conquérante dans la culture et la société. Dans ce mouvement, elle métamorphose peu à peu l'univers technique et remet en cause les partages établis. Elle fragilise en particulier l'identité des techniciens spécialistes (qu'ils soient Polytechniciens ou réparateurs). Le travail de Gérard Dubey sur les électroniciens de la Navigation Aérienne montre bien ce phénomène³¹. L'informatique en se développant menace l'organisation traditionnelle fondée sur des **objets** techniques, en privilégiant la notion et la réalisation d'un **système**. Face à ce potentiel conquérant, le service technique cherche à préserver son identité en tentant de canaliser cette progression dans la logique technique qui est la sienne, polarisée sur les objet et les fonctions. Or la mini-informatique offre cette possibilité. Elle permet de diviser le CAUTRA en deux morceaux distincts qui vont s'intégrer dans le cadre institutionnel existant. La partie radar sera confiée à la division radar et la partie plan de vol à la division télécom. Comme pour radicaliser cette rupture, alors que le STR est confié à ECA Automation, le STPV sera réalisé par l'Agence Eurocontrol.

De même, cette approche nous autorise une autre lecture des réactions du CENA qui a conscience, depuis les débuts du CAUTRA, que l'informatique va changer le monde technique et opérationnel en créant un nouveau réseau de relations entre les hommes et les techniques. Rappelons la prophétie de Jacques Villiers au début des années 1960 : « Avec l'avènement de l'automatisation, un lien de plus en plus étroit s'établit entre les

³⁰- J. ARSAC, *Les machines à penser*, Paris, Le Seuil, 1987.

³¹- Gérard Dubey, *Dans les Couloirs du ciel*, CETCOPRA, 1994

besoins isolés qui se subordonnent aux exigences d'un SYSTEME dont ils constituent un des aspects ». Dans cette perspective la stratégie du CENA a toujours été de greffer directement l'automatisation sur les problèmes opérationnels en brouillant par là même les frontières traditionnelles entre les différents domaines techniques du contrôle aérien. De ce point de vue, le retour à une organisation traditionnelle des techniques apparaît comme une régression par rapport à la marche unificatrice qu'avait amorcée l'automatisation.

Un nouveau calculateur.

Mini ou maxi ?

La littérature sur l'histoire de l'informatique est peu prolixe sur ce moment charnière que fut l'introduction et la diffusion des mini-ordinateurs. Cette période est essentiellement présentée comme une transition vers la « micro-informatique ». Elle a, d'un point de vue global, été une étape importante dans l'histoire de la diffusion de l'informatique : le changement d'échelle et de prix (les calculateurs ont maintenant la taille d'une armoire) autorisent une diffusion beaucoup plus large dans les laboratoires ou les entreprises. Mais leur capacité n'est pas celle d'un gros ordinateur. En fait, le devenir du CAUTRA souffre de s'insérer dans un « entre deux eaux informatiques » où les possibilités des tout nouveaux microprocesseurs font miroiter plein de possibilités mais sans pouvoir encore offrir de réelle solution et le « mini » apparaît, surtout dans les milieux industriels, comme la représentation la plus « moderne » du monde du calcul automatique.

Le Plan Calcul est encore en vigueur et la Direction de la Navigation Aérienne est toujours tenue de choisir un matériel français. Les 10070 qui étaient, nous l'avons vu, le palliatif trouvé par la CII pour satisfaire immédiatement la demande des clients gouvernementaux que lui garantirait le Plan Calcul, sont devenus des « ordinateurs du passé ». Pour leur succéder, la CII avait conçu des gros ordinateurs scientifiques (les IRIS 50 et 80) qui auraient représenté une certaine continuité par rapport aux 10070. Mais l'heure est plutôt aux ruptures et leur échelle de prix les fait écarter *a priori*. Rappelons que les rapports d'évaluation comme l'expérience des multi 20 avaient conforté l'administration dans la conviction que le CAUTRA III était une « usine à gaz », un éléphant qui avait accouché d'une souris et que des résultats aussi efficaces pourraient être obtenus avec des ordinateurs plus petits, plus souples et moins coûteux. La gamme des mini-ordinateurs MITRA, avec notamment le MITRA 15, mini-

ordinateur inspiré lui aussi de machines de la société SDS mais développé par des ingénieurs maison, semblait donc mieux répondre aux problèmes. Cette machine eut d'ailleurs un grand succès et fut pendant longtemps le mini-ordinateur le plus vendu en France.

En tout état de cause, la nécessité d'utiliser du matériel français restreignait considérablement l'éventail des choix. Une étude technique, assez sommaire de l'aveu même de ses réalisateurs, avait bien été faite par le STNA pour comparer les mérites du MITRA 15 et d'un mini-calculateur de la TVT (filiale de Thomson-CSF), le SOLAR, mais l'élément qui emporta vraisemblablement la décision fut le désir du STNA de confier le Système de Traitement Radar du CAUTRA IV à ECA qui avait déjà utilisé ces machines dans certains projets réalisés au sein du Centre de Programmation de la Marine³².

Mais ce choix eut des conséquences plus lourdes pour le STPV qui, démarrant un peu après, prend le train en marche et pour qui la solution MITRA est reconduite automatiquement. Or, nous l'avons évoqué à plusieurs reprises, le STPV offre un autre type de complexité que le traitement radar.

« Dans le STR, les informations se renouvellent périodiquement et la contrainte de stockage en mémoire est très faible et de courte durée. Le système de traitement plan de vol en revanche ne stocke pas seulement une information renouvelable mais doit conserver, assez longtemps, une histoire : Alors que les informations plan de vol, elles sont créées une fois, modifiées une fois, c'est-à-dire que ce qui a été fait par les contrôleurs est précieux et on ne peut pas le reconstituer. C'est à dire que la différenciation STR et STPV, et pas seulement les aspects disponibilité, c'était des moyens différents de conservation de l'information à mettre en œuvre »³³.

Controverse à propos du langage

Une fois définis la forme du CAUTRA IV, son calculateur et son architecture, restait à statuer sur son langage. ASTRE avait été conçu dans le but de répondre de façon spécifique aux problèmes de l'aviation civile. Tout langage informatique correspond à

³². Il est sans doute utile de rappeler que le gros du traitement du système de la marine fonctionne sur de grosses machines et qu'elles ne sont utilisées que pour des petits systèmes. On voit, là encore, combien le CAUTRA n'est pas considéré comme un grand système

³³. Un ingénieur du CENA

des choix qui privilégient l'un ou l'autre aspect en fonction de contraintes spécifiques. Celui sur lequel l'effort avait porté (outre le but de « s'affranchir du calculateur » et de réécrire tous les programmes) était le symbolisme et la possibilité qu'il ouvrait d'autodocumentation. La réponse de SYSECA à l'appel d'offre du STNA, était sur les MITRA 15 et avec un langage LTR (Langage Temps réel). Ce langage, en fait, était, lui aussi, un produit « maison » conçu sous la supervision de Pierre Thellier, fondateur rappelons-le de SYSECA, dans le cadre du centre de programmation de la marine. A peu près contemporain de l'ASTRE, le LTR privilégie d'autres aspects et, notamment, toute une conception de la fiabilité (protection du code), l'idée d'une programmation « structurée » où le langage sert de garde fou aux fantaisies ou aux erreurs du programmeur. Le LTR est un des éléments de la stratégie de SYSECA qui le présente volontiers comme le « langage temps réel de l'avenir ». Néanmoins l'écriture d'ASTRE ayant constitué un investissement important pour l'aviation civile, l'idée de faire un compilateur ASTRE pour MITRA est envisagée avant d'être, très vite, abandonnée car elle ne paraît pas très « raisonnable ». Pour SYSECA en effet ASTRE était un « super macro assembleur », qui « *datait un peu même s'il avait son efficacité* »³⁴.

L'argument qui justifie l'abandon de l'ASTRE est la différence de puissance entre le 10070 (32 bits) et le MITRA (16 bits) mais il se double d'un argument économique qui apparaît plus déterminant : le choix du LTR, comme d'ailleurs celui du MITRA, permettait à la SSII de bénéficier des investissements et des travaux faits dans le cadre des réalisations de la Marine Nationale, projets dont, d'ailleurs, le responsable comme le chef de projet étaient issus. Le choix fait pour le STR se justifiait donc, non seulement par l'attachement qu'y portaient les ingénieurs de SYSECA formés au Centre de Programmation de la Marine, mais plus globalement par la cohérence d'un projet qui, si il se situe nettement en rupture par rapport au CAUTRA III, revendique sa continuité par rapport à la marine (paradoxe qui n'est, on l'imagine, pas très bien vécu par le CENA).

Pour le Système de Traitement Plan de Vol, se pose un autre problème. Les conseils donnés par Dominique Alvarez de reprendre la partie plan de vol à peu près dans l'état étant admise, l'administration envisage un moment de prendre le logiciel du CAUTRA pour base de départ et se pose donc la question, non pas de reprendre ASTRE (STR et STPV devant parler le même langage) mais de transcrire le logiciel CAUTRA III écrit en Astre en LTR. Gérard Monjarret qui semble, ayant déjà eu à comparer le MITRA et

³⁴. Un ingénieur de SYSECA.

le SOLAR, voué à toutes les missions délicates, est chargé une fois encore de faire une comparaison :

« Le but était de comparer un portage, une transcription d'ASTRE en LTR à une écriture directement en LTR. J'étais chargé de faire la transcription puisque je le connaissais puisque j'avais fait 6 mois (rires) quelques années avant en ASTRE au CENA. On a pris un petit programme et une autre personne d'Eurocontrol a écrit à partir des spécifications du programme directement en LTR. (...) On a dû faire des bilans » .

Ces derniers ne permettent pas aux ingénieurs de trancher pour l'une ou l'autre solution mais c'est, une fois encore, la volonté de rompre avec le CAUTRA III qui semble imprégner les décisions techniques. Plus généralement, cette bataille ASTRE/LTR traduit un phénomène courant dans la cité informatique à une époque que Jacques Arzac appelle BABEL. Philippe Breton quant à lui trouve paradoxal cet attachement des informaticiens à conserver leur langage :

« Ce n'est pas le moindre des paradoxes que l'informatique, domaine réputé si changeant et si innovatif, soit assez conservatrice du point de vue des langages dans lesquels les problèmes sont formulés. Il y a au moins deux raisons à ce phénomène. La première vient du conservatisme induit par le fait que tout changement de langage, dans un grand centre informatique -ou même dans un moins grand- implique la réécriture de l'ensemble des programmes utilisés. Cet effort pourrait, après tout, être consenti s'il en valait la peine, mais il n'y a pas tant de nouveautés révolutionnaires dans le domaine des langages de programmations proposés sur le marché. Cependant LISP (1956) et plus tard PROLOG, langages dédiés à l'intelligence artificielle, ainsi que PASCAL, mis au point en Europe en 1964 et dont le nom fait référence au philosophe mathématicien, ont apporté quelques progrès en matière de programmation. Une deuxième raison s'oppose à de trop grands bouleversements en la matière. Son origine est ce que certains auteurs appellent la théologie de la programmation, cet étrange « culte » que parfois les informaticiens vouent à un langage particulier auquel ils sont attachés. Il y a des fanatiques de certains langages et des conflits déchirants entre les différentes écoles » ³⁵.

³⁵. Philippe Breton, *Histoire de l'informatique*, Paris, La Découverte, 1987, p.167-168

En effet, c'est sans doute l'aspect symbolique qui rend le mieux compte de la teneur de tous ces débats sur le langage qui circulent à cette époque au sein de la DNA. Car, pour ces non humains que sont ces systèmes, le langage marque, aussi, l'identité.

QU'EST-CE QUE « ÇA MARCHE » VEUT DIRE ?

Nous voyons la controverse occuper progressivement tout l'espace du CAUTRA en s'actualisant dans un certain nombre de questions : la conception générale d'un système informatique, faire ou faire faire ; le choix de la machine, le langage, le radar. Mais toutes ces controverses ne reflètent pas pour autant, contrairement à ce que nous disait un des acteurs, des « *options qui marchent dans un cas comme dans l'autre* ». Ce point de vue évacue une fois de plus l'histoire dans la construction des objets techniques. « Ca marche » n'est pas la cause mais le résultat d'un processus historique de conception (dont la controverse fait partie intégrante). Les différentes options techniques renvoient à des agencements différents dans la façon initiale de poser les problèmes. Elles soulèvent comme elles sont guidées par des questions d'un autre ordre : politique, économique, philosophique qui ne sont pas des épiphénomènes comme pourrait le laisser entendre cette citation mais des éléments constitutifs de la démarche technique de l'ingénieur. La controverse autour de l'évaluation du CAUTRA résume à ce titre toutes les autres. CA MARCHE n'a pas le même sens pour les différents protagonistes. Au-delà de toutes les différences que nous avons évoquées, la question de la place de l'utilisateur qui nous semble, une fois encore, déterminante. En d'autres termes, chaque option suppose une représentation du monde dans lequel s'inscrit l'objet, dans sa conception comme dans son usage. C'est-à-dire qu'un projet social et politique anime toujours un projet technique. Dans ce cadre, la fonction du laboratoire est de construire ce monde en modèle réduit : il ne faut pas seulement des machines et des ingénieurs pour faire un laboratoire mais une idée du monde. En fait, ça marche ne prend de sens qu'au sein d'une multitude d'autres questions ? Ca marche pour qui ? Ca marche comment ? Ca marche pourquoi ? Ca marche avec qui et sans qui ? Ce modèle réduit organise entre eux les êtres, les objets, les logiciels, les programmes comme le projet qui le sous-tend organise dans un continuum inextricablement lié, les ingénieurs et la séparation des tâches, l'architecture du système, le choix de la machine, l'organisation et la hiérarchisation des logiciels, les options économiques, le rôle de l'utilisateur, la vision du devenir de l'institution.

Une fois mise au point une méthodologie de programmation et réalisés les logiciels, se pose la question de leur adéquation. Il est bon en effet de rappeler que, malgré le tour que prennent parfois les événements comme les discussions, nous ne sommes ni dans un salon philosophique, ni dans un cercle d'économistes. Un point au moins devrait rassembler tous les protagonistes de notre histoire : le souci de réaliser un système qui marche. Mais on se rend compte de ce que doit être un test, une évaluation ou une expérimentation ; tous ces dispositifs ou procédures de validation des systèmes ne sont pas appréhendés de la même manière chez les uns et les autres protagonistes.

Pour les industriels

Pour les industriels, le simulateur est au centre de l'espace institutionnel. Pour SYSECA, la question est de définir un projet de telle manière que son chemin soit sans cesse contrôlé. Dans cette vision, les tests qui sont faits périodiquement sont des « contrôles de non régression » . Ainsi, l'étape des spécifications (où collaborent le client et le réalisateur) est essentielle car elle doit garantir que les options prises initialement (et notamment dans le domaine qui nous touche le plus, celui des relations hommes-machines) seront les bonnes avant même leur réalisation. Cette étape est aussi celle où un contrat technique et économique s'établit entre le réalisateur et le client. Ce contrat définit à la fois le contenu du projet et sa temporalité. L'étape suivante, la conception, consiste à dessiner le projet en le séparant en autant de parties indépendantes les unes des autres. Cette séparation est, pour les industriels, le garant de la fiabilité des programmes. Puis vient la réalisation au cours de laquelle chaque module est traité par un responsable et pour lequel des tests partiels sont régulièrement effectués sur données simulées. On voit le rôle central du chef de projet à qui revient la responsabilité de la coordination entre tous ces éléments séparés. Puis tous ces éléments du système (hommes et modules) qui ont travaillé indépendamment les uns des autres se retrouvent au moment de l'intégration. A cette dernière, succèdent les différentes « recettes » . La première, la recette usine, valide le contrat initial avec le client. Ce n'est qu'au terme du processus que le réel, « l'environnement » revient sur le devant de la scène avec la recette « site » , qui elle valide non plus seulement la correspondance du projet avec ce qui était prévu, mais sa correspondance avec les données réelles et le besoin des utilisateurs. Le temps de la conception et de la réalisation est donc, comme celui de la simulation, un temps, non de négation du réel (il est là de part en part) mais de production d'un réel, arrêté et reproductible, qui puisse s'insérer dans une logique

technique et économique. Cette approche est source d'efficacité (et d'ailleurs tout le monde s'accorde à dire que le projet STR est un projet bien mené et qui marche bien) et permet à l'équipe de mener le projet « dans les temps » jusqu'à la recette usine.

Un instrument de maîtrise

Avant toute autre chose, le test est considéré comme un instrument de maîtrise qui permet d'accroître la fiabilité des logiciels : l'ingénieur sait d'où il vient et où il va et ne risque plus de se perdre dans l'inconnu que représente, toujours, le réel.

« On a une simulation radar. Les lignes radar, on ne sait pas ce qui arrive. Il arrive des choses mais on ne sait pas ce que c'est : on voit le résultat mais comme on ne sait pas ce qu'il y a à l'entrée, on est pas sûr que c'est bon. Par contre avec notre simulation, on sait ce que cela doit donner. Donc si ça donne pas ce que ça doit donner, c'est qu'il y a quelque chose qui ne va pas et on peut aller le chercher »³⁶.

Non que le réel n'intervienne dans le dispositif de simulation mais il est, comme le contrôleur, en amont et en aval du processus. En amont pour produire une simulation cohérente et significative du trafic, en aval pour officier aux ultimes tests :

« On va aller à Brest faire une nouvelle intégration mais dans les conditions réelles. On l'avait bien préparée à Chevannes parce qu'on avait les radars qui arrivaient par lignes téléphoniques. On a fait pas mal d'essais à Chevannes avec les vrais radars. Donc à Brest, ça se passe assez rapidement : on a déjà tourné avec les vrais radars »³⁷.

La simulation permet de traduire le réel en un produit de laboratoire et de gommer l'inconnu, ce qui rend plus aisé le travail de l'ingénieur.

Un créateur de possibles

Réducteur du réel, le simulateur est aussi un créateur de possibles en inventant par exemple des situations extrêmes que le trafic réel n'est pas susceptible d'offrir : il

³⁶. Un ingénieur de SYSECA

³⁷. Un ingénieur d'Eurocontrol

enrichit le réel de multiples possibles et soumet les programmes à des épreuves bien plus dures que celles que pourraient offrir les données réelles :

« Pour moi, la simulation était une étape intermédiaire du développement. Et une étape intermédiaire de contrôle de non régression, c'est-à-dire que chaque fois qu'on fait une modification dans le logiciel, de toute façon on le fait tourner en simulation. Dans tous les cas, et je dois dire qu'on avait pris une simulation avec tous les cas, et les cas tordus évidemment... Et hop, on passait tout ça et ça moulinaient des thèmes extrêmement compliqués. Y compris pour le filet de sauvegarde : des conflits. Le CENA, en données réelles, des conflits, ils n'en ont jamais, enfin rarement... Donc, c'est complémentaire tout ça. C'est une étape intermédiaire pour valider le logiciel »³⁸.

« Qui peut le plus peut le moins » ! Telle est la manière dont on peut simplifier le pari de la simulation sur le réel comme méthode expérimentale. Aujourd'hui où les « réalités virtuelles » ne s'adressent plus seulement à la vue mais aux sens, les techniques de simulation et de production de mondes virtuels ont considérablement évolué depuis ce milieu des années 1970. Elles sont devenues dans les domaines les plus divers la pièce centrale des laboratoires scientifiques ou technologiques. La caractéristique des simulations est de s'affranchir des contraintes du réel en faisant proliférer une multiplicité de possibles. Mais on sait que cet affranchissement n'est qu'une étape vers le processus inverse qui est de produire de nouveaux réels, de nouveaux faits scientifiques ou de nouveaux artefacts.

Un outil économique

La controverse sur la simulation révèle, enfin, deux situations institutionnelles différentes. Les contractants sont engagés dans une logique industrielle. Ils ont des contrats avec coûts et délais qu'ils doivent respecter. La simulation, instrument de maîtrise pour l'ingénieur et de pouvoir sur le réel permet en outre d'insérer la réalité dans la logique économique du laboratoire industriel. L'industrie et un service public, fut-il à vocation technique, sont des mondes qui restent, malgré les convergences souhaitées ou amorcées, fondamentalement distincts. Entre autres différences, ils évoluent dans des univers temporels qui ne sont pas réglés par les mêmes horizons. Bien sûr, dans les deux cas, l'argent est une contrainte et une limite mais qui ne pèse pas de la même manière. Dans le cas du sous-traitant, la dimension économique

³⁸. Un ingénieur de SYSECA

détermine la durée du projet, ce qui oblige les responsables à anticiper sur les problèmes futurs. Dans cette perspective, la simulation est une technique d'anticipation, de concentration de la durée des problèmes que l'avenir pourra actualiser dans le présent des possibles.

De plus, rappelons que les spécifications du projet et leur analyse fonctionnelle ont dû faire l'objet d'un consensus entre la DNA et le sous-traitant. Une fois ce contrat défini, le rôle de la simulation est de pouvoir tester ce qui a été défini :

« Et puis, ça procédait d'une analyse sur plusieurs plans. Attention : on fait un système, on a un cahier des charges et on va vérifier qu'on est conforme à ce cahier des charges. On fait une simulation pour recetter le logiciel, on fait une recette usine. Et quand ce logiciel est bon, après on sait qu'il va falloir faire une recette site : là, on ira sur les données réelles »³⁹.

Mais la « recette site » précisément sort de la logique contractuelle. Un ingénieur qui a expérimenté les deux approches traduit en termes plus crus le rôle de la simulation dans une logique industrielle :

« Pour ECA, dans cette logique économique, finalement, l'aspect recette sur les données simulées, était la seule chose qui pouvait être contractuelle. Après s'être mis d'accord sur les spécifications avec le STNA, le STNA avait dit « Il faut que ça fasse ça » . SYSECA tenait donc absolument à ce qu'il y ait des recettes pour vérifier et pouvoir dire au client : « voilà, j'ai des recettes, (C'est vachement difficile à valider des logiciels), vous approuvez le jeu de recettes et donc si vous êtes d'accord, vous allez me payer, j'aurai fait le boulot que vous m'avez demandé. Maintenant, si ce que vous m'avez demandé, ça ne correspond pas à vos besoins, ou aux données réelles, il faut me payer en plus. » Alors que le problème du CENA n'était pas de prouver formellement quelque chose à un client qui n'existait pas, mais que ça marchait en réel avec des données réelles, pour des cas auxquels on ne s'attendait pas et que ça correspondait à un certain besoin pour les utilisateurs. C'était une autre logique »⁴⁰.

³⁹- Un ingénieur de SYSECA

⁴⁰- Un ingénieur du CENA

Pour le CENA

Critique de la simulation

Nous verrons plus bas que le CENA va élaborer des réponses techniques et méthodologiques sophistiquées à cette conception de l'expérimentation où le réel est repoussé en amont et en aval du processus de conception, c'est-à-dire à l'extérieur du laboratoire. La critique qui se développe au sein de ce centre n'est pas systématique car des techniques de simulation et de modélisation y sont, également, expérimentées et le seront de plus en plus. Mais la simulation, et les test qui lui sont associés, est à la fois trop riche (coûteuse !) et trop pauvre car rien ne l'autorise à affirmer qu'elle ne va pas passer à côté du cas qui va poser problème.

« Il y a deux choses. La première est de vérifier que le programme est conforme à ce qu'on a fait. La deuxième est de vérifier que le programme est conforme à ce qu'on a besoin qu'il fasse et notamment, par rapport à l'utilisation... Mais aussi, par rapport à des données réelles parce que, quand on a développé un truc, on l'a développé pour des cas nominaux et la vie est telle qu'il y a des moments où il y a des cadres où on a échappé. Et en plus, les tests. Il y a des exemples classiques dans la littérature où il suffit de deux boucles avec un branchement où, si l'on voulait tester tous les cas possibles... C'est un problème de complexité. En fait, quand on fait des tests on ne fait jamais qu'un échantillonnage. Il y a des cas relativement simples où, même en faisant un test qui ne durerait qu'une seconde, il faudrait plusieurs milliards d'années pour tester tous les cas. Donc en fait quand on teste, on ne teste que les cas auxquels on a pensés. La couverture des tests qui est forcément limitée »⁴¹.

Cet éclairage des limites de la simulation s'appuie sur un argument, intéressant pour notre problématique, la simulation ne reproduit que des situations auxquelles l'homme peut penser. Or, nous l'avons déjà évoqué à propos de la méthode des filtres, l'univers de la sécurité aérienne n'est pas seulement ce monde des possibles (ce qui est pensable ou pensé) mais est tout entier tourné vers ce qui peut advenir : l'accident ou la collision. Or, l'accident, c'est précisément ce qui échappe à ce qui était prévu. Si la simulation a le pouvoir de faire proliférer des possibles ce déploiement de cas n'en reste pas moins une réduction du réel à ce qui est pensable. Comme le dit Philippe Quéau, le « *virtuel, c'est*

⁴¹- Un ingénieur du CENA

*la présence réelle et discrète de la cause*⁴² ». Mais les causes formalisables n'épuisent pas la chose. Si elles l'épuisaient, toutes les questions que se posent nos acteurs depuis le début de cette histoire n'auraient pas, comme d'ailleurs cette histoire elle-même, lieu d'être et l'automatisation du contrôle aérien aurait pu se réaliser en quelques coups de cuiller à pot, ou plus précisément en quelques algorithmes. Si elles l'épuisaient, cela voudrait dire que le MST aéronautique a pu ou peut réussir son projet de transformer le ciel en un espace aérien maîtrisé : un espace où les avions suivent scrupuleusement leur plan de vol ou la trajectoire définie (que ce soit par les routes aériennes ou, plus tard, par les systèmes automatiques embarqués), un monde où la science météorologique maîtriserait le phénomène le plus singulier et le plus local, un monde où les opérateurs (pilotes ou contrôleurs) n'auraient pas d'état d'âme et où l'on pourrait établir une modélisation mathématique de leur charge de travail, c'est-à-dire non seulement la complexité d'un trafic (« *les cas les plus tordus* ») mais l'ambiance de la salle, la santé de leurs enfants, leur dîner de la veille, leur fatigue passagère. Un monde où les passagers eux-mêmes seraient, plus encore qu'ils ne le sont aujourd'hui, soumis à une discipline draconienne, un monde où il semblerait admissible à tous qu'un écrivain critique de l'Islam intégriste ne puisse atterrir sur le sol français en même temps qu'un empereur japonais. Un monde où le Macro Système Aéronautique pourrait rétrécir à l'infini les mailles du réseau qu'il a jeté sur le monde pour y traquer la moindre parcelle d'inattendu. Un monde sans histoire.

Cette critique de la simulation comme panacée⁴³ est d'autant plus intéressante qu'elle émane de membres de la communauté aéronautique. Ce champ en effet semble constituer l'exemple type où la simulation comme technique d'apprentissage ou d'expérimentation a gagné sur tous les plans. Philippe Quéau, ingénieur-philosophe et chercheur à l'Institut National de l'Audiovisuel, après avoir salué la simulation comme l'avènement de mondes « intermédiaires⁴⁴ », s'interroge aujourd'hui sur les dangers de ces mondes pour les individus et la société. Mais, même dans ce cadre, le cas aéronautique reste l'exemple typique de son efficacité :

« Cependant, la véritable révolution réside dans les possibilités spécifiques de l'infographique, et notamment dans ses capacités d'interaction avec le spectateur et dans ses possibilités de génération en temps réel, donnant ainsi le sentiment

⁴²- Philippe Quéau *Le virtuel - vertus et vertiges*, Paris, Champ Vallon, coll. Milieux, 1993.

⁴³- Cette critique des dernières nouveautés technologiques comme "panacée" est une constante que l'on trouve dans les études du CENA dans des domaines aussi variés que le radar monopulse, le data-link, le micro-processeur, etc ...

⁴⁴ - Philippe Quéau, in *L'imaginaire des techniques de pointe*, op. cit p.187

d'une immersion dans l'image. Cette immersion interactive a été mise à profit depuis plusieurs années par les simulateurs de vol. Ils sont si fiables et si « réalistes » que la formation des pilotes militaires et civils se fait désormais presque entièrement avec leur aide. La simulation est plus efficace que le réel puisqu'on peut créer n'importe quelle combinaison de pannes ou d'incidents et tester toutes les configurations du vol, même les plus impossibles » ⁴⁵.

Ceci n'est qu'un parmi les innombrables exemples où la littérature capture le cas de l'aéronautique comme une illustration incontestable des conquêtes de la simulation. Sans sous-estimer ces dernières, la communauté aéronautique elle-même est confrontée aujourd'hui aux limites de cette méthode. Non seulement, l'apprentissage fondé sur la simulation est deux fois plus long qu'auparavant, mais il exhibe, après plusieurs années d'expériences, ses limites. Les situations simulées peuvent reproduire, une fois encore, « *les cas les plus tordus* », mais ils sont impuissants à traduire, l'ambiance si particulière d'un cockpit : les liens complexes entre les êtres, la magnificence du ciel inondé de soleil, l'émotion (source de stress et de fierté) de se savoir responsables de centaines d'êtres vivants et de devoir, en cas de problème dans la cabine, maîtriser l'inattendu. Même si le *flight simulator* arrive tant bien que mal à dissimuler l'origine bien terrienne du mouvement qu'il imprime au « cockpit de terre », il est incapable de reconduire ce continuum de sentiments, d'émotions et de relations (avec les autres et avec l'environnement technique et naturel) qui sont partie prenante du quotidien du pilote et du pilotage lui-même. Depuis plusieurs années aux Etats-Unis et plus récemment en France, ce manque de l'apprentissage par simulation tente d'être comblé par l'intégration dans la formation des pilotes de ligne de séances de « Cockpit Ressource Management ». Mais ces techniques de communication sauront-elles, à leur tour, reproduire, ce qui se passe réellement dans un apprentissage ? Un apprentissage en effet est traditionnellement sanctionné par une série d'épreuves, tests ou examens, qui confirment ou infirment les connaissances de l'apprenti, sa technicité, son adresse... Mais ces différents tests ont une fonction latente, ce sont des épreuves, des rites de passage qui jalonnent l'intégration progressive de son expérience. L'expérience, c'est-à-dire non seulement l'acquisition d'une compétence, mais l'incorporation physique et psychique d'un pouvoir-faire.

⁴⁵ - Philippe Quéau, *Le virtuel*, op.cit.

Évaluer plutôt que tester.

Pour le CENA, le moment crucial commence précisément là où l'essentiel du travail se finit pour les industriels. La première phase, la « recette technique » (la « recette usine » des industriels) vérifie que le résultat équivaut au cahier des charges et que chaque fonction est conforme à sa spécification. Mais cette étape n'est qu'un débroussaillage, fait dans des conditions où « *l'environnement habituel du système est absent ou simulé de manière frustrante (...) il n'est donc pas anormal qu'un certain nombre de défauts puisse passer au travers de cette recette* »⁴⁶. L'étape suivante, la recette opérationnelle doit vérifier que le système est conforme, en fin de course, aux « besoins opérationnels ». *Elle permet indirectement de contrôler certains aspects de la recette technique. Elle doit enfin prolonger ou faire la validation relative au fonctionnement dans des conditions très proches de la réalité* »⁴⁷. Enfin l'évaluation opérationnelle ou « recette d'exploitation » est l'étape finale, l'épreuve du réel. Elle est le lieu d'une véritable expérimentation qui doit être mise en place par une position miroir des contrôleurs en double avec la position réelle.

En fait, cette méthode d'évaluation du CENA est autant une machine de guerre « contre la méthode industrielle » qu'un moyen de réhabiliter l'expérimentation par le biais de l'évaluation. Elle met en évidence que les principaux problèmes arrivent après la recette usine : « *Les principales pannes surviennent dans les quelques heures, voire les quelques jours qui suivent la mise en service d'un nouveau logiciel.* »⁴⁸ L'enjeu est donc de pouvoir réinsérer le réel plus précocement dans le processus de validation.

*« On voit l'intérêt du point de vue exploitation à gagner ces premières heures d'exploitation, sinon ces premiers jours et à imaginer une méthode de rodage des systèmes qui, à un coût acceptable en logistique (matériel et personnel) pourrait les faire fonctionner quasiment en réel, mettant ainsi en évidence les défauts sans perturber l'exploitation »*⁴⁹.

Tel est l'enjeu des TRAPE (Test de Recherche d'Anomalie Pénalisante en Exploitation) développés pour évaluer les traitement radar (CLEOTRAPE) et plans de vol du CAUTRA. Le but étant d'évaluer les traitements avec les données réelles. Un mode test

⁴⁶- D.Alvarez, N.CENA 78009, *Les activités de test, Bilan et perspectives.*

⁴⁷- Ibid.

⁴⁸- Ibid.

⁴⁹- Ibid

est créé où sont acheminées les données en même temps qu'elles sont traitées par l'ancien système. Ainsi le nouveau logiciel est testé « en temps réel » et sa mise en service pourra faire l'objet, quand il sera au point, d'un simple basculement, se substituant ainsi naturellement à l'ancien. De plus, ces TRAPE permettent éventuellement de réinsérer l'expérimentation in vivo, sans menacer pour autant la sécurité.

Nous pourrions nous demander un moment si nous sommes vraiment dans le cas d'une controverse technologique. Car, après tout, le dispositif du CENA semble vouloir s'inscrire dans une suite logique, et conformément à la mission qui lui a été confiée d'évaluer le CAUTRA IV, après le travail fait par les réalisateurs. Mais le problème est que les TRAPE (qui sont effectivement assez pointus) constituent, par leur existence même, une remise en cause du laboratoire industriel. En effet, l'injection précoce de données réelles ou d'expérimentations (par le biais de positions miroir) est susceptible de remettre en cause, périodiquement, le cheminement prévu initialement. Par les TRAPE, le CENA propose un dispositif technique qui résout les problèmes soulevés lors de la crise (les dangers pour la sécurité et la fiabilité de mélanger l'expérimental et l'opérationnel) tout en conservant la possibilité de travailler sur les données réelles et de se rapprocher des conditions d'expérimentation in vivo. Sans nécessairement créer un centre expérimental grandeur nature, il est possible de conserver l'expérimentation comme point central du processus en le réinjectant du côté de l'évaluation.

UN COMBAT PERDU ?

Ces bancs de test vont effectivement servir aux évolutions du CAUTRA III comme nous le verrons plus loin. Mais ils doivent en principe être utilisés pour l'évaluation du IV. Mais les artisans du CAUTRA IV sont réticents à introduire dans leur système un dispositif dont ils sentent bien qu'il ressort d'une logique socio-technique qui, sur bien des points, s'oppose à la leur et qui peut, finalement remettre en cause leur méthode.

« En gros, alors que moi je prônais la simulation, eux disaient : vous prenez le STPV, vous lui faites croire qu'il est le STPV opérationnel mais il n'est pas le STPV opérationnel. Vous prenez les actions du vrai système opérationnel, vous les injectez en lui faisant croire que c'est le vrai, il traite tout ça et on réenregistre tout ça et on vérifie que c'est bon. Compliqué parce que pour faire croire à un système que tout ce qu'il récupère, c'est pour lui alors que ça n'est pas pour lui, vous imaginez ce qu'il faut faire (les bidouillages, les liaisons qu'il

faut faire). Alors que le STPV, il est en relations avec 3 STR et 4 ou 5 centres de contrôle. C'était les idées du CENA qui sont vachement intéressantes parce que ça vous permettait d'avoir les STPV duales qui fonctionnaient. Alors, c'est grandiose parce que ça marche et quand vous faites les évaluations vous pouvez tout à fait avant de basculer un système le faire basculer dans ce mode et donc vous avez un truc quand même... Et à la limite, il y a tous les systèmes opérationnels, à côté ils ont leur mode dual et vous les faites fonctionner tous ensemble. Grandiose !... Complicé. »⁵⁰.

D'ailleurs, si le STNA et les sous-traitants avaient voulu tout mettre en œuvre pour rendre cette mission impossible, ils n'auraient pas fait d'autres choix techniques que ceux qui ont été faits : le CAUTRA III fonctionne sur des 10070 et le CENA élabore ses bancs test sur IRIS 80 alors que le CAUTRA IV se réalise sur le STR ; le langage du CAUTRA III est ASTRE alors que celui du IV est le LTR. En outre, désavoué par sa direction, le CENA a bien du mal à légitimer ses options. C'est le constat que fait Dominique Alvarez dès 1978 :

« Au fur et à mesure de la progression des travaux d'élaboration du CAUTRA IV, j'ai été amené à constater que : -vis-à-vis des producteurs, j'étais souvent dans l'impossibilité de démontrer le bien fondé de mes observations et donc d'infléchir dans le sens de mes préférences un certain nombre de choix techniques. Cela est une conséquence normale des décisions prises par DNA quant à la méthode de production : l'industriel s'appuie lui aussi sur son expérience propre qui peut très bien avoir la même validité que celle du CENA et la décision appartient au responsable de la production.; - vis-à-vis du SCTA, de la même manière et pour les mêmes raisons, pour démontrer le bien fondé de mes observations quant à la validité de certaines exigences opérationnelles. De plus, courant 1976, le choix final du LTR pour la production du logiciel de Brest me mettait dans l'impossibilité de pouvoir étayer de manière pratique et difficilement contestable mes observations par l'emploi des bancs de test déjà développés ou en cours de développement »⁵¹.

Ce constat teinté d'amertume confirme la boutade de Bruno Latour :

⁵⁰- Un ingénieur de SYSECA.

⁵¹- Ibid

« En science comme en guerre, décider du terrain, des armes et du chemin, c'est déjà contrôler l'issue de la bataille »⁵².

LE MÉDIATEUR

Comment, dans ce contexte, le CAUTRA IV a-t-il pu se construire dans une certaine continuité par rapport au III. **Nous nous le sommes longtemps demandé avant de découvrir l'acteur qui est, peut-être au fond, le personnage central de cette période de l'histoire.** Au SCTA, Jean-Bernard Triquet, aidé de Jean-Pierre Bolland, est responsable, en collaboration avec les SYSECA et Eurocontrol, d'établir les spécifications du nouveau système. Le premier responsable de la subdivision informatique d'Athis Mons est un des pionnier du CAUTRA III. Il a travaillé pendant de longues années dans une entente jamais démentie avec Dominique Alvarez et c'est d'ailleurs ce dernier qui avait suggéré sa nomination à ce nouveau poste.

Dans ce climat de discorde que nous venons de décrire, il sait établir des relations cordiales et efficaces avec tout le monde. C'est de lui que les nouveaux arrivants tirent leur connaissance concrète du système de contrôle français et de ses problèmes spécifiques. Il a su, comme nous le dit un des acteurs, *« faire le lien entre deux façons de travailler complètement différentes et incompatibles »*.

Les deux chefs de projets se souviennent.

« Mais oui, toute la partie opérationnelle du contrôle, le cœur du travail du contrôleur, je n'y connaissais rien. D'ailleurs, Jean-Bernard Triquet était d'une patience extraordinaire avec moi et m'a appris comment ça marchait ».

« Je me suis très bien entendu avec lui : c'est lui qui nous demandait toutes ces fonctions » avant d'ajouter : *« Il était clair, c'était un homme du CAUTRA III »*.

Car en effet l'apprentissage est passionnant et agréable mais parfois douloureux car, au contact de Jean-Bernard Triquet, les chefs de projets se rendent compte que les contrôleurs, et donc l'institution, ne payeront pas la fiabilité et la modernité au prix d'un système plus contraignant et avec moins de fonctionnalités. C'est à ce contact en effet que ce révèle toute la complexité du système. Car, inlassablement, le SCTA se fait le

⁵²- Bruno LATOUR, *La science en action*, op. cit. p. 431

porte-parole du milieu opérationnel et propose des « améliorations » au projet initial qui se fait de plus en plus complexe. « *J'ai essayé de faire passer l'acquis* », ⁵³ nous confie-t-il sobrement.

Face à cette pression du SCTA, les chefs de projet réagissent différemment. L'expérience et la logique économique des industriels les aident à réguler les propositions de Triquet qui a appris, au cours de sa longue expérience à répondre au quart de tour aux demandes des contrôleurs, des subdivisions, du CENA enfin qui, de son côté, peaufine le CAUTRA III en l'améliorant de nombreuses fonctions.

« Moi, je devais faire un produit pour une somme d'argent donnée, et si je ne respectais pas les délais, j'avais des pénalités. Et quand Monsieur Triquet venait me voir pour me dire : ça serait vachement bien si on ajoutait ça ; ou en inversion vidéo, ça serait mieux... Et puis, si ça clignotait ça serait bien... Mais attendez, je vous donne une version de plus qui fasse ça. Mais je répondais : « Écoutez, Monsieur Triquet : non. Si toutes les spécifications à telle date ne sont pas figées, je renégocie les délais, et le prix aussi. On rentrait dans une logique des coûts et des délais. » ⁵⁴.

Eurocontrol en revanche peut plus difficilement adopter une telle attitude, ce que regrette rétrospectivement le chef de projet : « *J'aurais dû être plus ferme, j'aurais dû geler les choses* » ⁵⁵. Sa position institutionnelle hybride (ni tout-à-fait sous traitant, ni tout à fait administration) le met dans une situation de porte à faux à une période où son pouvoir politique est faible. De plus, la relation entre le système et les contrôleurs aériens qu'avait inscrite le CAUTRA III (et qui n'est pas, apparemment, mise en question pour le IV) pèse sur le STPV plus encore que sur le STR.

En quelques années, le CAUTRA IV a changé de figure : alors qu'il se présentait aux débuts de sa réalisation comme un projet relativement simple où il suffirait d'appliquer un savoir-faire acquis au travers d'autres systèmes, il apparaît en cette fin des années 1970 comme un grand projet incertain et éclaté dans une organisation multicéphale et d'autant plus difficile à gérer que sa mise en service à Brest se fait pressante.

53- Entretien avec Bernard Triquet

54- Entretien avec Bernard Bouchet

55- Entretien avec Claude Eyman

LE CAUTRA ECLATÉ

Ainsi se creuse le fossé qui sépare le CAUTRA III du IV. Réalisés sur des machines de puissance et de type différents, avec des architectures dissemblables et dans des contextes institutionnels séparés, ils ne parlent pas le même langage. Cette incompatibilité est manifeste, non seulement dans les *a priori* sur lesquels repose chaque projet et que vont concrétiser les réalisations, mais dans les relations, institutionnelles et personnelles que les ingénieurs sont parfois bien obligés d'entretenir. S'ils sont tous communément ingénieurs, informaticiens, spécialistes de radar ou du contrôle aérien, c'est-à-dire instruits par les mêmes champs de technicité, ils ne parlent pas de la même chose.

Ainsi, le CAUTRA est-il éclaté dans la banlieue-sud de Paris, dans des « univers » très différents, avec des méthodes de travail distinctes et des gens qui ne se rencontrent qu'occasionnellement, et encore lorsque l'état de leurs relations le permet. Les rapport d'expertise qui prônaient, tous, une responsabilité unique sur l'automatisation, et sur lesquels étaient censés reposer les changements institutionnels n'ont mené en fait qu'à une intégration du CAUTRA dans une structure multi-céphale. C'est à ce phénomène que vont se sourcer bien des difficultés. Chacun va réaliser son système en partant non seulement de contraintes spécifiques que l'isolement ne fait que rendre plus lourdes encore, mais en développant des représentations de l'objet technique et de l'organisation sociale qui supporte cette réalisation, divergentes. Nous avons bien le cas d'une controverse technologique qui s'actualise sur différents aspects techniques. Mais nous allons voir, dans l'exposition plus en profondeur de certains de ces aspects, que si les dialogues explicites sont difficiles et même, parfois, totalement absents, un dialogue secret se noue entre les différentes parties.

CHEVANNES

SYSECA est donc choisie pour le STR. La première échéance est le traitement radar de Brest mais la société sait bien que tous les systèmes de traitement radar du CAUTRA IV lui seront progressivement délégués. Un contrat est établi avec « coûts et délais » mais n'est pas une proposition clef en main comme l'était celle de TVT (Thomson). Placée sur le créneau où se sont situées la plupart des SSII, elle propose de « faire avec » le client, le STNA, qui garde théoriquement la maîtrise d'œuvre du projet. SYSECA « met le paquet » pour constituer son équipe car le CAUTRA est pour elle

une pièce importante dans sa stratégie de conquête des grands systèmes temps réel. Sous l'autorité de M. Cochy de Moncan, elle réunit une dizaine d'ingénieurs très « motivés », avec Bernard Bouchet pour chef de projet. La plupart de ces ingénieurs se sont formés au « Centre de Programmation de la Marine » qui apparaît nettement dans les discours des uns et des autres comme « le mythe fondateur » de la société. Dans l'esprit qui est alors celui qui règne au STNA (et qui avait été conforté par l'évaluation d'ECA) qu'il vaut mieux faire du « solide qui marche » que du « complexe qui n'est pas fiable », le projet est assez réduit au niveau des spécifications. Du côté de l'administration, quatre ingénieurs sont choisis dont Paul Goarant qui avait été responsable du MULTI-20. L'équipe sera bientôt renforcée par un jeune IAC, Alain Durieux, qui se lancera avec passion dans l'aventure.

Se pose alors le problème des locaux. L'heure est à l'économie à la DNA et le STNA propose ce que les ingénieurs appellent un « hangar de 500 m², en bout de piste d'Orly » à deux pas du CAUTRA III. On est bien loin des grands projets d'un « centre de programmation ». ECA fait vite comprendre à l'administration qu'elle a vu trop petit et c'est finalement le site de Chevannes qui est retenu. Comme aux temps des premières générations du CAUTRA, les acteurs se sentent aussi pionniers, mais d'une nouvelle épopée : l'aventure industrielle dont Chevannes fut le digne théâtre. Comparé par les uns à un univers kafkaïen, par les autres à une cathédrale, ce lieu ne laissa personne indifférent :

« Chevannes, c'était un petit peu l'aventure, un centre émetteur longue distance, du temps où se faisaient des transmissions à faire vers l'Asie et tout ça. Une immense cathédrale de béton, pleine de vide aujourd'hui, dans laquelle de gros émetteurs qui dissipaient beaucoup de chaleur. Il y a trois ailes, l'une équipée pour la maintenance régionale, une autre pour le bureau informatique. Il en restait une où nous nous sommes installés : il a fallu faire des bureaux type ALGECO, puis un centre de calcul. Ca a été très intéressant du point de vue humain : une petite équipe avec une excellente ambiance entre les gens de l'administration et les gens de la société de service et on se sentait un petit peu une âme de pionnier du fait qu'on était loin de tout. Ca a été très fort les deux ou trois premières années, on était très intégrés avec cette équipe de SYSECA, avec des liens très forts et un état d'esprit de pionniers. C'est vrai que Chevannes se prêtait beaucoup à ce genre d'atmosphère. Sous mon bureau, il y avait les lapins et les faisans qui étaient libres comme l'air. On allait faire des tennis le midi, on

faisait des tournois entre l'administration et la société de service. Il y avait une certaine émulation aussi » 56.

« A Chevannes, c'est une petite équipe perdue dans la nature avec une très bonne ambiance. On avait même une petite cuisine parce qu'on est un peu isolés, à 50 ou 60 km de Paris. On fait deux fêtes par an. Ce qui marche bien pour le CAUTRA, pour le STR tout au moins, c'est qu'on est 10 à travailler ensemble de tôt le matin à tard le soir en s'amusant de temps en temps un peu. Quand il fait bon, on va jouer au tennis ou à la pétanque, et on organise même des tournois SYSECA/ADMINISTRATION » 57.

Bien sûr, les relations entre les ingénieurs de l'aviation civile et ceux de la SSII ne sont pas exemptes de friction (ils doivent faire cohabiter des niveaux et des sphères de compétence disparates acquis au cours d'expériences hétérogènes), mais la rivalité se **joue** dans la bonne humeur et les industriels qui ont l'habitude de travailler avec des militaires découvrent avec une surprise teintée de plaisir un type d'ingénieur différent :

« Ca me change par rapport à la marine. A la marine, il y a beaucoup d'X qui sont l'équivalent des IAC de l'ENAC. Mais ce qui me change beaucoup, c'est qu'à l'aviation civile : ils sont beaucoup moins militaires : décontractés, en jean, sans cravate alors qu'à la marine, les gens se vouvoient et sont tous super sapés. Il y a une ambiance qui est très différente à ce niveau-là. Ils ne sont pas militaires du tout, ils sont syndiqués, même les ingénieurs. Ca change complètement. Par contre, après, dans le comportement au travail, il n'y a pas tellement de différence » 58.

Asie, tennis ou pétanque, faisans... On est bien loin de l'effervescence du « Billancourt de la Navigation Aérienne » et de la présence quotidienne des contrôleurs et des électroniciens d'Athis Mons... D'ailleurs le spécialiste du traitement radar du CENA qui vient donner son avis (comme la commission Giraud en avait décidé) sur l'analyse fonctionnelle ou sur les spécifications du traitement radar dans le cadre de relations « plutôt fraîches » n'a pas la même perception de ce lieu enchanteur :

« Chevannes, près de Corbeil. Un endroit complètement kafkaïen... Un ancien centre émetteur, style architecture réaliste soviétique. Une allée immense avec, au fond, un bâtiment et des équipements complètement provisoires.. Et cette

56- Un ingénieur de SSYSECA

57- Un autre ingénieur de SYSECA

58- Un ingénieur de SYSECA

équipe-là, complètement isolée dans la nature. L'hiver : de la neige et c'était tout juste si on pouvait y accéder. Pas de cantine. Rien. Avec toute l'ambiance que peut susciter ce genre de lieu »⁵⁹.

Plus encore que l'inadaptation des locaux, Chevannes matérialise à merveille la rupture qui s'établit à ce moment. Séparée radicalement du milieu opérationnel comme du passé, une équipe se lance à corps perdu et avec enthousiasme dans une nouvelle aventure et rêve d'engendrer un nouveau CAUTRA : neuf, moderne enfin... Industriel. Bien qu'elle ne fasse pas à proprement parler d'études (cette fonction reste toujours l'apanage du CENA), l'équipe du CAUTRA IV construit un laboratoire. Non plus le laboratoire monde des premiers pionniers, mais un laboratoire industriel.

Non que le point de vue de l'utilisateur ne doive pas être pris en compte ; le responsable du projet est sensible à cet aspect :

« C'était pour les bateaux. J'ai appris là quelque chose qui m'a paru essentiel à l'époque, c'était de bien comprendre le fonctionnement des utilisateurs, des clients. J'ai passé des semaines entières à bord de bateaux, dans toutes conditions de mer, etc. ... et je me suis rendu compte que les besoins des clients. n'étaient pas ceux que je m'imaginai quand je travaillais dans mon bureau du VI^e arrondissement à Paris, pour faire des dialogues avec les opérateurs face à leur machine. Il faut avoir vécu ce que vivent les gens sur un bateau pour comprendre qu'il ne faut pas faire n'importe quoi, sous l'aspect ergonomie notamment, interface homme-machine »⁶⁰.

Mais, dans l'esprit des industriels, cet aspect doit être cantonné au moment du travail initial avec l'administration. Les ingénieurs du STR CAUTRA IV fréquentent peu la salle de contrôle. Et quant aux contrôleurs, ils viennent parfois hanter ce lieu étrange mais de façon ludique, quasi virtuelle :

« Ils venaient voir ce qu'on faisait. Ils venaient s'amuser un petit peu avec notre truc mais ça n'allait pas bien loin. »⁶¹.

D'ailleurs, le représentant du monde du contrôle au sein du centre est moins le contrôleur que le simulateur.

⁵⁹- Un ingénieur du CENA

⁶⁰- Un ingénieur de SYSECA

⁶¹- Un ingénieur de SYSECA

« Et puis on fait toute une simulation de l'environnement qui reproduit tout l'univers du CAUTRA. Ca, c'était notre méthodologie. Ca c'était nouveau. Ca ils ne le faisaient pas eux, le CAUTRA III, ils branchaient des vrais radars tout de suite »⁶².

Non que les « vrais radars » n'aient pas leur place dans le nouveau laboratoire mais ils n'interviennent qu'à la fin du processus :

« Attention : on fait un système, on a un cahier des charges et on va vérifier qu'on est conforme à ce cahier des charges. On fait une simulation pour » ecteter » le logiciel, on fait une recette usine. Et quand ce logiciel est bon, après on sait qu'E là, on ira sur les données réelles »⁶³.

On a vu que le STR CAUTRA IV est développé à partir d'a priori sensiblement différents de ceux du CAUTRA III. Mais ce n'est pas l'argument technique qui prévaut en fin de compte dans la rhétorique d'auto-légitimation des acteurs. Outre le Centre de Programmation de la Marine qui reste le mythe fondateur et la trajectoire de Pierre Thellier, qui rappelle éventuellement que la société tire ses origines de l'époque héroïque de l'informatique, ce sont les notions de méthode et d'industrie.

« ECA AUTOMATION avait aussi des choses à exprimer, en matière de poursuite, c'est vrai mais surtout en matière de développement industriel et pour le centre de programmation de la marine, c'est ECA AUTOMATION qui avait mis en place toutes les méthodes, toutes les organisations, tout le cycle de vie, tous les documents intermédiaires à produire »⁶⁴.

La méthode utilisée n'est pas un chemin parmi d'autres mais LE chemin, la manière de faire passer l'informatique du stade artisanal au stade scientifique et industriel. Parfois dans les tempêtes de neige mais à l'abri de la tourmente sociale, bien armés par l'expérience acquise au Centre de Programmation et par une méthode solide, la nouvelle équipe s'attelle au STR du CAUTRA IV. Et la cohésion dont tous les acteurs témoignent n'est pas de trop, car ils auront à affronter un certain nombre de problèmes qu'ils n'avaient pas, au vu du projet modeste de départ, soupçonnés.

⁶²- Un ingénieur de SYSECA

⁶³- Un ingénieur de SYSECA

⁶⁴- Un ingénieur de SYSECA

BRÉTIGNY SUR ORGE

Le choix d'ECA Automatisation partait, entre autres raisons, de l'idée que le STR est une question sinon simple, du moins relativement indépendante du contexte opérationnel. En revanche, le STPV est reconnu par tous comme un système « difficile » parce qu'étroitement lié à ce que les ingénieurs appellent souvent d'une façon assez vague « l'environnement ». Et nous avons précisément voulu montrer tout au long de ce texte que ce qui distingue essentiellement les protagonistes est la façon dont ils définissent l'environnement (ce que nous appellerions volontiers le *monde* du contrôle aérien). Le système de traitement plan de vol en effet doit intégrer tout ce qui arrive au vol, du décollage à l'atterrissage. Et comme le cours d'un avion n'est jamais tout à fait celui prévu initialement, il doit non seulement enregistrer mais garder en mémoire tous ces changements. Ses principaux informateurs sont le contrôleur et le STR qui, périodiquement, lui donnent la position de l'avion en temps réel. Le STPV doit intégrer une dimension fondamentalement étrangère à l'imaginaire informatique (qui se meut plus aisément dans un temps « ponctuel ») : l'histoire. Cette spécificité, et cette complexité, du STPV est la raison technique invoquée pour le choix de l'Agence Eurocontrol comme sous-traitant pour la réalisation du système qui, produit spécifique du contrôle, ne peut être confié à des tout à fait étrangers. Mais, une fois encore, les dimensions institutionnelles, politiques et techniques sont indissociablement mêlées.

Nous avons déjà trouvé l'agence Eurocontrol au cours de notre récit. Son entrée de plein pied dans l'histoire du CAUTRA est l'occasion d'en retracer, à grands traits, la genèse. Créée en 1960, pour répondre notamment à l'arrivée des *jets*, elle est l'expression d'un des grands *leitmotive* de l'histoire de l'aviation civile qui est de déléguer tout ou partie de ses prérogatives sur l'espace aérien à un organisme supranational. La CINA dans l'entre-deux guerres, puis l'OACI avaient exprimé cette tendance et cette dernière est depuis l'après-guerre, un puissant artisan d'homogénéisation des techniques et des procédures, en l'air comme au sol. L'objectif à court terme d'Eurocontrol était de répondre aux problèmes qu'allait poser l'arrivée des avions à réaction en créant un organisme européen de gestion de l'espace supérieur. Mais ses promoteurs caressaient déjà le rêve d'un avenir proche qui marquerait la fin des institutions nationales dans ce domaine. Ce rêve se confronta à ce qui fut la réalité concrète et politique de l'aviation civile (et d'ailleurs de l'Europe) au début des années 1960 : les points de vue nationaux en matière de défense, mais aussi de politique industrielle, d'un certain nombre de pays dont la France.

L'agence n'en a pas moins fait ses preuves sur le plan technique par la réalisation d'un certain nombre de systèmes pour l'espace supérieur : le MADAP pour l'espace supérieur de toute l'Europe du NORD, le KARLDAP à Karlsruhe et le SHANDAP en Irlande. Souvent comparées au CAUTRA du point de vue de ses performances, les réalisations d'Eurocontrol et notamment le MADAP semblent cependant animées d'une « philosophie » différente. Par exemple, le prototype du MADAP prévoyait précocement un système fonctionnant sans strips papier. Plus généralement, les systèmes mis en place par Eurocontrol tendent à déléguer le plus de fonctions possible à la machine, même si le principe de réalité les oblige parfois à reculer. De plus, Eurocontrol a pris l'habitude de travailler en régie avec des industriels, dont ECA Automation.

Au milieu des années 1970, Eurocontrol est donc un peu dans le creux de la vague du point de vue politique (les administrations nationales investissent de moins en moins dans le projet), mais elle a fait ses preuves sur le plan technique. Cette situation commande une nouvelle stratégie d'expansion : évincée par la porte politique, elle veut rentrer par la fenêtre technique. C'est dans ce contexte que Georges Maignan, actuel chef du centre Expérimental d'Eurocontrol à Brétigny et qui dirigeait alors un département « logiciel » dans ce même centre, s'appuyant sur les liens qu'il avait tissés, notamment avec Bernard Palayret, au début de sa carrière dans l'administration française, emporte dans ce contexte le marché du STPV. Pour la Direction et le STNA, ce choix garantit pour le réalisateur du STPV une bonne connaissance des spécificités du contrôle. En outre, Jean Lévêque est un européen convaincu (il prendra bientôt la tête de l'agence) et cette opération lui permet de soutenir, indirectement, le projet européen. Apparemment, le contrat qui s'établit entre l'administration française et l'agence est de type technico-économique : Eurocontrol est considérée comme une société de service et a un contrat en bonne et due forme, avec coûts et délais, avec la DNA. Normalement, Eurocontrol n'a pas à intervenir dans la philosophie du système : conformément aux conseils de Dominique Alvarez, le STPV CAUTRA IV devra, sur les plans des fonctionnalités, être la copie exacte du CAUTRA III. Du point de vue du CENA, la décision de confier une partie du CAUTRA aux auteurs du MADAP, système traditionnellement rival, est vécue comme un désaveu, voire une trahison.

Le Centre expérimental de Brétigny-sur-Orge semble presque aussi loin d'Athis-Mons que Chevannes. A proximité du Centre d'Essais en Vol de l'armée de l'air, cette institution est focalisée autour d'un puissant « simulateur » dans lequel se rejouent des trafics aériens d'un certain nombre de pays européens. Le prototype du premier

simulateur d'Eurocontrol avait d'ailleurs été conçu sur l'IBM 650 du CENA par Georges Maignan qui, après une première affectation à la DNA, a fait toute sa carrière dans cette institution. Passionné d'informatique, il avait su, à l'époque, imposer, malgré les résistances qui sont vives à l'époque de la part des opérationnels, un simulateur entièrement digital :

« Je m'étais lancé vers l'informatique, comme d'autres à l'époque, par goût personnel. J'avais dit que c'est complètement idiot de faire ça de façon analogique et comme convaincre, comme ça, n'est pas très facile, je suis parti dans l'idée de faire un prototype. Finalement, on a réussi à ce que le premier simulateur Eurocontrol soit un simulateur bâti digital. Ce qui n'était pas évident à l'époque. Il n'était pas à information synthétique : la première version du simulateur Eurocontrol, c'était un calculateur qu'on a donné à la Cité des Sciences et des Techniques il y a 15 jours, qui faisait la navigation des avions et qui sortait les positions calculées. Mais derrière, les opérationnels avaient exigé qu'on place ce qu'on appelait des simulateurs radar qui refabricaient de la vidéo brute (c'était des extracteurs à l'envers si vous voulez) à partir des sorties numériques et qui alimentaient des écrans RADAR traditionnels. Mais on avait réussi, après de longues négociations, à avoir quand même une sortie synthétique qui, à l'époque, semblait complètement farfelue. En fait, c'est cette sortie synthétique qui a été nettement plus utilisée qu'autre chose »⁶⁵.

L'équipe du STPV est, elle aussi mixte, mêlant sous la direction de Claude Eyman (qui a travaillé au centre de Maastricht avant de diriger la première version du centre de Karlsruhe : le KARLDAP) des ingénieurs d'Eurocontrol et du STNA, mais aussi des intervenants extérieurs issus de SYSECA. Le STNA est représenté par deux IEEAC, Jean-Pierre Garric et Gérard Monjaret, qui ont acquis une certaine expérience de l'informatique : le premier avec la mise en place du DS4⁶⁶ et le second au cours d'un stage de six mois au CENA. Ce dernier, fort, comme il le dit lui-même avec un peu d'ironie, « *de cette grande expérience* » avait été chargé de faire une comparaison entre le MITRA et le SOLAR proposé par Thomson.

Dans l'organisation du travail mise en place, la séparation qui caractérise l'équipe STR est radicalisée. Sous l'autorité d'un chef de projet, chacun travaille isolément sur un « constituant ». Cette séparation n'est pas provisoire comme chez ECA où tout le

⁶⁵- Entretien avec Georges Maignan

⁶⁶- Système de commutation automatique des messages plans de vol gérés par le RSFTA

monde se retrouve au moment de l'intégration définitive. Ce sont d'autres ingénieurs, les responsables « Système » qui sont chargés, en fin de course de l'intégration.

ATHIS MONS

Le CAUTRA III continue

Le transfert de responsabilité du futur système fut, indéniablement, un traumatisme pour le CENA. Les anciens le vivent comme un désaveu pendant que les nouveaux arrivants commencent par observer et essayer de comprendre avant de prendre parti pour leur centre, avec fougue parfois.

Pendant la crise, le CENA s'était efforcé de remonter le niveau de fonctionnement et de fiabilité du CAUTRA III. En 1975, le système atteint sa courbe de maturité : le système de traitement radar a été entièrement revisité en préalable à toute recherche sur une éventuelle détection automatique de conflits. Un nouveau système de disques est mis en place ainsi qu'un dispositif de reprise automatique en cas d'interruption, ce qui améliore notablement la fiabilité du système.

En 1975, dans son rapport annuel, le CENA peut traduire en chiffres cette évolution favorable du CAUTRA III.

Fiabilité du CAUTRA OPERATIONNEL

		1972	1974
Nombre d'arrêts incidents	304	—————	
			206
Durée totale des arrêts	44h16'		14h 59
Indisponibilité (% du temps)		0,68%	0,17%

Arrêts logiciel identifiés

Année	Lieu	Arrêts log. identifiés	Ar.Autres cause
1972	Paris	9h32	41h59
1973	Paris	7h08	26h03
1974	Paris,	3h05	19h23
	Aix	0h16	9h26
	Bordeaux	5h05	17h31

Un centre expérimental

Si elle laisse de lourdes traces dans la mémoire collective, cette réorganisation permet indéniablement au CENA, non seulement de « remonter le CAUTRA III » mais de repartir sur des bases plus saines : ses différentes fonctions sont clairement définies, ce qui permet une organisation plus rationnelle du travail. Le centre obtient enfin les moyens matériels et humains qu'il réclame depuis des années. L'écriture des logiciels devient une activité moins « élitiste », plus répartie entre les ingénieurs. C'est l'époque où les IEEAC prennent un rôle significatif au sein des équipes, les polytechniciens assumant plus le rôle de conception globale et de supervision des projets qui est, dans

l'institution de la Navigation Aérienne comme ailleurs, plus traditionnellement le leur. A fortiori, le chef du centre intervient moins dans le détail et délègue plus de responsabilité dans les projets dont il se contente de dessiner les grandes lignes et de contrôler la réalisation.

Une division « CAUTRA opérationnel » est instituée, plus clairement distincte des activités d'études et d'expérimentation. En fait, l'organisation qui s'installe réalise pour le CAUTRA III celle que Dominique Alvarez préconisait pour le système dans son ensemble. Les tâches sont plus réparties, mais l'unité du CAUTRA III est garantie par une présence forte du chef de projet d'une part, mais surtout par le fait que chacun garde une vision globale de l'ensemble⁶⁷. Comme on peut mettre en résonance l'architecture distribuée du CAUTRA IV avec l'organisation du travail mise en place, l'évolution de l'architecture du CAUTRA III reflète l'organisation sociale du travail : un système unique, sous une autorité unique se répartit en plusieurs traitements dans un système qui reste centralisé.

Car le centre ne renie en rien la philosophie forgée tout au long des quinze premières années : la clef de voûte du CENA reste l'expérimentation et la souplesse du passage des fonctions à l'opérationnel. De plus, le CENA peut maintenant s'atteler à ce qui est sa mission principale : les études à moyen et long terme. Mais ces études sont toujours appréhendées dans une perspective d'application rapide à l'opérationnel. Une simple consultation des archives du CENA de cette période suffit à montrer combien les critiques de ses détracteurs sur « le manque de méthode » ont été prises au sérieux. On y lit en effet, le souci constant du chef de centre de mettre au point des méthodologies homogènes de programmation, de test ou de rédaction de rapports. Régénéré par les moyens matériels et humains qui lui sont enfin accordés, mais aussi incontestablement stimulé par le climat de rivalité qui s'instaure alors entre le CAUTRA III et le CAUTRA IV, le CENA vit, au regard des nouveaux arrivants, un nouvel « âge d'or », celui d'un vrai centre expérimental. Outre le fonctionnement du CAUTRA III et son évolution, le centre mobilise ses efforts sur les deux fonctions que lui conférait la réforme institutionnelle : les études à long et moyen terme, l'expérimentation de nouvelles fonctions pour le CAUTRA III et la mise en place d'une évaluation du CAUTRA III bien sûr, mais aussi du CAUTRA IV. En outre, une réécriture globale du logiciel CAUTRA III qui va être exporté par Thomson au Brésil, prise en charge par

⁶⁷. Cet aspect est très remarquable dans les entretiens menés. Les ingénieurs du CENA rencontrés, quels que soit leur spécialité et leur niveau de responsabilité, nous ont restitué des opinions et un discours "globaux" sur le CAUTRA, les conditions de sa conception et son histoire. En revanche, les ingénieurs des sociétés de service nous ont semblé plus soucieux de rester dans le cadre de leur spécialité.

Michel Calvet, est l'occasion pour le centre de montrer sa capacité à produire une documentation communicable du système.

Les nouvelles fonctions

DE L'ÉTUDE À L'EXPÉRIMENTATION

Bien des fonctions vont être ajoutées à la version du CAUTRA III stabilisée en 1975. Deux d'entre elles nous semblent essentielles dans la mesure où elles représentent des avancées importantes des automates dans le système : l'activation automatique (ou « act auto ») et le filet de sauvegarde.

L'activation automatique

Un des grands enjeux du CAUTRA III avait été l'interconnexion des centres de Paris, Aix et Bordeaux. Les systèmes étaient reliés par un réseau de communication par l'intermédiaire duquel s'échangeaient les informations plans de vol. Nous avons vu que cette mise en place avait été coûteuse en énergie car on en était, à cette époque, aux balbutiements des réseaux informatiques. Et l'aviation civile, avait dû tout développer y compris les logiciels de base et les procédures pour réaliser l'interconnexion, car, à l'époque, « *on ne pouvait pas trouver des logiciels sur étagères* » .

Le problème technique n'était, en effet, déjà pas simple à ce stade de développement des réseaux informatiques au début des années 1970. Mais il se doublait d'un problème « opérationnel » de taille : le transfert de responsabilité d'un avion d'un secteur à l'autre. Avant l'automatisation, ce transfert se faisait oralement au sein d'un même centre ou par téléphone d'un centre à l'autre. Un des premiers ouvrages de l'automatisation avait été l'impression décentralisée des strips : le CAUTRA imprimait directement un strip sur chaque position, à peu près une demi-heure avant qu'il ne soit « éveillé », c'est-à-dire avant qu'un secteur de contrôle ne l'intégrât dans le volume d'espace dont il avait la responsabilité. Mais le transfert important (c'est-à-dire la **coordination** du vol) se faisait par téléphone d'un contrôleur organique à l'autre qui recopiait manuellement les mises à jour sur le strip. A l'issue de cette coordination téléphonique, le contrôleur du secteur recevant activait l'avion et, par cette activation « manuelle », déclenchait l'impression sur son secteur du strip qui était, cette fois, non plus seulement « éveillé »

mais « activé ». Jusque-là, les développements du CAUTRA pouvaient se faire relativement indépendamment des utilisateurs qui gardaient la maîtrise de la responsabilité des vols.

L'enjeu d'une coordination automatique est de supprimer tout ou partie de ces communications téléphoniques en déléguant au CAUTRA cette « activation » afin d'alléger la tâche des contrôleurs. Mais le calculateur doit savoir à quel moment et dans quelles conditions il doit activer le message. Or la philosophie d'automatisation est, là encore, de ne pas modifier les habitudes des contrôleurs : ce n'est pas le système de circulation de l'information qui doit imposer des normes de contrôle mais l'inverse, condition une fois encore essentielle pour que les innovations soient acceptées et que les transitions se fassent en toute sécurité.

Pour le chef du CENA, le système de traitement plan de vol plus que tout autre, est un système vivant : son histoire, comme la nôtre, se constitue d'événements prévisibles et d'autres imprévisibles. Cette histoire n'est pas le seul résultat des « événements », elle comporte une quasi-subjectivité produite par l'usage. Il n'y a pas une mais plusieurs façons de traiter un conflit aérien et, de même, il n'y a pas une mais plusieurs façons (du point de vue du niveau ou de la temporalité) de transférer un vol d'un secteur à l'autre :

« La vie du PLN (plan de vol) dans un centre de contrôle, c'est-à-dire l'histoire du PLN en vigueur, est fonction de l'usage fait du PLN et des événements de contrôle marquant ce PLN »⁶⁸.

Cet aspect « vivant » du système de traitement plan de vol est mis en évidence par le vocabulaire technique choisi : le plan de vol est éveillé, puis activé et sera dans PHIDIAS « assumé » .

Ainsi, le CAUTRA doit pouvoir s'adapter à la diversité des usages s'il veut pouvoir remplacer le contrôleur en toute sécurité car :

« Du point de vue sécurité de fonctionnement, on peut dire que la communication téléphonique est une liaison relativement bien protégée contre les erreurs. Elle détecte immédiatement les dysfonctionnements »⁶⁹.

⁶⁸. Ibid

⁶⁹. CENA 7430/ALVAREZ, *Activation des vols entrants*. On retrouve, dans cette phrase la même prudence observée plus haut.

Or le CAUTRA ne doit pas seulement faire aussi bien mais apporter quelque chose au contrôleur, c'est-à-dire que si le coût de l'automatisation apporte une surcharge de travail au contrôleur, l'opération est nulle et non avenue.

Cette complexité de la mise en place de l'activation automatique explique que cette fonction pourtant expérimentée en 1967 (elle apparaît comme un problème réglé dans la « méthode des filtres ») ait mis plus de dix ans à se mettre en place. Cette fonction est une de celles qui avaient le plus mobilisé, vers la fin des années 1960, les compétences des psycho techniciens. Leur travail d'observation avait par exemple mis en évidence que 95% des transferts se faisant « sans problème » , on pouvait envisager d'automatiser cette fonction ⁷⁰. Mais la nécessité de stabiliser le CAUTRA III avec des fonctions minimum comme le climat de « crise » avaient, nous l'avons vu, fortement ralenti les études.

La coordination est une phase importante de l'automatisation et elle est vécue comme telle par les contrôleurs. Leurs réactions font transparaître la hantise de la fiabilité des systèmes : pour apprivoiser cette crainte, la procédure opérationnelle adoptée fut, une fois encore, de laisser simultanément le système ancien et le système nouveau afin que peu à peu, les contrôleurs prennent confiance et, sous le feu de l'urgence, laissent tomber les anciennes pratiques et adoptent progressivement le nouveau système. C'est ainsi que l'act auto fut progressivement intégré socialement dans la salle. Aujourd'hui, les communications téléphoniques restent réservées aux passages des avions « à problème » , ce que les concepteurs du CAUTRA avaient d'ailleurs prévu.

Progressivement, en effet, les communications verbales diminuèrent sans jamais être supprimées totalement. Avec cette nouvelle place du CAUTRA dans le système socio-technique, le rôle du contrôleur était de plus en plus tendu vers la détection et la résolution du conflit. Il avait délégué au CAUTRA une partie importante de son « vécu » : la communication horizontale de secteur à secteur (bien que la proximité physique ait atténué cet aspect). **Au fil humain tissé par la voix de secteur à secteur et de centre à centre, s'est progressivement substitué un fil informationnel.** La transition fut progressive mais elle n'en eut pas moins des conséquences importantes sur le monde social du contrôleur aérien. D'abord elle contribua sans doute à standardiser les modes

⁷⁰- D. Alvarez signale en outre que la « panne idiote » de mai 1968 avait été lourde de conséquence sur les développements de cette fonction.

de travail, homogénéisant les pratiques de contrôle entre les centres, ceux-ci devant compter avec la machine et son fonctionnement uniforme :

« Ce qui est venu avec la coordination automatique et qui s'installe de plus en plus, c'est l'harmonisation des méthodes de travail. Ils voulaient ça bien avant, alors que maintenant ça vient tout seul. Finalement, la technique nivelle beaucoup »⁷¹.

Mais en même temps qu'il rapproche au niveau des méthodes de travail, l'automate, dans le même mouvement, éloigne les êtres et peut produire une détérioration des rapports humains :

« A partir du moment où se sont développées les coordinations automatiques systématiques entre les centres, il y a eu beaucoup moins de dialogue au téléphone. Et les relations entre les centres se sont un peu détériorées : il n'y avait plus le contact physique du contrôleur, homme ou femme à l'autre bout du fil, c'était la machine impersonnelle et, du coup, devant la machine impersonnelle, on réagit de façon beaucoup plus dure, plus systématique (...). Il y a moins de négociations, et puis il y a la voix du copain qu'on connaît. Même si on ne l'a pas connu physiquement, on a eu avec lui des discussions d'amis pendant un moment de pause et, quand on reparle avec lui pour lui passer un avion, qui peut-être est un peu juste (on a oublié de lui téléphoner à 2 ou 3', ou on a oublié de lui changer de niveau de vol) et qu'on appelle au dernier moment, ça se passe mieux. Tandis qu'avec ces coordinations automatiques qui demandent un délai, si on oublie de corriger à temps le niveau de vol à temps, ou la vitesse ou la trajectoire... si on le fait uniquement en coordination automatique, c'est vécu comme une agression de l'autre côté : c'est la machine plus le contrôleur. Moi j'ai vécu ça au fil des années comme une dégradation des rapports entre les centres. Il y a un côté anonyme, mais je ne vois pas très bien comment on peut faire autrement »⁷².

La coordination automatique modèle les comportements et modifie les relations sociales entre les êtres. Elle fut aussi l'occasion, lorsque le message act atteignit les relations avec l'étranger, de confronter des visions différentes de l'automatisation et des processus historiques différents entre les pays. La teneur, par exemple, des négociations

⁷¹- Un contrôleur

⁷²- Ibid.

qui furent nécessaires pour établir la liaison avec le MADAP révèle des états d'esprit différents :

« Ainsi, dans les discussions pour établir la liaison CAUTRA-MADAP, il m'a été difficile de faire élaborer un texte où ne soit pas explicitement mentionné a priori la disparition des communications téléphoniques actuelles »⁷³.

La coordination automatique est un des points névralgiques de l'histoire du CAUTRA car elle montre les difficultés sociales, humaines, politiques de la constitution d'un réseau de transmission de l'information qui remet en cause et modifie les relations entre les êtres, les groupes sociaux et même entre les pays. Ce problème est, aujourd'hui où se pose à nouveau la question de l'intégration des différents systèmes de contrôle en Europe, d'une extrême actualité.

Le filet de sauvegarde

a) La genèse

Nous avons vu comment, prolongeant les effets sociaux de l'automatisation de la distribution des strips, la coordination automatique a constitué une phase importante de l'automatisation et modifié les relations entre les êtres et entre les groupes. Aussi essentiels que soient ces aspects, le CAUTRA ne se cantonne encore à ce stade qu'à la périphérie des tâches des contrôleurs (ce qu'il est coutume d'appeler les tâches annexes) sans rentrer de plein pied dans ce qui fait le cœur de leur activité : la gestion du trafic et la détection et résolution de conflits. Avec le filet de sauvegarde, le CAUTRA s'insère dans le cœur, technique mais aussi symbolique, du travail du contrôleur en participant de façon directe à l'exercice de la sécurité aérienne.

Le filet de sauvegarde ne s'inscrit pas directement dans l'évolution du CAUTRA telle qu'elle est formalisée par la méthode des filtres en 1967 car, comme on le verra plus en détail, il n'est pas un filtre. La métaphore qui le désigne est explicite : le filet du trapéziste prévient la chute mais n'intervient pas dans le déroulement des exercices acrobatiques. Chez tous les concepteurs dans le domaine de l'automatisation du contrôle aérien, l'idée d'intervenir dans la détection et la résolution de conflits aériens reste en ligne de mire, même si elle est écartée ou renvoyée à des horizons plus lointains. La

⁷³ _ RCENA 7430/ALVAREZ/Activation des vols entrants, p. 10

nature du filet de sauvegarde témoigne à la fois de ce désir et de l'impossibilité de le réaliser.

C'est cette visée qui animait les ingénieurs du CENA qui s'étaient attelés, au moment de la crise, au traitement radar mais qu'ils avaient dû, préalablement à toute avancée, réaménager en profondeur. Un autre IAC, Alain Printemps, va reprendre à partir de ce moment les études en matière de détection de conflits lors de sa première affectation, au CENA. Sa nomination au centre n'est pas fortuite car, passionné des problèmes opérationnels, il est habité par le désir de faire avancer l'automatisation du contrôle :

« Ce n'était pas tout à fait ce que je voulais mais c'était le plus proche. Ce que je voulais, c'était aller dans un centre de contrôle, faire contrôleur, enfin avoir une qualif, et ensuite faire ingénieur après avoir compris comment les contrôleurs travaillaient pour pouvoir automatiser le contrôle. Ce qui m'intéressait, c'était d'automatiser le contrôle ... »⁷⁴.

Dans la perspective initiale, le filet de sauvegarde constitue une étape vers un système plus ambitieux :

*« Avec l'augmentation de la densité du trafic aérien, les risques de collisions en vol ne cessent de croître et des systèmes automatiques destinés à garantir une meilleure sécurité semblent de plus en plus nécessaires. En attendant la mise en œuvre des moyens techniques nouveaux d'échange d'informations (...), il nous a semblé indispensable d'étudier un système de détection de conflits qui se contente des possibilités actuelles de moyens d'acquisition de donnée, essentiellement le SSR (radar secondaire) et le plan de vol. **Dans un premier temps, celui-ci jouerait le rôle de « filet de sauvegarde »**, c'est -à-dire avertirait le contrôleur qui a commis une erreur ou un oubli, qu'un conflit est imminent entre deux avions qui sont sous son contrôle et qu'il doit agir dans les plus brefs délais pour éviter la violation simultanée des normes de séparation »⁷⁵.*

Le principe du filet de sauvegarde n'est à aucun moment revendiqué comme une spécificité « française » : il s'agit de l'adaptation d'un système mis au point par les Américains. Une fois le projet dressé dans ses grandes lignes, Alain Printemps va

⁷⁴- Entretien avec Alain Printemps

⁷⁵- N CENA N° 76019, Alain PRINTEMPS/16/12/1976, souligné par nous.

d'ailleurs faire un voyage aux USA où le système fut mis en place dans tous les centres en route en janvier 1976.

« C'est une adaptation. Je suis allé aux USA en 1977, je suis tombé sur des gens extrêmement ouverts, J'en suis revenu avec des spécifs. Ils m'ont donné les spécifs. Le paramètre 2 ' comme temps de préavis, c'était un paramètre américain. » ⁷⁶.

Cette coopération avec la FAA (le système fut conçu par la Mitre corporation) fut un facteur essentiel d'accélération de la phase préliminaire de la conception du dispositif. Mais, une fois l'algorithme de base établi et le « modèle américain » bien intégré, tout reste à faire car toute la complexité du système réside dans son adaptation aux conditions locales, c'est-à-dire à l'environnement technique spécifique mais aussi à l'usage qui est fait du système dans les salles de contrôle.

b) Entre le virtuel et le réel : le film documentaire

Le cheminement expérimental proposé pour le filet de sauvegarde illustre parfaitement la méthodologie spécifique d'expérimentation des systèmes qu'élabore, alors, le CENA. Il s'agit de trouver une voie médiane entre la simulation in vivo et l'expérimentation en simulation. On retrouve en effet, pour le cas singulier du filet de sauvegarde, tous les arguments développés à propos de la simulation ou de l'évaluation comprise comme expérimentation. La critique porte sur le fait que la simulation reste approximative (« *des approximations plus ou moins grossières sont faites* ») et que, ne pouvant épuiser tous les cas possibles, elle est de peu d'intérêt. En fait, la principale critique qui est faite à la simulation comme méthode expérimentale est ce même aspect tautologique qui séduit tant les industriels : elle court le risque de modeler la réalité en fonction des principes que le protocole expérimental a définis :

« Une simulation (qui est toujours coûteuse, exige de gros moyens, est longue à préparer) n'aurait conduit qu'à redémontrer l'intérêt du Filet de sauvegarde, et définir, une nouvelle fois, ses caractéristiques fondamentales. » ⁷⁷.

⁷⁶- Entretien avec Alain Printemps

⁷⁷- Urios, *Le banc d'essai Radar*, R. CENA 77/13, 1977

Puis Alain Printemps présente les difficultés inhérentes à l'expérimentation directe en essai opérationnel. Au niveau de l'écriture des algorithmes, le milieu opérationnel est à la fois trop riche :

« L'analyse des performances d'un modèle en essai opérationnel est plus longue et difficile que son analyse en centre de calcul (un centre de calcul performant a en général plus de facilités pour lire, trier, enregistrer ou imprimer des données ».

et trop pauvre en événements, en risques :

« Le filet de sauvegarde ne fournissant d'alerte qu'en cas d'erreur du contrôleur, il faut « attendre » ces erreurs pour tester les algorithmes de détection. Le nombre de cas de conflits que l'on peut analyser est limité. Il faut attendre longtemps pour apprécier les possibilités réelles du système : cela est très coûteux lorsque l'on veut mettre au point des algorithmes » .

La solution proposée est donc médiane : le trafic réel est enregistré et sert de base à une manipulation des données (par extrapolation ou accélération) et le film obtenu donne lieu à une expérimentation en temps réel par les contrôleurs. On voit bien, dans cet exemple, l'effort fait par les ingénieurs pour, non pas résister au progrès, mais adapter les nouvelles possibilités technologiques à leur conception de l'expérimentation.

c) Un exercice pour élève de 4e. ?

L'expérimentation est d'autant plus importante que ce n'est pas dans le principe, mais au contact avec le réel que se révèle toute la complexité du FDS.

« Le filet de sauvegarde en soi c'est quelque chose de très simple à faire ; un enfant de 4e qui sait résoudre une équation devrait savoir-faire un programme pour le FDS en 50 instructions sans aucun problème. Tout le problème est qu'on travaille sur des données complètement imparfaites, et, donc l'idée de base c'est la méthode expérimentale qui est mise au point... On s'était dit la chose suivante : c'est une nouvelle fonction et une fonction qui empiète sur les prérogatives du contrôle : même si c'est pas vrai., même si c'est effectivement vu comme un dernier secours, même si, normalement, ça ne doit jamais se déclencher ; enfin

toute la littérature que vous avez vu dessus. C'est une fonction qui rentre dans une zone sensible »⁷⁸.

Ce commentaire de Christiane Dujardin, jeune IEEAC qui travaille avec Alain Printemps sur le projet résume fort bien tout le problème : la complexité de la conception du dispositif provient des imperfections techniques (notamment les imperfections du radar), des pratiques des contrôleurs (il faudra, selon la philosophie du CENA que l'automate s'adapte à ces pratiques et non le contraire) et les problèmes psychologiques (et symboliques) liés à la « zone sensible » sur laquelle le CAUTRA s'engage : la responsabilité des contrôleurs.

Au début du projet, le système devait, comme son grand frère américain, utiliser les données du système de traitement plan de vol pour corriger les imperfections du radar :

« Le système prendra en compte toutes les informations introduites par les contrôleurs, leur attribuera une note de crédibilité en fonction de la nature des informations introduites et du comportement du vol en évolution, et les utilisera suivant la crédibilité accordée »⁷⁹.

Mais, contrairement au système français, le système américain avait imposé une grande participation des contrôleurs au processus d'automatisation. Ils devaient notamment indiquer, par l'intermédiaire d'un clavier, toutes les *clearances*, c'est-à-dire les niveaux assignés aux avions à l'intérieur d'un secteur. La faiblesse de ce système fut dans la charge de travail qu'il impliquait, un écueil que le système français avait évité. Mais l'avantage du système américain était qu'il ne connaissait pas seulement l'état réel du trafic à un moment donné mais pouvait anticiper sur l'état futur grâce à ces informations plans de vol. En France, le contrôleur a la possibilité, par l'intermédiaire du digitatron, d'indiquer les *clearances* mais il ne le fait pas systématiquement, surtout lorsque l'absence de ces indications ne risque pas de perturber l'écoulement du trafic. Nous l'avons montré ailleurs, le contrôleur français ne donne rien « gratuitement » au système.

L'expérimentation telle qu'elle a été décrite plus haut fait donc écarter assez vite l'idée d'utiliser les données plan de vol pour la mise en place du dispositif. Cette impossibilité

⁷⁸ - Entretien avec Christiane Dujardin

⁷⁹ - R. CENA-78-12, A. PRINTEMPS et C. DUJARDIN : *Evaluation opérationnelle du filet de sauvegarde au CRNA-NORD* - Avril 1978, P50.

oblige également les concepteurs à limiter l'ambition du projet. Les études préliminaires en effet envisageaient de donner une fonction **partenaire** au filet de sauvegarde avec laquelle le contrôleur aurait eu la possibilité de lui déléguer, pour certains avions, une partie de sa responsabilité :

*« Enfin, un système parallèle et complémentaire du filet de sauvegarde a été proposé : les contrôleurs désigneraient à l'ordinateur deux vols à surveiller - à charge pour l'ordinateur de suivre ces deux vols et d'avertir le contrôleur : - en cas de conflit, avec un préavis de l'ordre de deux minutes ; en cas de perte d'un des deux vols par la poursuite (radar) près du moment critique. L'avantage de ce système sur le filet de sauvegarde réside dans le fait que l'ordinateur s'engage à surveiller ces vols, et que le contrôleur est averti lorsqu'un des vols est perdu »
80.*

L'autre « avantage », moins explicité dans le rapport d'où cette citation est extraite, est que le système serait rentré plus avant dans la détection des conflits. Il faisait du CAUTRA un acteur, non plus seulement passif n'intervenant qu'en dernier recours mais à qui le contrôleur aurait pu déléguer, *in certo loco, in certo tempore*, une part de son activité et surtout de sa responsabilité. Cette réflexion anticipe en fait sur les systèmes d'aide à la résolution et à la détection de conflits qui sont actuellement à l'étude, au CENA.

Mais cette avancée du système dans le processus de contrôle se confronte à un certain nombre de problèmes alors insolubles, notamment (et le problème est toujours à l'ordre du jour) la non exhaustivité des informations détenues par le calculateur. De plus, les entretiens avec les contrôleurs manifestent qu'ils résistent à s'engager dans cette voie :

« Les contrôleurs n'ont pas manifesté, lors de ces entretiens un intérêt « particulier » pour cette solution. Ils préféreraient arriver au même résultat par une amélioration du traitement radar et du filet de sauvegarde » .81.

L'option est donc prise de limiter le dispositif à la stricte détection, à court terme, des conflits ⁸². Garde-fou il est et garde-fou il doit rester, c'est-à-dire que le contrôleur ne

80- R.CENA-77-29, A.PRINTEMPS, C.DUJARDIN, C GONNORD, *Rapport d'expérimentation Filet de sauvegarde (17 octobre-17 novembre 1977) au CRNA Nord.*, p. 53.

81- Ibid.

82- *Le système de détection automatique des conflits ainsi réalisé est bâti sur un principe simple : connaissant la position, l'altitude, la vitesse, le cap, le taux d'évolution actuel des avions, il extrapole*

doit pas compter dessus, ce qui implique un préavis extrêmement court afin que les opérateurs (surtout les nouveaux venus) ne l'intègrent pas dans le processus de contrôle.

Une autre question qui se pose est celle des fausses alarmes. Car le système du filet de sauvegarde est un système dont on sait, et le contrôleur doit savoir, qu'il peut se tromper. Plus encore, le système doit montrer ses faiblesses afin de ne pas laisser les contrôleurs se reposer dessus. La vulnérabilité du système, son insuffisance obligent l'opérateur humain à rester en éveil. Cette conception de l'automate est particulièrement intéressante : la vulgate des facteurs humains est de mettre en regard la fiabilité des machines et l'imperfection de l'homme. Le facteur humain dans ce sens est compris comme une série d'études (le plus souvent issues des sciences cognitives) pour rendre l'homme l'égal de la machine en le rendant plus parfait. La philosophie qui se dégage du filet de sauvegarde est que l'incomplétude de la machine peut être prise comme un avantage, instituant une relation plus symétrique entre l'homme et la machine. Homme et machine, tous deux faillibles, concourent ensemble à une œuvre commune, en prenant en compte leurs respectives insuffisances. C'est-à-dire un système qui intègre l'erreur (humaine ou machinique) : un système tolérant à l'erreur. Là encore, cette philosophie guide aujourd'hui le projet ERATO d'aide à la résolution et à la détection de conflits actuellement développé au CENA.⁸³

Intervenant dans des proportions limitées dans le processus de contrôle proprement dit, le filet de sauvegarde fut, finalement, accueilli favorablement par les contrôleurs aériens. Sa mise en service expérimentale en milieu opérationnel favorisa d'ailleurs cette bonne intégration : dans la plus pure tradition de la philosophie du CENA, il fut placé sur le 10070 de secours et le contrôleur pouvait l'utiliser quand il voulait et s'imprégner ainsi, progressivement, de son intérêt.

*linéairement leur position et leur altitude dans le temps. S'il prévoit que deux avions vont se trouver en conflit avant expiration d'un délai appelé temps de préavis, il alerte le contrôleur en faisant clignoter l'étiquette des avions concernées sur l'écran de présentation des informations radar. La prévision est faite à court terme : actuellement, le temps de préavis est de deux minutes. Le préavis a été déterminé expérimentalement. Ce n'est pas un outil de contrôle, il ne doit pas changer les méthodes de travail du contrôleur : celui-ci n'est pas autorisé à attendre l'alerte pour résoudre le conflit, il doit comme avant détecter et résoudre les conflits. Le filet de sauvegarde n'est, par définition, qu'un garde-fou. ", C. DUJARDIN, "Problèmes homme/machine posés par la mise en service d'un système automatique de détection de conflits entre avions", in *Journée d'étude de l'AFCEC du 20 mars 1980 : Tendances de l'automatisation dans les transports, l'homme et les automatismes*, Souligné par l'auteur.*

⁸³- La source d'erreur du système la plus importante est précisément qu'il ne sait pas les niveaux assignés aux avions par le contrôleur (en effet, le système fait une extrapolation linéaire et déclenche donc l'alarme même si le contrôleur a demandé à l'avion de s'arrêter au niveau x, évitant ainsi le conflit qu'il a lui-même détecté). De plus, au niveau inférieur, le contrôleur peut laisser les croisements se faire "à vue", ce que le système ne sait pas non plus. Le système doit être réglé de manière à ce que les fausses alarmes ne soient ni trop rares (pour que le contrôleur ne s'appuie pas dessus), ni trop fréquentes (pour qu'il lui accorde sa confiance).

A l'époque où la mise au point expérimentale du filet de sauvegarde en espace inférieur est arrêtée, sa mise en service effective s'avère problématique. Le CAUTRA III est passé, alors, comme prévu, sous la responsabilité du STNA qui, en toute logique, préférerait repousser son intégration à la mise en service du CAUTRA IV vers laquelle se concentrent tous ses efforts. Mais le désir des ingénieurs et expérimentateurs de voir aboutir leur création et de montrer au système rival de quoi ils sont capables, rejoint en cette occasion le désir des opérationnels qui, l'ayant expérimenté (c'est à dire goûté), veulent profiter d'un outil qui les seconde dans la zone la plus sensible mais aussi la plus fragile de leur métier : la relation avec le risque et la sécurité.

d) PATATRAC ou « informatique et liberté »

Outil de sécurité, le filet de sauvegarde va aussi révéler que cette dernière fait l'objet de représentations plurielles de la part des différents acteurs (administration, concepteurs, contrôleurs). C'est ce que vont mettre en évidence les péripéties de l'étude et de la mise en place de PATATRAC (Procédé Automatique de Traitement, Analyse et Tri des Alertes « filet de sauvegarde » du CAUTRA) ⁸⁴

PATRAC semble un prolongement anecdotique du filet de sauvegarde. Son objectif était d'établir un comptage statistique de ses déclenchements dans les différents centres. Aux yeux des concepteurs, c'est un outil d'analyse permettant de faire des mesures globales de sécurité (les mesures à partir des seuls airmisss donnant une vision trop minimale des risques et des pratiques), mais, d'autre part, « *de recueillir des indications sur le système de contrôle, par exemple la localisation des points chauds.* » ⁸⁵ Mais ce rôle de contrôle d'un dispositif technique va s'avérer un moyen de contrôler les hommes.

Mesurer la charge de travail est un objectif classique de l'ergonomie mais cette « mesure » pouvait donner une autre fonction à PATATRAC : surveiller le niveau de travail de chaque équipe, voire de chaque contrôleur. Nous l'avons exposé dans différents documents, le quotidien du travail du contrôleur, sa manière d'organiser le travail au sein de l'équipe ou de la position de contrôle est opaque pour l'administration. C'est l'équipe, par l'intermédiaire de son chef, qui gère la présence annuelle et

⁸⁴- C. DUJARDIN, PATATRAC , *Procédé Automatique de Traitement, Analyse et Tri des Alertes "filet de sauvegarde du CAUTRA.*, R. CENA 80-20.

⁸⁵- Ibid, p 1

quotidienne des contrôleurs sur leur poste de travail. L'équipe et la salle de contrôle gèrent également l'évaluation de la qualité du contrôle exercé. Le filet de sauvegarde et PATATRAC peuvent s'avérer, non seulement un outil d'analyse des cas limites, mais le moyen pour l'administration de savoir ce qui se passe dans la salle, dans chaque équipe et sur chaque position de travail.

« La méfiance du début devait être provoquée par cela : « on va nous fliquer » . Il y avait la crainte aussi qu'on conçoive le métier avec le filet de sauvegarde, c'est-à-dire qu'il intervienne aussi pour faire descendre, monter, aller ou à droite ou à gauche que dans la mesure où le filet de sauvegarde agissait. (...) Et de voir l'acte professionnel réduit à être au service de la machine électronique qui préviendrait si ça allait passer ou pas »⁸⁶.

Cette possibilité est vite perçue par l'administration qui cherche à mettre en place un système d'évaluation des équipes et des contrôleurs à partir des données collectées par PATATRAC. A l'époque, la tendance à l'autonomie des contrôleurs par rapport à l'administration est très grande. La dissolution de l'ordre social originaire (dans les années 1960, des superviseurs-contrôleurs, nous l'avons vu, étaient souvent d'anciens militaires et servaient alors de lien hiérarchique avec l'administration) avait débouché sur une organisation du pouvoir de plus en plus horizontale. Les aspirations autogestionnaires déclenchées par les événements de mai 1968 eurent sans doute également une certaine influence comme, d'ailleurs, le Plan Clément Marot qui avait conforté les contrôleurs dans la conviction qu'ils étaient irremplaçables. PATATRAC est donc fort mal reçu. A Bordeaux, par exemple, centre pourtant traditionnellement assez respectueux des normes et des règles, les chefs d'équipe répondent à la demande de la « hiérarchie » en refusant de communiquer les feuilles de présence des contrôleurs.

De leur côté, les concepteurs du projet vivent assez mal ce « détournement » qu'ils n'avaient pas prévu et qui, surtout, risquait de menacer la bonne intégration de leur outil :

« On ne voulait pas que ce soit un moyen de noter les gens. D'abord, parce qu'on connaissait les faiblesses du produit et qu'on risquait d'accuser les gens à tort. On voyait plutôt PATATRAC comme un moyen de (...) surveiller que les gens ne

⁸⁶- Un contrôleur

se reposent pas sur le FDS et qui allait permettre de regarder statistiquement : si ça devient rouge dans un coin de l'espace, ou bien c'est qu'il y a un problème dans les routes et dans les densités de trafic, ou bien c'est qu'il se passe quelque chose d'anormal et il faut s'enquérir de ce qui se passe. Plutôt un détecteur de situations anormales que de dire : « Monsieur, à telle heure, pourquoi êtes-vous passé à deux NM » . Quand l'exploitation a voulu s'en servir, on n'était pas très d'accord. Aujourd'hui, c'est rentré dans les mœurs, avec des commissions d'analyse mais il n'y a pas de tribunal. Alors qu'aux USA, lorsque vous avez une alarme de leur système, le superviseur est prévenu en temps réel et un enregistrement est fait pour voir. Le gars peut être mis à pied »⁸⁷.

*« On s'était dit que ce serait une mine pour enseigner. Pas forcément à des fins d'évaluation. Je pense que le CENA ne voulait pas forcément se mettre dans ce genre d'engrenage, car c'est vrai que si on le fait, les salles de contrôle sont moins ouvertes et, pour faire passer des idées, pour convaincre, c'est plus difficile... Ce qu'on gagne d'un côté, on le perd de l'autre. L'idée était plus de travailler globalement que individuellement ou équipe par équipe, plus de tirer des enseignements généraux que des enseignements sur l'individu ou sur l'équipe, d'autant que normalement les chefs d'équipe sont là pour faire en sorte que ce genre de chose ne se fasse pas. Et ça, c'est un problème de culture. On ne peut pas faire passer ce genre de truc tant que la culture n'a pas changé. En Allemagne ou aux Etats-Unis, il n'y aurait aucun problème. Mais en France, ce type de procédure aurait été beaucoup plus néfaste. Ca a toujours été la position du CENA, c'est **une position politique** mais ça permet aussi de faire avancer les choses »⁸⁸.*

Cette citation illustre bien notre thèse. Un projet n'est jamais purement technique et les dimensions humaines (politiques par exemple) sont constitutives de sa réalisation. Mais un objet technique une fois « mis au point » et opérationnel mis en service n'est pas un produit figé, il reste ouvert à des captures, des détournements, des appropriations souvent imprévisibles. La socialisation du projet fait partie de sa définition, de sa constitution: il est impossible d'arrêter la définition de l'objet technique à ce qu'on a voulu mettre dedans.

⁸⁷- Entretien avec Alain Printemps

⁸⁸- Entretien avec Christianne Dujardin

La question est plus sensible encore dans le domaine de la circulation de l'information. L'information qui circule ou qui est produite grâce aux systèmes élaborés par les informaticiens peut être détournée, réinterprétée dans le cadre d'une autre logique, d'une autre politique. Ce détournement n'est pervers qu'au sens étymologique de détournement du sens initial (le souci de l'administration dans le cas de PATATRAC est un souci de bonne gestion, de rationalisation des services et surtout un souci de sécurité). L'histoire d'un objet technique est celle de ses multiples traductions, successives ou simultanées.

Nous avons consacré une part importante de ce chapitre à l'histoire du filet de sauvegarde dans la mesure où cet outil nous a semblé caractéristique, non seulement de la philosophie française de l'automatisation du contrôle aérien mais de la conception des systèmes informatiques en général. Dans un premier temps, à une échelle très macroscopique, la question initialement posée peut sembler très simple : traduire un problème physique et humain dans une logique de calcul. Le résultat fut, pour le filet de sauvegarde, « quelques lignes » de code. Mais pour passer l'épreuve du réel, l'algorithme doit prendre en compte de plus en plus en profondeur la complexité du réel. Complexité de la machine et de ses failles, de l'homme, de son fonctionnement cognitif, mais aussi de ses habitudes, de sa culture. Cette démarche est, pour le concepteur, une véritable descente aux enfers de la complexité et les algorithmes se multiplient et se complexifient à mesure qu'il effectue ce parcours. Puis peu à peu, au travers des expérimentations, apparaissent tous les éléments qui se dérobent irrésistiblement à la stricte logique du calcul. Le concepteur doit donc aménager (et réduire ses ambitions) pour combiner dans un mixte satisfaisant ces éléments hétérogènes. Le produit final n'a plus la beauté lisse et parfaite du projet initial, c'est un mixte imparfait : un compromis.

Aujourd'hui, le filet de sauvegarde est devenu un facteur de sécurité unanimement reconnu par les contrôleurs mais il reste cependant le seul outil qui fasse apparaître de manière sensible, la présence d'un réel automate, c'est-à-dire la quasi-présence d'une rivalité. « *Il est de bon ton de dire qu'on avait vu le problème, quand ça se déclenche !* »⁸⁹ nous dit un ancien contrôleur avant d'ajouter : « *J'étais parti avant PATATRAC mais, avec le Filet de Sauvegarde, tu avais le sentiment très fort d'avoir le « big brother » derrière.* »

⁸⁹- Un contrôleur

Le filet de sauvegarde est le cas d'une innovation réussie et qui, grâce à un dispositif expérimental sophistiqué, parvient à s'insérer sans trop de difficulté dans le monde du contrôle. Ce qui est rendu possible par tout un travail de pédagogie et de persuasion de la part des ingénieurs. Comme par le passé, des ergonomes sont engagés dans le processus de conception. Mais il ressort cependant des entretiens des contrôleurs comme des ingénieurs le sentiment que quelque chose a irrémédiablement changé. Les bancs de test permettent l'utilisation des données réelles mais les positions « miroir » n'autorisent qu'une expérimentation passive. Le laboratoire reproduit un monde « quasi réel » où ce ne sont pas seulement les dispositifs techniques qui ont changé mais les relations humaines :

« Oui, je vais dans les salles de contrôle mais ce n'est pas la chose la plus facile à faire. Il y a quand même, même si les relations sont relativement bonnes... Quand on rentre dans une salle de contrôle, je ne sais pas si cela vous l'a fait, mais moi la première impression que ça m'a fait. C'est... On y va assez souvent quand il y a des manip. Soit on va en salle de contrôle, mais le plus souvent, on fait venir les contrôleurs dans les salles d'expérimentation où, là, le rapport n'est pas le même car là, ils sont deux et ce sont eux qui sont étrangers (rires). Et c'est beaucoup plus agréable pour la personne qui fait l'expérimentation. Dans la salle, on peut avoir un chef d'équipe qui vous envoie sur les roses et puis il y a cette ambiance d'équipe un peu particulière. Je ne sais plus si il y en a deux ou trois qui déconnent dans un coin. Il y a une ambiance assez particulière dans une salle de contrôle et on ne fait pas partie de l'équipe, c'est bien clair. Il y a un comportement différent »⁹⁰.

*« Monsieur Gonnord, un contrôleur nous a bien aidés C'est grâce à lui que nous avons pu faire passer le filet de sauvegarde **Parce que j'avais une trouille bleue des contrôleurs, c'était un peu les seigneurs.** Lui était contrôleur et motivé et il a su vendre le filet de sauvegarde aux contrôleurs, ce que moi je n'aurais jamais pu faire »⁹¹.*

Ce sentiment souvent indicible, mêlé de crainte et de fascination est fréquent chez les ingénieurs. Il traduit la position particulière des contrôleurs aériens au sein de l'institution. Mais il exprime en outre que la « séparation » voulue par les dispositifs techniques et organisationnels mis en place s'est bien actualisée dans les relations

⁹⁰. Un ingénieur du CENA

⁹¹. Un ingénieur du CENA Souligné par nous.

sociales. La « crainte » traduit, comme les nouvelles formes d'expérimentation, en salle d'expé et sur des données simulées, la fin d'une époque : celle du laboratoire monde.

LE PROBLÈME DE LA CONVERGENCE

Nous sommes en 1979, le CAUTRA éclaté entre Athis-Mons, Chevannes et Brétigny-sur-Orge, entre son passé, son présent et son devenir est à nouveau centre des préoccupations de l'institution. Le CAUTRA III devient problématique. Le 10070 est au fond un calculateur des années 1960 et nous sommes à l'aube des années 1980. « *Le système pète de partout* » et l'administration est obligée de trouver, à n'importe quel prix, des 10070 d'occasion. Le STR à Chevannes passe l'épreuve de la « recette usine » même si les évaluations du CENA ont mis en évidence un certain nombre de points problématiques, l'équipe reste optimiste face à l'échéance qui s'annonce. A Brétigny, les choses sont plus difficiles. L'équipe est moins soudée et ingénieurs de l'administration, Eurocontrol, comme ceux de SYSECA, à qui ils sous-traitent une part de la réalisation, ont du mal à dominer un projet qui patauge. Il est cependant décidé que le système est suffisamment au point (90% selon les responsables) pour aller faire l'intégration sur place à Brest. Cette décision qu'un certain nombre d'ingénieurs, notamment du STNA, jugent prématurée est motivée par un certain nombre d'éléments. D'abord, toute la réalisation a été faite jusque-là à partir de données simulées et les ingénieurs estiment que l'intervention des données « réelles » doit se faire de façon assez précoce vu la complexité et la spécificité du traitement plan de vol (difficile, précisément, à simuler). Par ailleurs, cette décision relève sans doute un certain optimisme et une manière de dissimuler que le temps passe et que les échéances sont bientôt dépassées. Enfin, plus prosaïquement, on veut faire coïncider l'exode des ingénieurs et techniciens avec la rentrée scolaire afin de ne pas pénaliser leurs enfants.

De plus, les avancées du CAUTRA III rendent la tâche des producteurs du CAUTRA IV plus difficile. Partis d'une situation facile où ils devaient remplacer un système malade, peu fiable, rejeté par ses usagers et l'administration qui lui avait donné le jour, ils doivent se confronter au moment de la mise en service du CAUTRA IV à un système « performant », bien vécu par les utilisateurs et qui, surtout, a considérablement évolué.

Les évolutions du CAUTRA III inquiètent en effet de plus en plus l'administration. L'équipe du CAUTRA III opérationnel a déménagé du CENA en passant sous la responsabilité théorique du STNA. Mais elle est restée à Athis-Mons et garde l'esprit qui l'a vue naître en se piquant au jeu de faire évoluer, s'appuyant pour ce faire sur les demandes du SCTA, des subdivisions études ou des contrôleurs. Or, il n'est pas question de vendre aux contrôleurs un système moins performant que l'ancien et le STNA voit avec angoisse le vieux système continuer d'évoluer. Le CAUTRA IV doit donc, en permanence rattraper le III qui continue son évolution. Ce problème de la convergence, est, disent les ingénieurs, un problème technique classique, dans les grands systèmes. Mais on sait plus ou moins bien le gérer. En fait, dans ce problème « technique » se cristallise toute l'histoire que nous avons tenté de raconter.

Enfin, un élément essentiel s'est ajouté à la donne initiale : Reims. L'histoire du CRNA de Reims s'inscrit dans la volonté de décongestionner le centre de Paris. Mais il est né sous des auspices difficiles, à partir d'une « maladresse » de la DNA qui, par souci de concertation, organise une consultation auprès des contrôleurs qui choisissent Orléans. Pour des raisons techniques (améliorer la couverture radar de l'Est de la France) qui dissimulent difficilement des visées politiques (la municipalité de Reims a à sa tête un ancien ministre), Reims finalement est choisie pour implanter le cinquième CRNA de France. Les péripéties de cette installation mériteraient une histoire à elle seule mais, fidèle à notre approche, nous ne l'évoquons que dans la mesure où elles s'insèrent dans l'histoire du CAUTRA. Reims doit être un centre tout beau tout neuf et il n'est pas question d'y installer, même provisoirement le vieux système. La réussite de l'opération Reims dépend donc grandement de la possibilité d'y installer le CAUTRA IV (STR + STPV). Or, Alain Monnier qui remplace en cet été 1979 Bernard Palayret à la tête du STNA est très attaché à ce projet qu'il considère a posteriori comme une des grandes réussites de sa vie professionnelle. Il se rend compte en prenant ce poste que dans l'état actuel de l'avancement des techniques et des relations entre les hommes et les services, le CAUTRA IV est sur une mauvaise pente. Nous avons vu qu'il avait participé, au moment de la crise, aux décisions qui avaient amené à scinder le CAUTRA. Sans remettre en cause le fondement des analyses faites à l'époque, il se rend cependant compte, au regard de la trajectoire du CAUTRA III et des difficultés dans lesquelles se débat le CAUTRA IV, qu'une injustice avait été commise :

« J'ai eu le rare privilège d'avoir à assumer jusque dans ses ultimes conséquences ma participation à une décision. A l'époque, la DNA avait fait une analyse complètement juste (il fallait passer d'un stade artisanal à un stade

organisé industriel) accompagnée d'un jugement totalement injuste de la situation car nous avons, tel le chevalier blanc cherché un responsable (le CENA) alors que tout ce qui arrivait démontrait en fait l'incontestable réussite du CAUTRA »⁹².

Cette prise de conscience sera déterminante dans le devenir du CAUTRA et va conditionner la politique la politique suivie à partir de 1980.

CONCLUSION : Le temps des controverses

L'étude des controverses est un des plus puissants outils construits par la sociologie contemporaine des sciences et des techniques pour percer la muraille qui semble isoler les laboratoires de la société globale. Elle est bien, comme la qualifie Bruno Latour, « la voie royale » grâce à laquelle l'historien ou le sociologue peut pénétrer, et se retrouver, dans cet univers ardu, ésotérique, rebutant et même parfois hostile qu'est celui des technosciences. Les termes employés par les acteurs du CAUTRA lorsqu'ils évoquent les événements et problèmes racontés dans ce chapitre montrent que le monde des ingénieurs est bien le même que le nôtre, pauvres profanes, un monde où la guerre, l'argent, la morale ou la politique, les passions et les jalousies font, autant que la physique et le calcul, la loi. Si les ingénieurs de la navigation aérienne n'emploient guère le terme de conflit (phénomène qui reste pour eux, avant tout, aérien), ils ne lésinent cependant pas sur les qualificatifs : « querelles », « guerre des systèmes », « haine », « alliances », « rivalités », « course à l'échalote », « citadelle assiégée ». Et la violence, ici, n'est pas seulement une métaphore mais peut affecter les acteurs au plus profond d'eux- même : maladies, suicides, rupture des amitiés les plus anciennes émaillent autrement que comme des anecdotes des récits où dominant pourtant la pudeur et la réserve les plus extrêmes.

Dans la littérature, le terme de controverse est le plus souvent utilisé pour désigner la formulation, à une époque donnée, de deux positions apparemment irréductibles sur un sujet voisin : Stahl ou Lavoisier, Pasteur et Pouchet, Darwin ou Lamarck. L'historiographie contemporaine des sciences explore de plus en plus cette approche en montrant, dans ses réalisations les plus intéressantes, comment la production des faits scientifiques ne se fait pas dans le monde éthéré des idées mais s'obtient au travers de

⁹²- Entretien avec Alain Monnier.

négociations, d'alliances, de coups de force, etc... Leur évolution est souvent marquée par des échanges, souvent silencieux mais réels, entre les parties en présence. Chacun, non seulement infléchit mais nourrit sa théorie des critiques ou de l'argumentaire de l'autre. La controverse est partie prenante de la production de faits scientifiques, elle en exhibe la partie la plus conflictuelle et celle où les dimensions dites « externes » sont, non pas présentes -car elles le sont en permanence- mais les plus manifestes.

Les controverses technologiques, lorsqu'elles restent cantonnées au laboratoire ou, pour reprendre le schéma évolutif de Tom Hugues⁹³, lorsqu'elles restent au stade de l'invention ne sont pas très différentes des controverses scientifiques. Toutes deux font appel à des techniques de représentation pour prouver leur validité, toutes deux se concrétisent dans des processus d'essai : expérience en laboratoire, banc de test, etc. La différence essentielle n'est pas de nature mais de forme, de mise en présence, d'inscription dans la socionature. La marque de la technique sur le monde est d'une telle visibilité qu'elle offre au profane un formidable effet de concret. Comme certaines techniques peuvent être dénommées des quasi-objets, les formes de la controverses se font quasi humaines. Les mécanismes de la controverse entre objets concurrents empruntent à l'histoire humaine nombre de ses attributs. L'histoire des techniques en effet met en scène, presque inmanquablement, une rivalité originaire entre deux objets à la fois analogues et rivaux. Chacun sur sa trajectoire et plongé dans un imaginaire différent cherche à conquérir le monde. Le passage de l'invention à l'innovation est souvent marqué, dans ce modèle par l'élimination ou la marginalisation de l'objet rival. Mais la victoire se fait au prix de transformations et l'on peut lire, a posteriori, dans l'objet nouveau et victorieux les traces de celui qu'il a éliminé.

Cette dimension a souvent été mise en évidence dans l'histoire des grands systèmes techniques émaillée, elle aussi, de querelles : le gaz et l'électricité ; la voiture électrique ou à essence, etc. Alain Gras, dans sa sociologie des macro-systèmes techniques nous donne nombre d'exemples qui se moulent sur ce mécanisme. Nous avons nous-même présenté dans ce même ouvrage⁹⁴ la rivalité entre l'aérostat et l'avion comme une fondation de l'histoire de l'aviation. L'histoire du CAUTRA peut être prise (ou comprise) de la même manière. La crise du début des années 1970 marque le moment de l'insertion du CAUTRA dans le monde du contrôle, le moment du passage du laboratoire (fut-il monde) à l'innovation. La période que nous venons de tracer décrit une période de flottement où domine la rivalité entre les deux systèmes.

⁹³- Cf. A. Gras, *Grandeur et dépendance*, op.cit.

⁹⁴- Ibid.

Mais, ne nous méprenons pas : CAUTRA IV reste le fils de CAUTRA III (il en garde d'ailleurs le patronyme). Son architecture, son organisation initiale furent conçues dans les entrailles du CENA. Les spécifications déterminées en collaboration entre le CENA et le STNA reconduisent à peu près (surtout pour le plan de vol) celles du CAUTRA III, respectant en cela les directions désignées par Dominique Alvarez. Mais il fut retiré dès ses premiers jours à sa famille pour être mis sous la tutelle d'« étrangers » qui l'élèvent avec les principes, les valeurs, les méthodes qui sont les leurs.

Pourtant sa famille originelle avait veillé au grain. Elle avait eu le temps de lui désigner le parrain de son choix, Jean-Bernard Triquet: alors que les tentatives de rencontre entre les deux familles se soldent par des échecs et une incompréhension flagrante, le SCTA reste vigilant et sait, par une pédagogie quotidienne, représenter le point de vue des contrôleurs, imposer l'intégration des fonctions nouvelles que CAUTRA III, en pleine maturité, invente, expérimente et met en service. Et les nouveaux éducateurs sont bien obligés de prendre en compte, même à corps défendant, cette « culture » qui leur était, au départ, fondamentalement étrangère.

Il n'est nul besoin, pour tenir le lecteur en haleine, de laisser planer un suspens ridicule. Chacun sait ici que CAUTRA IV finira par remplacer le III. Mais la question qui se pose à ce moment de l'histoire est de savoir s'il sera capable de le faire à temps, dans quelles conditions, à quel prix, à quels risques et dans quelle mesure il va s'en trouver transformé. L'historien comme le témoin qui égrènent ses souvenirs ont souvent du mal à rendre compte de ces moments d'incertitude, si fréquents dans l'histoire des techniques, où tout peut basculer.

De tout ce qui précède, on pourrait facilement déduire que les problèmes rencontrés ne sont pas techniques, mais d'une autre nature (des problèmes organisationnels ou de management, des problèmes psychologiques, etc.), parasites sociologiques qui gangrèneraient la belle pureté logique à l'œuvre dans la construction d'une machine. Cette pente serait d'autant plus tentante que nous privilégions, dans ce récit comme dans l'enquête que nous avons menée, le témoignage des techniciens (au sens large du terme) à celui des « politiques » et qu'ils ont, comme la plupart d'entre nous, parfois tendance à rejeter les responsabilités dans des sphères qui sont hors de leur prise. Mais il nous semble qu'on puisse tirer de l'histoire du CAUTRA des hypothèses plus fortes. Toutes les dimensions que nous cherchons à mettre en valeur (politique, économique, institutionnelle, affective, sociales) ne sont pas seulement aux prémices de l'objet

technique elles en sont partie intégrante, elles contrôlent et guident son existence. Ainsi les controverses ne sont pas, comme le disait un des acteurs « *des opinions différentes qui, au final, marchent dans un cas comme dans l'autre* ». La visée d'un artefact n'est pas seulement de marcher mais de changer le monde. Et cette visée, le sens de l'artefact, n'est pas une contrainte parmi d'autres (qui serait pour les ingénieurs ce qu'est le « facteur humain » pour l'utilisateur) mais elle fonde l'objet, conditionne son existence et guide sa réalisation dans le moindre détail.

Chapitre V

UN NOUVEAU DÉCOR

(Épilogue)

Comment ? Quand ? Où ? Par quel artifice mettre un terme à une histoire qui se poursuit et sans cesse se renouvelle. Toute recherche est cadrée par un certain nombre de contraintes et parmi celles-ci, les possibilités du chercheur. Car, le lecteur l'aura remarqué, plus le CAUTRA s'étend, se disperse et se gonfle, plus, non seulement les acteurs institutionnels et humains, mais les sigles se multiplient, la technicité semble se resserrer (même si les problèmes techniques ne sont pas nécessairement plus difficiles à saisir), la documentation et les sources prolifèrent et rendent le travail historien, comme l'exposé, de plus en plus ardu. En grandissant, le système technique semble s'entourer d'une muraille qui le rend de plus en plus inaccessible au regard profane. C'est donc, pour une part, les limites de nos propres possibilités qui nous font arrêter l'histoire détaillée du CAUTRA au début des années 1980. Mais un tel argument ne serait admissible si cette découpe temporelle ne correspondait pas, de fait, à une étape dans la dynamique interne du CAUTRA et ne servait pas la cohérence de notre récit. Car en effet, entre 1980 et 1982, se met en place un nouveau décor et s'ouvre une période de relative stabilité qui vont permettre l'installation, entre 1981 et 1987 du CAUTRA IV dans tous les centres français, anciens ou nouveaux.

La crise avait ouvert une controverse entre deux points de vue sur la construction d'un système informatique. Les chapitres précédents ont examiné dans le détail le contenu de ces controverses en montrant que ces divergences ne pouvaient se réduire à des querelles purement techniques.

Mais en moins de cinq ans le rapport de force entre les deux systèmes s'est comme inversé. Autant au moment du démarrage du projet CAUTRA IV, ses artisans partageaient avec le défi facile de remplacer un système, "vérolé", sans avenir, défaillant, critiqué par ses usagers et désavoué par sa direction. Autant, les mêmes acteurs se retrouvent à l'aube des années 1980 à devoir remplacer un système relativement fiable, qui s'est considérablement développé, est entré plus avant dans le système général de contrôle de la circulation aérienne avec de nouvelles fonctions, est bien accepté par les utilisateurs qui, parfois même, le poussent à évoluer. Le rapport de force a changé. Dans la confrontation rhétorique qu'est toujours une controverse, qu'elle soit technique, scientifique ou d'une autre nature, la grande force du CAUTRA III est d'avoir pu **inscrire dans les faits son point de vue** alors que le CAUTRA IV, tout beau tout neuf et abondamment documenté n'est encore qu'un projet fragmenté physiquement et spirituellement et dont les responsables se demandent avec désespoir s'il va arriver à rattraper un rival qui continue à aller de l'avant.

Mais le CAUTRA III a une faiblesse essentielle : son âge. Élaboré à partir de calculateurs d'hier, il s'essouffle et s'épuise pour arriver à assurer le rôle déterminant qui lui est maintenant donné. Des 10070 sont rachetés, des pièces d'occasion trouvées ou reconstruites, la mémoire comme la puissance de calcul sont gonflées mais ces bricolages ne sont que des palliatifs qui ne peuvent durer indéfiniment. Alors qu'il était promis à un violent parricide, le CAUTRA III sait déjà qu'il va mourir de sa belle mort. Or le trafic monte, le centre de Paris que l'on voulait dégonfler gère un trafic de plus en plus important tandis que Brest est sous-employé et que la direction investit énormément sur la création du centre de Reims. De par l'ampleur qu'a pris le système, la crise qui menace de s'ouvrir en cette fin des années 1970 pourrait être autrement plus grave que la précédente.

Comment la paix succède-t-elle à la guerre ? L'histoire collective ou individuelle nous offre de multiples figures de ce passage. Le chemin difficile de l'état de guerre à celui de paix passe par des négociations mais ces dernières ne peuvent déboucher que dans la mesure où tous les protagonistes parviennent à basculer dans un autre "régime" de relations sociales. Or, dans notre cas, il est une dimension (que l'on pourrait qualifier, après Boltanski et Thevenot, de "cité") qui justifie, non seulement le maintien et la crédibilité de tous les acteurs engagés mais la légitimité même de l'institution : sa capacité à assurer la circulation des flux aériens en toute sécurité. La crise qui menace de s'ouvrir remet au cœur des préoccupations une des valeurs centrales de l'institution

que les tendances antérieures avaient semblé subordonner à d'autres considérées comme plus importantes (la modernité, l'industrialisation, la rentabilité) : la sécurité aérienne. Or, cette contrainte à proprement parler vitale de la sécurité des avions et des personnes passe par une autre contrainte qui est celle de la continuité des services. C'est ce qui rend les grèves des contrôleurs aériens, à la fois si difficiles à comprendre de l'extérieur et si médiatisées, c'est aussi ce qui fait que les basculements d'un système à l'autre, ou dans une nouvelle salle, ou la relève sur une position de contrôle sont des moments si sensibles et délicats où la responsabilité qui incombe aux responsables de la circulation aérienne au sol (tous corps confondus) apparaît dans toute son ampleur. L'extrême acuité de ces moments de passage implique une contrainte qui semblera paradoxale à celui qui aura eu le courage de lire le chapitre précédent où se sont déployées tant de différences aussi manifestes entre les systèmes : le passage du CAUTRA III au CAUTRA IV doit être, insensible (transparent, plutôt, comme disent les ingénieurs) :

"Que le CAUTRA soit III, IV ou V, c'est une machine qui rend des services, qu'ils soient contractés dans une unité centrale ou que ça soit dispersé, au moment de la présentation de l'image, pour celui qui fabrique il y a beaucoup de différences, mais pour un utilisateur c'est pareil. On ne voit pas de différence. Pour nous, ça doit être transparent" ¹.

Le système doit rester une boîte noire pour le contrôleur aérien sur sa position même si, comme cette citation le montre bien, il est souvent informé, en différé, de ce qui se passe dans la boîte noire. Ainsi, le défi auquel est confrontée la Direction de la Navigation Aérienne est de remplacer "comme si de rien n'était" un système qui marche et qui continue à évoluer par un nouveau construit dans une optique radicalement différente, plein de promesses mais qui n'existe encore qu'à l'état de fragments éclatés entre Chevannes, Brétigny et Brest où la première recette "usine" du STR commence et où la mise au point du STPV suscite de nouvelles difficultés. Si l'institution, par souci de modernité, avait voulu faire table rase du passé et instaurer une discontinuité radicale, elle se trouve violemment confrontée aux limites de cette démarche et se voit contrainte, pour permettre et penser le passage, de rabouter le fil coupé avec l'histoire.

Comme aux temps difficiles du groupe Giraud, l'institution doit donc à nouveau nécessairement se retrouver pour penser le passage. Alors que tout le temps des controverses avait consacré la déchirure de l'institution qui s'était concrétisée dans des querelles "techniques", la nécessité de se rassembler autour de l'intérêt général donne

¹- Entretien avec un contrôleur

aux événements une tournure plus politique. Ce sont les "chefs" des services concernés qui se retrouvent régulièrement pour penser ensemble le passage. L'urgence impose aux ennemis d'hier et d'avant-hier de se retrouver autour de la même table pour tenter de fondre, de mêler dans un fondu enchaîné la fin du CAUTRA III et le démarrage du IV dans tous les centres. C'est ainsi que l'on peut interpréter, parmi d'autres initiatives de ce type, la mise en place de "*Groupes ad hoc pour la mise en place du CAUTRA IV à Aix et à Bordeaux*"². Le déroulement de ces réunions fait penser aux temps anciens, à l'aube de notre ère, où les chefs gaulois, devant la menace romaine firent taire leurs particularismes pour se retrouver dans la forêt profonde de Bibracte afin de tenter d'élaborer une stratégie commune contre l'envahisseur romain. La menace, là, n'est pas l'invasion mais la mise en péril du sens de l'institution toute entière : le fonctionnement du système de la circulation aérienne, sa continuité et sa sécurité. L'issue elle aussi fut, heureusement pour le CAUTRA, différente. Mais les choses n'en sont pas pour autant plus faciles.

Les épreuves nouvelles, si elles donnent le désir de recentrer l'institution autour d'un objet commun, n'en rappellent pas moins les épreuves passées, ouvrent des plaies mal refermées, attisent des susceptibilités et des rivalités que la "guerre des systèmes" n'a fait qu'aviver. Mais bien des indices attestent que la situation est en train de changer. Dominique Alvarez est choisi pour diriger le déroulement de ces groupes. Ce choix se justifie par de multiples aspects. S'il n'a plus d'autorité hiérarchique sur le CAUTRA III opérationnel et se consacre entièrement à la préparation de l'avenir, l'empreinte du "style" du CENA continue de marquer au STNA le CAUTRA opérationnel dirigé par Daniel Azéma. De plus, Dominique Alvarez est reconnu par sa conviction que la cohésion de l'institution, cet "intérêt général" auquel il fait si souvent référence, doit permettre aux acteurs de dépasser les querelles. Il est, enfin, avec Jacques Villiers le "père" du CAUTRA qu'il connaît dans le détail mieux que personne et pour qui il a toujours prôné des solutions d'unité et de continuité. Outre cette fonction centrale, c'est lui qui est chargé de rédiger les points d'avancement du groupe, ce qu'il fait à sa manière bien particulière, c'est-à-dire en ponctuant une relation objective des débats de "notes du rédacteur" dûment spécifiées comme telles.

On voit aussi que la situation se transforme insensiblement à l'évolution des positions défendues par les uns et autres acteurs. Dominique Alvarez qui, depuis 1972, tire des sonnettes d'alarme sur les limites en capacité et en mémoire du 10070, prône la mise en service la plus rapide possible du CAUTRA IV alors que les chefs des centres de

²- Archives CENA

Bordeaux et Aix deviennent réticents à se lancer dans cette aventure trop précocement et tendraient plutôt à garder le CAUTRA III jusqu'à ses extrêmes limites.

Mais on sait bien que les réunions d'État Major et les grandes décisions ne débouchent que si elles se répercutent sur les champs de bataille. L'histoire des guerres est celle de cessez-le feu décrétés et transgressés dans le quotidien de la bataille. Car, ce qu'il y a de passionnant dans cette controverse technologique, c'est qu'elle engage activement des pans entiers de l'institution : les concepteurs de nouvelles fonctions qui ont envie de voir rapidement leurs travaux se réaliser, les contrôleurs-truchement, les subdivisions études qui ont pris le relais du CENA comme médiateurs entre les concepteurs et réalisateurs et les salles de contrôle. Et cette dynamique n'est pas portée par les seuls "anciens" que leur ascension dans la hiérarchie des responsabilités porte plutôt à tempérer, mais par les nouveaux venus, par exemple les ingénieurs du CAUTRA III opérationnel qui, investis dans leur projet et croyant en leur manière de faire, cherchent à maintenir une culture que la mise en place du CAUTRA IV risque de supprimer. Bien sûr, la situation a évolué, les "modifs" sont théoriquement moins faites au jour le jour mais la marque de la culture ancienne reste vivace. Un ingénieur rentré en 1979, évoque avec admiration certains "irréductibles" des subdivisions CAUTRA qui continuent malgré les consignes officielles à pratiquer des "modify", c'est-à-dire à corriger des erreurs ou apporter des améliorations en intervenant directement sur le code.

"Ils continuaient à bricoler... Bien sûr, il y avait des inconvénients, mais ils apportaient réellement plus ces gens-là parce que, quand ils recevaient les versions, ils les testaient sur place. Ils détectaient des anomalies, mais eux, quand ils nous retournaient des problèmes qu'ils avaient détectés, ils avaient été regarder le code (plutôt que de remonter le bug) : ils avaient commencé à analyser"³.

Informaticiens, ils sont de plus poussés par le désir, non seulement de maintenir un système, mais de le rendre "plus intelligent" :

"Il y a eu, par exemple, une grosse modif très importante (ça leur a mis un coup dans le CAUTRA IV), c'est les listes de vol en compte. C'était déjà prévu. Jusqu'à présent, les digitatrons avaient été utilisés "bêtement". C'était un système de désignation : plutôt qu'un clavier, le gars composait. C'était très mal perçu par les contrôleurs. Une façon de rendre ce système intelligent, c'était de lui

³ - Entretien avec un ingénieur du CAUTRA opérationnel au STNA

présenter les avions qu'il avait sous forme d'un indicatif et quand il désignait là, il avait toute la transaction qui lui était présentée : on lui facilitait la tâche. Ce n'était plus un système de saisie, il y avait une aide derrière. Ca, ce devait être prévu au niveau du CAUTRA IV. Par contre, ce qu'il y a eu en plus c'est qu'associé à ça, on a eu les listes de vols éveillés, nouvelle fonction qui a dû être implémentée vers 1980. Et, au CAUTRA IV, ils ont dû intégrer ça dans leurs spécifs : ça fait partie des évolutions dont ils se seraient bien passés"⁴.

"Aux grands maux, les grands remèdes", telle avait été l'optique choisie pour régler les questions que suscitait le développement du CAUTRA dans les années 1970 : grande réforme institutionnelle, séparation des êtres, application d'une méthode pré définie, gel du temps dans une optique "strictement cahier des charges" qui a une double conséquence : définition des problèmes et résolution des problèmes par deux organismes distincts ; tentative de maîtrise du temps à la fois dans sa complexité et son irréversibilité par la définition d'un Temps O à partir duquel sont développées des spécifications. Mais le temps arrêté hier doit aujourd'hui être rattrapé de par la réussite de ceux qui, à leur manière artisanale, avaient su s'en faire un allié.

Geler le CAUTRA III... Le mot est dans toutes les bouches et les consignes partout adressées : au CAUTRA III opérationnel et au CENA, dans les centres, au SCTA. Le principal ennemi en cette période difficile du CAUTRA est le temps, son évolution et son irréversibilité. Daniel Azéma, à la tête du CAUTRA opérationnel, assume la position difficile d'intermédiaire qui doit établir un juste milieu entre la direction qui veut geler, les concepteurs impatients de voir leurs réalisations marcher, ses propres ingénieurs qui poussent à la roue comme les subdivisions études (et parfois même les contrôleurs) qui veulent faire évoluer, modifier un système pour l'améliorer ou l'adapter.

MELER PLUTOT QUE SÉPARER

Alain Monnier qui, nous l'avons vu dans le chapitre précédent, a remplacé Bernard Palayret à la tête du STNA sait, en bon connaisseur du contrôle de la circulation aérienne, que stratégie et tactique commandent des approches distinctes, et des échelles différentes de la réalité. Les décisions des états-majors n'ont d'utilité que si elles

⁴- Ibid

s'accompagnent d'un changement d'état sur le terrain. Les solutions proposées en termes "d'organisation" ont souvent la faiblesse des réponses "prêt-à-porter". Car ce ne sont pas seulement les organigrammes ou les distributions de fonctions qui soudent ou séparent les êtres. C'est la tactique, plus que la stratégie qui permet de modifier les points de vue, faire bouger les réseaux d'alliances, changer les mentalités. Or ce niveau tactique relève, comme son nom l'indique, plus du tact, du toucher, de l'intuition que de l'application massive de solutions tranchées. C'est grâce à cette approche (qui relève plus de "l'esprit de finesse" que de "celui de géométrie") que le nouveau chef du STNA réalise a posteriori que la DNA était peut-être allée un peu vite en s'engageant, vis-à-vis du CAUTRA III et du CENA sur le chemin de la dénonciation.

Dans le premier compte-rendu du "groupe ad hoc pour la mise en place du CAUTRA IV à Brest et à Reims" le lecteur attentif trouvera un détail surprenant. Dans la liste des présents, est mentionné la présence d'un expert du "STNA" (XXX), Jean-Marc Garot. Cet ingénieur de l'aviation civile est déjà intervenu à plusieurs reprises dans notre biographie du CAUTRA. C'est lui qui avait remis le traitement radar du CAUTRA III sur de nouvelles bases. C'est lui, aussi qui, lors des évaluations du système de traitement radar CAUTRA IV que le CENA était chargé de faire, partait régulièrement à l'assaut des options prises à Chevannes. Il avait enfin activement participé à l'élaboration des bancs de test (des TRAPES) dont, nous l'avons vu, une des visées était de réintroduire par la fenêtre l'expérimentation chassée par la porte. C'était, au fond, pour reprendre une expression souvent utilisée pour qualifier un certain nombre d'acteurs de notre histoire, "un homme du CAUTRA III". Or, Alain Monnier vient de lui demander de venir prendre la responsabilité du CAUTRA IV.

Cette nécessité de remettre le destin du CAUTRA sous le contrôle d'une autorité technique unique n'était d'ailleurs pas tout-à-fait nouvelle mais s'était progressivement imposée au regard de l'évolution de la situation. C'est dans cet esprit qu'un jeune et brillant polytechnicien frais émoulu de l'ENAC avait été rajouté à l'équipe initiale de Chevannes avec pour principale fonction de faire le lien avec l'équipe de Brétigny. Il s'était lancé avec ardeur dans le projet. Ce choix correspondait bien à l'esprit qui commandait alors la conception du CAUTRA IV : un système construit sous l'égide de la nouveauté. Un ingénieur de SYSECA raconte, à son propos, une anecdote significative :

“C'était au Salon aéronautique du Bourget à l'époque, en 1978. A l'inauguration, Alain DURIEUX a abordé Giscard, lui a dit bonjour en se présentant comme x et

l'a détourné vers le stand de la DGAC pour lui montrer les réalisations du STNA. C'était quelqu'un qui avait beaucoup de pêche, beaucoup d'allant, toujours prêt à démarrer au quart de tour. Et puis, en même temps, très sympathique et très gentil. "

Alain Durieux s'était engagé avec passion dans le projet en même temps qu'il avait su tisser des liens d'amitié et de convivialité avec la plupart des acteurs du CAUTRA IV. Ce qui le désignait assez naturellement comme le futur responsable d'un CAUTRA réunifié. Mais sa mort prématurée et dramatique barre définitivement ce projet. Et c'est finalement vers un des plus ardents défenseurs du CAUTRA III qu'Alain Monnier va se retourner.

La plupart des acteurs situent l'arrivée de Jean-Marc Garot à la tête du CAUTRA IV comme le moment où la situation bascule, où les problèmes trouvent le chemin de leur solution et où les conflits tendent à s'atténuer. D'un homme du CAUTRA III, Jean-Marc Garot devient l'homme du CAUTRA IV. Bien sûr, l'assignation est rétrospective et sous-estime la dimension collective, diffuse et distribuée, qui permet à une situation d'évoluer. Ce qui nous amène à nous poser la question de l'individu en histoire. La mise en place d'un individu à une situation clé peut, effectivement, faire basculer l'histoire. Mais est-ce vraiment les strictes caractéristiques singulières de l'individu (ses connaissances techniques, son quotient intellectuel, ses capacités de manager, son ambition ou son souci de l'intérêt général) qui lui permettent d'occuper ce rôle. Le bon sens (le sens commun si souvent décrié par le monde des sciences et techniques) dit souvent mieux que les sociologues la réalité dans sa complexité. Le bon choix a été de choisir l'homme de la situation. Les décisions antérieures avaient voulu gommer l'histoire, effacer le devenir, figer le temps, séparer les CAUTRA. Mais pour que la transition puisse se faire, il faut au contraire non seulement apaiser les querelles, geler les développements ou fondre les services mais gommer les ruptures pour reconstruire une histoire commune aux deux systèmes. A la stratégie de la séparation doit se substituer celle du mélange. Ce choix d'instiller un acteur essentiel d'un des camps en présence pour transformer l'autre relève plus de la parasitologie que de la sociologie des organisations. Elle reprend l'idée, mieux connue dans d'autres champs de la connaissance, qu'un élément étranger peut, avec le temps, transformer l'équilibre d'un terrain. Pour le pire ou pour le meilleur. C'est dans ce contexte que le nouveau chef du STNA va lui demander de diriger le destin technique du CAUTRA en réunissant dans le même service les deux sous-systèmes du CAUTRA IV et le CAUTRA III opérationnel.

UN CLIMAT D'URGENCE

L'heure est à l'urgence. Les nuages planent sur le CAUTRA et les échéances s'annoncent de plus en plus pressantes. Dans ce climat, le nouveau chef du CAUTRA renonce à prendre le temps qu'il estime nécessaire pour se former "au management" ou à l'informatique. Le temps n'est plus aux audits, aux expertises, aux planifications à long terme. Il faut naviguer serré, au plus près du vent, de bord à bord.

Les objectifs à court terme sont de mettre en service un CRNA digne de ce nom à Brest et d'obtenir le "gel" du CAUTRA III. Mais, à plus long terme, Jean-Marc Garot est habité par un projet qui n'est révolutionnaire qu'au sens astronomique du terme : restaurer l'esprit du CAUTRA III dans le IV.

La guerre est encore là, tout autour, et il y a dans ce désir, outre la certitude du bien fondé de l'approche du CENA, service dans lequel il a forgé toute son expérience, un certain "esprit de revanche". Pour atteindre ce but, il faut rendre au CAUTRA son intégrité. Ce premier dessein sera accéléré par les circonstances. A Brest les dernières mises au point se préparent déjà : la "recette usine" du STR démarre tandis qu'une évaluation du STPV est faite. Les ingénieurs du STNA investis dans le projet ont l'impression depuis quelques temps que la réalisation cafouille mais ils se sentent peu écoutés et marginalisés par Eurocontrol et par leur direction . L'arrivée d'une nouvelle autorité leur permet de "vider leur sac" et c' est une vision bien noire qu'ils présentent à Jean-Marc Garot (une vision "noircie" selon le chef du projet du STPV qui remarque que dans les trois cents anomalies détectées, un grand nombre sont comptées plusieurs fois). Sous la pression de l'urgence, il est décidé de remettre à plus tard l'installation du STPV à Brest. Seul le STR sera installé dans l'année 1980 et les données plan de vol transmises à partir de Paris.

Le projet STPV doit retourner à Paris, mais c'est à Chevannes qu'il s'installe et bientôt sa réalisation sera assumée par SYSECA. Pour Eurocontrol, c'est la fin du rêve caressé de devenir un des principaux réalisateurs du plus grand système d'automatisation du contrôle aérien européen. Ces événements (mal vécus de part et d'autre) ne marquent cependant pas la fin de la collaboration entre la DNA et l'Agence Eurocontrol car il avait été décidé entre-temps que celle-ci réaliserait la conversion du traitement initial des plans de vol sur un système séparé. En effet, l'arrêt à terme des calculateurs du CAUTRA III impliquait en particulier que toutes les fonctions assurées par le système de Paris et non directement liées au fonctionnement de ce centre (traitement initial des

plans de vol au bénéfice de tous les CRNA, fonctions utilisées par la CORTA, ...) soient répliquées. Le STIP (Système de Traitement Initial du Plan de Vol) sera d'ailleurs un projet rondement mené et qui aboutira sans problèmes notables.

Une fois la question de Brest provisoirement réglée, il est décidé de changer de priorité en investissant tous les efforts sur Reims. La légitimité politique de l'institution en dépend. Le centre de Reims, démarré nous l'avons vu dans des conditions politiques délicates, va de difficultés en difficultés. Les contrôleurs qui y sont nommés à la sortie de l'ENAC sont provisoirement affectés au CCR Nord. Ce qui amène à une situation complexe, car après s'être installés dans la région parisienne, les contrôleurs peuvent, à bon droit, refuser de déménager. Ainsi, la mise en place du CRNA de Reims se fera au début par le détachement provisoire de contrôleurs expérimentés du centre de Paris. Cet événement marque encore aujourd'hui les problèmes contemporains du système de contrôle de la circulation aérienne. Ce centre, installé d'emblée avec le CAUTRA IV, tout beau tout neuf est celui qui est le plus marqué par la culture du centre CAUTRA III par excellence, celui de Paris. De plus, Reims qui n'est pas une région traditionnellement aéronautique comme Toulouse est une affectation peu prisée par les contrôleurs et ce centre reste aujourd'hui dans un état de sous-effectif chronique.

LE MONDE A CHANGÉ

L'autre dessein qui anime Jean-Marc Garot est de restaurer la politique du faire. Outre ses convictions personnelles, il est profondément marqué par la culture du CENA du service public comme institution. Il a la sensation que toute la partie technique du CAUTRA IV a été déléguée à des étrangers et que c'est une des causes essentielles des problèmes du système. Il veut rendre à l'administration la place qui est, à son avis, la sienne et aux ingénieurs maison, relégués selon lui dans des positions subalternes, leur "dignité". Cette nouvelle politique est soutenue par le chef du STNA qui fait peser tous les efforts matériels et humains sur le CAUTRA. Il va s'en suivre une politique de recrutements et de déplacements massifs vers le CAUTRA, au détriment parfois des autres services⁵. C'est ce qu'un des ingénieurs impliqués dans ces transferts appelle "*l'opération commando*".

⁵- Le chef d'un autre département du STNA remarque non sans humour : "*Alors justement, la fierté du chef du STNA de l'époque à ce moment-là est d'avoir créé le STNA 7 sans changer l'effectif du STNA. Et à ce moment-là j'ai compris comment je m'étais fait gauler car je n'arrivais jamais à faire remplacer les*

Mais le monde a changé et les nouveaux dirigeants du CAUTRA IV réalisent, dans l'épreuve, l'irréversibilité du temps et l'impossibilité d'appliquer telles quelles les recettes anciennes pour résoudre des problèmes forgés dans une situation radicalement changée. L'industrie, avec ses méthodes et son style, a définitivement pris pied dans la place. De plus, comme le remarque non sans malice un industriel "les ingénieurs de l'aviation civile n'ont pas forcément une vocation de développeur de soft".

L'organisation qui se profile alors est celle d'une production "en régie" des systèmes. Ingénieurs de l'administration et sous-traitants vont travailler à parité égale sur le projet. Mais de l'expérience du CENA et, dans une certaine mesure, de l'observation de ce qui se passe chez SYSECA dans la réalisation du STR, Jean-Marc Garot tire un enseignement qu'il va tenter de mettre en oeuvre dans sa manière d'attribuer les responsabilités : un système qui marche est un système où les hommes, quelles que soient leurs étiquettes, s'investissent dans leur projet, l'incorporent et en tirent le moyen, non seulement de leur réussite professionnelle mais de leur accomplissement personnel. Ce qui rejoint la conclusion un peu provocatrice de Bruno Latour lorsqu'il explique l'échec du projet de métro automatique ARAMIS par l'absence d'amour qui lui a été porté ⁶.

Pour Eurocontrol, c'est la fin de l'aventure hormis la réalisation du STIP qui marche bien mais reste relativement marginal. SYSECA en revanche voit provisoirement sa situation grandie puisque la réalisation du STPV lui est alors confiée et que certains de ses ingénieurs voient leur rôle renforcé. Mais c'est, aussi pour cette société, la fin du rêve qui, sur le modèle du Centre de Programmation de la Marine, allait lui conférer la responsabilité technique entière du CAUTRA. Car si le dessein de redonner aux ingénieurs de l'administration toute la responsabilité de la réalisation du système s'avère illusoire, celui de restaurer le pouvoir va en revanche réussir mais par d'autres moyens. A la fermeture aux industriels qui s'avère impossible, on substitue "l'ouverture industrielle" afin de contrer "le monopole" qui menaçait de se mettre en place.

gens qui parlaient dans mon propre département (rires). Enfin il a eu raison car c'est une affaire qui a bien marché "

⁶- B. LATOUR, *Aramis ou l'amour des techniques*, La Découverte, 1992.

LE CAUTRA COMPOSITE

L'histoire des techniques décrit la succession linéaire des générations d'ordinateurs, de leur empreinte progressive et de plus en plus étendue sur le monde, de l'ancien vers le nouveau. Les initiateurs du CAUTRA IV avaient, dans leur stratégie, pris ce temps mythique de la technique au sérieux, mais l'institution a dû apprendre que même pour les techniques de pointe, un outil pour s'adapter doit composer avec la réalité pour pouvoir, à son tour, la composer. De 1981 à 1987, le CAUTRA est une sorte de bricolage mouvant entre les deux systèmes. Et ce n'est qu'en 1987 que, au bout de 17 ans, les CII 1070 de Paris sont mis hors d'usage.

Certains ingénieurs appellent cette période de remplacement qui va s'étaler entre 1981 et 1987 celle du "CAUTRA composite". Ce terme traduit mieux que la plupart des théories évolutionnistes ou diffusionnistes ce qu'est le processus d'innovation. Le nouveau ne se substitue pas purement et simplement à l'ancien, il s'y ressource, s'y connecte par des liens complexes, s'y mélange et ne le transforme qu'à condition d'en garder certains attributs au risque de, lui-même, perdre peu ou prou de sa nouveauté. Le passage du CAUTRA III au CAUTRA IV ressemble plus à un patchwork fluctuant où l'ancien et le nouveau se mêlent qu'à une césure.

La question du respect des délais de la mise en place du CAUTRA IV est difficile à traiter, car ceux-ci sont toujours réenvisagés en fonction de nouvelles contraintes qui n'étaient pas prévues au départ. Ingénieurs comme industriels mettent souvent un point d'honneur dans leurs discours à montrer qu'ils ont tenu les délais et, par là peut-être, qu'ils peuvent être maîtres et possesseurs du temps. Le retard est souvent pour l'ingénieur ce qu'est la saleté pour l'hygiéniste : la souillure par excellence. Mais l'histoire du CAUTRA comme la citation qui suit nous montrent combien, comme chacun d'entre nous, ils bricolent et composent avec le temps de même qu'ils négocient avec la nature et la société.

"Comment faire des plannings ? Tous ces trucs bidon dans l'informatique de faire des estimations de mois ou de jours nécessaires pour faire tel ou tel truc. On fait des calculs dans tous les sens, on secoue, on fait des plans, on empile des plans et on fait des points d'avancement pour voir si on a bien consommé les mois qu'on avait prévus., si on est dans les délais. Mais c'est un métier qui est tellement artisanal : imaginez s'il fallait planifier votre travail. On fait des plannings pour

l'extérieur. En plus on a inventé des trucs dont les gens ne se sont rendu compte qu'au bout d'un moment : il y aurait une version par an. Les fameuses V1, V2, V3... du STR et du STPV. Bien sûr, l'idée était quand même de regrouper toutes les nouvelles versions. Justement pour ces processus de certification, de validation, il y a un compromis à faire : ne pas en mettre trop dans ce processus évolutif. On va donc faire une version tous les ans. On n'a jamais été en retard pour les versions, c'était les contenus qui changeaient. On essayait de se tenir à une version tous les ans, de se tenir à un planning. ! (...) Mais en fait tout ça..... En fait les gens ont fini par s'en rendre compte et en rigolent maintenant. (...) En fait, tous ces aspects planification, tous ces aspects maîtrise des coûts, c'était du bluff. Tout est une question d'image. Au point même que, quand vous discutez avec certains ingénieurs maintenant, tout s'est passé, dans les délais. Le jour où on a voulu mettre le STR à Paris, ça a été une bagarre, toute une histoire. On avait voulu à Monnier de faire ça par morceaux, de décaler les mises en services du STR et du STPV. Donc on a fait des interfaces entre le STR CAUTRA IV et STPV CAUTRA III (En plus, avec les retards qu'on avait au STPV, ça a été plus facile à vendre cette idée-là.). Donc, il y avait eu Brest et Reims. Après il a fallu vendre ça aux autres centres et les centres a priori, quand on leur apporte quelque chose de nouveau, ce qu'ils avaient avant est toujours parfait. Donc, c'était des problèmes de convergence qu'on avait identifiés avec Monnier. On a essayé d'appâter les centres avec les nouvelles visus qui allaient avec le STR. Alors le chef du centre d'Athis (c'était Michel Bernard à l'époque) s'est dit que s'il disait oui pour le STR, il allait se récupérer les nouvelles visus avant les petits copains.. On avait vu tout ce cirque, on a fait les essais et on s'est rendu compte que les MITRA n'avaient pas la puissance de calcul suffisante pour. On s'est pris deux ans de retard dans la vue pour la mise en service du STR à Athis Mons. Il y a quelqu'un qui vous a dit que le STR avait pris deux ans de retard pour Athis Mons? "7.

A quelques degrés près, le monde de la technique (et de l'aéronautique) ne se distingue pas en cela des autres formations culturelles et sociales. Et cet extrait d'entretien montre bien que puisque le temps est imprévisible, il faut feindre de le maîtriser. Mais, plus grave parfois est quand l'adhésion à cet idéal de maîtrise du temps n'est pas vécue comme un but idéal mais impossible ou comme une ruse a posteriori : une réalité vraie. Ce que montre l'histoire du CAUTRA IV, c'est le danger de dénier à la technique son historicité, c'est-à-dire son inscription dans le temps, le social et le monde. Biffer ou

⁷- Entretien avec Jean-Marc GAROT.

simplifier le passé, geler le temps, gommer les bifurcations, prédire l'avenir et rêver que la technique est autonome sont des tentations que partagent souvent les ingénieurs et les sociologues ou les historiens des sciences et des techniques lorsque ces derniers ne se font que le miroir (fut-il inversé) des premiers.

Un nouveau décor est planté pour le CAUTRA, qui va l'ouvrir à de nouvelles aventures. Nous espérons que les acteurs qui ont mené à terme la mise en place du CAUTRA IV ne nous tiendront pas rigueur de ne pas relater ces moments qui furent, pour beaucoup d'entre eux, difficiles, exaltants et passionnés. De même, nous n'évoquerons pas les recherches qui se continuent au sein du CENA dont certaines débouchent sur les réalisations contemporaines. Mais nous préférons suspendre cette biographie du CAUTRA par un de ces moments (rare dans sa longue vie) où s'installe une période de relative stabilité, osons dire de paix. Non que les problèmes, les querelles ou les controverses ne continuent de ponctuer et modeler son histoire mais ils forment comme une houle légère qui n'empêche plus de naviguer. A la fin de nos entretiens, nous avons systématiquement demandé aux acteurs quel fut le "plus" apporté par le CAUTRA IV. Les réponses font ressortir une étonnante unanimité : du point de vue des "fonctions" (c'est-à-dire, dans notre terminologie, du point de vue des automates qui sont venus s'agréger au système de contrôle), rien ou presque rien⁸ et les rares ajoutées (comme la boule roulante) sont peu utilisées. Mais en revanche, ce que les mêmes acteurs s'accordent à reconnaître, c'est un réel progrès en termes de fiabilité. On remarquera, pour parenthèse, que le coût de la fiabilité (qui permet à ces acteurs sociaux souvent fauteurs de troubles que sont les machines et les automates de perdurer) est énorme par rapport à celui de l'invention. Comme il est impossible de comprendre l'insertion d'une technique dans le monde indépendamment de la société, on se rend compte que l'objet, quand il est inséré et fonctionne, stabilise la société en tant qu'il perpétue pendant une certaine durée les compromis socio-technique qui ont permis son existence et qu'il concrétise. Dans l'état du monde, les relations entre les individus, les collectifs, les choses et les objets sont inextricablement liés.

⁸. Pour les contrôleurs. Mais, du point de vue de la maintenance et de la supervision des systèmes, le CAUTRA IV constitua un changement important.

Chapitre VI

TECHNIQUE ET MÉMOIRE

Un trait marquant de ces dernières années est la façon dont est remise à l'ordre du jour la question de la mémoire collective. Alors que les historiens "phare" des décennies passées étaient spécialistes des périodes modernes ou médiévales, les sujets qui focalisent aujourd'hui l'attention des publics scientifiques, érudits ou cultivés, concernent une histoire beaucoup plus récente. La première leçon à tirer est que le travail du souvenir et de l'oubli de l'histoire comprise comme élément de la mémoire collective¹ ne peut se mesurer à l'aune de la chronologie.

Que l'historiographie efface généralement de son champ les périodes les plus récentes peut s'expliquer de diverses manières. Le manque de recul, nécessaire à l'objectivité du regard est couramment invoqué. Le devoir de réserve aussi, car si l'histoire manie de plus en plus le déterminisme avec des pincettes, il n'en reste pas moins que sa construction implique, même dissimulé, un jeu de causalité. Or établir des causes, pour le passé proche, peut aussi signifier mettre en cause, ébranler la fragile distribution de mémoire et d'oubli sur laquelle chaque être, chaque pays, chaque institution se bâtit.

¹- Comme le remarque Jeanne Favret-Saada : "*Depuis une quinzaine d'années, l'usage s'est répandu, parmi les historiens, de distinguer entre histoire et mémoire : entre le savoir scientifique des faits passés, l'histoire entendue comme un savoir cumulatif avec ses contraintes d'exhaustivité, de rigueur, de contrôle des témoignages, d'une part ; et d'autre part, la mémoire de ces faits passés entretenue par les contemporains et leurs descendants. Beaucoup d'encre a coulé sur cette question d'école car, si l'on a vite fait de poser une distinction d'emblée entre la discipline scientifique et la construction sociale du souvenir, il est moins aisé de préciser leurs inévitables relations. (...) La difficulté paraît venir de ce que les historiens professionnels répugnent à reconnaître qu'ils sont pris, comme tout le monde, dans la construction sociale de la mémoire : ou, pour dire les choses autrement, que leur production est seulement l'un des avatars possibles de la mémoire sociale : bref, que l'atopie et l'achronie sont des illusions constitutives de leur activité scientifique*". "Sale histoire", in *Gradhiva*, n° 10, 1991, p. 3-4.

L'histoire, même si elle ne se veut plus événementielle, "bataille" ou hagiographique, n'en reste pas moins marquée (et c'est un des points qui la distingue fondamentalement de la sociologie) par une désignation et une nomination de singularités (acteurs, événements), même si l'influence grandissante des autres sciences humaines et sociales lui font privilégier les problèmes, les concepts et les régularités.

La période sur laquelle se focalise par exemple le travail de mémoire et d'histoire contemporaine est, pour notre pays, celle qui va de la drôle de guerre à la Libération. Quels furent les engagements, les responsabilités de tel homme politique, écrivain ou citoyen ? Quels furent les humbles résistances ou les tapageuses lâchetés devant l'horreur en train de s'accomplir sous des yeux fermés, ouverts ou voilés ? Après les temps noirs de l'épuration et des règlements de comptes, un voile d'oubli semble s'étendre sur ces périodes troublées. Et ce n'est que plus de trente ans après que les dossiers fermés sont officiellement rouverts et qu'intervient une autre série de mises en cause dont le sens est profondément renouvelé. Or le sentiment que l'on peut retirer de ces procès comme des travaux historiographiques est que, entre barbarie et civilité, entre bons et les mauvais, il n'y a pas rupture radicale mais un continuum complexe, une ambiguïté fondamentale, un mélange incertain. La fondation d'une nouvelle république passe, comme pour toute institution, par une manipulation de l'histoire et, au travers d'elle, de la mémoire. Et une des fonctions de cette manipulation est de couvrir une marne mixte et partiellement indéterminée d'un socle de marbre ou de béton sur lequel le nouveau va pouvoir s'édifier. Ce geste est indispensable à la constitution du pouvoir. Lorsqu'il se veut total, ou totalitaire, le pouvoir pousse à l'extrême le gouvernement de la mémoire. L'histoire édiflée est d'autant plus massive, monumentale que le pouvoir se veut sans bornes ou se sait menacé. Toute fondation repose sur une institution du temps et du calendrier, marque un avant et un après et réorganise les traces du passé. Le travail de l'oubli est un des plus puissants auxiliaires du pouvoir².

Cette question est classique et de brûlante actualité, mais il est des domaines où elle a rarement été posée : les techniques par exemple. Si, de toutes parts, émergent des

2- Georges Balandier, dans son dernier écrit, consacre un chapitre entier à cette "actualité" de la mémoire collective. Il dit notamment : *'Sous la pression du présent, l'oubli accomplit son travail d'effacement. Il le poursuit avec une vigueur accrue lorsque l'enjeu est pleinement politique, servi par des passions ravageuses de la mémoire. Mais celle-ci ne se laisse pas abolir, elle se ravive, elle fait surgir ses gardiens : ceux qui veillent et luttent contre l'amnésie collective, et aussi ceux qui la font renaître des décombres d'un ordre qui l'emprisonnait. Les premiers entretiennent le culte des lieux de mémoire, ils les opposent aux activistes de la dénégation qui ne veulent pas que le souvenir se maintienne., soit transmis aux nouvelles générations. Ce qui est ainsi en cause, au-delà de la volonté de savoir ou de ne pas savoir, c'est une conception de l'homme, une anthropologie - et, donc, une politique.* " Georges BALANDIER, *Dédale*, Fayard, 1994, p. 39.

interrogations sur les techno-sciences et leur puissance, elles sont rarement corrélées à la question de la mémoire collective. C'est ce problème global que, d'un point de vue très local, ce travail a tenté de soulever³.

LA MÉMOIRE DE LA TECHNIQUE

La technique fut longtemps sans mémoire⁴. Un des grands mérites des encyclopédistes fut de l'avoir considérée comme un élément essentiel de la civilisation, mais elle resta longtemps aux marges des préoccupations historiennes, notamment au XIXe. Il faut dire qu'en ce siècle marqué par un nouveau mode de présence des sciences et des techniques, l'histoire des sciences, si elle est florissante, est plus le fait des scientifiques eux-mêmes que des historiens professionnels.

Il ne semble pas en être de même des ingénieurs qui prennent, à cette période, avec la machinisation, la haute main sur les développements techniques. Apparemment, les ingénieurs sont peu soucieux d'histoire et quand ils s'appuient sur des pensées comme celles de Saint Simon ou d'Auguste Comte, ils ne prennent chez eux que la philosophie de l'histoire, l'ordre et le progrès mais ignorent tout ce qui, dans ces oeuvres, pourrait faire figure d'historiographie. Pour eux, la technique est avant tout rupture : fille de la science et de l'ère positive plus que de ses pratiques passées et de ces temps mêlés de savoir faire, d'ésotérisme et d'irrationnel. A cette période, se joue l'institution d'une coupure, entre la technique et l'esthétique (même si les artistes savent bien tout ce qu'il faut de technicité pour accéder à la beauté). C'est l'époque où la Joconde de Vinci semble irrémédiablement se cliver des hélices de Léonard.

Le XIXe siècle fut celui de la machine et de la société industrielle et, dans le même mouvement, celui de la séparation, du clivage, de la division, des classes et de la classification. Nous aurons à revenir sur les conséquences contemporaines de ce geste dont on peut bien entendu trouver des traces plus haut mais qui, à cette période de l'histoire, se radicalise, prend forme, prolifère. Tandis qu'Auguste Comte ratifie dans

³- Notre perspective n'est pas métaphysique mais bien sociologique et historique, et, quand nous parlons d'oubli, il ne s'agit pas de "l'oubli de l'être" qui, réduisant toute l'histoire de la métaphysique en une trajectoire rectiligne et finalisée, n'apparaîtrait dans notre cadre que comme une des manifestations du phénomène que nous nous proposons d'aborder : la réduction et la manipulation de l'historicité.

⁴- A peine formulée, cette appellation appelle son contraire. Car ce qui se transmettait, dans le cabinet de l'alchimiste ou dans l'ancre du forgeron, de père à fils ou de maître à compagnon, relève bien d'une mémoire collective.

un implacable système les disciplines déjà instituées et tente de geler, et les classes et le temps dans un système qui semble tourner à la folie, Karl Marx décrit et dénonce la nouvelle misère, les divisions en classes, la société industrielle, la ville et la campagne et ces moments inauguraux où l'homme exploité se révolte contre la machine en détruisant ce qui devient là, à cette période précise, le symbole de son exploitation. Avec la pensée marxiste, la technique, définitivement, n'est plus un art et la fameuse division entre infrastructure et superstructure n'est qu'une des marques, qui se manifestent dans bien d'autres pensées, de la division. Mais comme un événement ne vient jamais seul, c'est l'aurore également d'une nouvelle alliance. La technique devient l'auxiliaire de la science. Et les deux réunies se font le bras armé de l'exploitation économique et sociale de l'homme. Cette condamnation confère à la technique une nouvelle qualité : l'autonomie puisque, dans la perspective marxiste, elle pourra servir ceux qu'elle a si puissamment contribué à aliéner. On nous pardonnera les traits par trop grossiers de ce tableau. Mais permettons-nous une question : la technique n'est-elle que l'auxiliaire de la science, de l'économie ou de la lutte des classes puisque celles-ci, tout-à-coup, se font "moteur" ? Cette nouvelle alliance s'accompagne d'une rupture avec la mystique et la tradition avec lesquelles, pourtant et notamment à la Renaissance, les techniques étaient si intimement liées, et se traduit clairement par l'invention d'un nouveau mot à la fin du XIXe siècle : technologie.

Le XIXe siècle se construit, la sociologie comme la technologie se nomment et l'artillerie lourde des grands systèmes de pensée prophétise un avenir tout entier compris dans ce que le présent est en train de nouer, contribuant jusque dans leur révolte à asseoir un nouveau mode de pouvoir qui rassemble dans une nouvelle configuration science, technique et société. Tandis que, comme le remarque Alain Gras, certains penseurs moins épris de systèmes perçoivent le devenir dans les linéaments du présent.

"Au dessus de ces hommes égaux et libres s'élève alors un immense pouvoir qui travaille à leur bonheur, pourvoit à leur sécurité, facilite leurs plaisirs (...). Le pouvoir couvre la surface d'un réseau de petites règles compliquées, minutieuses et uniformes, il force rarement d'agir, mais il s'oppose sans cesse à ce qu'on agisse (...). Les citoyens sortent un moment de leur dépendance pour indiquer leur maître et y rentrer".

Tocqueville, ajoute Alain Gras, parlait de la démocratie moderne et du politique tels qu'on les concevait à l'époque, mais ce politique revêt aujourd'hui des habits neufs dont la technologie dessine la trame"⁵.

Ces nouveaux liens entre la science, la technologie, le capitalisme, la démocratie, les moteurs, le positivisme et ces paradoxales libertés et sécurités dont nous parle Tocqueville, ce monde fondé au XIX^e siècle est encore, pour une bonne part, le nôtre. A ceci près que ça et là, des penseurs sociologues, historiens ou philosophes commencent à pouvoir délier des fils à cette époque si puissamment noués. D'où leur vient cette perspicacité ? Peut-être de se savoir condamnés à ne pouvoir décrire que les mondes qui sont en train de se défaire sans prétendre connaître quel présent et quel devenir ils contribuent à tisser.

Quelle relation entre ce XIX^e siècle une thèse dont l'objet ne va se constituer qu'à la fin des années 1950 sinon pour montrer un geste, une fondation. La quête des origines est toujours recherche de l'inaccessible mais, en retour, l'origine en train de s'instituer historiquement impose l'oubli du passé. "Du passé faisons table rase" est bien le mot d'ordre central de toutes les révolutions, fussent-elles industrielles, c'est-à-dire un gigantesque mouvement circulaire qui, non seulement marque un avenir et un passé mais plonge des plages entières de ce dernier dans l'oubli. Or, ce qui est effacé avec l'avènement de la technologie, ce sont ses origines mêlées : ses liens avec les dimensions non rationnelles (qui deviennent, alors, irrationnelles), son inscription dans l'espace et dans le temps, son historicité. L'effervescence révolutionnaire est toujours de courte durée et il revient aux successeurs, aux disciples, aux émules de recoudre, mais autour de l'oubli institué, le fil un moment rompu par la fureur de l'histoire. Ainsi, ce que Bachelard va décrire comme caractéristique de la "Formation de l'Esprit Scientifique" n'est-il que l'adaptation locale d'une figure beaucoup plus vaste de l'histoire et du pouvoir. Ni les sciences, ni l'Occident n'ont le monopole de cette figure. André Leroi-Gourhan raconte par exemple que, pendant longtemps, les archéologues japonais préférèrent travailler en Chine ou en Corée car ils risquaient d'être déportés si leurs travaux les amenaient à contester les quatre-vingt mille ans de la dynastie japonaise⁶.

⁵- in *Grandeur et dépendance*, op. cit. p11.

⁶- André Leroi-Gourhan, *Les racines du monde*, Paris, Belfond, (Ed. de poche : 1982) , p. 50.

La technique "comme si"

Cette entrée en matière nous écarte d'emblée d'un certain nombre de voies. Ce qui nous a guidé dans ce travail n'est pas le "phénomène technique" ou son mouvement propre vers l'efficacité, mais le mélange dans lequel il s'est toujours socialement, historiquement, culturellement, institué. Les techniques (objets ou activité) sont un des moyens que se donnent les cultures humaines pour construire leur réalité. Cette perspective se distingue d'approches qui, comme celle de Leroi-Gourhan par exemple (du moins ce qu'une lecture simpliste peut en dire car l'auteur, dans le détail et le concret de ses travaux est beaucoup plus fin), semblent montrer l'homme, d'abord comme un fabricant d'outils, un être dont les prothèses font partie de sa nature profonde : l'outil prolonge la main et la centrale nucléaire le feu de bois... Et où les développements de l'humanité ne feraient qu'accomplir un avenir contenu, dès l'origine, en puissance. Nous préférons nous adresser à celui qui fut le professeur d'André Leroi-Gourhan et fait partie de ce type d'auteur, que nous sollicitons de préférence, qui n'édifie ni système ni école mais ouvre, par les détours et par les contradictions-mêmes de leur pensée, des chemins nouveaux. La forme de l'oeuvre de Marcel Mauss est à ce titre significative : des essais brefs, des articles, des leçons. Parmi ces dernières, citons les quelques textes (dont il envisageait, semble-t-il de faire un livre) consacrés aux techniques du corps. Par "techniques", Mauss entend :

"Des actes efficaces et orientés vers une fin ; des actes standardisés ; des actes traditionnels et qui se transmettent ; des actes qui se diffusent ; des actes qui sont ressentis par leur auteur comme un acte d'ordre mécanique, physique ou physico-chimique"⁷.

L'intéressant de cette définition est la manière dont elle renverse l'ordre établi. Le lien avec les lois mécaniques ou la nature de l'homme sont de l'ordre du "ressenti", voire de la subjectivité, alors que leur définition "positive" relève des mécanismes sociaux (tradition, transmission, diffusion...). Mauss remarque que les actes les plus liés au corporel et au physiologique, c'est-à-dire ce qui paraît le plus "naturel" chez l'homme (façons de marcher, de nager, de boire ou de procréer), sont des phénomènes sociaux. Ainsi, la technique est appréhendée dès l'origine de l'homme, non pas comme une technicité pure intégrée mais comme un fait culturel mélangé. Comme Leroi-Gourhan et avant lui, Mauss montre l'antériorité de la technique par rapport à l'outil, mais elle est,

⁷- Marcel Mauss: "Les techniques du corps", in *Sociologie et anthropologie*, Paris, PUF, 1950, p372.

pour reprendre un concept d'Erving Goffman, un "marqueur symbolique", un élément constitutif de la culture. Alors que la démarche de Leroi Gourhan part d'un phénomène purifié (la technique peut se déduire du corps et ses innovations comme autant d'actualisations d'un possible concentré dès l'aube de l'humanité) celle de Marcel Mauss prend pour point de départ un "mixte" nature-culture. Marcel Mauss, dira-t-on, travaillait sur les sociétés traditionnelles. Mais ce n'est pas, nous semble-t-il, forcer sa pensée que d'utiliser l'approche qu'il esquisse pour tenter de comprendre le présent. Dans *Les techniques du corps*, précisément, il a recours à des faits contemporains pour désigner cet aspect "culturel" du maintien ou des postures des individus. Il montre même comment des "nouvelles" technologies interviennent dans le processus de diffusion et de standardisation des techniques du corps :

"Une sorte de révélation me vint à l'hôpital. J'étais malade à New York. Je me demandais où j'avais déjà vu des demoiselles marchant comme mes infirmières. J'avais le temps d'y réfléchir. Je trouvai enfin que c'était au cinéma. Revenu en France, je remarquais, surtout à Paris, la fréquence de cette démarche ; les jeunes filles étaient françaises et elles marchaient aussi de cette façon. En fait, les modes de marche américaine, grâce au cinéma, commençaient à arriver chez nous"⁸.

Ces pistes lancées par Mauss nous aident à trouver notre chemin. L'objet de cette thèse n'est pas LA TECHNIQUE mais, au travers d'un exemple concret, son mode spécifique de présence dans le monde contemporain. Il est intéressant de relire *Les cadres sociaux de la mémoire* de Maurice Halbwachs dans cette perspective. Pour lui, la spécificité de ce qu'il appelle "la zone technique de l'activité humaine" est de **faire comme si** elle n'était pas sociale.

"Une règle, comme un instrument, s'applique à une réalité qu'on suppose à la fois immobile et uniforme. Comment s'y conformerait-on, et quelle autorité garderait-elle, si l'on n'y voyait qu'un mode d'adaptation provisoire à des circonstances momentanées, qui n'ont pas toujours existé, qui se modifieront quelque jour ? (...). De toutes les influences sociales, celles qui prennent la forme d'une technique imitent le mieux le mécanisme des choses non sociales"⁹.

⁸- Ibid. P. 368.

⁹- Maurice Halbwachs, *Les cadres sociaux de la mémoire*, Paris, Albin Michel, 1925, p. 267. Un peu plus haut, on retrouve la même hésitation où l'auteur se demande si la transmission de l'activité technique relève ou non de la mémoire collective : "Est-ce là ce qu'on peut appeler une mémoire collective ? Mais ceux qui appliquent ces règles, tournés vers l'action présente cherchent bien plutôt à en comprendre le

On trouve chez Maurice Halbwachs ce même caractère "ambigu", le "comme si" qui nous avait attiré chez Mauss. Le mode de présence des techniques, leur efficacité qui leur permettent de tenir à leur manière liées des choses séparées, passe par une négation de l'historicité. Mais ce qu'ajoute l'analyse de Halbwachs est l'entrée en scène de la question de l'autorité et, donc, du pouvoir.

INVISIBILITÉ, TRANSPARENCE ET DÉPENDANCE

Cette ambiguïté, cette ambivalence des techniques est au coeur de la problématique d'Alain Gras dans *Grandeur et dépendance*¹⁰ : en étendant leur empreinte, elles se font invisibles ; forgées dans le creuset de la culture, elles simulent leur autonomie ; plaçant à tous les noeuds des réseaux du monde contemporain leurs "boîtes noires", elles proclament la nécessité de la transparence. Le mode spécifique de présence au monde des techniques est de se présenter comme allant de soi, **figées, gelées, données**. Il faut le regard aiguisé d'un Marcel Mauss pour observer, dans les tranchées, les difficultés qu'ont les Anglais à utiliser des bûches françaises. L'objet technique se présente comme un donné, mais ce donné est historique. Il suffit, pour s'en persuader, de voir l'oeil narquois d'un vieil agriculteur quand un plus jeune doit prendre une faux pour faucher. La notion de transparence mise en vedette par les nouvelles technologies informatiques postule que la dissimulation du coeur de l'objet, de son fonctionnement et de sa genèse, est indispensable à son efficacité. Et c'est vrai que l'invisibilité permet l'incorporation, et donc, l'efficacité : c'est parce que je ne m'interroge plus sur mon traitement de texte que je peux l'utiliser comme un crayon à papier. Mais, en retour, la panne exceptionnelle confronte brutalement à l'inquiétude et au chaos. Et ce qui est agaçant dans le quotidien d'un chercheur (à qui cet événement rappelle sa dépendance) peut se faire dramatique dans les systèmes techniques comme l'aéronautique. Les "*bugs*" sont ces moments où la logique de la transparence défaille et où le pilote est amené à se demander si la panne que lui indique l'écran est vraie ou fausse. L'efficacité de la transparence a suscité de nouvelles ambiguïtés et l'automatisation des systèmes un retour en force de l'intuition et du savoir-faire des pilotes pour les régler¹¹. L'écran de transparence cache en même

jeu qu'à en connaître l'origine et à se rappeler leur histoire. Très souvent elles opèrent presque mécaniquement, comme ces habitudes qui, une fois montées dans l'organisme, ne se distinguent plus des actes instinctifs, et semblent des attributs constitutifs de notre nature". (p. 265).

¹⁰- Alain GRAS, op. cit.

¹¹- "*Quant à la vraie fausse panne, elle fait maintenant partie de la nature de la réalité pour les opérateurs informatisés. Du coup, la réponse moderne à la question d'Hamlet "to be or not to be" permettrait aujourd'hui à l'autre monde de lui renvoyer la réponse (qui l'aurait apaisé en ce cas), "tu peux être et ne pas être". Sans doute, la vérité profonde du fantôme d'Elseneur, qui se promène parfois*

temps qu'il fait voir et à ce titre il est bien un objet symbolique de notre modernité. L'écran radar du contrôleur aérien dissimule, pour exhiber une représentation "utile" du ciel, non seulement les informations jugées excédentaires mais toutes les médiations (choix des ingénieurs, systèmes de traitement de l'information, etc.). Ainsi, avec cet exemple, pouvons-nous poser d'une autre manière la question du pouvoir de la technique. Ce pouvoir, ou cette puissance, elle la tire moins de la "puissance du rationnel" que d'un ressort beaucoup plus archaïque : le secret et la dissimulation.

Technophiles et technophobes

Les techniques aujourd'hui se construisent dans le langage universel et global du calcul et de la rationalité. Le monde improbable des sciences physiques et naturelles, durement arraché à la nature par un dialogue ardu et rigoureux, semble s'imposer comme traduction univoque du réel et poser, au travers d'objets réels ou "virtuels", son empreinte, sa logique et ses régularités. Les techniques (objets ou pratiques) ne sont pas de simples intermédiaires entre les sociétés humaines et la nature, elles construisent cette relation et, par là, la nature elle-même qui ne peut plus être appelée qu'une "socio nature". Pendant longtemps, de par le monde, cette empreinte et cette emprise des cultures techniques se reflétaient dans des mondes hétérogènes mais qui avaient en commun de noyer dans un mélange inextricable l'acquis et le donné. Ce qui est inquiétant dans le monde contemporain est le caractère uniforme que les technosciences semblent poser sur les sujets comme sur les objets. Mêlée aux anciennes cultures, cette marque donne un résultat encore propre au nord mais chaotique, désespéré au sud. Les techniques, dans leur forme contemporaine, étendent leur travail de tri, de partage et d'exclusion aux hommes mêmes. Et la misère et l'inégalité, qui sont de toujours, prennent les habits neufs des technosciences. Leur pouvoir, en effet, semble construire les hommes à l'image de ce qui n'est qu'une part d'eux mêmes, laissant une place de plus en plus réduite à ceux qui n'ont pas la connaissance, les capacités, le goût ou même le désir de se plier aux contraintes spécifiques qu'elles imposent : un ordre à la plantation des forêts, à notre manière de nous asseoir, de voyager ou d'aimer même si, souvent, elles nous autorisent en retour des moments que, sans elles, nous n'aurions su rêver

Pour commenter ce nouveau monde, des pôles antagonistes divisent, dans ce champ comme ailleurs, le monde de la pensée. A droite (même s'ils se situèrent longtemps à

dans la soute, consistait-elle en un dépassement de la question", in Face à l'automate. Le pilote, le contrôleur et l'ingénieur, Paris, Publications de la Sorbonne, 1994, p. 139.

gauche de la tribune), les technophiles identifient progrès technique et scientifique au progrès de l'humanité. A l'heure où les lueurs du progrès vacillent, ils parviennent à emménager les problèmes sociaux, politiques ou humanitaires que posent l'empreinte contemporaine des techniques dans un schéma aux référents aisément repérables : comme pour un moteur, les difficultés sont identifiées à des ratés, à des décalages provisoires, à des pannes. Les techniques et les sciences sont à l'avant-garde et le reste du monde, plus lent, plus bête aussi, aura pour mission de le rattraper. La cause essentielle est la **résistance** (au changement) et les solutions toutes entières formulées en termes d'ajustement, d'adaptation. L'imaginaire des technophiles se déploie tout entier entre l'abscisse de la mécanique la plus simple et l'ordonnée de l'évolutionnisme le plus rudimentaire. A l'autre pôle du champ où les technosciences sont pensées comme objet privilégié d'attention et de décryptage de la société contemporaine, on trouve la vision formulée le plus clairement par Martin Heidegger qui présente la technique comme le point d'aboutissement de la métaphysique occidentale et qui conduit à l'arraisonement de la nature et à l'exclusion de l'être.

Cette réflexion sur la technique et la mémoire n'a pas pour objet de faire un inventaire, critique ou descriptif, de l'état de la réflexion dans un domaine, mais de présenter au lecteur le cadre de réflexion que le travail empirique a progressivement, et provisoirement, stabilisé. Dans ce parcours, il nous a semblé que le dialogue entre ces pôles était sinon inexistant, du moins pauvre. Est-ce seulement parce qu'il s'agit de positions incommensurables et irréductibles ? On peut au contraire se demander si ce dialogue n'est pas un soliloque car ce qui frappe, sous certains aspects, est leur l'ancrage commun. Ce socle partagé n'est pas seulement une commune propension à s'opposer ou à privilégier les sciences et techniques et le développement matériel et intellectuel de la rationalité, mais un accord plus fondamental. La technique, qu'elle soit force du progrès social et humain ou la cause assignée à la fin de l'humanité, est toujours présentée, de même que la science, comme univoque et autonome. Ce qui rassemble en outre ces visions est une commune conception de l'histoire et de la mise en oeuvre d'un temps qui lisse le passé. Elles remettent en scène l'émergence originaire, ou de longue date conspirée, d'une instance ou d'une puissance première qui peu à peu s'étend sur tout le monde par sa dynamique propre. Dans leur commun déni de l'historicité des sciences et des techniques, des visions apparemment antagonistes se retrouvent sur une caractéristique essentielle : l'autonomie.

L'interrogation qui sous-tend cette "biographie du CAUTRA" est précisément cette autonomie des technosciences et leur mode uniforme et univoque de conquête, ou de

découverte, du monde dans l'espace et dans le temps. Derrière ce questionnement se profile une question politique : les technosciences tirent-elles leur pouvoir de leur essence ou de leur mode de présence ? Car nous voudrions relever une étrange contradiction : si les objets techniques sont une trace légitime pour l'archéologue, l'ethnologue, le paléontologue ou le médiéviste à partir desquels ils peuvent réinventer des espaces temps dans toute leur singularité, leur usage semble prohibé pour le sociologue ou l'historien du temps présent. Ou plutôt, le travail herméneutique se réduit souvent à une pratique uniforme visant à retrouver, partout et toujours, le même. Mais en rester à ce niveau, n'est-ce pas se plier à l'ordre, précisément, imposé par les dites technosciences quand elles prétendent à une traduction (sans restes ni bavure) du réel en rationnel et de la chose (nature ou artefact) en mises en causes.

Plutôt que de commenter inlassablement cet effet massif et ostentatoire, ne faudrait-il pas, plutôt, s'interroger sur le "comme si", judicieusement relevé par les émules de Durkheim et saisir des techniques autre chose que ce qu'elles donnent à voir en se faufilant dans l'interstice qui sépare l'objet technique de ce qu'il imite, l'efficacité de l'usage, le rationnel du réel ou l'utile de l'agréable. C'est dans ce que Lucien Febvre appelait le niveau de "l'activité" et ce que Bruno Latour nomme "la science ou la technique telle qu'elle se fait" que l'univers apparemment soumis aux lois et aux régularités du technicien s'ouvre et rencontre le monde divers du profane.

Une brèche ouverte invite à de multiples façons de s'y engouffrer. C'est par le biais de "l'histoire de l'histoire" que nous allons, dans un premier temps, l'explorer. En effet, si les sciences modernes tirent leur pouvoir de la puissance du calcul et de leur universalité, on peut se demander pourquoi elles ont, historiquement, à tant de reprises montré qu'elles considéraient comme une menace toute interrogation sur leurs relations avec ce qu'elles nomment elles-mêmes la non science, le non rationnel, le non calcul. En d'autres termes, pourquoi le "chemin vers la vérité" a dû, pour s'imposer, passer par l'oubli de l'historicité.

L'HISTORICITÉ DES SCIENCES ET DES TECHNIQUES

Les relations entre les différentes sciences humaines (histoire, sociologie, psychosociologie) peuvent se traiter globalement. Mais en ce qui concerne les sciences et les techniques, on peut tracer, en France comme à l'étranger, une généalogie singulière moins guidée par le point de vue que par l'objet. Aujourd'hui où la vitalité de

ce champ est attestée par le climat de controverse qui s'y installe, on a du mal à imaginer sa situation académique il y a à peine une vingtaine d'années. Au milieu des années 1970 en effet, la discipline historique est en pleine ébullition et recomposition. Dans ce climat, Jacques Le Goff et Pierre Nora organisent un ouvrage collectif maintenant célèbre, "Faire de l'histoire"¹². Dans cet ouvrage, les techniques marquent une timide présence par le truchement d'une étude sur la cuisine. Les sciences, en revanche, font l'objet d'un chapitre. L'auteur, Michel Serres, est philosophe mais lié institutionnellement à l'histoire par son enseignement à l'UER d'histoire de l'Université Paris 1. Il prend acte, dans ce texte, de plusieurs décennies d'impasse dans le domaine d'une histoire des sciences :

"Première demande : comment définir la formation culturelle appelée science, par rapport aux autres formations culturelles puis par rapport aux autres formations en général : économiques, sociales, politiques ? Quelle est la place, quelles sont les relations qui la réunissent à cet ensemble ou qui la font émerger de lui ? Question de droit, surtout de fait : comment cela se passe-t-il dans le procès historique ? La demande est globale et je ne lui connais que des réponses théoriques. J'entends par là que nul ne m'a jamais fait voir concrètement, ici et dans tel intervalle, ni de démontage précis de ces relations au travail, ni de définition précise de cette place. On peut toujours annoncer qu'il doit exister des conditionnements divers de l'économie mercantile de l'Europe moderne à l'apparition des sciences appliquées dès l'âge classique, etc., on peut l'annoncer, on a raison de le faire. Il n'empêche que le dessin de ces chemins, que la description approchée de ces conditions n'existent pas. La chose est peut-être démontrée, elle n'est pas montrée. Il n'y a pas d'histoire de ce problème. Je n'en connais que le cadre spéculatif"¹³.

Avec ce texte, Michel Serres désigne une difficulté non résolue et fait le constat de l'absence d'une histoire historique des sciences et des techniques. Dans le même geste, il lance un pari, ou un défi qu'il va lui même tenter de relever avec ce texte et dans la suite de son oeuvre.

Or, dans une perspective historique qui n'est pas nécessairement celle de cet auteur, la question d'une histoire au sens qu'il définit dans ce texte ou d'une sociologie des

¹²- Divisé en trois tomes ; *Nouveaux problèmes, Nouvelles approches, Nouveaux objets*, Paris, Gallimard, 1974.

¹³- Ce texte est publié également sous le titre "Point, plan, réseau, nuage", in *La distribution*, Paris, Minuit, 1977., p. 15-41.

sciences et des techniques entre en résonance avec des chantiers ouverts en France dans la première partie du siècle. Et ces programmes n'émanent pas d'obscurs chercheurs épris d'originalité mais d'auteurs aujourd'hui reconnus parmi les pères fondateurs de l'histoire (Lucien Febvre), de la sociologie (Emile Durkheim) ou même de l'anthropologie (Marcel Mauss).

Durkheim veut, après Comte, fonder la sociologie. Dans cette perspective, son ouvrage *Les Formes Élémentaires de la Vie Religieuse* 14, par delà une étude sur le phénomène religieux, propose à la fois une genèse et une explication sociale de la science. Comme l'a montré Raymond Aron¹⁵, Durkheim comme Comte ou Weber, est obsédé par la question des rapports entre science et religion. Présentant la seconde comme "système de connaissance" :

"On sait depuis longtemps que les premiers systèmes de représentations que l'homme se fait du monde et de lui même sont de nature religieuse. Il n'y a pas de religion qui ne soit une cosmologie en même temps qu'une spéculation sur le divin" 16.

Il va en déduire qu'il n'existe pas entre elles de différence de nature mais de degré. Ce qui lui permet ce saut est l'assignation de l'origine commune des systèmes de connaissances : la société, cadre commun au sein duquel les hommes ont forgé :

"un certain nombre de notions essentielles qui dominent toute notre vie intellectuelle ; ce sont celles que les philosophes, depuis Aristote, appellent les catégories de l'entendement : notion de temps, d'espace, de genre, de nombre, de cause, de substance, de personnalité, etc.".

L'audace de Durkheim est de ne pas s'en tenir aux influences mais d'assigner une origine sociale aux parties dures de la science : les concepts et les catégories. En fait, la démonstration est double : en démontrant que le phénomène religieux est une chose éminemment sociale, que la religion est l'expression du groupe en même temps qu'elle est ce qui le soude (lorsque les hommes organisés en clan adorent un totem, c'est leur réalité sociale transfigurée par le totem qu'ils adorent), Durkheim vise à montrer que la connaissance l'est aussi dans la mesure où les catégories sont le reflet de la morphologie

¹⁴- *Les Formes Élémentaires de la Vie Religieuse*, Paris, PUF, 7e ed. : 1985.

¹⁵- Raymond ARON, *Les étapes de la pensée sociologique*, Paris, Gallimard.

¹⁶- *Les formes élémentaires*, op. cit.p. 35

du collectif. Le même thème est développé dans le texte fameux de Durkheim et Mauss : De quelques formes primitives de classification ¹⁷. Avec ces textes, les fondateurs de la sociologie institutionnelle française font entrer de droit le champ des technologies et de la science dans le domaine de la sociologie. De droit sinon de fait, car les théories ne s'appliquent qu'aux phénomènes qui, pour n'être plus primitifs, deviennent "élémentaires" et délaissent les sciences. L'ambition durkheimienne de fonder une science positive des faits sociaux n'est évidemment pas étrangère à cet état de fait.

Le même phénomène d'un chantier ouvert mais qui sera cette fois-ci non seulement délaissé mais refermé peut être repéré dans l'entre-deux guerres. A cette période, les sciences humaines et la philosophie, moins éprises qu'elles ne le sont aujourd'hui de modèles scientifiques, sont sans doute plus instruites des sciences en train de se faire car les "réseaux" humains respectifs des sciences dures et molles gardent une certaine perméabilité. Et c'est une science en crise que ces hommes nés à la fin du XIXe siècle rencontrent : théorie de la relativité, mécanique quantique, polémiques autour de la théorie de l'évolution. C'est à une image instable des sciences que se ressource Lucien Febvre pour imprégner la méthode historique :

"Les sciences, ? Des champs de dislocation, des magmas. où toutes les découvertes se font, non pas à l'intérieur de chacune d'elles, au coeur, mais sur les bords, sur les marnes, aux frontières, là où elles se pénètrent" ¹⁸.

Informé et imprégné des problèmes les plus récents des sciences exactes (tout particulièrement la physique et la biologie), Lucien Febvre milite en outre pour la réalisation d'une "histoire historienne des sciences" dont il déplore l'absence. On trouve les fondements de son projet au travers d'un grand nombre d'articles publiés dans la Revue de synthèse d'Henry Berr puis dans sa propre revue (Les Annales) comme dans l'amicale polémique qu'il va engager avec Alexandre Koyré.¹⁹ Sa contribution la plus connue dans ce domaine reste la partie consacrée aux sciences de la Renaissance dans Rabelais ou le problème de l'incroyance au XVIe siècle.²⁰

¹⁷- Emile DURKHEIM (avec Marcel MAUSS), "De quelques formes primitives de classification", in *Journal sociologique*, Paris, PUF, 1969.

¹⁸- Lucien FEBVRE, *Combats pour l'histoire*, Armand Colin. p. 29-30

¹⁹- S. POIROT-DELPECH, *Science et histoire chez Lucien Febvre*, Université Paris 1, Maîtrise sous la direction de Monsieur Michel Serres, 1980.

²⁰- Lucien Febvre, *Histoire de l'incroyance au XVIe siècle*, Paris, Coll. Evolution de l'Humanité, 1956.

Un aspect moins connu de l'oeuvre de Lucien Febvre est L'Encyclopédie Française dont il va diriger entre 1933 et 1939 le destin sous la présidence du ministre de l'Education nationale Anatole de Monzie. L'architecture de cette nouvelle encyclopédie repose sur une critique virulente de la classification comtienne des sciences :

"Elle doit contester la validité d'une classification souvent arbitraire en disciplines isolées., ces combinaisons circonstanciellees et locales d'éléments associés souvent arbitrairement. Il faut briser les cadres abstraits et faire une encyclopédie de problèmes, pas de référence" ²¹.

C'est par les notions de "problème" et "d'activités humaines" que l'historien cherche à retrouver, au-dessous des formalisations scientifiques, une strate commune d'interrogation. Les différents volumes ne sont pas organisés en fonction des disciplines mais d'objets (l'outillage mental, la terre, la vie, la civilisation quotidienne). Il s'agit moins de retrouver une unité perdue que de se donner les moyens de frayer les passages entre les différentes disciplines :

"Et je ne viens pas plaider une vieille thèse de filiation, d'engendrement que j'ai toujours considérée comme sans valeur pour nous. Je ne parle pas de primat, je parle d'interférences. Si l'on veut de climat (...) Placer des ponts (...) Je demande de tenir ouverte, toujours, une porte de communication, par où le monde des idées puisse reprendre dans nos esprits le contact qu'il avait tout naturellement avec le monde des réalités - quand il vivait" ²².

Nous retrouverons plus loin cette notion de problèmes communs. Mais ces chantiers ne sont évoqués ici que pour interroger le renoncement et l'oubli dont ils vont bientôt faire l'objet. Aux lendemains de la guerre, Fernand Braudel prend la tête de la Revue des Annales et de la VIe section de l'Ecole Pratique des Hautes Etudes, toutes deux créées par Lucien Febvre. Ce faisant, il s'avoue impuissant à poursuivre le projet d'une histoire historienne des sciences et des techniques :

"J'ai assez vainement essayé, au Collège de France, une année durant, de chercher les liens, pour le XVIe siècle européen, entre l'histoire des sciences, des techniques et les autres secteurs de l'histoire générale. Cependant, que ces

²¹- in *Avant propos* du Tome 1 de l'*Encyclopédie Française* : L'OUTILLAGE MENTAL, Paris, Fondation de l'Encyclopédie Française, 1935.

²²- "Leur histoire et la notre", in *Combats pour l'histoire*, op. cit. p. 276.

histoires marchent ou non au même rythme, ne veut pas dire qu'elles soient indifférentes les unes aux autres. Contre Léon Brunschwig et Etienne Gilson, contre une histoire autonome des idées, Lucien Febvre réclamait à juste titre, les droits de l'histoire générale, attentive à l'ensemble de la vie dont rien ne peut être dissocié sinon arbitrairement. Mais en reconstituer l'unité, c'est, sans fin, rechercher la quadrature du cercle " 23.

Lucien Febvre lui même, en reprenant en 1955 le projet de l'Encyclopédie Française interrompu par la guerre, revient sur ses perspectives initiales en acceptant le retour en force des disciplines instituées comme principe d'organisation.

La santé de l'histoire et de la sociologie des sciences s'est aujourd'hui considérablement améliorée, comme en témoigne le climat de controverse qui s'y est installé. Aussi pouvons-nous peut-être tenter de comprendre pourquoi des chantiers ouverts hier se sont presque aussitôt refermés. Pour l'Encyclopédie Française, la guerre de 1939, non seulement suspend la publication, mais divise ou éloigne les êtres. Anatole de Monzie sera soupçonné de collaboration alors que Marc Bloch, éternel complice de Lucien Febvre, meurt sous la torture... La guerre accomplit sa barbarie dichotomique. Dans l'optimisme des "trente glorieuses", rien ne semble subsister de ce climat si particulier des années 30 où les sciences, en s'appuyant parfois sur les philosophes et les historiens, s'interrogeaient sur elles-mêmes.

Pour comprendre cet effacement ou cet oubli, il convient peut-être de se tourner vers une histoire plus générale. Deux grands événements, chacun à leur échelle, traumatisent les scientifiques. Hiroshima et l'affaire Lyssenko, en désignant le lien intime entre science et pouvoir. Or, loin de raviver une réflexion sur ces thèmes, ils contribuent, à court terme, à l'étouffer. Avec Hiroshima, la science se dote d'un nouvel attribut du religieux et du sacré : la toute puissance. Quant au Michourinisme, il conforte les scientifiques comme historiens des sciences dans l'idée que postuler une relation entre sciences et société mène inéluctablement à de dangereuses dérives. Sciences et techniques ressortent purifiées de ces bains de violence et de charlatanerie. Les scientifiques, à l'image de la puissance nucléaire, semblent s'enfermer dans un caisson étanche et toute interrogation sur la nature de la science est interprétée comme une "menace" susceptible de déclencher des réactions en chaîne.

23- Fernand BRAUDEL, *Ecrits sur l'histoire*, Paris, Flammarion, p. 257.

Aujourd'hui encore, certains auteurs peuvent interpréter le renouveau de la sociologie des sciences et des techniques comme "l'éternel retour de Lyssenko" :

"Une certaine sociologie, de provenance surtout américaine mais qui, malheureusement, trouve des échos en France, semble développer comme au temps de Lyssenko une sorte de psychose antiscientifique (...). Par exemple, d'après les sociologues partisans du 'programme fort', il faut être impartial, c'est-à-dire avoir la même attitude à l'égard de la 'vérité et de la fausseté, de la rationalité ou de l'irrationalité, du succès ou de l'échec'(....) Ainsi triomphent la sociologie et aussi la psychologie : la grande ambition c'est de rendre compte de phénomènes socialement déterminés '. Nous ajouterons ici qu'il ne s'agit aucunement d'une victoire de ces disciplines mais du triomphe d'un ersatz arbitraire de 'sociologie' et 'psychologie'²⁴.

L'oubli, là aussi, accomplit son ouvrage et concourt à mettre les technosciences dans une inédite position de puissance. Cela se voit côté monde, mais cela peut aussi s'observer côté cour dans l'espace confidentiel de l'histoire et de la philosophie. Historiens et sociologues renoncent à intégrer la problématique de la science dans leur vision générale. Mais s'institue en France un autre type "d'histoire" des sciences qui va marquer durablement les sciences humaines.

Un artisan de l'oubli.

Le premier geste de Gaston Bachelard lorsqu'il reprend l'Institut d'histoire et de philosophie des sciences et des techniques fondé par Abel Rey en 1932 est d'amputer le centre de la dimension "impure" de la technique. Mais nous allons voir qu'il va aussi retirer de l'histoire l'historicité L'unité de la pensée de Bachelard, souvent décrite comme contradictoire, peut être trouvée dans le geste de la séparation : entre l'activité luxuriante et nocturne des symboles et des mythes et le travail diurne de la rationalité ; entre la science et le sens commun ; entre la société civile et la cité savante ; entre l'homme "moyen", comme disait Lucien Febvre et le scientifique, qui se voit irrémédiablement condamné à une forme de schizophrénie professionnelle. La rupture est ontologique, sociale, psychologique mais aussi historique grâce au nouveau principe

²⁴. Denis BUICAN, *Lyssenko et le lyssenkisme*, Paris, PUF, 1989, p. 114-123. Buican vise à la fois le "programme fort" de David Bloor et "*Les Microbes*" de Bruno Latour au travers d'un article de *La Recherche* de Pierre Thuiller.

qui va, durant de longues années, guider la recherche en histoire des sciences : connaissance périmée et connaissance sanctionnée²⁵. Georges Canguilhem, disciple de Bachelard va radicaliser cette position en présentant explicitement l'oubli comme condition de possibilité d'une révolution scientifique. Pour célébrer la révolution lavoisienne, c'est moins la nouvelle nomenclature des éléments chimiques qu'il admire que le travail d'effacement du passé :

"Or on n'avait pas assez remarqué et admiré que, dans le 'Discours préliminaire au Traité élémentaire de chimie,' Lavoisier ait assumé à la fois la responsabilité de deux décisions dont on lui faisait ou pouvait lui faire grief, celle "d'avoir changé la langue que nos maîtres ont parlée", et celle de n'avoir donné dans son ouvrage "aucun historique de l'opinion de ceux qui m'ont précédé", comme s'il avait compris, à la manière cartésienne, que c'est tout un de fonder un nouveau savoir et de le couper de tout rapport avec ce qui en occupait abusivement la place".²⁶.

La fondation de la vérité passe par la négation de la mémoire et de l'ancrage de la connaissance dans la condition humaine. Par ce geste, la science acquiert un temps propre, une mémoire particulière, une société séparée. Pendant que l'épistémologie française circonscrit l'espace sacré d'une "cité savante", le sociologue Merton, outre-Atlantique, donne une vie sociale à cette cité. Une vie dont les règles et les normes garantissent l'objectivité du travail scientifique.

D'où ces pensées tirent-elles leur puissance et leur audience ? D'avoir su mettre en scène un problème crucial, le lien toujours problématique entre science et non science, pour mieux le résoudre et le geler à l'intérieur d'un dispositif conceptuel qui l'isole et le protège. Le problème qui nous préoccupe n'est pas que ces auteurs aient pu critiquer les perspectives qui, en termes d'influence ou de détermination, réduisaient la singularité des sciences et des techniques par une explication sociale manifestement insuffisante. Dans d'autres domaines, le fait de trouver peu convaincant un type de résolution d'un problème invite plutôt à le fouiller. Les auteurs d'avant-guerre évoqués n'étaient pas des spiritualistes mais bien au contraire des rationalistes soucieux de la scientificité de leur propre discipline. Ce qui amène à penser que la coupure épistémologique ou le fonctionnement autonome de la cité savante s'intègrent dans un dispositif culturel

²⁵- Gaston BACHELARD, *L'activité rationaliste de la science contemporaine*, Paris, PUF.

²⁶- Remarquons au passage que c'est ce geste que répètent Bachelard et Canguilhem en fondant l'épistémologie sur une forme d'oubli. : G. CANGUILHEM, "Objet de l'histoire des sciences", in *Etudes d'histoire et de philosophie des sciences*, p.23.

beaucoup plus vaste visant à placer les sciences hors d'atteinte de l'interrogation profane, à une place jusque là occupée par un autre type de vérité : celle de la religion et du sacré. Les liens entre science et religion sont de toujours et leur séparation se prépare de longue date. Tout cela peut se lire a posteriori, mais ce qui se joue dans notre histoire récente est que la vérité de l'une expulse la vérité de l'autre et que le doute n'est plus un questionnement du sens mais une méthode pour la connaissance. En lieu et place du sacré, la science en prend les attributs : oui, la science a une histoire, mais une histoire sainte qui, du point de vue de la vérité, évalue son cheminement ; oui, la science a ses prêtres qui ressemblent à s'y méprendre aux profanes mais sont comme protégés par la quête de la vérité par un ordre social qui garantit la rigueur et l'objectivité ; oui, la vérité se décèle dans le monde mais sa transcendance l'en libère et voue à l'anecdote, à l'éphémère les conditions de son émergence. Dans cette perspective, il est faux de dire que la science n'a plus de mémoire, elle construit une mémoire téléologique, en dehors de l'espace et du temps, affranchie des circonstances, et du travail de mémoire d'où naît la connaissance. C'est de cette position hors temps, hors mémoire, hors société, que sciences et techniques ont pu, dans les années récentes, déployer leur puissance dans des dimensions jamais égalées. D'où l'audience de l'épistémologie bachelardienne dans le champ des sciences humaines. Dans les années 1950 et 1960, d'Althusser à Bourdieu, chacun y va de sa coupure épistémologique et toutes les philosophies passées sont relues à l'aune de cette lecture univoque de la science.

Parce que les sciences sont expérimentales, c'est-à-dire qu'elles valident leur faits à partir d'un dialogue technicisé avec la nature, elles ont besoin pour progresser d'instruments de plus en plus sophistiqués. Parce que les techniques sont applicatives, elles traduisent l'univers symbolique et formel de la science dans des objets qui viennent peupler notre quotidien. Mais plus ce lien se fait intime, plus la philosophie ou la sociologie comme l'air du temps semble les séparer : on parle de trajectoire technologique, de système technicien.

Un des traits qui nous semble caractériser la recherche en sciences humaines pendant les trente glorieuses est la division, l'éclatement en résultats parcellaires. Le problème de la synthèse qui traversait le monde intellectuel dans l'entre-deux-guerres (et qui était l'enjeu des batailles disciplinaires, entre sociologie et histoire par exemple) semble balayé au profit d'une multiplication de visions locales et parcellaires qui découpent l'homme et les sociétés humaines en tranches : l'homme social, l'homme cognitif, l'homme psychologique, l'homme scientifique, l'homme historique se réfugient dans des

disciplines qui, chacune à leur manière, tentent d'instituer leur coupure épistémologique et la spécificité de leur objet.

Quelques irréductibles travaillent en solitaires. Citons Charles Morazé, élève et ami de Lucien Febvre qui s'interroge dans une entreprise si ardue qu'elle en est presque inaccessible sur Les origines sacrées des sciences modernes :

"On dirait que la logique 'se souvient'; ce qui lèverait une contradiction (...). Il va de soi que cet appel à une mémoire du logos et des logiques qu'il inclut n'est pertinent que relativement à l'intuition telle qu'elle sourd de l'inconscient. (...)"
27.

Ainsi, les codes ou les formalisations peuvent devenir vecteurs de mémoire et, dans sa perspective, le travail d'analyse et d'histoire peut dissocier la science de la violence, sinon du sacré et des mythes où elle restera toujours attachée :

"Qu'un code mental se prête à l'analyse est aussi une promesse de sagesse. Le Code nous cache l'Existant ; son fonctionnalisme agit sur ce que lui fournit le milieu, ses événements et ses transformations " 28.

Et il conclut son oeuvre en espérant que :

"Des savoirs de type anthropologique et primordialement faits de décodages commencent à prendre essor dans un monde en quête d'harmonisation pour pallier les excès de la violence et les extravagances de ces armes " 29.

Réminiscences.

L'inquiétude est peut-être la mère de tous les vices, elle n'en rafraîchit pas moins la mémoire. Les années 1960 ébranlent cette institution de l'oubli. Thomas Kuhn en Angleterre réintroduit par sa conception des révolutions scientifiques une certaine historicité dans les sciences. En France, Michel Serres et Michel Foucault, tous deux formés aux arguties de l'épistémologie historique à la française dérivent progressivement de cette souche bachelardienne. Le premier avec un texte de rupture

27- Charles MORAZÉ, *Les origines sacrées des sciences modernes*, Paris, Fayard, 1986 p. 460.

28- Ibid.

29- Ibid p. 468.

grave et drôle à la fois où il propose une lecture de la *Formation de l'Esprit Scientifique* à l'aune du catéchisme et des sept péchés capitaux³⁰. Michel Foucault, à sa manière inimitable, dérive par une série de pas de côté. Avec ces deux pensées appuyées chacune à leur manière sur le structuralisme alors dominant, la problématique des sciences et des techniques s'ouvre au monde, si l'on peut dire, pour s'immerger dans une épistémé qui permet de faire résonner entre elles les différentes formations culturelles. Dans notre perspective, ces ouvertures résonnent avec les questions restées sans réponse par les chantiers ouverts dans l'entre-deux-guerres.³¹

Ce bref survol n'a rien d'un historique rigoureux ou d'une analyse inventive mais a pour objet d'interroger les jeux fluctuants de la mémoire dans le domaine des sciences et des techniques. Curieusement, c'est dans le monde anglo-saxon que les chantiers français d'avant-guerre sont explicitement rouverts. Aux Etats-Unis et en Angleterre se développent des travaux sensibles à la dimension institutionnelle de la production du savoir et leurs auteurs s'étonnent souvent de l'apparente indifférence des français aux intuitions de "l'école des Annales" première manière. Thomas Kuhn, lui même, dans *La structure des révolutions scientifiques*, se réfère explicitement à Alexandre Koyré et à ses tentatives de lier histoire des sciences et histoire de la philosophie ou de la pensée. De même, l'anthropologue Mary Douglas ou le sociologue David Bloor s'appuient sur les indications de Durkheim, et notamment sur *Les Formes élémentaires de la vie religieuse*, pour fonder une sociologie ou une anthropologie des sciences et des techniques. Il est vrai que la ré appropriation des concepts durkheimiens dans une perspective qui considère la réalité comme une "construction sociale" permet de sauver les théories durkheimiennes de leur positivisme, leur évolutionnisme et de leurs propensions à réifier la société³².

Du côté des techniques, la remise en cause des schémas dominants viendra moins des historiens et épistémologues que des sociologues et anthropologues de terrain. Dans un effet de miroir avec l'épistémologie, l'objet technique est longtemps considéré comme un produit de laboratoire (même s'il est industriel) et qui ne pose de problèmes sociaux qu'à l'occasion de sa diffusion. Les travaux sur l'usage vont conférer une forme de plasticité à l'objet qui ne se construit plus seulement au stade de sa conception mais est

³⁰- "La réforme et les sept péchés", in *L'interférence*, Paris, Minuit, 1972., p. 201-223.

³¹- Ces liens, qui ne sont pas nécessairement des filiations pourraient être soulignés par exemple par l'importance pour la rédaction de "*Les mots et les choses*", des ouvrages d'Henri Daudin qui ont inspiré à Lucien Febvre un de ses plus beaux programmes pour une histoire historique des sciences.

³²- Pour une critique de Durkheim, cf. notamment Raymond ARON, *Les étapes de la pensée sociologique*, Paris, Gallimard, 1967.

transformé, et animé, par l'usage. Ainsi s'impose progressivement une "socio-logique" de la technique en aval du processus de diffusion. On citera par exemple les recherches de Victor Scardigli sur l'appropriation des objets techniques et les travaux de Jacques Perriault sur la "logique de l'usage". Concernant ce dernier, on notera que cette "vie de l'usage" insufflée aux objets passe par un travail sur la **mémoire** et l'histoire des techniques audiovisuelles.³³

Les technologies de la communication et les développements de l'informatique s'accompagnent d'une forme de libération des réflexions critiques sur la technique, notamment dans le champ de la sociologie émanant de différents points de vue ou écoles. Parmi ces tendances diverses, nous insisterons sur une perspective qui tente de fonder une approche anthropologique englobant sciences, techniques et société.

La technique telle qu'elle se fait

Pour sortir des impasses auxquelles mènent les tentatives d'histoire et de sociologie des sciences qui, en termes d'influence ou de déterminants, se confrontent inmanquablement à la question des "universaux", Bruno Latour et Michel Callon proposent, à leur tour, un pas de côté : pour franchir l'implacable barrière qui semble séparer l'observateur profane de l'univers des sciences et des techniques, il faut s'intéresser, non pas à la science faite et aux objets construits mais à ceux ci en train de se faire. Bruno Latour, il ne s'en cache pas, veut fonder une anthropologie des sciences et des techniques. Et cette fondation repose sur un acte profaneur: avec "*La vie de laboratoire*", on voit le sociologue prendre place dans les lieux du culte scellés par Bachelard ou Merton pour "observer" les scientifiques avec le regard qui se veut aussi libre, mais aussi respectueux des singularités, que celui d'un ethnographe en pays dogon.

"Aux yeux de l'anthropologie comparée, les collectifs sont tous semblables (...) en ce qu'ils répartissent à la fois les (futurs) éléments de la nature et les (futurs) éléments du monde social. Nul n'a jamais entendu parler d'un collectif qui ne mobiliserait pas dans sa composition le ciel, la terre, les corps, les biens, le

³³ Cf. J. Perriault, *Mémoires de l'ombre et du son. Une archéologie de l'audiovisuel*, Paris, Flammarion, 1981.

droit, les dieux, les âmes, les ancêtres, les forces, les bêtes, les croyances, les êtres de fiction" ³⁴.

Cette approche, même lorsqu'elle s'applique aux sciences, impose de sortir du monde binaire et dichotomique institué par le XIXe siècle et de lier ce qui avait été séparé : contexte et contenu, découverte et justification, science et société. Toute une série de concepts aux origines diverses³⁵ (controverses, traduction, inscription, alliance rhétorique) vont être liés à l'occasion, notamment, d'un séjour initiatique dans le laboratoire d'endocrinologie de Guillemin avant d'être, bientôt, thésaurisés dans un ouvrage paru d'abord en langue anglaise : *La science en action*³⁶.

Un des mérites de cette approche est d'offrir au chercheur une gigantesque boîte à outils qui leur permet de recomposer d'un point de vue anthropologique le dispositif socio-cognitif que les sciences et les techniques ont su disposer autour et dans leurs laboratoires et à partir duquel elles construisent simultanément leur savoir et leur pouvoir. Nous y avons largement et très librement puisé d'une manière qui a sans doute minimisé leur portée systématique.

Le temps de la mémoire

Cette biographie du CAUTRA montrera, entre autres choses, qu'un collectif d'ingénieurs se souvient et oublie et que ce jeu de la mémoire intervient dans le processus même de conception et de réalisation. Cette "mémoire" n'est pas seulement celle stabilisée dans le savoir cumulé, la mémoire instituée, mais une mémoire humaine, plongée dans les circonstances et le collectif. Cette appréhension du temps à l'oeuvre dans les processus se distingue du temps traditionnellement désigné comme cumulatif, linéaire et continu, de l'histoire. La mémoire collective, notamment celle traduite par la philosophie ou l'histoire, lie le présent à un passé dans des logiques non chronologiques et vient, par ce processus, s'y mêler et le soutenir. Dans un univers fluide, elle télescope, rassemble ce qui est éloigné, et sépare ce qui est proche. Où pour reprendre la

³⁴- Bruno LATOUR, *Nous n'avons jamais été modernes*, Paris, La Découverte, 1993, p. 143.

³⁵- Les principales bases conceptuelles de Latour sont les "nouvelles", comme elles aiment à s'appeler, sociologie et histoire des sciences anglo saxonnes (par exemple T. Pinch, H. Collins, mais surtout S. Shapin et S. Shaffer et leur *Léviathan et la pompe à air* où ils présentent une vision profondément renouvelée de la naissance de la science expérimentale) et la philosophie des sciences de Michel Serres où il emprunte, notamment, le concept central de "traduction". et son point de vue sur l'anthropologie des sciences.

³⁶- *La vie de laboratoire*, La Découverte, 1989 et *La science en action*, La Découverte, 1989.

métaphore de Michel Serres, froisse et défroisse le temps compris comme un chiffonnage :

*"Ainsi le développement de l'histoire ressemble vraiment à ce que décrit la théorie du chaos. ; il n'est pas très difficile, quand on l'a compris d'accepter que le temps ne se développe pas toujours selon une ligne : qu'il puisse exister, donc, dans la culture des choses que la ligne faisait paraître très éloignées et qui sont en fait rapprochées, ou des choses au contraire très rapprochées qui en fait sont éloignées "*³⁷

De même, dans *Sociologie des ruptures*, Alain Gras se demande si, "*Dans le théâtre du monde, le temps est acteur ou spectateur*". Il postule une sociologie qui prenne en compte le temps propre des phénomènes sociaux et où le contemporain se comprenne comme la coexistence de durées hétérogènes :

"Au sein d'une temporalité générale, déterminée à l'époque moderne par les structures économiques (à ne pas confondre avec la structure des échanges), existent donc des temporalités spécifiques dont la possibilité théorique est en sociologie le résultat de la considération des institutions comme produit de l'homme, de son inconscient en acte autant que de sa conscience en action" ³⁸

Faut-il, pour autant, éliminer le temps du calendrier, cette caisse enregistreuse dont parle Bruno Latour pour définir le temps chronologique des historiens. Il nous semble en effet que "la seule supériorité de l'histoire sur la sociologie" est son pouvoir de localisation, de nomination dans l'espace et dans le temps. Le temps historien n'est plus dynamisé par une chronologie, mais le temps chronologique sert de repère pour fixer, et figer un temps le travail fluctuant de la mémoire. C'est dans le temps institué de notre calendrier matérialisant un avant et un après, que la mémoire collective, nomme, énonce, assigne une place et produit un effet de vérité dans les strates du collectif ou ceux de la subjectivité. On peut se demander d'où notre temps occidental de l'histoire tire cet effet de vérité . N'est-ce pas de mimer et exorciser l'irréversibilité du temps qui passe et mène à la mort. On peut sans doute affirmer que l'inquiétude du temps qui passe est commune à toutes les cultures. Mais elles ont su aussi instituer le temps sacré et circulaire et bien d'autres formes de temporalité qui mettent en évidence, sous cer-

³⁷- Michel SERRES, Bruno Latour, *Eclaircissements*, PARIS, François Bourin, 1992. p. 89.

³⁸- Alain GRAS, *Sociologie des ruptures*, Paris, PUF, 1979, p. 39.

tains aspects, notre pauvreté conceptuelle et culturelle, nous qui avons tant de mal à penser le temps autrement que sur une ligne et en progrès.³⁹

Les temps du CAUTRA.

Choisir un cadre chronographique n'implique cependant pas de réduire la construction de l'histoire à cette seule durée. Car il est impossible de rendre compte de l'histoire du CAUTRA sans mêler au temps linéaire de ses progrès, le temps circulaire et répétitif de la fondation ou le temps long et hétérogène de la crise. C'est ce ressort, cette tension, qui agit souterrainement dans la construction de notre récit. Comme le temps du mythe est inscrit vivant dans l'histoire, chaque crise fait revenir, remet à l'ordre du jour les circonstances de la fondation et les ambiguïtés initiales qu'elle retraduit dans des termes renouvelés.

Cette réflexion sur l'oubli et les temporalités n'est pas, en effet plaquée sur notre objet mais s'est imposée au cours de l'enquête de terrain. Un des entretiens fut, à ce titre, essentiel. Un ingénieur, un jour, nous déroula une histoire du CAUTRA lisse, linéaire, sans bavure et où chaque problème trouvait sa solution. Rien, ni les problèmes insolubles, ni les retards redoutables, ni les fonctions avortées ne semblaient pouvoir ébranler sa vision "optimiste" (c'est ainsi que lui même se définissait) du cours des choses dans un monde exact et planifié. Et quand les questions se faisaient plus précises, il renvoyait, telle une balle venant du mur : "je ne me souviens plus". L'oubli.

Lassée par ce jeu où je perdais de plus en plus pied, je cessai de parler d'histoire pour l'interroger sur le présent. Quelle ne pas ma surprise de voir son oeil s'éveiller, son discours s'animer et de l'entendre décrire avec une précision rarement égalée les problèmes du présent. Rien n'y manquait : les querelles institutionnelles, les visions du monde et de la technique qui s'affrontent, les amitiés et les inimitiés. Les êtres humains qui, jusque-là n'avaient de place que dans un organigramme, s'animaient tout à coup, prenaient chair sous ses mots qui décrivaient un présent haut en couleurs, plein de querelles et de passion, de conflits et de pouvoir. Ce qui surgissait alors, telle une mer houleuse, étaient les circonstances, le mélange.

³⁹. Cf. par exemple Mircéa Eliade, *Le mythe de l'éternel retour*, Paris, Gallimard, et Benjamin L. WHORF, *Linguistique et anthropologie*, Paris, DENOËL, 1979, où il compare le temps HOPI AU S.A.E. (standard average european) en se demandant pour quelles raisons mystérieuses le S.A.E. se prétend universel.

C'est en sortant, épuisée, de cet entretien que survint l'illumination: sur le magnétophone était gravée la prosopopée du temps de la technique et de la science, c'est-à-dire du temps de l'oubli. Contexte de la découverte et contexte de la justification ne sont pas des outils forgés au dehors par les épistémologues ou autres historiens ou sociologues, ils se contentent de refléter sans l'éclairer un processus intime dans la construction d'un objet technique et qui conditionne, dans ce système de valeur, son efficacité : le travail de l'oubli.

Les deux corps de l'ordinateur

Cet oubli du passé, plus ou moins intériorisé par les sujets selon et les personnalisé et les circonstances, est une institution au sens sociologique du terme. Cet entretien n'était que la traduction locale, et radicale, de la mise en temporalité instituée par les systèmes techniques en général et par l'informatique en particulier. Le temps est scandé en générations d'ordinateurs qui se moulent sur le principe de la "continuité dynastique" : CAUTRA I, CAUTRA II, CAUTRA III, CAUTRA IV. Le système technique fait "comme si" il s'inscrivait dans une "généalogie" ou, pour reprendre l'expression de Pierre Legendre dans "l'institution du vivant". tout en exhibant son immortalité. "L'ordinateur est mort, vive l'ordinateur"⁴⁰! L'ordinateur a deux corps: une carcasse reléguée ou recyclée et une essence qui se transmet dans la génération suivante. Le transfert des logiciels d'une génération à l'autre devenant une opération symbolique, et comme on l'a vu, un enjeu essentiel dans l'histoire de l'informatique. Dans cette figure, l'oubli opère de façon inversée : ce ne sont plus les origines "mêlées" de la machine qui sont effacées mais sa nature de machine. On a vu que cet aspect "quasi vivant" de l'informatique est une figure spécifique des technologies informatiques.

La confusion des temps

Mais si l'oubli régnait sans partage, ce travail n'eut pas été possible. Ce qui sort la technique de l'oubli et ravive la mémoire des ingénieurs, ce sont les crises. On a vu dans le troisième chapitre comment une crise tire sa confusion, non du mélange mais de la manière dont elle dissocie, découpe des éléments mêlés dans le fonctionnement "normal" des choses. Mais les crises brouillent les temporalités selon les mots de Georges Balandier :

⁴⁰- E. KANTOROWITZ, *Les deux corps du roi*, Gallimard.

"Ce temps n'est pas identifiable ; au regard rapide, il se donne à voir en creux. Il paraît être celui des effacements, des disparitions, des formes en voie de se faire, mais encore instables. Le sens commun affirme que rien n'est plus comme avant, sans savoir où situer ce moment du passé, il manque de repères et découvre surtout des raisons d'incertitude. La crise bouleverse, elle révèle des transformations longtemps masquées, elle menace en détruisant. Elle offre la commodité de désigner ce qui est indésignable..."⁴¹.

En ce sens, la crise est bien mère de la critique et de l'analyse. Mais l'épreuve mêle, pour les acteurs, des temps qui restaient disjoints ou oubliés. C'est un deuxième entretien qui nous inspira cette idée : les entretiens oraux nous restituent une confusion d'événements, proches dans leurs problèmes, mais distants dans le temps. De la même manière, beaucoup de contrôleurs interrogés font télescoper dans un même récit les introductions délicates de nouveaux automates dans la salle de contrôle. Les crises brouillent le temps, rafraîchissent la mémoire et rendent possible la construction de l'histoire.

BESOIN D'HISTOIRE. BESOIN DE MÉMOIRE

Ce qui nous amène à répondre localement à la question globale posée en début de chapitre. Un être, une nation ou une institution se souviennent pour essayer de maîtriser l'inconnu du présent. Et, là, interviennent les notions d'épreuve ou de crise. L'institution de la Navigation Aérienne est aujourd'hui confrontée à de nouvelles épreuves qui résonnent avec les crises antérieures. Dans le vécu social ou individuel, le cours du temps n'est pas celui, linéaire, de l'histoire chronologique, mais le télescopage de périodes éloignées chronologiquement qui reconstruit simultanément le sens du passé et du présent. Là encore, dans ce phénomène, les opérateurs analytiques (facteurs, dimensions, point de vue) rendent mal compte du processus. Ce moment où les temps se mélangent est le point d'origine à partir duquel le travail socio-historique va déployer, déplier en différenciant le présent du passé pour lui donner un statut autre que celui de miroir, seul à même, non de combler, mais de nourrir l' "attente".

L'appel à l'histoire ou à la philosophie, Thomas Kuhn l'avait remarqué dans *La Structure des révolutions scientifiques*, est une demande d'aide et de supplément de

⁴¹ - Georges BALANDIER, *Le détour*, Paris, Fayard, 1985, p. 7

sens. Il révèle l'existence d'un problème, d'une interrogation latente ou manifeste sur le devenir. Il y a plusieurs moyens de répondre à ce "besoin d'histoire". La discipline historiographique est trop marquée, dans beaucoup de ses réalisations, par la marque d'"histoire officielle" pour que notre initiative n'ait suscité l'attente d'une écriture hagiographique de l'histoire du CAUTRA. Bien souvent, dans les entretiens, nous avons rencontré cette attente et il est probable que nous n'ayons su y répondre, comme d'ailleurs à une autre attente manifeste qui serait de donner des clefs pour l'avenir.

En revanche, ce que nous espérons avoir montré avec ce texte est que l'histoire n'est pas un "supplément" ou une dimension externe destinée à combler un manque en temps de crise, mais une part active de l'activité technique. En cela nous reconnaissons une inspiration commune quand Bernadette Bensaude-Vincent invite les scientifiques à "gérer leur mémoire" :

"Il est temps enfin d'intégrer la construction historique comme une dimension de l'activité scientifique. D'où vient cette prétendue hétérogénéité entre activités scientifiques et historiques ? L'étude de la révolution chimique apporte quelques éléments de réponse (...). Cette étude montre qu'une théorie scientifique peut être envisagée comme une narration soignée, un récit organisé mettant en scène des faits et hauts faits accomplis par des personnages et des instruments. Que l'écrit scientifique évacue les détails des dures batailles livrées dans l'espace du laboratoire, les tribunes de l'Académie ou les colonnes de journaux, qu'il taise les intérêt en jeu ou les questions qui ont conduit à la bataille, cela est encore un choix narratif, un choix d'auteur. (...). Mais l'histoire n'a pas à être intégrée à la science, elle en fait partie. L'investigation scientifique n'est pas seulement un dialogue avec la nature. Elle est aussi et avant tout la gestion d'un patrimoine de connaissance, et d'outils de connaissances. Tout travail de recherche scientifique commence par un travail sur la mémoire (...). Plus qu'un mécanisme d'intéressement, sans effet sur la recherche proprement dite, l'histoire apparaît comme une trame des programmes de recherche. (...). Pourquoi la formation à la recherche ne comprendrait-elle pas un cours de gestion de la mémoire ? L'histoire y serait présentée non comme un film déroulant faits et découvertes suivant l'axe du temps avec de brillantes ruptures qui éliminent les erreurs pour faire triompher des vérités indiscutables, mais plutôt comme l'un des savoirs à maîtriser pour bien conduire sa raison dans les sciences. ⁴².

⁴²- B. BENSUADE VINCENT, *Lavoisier*, Paris, Flammarion , 1993.

Genèse et généalogie.

Le projet ambitieux de cette biographie a été de concilier la genèse et la généalogie. La genèse parle du processus, de la multiplicité, du temps des retours et des télescopages comme des réappropriations contemporaines du passé. Mais la généalogie dit l'accumulation, le sens (au sens de direction) et aussi la place de chacun dans la suite des générations. La genèse est le processus par lequel la généalogie se rejoue dans le lieu, l'instant même de la transmission où les bifurcations sont possibles. L'histoire, d'un côté, s'accumule, les objets techniques marquent de leur présence cette histoire cumulative. Mais la genèse, qui remet l'homme, périodiquement au plus près du chaos, est le processus par lequel la généalogie se construit.

CONCLUSION

Chacun sait qu'une introduction et une conclusion ont en commun d'être toutes deux écrites a posteriori. Et si la première dit la "méthode", c'est au sens que le sinologue Maurice Granet donnait à ce terme : "La méthode, c'est le chemin après qu'on l'ait parcouru"¹ Cette affirmation renvoie au caractère plus inductif que déductif de notre démarche même si ce cheminement ne prend sens que dans la mesure où il est nourri et qu'il enrichit à son tour un faisceau de problèmes et de concepts.

Dans cette perspective, la fonction d'une conclusion serait plutôt de traduire la manière dont cette traversée parfois risquée que devrait être toujours un travail empirique a pu transformer le regard de l'auteur et le conduire vers de nouvelles perspectives. Nous avons même la conviction intime qu'une des conditions de validation du travail empirique est bien qu'il a su altérer le regard, déplacer les points de vue initiaux. Pour aborder brièvement cette dimension essentielle, il convient sans doute de se demander en préalable sur quelle légitimité un cas comme celui du CAUTRA peut s'appuyer pour prétendre instruire le dossier, brûlant et controversé, de "la question de la technique" . Car ses "limites" peuvent sembler évidentes. Même si une panne du CAUTRA peut faire la "une" des journaux du soir, il ne s'agit pas d'un de ces grands systèmes techniques tel le téléphone, le train ou l'électricité ou même le Macro-système aéronautique dans son ensemble qui participent de façon évidente aux mutations culturelles en cours.

¹- Cité par Georges DUMEZIL, in *Mythes et dieux des Indo-européens*, Paris, Flammarion (coll. : CHAMPS- L'essentiel), p. 230.

Mais cette limite fait sans doute aussi l'intérêt éventuel de cette thèse. La taille relativement modeste du système étudié a permis, (tout en privilégiant la dimension institutionnelle du CENA considéré comme le point central à partir duquel se diffusait, sinon se décidait, l'invention) d'effectuer un tour d'horizon, non pas exhaustif, mais représentatif des différents acteurs, sources ou archives comme de rentrer, le plus avant possible, dans le contenu des objets techniques. Une autre "limite" est sans doute le caractère "hybride" de l'activité technique en question. Il ne s'agit ni de recherche technique "pure" (ni moins encore de science) mais bien d'informatique appliquée dans le contexte spécifique de l'aviation civile. Il n'est donc, pour ces raisons parmi d'autres, nullement dans notre intention de transformer l'histoire du CAUTRA en modèle ou paradigme aux résultats mécaniquement applicables dans d'autres secteurs technologiques. Il est probable que le même type que de "synthèse biographique" déboucherait ailleurs sur des résultats relativement distincts.

C'est donc avec toute la prudence requise que nous allons tenter, non de généraliser ou de globaliser nos résultats mais d'en évaluer la "portée", au sens où une voix porte et résonne, inégalement selon sa force et selon le paysage, et, parfois même, fait écho.

Figures du temps.

Notre histoire du CAUTRA est marquée par une attention toute particulière à l'hétérogénéité du temps ou, si l'on préfère, aux temporalités. La construction biographique nous a permis en effet de voir que le flux temporel n'est ni continu, ni uniforme, ni exclusivement irréversible. La première période, celle du "temps des pionniers" décrit un temps à la fois fluide, heureux (c'est le temps du gai savoir) et dense : elle concentre en effet presque tout ce que le CAUTRA comporte dans son fonctionnement actuel de singularité (par rapport aux systèmes analogues) et d'invention. Mais elle concentre également une série de problèmes, politiques économiques, voire philosophiques ou éthiques que l'on a pu retrouver, traduits et transformés, tout au long de l'histoire. De plus, dans cette période fondatrice le cours des choses reste largement indéterminé et l'on peut aisément y repérer les bifurcations qui auraient pu, à l'occasion d'une idée, d'une expérimentation ou d'un changement institutionnel conduire le système vers d'autres destinées. Avec "le temps des enjeux", nous avons mis en scène le temps de la crise. Loin de vouloir ou, mieux, pouvoir y assigner une "cause" ou une origine unique, nous avons montré comment des problèmes de natures hétérogènes sont venus progressivement infiltrer un terrain stable.

Le temps à l'oeuvre dans la crise est moins celui de la rupture brutale que celui de la percolation. Le "CAUTRA divisé" décrit le temps de la controverse, presque aussi long que celui de l'invention. Le CAUTRA connaît le décor maintenant familier pour les historiens des sciences et des techniques où deux figures rivales luttant pour l'existence et le pouvoir. La dernière figure proposée est celle d'un temps composite où le nouveau système pour s'imposer doit se mêler, emprunter un certain nombre d'attributs, "composer" avec l'ancien. . Le CAUTRA composite marque aussi le temps du compromis qui permet l'insertion du nouveau système et, pour un temps, la pacification de l'institution.

Ce que l'on peut également repérer est comment l'avenir se dérobe à l'emprise des ingénieurs. L'imprévu est au rendez-vous à chaque moment clé. Rappelons-le par deux exemples. Un trait essentiel de la première période est l'attention portée par les concepteurs au point de vue de l'utilisateur et à l'insertion progressive, "comme une greffe", de l'innovation. Mais c'est d'ailleurs qu'ont surgi les problèmes qui vont ébranler le cheminement tranquille du CAUTRA. Plus avant dans le temps, les responsables du futur système (le CAUTRA V) actuellement en cours de mise en oeuvre ont voulu "tirer les leçons de l'histoire" en prévoyant le nouveau système, non comme une discontinuité mais comme un but à atteindre par transformation par pièces successives du système précédent (ce qui est une forme d'institutionnalisation du phénomène "CAUTRA composite" qui leur avait été imposé bien malgré eux). Mais là encore les questions vives qui pourraient bien, aujourd'hui, susciter une nouvelle crise semblent, curieux retour de l'histoire, venir de là où on ne les attendait plus : de l'insertion "in vivo" des nouveaux automates, problème qui avait précisément focalisé l'attention des acteurs de la première période.

Ainsi avons-nous voulu décrire, avec un grain relativement fin, un processus qui ne colle pas avec le temps institué des progrès techniques. Le temps cumule, soit mais il devient multiple, revient en arrière, compose des éléments de différentes époques, se ressource aux éléments fondateurs qu'il traduit et réinterprète. Et l'histoire peut se lire comme une succession de carrefours que des événements imprévus peuvent faire bifurquer.

Le sens de l'histoire

Cette périodisation montre différentes figures du temps. mais elle ne s'interdit pas pour autant de changer d'objectif au sens photographique du terme et de proposer des clefs de compréhension du sens de l'histoire ou de l'évolution technologique. L'anthropologue Georges Dumézil a consacré toute son oeuvre à dégager une strate commune à ce qu'il appelle "l'idéologie tripartite" des peuples indo-européens commandée par trois fonctions. Ces dernières sont , dans le panthéon romain, incarnées par les figures de Jupiter (la religion), Mars (la guerre) et Quirinus (l'économique). En fait, elles renvoient à une constellation beaucoup plus nuancées que l'auteur décrit, par exemple, dans ces termes :

" Il est maintenant facile de mettre sur la première et sur la deuxième "fonctions" une étiquette couvrant toutes les nuances : d'une part, le sacré et les rapports soit des hommes avec le sacré (culte, magie) , soit des hommes entre eux sous le regard et la garantie des dieux (droit, administration), et aussi le pouvoir souverain exercé par le roi ou ses délégués en conformité avec la volonté ou la faveur des dieux, et enfin, plus généralement, la science et l'intelligence, alors inséparables de la méditation et de la manipulation des choses sacrées ; d'autre part la force physique, brutale, et les usages de la force, usages principalement mais non pas uniquement guerriers. Il est moins aisé de cerner en quelques mots l'essence de la troisième fonction, qui couvre des provinces nombreuses entre lesquelles des liens évidents apparaissent , mais dont l'unité ne comporte pas de centre net : fécondité certes, humaine , animale et végétale, mais en même temps nourriture et richesse , et santé, et paix - avec les jouissances et les avantages de la paix - et souvent volupté , beauté et aussi l'importante idée du "grand nombre", appliquée non seulement aux biens (abondance), mais aussi aux hommes qui composent le corps social (masse). Ce ne sont pas là des définitions a priori , mais bien l'enseignement convergent de beaucoup d'applications de l'idéologie tripartite"².

Comme l'a montré, en diverses parts de son oeuvre, Michel Serres, cette classification, à condition d'être nuancée et délivrée de son caractère figé et invariable, peut également être commode dans une perspective diachronique . Elle permet en effet un éclairage des **statuts successifs** du CAUTRA. Ce dernier en effet, sans jamais se défaire de la

²- DUMEZIL, op. cit.

recherche de l'efficacité intrinsèque à toute activité technique, voit se transformer non seulement son environnement matériel mais le système de valeurs dans lequel il se construit.

La première période est celle où l'activité de connaissance et d'invention semble la plus dense. Elle paraît habitée par le souci constant de veiller à une insertion en douceur de l'innovation dans le but de préserver la cohésion sociale du milieu où elle s'insère, cohésion considérée comme essentielle à la sécurité, clef de voûte de l'institution de la Navigation Aérienne. En outre, on a pu remarquer que le CAUTRA se tient encore relativement à l'écart des enjeux et du circuit économique. Tous ces traits correspondent assez bien aux attributs décrits par Dumézil de la première fonction. Mais la crise³ ouvre "le temps des enjeux", c'est-à-dire celui des "querelles" que l'on peut rapporter à la deuxième fonction. La dimension guerrière n'est pas seulement présente par le Plan Calcul qui marque, en France, la prise de conscience que la maîtrise de l'outil informatique est indissociable de la puissance nucléaire, mais par le climat troublé de l'institution. Le CAUTRA divise. Précisons que les métaphores guerrières utilisées pour caractériser cette période ("querelles", "citadelle assiégée", "guerre des systèmes", etc.) n'émanent pas de l'auteur de cette biographie mais bien des acteurs eux-mêmes. Enfin, nous avons pu observer l'irrésistible ascension de la troisième fonction : la dimension économique. Discrète dans le premier chapitre, elle marque son importance à l'issue de la crise et gonfle irrésistiblement à mesure que le système s'étend et croît. Elle a aujourd'hui une place plus importante encore à une période où les systèmes d'automatisation de la circulation aérienne doivent prendre en compte les lois concurrentielles de l'économie libérale. On remarquera au passage qu'à mesure que le système croît en importance, en coût et en acteurs humains engagés dans le processus, diminue l'invention.

La sécurité

Mais le processus de développement du CAUTRA comme, d'ailleurs, le fonctionnement de l'institution de la Navigation Aérienne dans son ensemble ne

³. Qui, à certains égards le lecteur attentif l'aura remarqué, est sacrificielle et ce sont bien les acteurs eux-mêmes et non l'interprète qui parlent de "bouc émissaire" ou de "curée".

peuvent se comprendre sans évoquer la place centrale de la dimension sécuritaire. Dans la classification de Dumézil, celle-ci relèverait plutôt de la première fonction, le religieux étant compris comme ce qui fait le lien entre les êtres, soude le collectif. L'impératif de la sécurité fonde historiquement l'institution de la navigation aérienne et lui donne son sens. On a pu voir, dans les événements relatés que le thème de la sécurité, toujours présent dans les débats semble à certaines périodes relégué à une place subalterne par rapport à d'autres impératifs. Mais en dernière analyse, il apparaît tout au long de l'histoire comme l'instance qui, périodiquement, tempère les conflits, impose les compromis, oblige à un relatif consensus, règle les dénouements. Tel un rappel à l'ordre fondamental, le retour périodique de l'impératif sécuritaire fait résonner ce qui reste la raison d'être et l'ultime condition d'existence de l'institution : un ciel sans collision.

Cette permanence, ou récurrence, peuvent nous aider à rendre intelligible l'étonnement ressenti au cours de notre enquête sur le phénomène d'innovation technologique dans le monde du contrôle aérien. Les préoccupations avancées par les ingénieurs (et nous parlons bien des **concepteurs-techniciens** et non des ingénieurs ayant emprunté des trajectoires plus politiques) au cours des entretiens, comme dans leur pratique (et c'est un des paris essentiels de cette thèse que d'avoir su le montrer), nous ont semblé atypiques par rapport aux analyses sociologiques usuelles sur un "esprit ingénieur" qui serait essentiellement tendu par le désir de rationaliser et de dominer le monde. Leur attention au "facteur humain", aux réactions des utilisateurs face à l'innovation nous a semblé contraster par exemple par rapport aux représentations qui semblent dominer les discours de leurs collègues, de formation et de niveau analogues, oeuvrant dans un domaine proche : l'avionique⁴.

Il se n'agit pas de brosser ici un tableau idyllique de relations pacifiées entre concepteurs et usagers. Nous avons abondamment illustré combien l'institution de la navigation aérienne était un monde marqué par les querelles, la rivalité entre les différents corps professionnels et où les problèmes sociaux pouvaient mener, plus ou moins directement, aux conséquences les plus dramatiques (la catastrophe de Nantes par exemple). Mais cet exemple, associé à d'autres, pourrait sans doute suggérer que l'apaisement de la violence et de la fureur qui agitent en permanence notre monde ne

⁴- Sur ce point , voir les analyses contrastées de Victor Scardigli sur les représentations des concepteurs d'avion et notre propre travail sur la conception "en train de se faire" sur les évolutions contemporaines du système de contrôle.

passe pas par la réalisation de l'utopie (cybernétique par exemple) d'un monde éternellement pacifié, mais par la régulation de la violence par l'institutionnalisation, la canalisation, voire la ritualisation des conflits. Il vaut mieux des relations conflictuelles et reconnues comme telles que pas de relations du tout. Le statut particulier des techniques dans le monde que nous avons décrit n'est pas d'être consensuel mais bien au contraire d'être l'objet explicite de controverses, de rejets, de négociations et, finalement, de compromis. Il s'agit moins encore de dresser le tableau indifférencié (les contrôleurs restent les contrôleurs, les électroniciens les électroniciens, l'encadrement et les concepteurs les concepteurs) des membres et corps de l'institution. Bien au contraire : la nature singulière de la structure d'autorité ou coexistent un pouvoir hiérarchique et un pouvoir symbolique (qui pourrait renvoyer à la séparation usuelle entre pouvoir temporel et pouvoir spirituel) produit cette situation particulière où, pour exister, un objet technique doit faire l'objet d'un consensus toujours menacé mais qui doit impérativement être trouvé du fait de l'exigence de la sécurité. La dimension sécuritaire est donc, de notre point de vue, un **régulateur** du fonctionnement interne de l'institution en général et du développement des techniques en particulier⁵.

Des ingénieurs face à l'inconnu.

Issue des rêves et des mythes les plus anciens et divers, mais née des sciences et des techniques, la "civilisation du ciel" est un des produits les plus homogènes de la culture technicienne qui a transformé cet élément plein de mystères et de dangers pour l'humain, en un espace le plus rationnel et prévisible possible. Le CAUTRA s'insère dans cette tendance et la perspective à long terme du mouvement d'automatisation auquel il participe serait de déléguer, pour la sécurité sans doute, la plus grande part possible du fonctionnement du Macro-système aéronautique à des opérateurs machiniques, en l'air comme au sol. Or on peut aujourd'hui percevoir un effet de seuil dans cette tendance. La figure du ciel comme représentation privilégiée du mystère et de l'inconnu, progressivement écartée par (ou enfouie sous) la réussite incontestable et foudroyante des techniques et des institutions aéronautiques semble effectuer un retour aux

⁵-Bien que le concept de régulation renvoie de façon privilégiée aux théories libérales, il ne s'agit pas dans notre perspective d'une quelconque "main invisible" , sorte de loi naturelle dans cette formation éminemment culturelle qu'est l'économie, mais bien d'un fondement institué dans l'histoire et dans la société.

marges des préoccupations institutionnelles. L'extension du réseau, sa complexification, l'usage de plus en plus massif des transports aériens, l'encombrement du ciel, le caractère de plus en plus strict de l'impératif sécuritaire semblent conférer une nouvelle forme de fragilité au système dans son ensemble et tempérer le rêve d'un univers mécanisé, à probabilité nulle de risque grâce au règne sans partage des machines et des automates. De plus en plus d'acteurs semblent prendre conscience, parfois dans enthousiasme d'entreprendre une nouvelle aventure, mais le plus souvent dans la dénégation ou l'inquiétude, que le réel n'est pas seulement rationnel et prévisible et qu'il reste, de parts en parts indécidable et indéterminé. Les accidents comme les incidents en l'air comme au sol montrent non seulement que l'erreur est constitutive de l'humain, mais aussi des machines (et notamment des logiciels) élaborées par des hommes. Les sciences cognitives ne parviennent pas, malgré leurs extraordinaires avancées, à transformer les opérateurs en de "supers calculateurs", ni les calculateurs en des surhommes. Ils prennent conscience que le temps qui passe comme le temps qu'il fait résistent vaillamment à se laisser réduire dans des modèles formels.

Ces limites issues de la nature du réel mais aussi de la propre progression de l'activité technique incitent un certain nombre de responsables à poser la question de l'avenir en intégrant une notion souvent absente du discours "standard" des ingénieurs : l'inconnu. Comme l'impératif sécuritaire a conduit le Macro Système des transports aériens à transformer le ciel, libre et indéterminé, en espace balisé et maîtrisé, il invite aujourd'hui un certain nombre de responsables éclairés à intégrer dans leur projection et leur préparation de l'avenir les dimensions de l'erreur, du faillible et de l'inconnu.

C'est peut-être le sens de ce que nous avons appelé "le devenir" qui a poussé les différents "chefs" du Centre d'Etudes de la Navigation Aérienne, à poser, chacun à leur manière, avec leur voix singulière et à un moment ou un autre de leur trajectoire professionnelle, le problème de l'automatisation du contrôle aérien en y intégrant la dimension "éthique". Jacques Villiers, consacre aujourd'hui sa retraite à penser, avec le recul que lui permet cette position, les problèmes techniques dans des termes plus philosophiques. Dans cette perspective, il appelle de ses vœux l'advenue d'une nouvelle discipline : "*l'humanique*". On reconnaît dans ce concept paradoxal l'influence des théories cybernétiques et un commerce entretenu de longue date avec les sciences cognitives. Mais de ces dernières, il retient surtout celles qui cherchent une "cohabitation" respectueuse de l'homme et de ses singularités et des automates.

"L'approche du problème resterait toutefois trop réductrice si elle ne prenait l'homme en compte que dans ses dimensions cognitives. Ses performances effectives sont considérablement influencées par son état d'esprit de l'instant, par son état de santé, voire par son "état d'âme" et bien entendu aussi par son environnement et par la nature et l'enchaînement des problèmes auxquels il doit faire face. Sans se laisser aller à un "humanisme primaire" trop facilement galvaudé, il est bon cependant de rappeler que la machine doit être conçue et faite pour l'homme et non le contraire. (...) Mais l'homme doit être pris non seulement dans sa dimension cognitive, mais aussi dans toutes ses autres dimensions psychologiques, sociologiques et sociales" ⁶.

Nous avons longuement évoqué la conception singulière que Dominique Alvarez a développé, à partir de sa pratique d'ingénieur et sans jamais vouloir sortir de ce rôle, sur les relations homme-machine et la notion d'expérimentation.

Enfin, le dernier responsable en date du destin du CENA, Jean-Marc Garot, pose explicitement le problème du devenir de l'automatisation, en termes éthiques :

"Je crois avoir montré que pour moi le problème majeure n'est, ni la capacité, ni le coût mais la sécurité, et surtout la situation peu saine dans laquelle sont placés les contrôleurs face à cette sécurité. L'automatisation du contrôle du trafic aérien devrait donc avoir un but éthique : réconcilier les opérateurs avec une mission psychologiquement acceptable. Le résultat en serait une amélioration de la sécurité et, par voie de conséquence, de l'efficacité (capacité et coût)" ⁷.

Ces ingénieurs pourtant, avec toutes leurs qualités, ne sont pas des être exceptionnels. Formés à l'Ecole Polytechnique, pris dans des réseaux de pouvoir auxquels ils participent, ils recherchent à résoudre les problèmes qui leur sont posés le plus rationnellement possible et, comme leur formation et leur fonctions les y invitent, en termes techniques où ils se sentent d'ailleurs, comme leurs pareils, plus à l'aise. Mais l'impératif sécuritaire les a incités à intégrer dans leur réflexion des dimensions étrangères à la sphère technique : l'avenir comme inconnu, le monde comme emprunt

⁶- J. Villiers, L'homme face aux systèmes techniques complexes. Plaidoyer pour "l'humanique", in *Futuribles* n° 167, juillet-août 1992, p. 120-121.

⁷- J.M. GAROT, "De l'influence des séparations radar sur le comportement des contrôleurs", in *Colloque L'Encombrement du ciel*, op. cit.

de mystère et une position éthique comme seule réponse "rationnelle" aux limites qu'ils rencontrent dans leur maîtrise scientifique et technique.

C'est sans doute dans cette ultime perspective que réside, à nos yeux en tout cas la "portée" essentielle du cas que nous avons traité. Car n'est-ce pas, dans une certaine mesure les questions de notre sécurité et du maintien de notre existence et de notre humanité dont traitent tous les comités éthiques qui prolifèrent aujourd'hui dans tous les domaines. Mais la limite de ces dispositifs est de vouloir exercer un contrôle ou une influence a posteriori. Il nous semble au contraire qu'un changement de tendance passe par la prise de conscience des ingénieurs, individuelle et collective, des limites de monde. Ce qui pourrait donner un rôle important aux travaux du type de cette biographie du CAUTRA qui a, nous l'espérons, montré qu'aucune description empirique ne devrait s'interdire de déboucher sur des questions philosophiques.

LISTE DES PRINCIPAUX SIGLES UTILISES.

ATC	: Air Traffic Control
ATM	: Air Traffic Management
CAG	: Circulation Aérienne Générale
CAUTRA	: Coordinateur Automatique du Trafic Aérien
CENA	: Centre d'Expérimentation de la Navigation Aérienne devenu Centre d'Etudes de la Navigation Aérienne.
CCR	: Centre de Contrôle Régional
CETERNA	: Centre de Tests, d'Expérimentation et de Recherches de la Navigation Aérienne (projet non réalisé)
CFMU	: Central Flow Management Unit
CII	: Compagnie Internationale Informatique
COPEP	: Commission Permanente de l'Electronique du Plan
CORTA	: Cellule d'Organisation et de Régulation du Trafic Aérien
CRNA	: Centre Régional de la Navigation Aérienne
D G I	: Délégation Générale à l'Informatique
DGAC	: Direction Générale de l'Aviation Civile
DNA	: Direction de la Navigation Aérienne
DRAC	: Direction Régionale de l'Aviation Civile
ENAC	: Ecole Nationale de l'Aviation Civile)
FAA	: Federal Aviation Administration
FMGS	: Flight Management Guidance System
FMS	: Flight Management System
GPS	: General Problem Solver
IAC	: Ingénieurs de l'Aviation Civile
IEEAC	: Ingénieurs d'Etude de l'Aviation Civile
IFF	: Identification Friend or Foe
INA	: Ingénieur de la Navigation Aérienne
LTR	: Langage Temps Réel
MICUP	: Méthode par Interaction Constante des Unités Programmées
MST	: Macro Système Technique
OACI	: Organisation Internationale de l'Aviation Civile
OCCA	: Officier Contrôleur de la Circulation Aérienne
PATATRAC	: Procédé Automatique de Traitement, Analyse et Tri des Alertes "filet de sauvegarde" du CAUTRA
PC	: Premier Contrôleur
PLN	: Plan de VOL
SABRE	: Semi Automatic Business Related Environment
SAGE	: Semi Automatic Ground Environment

Biographie du CAUTRA

SCTA	: Service du Contrôle du Trafic Aérien
SDS	: Scientific Data System
SEMA	: Société d'Economie et Mathématiques Appliquées
SENIT	: Système de défense anti-aérien de la Défense Nationale
SGAC	: Secrétariat Général à l'Aviation Civile
SNAé	: Service de la Navigation Aérienne
SSII	: Sociétés de Service en Informatique
STNA	: Service Technique de la Navigation Aérienne)
STPV	: Système de Traitement Plan de Vol
STR	: Système de Traitement Radar
STRIDA	: Système de Traitement Radar Intégré Défense Aérienne
TRAPE	: Test de Recherche d'Anomalie Pénalisante en Exploitation

BIBLIOGRAPHIE

1 – SOURCES TECHNIQUES : RAPPORTS ET NOTES

ALVAREZ D.

- *Principes directeurs réglant les relations entre centres de contrôle*, R. CENA 69-04, 1969
- *Etude sur l'évolution des liaisons ATS*, R. CENA 69-07, juin 1969
- *Considérations sur l'évolution du système ATC*, R. CENA, août 1972
- *Relations entre le CENA et les centres d'exploitation dans le cadre de l'automatisation du contrôle*, R. CENA, 1973
- *Activation des vols entrants*, R. CENA 74-14, 1974
- *Remarques de fond sur les rapports SESA et ECA Automation*, N. CENA 74-26, 1974
- *Problèmes relatifs au stripping*, R. CENA 74-35, août 1974
- *La vie du PLN dans le système CAUTRA. Evolution vers le système CAUTRA IV*, R. CENA 74-37, 1974
- *Le CENA, son programme de travail et ses problèmes*, R. CENA 75-15, mai 1975
- *Bilan de l'activité CAUTRA en 1978*, N. CENA, 1978
- *Perspectives de durée de vie des calculateurs CII 10070 du point de vue de la puissance*, R. CENA 78-07, 1978
- *L'apport de l'informatique à l'évaluation des systèmes ATC*, N. CENA 79095, 1979
- *Rapport d'activité du CENA*, R. CENA 80-03, 1980
- *Le programme de travail du CENA pour la période 1981-1982*, R. CENA 81-0, janvier 1981

ALVAREZ D, AZEMA D, *Méthodologie de test du système CAUTRA*, R. CENA 77-21, 1977

ALVAREZ D, CANDILLIER C, GAROT J.-M., *Solution intérimaire pour le CAUTRA*, R. CENA 76-20, 1976

ALVAREZ D., GAROT J.-M, *Le traitement radar dans le système CAUTRA IV*, N. CENA, 74-28, juillet 1974

ALVAREZ D., VACHIERY, *Visite aux Etats-Unis de Messieurs Alvarez et Vachiéry*, DGAC 21N44, mars-avril 1960

- ANGELINI et JANTON, *Rapport concernant le futur CCR Nord*, R. CENA, Avril 1967
- APCA, *Le livre blanc du contrôle aérien français - Association Professionnelle de la Circulation Aérienne*, mars 1989
- AZEMA Daniel,
 - *Présentation du CAUTRA*, novembre 1989
 - *Evaluation de la capacité mémoire du CAUTRA III*, R. CENA 77-06, 1977
- BERTIN M. et NOBEL J., *Rapport de synthèse, expérimentations et évaluations STRIP*, R. CENA 77-12, 1972
- BISSERET A., *Note sur la formation globale du contrôleur de la Navigation Aérienne*, R. CENA, février 1969.
- BISSERET A., NOBEL J., *Le préavis de coordination et la charge instantanée du système de contrôle*, novembre 1973
- BOUTIN P., VALIN J.-Y., *Les relations hommes-machines dans les systèmes automatisés. Cas du contrôle de la circulation aérienne*, N. CENA, 78031, 23/03/1978
- CALVET M.,
 - *Le PLN scope (banc de test Plan de vol)*, R. CENA 77-02, décembre 1976
 - *Rapport de la mission d'information aux USA sur les systèmes d'information aéronautiques de la FAA*, R. CENA 79-25, 1979
- Rapports CENA anonymes,
 - *Rapport sur une première expérimentation du système d'introduction des modifications par télévision*, CENA, 1961
 - *La politique de la Direction de la Navigation Aérienne en matière de modernisation du contrôle de la circulation aérienne*, janvier 1964
 - *Automatisation du contrôle de la circulation aérienne, choix d'un nouveau calculateur pour le CCR Nord*, mars 1964.
 - *Traitement des PLN d'après les horaires compagnies*, N. CENA 10-24, 18/05/1967
 - *Pourquoi un langage évolué ASTRE*, N. CENA 72-02, 1972
 - *Procédure de relevé des incidents CAUTRA*
 - *Rapport CENA Choix d'un nouveau calculateur*, CENA 1964
 - *rapport CENA, 7440, L'automatisation du contrôle de la circulation aérienne – Le système CAUTRA*, CENA 1974
 - *Procédure d'emploi du DIGITATRON*, N. CENA 72-37, 1972.
 - *La procédure Inter-CAUTRA et ses dérivés*, R. CENA 77-23 - *Résultats de la première évaluation opérationnelle du message Act*, R. CENA, avril 1978
 - *Analyse des coordinations intersecteurs dans les centres de contrôle*, R. CENA 78-19, 1978
 - *Analyse des coordinations Intercentres français dans les centres de contrôle en route*, R. CENA 79-19, décembre 1979
 - *Le système actuel, (CAUTRA II)*, CENA
 - *La part de responsabilité de la CII dans les incidents CAUTRA*, N. CENA 7125, 1971
- DGAC (1G627) *Rapport de synthèse de la commission des sages*, 1984
 - (1G 629) *Relations entre le CENA et les CRNA*, 1978-1983
 - (54 N 104) *Travaux "Automatisation des CCR"*
 - (54 N 6) *Amélioration et installation des calculateurs*, 1973
 - (1N66), *CRNA Sud Ouest : automatisation du contrôle*, 1972
 - (1A474)(3) *Calculateurs électroniques : présentation au Ministre : mise en service, 1959-1961*

DNA,

- *Projet spécifications provisoires d'un langage temps réel* LTR CENA 07/12/1967
- *Recherche scientifique et technique*, 1966-1967-1968 Ministère de l'Équipement, 1968
- *Rapport d'une mission d'information sur le système CAUTRA EUROCONTROL Division E2*, décembre 1970
- Cinq comptes-rendus de la réunion du groupe "Amélioration, efficacité et sécurité du fonctionnement des services", 4 /06 -12/06 - 21/06 - 05/07 - 24/09 /1974
- *Rapport d'avancement sur les travaux du groupe Amélioration de l'efficacité et de la sécurité du fonctionnement des services de la Navigation aérienne*, 05/07/1974

DUJARDIN C., PATATRAC., *Procédé automatique de traitement, analyse et tri des alertes "filet de sauvegarde" du CAUTRA*, R. CENA R/80-20, août 1980

DUJARDIN C., PRINTEMPS A.,

- *Évaluation opérationnelle du filet de sauvegarde au CRNA-Nord*, R. CENA 78-12 avril 1978
- *Filet de sauvegarde. Recherche d'une utilisation optimale de la poursuite radar du système CAUTRA*, CENA, mars 1977
- *Évaluation opérationnelle du filet de sauvegarde au CRNA-Nord*, R. CENA 78/12 juin 1978
- *Recherche d'une utilisation optimale de la poursuite radar du système CAUTRA*, R. CENA 7714, 1977
- *Expérimentation du filet de sauvegarde*, R. 7729/1977
- *Description sommaire des principales fonctions du CAUTRA III*, R. CENA 76/0623/02/1976

DUJARDIN C, GONNORD C., PRINTEMPS A., *Rapport d'expérimentation du filet de sauvegarde*, R. CENA 7729, 1977

ECA Automation

- *Évaluation critique du système automatisé du contrôle de la circulation aérienne, (CAUTRA)- Proposition technique* 1974
- *Étude relative au système*, CAUTRA, février 1974

ENARD Cl., RENAUD J.-L., *Le codage des informations concernant les niveaux de vol sur les strips*, R. CRTP, juin 1966

EUROCONTROL, *Mission d'information sur le CAUTRA III*, Eurocontrol, 1970

FALZON P., *Analyse de l'utilisation des visualisateurs analogiques et synthétiques*, R., CENA 80-14/1980, 1980

FRON X., GOUBERT J., MALESCOT D., *Expérimentation en trafic réel de l'extension en FIR du filet de sauvegarde*, R. CENA 8109, mars 1981

GARNIER, *Compte-rendu des journées d'électronique*. Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne, N. CENA 7403614-17, octobre 1974

GAROT J.-M.,

- *Pour une stratégie de la recherche dans le domaine de l'automatisation de l'ATM*, CENA, 92707, novembre 1992
- *Compte-rendu de la coopération FAA, DGAC. (1985-1986)*, 31/03/1987
- *Les outils développés pour l'évaluation du traitement radar*, N. CENA, 79091, 1979

- *Propositions pour l'élaboration d'un traitement radar autonome*, R. CENA, 740490, 9/12/1974
 - *Remarques sur le choix d'un sous système de traitement radar et propositions*, N. CENA 4702409/10/1974
 - *Quelques remarques sur les spécifications du système de traitement radar CAUTRA IV*, N. CENA 79030, mars 1979
 - *Le traitement radar dans le système CAUTRA III*, R. CENA 74, 1^{er} janvier 1974
 - *Le traitement radar*, N. CENA 73-43, avril 1973
 - *Plan d'étude pour une nouvelle génération de la chaîne du radar secondaire*, N. CENA 77048
- GAROT J.-M. et MOLL Ch., *Analyse de l'information radar par ordinateur*, R. CENA 74-8
- GOUBERT J., HALLIEZ B., LE GUILLOU M., NOBEL J., *Analyse des performances des digitatrons actuels*, R. CENA 81-12, 1981
- GRENIER, *Automatisation expérimentale du CCR Nord*, SNA, 323/12/1960
- HALLIEZ B., LE GUILLOU M., *Rôle du strip dans les centres de contrôle en route*, R. CENA 79-18, 1979
- LANSALOT BASOU, *Equipement d'automatisation des CCR (DNA/D 60726/12/1968)*
- LEWDEN L., et VILLIERS J., *Mission aux Etats-Unis*, R. CENA, mai 1965
- MALESCOT D., *Description des algorithmes de l'extension en espace inférieur du filet de sauvegarde*, R. CENA 81, 20 juin 1981
- MARTIN-GARIN S., *Détermination d'une norme de séparation radar pour Brest*, N. CENA 8009, 4 octobre 1980
- MEYNARD J., *Centre Régional de la Navigation aérienne Sud-Ouest, 1970-1990*, Bordeaux, 1990.
- MONNIER A., *Esquisse d'un schéma directeur de la Navigation aérienne*, DNA 3
- NOBEL J. et BOUCHY B., *Etude sur le classement des strips sur les tableaux de progression du CRNA Nord*, R. CENA 77-15, 1977
- NOBEL J. et SOUCHELEAU, *L'efficacité du système de contrôle en route américain*, R. CENA 73-81/1973
- NOBEL J., VALIN, *Quelques aspects du système de contrôle aux Etats-Unis*, R. CENA 76, 23 décembre 1976
- Note du Secrétaire Général de l'Aviation Civile pour Monsieur le Ministre des Transports, 30/01/1961
- PRINTEMPS A.,
- *Etude d'une poursuite en altitude adaptée au filet de sauvegarde*, R. CENA 78-21, 1978
 - *Les études entreprises par le CENA en matière de détection de conflits*, N. CENA 76016, 16/02/1976
 - *Expérience opérationnelle d'utilisation du filet de sauvegarde*, N. CENA 79093, 1979
 - *Les programmes anti-collision en cours aux USA*, R. CENA 76/22, 1976
 - *Evaluation du système CAUTRA*, Annexes techniques, avril 1974
 - *Etude pour le traitement automatique des plans de vol dans les ordinateurs du CAUTRA*, 30 mars 1968
 - *Evaluation à long terme du système CAUTRA*, mars 1974
 - *Evaluation du système CAUTRA*, 5 février 1974
- SEMA (Département SACS) *Choix d'un langage temps réel*, 15/03/1968

- SOUCHELEAU, *Examen de la conception du centre de contrôle mixte de Karlsruhe*, CENA, octobre 1972
- SPERANDIO J.-C.,
- *Quelques interviews menées auprès des contrôleurs du CCR Nord sur la fiabilité du CAUTRA*, N. CENA 7117, juillet 1971
- URIOS, *Le banc d'essai Radar*, R. CENA 77/13, 1977
- USAC-CGT., *Document à la base de la contribution de l'USAC-CGT aux travaux de la commission des sages*, TRAC 1G6, 25 mai 1984
- VALIN et NOBEL, *Rapport de mission aux Pays-Bas, Le centre de contrôle en route de Maastricht*, R. CENA 78-01, 1978
- VILLIERS J., *Quelques applications des calculateurs arithmétiques au contrôle de la circulation aérienne*, N. SNA 1959
- *L'expérimentation CAUTRA au CCR de Paris*, CENA, 1961
 - *Considérations générales sur l'automatisation de l'ATC*, février 1963
 - *L'approche française de l'automatisation du contrôle aérien*, SGAC, 1964
 - *Sciences humaines et aviation civile*, R. d'orientation DGAC 41T144, 1977
 - *Le contrôle de la circulation aérienne en route, le mur de la capacité*, 1989
 - *L'intelligence artificielle dans le contrôle de la navigation aérienne*, 1986
 - *Note sur le Centre d'Expérimentation de la Navigation aérienne*, CENA, 1964
 - *Essai sur l'évolution du contrôle de la circulation aérienne en route*, R. CENA, Juin 1968
 - *L'informatique de la Direction de la Navigation Aérienne*, Note de travail n°4 pour la commission des sages IGACEM DGAC IG626, 05/05/1984
 - *Quel avenir pour l'automatisation du contrôle de la circulation aérienne ? 1992. CAUTRA 2000. Un projet mobilisateur pour l'automatisation du contrôle de la circulation aérienne des années 2000*, 1988
- ANONYME,
- *Compte-rendu sur un Echange de vues sur l'automatisation du contrôle de la circulation aérienne*, 6/7 janvier 1961

2 – ARTICLES ET OUVRAGES PUBLIÉS SUR LA QUESTION

- ALVAREZ D., "Évolution de la structure du système CAUTRA, Aide automatique au contrôle de la circulation aérienne", *Journée d'étude de l' AFCET, Div. A-I, Comité des transports*, Paris, AFCET 1979, 6/12/1979
- ANDLAUER L. et COURTAUD G., *Les techniques de la navigation aérienne*, Paris, Puf (Que sais-je ?) 1978
- BISSERET A., "Facteurs humains dans le développement d'un système hommes-calculateur", *Bulletin du CERP, XVII n°3*, pp. 153-169, 1968
- BRIMEUR D., FERRY V., PELLISSIER B. et SUEL M., *Regards sur l'aviation civile*, Toulouse, Cépaduès Edition, 1992
- CALVET M.,
- "Le plan de vol dans le système CAUTRA 3", *Revue Air Nav*, 1974
 - "Les concepts généraux du système CAUTRA III", *Revue Air Nav*, 1974
- CARPENTIER H.,
- *Le radar*, Paris, Puf/Que sais-je ? 1987
 - "Le CAUTRA et ses fonctions annexes", *Revue du SGAC*, 1968
- DACHARRY M., *Géographie du Transport Aérien*, Paris, Librairies techniques, 1981

- DOMOGOLA Ph., "Le rôle du contrôleur au XXI^e siècle : prestataire de services ou empêchement de tourner en rond", in *Actes du forum international "La congestion du ciel : les enjeux du XXI^e siècle"*, pp. 175-185, Paris, AAA, 1994
- DROBYCHEFF M., "Les bâtisseurs du contrôle", *Revue Control*, n° 65,
- DUBEY G.,
- *Dans les coulisses du ciel*, CETCOPRA, Université Paris I, 1994.
 - "L'apprentissage de la conduite automobile par la simulation, une étude critique", Rapport DRAST, Paris, juin 1993
- DUJARDIN C., "Tendance de l'automatisation dans les transports", "L'homme et les automatismes", *Journée d'études de l'AFCEP* : 20 mars 1980, AFCEP, 1981,
- FIELD A., "International air traffic control. Management of the world's airspace", New York, *Pergamon Press*
- GAILLARD I., "Analyse de l'activité et des savoir-faire d'opérateurs experts". "*Le cas des contrôleurs aériens lors du changement de la position de contrôle*". Thèse d'ergonomie, Université Paris Nord, 1992
- GAROT J.-M., "Le contrôle du trafic aérien en Europe : et si tout le monde se trompait", *Le transpondeur*, n° 9, p. 3-6, Toulouse, ENAC, 1993
- "Automatisation de l'ATC- ses limitations - le couple homme-machine", in *Actes du forum international - "La congestion du ciel" : les enjeux du XXI^e siècle*, p. 101, Paris, AAA, 1994
 - "Le traitement radar du CAUTRA III", *Revue Air Nav*, 1974
- GOULUT M., "Les liaisons inter-CAUTRA" *Revue Air Nav*, 1974
- GRAS A.,
- "L'interface pilotage automatique – contrôle aérien. Le cas Airbus 320" in (Coll.) *Facteurs socio-culturels et dimensions imaginaires dans la diffusion des techniques de pointe : une comparaison France-Brésil-Suède*, "Rapport PIRTTEM", octobre 1986
 - "Sur la terre comme au ciel : l'aéronautique entre les mathématiques supérieures et le jeu de tennis", in *L'imaginaire des techniques de pointe – au doigt et à l'oeil*, pp. 115-133, Paris, L'Harmattan (Logiques sociales), 1989,
 - "Le contrôle aérien comme grand réseau", in revue *Réseau*, 1991
- HOUSSIN J., *Collisions*, roman non publié, 1993
- HUBERT J., *Chronique de la Navigation Aérienne*, Editions de l'Ecole Nationale de l'Aviation Civile, Toulouse, 1987
- JACQUARD P., "La régulation du trafic aérien - Caractère spécifique et évolution en Europe", in *Actes du forum international, "La congestion du ciel : les enjeux du XXI^e siècle"*
- JURAN A., "Le moniteur temps réel du système CAUTRA III", *Revue Air Nav*, 1974?
- LAVOREL L., "Le contrôle aérien : qualification, formation, statut", *Formation emploi* n° 37
- LEMOINE G., "Premier volet sur l'automatisation" in *Rend-compte* (bulletin de la section d'entreprise de l'USAC-CGT du CRNA Nord), février 1968
- MAIGNAN G., *Le contrôle de la circulation aérienne*, PUF/ Que sais-je ? Paris, 1991
- MONTAGNER B., "La notion de service public en Europe à travers l'exemple de l'électricité", *D.E.P.S.*, Paris, 1993
- MORICOT C., "Les contrôleurs aériens et le rapport à la norme", *Actes du séminaire Public de l'enseignement à distance*, 1992
- MULLER E., "Un aspect du traitement de l'information radar pour le contrôle de la circulation aérienne", Journée d'étude de la 9^e section de la *SFER*, 4 février 1968

- PATTERSON T.T., *Moral in War and Work : an experiment in the management of men*, London, MAX PARRISH
- POIROT-DELPECH S. L. ,
- Icare et l'oiseau mécanique, *Alliage* n° 6, 1991
 - "Les rendez-vous du contrôle aérien", in *Actes du forum international "La congestion du ciel : les enjeux du XXI^e siècle"*, p. 185-201, Paris, AAA, 1994
 - "Le contrôle aérien comme espace auto-institué", *Journées "Langage et travail"*, à paraître, L'Harmattan, 1995.
- PORET E., "*J'étais aiguilleur du ciel*", *Mémoires d'un contrôleur aérien*, 1993
- PRINTEMPS A., "Conception française de la prévision des conflits, le filet de sauvegarde", *Colloque international sur les systèmes électroniques d'aide à la navigation aérienne*, Paris, novembre 1977
- ROSSIGNOL G., "Les liaisons STRIDA-CAUTRA", *Revue Air nav*, 1977?
- SHAPIRO D.Z., HUGUES J.A., RANDALL D., HARPER R.,
- *Visual representation of data bases information. The flight data strip in ATC*, Lancaster University, 1989.
 - *Faltering from ethnography to design*, HRS, 1992.
- SISKIND P., "*Les mouvements sociaux dans le contrôle de la circulation aérienne, Le cas de la crise de février-mars 1973*", Mémoire de DEA, CETCOPRA – Paris I, octobre 1992
- SPERANDIO J.-C., *Charge de travail et variations des modes opératoires*, Thèse présentée devant l'université de Paris V, Paris, 1973
- SVOTOC N., "*Non technical training for techocrats resource management at canadian airlines*", p. 505-512 in *Automation and systems issues in Air Traffic control*, John A. Wise, V. David Hopkins, Marvin L. Smith, (ed.) in NATO ASI series, Computer and system sciences, Vol. 73, 1991
- VILLATE, "La technique", "Rencontre-compte", *bulletin de la section USAC/CGT du CRNA Nord*, février 1968
- VILLIERS J.,
- "Le contrôle de la circulation aérienne sur l'Atlantique Nord et ses relations avec la précision de navigation et la capacité du système de télécommunications" (perspectives 1970-1980) in *Navigation*, n° 63, 3^e trim. 1968
 - "Perspectives pour le contrôle de la circulation aérienne dans les phases avancées d'automatisation : La méthode des filtres", in *Navigation*, n° 61, 1^{er} trimestre 1968.
 - "L'intelligence artificielle dans le contrôle de la circulation aérienne", *ITA Magazine* n°43, Mai – juin 1987
 - "Concept of a Real Time System Automating Air Traffic Control", *Actes du Congrès de l'IFIP*, Wayne A. Kalenich IBM Corporation, 1965
 - Le "mur de la capacité". L'avenir du contrôle de la circulation aérienne en Europe", *ITA Magazine* n°59, janv.- fév. 1990
- WESTRUM R., "*Information and Consciousness*" in ATC, in J. Wise et al., *Automation and Systems Issues in ATC*, op. cit.
- WIENER J., "Souvenirs d'Eugène Poret, les trente premières années du contrôle aérien", in *DGAC info* n° 248 pp. 32-35, novembre 1992
- WISE J.A., HOPKIN V.D., SMITH M.L., (ed) "*Automation and systems issues in Air Traffic Control*", *NATO ASI Series*

3 – BIBLIOGRAPHIE GÉNÉRALE

- AKRICH M., "Comment décrire les objets techniques ?", *technique et culture* n° 9, 1987
- ANSART P., *Les sociologies contemporaines*, Points Seuil, 1990.
- ARON R., *Les étapes de la pensée sociologique*, Paris, Gallimard, 1967
- ARSAC J., *Les machines à penser*, Paris, Le Seuil, 1987
- AUGÉ M., *Non-lieux, Introduction à une anthropologie de la surmodernité*, Paris, Seuil (Librairie du XX^e siècle), 1992
- BACHELARD G. ,
– *La formation de l'esprit scientifique*, Paris, Vrin, 1984
– *L'activité rationaliste de la physique contemporaine*, PUF 1985
- BALANDIER G.,
– *Le détour - Pouvoir et modernité*, Paris, Fayard, 1985
– *Le désordre*, Paris, Fayard, 1988
– *Le dédale – Pour en finir avec le XX^e siècle*, Paris Fayard, 1994
- BARTHES R., *Mythologies*, Paris, Le Seuil (Points), 1957
- BATAILLE G., *Théorie de la religion*, Paris, Gallimard (coll. Idées), 1973
- BEAUNE J.-C., *Les spectres mécaniques : essai sur les relations entre la mort et les techniques, le troisième monde*, Champ Vallon, 1988
- BENSAUDE VINCENT B.,
– *Paul LANGEVIN*, Belin, 1987
– *Lavoisier*, Paris, Flammarion (Figures de la science), 1993
- BENSAUDE-VINCENT B., STENGERS I., *Histoire de la chimie*, Paris, La Découverte, 1992
- BERGER P. et LUCKMANN T., *La construction sociale de la réalité*, trad. française, Paris, Méridiens Klincksieck, 1989
- BERTAUX J., *Destins personnels et structure de classe*, Paris, PUF, 1977
- BERTHO C., *Télégraphes et téléphones, de Valmy au microprocesseur*, Le livre de poche, Paris, 1981.
- BIDOT J.-M., "Chronique d'une mort annoncée" in *La ligne*, n° 389, Paris, SNPL, oct. 1993
- BIRRIEN J.-Y., *Histoire de l'informatique*, Paris, PUF (Que sais- je ?), 1992
- BLOOR D., *Sociologie de la logique. Les limites de l'épistémologie*, Paris, Pandore, 1976,
- BOLTANSKI L., *L'amour et la justice comme compétences*, Paris, Edition Métailié, 1990
- BONTE P. et IZARD M. (ed) *Dictionnaire de l'ethnologie et de l'anthropologie*, Paris, PUF 1991
- BOUDON R. et BOURRICAUD F., *Dictionnaire critique de la sociologie*, Paris, PUF, 1982
- BOURDIEU P., "Le champ scientifique", *Actes de la Recherche en sciences sociales*, n° 2-3, 1976.
- BOUVIER P., *Le travail au quotidien. Une socio-anthropologie*, Paris, PUF, Sociologie d'aujourd'hui, 1989.
- BRAUDEL F. , *Ecrits sur l'histoire*, Paris, Flammarion (Champs), 1969

- BRETON P.,
 – *Histoire de l'informatique*, Paris, La Découverte, 1987
 – "Les créatures artificielles", in *L'imaginaire des techniques de pointe – au doigt et à l'oeil*, pp. 53-71, Paris, L'Harmattan (Logiques sociales), 1989
 – *La tribu informatique*, Paris, Métaillé, 1990
- BRETON P. et PROULX S.,
 – *L'explosion de la communication, la naissance d'une nouvelle idéologie*, Paris, La Découverte, et Montréal, Boréal, 1989
 – *L'utopie de la communication*, Paris, La Découverte, 1992
- BRULÉ J.-P., "La politique française jugée à ses résultats", *Culture technique* n° 21, "L'emprise de l'informatique", pp. 152-156
- BRUN J., "Biographie de la machine", in *L'imaginaire et la machine*, Colloque à Dijon, 1982
- BUARQUE DE HOLLANDA S., Raízes do Brazil, Rio de Janeiro
- BUICAN D., *Lyssenko et le lyssenkisme*, Paris, PUF, 1989.
- CALLON M. (dir.),
 – *La science et ses réseaux*, Paris, La Découverte, 1989
 – "L'agonie d'un laboratoire", in *La Science et ses réseaux* Paris, La Découverte, 1989
- CALLON M. et LATOUR B.,
 – Le grand Léviathan s'apprivoise-t-il ?, in *L'imaginaire des techniques de pointe, au doigt et à l'oeil*, p. 71-97, Paris, L'Harmattan (Logiques sociales), 1989
 – "Comment suivre les innovations ? Clefs pour l'analyse socio-technique", *Prospective et santé*, (?)
- CALLON M., LOW J., "La protohistoire d'un laboratoire", in *La Science et ses réseaux*, (Callon direction), Paris, La Découverte, 1988
- CANGUILHEM G., *Etudes d'histoire et de philosophie des sciences*, Paris, Vrin, 1983
- CASTORIADIS C.,
 – *L'institution imaginaire de la société*, Paris, Le Seuil, 1975
 – *Le monde morcelé (les carrefours du labyrinthe III)*, Paris, Le Seuil, 1990
- CASEAU P., "Les deux visages de l'informatique" in *Culture technique* n° 21, "L'emprise de l'informatique", pp. 116-122
- CERTEAU de M.,
 – *L'écriture de l'histoire*, Paris, Gallimard, 1975
 – *L'invention du quotidien*, Paris, 10/18, 1980
 – *Histoire et psychanalyse, entre science et fiction*, Paris, Gallimard, 1987
- CHEVALIERA J., *Le service public*, Paris, PUF (Que sais-je ?), 1987
- CLASTRES P., *La Société contre l'Etat*, Paris, Minuit, 1974
- CLOT Yves, ROCHER J.-Y., SCHWARTZ Y., *Les Caprices du flux (les mutations technologiques du point de vue de ceux qui les vivent)*, Paris, Edition Matrice, 1992
- COLLINS H. et PINCH T., *Tout ce que vous devriez savoir sur la science*, Paris, Le Seuil, 1994 (trad. française)
- COLLINS Harry M., *Experts artificiels.*, Paris, Le Seuil, 1992
- COMBARNOUS M., "La culture face à la technique", in *Culture technique* n° 7, mars 1982, pp. 227-241
- CONSTANT E.W. "Un changement de paradigme technologique – l'exemple de la révolution du turboréacteur", *Culture Technique* n° 11
- DAUMAS M., *Le cheval de César ou le mythe des révolutions techniques*, Paris, Editions des Archives contemporaines, 1992

DEBORD G.,

- *Commentaire sur la société du spectacle*, Paris, Ed. Gérard Lebovici 1988
- *La société du spectacle*, Paris, Buchet Chastel, 1967

DEBRAY R., *Vie et mort de l'image*, Paris, Gallimard, 1992

DELEUZE G., GUATTARI F., *Mille plateaux - Capitalisme et schizophrénie*, Paris, Minuit, 1980

DELEUZE G., PARNET C. *Dialogues*, FLAMMARION

DODIER N., *L'expertise médicale. Essai de sociologie sur l'exercice du jugement* Paris, Métailié, 1993

DONZELOT J., *L'invention du social - Essai sur le déclin des passions politiques*, Paris, Le Seuil, coll. Essais, 2^e éd. 1994

DOUGLAS M.,

- *Ainsi pensent les institutions*
- *De la souillure* (traduction française), Paris, La Découverte, 1992

DREYFUS H., *Intelligence Artificielle, mythes et limites*, Paris, tradition française, Flammarion, 1984

DUCLOS D.,

- *L'homme face au risque technique*, Paris, L'Harmattan, 1991
- *De la civilité - Comment les sociétés apprivoisent la puissance*, Paris, La Découverte, 1993

DUBOUÉ M., "Les langages artificiels, les langages de programmation", in *Révolution informatique*, pp. 101-109

DUMONT L., *Essais sur l'individualisme : une perspective anthropologique sur l'idéologie moderne*, Paris, Seuil (coll. Esprit), 1983

DURAND J.-P., LEVY P. et WEISSBERG J.-L., *Guide de l'informatisation. Informatique et société*, Paris, Belin, 1987

DURKHEIM E., *Les formes élémentaires de la vie religieuse*, Paris, PUF, 4^e éd, 1960

DURKHEIM E. (avec Marcel MAUSS), "De quelques formes primitives de classification" in *Journal sociologique*, Paris, PUF, 1969

ELIADE M.,

- *Le mythe de l'éternel retour*, Gallimard, 1948
- *Le sacré et le Profane*, Paris, Gallimard, 1957
- *Initiations, rites, sociétés secrètes*, Paris, Gallimard, 1959

ELLUL J., *Le Système technicien*, Paris, Calmann-Lévy, 1977

EWALD F., *L'État providence*, Paris, Grasset, 1986

FALISSARD T., *Le logiciel système*, Paris, PUF (Que sais-je ?) 1992

FARGE A., *Le goût de l'archive*, Paris, Seuil (Libraire du XX^e siècle), 1989

FAVRET SAADA J.,

- *Les mots, la mort, les sorts*, Paris, Gallimard, 1977
- "Sale histoire", in *Gradhiva*, n° 10, 1991, pp. 3-4.

FEBVRE L.,

- *Combats pour l'histoire*, Paris, Armand Colin, 2^e éd., 1992
- *Pour une histoire à part entière*, Paris, Editions de l'EHESS, 1982
- *La religion de Rabelais - Le problème de l'incroyance au XVI^e siècle*, Albin Michel, 1956

FEUER L.S., *Einstein et le conflit des générations*, Bruxelles, Edition Complexe, 1978

FEYERABEND P. *Contre la méthode. Esquisse d'une théorie anarchiste de la connaissance*, Paris, Seuil, 1979

- FLICHY P., *Une histoire de la communication moderne - Espace public et espace privé*, Paris, La découverte, 1991
- FOUCAULT M., *L'archéologie du savoir*, Paris, Gallimard, 1969
- Surveiller et punir*, Paris, Gallimard, 1975
- FREUND J., *Sociologie de Max Weber*, Paris, PUF, coll "Le Sociologue", 1966
- FRIEDMANN G., *Le travail en miettes*, Paris, Gallimard (Idées), 1964
- GAUDIN T. et PERRIAULT J., "L'empreinte de la technique", in *Ethno-technologie* n°2, février 1981
- GEERTZ C., *Savoir local, savoir global*, Paris, PUF, 1986.
- GILLES B.,
- *Les ingénieurs de la Renaissance*, Paris, Seuil, coll. Point science, 1964
 - *Histoire des techniques : techniques et civilisations*, Paris, La Pléiade
- GIRARD R., *Des choses cachées depuis la fondation du monde*, Paris, Grasset/Livre de poche, 1978
- GORZ A., *Métamorphoses du travail, Quête du sens, Critique de la raison économique*, Paris, Galilée, 1988
- GRAS A.,
- "Le temps de l'évolution et l'air du temps", in *Diogène*, n°108, oct-déc. 1979, Paris, Gallimard, 1979
 - "*Les formes du temps social- Morphologies du devenir*"
Thèse pour le Doctorat d'Etat Es-lettres et sciences humaines, Université de PARIS V.
 - *Clefs pour la futurologie*, Paris, Seghers, 1976
 - *Sociologie des ruptures*, Paris, PUF, 1979
 - *Facteurs socio-culturels et dimensions imaginaires dans la diffusion des techniques de pointe : une comparaison France-Brésil-Suède*, Rapport PRITTEM, Octobre 1986
 - *Grandeur et dépendance - Sociologie des macro-systèmes techniques*, Paris, Puf, 1993
- GRAS A., JOERGES B., SCARDIGLI V. (dir), *Sociologie des techniques de la vie quotidienne*, Paris, L'Harmattan, 1992
- GRAS A., L..POIROT-DELPECH S, (ed) *L'imaginaire des techniques de pointe – Au doigt et à l'oeil*, Paris, L'Harmattan (logiques sociales), 1989
- GRAS A., MORICOT C., (dir) *Technologies du quotidien*, Autrement, série Science et Société, n° 3, Mars 1992
- GRELON A., (ed.), *Les ingénieurs de la crise : titre et profession entre les deux guerres*, Paris, Editions de l'EHESS, 1986
- GUILHERM J. et SEBASTIK J., "Les commencements de la technologie", *Revue Thales*, 1968
- HABERMAS J., *La technique et la science comme idéologie*, Paris, Gallimard, coll. Tel, 1973
- HALBWACHS M., *Les cadres sociaux de la mémoire*, Paris, Albin Michel, 1925
- HAUDRICOURT A. G., *La technologie, science humaine*, Editions de la MSH, Paris 1987
- HEIDEGGER M.,
- "La question de la technique", *Essais et conférences*, Gallimard, Tel, Paris, 1954
 - "Dépassement de la métaphysique", in *Essais et conférences*, ibid
- HESS R. AUTHIER M, *L'analyse institutionnelle*, Paris, Puf, 1994

- HOFFSAES C. "Les informaticiens de la bidouille à la traduction", in *Culture Technique* n° 21 : "L'emprise de l'informatique", p. 160-165
- HORTON R. (Coll.), *La pensée métisse*, PUF Cahiers de l'Institut Universitaire d'Etudes du développement, 1990
- HUGUES T., *Network of Power. Electrification in Western Society, 1880-1930*, John Hopkins University Press, Baltimore, 1983
- ISAMBERT F.A., Une religion de l'homme ? Sur trois interprétation de la religion dans la pensée de Durkheim", *Revue française de sociologie*, Paris, 1992
- JACOMY B., *Une histoire des techniques*, Paris, Le Seuil/Point Sciences, 1990
- JAMOUS H., GREMION P. , *L'ordinateur au pouvoir - Essai sur les projets de rationalisation du gouvernement et des hommes*, Paris, Le Seuil, 1978
- JANICAUD D., *La puissance du rationnel*, Paris, Gallimard, 1985
- JANKELEVITCH V., *L'irréversible et la nostalgie*, Paris Flammarion (coll. Champs), 1974
- JONAS H. *Le principe responsabilité - Une éthique pour la civilisation technologique*, Cerf, Paris, 1979
- KOYRÉ A.
– *Etudes d'histoire de la pensée philosophique*, Paris, Gallimard 1966
– *Etudes d'histoire de la pensée scientifique*, Paris, Gallimard, 1973
- KRONBERG M., "Le processus d'innovation", in *Culture Technique* n°1 Paris, juin 1982
- KUHN T.S., *La structure des révolutions scientifiques*, Paris, Flammarion (Champs, 1983)
- LACAN J., *Le séminaire livre VII : L'éthique de la psychanalyse*, Paris, Le Seuil, 1986
- LACANNE L., *Essai philosophique sur la Technologie*, Bourgogne et Martinet, 1840
- LASSERRE H., *Le pouvoir de l'ingénieur*, Paris, L'Harmattan, (coll. Logiques sociales), 1989
- LATOUB B. LEMONNIER P., *De la préhistoire aux missiles balistiques. L'intelligence sociale des techniques*, Paris, La Découverte, 1994
- LATOUB B.,
– "Les "vues" de l'esprit. Une introduction à l'anthropologie des sciences et des techniques", in *Culture Technique* n°. 14, p. 4-30
– "Comment redistribuer le grand partage" in *La revue du Mauss*, no. 1, p. 71-81
– *Les microbes Guerre et Paix - Suivi de "irrédutions"*, A-M. Métaillé, Paris, 1984
– *La vie de laboratoire*, Paris, La Découverte, 1988
– *La science telle qu'elle se fait* (Ed), Paris, La Découverte, 1989
– *La science en action* (trad française), Paris, La Découverte, 1989
– *Nous n'avons jamais été modernes*, (Essai d'anthropologie symétrique), Paris, La Découverte, 1992
– *Aramis ou l'amour des techniques*, Paris, La Découverte, 1992
- LATOUB B. et WOOGAR S., *La vie de Laboratoire*, Paris, La Découverte, 1989
- LEBRETON D., *La passion du risque*, Paris, A.M. Métaillé, 1993
- LECUYER B.P., "Bilan et perspectives de la sociologie de la science dans les pays occidentaux", in *Archives Européennes de sociologie*, XIX, 2, p.257-336, 1978
- LEGENDRE P., *L'empire de la vérité. Introduction aux espaces dogmatiques industriels*, Paris, Fayard, 1983
- LE GOAZIOU V., *Le rapport entre l'homme et la technique dans le monde moderne et la vie quotidienne*, thèse pour le doctorat de sociologie, 1993

- LE GOFF J. et NORA P., *Faire de l'histoire (3 vol.)*, Paris , Gallimard, 1974
- LEMAINE G., MATALON B., "La lutte pour la vie dans la cité scientifique", in *Revue française de sociologie*, X, 2, p.139-165, 1969
- LE MOIGNE J.L., "La science informatique va-t-elle construire sa propre épistémologie ?", in *Culture technique* no. 21 : " *L'emprise de l'informatique*", p. 16-28
- LEROI GOURHAN A.,
 – *Le geste et la parole*, Paris, Albin Michel, 1980
 – *Les racines du monde*, Paris, Belfond, 1982
- LERY J., *Histoire d'un voyage fait en la terre de Brésil*, Paris, Plasma, 1980 (Introduction Poirot-Delpech S.L.)
- LEVY P.,
 – *La machine univers (création, cognition et culture informatique)*, Paris, La Découverte, 1987
 – *Les technologies de l'intelligence. L'avenir de la pensée à l'ère informatique*, Paris, La Découverte, 1990
 – *De la programmation considérée comme un des beaux-arts*, Paris, La Découverte, 1992
- LIGONNIERE R., *Préhistoire et histoire des ordinateurs*, Paris, Robert Laffont, 1987
- LOJKINE J., *La révolution informationnelle*, Paris, PUF (sociologie d'aujourd'hui), 1992
- MACHADO R., "Science et savoir. La trajectoire de l'archéologie" de Michel Foucault, Thèse de doctorat, Université de Louvain, 1980, traduit du portugais par S. Poirot-Delpech
 – *Ciência e saber- A trajetoria da Arqueologia de Foucault*, Paris, Graal, 1982
- MARTINO E. de, "Le shaman a-t-il volé avant le pilote" ? in *L'imaginaire des techniques de pointe. Au doigt et à l'oeil*, p.15-33, Paris, L'Harmatan (logiques sociales), 1989
- MAUSS M., *Sociologie et anthropologie*, PARIS, PUF, 1950
- MERCOUROFF Wladimir, *Les chemins de l'informatique*, Paris Armand Colin, 1991
- MERTON R. K., "
 – "La sociologie de la connaissance", in GURVITCH G. et MOORE W.E : *La sociologie au XX^e siècle*", Paris , PUF 1947
 – *Eléments de théorie et de méthodes sociologiques*, Paris, Plon, 1975
- MIALET H., *Le sujet de l'invention - Etude empirique de la conception d'une idée neuve : comparaison des méthodes philosophiques et sociologiques*. Thèse de doctorat de philosophie, Paris I, 1994
- MIDLER C., *L'auto qui n'existait pas. Management des projets et transformation de l'entreprise*, Paris, Inter Editions, 1993
- MIQUEL C., *Mythologies modernes et micro-informatique*, Paris, L'Harmattan (coll. Logiques sociales), 1991
- MORAZÉ C., *Les origines sacrées des sciences modernes*, Paris, Fayard, 1986
- MORICOT C.,
 – "Le passager aérien" in A. GRAS, C. MORICOT (Dir.) *Les technologies du quotidien. La complainte du progrès*, Editions Autrement, Mars 1992
 "La passion d'Icare, Perception du risque et enjeux sécuritaires en aéronautique", in N. Beckenbach et W. Van Treeck (Dir.), *Soziale Welt*, janv. 1994.

- MOUNIER-KUHN P.E., "Le Plan Calcul, Bull et l'industrie des composants : les contradictions d'une stratégie", *Actes du troisième colloque d'histoire de l'informatique*, INRIA, Sophia-Antipolis, oct. 1993
- NELSON R. et WINTER S., *An evolutionary theory of economic change* BELKNAP, Havard University Press, 1981
- NICOLAS Y., "Une application du temps réel : la réservation des places dans les compagnies aériennes", in *Révolutions informatiques*, p.149-161
- OTTO R., *Le sacré, L'élément non rationnel dans l'idée du divin et sa relation avec le rationnel*, Paris, Petite bibliothèque Payot, 1957
- OUVRAGES COLLECTIFS :
- *Révolutions informatiques*, 10/18, 1970
 - *Anthropologie : état des lieux*, Paris, Navarin/Le livre de poche, 1986
 - *The social construction of technological systems: new directions in the sociology and history of technology*, Cambridge, MIT Press, 1987
 - *L'innovation technologique, facteur de changement*, Bruxelles, Ed. de l'Univ. libre de Bruxelles, 1986
- PASSERON J.-C., *Le raisonnement sociologique. L'espace non-poppérien du raisonnement naturel*, Paris, Nathan (Essais et Recherches), 1991
- PAVÉ F., *L'illusion informaticienne*, Paris, L'Harmattan, 1989
- PENEFF J., *La méthode biographique*, Paris, Armand Colin, 1990
- PERRIAULT J.,
- *Mémoires de l'ombre et du son. Une archéologie de l'audiovisuel*, Paris, Flammarion, 1981
 - *La logique de l'usage, Essais sur les machines à communiquer*, Paris, Flammarion, 1989
- PERROW Ch., *Normal accidents - Living with High-Risk Technologies*, Basic Books, New York, 1984, p. 170
- PESTRE D., *Physique et physiciens en France, 1918-1940*, Paris, Editions des archives contemporaines
- PICON A., *L'invention de l'ingénieur moderne*, Paris, Presses de l'Ecole Nationale des Ponts et Chaussées, 1992
- PINCH T., "Testing - one, two, three ... Testing!", in *Science, Technology and human values*, vol 18, n°1, London 1993
- POIROT-DELPECH S. L.,
- *Science et histoire chez Lucien Febvre*, Université Paris I, Maîtrise sous la direction de Monsieur Michel Serres, 1980
 - *L'Encyclopédie française*, Diplôme d'Etudes Approfondies, 1985
 - "Encyclopédie française et vulgarisation scientifique" in *Cahiers d'histoire des sciences*, 1987
 - "L'encyclopédie française" in *Thesaurus de l'Encyclopédie Universalis*, 1989
 - "L'informatisation de la vie quotidienne : le cas de la bureautique", in *Facteurs socio-culturels et dimensions imaginaires dans la diffusion des techniques de pointe : une comparaison France-Brésil-Suède*, (op. cit.)
- POIROT-DELPECH S. L. (Avec J.-M. Carvalho de Melo), "Les images technologiques de la France et du Brésil : une comparaison", in *Les images réciproques de la France et du Brésil*, Paris-Sao Paulo, CREDAL, 1989
- PRADES J., (DIR) *La technoscience – Les fractures du discours*, Paris, L'Harmattan, 1992
- PRIGOGINE Ilya & STENGERS I., *La nouvelle alliance*, Paris, Gallimard (NRF), 1979

- PRIGOGINE I. & STENGERS I., *Entre le temps et l'éternité*, Paris, Fayard, 1988
- QUÉAU P.,
- *Le virtuel – Vertus et vertiges*, Paris, Champ Vallon, coll. Milieux, 1993
 - Bonsaï ou la simulation comme art intermédiaire, in *L'imaginaire des techniques de pointe au doigt et à l'oeil*, p. 187-209, Paris, L'Harmattan (logiques sociales), 1989
- RAMUNI J., *La physique du calcul*, Paris
- REY A., "Le rationnel dans les techniques – Les sens divergents du développement de la pensée", EF/T 1, Paris, Editions de l'Encyclopédie Française, 1937
- ROQUEPLO P., *Penser la technique*, Paris, Seuil, 1983
- ROUBAN L., *L'Etat et la science : la politique publique de la science et de la technologie*, Paris, Ed. du CNRS, 1988
- ROUGEMONT D., "Informer n'est pas savoir", in *L'imaginaire des techniques de pointe au doigt et à l'oeil*, op. cit., p. 33-53
- RUYER R., *La cybernétique et l'origine de l'information*, Paris, Flammarion (coll. Science de la nature), 1954
- SAINSAULIEU R., (dir.), *L'entreprise. Une affaire de société*, Paris, Presses de la Fondation Nationale des Sciences Politiques, 1990
- SCARDIGLI V.,
- *La société digitale* (avec P.A. Mercier et F. Plassard) Paris, PUF, 1983
 - *Les sens de la technique*, Paris PUF (sociologie d'aujourd'hui), 1992
- SCHANGER J. et STENGERS I., *Les concepts scientifiques – Invention et pouvoir*, Paris, La Découverte, 1989
- SCHUHL P.-M., *Machinisme et philosophie*, Paris, PUF, 2e édition, 1947
- SERIS J.-P., *La technique*, Paris, Puf, 1994
- SERRES M.,
- *Hermès I : La communication*, Paris, Minuit, 1968
 - *Hermès II : L'interférence*, Paris, Minuit, 1972
 - *Hermès III : La traduction*, Paris, Minuit, 1974
 - *Hermès IV : La distribution*, Paris, Minuit, 1977
 - *Hermès V : Le passage du Nord-Ouest*, Paris, Minuit, 1980
 - *Le parasite*, Paris, Grasset, 1980
 - *Genèse*, Paris, Grasset, 1982
 - *Les cinq sens - Philosophie des corps mêlés*, Paris, Bernard Grasset, 1985
 - *Statues*, Paris, François Bourin, 1987
 - *Le contrat naturel*, Paris, François Bourin, 1990
- SERRES M., (sous la dir.), *Eléments d'histoire des sciences*, Paris, Bordas, 1989
- SERRES M., LATOUR B., *Eclaircissements*, Paris, François Bourin, 1992
- SHAPIN S. et SCHAFFER S., *Le leviathan et la pompe à air*, Paris, La Découverte, 1994
- SHINN T., "Division du savoir et spécificité organisationnelle", *Revue française de sociologie*, XXI, 3-35, Paris, 1980
- SIMON H.A., *Sciences des systèmes, sciences de l'artificiel*, Paris, Dunod, 1991
- SIMONDON G.,
- *Du mode d'existence des objets techniques*, Paris, Aubier (L'invention philosophique), 1989
 - *La technique ou l'enjeu du siècle*
- SPENGLER O., *L'homme et la technique*, Paris, Gallimard, 1958
- STENGERS I., *L'invention des sciences modernes*, Paris, La Découverte, 1993
- TESTARD J., *Le désir du gène*, Paris, François Bourin, 1992

VAN GENNEP A., *Les rites de passage*, Paris, Nourry, 1909

VASSEUR A., *De la TSF à l'électronique – Histoire des techniques radioélectriques*, Paris, Eds. Techniques et scientifiques françaises, 1975

VEYNE P., *Comment on écrit l'histoire , suivi de Foucault révolutionne l'histoire*, Paris, Seuil/ coll. points, 1979

WEISSBERG J.-L., *Les chemins du virtuel. Simulation informatique et création industrielle*, Paris, Cahier de la CI, 1989

WESTRUM R., *Technologies and Society*, Belmon Wadsworth Publ. Cy, 1991

