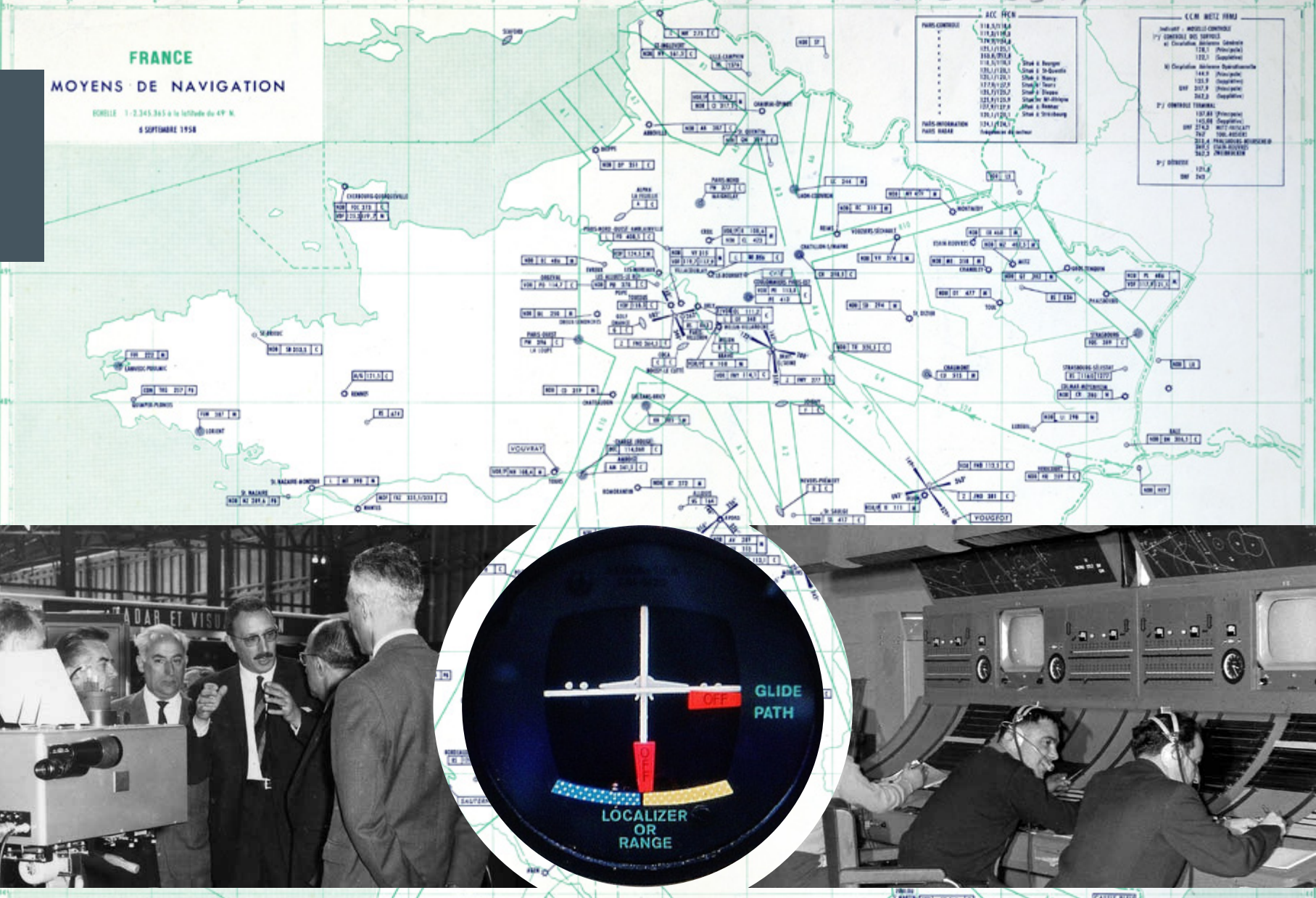
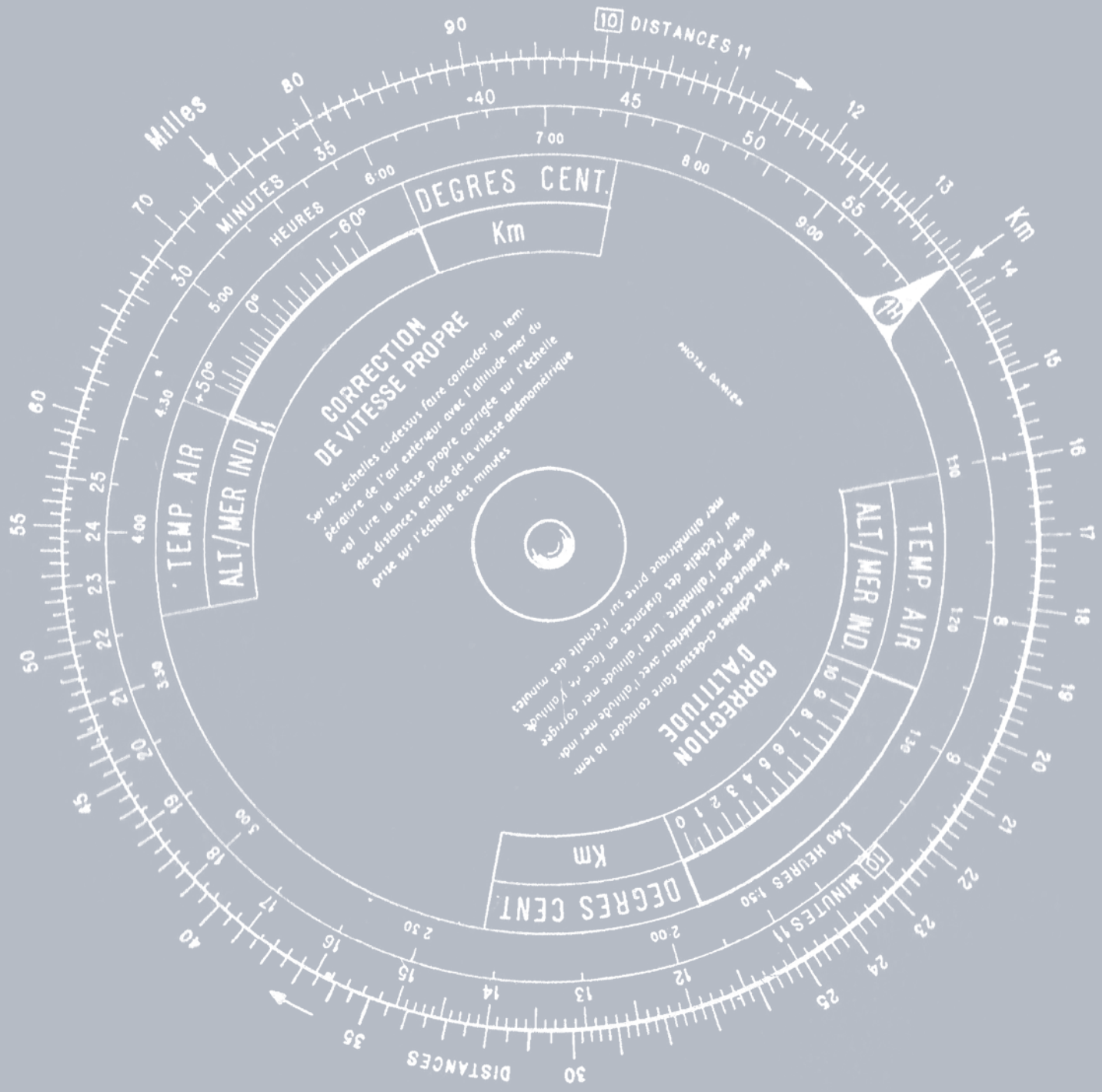


Le temps des ingénieurs de la navigation aérienne

MÉMOIRES TECHNIQUES

1945-1985

Sommaire


10 DISTANCES 11
Milles
Km
MINUTES
HEURES
DEGRES CENT.
Km
CORRECTION DE VITESSE PROPRE
Sur les échelles ci-dessus faire coincider la température de l'air extérieur avec l'altitude mer du vol. Lire la vitesse propre corrigée sur l'échelle des distances en face de la vitesse anémométrique prise sur l'échelle des minutes
TEMP. AIR
ALT/MER IND.
CORRECTION D'ALTITUDE
Sur les échelles ci-dessus faire coincider la température de l'air extérieur avec l'altitude mer corrigée par l'altimètre. Lire l'altitude mer corrigée sur l'échelle des distances en face de l'altitude mer altimétrique prise sur l'échelle des minutes
TEMP. AIR
ALT/MER IND.
DEGRES CENT.
Km
DISTANCES

Sommaire

Couverture

1. Carte des moyens de radionavigation, 1958.
2. Léonce Lansalot-Basou et Bernard Palayret au salon du Bourget 1965.
3. Indicateur ILS.
4. Salle de contrôle du CCR/Nord, début des années soixante.

Sommaire

Le temps des ingénieurs de la navigation aérienne

MÉMOIRES TECHNIQUES

1945-1985

Sommaire

A tous ceux, ingénieurs et techniciens, d'hier et d'aujourd'hui, qui ont mis leur passion, leur énergie et leur talent au service de la navigation aérienne et de sa sécurité. Avec une pensée particulière pour trois grands témoins présents dans cet ouvrage et récemment disparus, Charles Melchior, Jacques Villiers et André Lebeau

Sommaire

Sommaire

Préface

Le GIACRE, groupement des ingénieurs de l'aviation civile retraités, association fondée en 2002 avec pour vocation de renforcer la solidarité et le soutien mutuel de ses membres et de veiller à leurs intérêts moraux et matériels, s'est engagé à faire revivre et connaître les riches heures qu'ont vécues les ingénieurs au sein de l'administration de l'aviation civile.

Un premier ouvrage, d'excellente facture, *Le temps des ingénieurs de la navigation aérienne, mémoires d'outre-mer*, paru en 2010 et qui a connu un vif succès, tant au sein de notre Administration que dans le monde de l'aéronautique, a retracé l'action de ces personnels dans la France ultramarine de 1945 à 1968. Dans son introduction, Michel Boutourlinsky, alors président du GIACRE, annonçait un deuxième tome, consacré au rôle de l'administration de l'aviation civile dans le développement d'une industrie nationale des équipements de contrôle et de radionavigation.

L'engagement a été tenu et, fruit d'un long et délicat travail de recherche et de conception, *Le temps des ingénieurs de la navigation aérienne, mémoires techniques, 1945-1985*, voit aujourd'hui le jour.

L'ouvrage souligne fort justement que, renaissant en 1945, après quatre années d'occupation, de pillage et de destructions, la navigation aérienne française est parvenue en quelques années non seulement à remonter le cours de l'évolution technique, mais aussi à s'imposer face à des concurrents britanniques et américains qui avaient pris durant le conflit une avance considérable. Dans les domaines du contrôle aérien et de la radionavigation, moins connus du grand public que celui de la construction aéronautique, notre pays a en effet obtenu des succès techniques comparables à ceux de Caravelle, de Concorde et aujourd'hui d'Airbus. Mais l'ouvrage met aussi l'accent sur la collaboration entre l'Administration française et l'industrie, spécificité qui a certainement constitué l'un des facteurs déterminants de cette réussite.

Mémoires techniques a été conçu par ceux qui ont participé à cette aventure, et ce n'est pas la moindre qualité de l'ouvrage. Chez les plus anciens, il réveillera sans nul doute les souvenirs des jeunes années ; à ceux qui leur ont succédé, il rappellera que le haut degré de sophistication des équipements actuels est le résultat d'un long cheminement, que tout progrès est l'œuvre du temps et constitue dès lors une passerelle entre les générations, où chacun peut un jour trouver sa place.

Patrick Gandil
Directeur général de l'Aviation civile

Sommaire

Sommaire

Cliquez sur le numéro de page

Avant-propos 8

L'aviation et la navigation aérienne 11

Navigation aérienne et transport aérien 1945-1985
par Robert Espérou 12

Ambiance et motivation
par Henri-Georges Baudry, avec la participation d'Yves Lambert 26

De la boussole au satellite
par Jacques Delol 28

Les services techniques au fil du temps 39

Le premier service de la navigation aérienne, le SNAé
par Vital Ferry, avec la participation de Pierre Lauroua 40

1939-1949, le temps du STS et du SPAé
par Claude Labbé, avec la participation de Vital Ferry 44

Systèmes de navigation développés et utilisés par les Alliés pendant la guerre 56

Le service de la navigation aérienne, 1950-1960
par Claude Labbé, avec la participation de Vital Ferry 60

Le centre d'émission de Chevannes, par Pierre Sajus 70

Le service technique de la navigation aérienne 76

Conversation entre Bernard Palayret et Bernard Cambier 98

Les progrès techniques 101

Etude et développement des communications, de la navigation et de la surveillance
par Arnaud Dedryvère 102

Le contrôle en vol des aides radio
par Georges Barbara, Jacques-Paul Davadant et Olivier Carel 110

Mémoires d'un radionavigant
interview de Guy Collin par Claude Labbé 120

Les radars et le contrôle aérien civil
par Louis Lewden, d'après Robert Cahuzac 126

Les extracteurs et générateurs de plots, par Jean Peudecœur 140

L'inauguration de La Châtre, par Jean-Yves Savina et Pierre Lauroua 142

La visualisation radar dans les centres de contrôle en route
par Louis Lewden 144

Il était une fois… le CAUTRA
par Dominique Alvarez 148

Les machines du CAUTRA I, par Henri-Georges Baudry 154

Le CENA, des hommes et des lieux, par Dominique Alvarez 166

Conversation entre Jacques Villiers et Dominique Alvarez 168

Le traitement radar par le CAUTRA
par Philippe Gufflet, avec la coopération d'Eric Muller 170

Le CAUTRA, outil d'études
par Henri-Georges Baudry 176

Les projets mobilisateurs 181

L'atterrissage tout temps
par Kim N'Guyen et Bernard Adès 182

Le MLS, ou l'enfer est pavé de bonnes intentions
par Henri-Georges Baudry 194

A propos de DIOSCURES
entretien retranscrit par Henri-Georges Baudry 202

La promotion des idées et des équipements 209

Les ingénieurs français à l'OACI
par Yves Lambert 210

Débuts à Eurocontrol
par Georges Maignan 214

EUROCAE ou le combat des normes
par Claude Labbé 217

Sofréavia ou l'exportation de l'ingénierie française
par Claude Labbé, d'après les mémoires de Charles Melchior 218

Proavia ou la promotion des équipements aéroportuaires
par Claude Labbé 224

Reims, ou l'état de l'art en 1985 227

Le CRNA/Est, vitrine du STNA et de l'industrie française
par Claude Labbé, avec le concours de l'équipe de Reims 228

Liste des entreprises - Index - Glossaire - Bibliographie et sources - Crédits iconographiques 242

Avant-propos

Qui s'intéresse à l'histoire de l'aviation peut noter l'abondance de livres et de films consacrés aux pionniers d'avant 1914, aux raids de l'entre-deux guerres, aux innombrables machines nées de l'imagination des constructeurs et, en définitive, à tous les hommes qui, par leur audace et leur ingéniosité, ont contribué de façon décisive à l'essor de cette discipline nouvelle.

Le grand public, et c'est bien naturel, s'intéresse avant tout au pilote, perçu comme un homme d'exception, et aux avions, dont l'envol semble un miracle chaque fois renouvelé. En revanche, peu d'historiens se sont penchés sur ce qui a permis à cette activité, sportive à l'origine, de devenir une industrie de transport : la sécurité de la navigation aérienne, qui a nécessité des infrastructures de plus en plus lourdes au sol et, à bord, des équipements de plus en plus sophistiqués. Jules Moch, ministre des Travaux publics et des Transports, mettait en 1947 le doigt sur ce qui semble être un paradoxe : *« Le développement de l'aviation civile pose deux séries de problèmes, l'un, contrairement aux apparences relativement simple, consistant à faire voler des avions, l'autre, infiniment plus complexe, étant celui de l'organisation et de la sécurité du trafic. »*

De tous les secteurs de l'aviation, la mise en place des infrastructures de la navigation aérienne est celui pour lequel l'Etat agit le plus directement, et les hommes qui y ont œuvré sont pour bonne partie ceux de l'administration de l'aviation civile.

C'est pourquoi le GIACRE, après s'être intéressé dans un premier ouvrage, paru en 2010, à l'action des ingénieurs de la navigation aérienne outre-mer, a souhaité aujourd'hui aborder leur rôle dans la mise en place des infrastructures de navigation et de contrôle aériens au cours de la période 1945-1985 et mettre en lumière la montée en puissance de l'industrie nationale qui a développé et fourni ces équipements.

En effet, dépendante après-guerre des Etats-Unis, la France, grâce à une politique industrielle basée sur une préférence d'achat aux fabricants français et à une coopération étroite entre constructeurs et services techniques de l'Aviation civile, est devenue tout d'abord autonome pour ses besoins en équipements de contrôle et de radionavigation, puis exportatrice.

L'idée initiale était donc de cerner l'apport de l'administration de l'aviation civile au développement d'une industrie nationale des équipements de contrôle aérien et de radionavigation, de retracer les politiques menées et de rappeler les réalisations effectuées de 1945 à 1985 en matière de développement et d'acquisition de matériels de navigation aérienne. Pour mener à bien cette tâche, un petit groupe de membres du GIACRE a interviewé les personnes susceptibles d'apporter un éclairage complémentaire des informations extraites des archives ou puisées dans les publications spécialisées. Bien que moins nombreux qu'espérés, les témoignages recueillis constituent un reflet assez complet des différents volets de l'action de l'Aviation civile dans le domaine considéré. Les témoins, dont les fonctions et les responsabilités ont évolué au cours de la période - comme d'ailleurs l'appellation des ingénieurs de la navigation aérienne, devenus ingénieurs de l'aviation civile en 1971 - apportent leur vision d'expert, d'ingénieur, de créateur, de dirigeant, bref de toutes les fonctions qui concourent au bon fonctionnement des services techniques ou des directions d'administration centrale. S'y ajoutent les points de vue de l'industrie et d'Administrations partenaires, exprimés par les plus hauts responsables des entreprises et services en question.

Au fur et à mesure des travaux, il est apparu souhaitable d'élargir le propos initial et de rappeler comment l'institution chargée de l'aviation civile s'est organisée au fil du temps pour répondre aux impératifs de la sécurité aérienne. Il convenait aussi de parler des différents métiers de l'ingénieur et de ses collaborateurs : concevoir et réaliser des équipements et des systèmes, élaborer des plans d'équipement et des spécifications, réceptionner et installer des matériels, les mettre en œuvre, contribuer à la réglementation et à la normalisation et, enfin, promouvoir à l'étranger et dans les instances internationales le savoir-faire acquis au fil des ans.

Cet ouvrage n'est pas à proprement parler un ouvrage technique, mais un ouvrage autour de la technique. Chaque rédacteur, chaque témoin aborde son domaine d'élection sous un angle personnel et donc subjectif, toujours avec conviction, souvent avec passion. Les textes sont parfois généraux, parfois plus techniques, certains tournés vers la politique industrielle, d'autres vers l'histoire ; enfin, plusieurs éclairages peuvent être donnés sur le même thème ; mais les hommes occupent toujours une place centrale.

L'ouvrage est structuré en six thèmes. Après une introduction à la navigation aérienne, on abordera l'action des services techniques au fil du temps, puis les progrès accomplis, les grands

projets, la promotion des idées et des équipements et, enfin, les perspectives de la navigation aérienne telles qu'elles se présentaient au milieu des années quatre-vingts.

Bien que le champ de ce travail de mémoire ait été élargi, l'ouvrage s'intéresse essentiellement aux équipements au sol du contrôle et de la radionavigation, avec quelques incursions dans les cockpits pour des sujets transverses comme l'atterrissage tout temps.

S'agissant de la période retenue (1945-1985), si le choix du point de départ paraissait aller de soi, puisque c'est le moment où l'Aviation civile s'est détachée du ministère de l'Air, celui de son terme s'avérait moins évident : il n'est pas toujours facile en effet de circonscrire des périodes homogènes dans l'évolution technique ou d'y repérer des ruptures, comme par exemple l'avènement de la propulsion à réaction pour les avions commerciaux.

Dans le cas des moyens de radionavigation et de contrôle, où l'électronique occupe une place prépondérante, l'histoire s'est faite de perfectionnements successifs, dus essentiellement à l'arrivée des nouvelles technologies de composants, les transistors remplaçant les lampes avant de s'effacer devant les circuits intégrés puis les microprocesseurs. Par contre, les principes régissant les VOR, ILS, DME et communications radio n'ont pas changé depuis leur première normalisation par l'OACI, à la fin des années quarante.

Ainsi, pour les moyens de navigation évoqués, comme d'ailleurs pour la visualisation radar, les évolutions ont été progressives et aucune date ne s'imposait comme borne de l'étude.

En revanche, en ce qui concerne l'automatisation du contrôle aérien, le milieu des années quatre-vingts marque bien une rupture. C'est en effet le moment de la première mise en service d'un système complet, radar et plan de vol, au sein du tout nouveau centre de Reims ; c'est l'époque du lancement d'un vaste plan d'implantation de radars de dernière technologie, dite mono-impulsion ; c'est enfin le temps de la mise en place du budget annexe de la navigation aérienne, qui allait desserrer les contraintes pour le financement des infrastructures et permettre d'engager des plans d'investissement à long terme, comme la couverture mono-impulsion évoquée et la rénovation totale des chaînes techniques des centres de contrôle, dont la visualisation radar qui verra apparaître des écrans plats.

Commencée au bureau opérations de la direction des transports aériens, la carrière de Claude Labbé (ITNA 64 - IAC 71) se poursuit au CRNA/Sud-Ouest. Après avoir suivi une formation au contrôle de la circulation aérienne puis exercé les fonctions d'adjoint au chef de centre, il est nommé chef de la CORTA en 1979. Il rejoint la DNA en 1984 comme chef du premier bureau où il est en charge du programme d'équipements et de l'organisation de la circulation aérienne.
Son intérêt pour la construction aéronautique le conduit en 1990 à la délégation générale de l'armement pour assurer les fonctions de directeur technique et industriel des programmes Airbus. Il réintègre la DGAC en 1997 en tant que chef de la division exploitation du SFACT jusqu'à son départ à la retraite en 2005.

Tel est donc le parti pris dans cet ouvrage, s'intéresser aux quatre premières décennies de l'Aviation civile d'après-guerre. En 1945, en matière de navigation aérienne, tout était à reconstruire et beaucoup restait à inventer. Les ingénieurs et les techniciens dont la carrière a coïncidé avec ces quarante années gardent le souvenir d'un temps où l'initiative avait libre cours et où l'appareil administratif n'empêchait pas l'éclosion des projets, fussent-ils exploratoires ; quarante années au cours desquelles la navigation aérienne est passée du goniomètre au satellite, cependant que les avions continuaient d'atterrir en toute sécurité et régularité… et ce grâce à un outil dont le remplacement était déjà envisagé en 1949, l'ILS, preuve que dans l'aviation, comme dans la plupart des activités humaines, l'innovation coexiste toujours avec les inventions anciennes et les techniques éprouvées.

HAWKER SIDDELEY 748
SUD AVIATION FRANCE - BRITISH AIRCRAFT CORPORATION
F-WTSS

L'aviation et la navigation aérienne

Si l'expression *navigation aérienne* apparaît en même temps que l'avion, elle recouvre à l'origine une réalité élémentaire : naviguer, c'est d'abord réussir à se mouvoir dans les airs. La nécessité de prendre en compte la présence d'autres aéronefs - et les risques qui en découlent - ne s'impose qu'ensuite, tout comme le besoin de repères pour trouver son chemin.

Jusqu'à la Seconde Guerre mondiale, les pilotes ne disposent pour naviguer que de repères visuels et de la radio pour communiquer avec le sol. Puis le contexte change : apparus durant le conflit, le radar et de nouveaux moyens de navigation permettent d'accompagner et de sécuriser un transport aérien en croissance rapide et continue ; la réglementation s'organise sur le plan international sous les auspices de l'OACI ; et l'on peut désormais véritablement parler de contrôle de la circulation aérienne.

La complexité des évolutions techniques que la navigation aérienne a connues depuis la fin de la guerre ne peut être appréhendée qu'à la lumière de celles intervenues dans le contexte plus général de l'aviation. Les progrès réalisés dans la construction aéronautique et le développement du transport aérien éclairent en effet les décisions prises par l'Etat pour adapter les structures de ses services techniques et de formation au développement des infrastructures de radionavigation et de contrôle.

En 1945, tout ou presque était à faire ; mais la liberté d'innover et d'entreprendre dont ont bénéficié les ingénieurs et les techniciens de l'Aviation civile leur a permis de relever les défis.

1969, XXVIIIe salon de l'aéronautique et de l'espace du Bourget. Pour son 60e anniversaire, le salon reflète le dynamisme de la construction aéronautique avec la première présentation en vol des deux prototypes, anglais et français, du Concorde, la première apparition en Europe du Boeing gros porteur 747 et la maquette grandeur nature du Mercure de Dassault. Le salon met également à l'honneur des avions de légende tel que le Blériot XI ou le Vickers Vimy qui traversa l'Atlantique en 1919.

Navigation aérienne et transport aérien 1945-1985

par Robert Espérou

Robert Espérou, ancien élève de l'Institut d'études politiques de Paris et de l'Ecole nationale d'administration est entré en 1957 au secrétariat général à l'Aviation civile. Il a exercé les fonctions de chef de bureau des négociations internationales (1961), sous-directeur des affaires internationales (1969), chef du service des transports aériens (1976-1992) et commissaire du gouvernement auprès des conseils d'administration d'Air France et d'UTA durant la même période. Historien reconnu du transport aérien, Robert Espérou met en parallèle le développement du transport aérien et celui de la navigation aérienne.

« L'impératif de la sécurité fonde historiquement l'institution de la navigation aérienne et lui donne son sens. »

Sophie Poirot-Delpech, *Mémoire et histoires de l'automatisation du contrôle aérien.*

La navigation, pas plus que le transport de personnes ou d'objets, n'étaient la préoccupation des premiers aviateurs, trop attentifs à parcourir un trajet de quelques dizaines de mètres à quelques mètres de hauteur. Revenir à son point de départ, ce que fit Henry Farman, en janvier 1908, à Issy-les-Moulineaux, fut considéré comme un exploit, tout comme le premier vol de ville à ville qu'il accomplit, sur une trentaine de kilomètres, entre Bouy et Reims dix mois plus tard. Il s'agissait de vol à vue.

Le vol à vue continua à prévaloir aux débuts du transport aérien, jusqu'à ce qu'une collision mortelle, le 7 avril 1922, près de Beauvais entre un avion français et un avion anglais qui suivaient la même voie ferrée en sens inverse, vint rappeler la nécessité d'observer quelques règles de circulation aérienne.

La télégraphie sans fil, inventée en même temps que l'aviation et utilisée dès le début du XXe siècle pour les premières liaisons air-sol, pouvait être de quelque secours ; elle resta le vecteur privilégié des communications entre l'avion et les stations terrestres ou navales pendant une trentaine d'années.

La Seconde Guerre mondiale suscita des progrès importants aussi bien dans la navigation aérienne que dans le transport aérien. L'acheminement de centaines d'appareils militaires à travers l'Atlantique nord, l'Atlantique sud, l'Afrique ou le Pacifique, la nécessité de suivre les mouvements des forces aériennes ennemies, l'engagement d'unités aéroportées et de façon plus générale le ravitaillement des troupes ne purent se faire sans des moyens de détection, de navigation en route, d'approche et d'atterrissage qui étaient encore au stade embryonnaire avant le conflit. La France resta toutefois pendant quatre ans à l'écart de ces progrès.

Extrait de la carte que Marcel Reine, grande figure de l'Aéropostale, utilisait pour les vols sur l'Amérique du Sud dans les années trente.

Création du SGACC

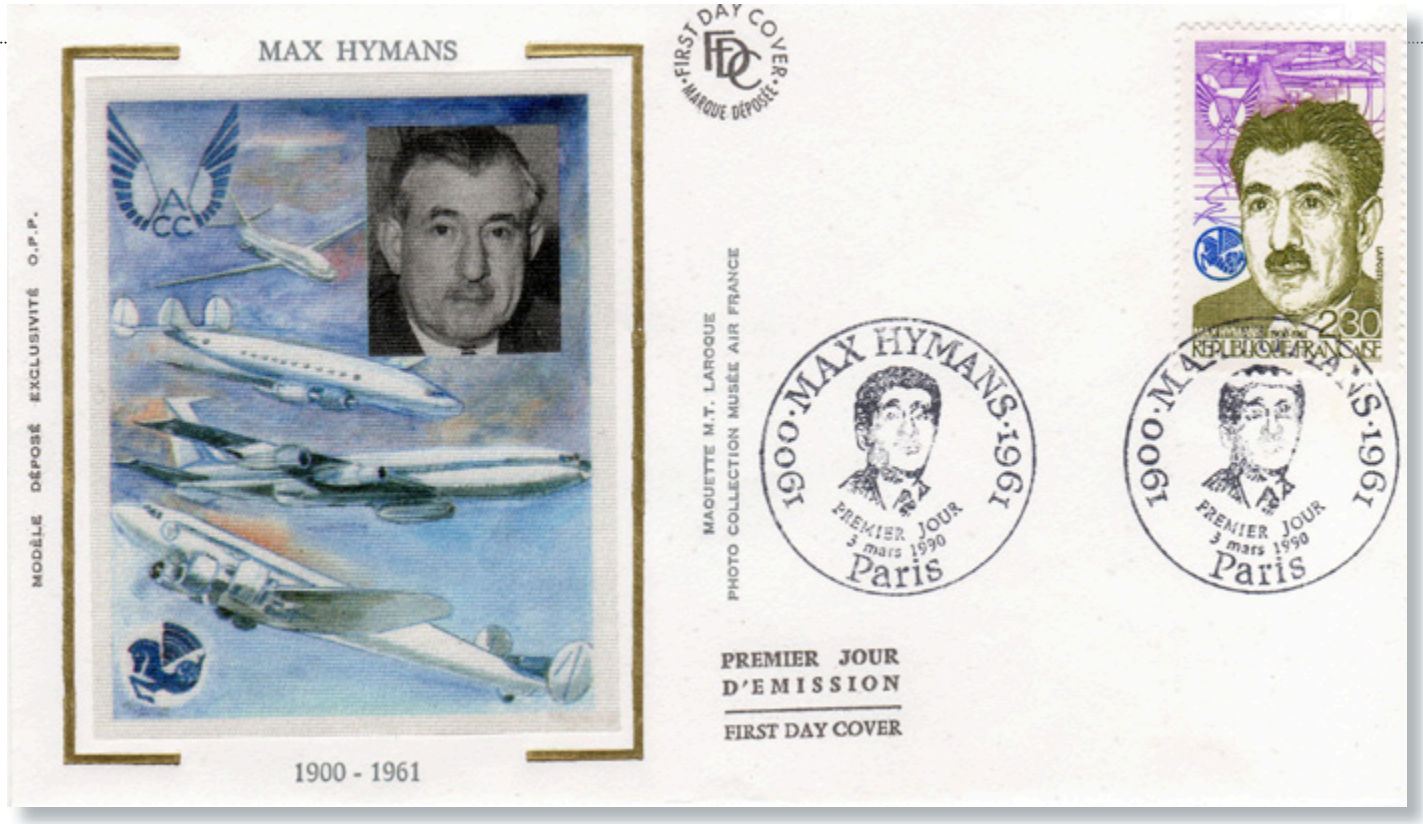
La fin de la Seconde Guerre mondiale marqua le retour de l'Aviation civile dans un ministère civil, celui des Travaux publics, des Transports et de la Reconstruction, après dix-sept ans de tutelle du ministère de l'Air. Jules Moch, titulaire du portefeuille, contresigna le décret du 18 décembre 1945 par lequel le général de Gaulle nommait Max Hymans secrétaire général à l'Aviation civile et commerciale.

Le décret du 12 septembre 1946 organisa le secrétariat général à l'Aviation civile et commerciale (SGACC), qui deviendra secrétariat général à l'Aviation civile (SGAC) en 1960, puis direction générale de l'Aviation civile (DGAC) en 1976.

Trois directions et un service composaient le SGACC aux termes du décret de septembre 1946 :

- le service de la météorologie nationale ;
- la direction des bases aériennes ;
- la direction des transports aériens, qui *« organise, oriente, contrôle et coordonne l'activité des entreprises et établissements publics et privés de transport aérien »* ;
- la direction de la navigation aérienne, chargée *« a) d'assurer la sécurité aérienne, de déterminer et de mettre en place les moyens en personnel et en matériel nécessaires à cet effet ; b) d'établir les programmes des télécommunications et d'en poursuivre la réalisation, d'assurer le fonctionnement des installations radioélectriques ; c) d'assurer l'exploitation des aérodromes et aéroports* […] *; d) de définir l'état des besoins relatifs à l'infrastructure de l'aéronautique civile et d'en fixer l'urgence ; e) de gérer le domaine aéronautique sur lequel s'exerce son activité ; f) d'établir les instructions aéronautiques ».* Avant même la création du SGACC, un arrêté du ministère des Travaux publics et des Transports avait créé, le 16 août 1946, un brevet de contrôleur de la circulation aérienne. Fin septembre, 30 stations radio, 17 radiogoniomètres, corrigés d'effets de nuit, et 7 lignes de télétypes avaient été remis en service en France métropolitaine.

Au début de janvier 1947, Jules Moch définit ainsi ce qu'il attendait de cette nouvelle Administration : *« Le développement de l'aviation civile pose deux séries de problèmes, l'un, contrairement aux apparences relativement simple, consistant à faire voler des avions, l'autre, infiniment plus complexe, étant celui de l'organisation et de la sécurité du trafic. On ne le répétera*



jamais assez, ouvrir des lignes aériennes consiste, bien plus qu'à faire décoller des avions, à disposer de pistes modernes en nombre suffisant, de dispositifs de radioguidage, de radars d'atterrissage sans visibilité, comme aussi de centres et de tours de contrôle, avec toutes les connections avec ou sans fil nécessaires, d'un immense réseau de télécommunications, de stations multipliées de météorologie, et du personnel capable d'exploiter sans délai les renseignements ou de prendre sur le champ toutes dispositions pour sauver des vies humaines. »

Le transport aérien reprenait vie au moyen d'une collection hétéroclite d'appareils dont la construction ou la conception remontaient à l'avant-guerre, mais aussi grâce à l'arrivée de matériel américain : Douglas DC-3 et DC-4, Lockheed *Constellation*. Air France avait repris son nom le 1er janvier 1946.

Cinq mois plus tard, les premières compagnies privées furent autorisées à exploiter *« à titre précaire et révocable »*. Le trafic aérien de passagers sous pavillon français, qui était déjà supérieur en 1945 à celui de 1938, en était le triple en 1946.

Naissance des nouveaux corps de la navigation aérienne et de l'ENAC

Malheureusement, le nombre d'accidents mortels avait, lui aussi, augmenté. En 1938, le transport aérien français avait enregistré 6 accidents, faisant 22 morts. En 1946, ce sont 9 accidents et 44 victimes et, en 1947, le bilan est de 11 accidents et 49 morts. En septembre 1946, après deux accidents particulièrement graves, Max Hymans fit appel à tout le personnel, navigant et non navigant, pour assurer une entière sécurité, faute de quoi la confiance du public dans le transport aérien pourrait être ébranlée.

Peu de temps après, le 11 janvier 1947, un accident, pourtant survenu hors de nos frontières, eut un retentissement considérable. Un DC-3 anglais avait erré pendant cinq heures et demie dans l'espace aérien français et avait fini par s'écraser dans le Kent, à court de carburant. Bien que l'accident ait été principalement le résultat de l'absence de documentation à bord de l'appareil anglais, Max Hymans avait dû comparaître

Ce planisphère illustré, sur lequel figure le réseau Air France qui s'étend sur tous les continents, montre le dynamisme de la compagnie nationale un an après la fin de la guerre. Les données des tableaux ci-dessous indiquent un développement considérable dans tous les secteurs.

Compagnie nationale Air France

	1939	1946
Réseau		
Développement du réseau	43.000 km.	140.000 km.
Kms parcourus annuellement	10 millions	30 millions
Flotte aérienne		
Nbre d'appareils	80	169
Nbre de places offertes	900	2.200
Nbre d'heures de vol annuel par appareil	350	1.200
Personnel		
Effectif total	4.000	7.000
dont		
Personnel à terre	3.750	6.000
Personnel navigant	250	900
par appareil		
Personnel navigant	3	5.5
Personnel à terre	47	36

Source : SGACC, *L'essor de l'aviation civile*, 4e trimestre 1946.

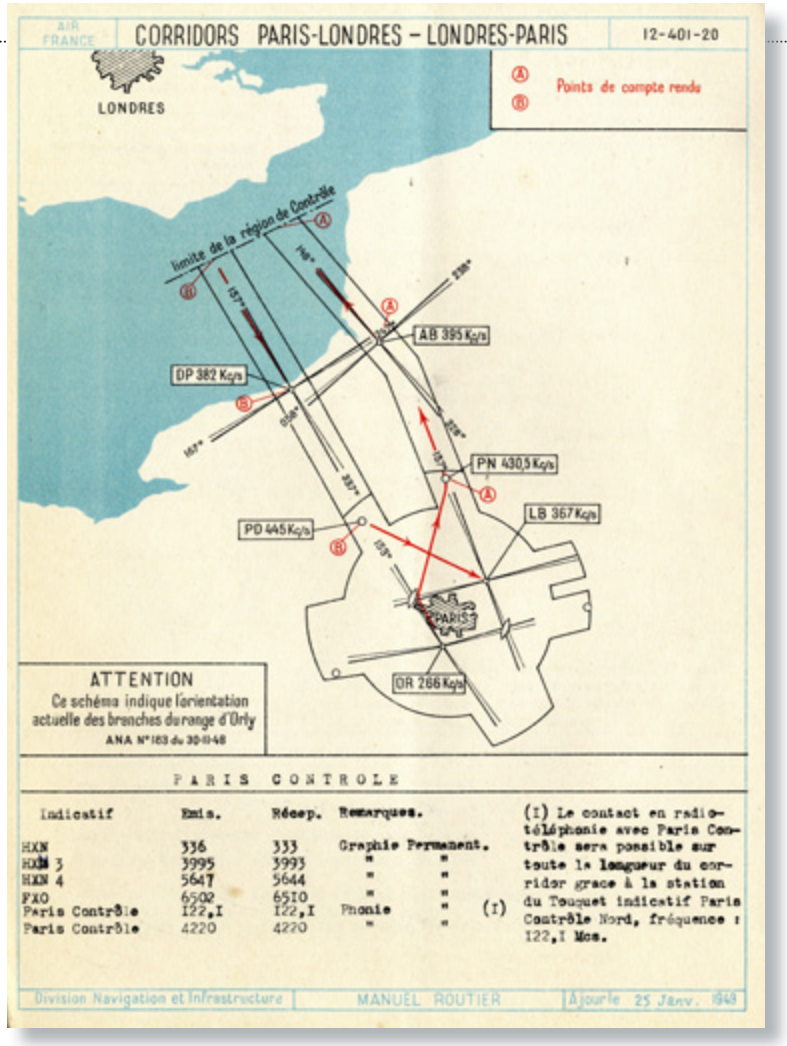
Trafic brut

	KMS parcourus	Passagers		POSTE (kg)	TOTAL du fret sans la poste (kg)	DÉTAIL DU FRET (kg)		
		Payants	Service et Gratuits			Journaux	Excédents de bagages	Messageries
1938	10.627.295	91.225	13.199	881.707	1.368.2007	_	_	_
1945	13.274.751	110.707	9.938	3.505.854	938.615	91.644	216.197	630.772
1946	23.643.349	285.539	112.647	4.194.419	5.084.937	606.824	708.849	3.769.264

Trafic kilométrique

	Passagers		POSTE (kg)	TOTAL du fret sans la poste (kg)	DÉTAIL DU FRET (kg)		
	Payants	Service et Gratuits			Journaux	Excédents de bagages	Messageries
1938	55.882.280	10.368.335	1.144.585	945.579	_	_	_
1945	113.989.015	8.691.752	3.258.658	1.178.750	69.993	195.503	913.254
1946	322.942.183	16.900.864	4.945.090	5.114.748	471.079	994.972	3.648.697

Source : *Bulletin du SGACC* n° 28 d'août 1947.



Corridors Londres-Paris mis en place pour assurer la sécurité des vols entre les deux capitales. Il est curieux de constater que les corridors s'arrêtent au milieu de la Manche.

à Londres, accompagné du directeur de la navigation aérienne, durant quatre jours, dans une ambiance hostile, devant une *« formidable pyramide de cadres compétents »*, issus pour la plupart de la Royal Air Force. De retour à Paris, il avait proposé, dans son rapport à Jules Moch, la création d'un corps d'ingénieurs chargés d'assurer *« une unicité hiérarchique dans l'emploi et le fonctionnement de la navigation aérienne »*.

Quelques mois plus tard, un décret du 7 juin 1948 créa à cet effet sept corps de fonctionnaires : ingénieurs de la navigation aérienne, ingénieurs de l'exploitation de la navigation aérienne, ingénieurs des travaux de la navigation aérienne, ingénieurs des travaux des télécommunications aériennes, contrôleurs de la navigation aérienne, contrôleurs des télécommunications

L'un des premiers brevets de contrôleur de la circulation aérienne, celui du commandant Jacquot.

aériennes, agents de la navigation aérienne. Ces corps se substituèrent progressivement aux anciens corps de commandants de port aérien, commandants d'aérodrome, chefs de circonscription aéronautique, chefs de poste radioélectricien, opérateurs radioélectriciens, qui avaient payé un lourd tribut pour leur action dans la Résistance. La relève fut assurée par l'arrivée de nouvelles recrues, formées aux nouvelles techniques à mesure qu'elles remplaçaient les anciennes.

L'année suivante, un décret du 29 août 1949 créa l'Ecole nationale de l'aviation civile (ENAC) qui, en réalité, avait déjà commencé à fonctionner. L'ENAC avait pour mission, selon les propres termes de ce décret, d' *« assurer dans un même cadre la formation de tous les personnels techniques qui coopèrent aux activités de l'aviation commerciale, navigants chargés de la conduite des aéronefs, d'une part, personnel au sol responsable de la circulation aérienne et de l'infrastructure radio indispensable à l'exécution et à la sécurité des vols, d'autre part »*. La fusion entre l'ENAC et le service d'exploitation de la formation aéronautique (SEFA) en 2010 a confirmé cette ligne directrice.

L'héritage américain

Le transport aérien avait joué un rôle significatif dans le conflit qui venait de s'achever. Les vagues de Dakota qui avaient accompagné la libération de la Normandie en étaient pour les Français l'image la plus proche, qui masquait le formidable déploiement du Military air transport service (MATS) de l'US

Air Force sur les cinq continents. La paix revenue, les Etats-Unis disposaient d'Orly, d'Istres, de Casablanca, de Cayenne, de Dakar, de Nouméa et de Bora-Bora. Les Anglais étaient au Bourget, à Bordeaux et à Marignane. La dépendance vis-à-vis des Anglo-Saxons se faisait sentir aussi bien dans le domaine du transport que dans celui de la navigation aérienne. Air France s'équipait en quadrimoteurs Douglas et Lockheed pour participer à la plus importante innovation de l'après-guerre, l'ouverture des lignes entre les États-Unis et l'Europe.

Le 6 février 1946, un Constellation de la TWA atterrit à Orly, base de l'Air transport command, marquant la première liaison civile, en avion, entre New York et l'Ancien continent. Moins de cinq mois plus tard, Air France ouvrit la ligne réciproque. Les deux compagnies étaient étroitement liées ; la compagnie américaine joua un rôle non négligeable dans la formation du personnel navigant et dans l'entretien des moteurs. Ainsi, le pilote américain Richard Gentry battit le record de vitesse aux commandes d'un avion d'Air France, au début de septembre 1946, en parcourant New York - Paris en 15 h 32.

Orly était encore une base américaine, qui ne nous fut rendue que le 7 novembre 1946, après la signature d'une convention, signée le 5 novembre de la même année, dans le cadre des accords Blum-Byrnes du 28 mai 1946 et Bidault-Caffery du 18 juin 1946 portant spécialement sur les installations d'aide à la navigation aérienne. En 1946, une section française travaillait auprès du Joint air traffic center d'Orly et l'ENAC, à l'origine, s'installa dans les baraques Quonset au nord du terrain d'Orly.

Le monde aéronautique avait changé de pôle. De 1918 à 1939, le seul système cohérent de réglementation internationale avait été celui de la CINA (Commission internationale de la navigation aérienne) découlant de l'application de la Convention de Paris (1919). Ce système regroupait l'Europe des vainqueurs du premier conflit mondial, et, dans leur sillage, leurs immenses empires (colonies, dominions, territoires sous mandat). Certains États tels que le Japon ou le Siam y avaient adhéré. La Convention de Paris comprenait des annexes techniques, dont l'annexe D « Règlement sur les feux et signaux. Règles de la circulation aérienne ».

Mais l'Allemagne, l'URSS et les Etats-Unis, pays dotés d'importantes compagnies de transport aérien et dont le matériel volant et les infrastructures étaient techniquement très avancés, restaient en dehors de ce système.

La formation des personnels

Les personnels civils en fonctions en 1939 au ministère de l'Air sont d'origine diverse. Les commandants d'aérodrome, opérateurs radio et techniciens aux compétences variées sont issus des filières militaires ou formés « sur le tas » ; les cadres techniques viennent d'écoles d'ingénieurs ou de l'université.

Au sortir de la guerre, la responsabilité de l'Aviation civile est confiée au ministre des Travaux publics et des Transports. Pour former les personnels recrutés à la hâte, la DNA met sur pied des stages à Orly pour les commandants d'aérodrome et le SPAé fait de même au Bourget pour les agents techniques ; ces formations, regroupées au sein du service des écoles et des stages, sont insuffisantes pour faire face à la reprise du transport aérien. Quant à la formation des pilotes, l'Etat subventionne Air France et les sections aviation des Ecoles de la marine marchande de Paris et Bordeaux.

Max Hymans, premier secrétaire général à l'Aviation civile et commerciale, a l'idée de rassembler dans une seule école la formation des navigants et personnels techniques de la navigation aérienne : ce sera l'ENAC, créée officiellement en 1949. Cette décision s'inscrit dans la grande tradition française, où l'Etat prend en charge la formation des corps de fonctionnaires dans des établissements relevant des ministères concernés, mais avec la particularité, pour le SGACC, de réunir toutes les formations dans une seule et même école, contrairement à l'Equipement (Ecole nationale des ponts et chaussées et Ecole nationale des TPE) ou au secteur aéronautique de l'Armement (SUPAERO et ENSICA). Cette formule, possible en raison de la modicité des effectifs concernés, favorise chez les élèves une meilleure compréhension des autres métiers de l'aviation civile et crée des liens qui pourront s'avérer utiles dans l'exercice de leurs fonctions futures. Autre particularité de la nouvelle école : si à l'ENPC et à SUPAERO les ingénieurs civils sont majoritaires, l'ENAC ne forme à l'origine que des agents de l'Etat.

L'ENAC, installée à Orly, a commencé dès 1948 à former les nouveaux corps de la navigation aérienne créés en juin de la même année. Elle fait appel à des enseignants extérieurs et à des experts du SGACC. Les effectifs des premières promotions sont fort modestes ; l'école accueille ensuite des personnels en provenance des territoires de l'empire colonial, puis de pays étrangers et, à partir de 1956, des élèves se destinant à des carrières hors de l'administration de l'aviation civile. De 1948 à 1985, l'ENAC a formé 330 ingénieurs de la navigation aérienne et 1 000 ingénieurs des études, dont la moitié dans la filière électronique, toutes origines confondues.

Le transfert à Toulouse en 1968, conduit par Louis Pailhas, futur directeur, va donner à l'ENAC des moyens dignes d'une grande école, à même de recruter de plus en plus d'élèves destinés à l'industrie. Bien que les cursus soient toujours définis en fonction des besoins des services, ils suivent les évolutions techniques et technologiques, ce qui rend l'école attractive pour les étudiants candidats et appréciée des industriels pour la qualité de ses diplômés.
Au milieu des années quatre-vingts, les réflexions au sein du conseil de perfectionnement de l'ENAC conduiront à de nouvelles orientations, et en particulier à développer les activités de recherche en vue d'une habilitation à délivrer des mastères et des diplômes de spécialisation dans des domaines tels que l'homme-machine, l'électronique spécialisée ou l'économie des transports.

DC-4 d'Air France.

L'OACI

Avant même la fin de la guerre, les Etats-Unis, sûrs de la victoire et dotés des moyens d'imposer leur avance technique, convoquèrent à Chicago une conférence qui se termina le 7 décembre 1944 par la signature d'une convention remplaçant celle de Paris. En matière de réglementation du transport aérien, la convention se borna à perpétuer le système d'accords bilatéraux déjà en vigueur depuis l'origine. En revanche, la normalisation en matière technique fut beaucoup plus affirmée. Une commission de la navigation aérienne fut créée et les réunions mondiales ou régionales se mirent aussitôt au travail dans le cadre de l'Organisation provisoire de l'aviation civile internationale (OPACI), qui devint permanente en 1947 (OACI). Les premières annexes à la Convention, recueil des normes et pratiques recommandées, furent éditées à partir de 1948 dans les domaines suivants : règles de l'air, unités de mesure dans les communications air/sol, télécommunications aéronautiques, services de la circulation aérienne et services d'information aéronautique.

La France avait été quasiment absente des débats techniques lors de la conférence de Chicago. Max Hymans, alors directeur des transports aériens, présidant la délégation française, n'était assisté que d'un commandant d'aérodrome, conseiller du ministre de l'Air. Un seul français avait été désigné comme membre d'un seul comité, le comité II « Normes et procédures techniques de la Conférence » alors que les autres comités et les sous-comités étaient présidés par des Britanniques, des Canadiens, des Norvégiens, des Polonais, des Chinois, des Néerlandais et des Mexicains. L'effacement relatif de notre pays était une conséquence directe de la sombre période de Vichy. D'août 1940 à novembre 1942, l'activité aérienne en France métropolitaine avait repris à un rythme ralenti jusqu'en novembre 1942 et s'était complètement arrêtée ensuite, du fait de l'occupation, par les Allemands, de la zone dite libre. Le transport aérien avait continué en Afrique du Nord et en Afrique subsaharienne, avec les moyens mis en place avant la guerre et les quelques moyens fournis chichement par les Alliés. Les efforts de recherche s'étaient réduits à suivre les progrès de l'industrie à travers des articles dans la presse spécialisée.

Ces lacunes furent rapidement comblées. Dès le 11 juin 1946, un commandant d'aérodrome, Jacques de Vienne, avait été détaché auprès de l'OPACI. Les membres de la délégation française à l'assemblée générale de cet organisme, du 21 mai au 6 juin 1946 à Montréal, étaient rentrés à Paris, via New York,

Le F-BHHI est le prototype n° 2 de Caravelle. Il a participé aux essais d'atterrissage automatique CAT III A de mi-1966 à janvier 1967 avant d'être exploité par Air France. La compagnie l'a utilisé de décembre 1970 à 1976 pour former ses mécaniciens au sol au centre de Vilgénis.

par les premiers vols de reconnaissance des DC-4 d'Air France, avant l'inauguration de la ligne au début de juillet. Le SGACC envoya plusieurs délégués aux conférences régionales qui se déroulèrent pendant l'été et l'automne 1946.

Les industriels furent incités à produire, d'abord sous licence, puis sous leurs propres brevets, les appareils au sol et à bord des avions correspondant aux normes internationales dans l'élaboration desquelles la France prenait rapidement une part croissante.

L'OACI avait entraîné, entre autres innovations, une refonte fondamentale de la carte aérienne de la France, où les anciennes circonscriptions radioélectriques avaient fait place à trois régions d'information de vol (en anglais : FIR pour *flight information region*) associées à un centre de contrôle régional (CCR) et à un BCT (bureau central des télécommunications). Leur juxtaposition dans les mêmes locaux modifiera ensuite la désignation des centres en centres régionaux de navigation aérienne (CRNA).

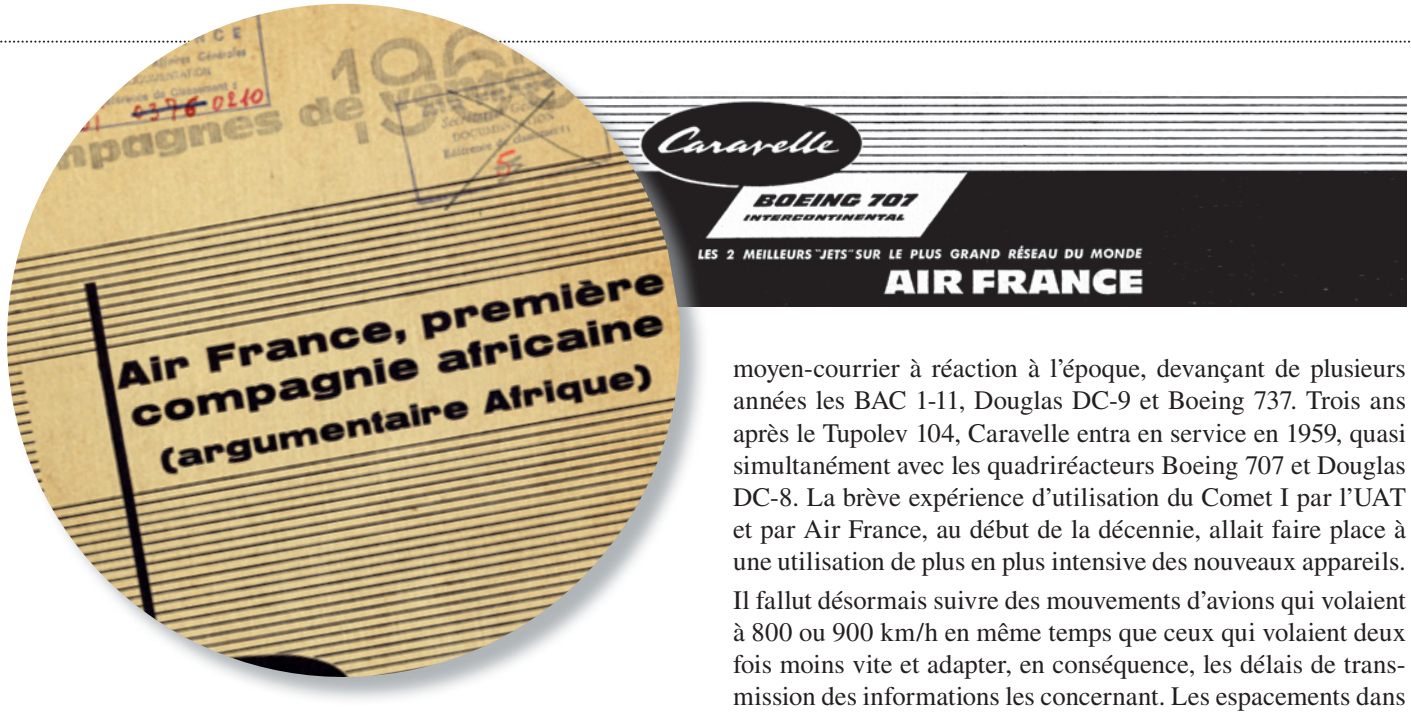
L'innovation technique était d'autant plus nécessaire que le trafic aérien se développait à un rythme annuel de croissance à deux chiffres ; de 1951 à 1960, le trafic des compagnies françaises, sur nos aéroports, avait plus que triplé, ainsi que celui des compagnies étrangères. La remise à niveau et la modernisation exigeaient un effort budgétaire considérable qui concernait non seulement la métropole, mais l'ensemble de l'Union française. En 1953, le nombre de mouvements d'Alger-Maison Blanche était supérieur à celui d'Orly ; le trafic d'Hanoi dépassait celui du Bourget et celui de Saigon était à peine inférieur à celui d'Orly.

Le tournant des années soixante

Tout fut bouleversé au début des années soixante par les effets conjugués de la propulsion à réaction, de la fin de l'ère coloniale et de l'épanouissement du réseau intérieur.

La propulsion à réaction

René Lemaire, secrétaire général à l'Aviation civile et commerciale, prit en mars 1951 une initiative qui allait mettre fin à une coûteuse série d'échecs en matière de construction aéronautique nationale. Il créa, sous sa présidence, un comité chargé d'étudier un avion de transport pouvant transporter 60 passagers à 800 km/h sur 2 000 km en décollant d'une piste de 1 800 m en conditions atmosphériques standard. Le projet retenu fut celui du biréacteur SE 210 Caravelle, seul avion



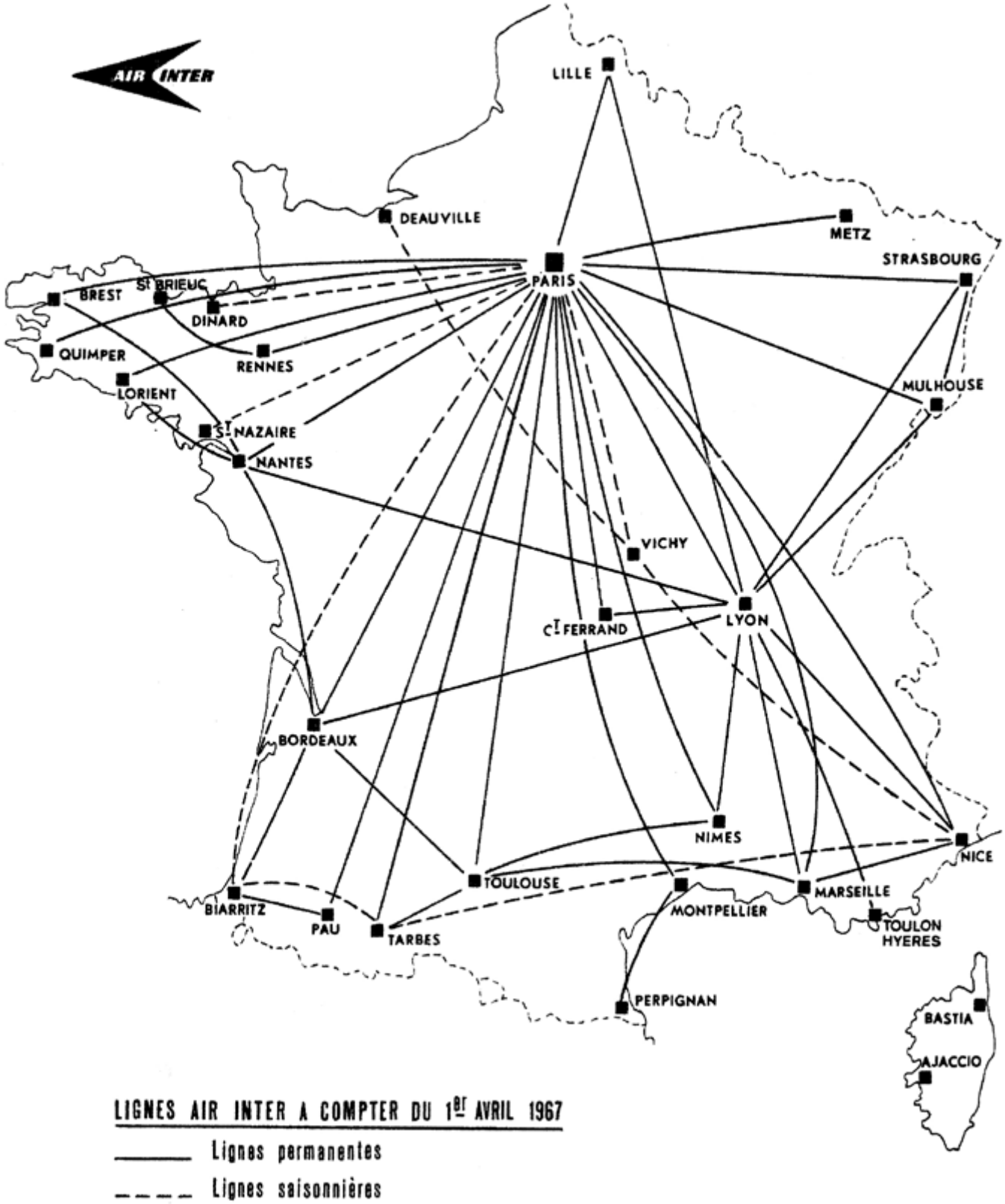
Document argumentaire pour promouvoir la compagnie Air France en Afrique.

moyen-courrier à réaction à l'époque, devançant de plusieurs années les BAC 1-11, Douglas DC-9 et Boeing 737. Trois ans après le Tupolev 104, Caravelle entra en service en 1959, quasi simultanément avec les quadriréacteurs Boeing 707 et Douglas DC-8. La brève expérience d'utilisation du Comet I par l'UAT et par Air France, au début de la décennie, allait faire place à une utilisation de plus en plus intensive des nouveaux appareils.

Il fallut désormais suivre des mouvements d'avions qui volaient à 800 ou 900 km/h en même temps que ceux qui volaient deux fois moins vite et adapter, en conséquence, les délais de transmission des informations les concernant. Les espacements dans les voies aériennes durent aussi tenir compte de l'accroissement de la vitesse et du rayon de virage des avions à réaction, ainsi que de leur coexistence avec des avions plus lents. Le plafond des nouveaux appareils passait, en même temps, de 6 000 à 12 000 mètres, ce qui rendit nécessaire la création de voies réservées aux avions civils dans l'espace aérien supérieur, réservé jusqu'alors aux avions militaires.

Il fallut également adapter les outils à la disposition des contrôleurs à ces nouvelles contraintes. L'intense collaboration qui s'était instaurée, depuis plusieurs années, entre la DNA et le

Airbus A 300 d'Air Inter.


AIR INTER
LILLE
DEAUVILLE
METZ
STRASBOURG
PARIS
BREST
St BRIEUC
DINARD
QUIMPER
RENNES
LORIENT
MULHOUSE
St NAZAIRE
NANTES
VICHY
Cl FERRAND
LYON
BORDEAUX
NIMES
NICE
TOULOUSE
MARSEILLE
BIARRITZ
PAU
TARBES
MONTPELLIER
TOULON
HYERES
PERPIGNAN
BASTIA
AJACCIO
LIGNES AIR INTER A COMPTER DU 1er AVRIL 1967
Lignes permanentes
Lignes saisonnières

STNA[1] d'une part et l'industrie française d'autre part aboutit à la création d'un équipement radar construit par la Compagnie générale de télégraphie sans fil (CSF) qui fut installé d'abord à Orly, puis à Bordeaux, Lyon et Marseille et fut même expérimenté aux Etats-Unis (Chicago et Indianapolis) en 1959. L'industrie française se dégageait ainsi de la dépendance par rapport à l'industrie américaine, où elle avait été contrainte dans la première période de l'après-guerre.

Dans le domaine du transport aérien, l'arrivée imminente d'appareils beaucoup plus performants que les précédents poussa les compagnies nationales des six signataires du traité de Rome à tenter de corriger les effets d'une concurrence dévastatrice par la création d'un consortium, nommé Europair, puis Air Union. Ce projet, lancé en novembre 1957, fut définitivement abandonné en mai 1966, faute d'avoir pu concilier les intérêts divergents des parties.

Au même moment, un processus similaire était engagé par les Six en vue d'unifier un espace de contrôle que les avions allaient traverser beaucoup plus rapidement. Un accord fut signé le 13 décembre 1960, mais aboutit à un résultat beaucoup plus modeste : seul l'espace aérien supérieur, accessible aux nouveaux appareils, fut unifié. Les frontières politiques entre États européens continuèrent à délimiter les espaces aériens inférieurs, à l'exception de celui géré par le centre de Maastricht (Benelux et nord de l'Allemagne).

La décolonisation

L'accession à l'indépendance des pays autrefois placés sous la souveraineté, la suzeraineté, le protectorat ou le mandat français restreignit, en quelques années, la présence aéronautique française dans le monde. Politiquement réduite à la métropole et aux départements et territoires d'outre-mer, la France maintint néanmoins une présence active dans ces pays, à travers l'assistance bilatérale ou multilatérale.

Les compagnies aériennes françaises partagèrent désormais le trafic avec les nouvelles compagnies nationales, éventualité préparée parfois de longue date par la participation à des filiales communes. Une forme originale fut mise au point avec onze États africains sous forme d'une société multinationale, Air Afrique, dont le capital était détenu à 34 % par des intérêts français. La décolonisation entraîna aussi une modification du difficile équilibre entre les zones d'activité respectives d'Air France et des compagnies privées, décidé au début des années cinquante.

En matière de navigation aérienne, la transition indispensable fut également assurée, soit de façon bilatérale, dont le meilleur exemple fut l'OGSA (Organisation de gestion et de sécurité aéronautiques en Algérie et au Sahara), soit de façon multilatérale, à travers l'ASECNA (Agence pour la sécurité de la navigation aérienne en Afrique et à Madagascar), qui regroupait onze États africains et la Société pour le développement du transport aérien en Afrique (SODETRAF)[2].

Le réseau aérien métropolitain

Plusieurs raisons expliquent le caractère tardif de la création d'un véritable réseau aérien intérieur en France. La principale réside dans le caractère relativement exigu du territoire, opposé à l'immensité des Etats-Unis, du Canada ou de l'URSS. Une autre raison est l'excellence du réseau de surface centré sur la capitale, réseau routier remontant à l'Ancien régime, doublé d'un réseau ferré à partir du milieu du XIXe siècle. De ce fait, les principales villes de province n'étaient guère desservies que comme escales intermédiaires des lignes long-courrier, dans la limite des places laissées vides par les clients des destinations et des provenances plus lointaines.

La fin de la guerre d'Indochine contraignit la banque du même nom à chercher un emploi pour les capitaux qu'elle était contrainte de rapatrier. Associée à la banque Lazard frères, aux Chargeurs réunis et à deux sociétés de transports routiers, elle soumit au Gouvernement, en octobre 1954, un projet de compagnie intérieure, Air Inter. Conscientes du danger, les deux sociétés nationales, Air France et la SNCF, sautèrent, si l'on peut dire, dans le train qui allait se mettre en marche et obtinrent une part égale à celle des intérêts privés dans le capital de la nouvelle société. Celle-ci, après un faux départ en 1958, démarra pour de bon au printemps de 1960. L'embauche de personnel navigant précédemment employé dans les compagnies françaises exerçant leur activité dans les pays devenus indépendants facilita ce démarrage.

Air Inter fut aussi considéré, dès ses débuts, comme un accélérateur de la décentralisation et de l'aménagement du territoire, ce qui facilita le financement des installations nécessaires en route et à l'approche d'aérodromes de province jusque-là non desservis de façon régulière.

1. Service technique de la navigation aérienne.

2. Voir *Le temps des ingénieurs de la navigation aérienne, mémoires d'outre-mer, 1945-1968*, collection mémoire de l'aviation civile, 2010.

Boeing 747 d'Air France en escale à Nouméa La Tontouta.

La seconde moitié des trente glorieuses

Les progrès du matériel volant, après le saut technologique de la propulsion à réaction, furent beaucoup moins spectaculaires et eurent donc un impact beaucoup plus faible sur le contrôle aérien. Les gros porteurs long-courrier (Boeing 747, Douglas DC-10) ou moyen-courrier (Airbus A 300) influèrent peu sur les procédures de contrôle, si ce n'est en matière d'espacement pour éviter les conséquences fâcheuses des turbulences de sillage. Il fallut aussi déplacer le balisage lumineux des voies de circulation élargies.

L'arrivée d'une quinzaine d'appareils supersoniques Concorde dans les flottes d'Air France et de British Airways, à partir de 1976, nécessita la création de voies aériennes atteignant le niveau 610 (61 000 pieds) dans l'espace aérien supérieur, jusque-là réservé aux évolutions des appareils militaires, à l'instar de ce qui s'était passé quinze ans plus tôt lors de la mise en service des avions civils à réaction.

La coexistence de cet appareil et d'appareils subsoniques dans l'espace aérien inférieur dut aussi être organisée.

Atterrissage tout temps, radars secondaires, automatisation

Le nombre de mouvements continuait à croître à un rythme annuel proche de 10 %, et plus rapidement encore en ce qui concernait le transport intérieur. Le réseau principal de lignes radiales et transversales d'Air Inter approchait de la maturité mais souffrait d'un grave handicap par rapport au chemin de fer dès que les conditions météorologiques se dégradaient. La compagnie intérieure se préoccupa donc auprès des constructeurs (avion et équipements de bord) d'accroître la régularité de ses vols. En collaboration étroite avec les services officiels, elle obtint la certification de ses Caravelle en catégorie III (hauteur de décision : 15 mètres, visibilité horizontale : 150 mètres) et procéda au premier atterrissage automatique au monde en service commercial régulier, le 9 janvier 1969, à Orly, puis à Toulouse, Bordeaux, Marseille et Lyon.

L'augmentation du trafic, combinée avec une proportion de plus en plus grande d'avions à réaction, rendit nécessaire une modification profonde des outils et des procédures de contrôle. On était déjà passé de la graphie à la phonie dans les années cinquante, mais le lien entre le contrôle et l'avion était encore

Concorde.

un processus complexe. L'identification d'un avion sur un écran radar ne pouvait se faire qu'en lui ordonnant une altération de cap, reportée ensuite sur le « strip »[1] correspondant. L'installation de radars secondaires et de transpondeurs à bord des avions permit une identification plus rapide, en même temps que l'indication de son altitude. La DNA imposa l'installation de transpondeurs sur tous les avions à réaction en 1966 et sur tous les avions à hélices l'année suivante.

Malgré ces perfectionnements, les tâches de contrôle atteignaient le niveau de saturation des ressources matérielles et humaines. On ne pouvait indéfiniment multiplier le nombre de secteurs, ni le nombre d'avions que chaque secteur pouvait prendre en charge.

Les ressources de la cybernétique devaient aider à résoudre le problème. Les études sur l'automatisation de la circulation aérienne étaient déjà bien avancées aux Etats-Unis et la documentation était abondante dès la fin des années cinquante. Elle fut mise à profit dans les études et les expérimentations menées par le centre d'expérimentation de la navigation aérienne (CENA) installé, en 1959, à proximité du CCR d'Orly. Il en résulta la mise en œuvre de la première version du coordinateur automatique du trafic aérien (CAUTRA) en 1961.

D'autre part, l'introduction de centrales à inertie dans l'équipement des avions long-courrier aboutit à la suppression de la fonction de navigateur dans les équipages et à la désuétude du système de navigation aérienne à grande distance LORAN (*long range air navigation system*). Toutefois, celui ci s'est maintenu pour l'aviation générale jusqu'à l'arrivée du GPS.

1. Bande de papier sur laquelle sont inscrites toutes les informations sur un vol (indicatif radio, type d'appareil, niveau de croisière, route…) nécessaires aux contrôleurs aériens pour suivre la progression d'un avion et lui donner des instructions de contrôle.

Décentralisation, saturation, régulation

La crise économique déclenchée par la décision des Etats-Unis, en août 1971, de mettre fin à la convertibilité du dollar en or et les deux crises pétrolières de 1973 et de 1979 eurent de lourdes conséquences pour le transport aérien international dont elles entravèrent la croissance. Elles incitèrent les compagnies à prendre des mesures d'économie non sans conséquences pour la circulation aérienne en matière de réserves de carburant et de préférence pour les trajets directs.

Sur les principales lignes radiales et transversales métropolitaines, Air Inter continuait à afficher des taux de croissance de 20 % par an et les collectivités locales de moindre importance, dédaignées par la compagnie intérieure, revendiquèrent auprès des autorités le droit d'être desservies et de bénéficier, à leur tour, des subventions dont Air Inter n'avait plus besoin. Ce fut la chance des compagnies qu'on appela, au début, de « troisième niveau » par assimilation maladroite avec la typologie en usage alors aux Etats-Unis, vocable peu flatteur, vite remplacé par celui de « compagnies régionales ». L'infrastructure de la navigation aérienne dut être adaptée, en conséquence, comme elle l'avait été dix ans plus tôt pour Air Inter.

D'autre part, les progrès considérables en matière de distances franchissables par les long-courriers rendaient de plus en plus difficile la gestion de l'espace aérien français. La position géographique du pays et les engagements internationaux découlant de la Convention de Chicago nous obligeaient à gérer un flux très important de survols au moment même où le trafic local continuait à augmenter de façon sensible et affichait une tendance à la concentration sur des pointes de trafic en début de matinée et en fin de soirée.

Vue générale du CRNA/Ouest.

Cette particularité explique probablement que la France ait été la première en Europe à se préoccuper de réguler le trafic aérien, mettant ainsi fin, au moins théoriquement, au début des années soixante-dix, à la pratique du « premier arrivé, premier servi ». La cellule d'organisation et de régulation du trafic aérien (CORTA) fut installée, au début de 1972, à Orly et la détection des mouvements fut améliorée par l'installation, dans les années suivantes, de nombreux radars primaires et secondaires sur le territoire français, complétée par la prise en compte des données d'un radar installé en Suisse. La couverture complète du territoire s'acheva par la création de deux nouveaux centres, à Brest en 1973, et à Reims en 1983. Un corollaire fut la création d'un organisme chargé de coordonner tous ces centres, le service du contrôle du trafic aérien (SCTA), en 1975.

Le « plateau » en attendant la libéralisation

La déréglementation du transport aérien, décrétée en 1978 aux Etats-Unis, n'eut pas d'effet sur le marché transatlantique avant le milieu des années quatre-vingts. Ce n'est qu'en 1985 que Delta Airlines et American Airlines commencèrent à desservir Paris, suivies de Continental, Northwest, United, US Air et Tower Air les années suivantes. En Europe, le statu quo bilatéral persista jusqu'au premier « paquet » de mesures de libéralisation en 1987. En France, la libéralisation des relations aériennes entre la métropole et l'outre-mer ne commença qu'en 1986. Si le nombre de mouvements sur les aéroports français cessa d'augmenter à partir de 1978, les progrès accomplis par la circulation aérienne en France et l'avance technique dans le matériel et les procédés d'exploitation fournirent à l'ensemble de l'Europe un modèle pour la régulation commune de l'espace aérien du Vieux continent, dont l'urgente nécessité se manifestera après la paralysie du système en 1988.

Conclusion

Au cours des quatre décennies qui ont suivi la fin de la Seconde Guerre mondiale, l'évolution des techniques a bouleversé notre vie quotidienne dans bien des domaines. Il eût été surprenant que l'aviation, qui a réellement pris sa dimension économique et sociale à cette époque, restât à l'écart du progrès.

L'exigence de sécurité qui avait imposé dès 1946 la refonte complète du système français de navigation aérienne demeurait primordiale. Cette exigence a dû se combiner, au fil des années, avec un impératif de régularité et de rapidité d'écoulement d'un trafic de plus en plus intense. L'automatisation de certaines tâches s'est imposée ; la navigation aérienne est passée de la table de « plotting », des lignes télégraphiques, des tableaux d'affichage et des NOTAM papier aux bases de données, aux réseaux et au CAUTRA IV.

Les perfectionnements successifs du système n'auraient pas été possibles si l'ensemble des responsables de sa conception, de sa réalisation et de sa mise en œuvre n'avaient pas constamment été animés du souci d'excellence. Ce sont leurs efforts qui nous ont permis de nous hisser du rang de parent pauvre, en 1945, jusqu'au plus haut niveau technique imposé par notre situation géographique, à un des principaux carrefours des voies aériennes internationales, et par la densité de notre trafic intérieur, le plus important d'Europe.

Delta Airlines fut l'une des premières compagnies américaines à profiter de la dérégulation pour desservir Paris avec des Lockheed 1011 *Tristar*.

Ambiance et motivation

par Henri-Georges Baudry, avec la participation d'Yves Lambert

Après Polytechnique (X 63) et l'ENAC, Henri-Georges Baudry débute sa carrière au CENA où il contribue à la mise en service du Cautra III. Chargé par la suite d'études sur l'organisation de l'espace aérien, il participe à divers groupes de travail internationaux, à l'OACI et à Eurocontrol. Chef du bureau planification et prospective à la DNA de 1977 à 1981, il suit le projet MLS. Adjoint au chef du CRNA/Nord en 1982, il est nommé chef du centre en 1985. Directeur adjoint de l'aviation civile de la région nord en 1988, affecté à la délégation de l'espace aérien en 1993, sous-directeur logistique et informatique à la DGAC en 1995, il devient conseiller technique du ministre chargé des transports en 1997, puis directeur de la navigation aérienne de 1998 à 2002 avant d'être affecté à l'inspection générale.

Au-delà des descriptions sur l'état des lieux à l'issue de la guerre et sur le développement du transport aérien et de la navigation aérienne, au-delà de la lecture d'archives, au-delà enfin de l'écoute des interviews, il faut tenter de retrouver l'esprit de l'époque et d'imaginer la motivation et le vécu des acteurs.

En 1945, les infrastructures du transport aérien sont ravagées, mais un domaine nouveau s'ouvre, d'une ampleur sans commune mesure avec l'avant-guerre, dans une époque marquée par l'aide mais aussi par la dépendance des Alliés.

L'effort de reconstruction est gigantesque et, pour sa part, le SGACC nouvellement créé ouvre une école spécifique destinée à former les acteurs du domaine aviation civile, les ingénieurs, les contrôleurs, les électroniciens, les techniciens et aussi les pilotes. C'est une originalité, spécifiquement française, de couvrir ainsi dans une même école une aussi large diversité de compétences techniques et d'exploitation.

Un domaine immense s'offre donc aux jeunes ingénieurs qui, après les épreuves, ont une revanche à prendre. Des équipes nouvelles se forment, où les ingénieurs issus de l'ENAC retrouvent des hommes issus des structures antérieures ainsi que des ingénieurs de l'air, des officiers affectés à l'aviation civile et d'autres personnels recrutés directement.

Malgré son passé aéronautique brillant, la France a quelque mal à exister dans un contexte international dominé par les Etats-Unis et le Royaume Uni. La page est quasiment blanche : elle s'ouvre sur un champ où le développement du transport crée un appel pour l'élaboration de moyens techniques nouveaux qui s'inscrit dans une démarche mondiale.

Au début, pour les ingénieurs, il s'agit principalement d'évaluer les besoins et de commander les équipements à l'industrie anglo-saxonne. Malgré les difficultés de la reconstruction, des moyens budgétaires croissants sont mis à leur disposition. Il y

a une dynamique, et de quoi occuper les ingénieurs, mais ils ne vont pas se contenter de cette activité d'approvisionnement et d'installation. C'est ainsi qu'avec d'autres personnels techniques, eux aussi issus de l'ENAC, une poignée d'ingénieurs de la navigation aérienne va faire œuvre pionnière en s'investissant pour maîtriser la technique, penser le système de contrôle de la navigation aérienne et son infrastructure, concevoir de nouveaux moyens et contribuer pleinement aux débats internationaux parfois tendus entre les champions industriels qui défendent leurs solutions par Administrations interposées. La dynamique tient aussi à la personnalité volontariste de directeurs qui ont pu accéder jeunes à des postes de responsabilité.

Ce qui ressort des interviews, c'est la très grande liberté dont les ingénieurs et les techniciens bénéficient dans leur travail de réflexion et d'expérimentation pour concevoir et valider les évolutions du système. Une réflexion fréquente est qu'ils se sont *« bien amusés »*. Il faut l'entendre de façon positive, car la grande autonomie dont ils disposent favorise une créativité tournée vers l'objectif de servir. En même temps, cette liberté d'action permet d'acquérir rapidement une formation complétant les rudiments appris à l'ENAC. Dans un domaine en plein essor, les occasions sont multiples de missions, de colloques, de réunions à travers le monde, y compris vers des pays comme la Chine qui commence alors à s'ouvrir.

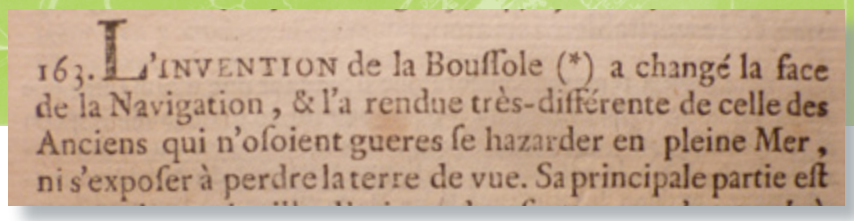
Nombre d'ingénieurs et de techniciens s'investissent dans l'amélioration des équipements de radionavigation et des moyens de surveillance ainsi que dans le développement du contrôle des aides à la radionavigation au sol et en vol. Ils travaillent avec la sécurité pour objectif, mais dans une société moins judiciarisée. C'est aussi l'époque où l'informatique naissante commence à être utilisée dans le contrôle de la navigation aérienne. Ces développements sont l'occasion de rencontres fécondes, parfois contradictoires, avec l'industrie, l'Administration militaire, les télécommunications, le secteur des applications spatiales, et de confrontations avec les homologues étrangers. Les ingénieurs contribuent au plan mondial et européen à l'élaboration des normes.

Les rapports avec l'industrie, impliquée dans un domaine ouvert et concurrentiel, sont à la fois confiants et empreints de vigilance ; déjeuner avec l'industriel n'a rien de compromettant, mais l'on se garde d'évoquer les affaires à table.

Ces ingénieurs, munis de leur bagage acquis à l'ENAC et rapidement confrontés à la réalité, acquièrent une compétence dans la construction de systèmes à partir de composants commandés à l'industrie, puis la maîtrise de ces systèmes. Mais ce n'est pas à l'Administration de poursuivre leur développement, et encore moins d'en assurer la production. Il est donc fait appel à l'industrie pour la fourniture des équipements ; la compétence acquise par les ingénieurs de l'administration leur permet de les spécifier précisément, parfois d'ailleurs trop au goût de l'industrie qui a aussi sa capacité d'innovation propre... Les ingénieurs sont en mesure d'évaluer le produit et de tenir la dragée haute aux fournisseurs lorsqu'il s'agit de s'assurer de la conformité du produit au cahier des charges et de la correspondance avec l'état de l'art.

Tout en veillant à la bonne utilisation des crédits, il est plus facile qu'aujourd'hui de passer des marchés. Les ingénieurs disposent d'une grande liberté d'action sur le plan financier et les moyens budgétaires, sans être pléthoriques, sont accordés avec confiance. A l'expérience, il s'avère qu'en comparaison avec d'autres projets internationaux, notamment dans le domaine informatique et pour des résultats appréciés, les investissements sont restés modestes. Certains projets aboutissent par étapes, ce qui alimente la motivation pour passer à l'étape suivante. D'autres sont abandonnés lorsqu'ils ne sont plus maîtrisables financièrement ou lorsque le débouché devient douteux au plan international, soit parce que l'on se heurte à l'impossibilité d'une transition réaliste, soit parce qu'une évolution technologique majeure difficile à anticiper (navigation par inertie, GPS accessible au transport aérien, puissance de calcul, nouvelles technologies de l'information) modifie en profondeur le contexte. Mais, malgré ces abandons, le sentiment qui subsiste est qu'avec des moyens somme toute limités, des développements qui auraient pu raisonnablement déboucher ont été menés avec enthousiasme.

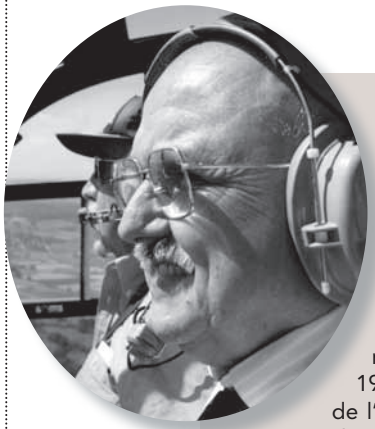
En définitive, l'histoire de la navigation aérienne de la fin de la guerre aux années quatre-vingts est une illustration parmi d'autres de la période des « trente glorieuses », au cours de laquelle ingénieurs et techniciens ont pu développer un travail créatif, avec une grande liberté d'initiative et dans un climat de confiance. Ceux qui ont eu la chance de vivre cette époque gardent le souvenir d'avoir, dans le champ qui leur était ouvert, bien cultivé leur jardin et contribué ainsi, avec l'industrie comme avec leurs collègues étrangers, au développement d'un système international de la navigation aérienne au service du transport aérien.


163. L'INVENTION de la Bouſſole (*) a changé la face de la Navigation, & l'a rendue très-différente de celle des Anciens qui n'oſoient gueres ſe hazarder en pleine Mer, ni s'expoſer à perdre la terre de vue. Sa principale partie eſt

Nouveau traité de navigation, 1792[1].

De la boussole au satellite

par Jacques Delol



Jacques Delol débute sa carrière au CCR d'Alger en 1954, comme contrôleur puis comme ingénieur, et rejoint l'OGSA en 1963 en tant que responsable du groupement du service technique du groupement régional de la navigation aérienne. Il est affecté en 1965 à la division radar et traitement de l'information du STNA. Responsable par la suite de la formation des personnels à la DNA, il retourne au STNA comme chef du département nuisances. En 1982, adjoint au chef du SIA et chef du département traitement de l'information, il met en route l'automatisation du service. Il dirige à partir de 1992 le bureau des personnels techniques de la DGAC et termine sa carrière à la DAC Nord en 1994 comme chargé de mission défense. Jacques Delol a effectué diverses missions d'assistance technique et d'expertise, notamment à l'OACI et à Eurocontrol.

Nul ne s'étonne plus aujourd'hui de franchir des milliers de kilomètres, de subir quelques heures de vol pour atteindre n'importe quel point de la planète en « toute sécurité »[2]. C'est là l'aboutissement d'une longue évolution, de la boussole au satellite.

Il faut croire que voler est un rêve de l'homme, Icare l'a fait par nécessité. Léonard de Vinci (1452-1519) a inventé une machine volante à battement d'ailes et l'hélicoptère (que n'a-t-il pas inventé ?) ; plus près de nous, Jules Verne (1828-1905) a enchanté notre enfance avec l'Albatros de Robur le conquérant, énorme bateau volant muni de 74 rotors.

Les prémices

Pour assouvir leur rêve, les hommes ont voulu imiter les oiseaux en s'affublant d'ailes aussi inefficaces que périlleuses. Marey[3], étudiant le vol des oiseaux avec son fusil cinématographique, avait-il aussi l'intention de s'attaquer au vol humain ? D'autres, en observant le vol des oiseaux, se sont aperçus qu'ils pouvaient se maintenir en l'air sans battements d'ailes. Il suffisait donc d'utiliser des voilures rigides, ce que fit Otto Lilienthal (1848-1896), précurseur du vol à voile. Mais ce fut Octave Chanute (1832-1910) qui eut l'idée de l'aile rectangulaire.

1. « *Nouveau traité de navigation, contenant la théorie et la pratique du pilotage, par* M. BOUGUER, *de l'Académie Royale des Sciences, de la Société Royale de Londres.* Revu & Abrégé *par* M. l'Abbé DE LA CAILLE, de la même Académie Royale des Sciences. *Troisième édition, augmentée de plusieurs Notes & Additions, par M. DE LA LANDE. A PARIS,* Chez la Veuve DESAINT, Librairie, rue du Foin. M. DCC. XCII. *Avec Approbation & Privilège du Roi* ».
2. 0,15 passager tué par milliard d'heures de vol (source OACI 2009), alors que la probabilité d'accident était à l'origine d'un accident tous les 1 000 km (Olivier Carel).
3. Etienne Jules Marey (1830-1904) inventa en 1882 son fusil cinématographique pour l'étude des mouvements.

Boussole montée sur l'Arc-en-ciel III et récupérée par le musée Air France après l'incendie de l'avion en 1940. L'Arc-en-ciel III, un Couzinet 70, rallia Paris à Buenos Aires en janvier 1933, piloté par Jean Mermoz accompagné de René Couzinet, le constructeur de l'avion. Il franchit l'Atlantique sud de Saint-Louis-du-Sénégal à Natal en moins de quinze heures. Le retour se fit en mai, avec une arrivée triomphale au Bourget, devant 15 000 personnes. L'avion fut exploité par Air France jusqu'en 1937.

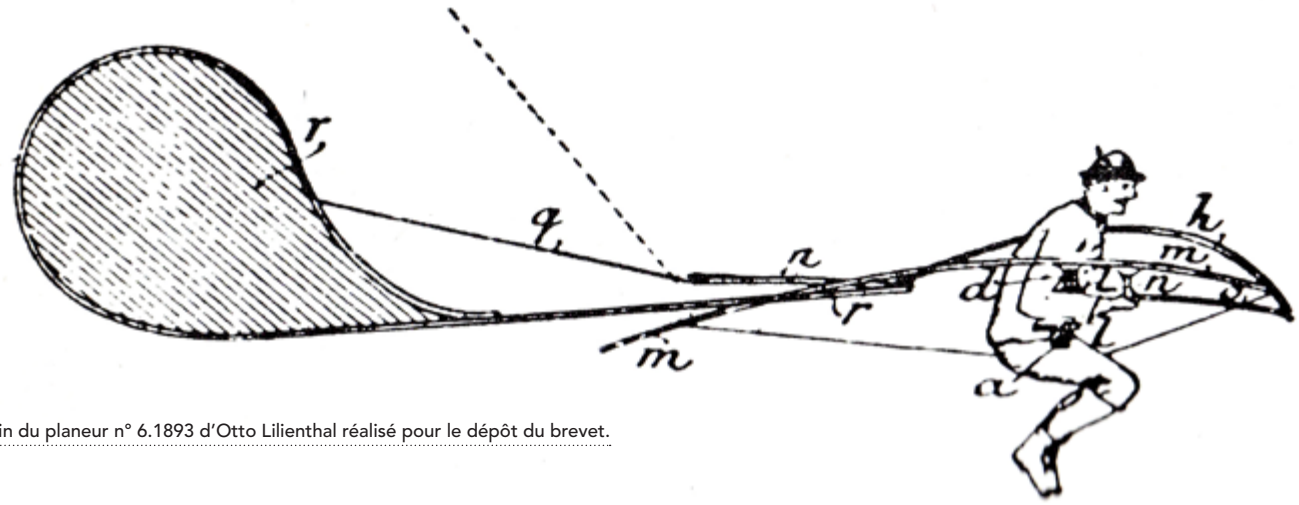
Clément Ader (1841-1925) ajouta un moteur, et ce fut là le premier « avion »[1] ; on peut constater qu'il n'était servi ni par son moteur ni par l'aérodynamique de ses ailes[2].

Le premier vol réel homologué en Europe fut celui de Alberto Santos-Dumont (1873-1932), vol en ligne droite de 220 mètres réalisé à Bagatelle le 12 novembre 1906 ; il fallut attendre le premier kilomètre en circuit fermé de Henry Farman (1874-1958) le 13 janvier 1908 à Issy-les-Moulineaux pour que l'avion devienne un engin pilotable.

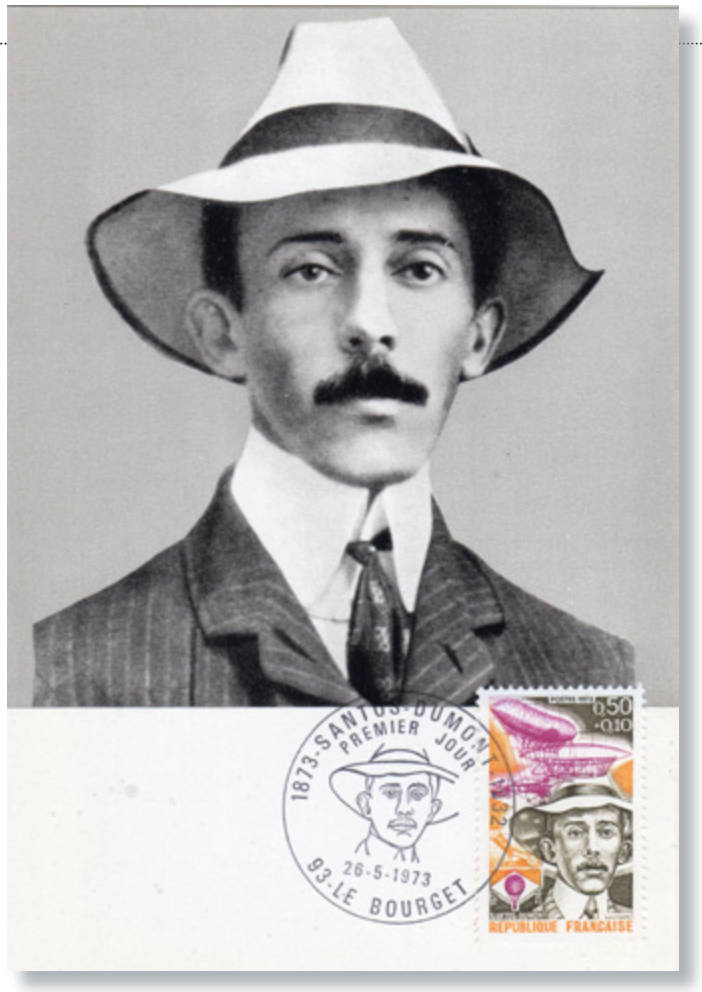
L'avion, tel que nous le connaissons, planeur motorisé doté de gouvernes, capable de décoller par ses propres moyens et de se diriger dans l'espace aérien, est né. Il va évoluer et, ainsi, susciter des besoins et des applications différentes qui, en retour, exigeront des moyens propres à permettre une utilisation qu'il va falloir réglementer ; l'évolution des machines va exiger des aides d'abord visuelles puis radioélectriques, une meilleure connaissance de l'atmosphère, une cartographie de plus en plus précise et mieux adaptée.

L'avion n'est tout d'abord qu'un engin sportif ; mais peu à peu se dessine un avenir utilitaire. Le 3 octobre 1908, Henry Farman réalise la première liaison de Chalons à Reims (27 km). La Première Guerre mondiale va donner à l'avion une structure et des moteurs plus fiables et plus puissants. La France, qui est alors la première puissance aéronautique, dont les avions ont équipé toutes les armées alliées, se retrouve à la tête d'un parc aérien important. Au lendemain du conflit la Société des lignes Latécoère va donc pouvoir utiliser les Breguet XIV[3], des surplus, pour l'acheminement du courrier vers l'Espagne et la côte occidentale de l'Afrique.

1. Ce qu'on ne peut lui contester puisqu'il créa le mot « avion ». Premier vol extrêmement bref mais vol au sens où on l'entend aujourd'hui, puisque cet engin a décollé par ses propres moyens (contrairement aux aéronefs des frères Wright, qui devaient être catapultés). Pour certains, le post-acronyme AVION signifierait : Appareil Volant Imitant le vol de l'Oiseau Naturel.
2. Les ailes repliables lui avaient été imposées par l'armée afin que ces engins puissent être facilement transportables par voie terrestre. L'armée s'était montrée ici très perspicace, à la fois quant à l'intérêt des ailes repliables et quant à l'utilisation de l'avion à des fins militaires.
3. Certains même de ces Breguet, le Breguet XIV *limousine* seront aménagés avec une cabine fermée pour le transport sanitaire, puis de passagers.



Dessin du planeur n° 6.1893 d'Otto Lilienthal réalisé pour le dépôt du brevet.



Les vols s'effectuent à vue en utilisant des repères au sol, donc la plupart du temps dans de bonnes conditions météorologiques. Mais ceci n'est pas suffisant. Pour une utilisation commerciale régulière les appareils devront pouvoir voler par tous les temps, ou presque, les conditions météorologiques devront être prévisibles et les pilotes devront pouvoir traverser les nuages, d'où la nécessité d'équiper les tableaux de bord encore rudimentaires d'instruments nécessaires au pilotage d'abord, puis à la navigation. De plus, comme le savait bien Saint-Exupéry (1900-1944), voler impliquait de pouvoir atterrir en campagne et de réparer soi-même. Les champs d'aviation, en réalité de simples champs, se révèlent vite insuffisants : il faut des aérodromes capables de recevoir des passagers ; des aérodromes qui vont s'équiper d'installations commerciales, de pistes et de phares d'aérodromes.

La rapide émergence des premiers besoins

Les aéronefs utilisent d'abord des repères au sol : routes et voies ferrées ou caractéristiques géographiques (lacs, cours d'eau, accidents du relief, etc.). Repères auxquels l'homme va ajouter des repères optiques, lumineux ou non, qui deviennent les premières aides propres à la circulation aérienne ; la TSF (télégraphie puis téléphonie sans fil) se révèle être également un outil prometteur.

Dans un arrêté du 17 mai 1924[1] le ministère de l'Air précise certaines procédures applicables lors de la traversée du Pas-de-Calais, selon que les aéronefs sont équipés ou non de « postes de TSF »[2] et fait état de relèvements radiogoniométriques, de même que de l'utilisation d'un radiophare[3] installé à Bobigny. La radionavigation s'annonce... Malgré ces moyens modernes, encore insuffisants, l'arrêté en question fait mention de quelques repères, « susceptibles d'aider la navigation aérienne », sur la route Le Bourget-Croydon (Royaume Uni) :

- Persan-Beaumont sur l'Oise (fumées et gares importantes),
- Poix et son viaduc en briques rouges,

1. *Bulletin de la navigation aérienne* n°51.
2. En 1910 le capitaine Brenot, sur monoplan Blériot piloté par le lieutenant Acquaviva, entreprend des essais de liaison radiotélégraphique ; l'avion volant à une hauteur de 15 m s'écrase dans un champ près de Saint-Cyr-l'Ecole. Les essais sont repris en 1911 sur biplan Farman piloté par le lieutenant Ménard et, des environs de Rambouillet, une liaison est établie avec la tour Eiffel. Mais il semble que la première liaison radio « commerciale » entre un avion et une station au sol ait eu lieu en Virginie (Etats-Unis) le 18 août 1917.
3. Préfiguration du NDB (*non directional beacon* = radiophare non directionnel)

Le Breguet XIV.

- Boulogne, dont la jetée orientée dans la direction de Hythe permet de vérifier la dérive,
- la lettre B et une flèche peintes en blanc sur le toit d'une usine d'Asnières indiquant aux navigateurs aériens la direction du Bourget,
- etc.

En même temps se dessine le besoin de cartes aéronautiques d'aérodromes et de routes aériennes : Blondel la Rougery édite un *Atlas aéronautique* du ministère de l'Air, ancêtre des futures publications du service de l'information aéronautique. La météorologie est un élément important, aussi quelques informations sont-elles fournies sur *« les conditions météorologiques de l'itinéraire Paris-Londres »*.

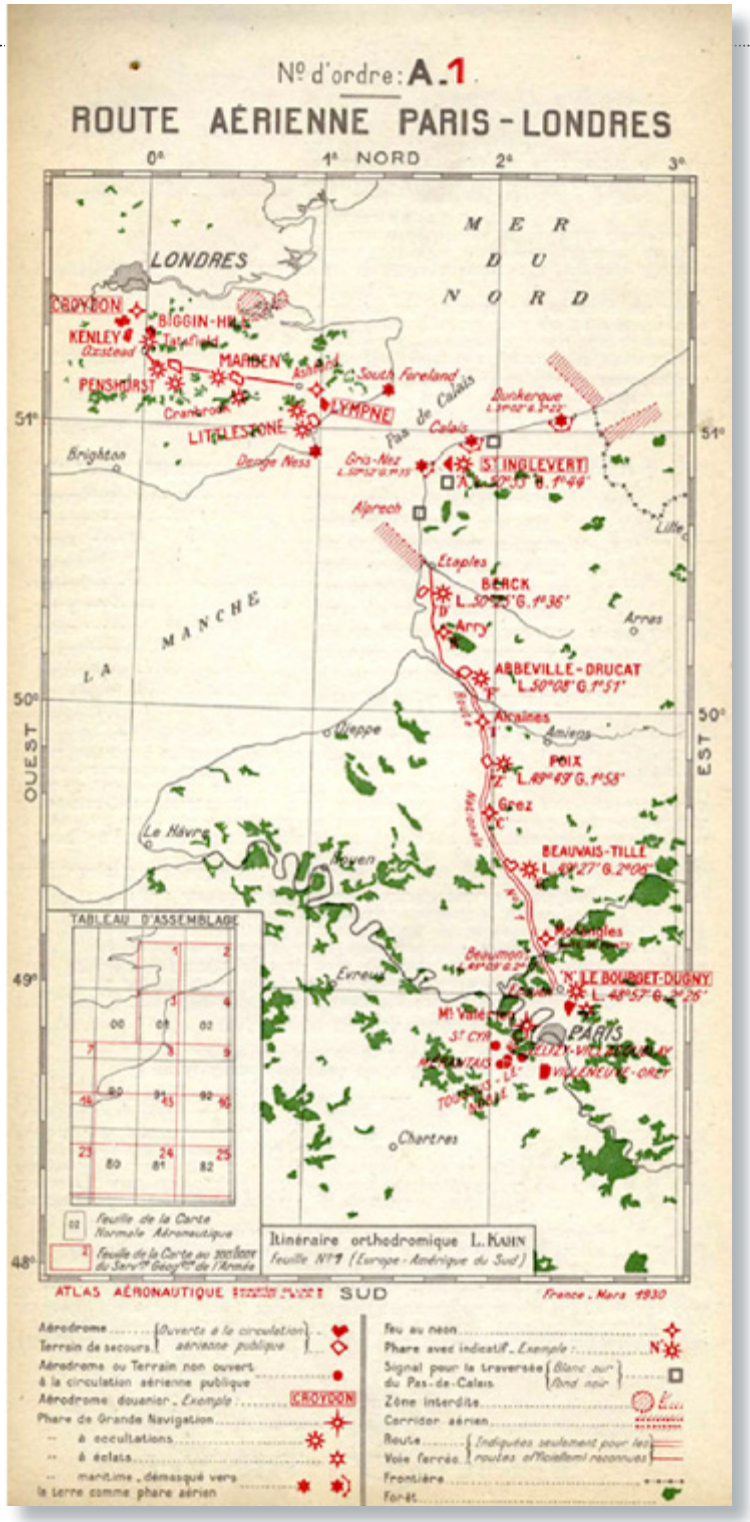
Nous sommes maintenant à l'aube d'une navigation moderne. Le navigateur aérien dispose déjà :

- d'un tableau de bord, certes encore assez rudimentaire,
- de liaisons radio (TSF),
- de balisage au sol,
- de moyens de radionavigation (radiophare) et de radiorepérage (radiogoniométrie),
- de renseignements météorologiques,
- d'informations aéronautiques (atlas aéronautique),

tous ingrédients générateurs des moyens et des méthodes actuelles.

La réponse des pouvoirs publics aux besoins des navigateurs aériens

Une organisation se met en place. Dès 1909, un décret du 19 novembre a créé une commission chargée de l'étude des problèmes de navigation aérienne, mais ce n'est qu'après la Grande Guerre qu'est créé, par instruction du 29 juin 1919, un organisme de coordination générale de l'aéronautique (OCGAé) chargé du contrôle de la navigation aérienne et de l'organisation générale d'un réseau de communications aériennes. Le décret du 7 septembre 1919 crée le service de la navigation aérienne (SNAé), établissement autonome relevant directement du ministère de la Guerre. Malgré la création en 1920 d'un sous-secrétariat à l'Aéronautique rattaché au ministère des Travaux publics et disposant du SNAé, il faudra attendre la fin de la Seconde Guerre mondiale pour que l'Aviation civile se libère réellement de la tutelle des militaires. Le décret du 18 décembre 1945 nomme Max Hymans (1900-1961) secrétaire général à



Carte extraite de l'*Atlas aéronautique* du ministère de l'Air édité par Edouard Blondel la Rougery (1930).

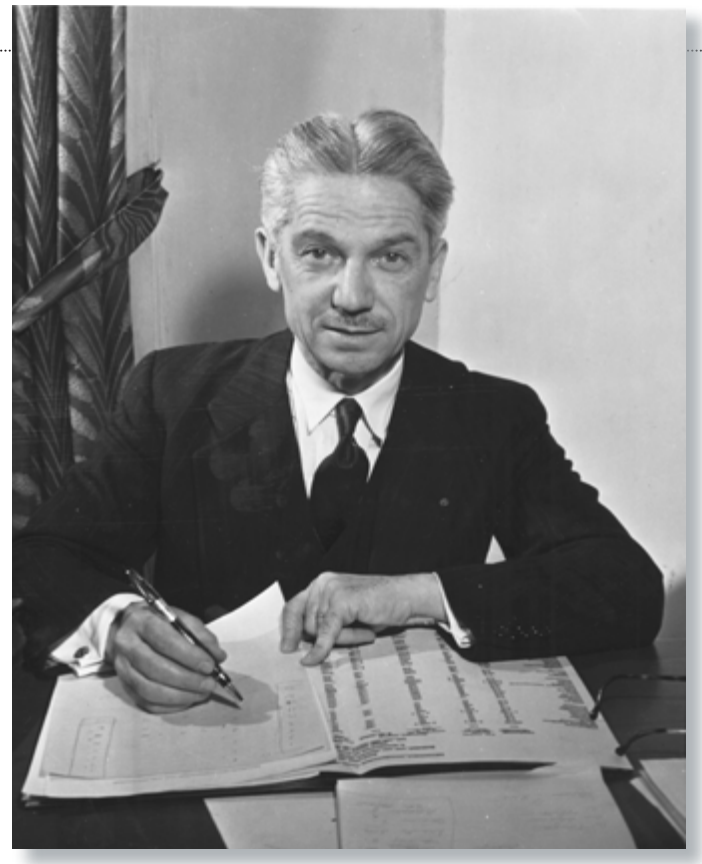
l'Aviation civile et commerciale et le décret du 12 septembre 1946 organise le secrétariat général à l'Aviation civile et commerciale (SGACC)[1].

Sur le plan international, la communauté n'est pas restée indifférente à ce nouveau mode de transport ; la Convention internationale portant réglementation de la circulation aérienne conclue à Paris le 13 octobre 1919 crée la Commission internationale de la navigation aérienne (CINA) dont la première réunion en juillet 1922 nomme Albert Roper au poste de secrétaire général, poste qu'il occupera jusqu'en 1947, année de la dissolution de la CINA.

Le 7 décembre 1944, la Convention de Chicago envisage le mode de collaboration de l'après-guerre, auquel devront se soumettre les états membres, et les principes de réglementation et de normalisation, indispensables à l'économie d'une aviation commerciale internationale

Le 15 août 1945 se réunit à Montréal, pour la première fois, l'Organisation provisoire de l'aviation civile internationale (OPACI) qui devient l'OACI en avril 1947 et dont le premier secrétaire général est toujours Albert Roper. La naissance de l'OACI ouvre réellement l'ère de la « mondialisation » de l'aviation civile, puisque cet organisme dépendant de l'ONU, va, entre autre, contribuer à l'élaboration de règles de la circulation aérienne (annexe 2 : règles de l'air) et de normes concernant les matériels radioélectriques (annexe 10 : télécommunications aéronautiques)[2] par exemple. La sécurité (malgré l'impératif respect des horaires), la régularité (malgré les aléas de la météorologie), et l'économie du transport aérien deviennent officiellement les objectifs de l'aviation civile internationale.

Les premiers vols à longue distance nécessitent la présence à bord d'un opérateur radiotélégraphiste et d'un navigateur qui trace la route de l'avion en utilisant une montre, une boussole et le cinémodérivomètre qui, en présence de témoins repérables, lui permettra de tenir compte de l'influence du vent. Comme son prédécesseur le navigateur marin, le navigateur aérien sera amené à utiliser les astres comme aides à sa navigation : les



Albert Roper (1891-1969), français, breveté pilote en 1917, abattu par l'artillerie antiaérienne allemande en 1918. Secrétaire général de la CINA de sa création en 1922 à sa dissolution en 1947. Secrétaire général de l'OPACI en 1945 puis de l'OACI de 1947 à 1951.

avions sont alors équipés d'un dôme de plexiglas pour l'utilisation du sextant, la vitesse relativement faible des avions permettant ce type de pratique, connue sous le vocable de « navigation astro ». Quant à l'opérateur radio, il « s'efforce » de maintenir le contact avec des stations au sol, mais on ne peut pas encore parler de contrôle de la circulation aérienne.

Le poste de pilotage accueille désormais un copilote apte à assister ou remplacer le pilote en cas d'indisponibilité, un navigateur, un opérateur radio et un mécanicien pour surveiller le fonctionnement des moteurs[3]. Le tableau de bord est devenu complexe, tout comme le panneau de surveillance des moteurs.

Les premiers radars, aéroportés sur les avions anglais[4] et allemands, et au sol en Angleterre (le système *chain home*), sont utilisés de façon opérationnelle pendant la « Bataille d'Angleterre ».

A cette même époque, les Allemands installent en Europe un système de navigation à longue distance, le SONNE ; d'autres verront le jour par la suite, GEE, LORAN et DECCA[5], tous

1. Devenu SGAC en 1960 puis DGAC en 1976.
2. Les annexes (à la Convention de Chicago), au nombre de 18, traitent de tous les problèmes propres à l'aviation civile.
3. Et aussi de pouvoir intervenir en vol sur les moteurs comme par exemple dans le Dornier Do X.
4. De Havilland *Mosquito* Mk II, premier chasseur de nuit équipé d'un radar, ou encore Junkers 88 en Allemagne.
5. Voir pages 56 à 59.

systèmes hyperboliques. Les avions sont alors aptes à déterminer plus facilement leur position, mais les services au sol ne peuvent les localiser que par les informations provenant de ces derniers[1] ; les méthodes utilisées sont l'héritage de celles utilisées durant le conflit, en particulier le « plotting ».

Nous sommes loin du premier service régulier de transport de passagers inauguré le 1er janvier 1914[2], mais si l'ère des avions rapides est proche, beaucoup reste à faire en termes de moyens et de méthode…

1. Ou dans certains cas par des méthodes de triangulation radiogoniométrique.
2. Ligne Saint Pétersbourg-Tampa (Floride) utilisant un hydravion américain Benoist XIV.

Nouveaux avions, nouvelles exigences

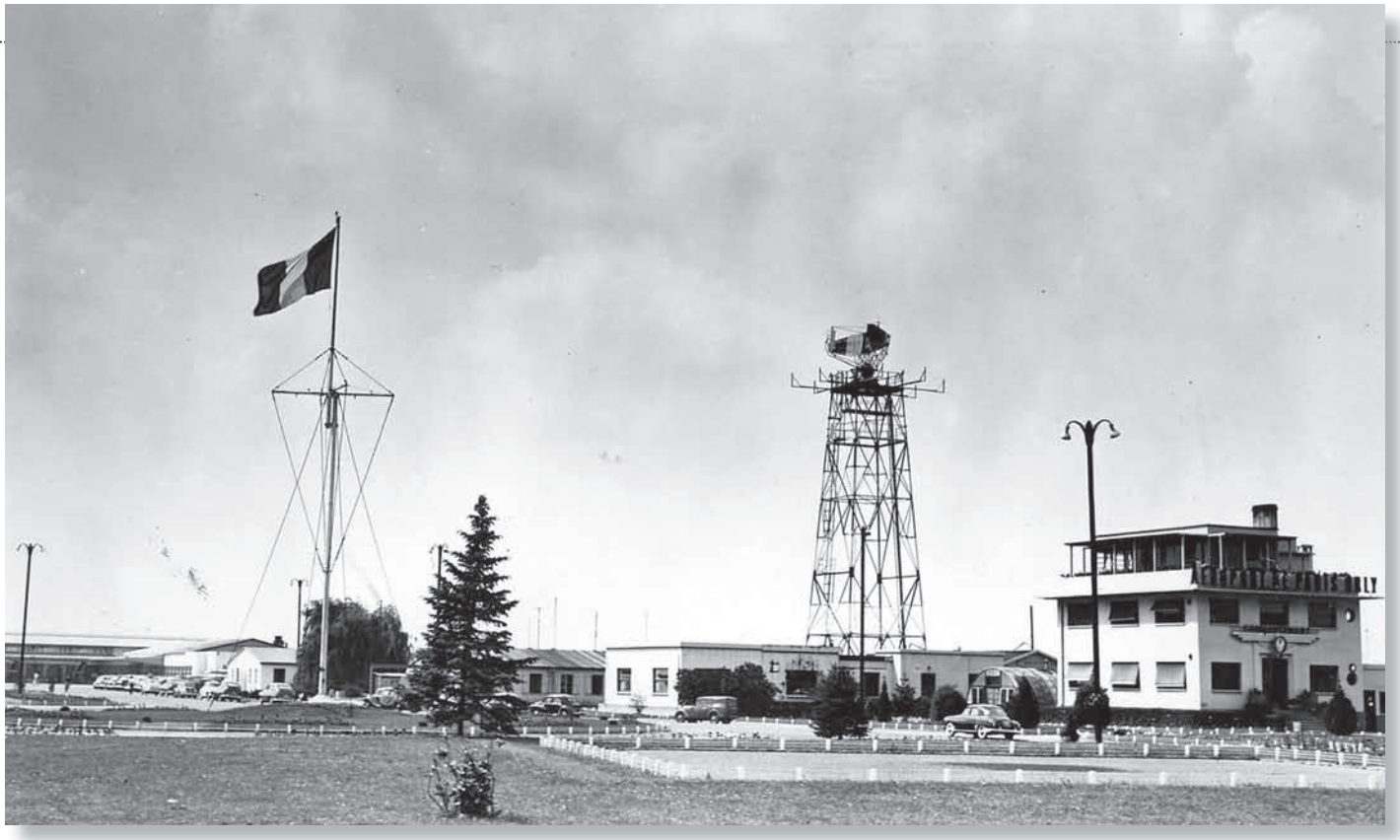
C'est donc dans l'immédiat après-guerre que le trafic aérien prend son essor. En France, tout est à reconstruire ; la flotte aérienne, ou ce qu'il en reste, est obsolète. Les DC-3, ou plutôt les C-47 reconvertis de l'US Air Force et les DC-4 assurent la transition en attendant les gros avions de ligne Lockheed *Constellation* et Douglas DC-6. La France s'attaque à la construction d'avions civils sans beaucoup de succès : le Bloch 161 *Languedoc* utilisé par Air France, le SO 30P Bretagne acheté par Air Algérie, le Nord 2500 *Noratlas* plus utilisé dans sa version militaire, le Breguet 763 deux-ponts qui a connu un certain succès sur la ligne Paris-Alger et même le SE 2010 Armagnac dont l'échec est dû, en partie, à sa sous-motorisation. C'est à cette même période, en 1949, que voit le jour l'ENAC, école qui va dorénavant assurer la formation des cadres et des personnels techniques de l'Aviation civile.

Centre de contrôle régional d'Aix-en-Provence, 1950. Sur une carte horizontale représentant la région de vol, les contrôleurs de la circulation aérienne déplacent à la main des « plots » représentant les avions. Chaque plot est assorti d'une tige dont la longueur (réglable) correspond à la distance parcourue par l'avion en 15 minutes et dont l'orientation indique la direction et le sens du vol. Sans nouvelles de l'avion, le contrôleur déplace le plot qui lui est associé tous les ¼ d'heure et obtient ainsi une position estimée qui sera réajustée lors d'un contact avec l'avion. Le plotting (ou tracé de navigation), né en Angleterre durant la Seconde Guerre mondiale, donnait des résultats satisfaisants tant que la vitesse des avions et la densité du trafic restaient peu élevées. Il a disparu au milieu des années cinquante.

Le Breguet deux-ponts 763 *Provence*, exploité par Air France de 1953 à 1963.

Le centre de contrôle régional nord dispose déjà sur le site d'Orly (plateau de Longboyau), sur la commune de Paray-Vieille-Poste, le long de la nationale 7, d'un radar[1] qui permet enfin aux contrôleurs de connaître la position exacte d'un avion. Enorme progrès, certes, mais sur l'écran du PPI[2], les échos des cibles mobiles, les avions, se confondent avec ceux des cibles fixes, les échos de sol ; des « anges »[3] viennent aussi polluer l'écran. De plus, l'identification d'une cible mobile nécessite de faire effectuer à l'avion une manœuvre particulière, pour déterminer à quel plot lumineux il est associé. Mais des dispositifs d'élimination des échos fixes ou d'identification des cibles mobiles[4] contribueront rapidement à améliorer le « confort » d'exploitation.

1. Type de radar qui sera appelé « radar primaire » lors de l'apparition d'un autre type de radar, dénommé « radar secondaire » puisqu'apparu après. Le premier radar du CCR nord fut opérationnel en juin 1954 ; il terminera ses jours à Saint-Yan, après un « très très bref » séjour en Algérie.
2. *Plan position indicator.*
3. Spot lumineux se déplaçant à faible vitesse et ne correspondant à aucun mobile identifié.
4. Le MTI, *moving target indicator* (indicateur de cibles mobiles).



Orly, années cinquante. A gauche du CCR, le radar primaire.

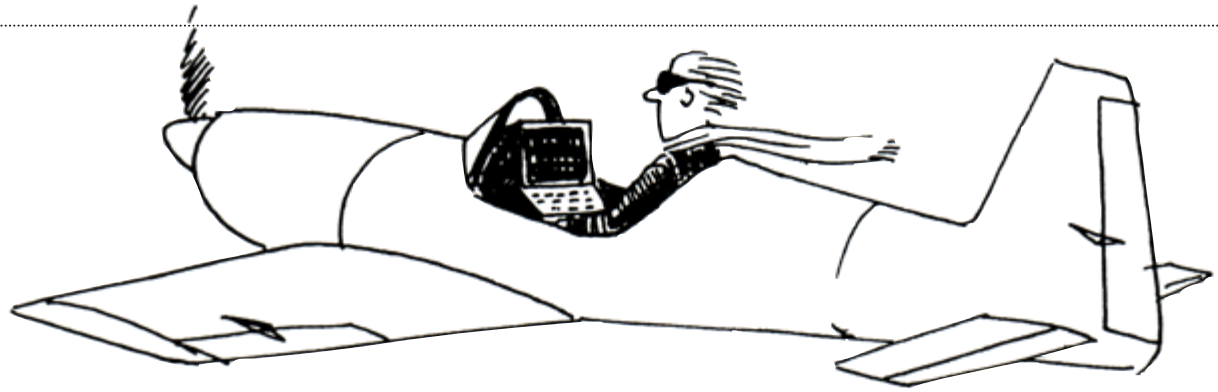
L'espace aérien se structure en zones de contrôle ou de surveillance suivant le type de trafic, en route, approche ou aérodrome ; les rares voies aériennes canalisent les aéronefs et, dans les salles de contrôle, de nouvelles méthodes s'imposent. Les strips, ou bandes de progression, permettent aux contrôleurs de matérialiser les avions, de suivre leur parcours.

Avec l'apparition des avions à réaction et malgré le dramatique échec du Comet [1], tout s'accélère. Le Boeing 707 entre en service en octobre 1958 et Caravelle en mai 1959. Les avions vont plus loin , plus vite, plus haut, le trafic aérien augmente du fait de la « démocratisation » du transport aérien et aussi parce que le transport de fret ouvre de nouveaux marchés.

Le contrôle de la navigation aérienne va devoir s'adapter, dans ses méthodes et dans ses matériels, et l'industrie va suivre.

L'ère de l'aviation à réaction ne se satisfait plus de la « navigation astro » ni du navigateur qui trace sur sa table la route de l'avion ; les plates-formes à inertie prennent le relais, en particulier sur les longs courriers et, au début des années soixante, le radar secondaire, adaptation civile de l'IFF [2] militaire, va permettre d'identifier plus facilement les aéronefs [3]. Ce n'est pas encore la panacée, le contrôleur reçoit sur son écran radar du « fruit » [4] ou constate du « garbling » [5] ; l'OACI vient de normaliser le code d'interrogation dit à deux impulsions au détriment du code à trois impulsions [6]. Les antennes avancées permettent au CCR de rester en contact radio avec les aéronefs, le système Jadis (Journal Automatique des Aides Isolées) donne au service technique du CCR/Nord la possibilité de surveiller à distance ces installations.

1. Un Comet explose en vol le 10 janvier 1954 ; ses vols commerciaux se poursuivent néanmoins jusqu'en 1981. Utilisé par les militaires ou pour des essais technologiques, l'avion ne sera définitivement retiré qu'en mars 1997.
2. *Identification friend or foe* (identification ami ou ennemi).
3. Au lieu de renvoyer au sol un écho réfléchi, l'avion répond (au moyen d'un transpondeur) à une interrogation venue du sol en renvoyant son identité.
4. Ou réponse asynchrone, plusieurs avions répondant à une même interrogation. Fruit : *falses replies unsynchronised in time*.
5. Ou enchevêtrement des signaux ; les signaux se présentent sur l'écran sous forme de « code-barres » et il arrive que ces codes se superposent dans le cas d'avions proches.
6. Code d'interrogation utilisé par le premier radar secondaire du CCR/Nord installé en 1962 ; radar de marque COSSOR.



Pour figurer l'irruption de l'informatique dans le pilotage, Noël Calzaroni, contrôleur à Aix-en-Provence et dessinateur de talent, a remplacé le tableau de bord de cet avion léger par un micro-ordinateur.

Au niveau des aérodromes, le GCA[1] et l'ILS[2] facilitent les atterrissages. Et, bien vite, les aides à l'atterrissage, optiques (VASIS)[3] ou radioélectriques (ILS), supplantent le GCA.

Toutes les installations faisant appel à l'électronique passent du tube radio au transistor et rapidement au circuit intégré ; mutation annonciatrice de la révolution informatique[4]. Fini les mémoires à tores de ferrite et les composants discrets ! Les « computeurs »[5] qu'utilisaient les navigateurs et éventuellement les contrôleurs sont rangés au musée des accessoires.

L'ordinateur s'impose partout, au sol et en vol. Les services de la navigation aérienne conçoivent un nouvel outil, le CAUTRA (coordinateur automatique du trafic aérien) ; nous sommes au tout début des années soixante. Les strips imprimés sont édités automatiquement sur chaque poste de contrôle concerné. C'est l'époque du digitatron, qui permet au contrôleur de dialoguer avec l'ordinateur. Les moyens de saisie de l'information progressent, le radar secondaire puis le radar mono-impulsion[6] fournissent des données dont le traitement enrichit l'écran d'une étiquette associée à l'avion. Chaque étiquette comporte les éléments suivants : indicatif de l'avion ou code compagnie, niveau de vol, vitesse, évolution (en montée, en descente ou stable) ; la rémanence artificielle du plot indique la trajectoire instantanée de l'avion.

Le CAUTRA évolue, de nouvelles versions s'enrichissent de fonctionnalités (sous-systèmes) nouvelles. La liaison CAUTRA-STRIDA (système de traitement et de représentation des informations de la défense aérienne) améliore la coordination entre la circulation aérienne générale (CAG) et la circulation aérienne militaire (CAM).

La cellule opérationnelle du trafic aérien (CORTA) utilisant les données du CAUTRA assure alors une meilleure régulation de la circulation aérienne sur la totalité du territoire métropolitain en permettant aux CCR de mieux cogérer leurs actions.

La sécurité est un élément primordial ; on installe à bord des avions des avertisseurs de proximité du sol et dans les centres de contrôle le filet de sauvegarde attire l'attention des contrôleurs lors de la détection d'un conflit éventuel. Finis les écrans monochromes à balayage circulaire. De grands écrans numériques plats polychromes indiquent non seulement les trajectoires des avions, mais aussi la structure de l'espace aérien avec ses zones, ses points de report, ses balises et ses routes, agrémentée de quelques éléments géographiques.

En France, on étudie dès 1967 l'apport possible des techniques spatiales. L'usage des communications par satellite, proposé dans le système DIOSCURES, ne séduit pas l'aviation[7].

Le 9 janvier 1969, une Caravelle d'Air Inter effectue le premier atterrissage tout temps ; le MLS[8] prometteur n'arrive pas à s'imposer.

1. *Ground control approach* (approche dirigée du sol).
2. *Instrument landing system* (système d'atterrissage aux instruments). Il est devenu réellement performant dès la fin des années soixante, grâce notamment aux experts du STNA.
3. *Visual approach slope indicator system* (système visuel d'indication de la pente d'approche).
4. L'ENIAC (*electronic numerical integrator and computer*), le premier ordinateur américain, monstre à tubes, existait depuis 1954.
5. Ce terme désignait une règle à calcul, munie d'un plateau tournant, qui permettait d'effectuer manuellement les calculs de navigation.
6. Plus communément dénommé « monopulse ».
7. Ce n'est que depuis le début du XXIe siècle que les communications par satellite sont utilisées, et modérément encore, dans la FIR Tahiti.
8. *Microwave landing system* (système d'atterrissage fonctionnant en micro-ondes).

Un des satellites de la constellation GPS, dont le premier, expérimental, a été lancé en 1978. La constellation, constituée de 24 opérationnels et de 4 en réserve, a été achevée en 1995. La première génération de 11 satellites a été lancée entre 1978 et 1985. Ces satellites tournent entre 20 000 et 20 500 km autour de la terre sur 6 plans orbitaux ayant une inclinaison d'environ 55° sur l'équateur.

La navigation satellitaire, le GPS, va connaître en revanche un réel succès, surtout pour les régions où les infrastructures classiques sont insuffisantes. L'atterrissage de précision de catégorie I est désormais autorisé avec le GPS, complété depuis 2012 par le système de surveillance de précision EGNOS [1].

Des besoins toujours nouveaux

Le contrôle aérien n'est pas le seul composant de la sécurité, s'y ajoutent les informations nécessaires au pilote, information météorologique, information sur l'état et le fonctionnement de l'infrastructure aéronautique quelle qu'elle soit. Toutes informations que le pilote peut aujourd'hui recevoir sur son tableau de bord numérique [2]. Les appareils disposent de radars météorologiques ; les services de la météorologie diffusent des informations plus précises et fréquemment renouvelées grâce aux données fournis par les satellites artificiels. Quant au reste des informations, connues sous le vocable « informations aéronautiques », elles sont rassemblées dans une BDA (banque de données aéronautiques). Sous l'impulsion de quelques pays européens, dont la France, un nouveau système de traitement et de diffusion est normalisé par l'OACI. Les informations sont désormais accessibles à partir de terminaux informatiques, et sélectionnées en fonction des différents types de vol : protections de routes, protections de zones, bulletins, etc. Enfin, une banque centrale européenne est mise en route à Eurocontrol. La BDA devient un sous-système CAUTRA, de même que le JADIS, précurseur malgré son nom !

Conclusion

La sécurité, dans l'aviation, recouvre bien des aspects. C'est bien sûr le contrôle de la circulation aérienne, balbutiant après-guerre et en progrès constant depuis lors ; c'est aussi le contrôle et la certification des matériels volants, la qualité de l'information aéronautique fournie aux pilotes, l'assistance météorologique, la qualité des pistes et des services rendus au sol, avec le balisage, le déneigement, la dénébulation des plates-formes, la présence des pompiers ou encore la lutte contre le péril animalier ; c'est également la qualité de la formation des personnels au sol et en vol. Tous ces éléments, comme l'atterrissage tout temps, contribuent à la régularité du transport aérien, d'autant plus cruciale qu'il s'agit aujourd'hui d'un transport de masse, comportant des enjeux économiques considérables.

Avec le temps, aux exigences de la sécurité se sont ajoutées celles de la sûreté, car la lutte contre la piraterie et le terrorisme aériens requièrent de gros moyens.

Enfin, préoccupation récente, la préservation de l'environnement. Pollution atmosphérique, avec émission de CO^2 et de gaz à effet de serre ; pollution sonore, de plus en plus mal vécue par les riverains d'aérodromes. Des palliatifs s'imposent : moteurs à fort taux de dilution, approche continue, relèvement de l'angle de descente…

Une perpétuelle adaptation aux besoins génère donc une évolution des moyens et des méthodes. Mais les moyens mis à la disposition de l'utilisateur de l'espace aérien provoquent, en retour, de nouvelles exigences. *« La diversité dans la nature du reçu impose une diversité dans la nature du récepteur »*[3], l'outil fourni modifie le comportement de celui qui l'utilise. Est-ce le besoin qui crée l'outil, l'outil qui crée le besoin, ou, plus vraisemblablement, les deux à la fois ? En définitive, dans le domaine de la navigation aérienne, le dialogue permanent entre les utilisateurs de l'espace aérien et les fournisseurs de service est le moteur même de l'évolution.

1. *European gestionary navigation overlay service* (complément géostationnaire européen de navigation).
2. Ou *glass cockpit.*
3. Averroès (Ibn Ruchd, 1126-1198), *L'intelligence et la pensée.*

Les services techniques au fil du temps

L'Etat a été conduit à réorganiser périodiquement son administration de l'aviation civile pour répondre à des objectifs de plus en plus ambitieux dans les domaines du contrôle aérien et de la navigation aérienne. Le premier service de la navigation aérienne est créé dès 1919, avec une vocation très large, puisqu'elle s'étend à l'installation des aérodromes : le service des bases aériennes n'existe pas encore. L'organisation se complique dans les années trente et aboutit dans la décennie suivante à l'émergence de deux services distincts, celui des ports aériens et celui des télécommunications et de la signalisation.

Au sortir de la guerre, l'heure n'est pas à la réorganisation, mais à la reconstruction, et les deux services, rapatriés de Vichy à Paris, conservent leurs attributions. Le STS, en particulier, a pour tâche de remettre les installations radioélectriques en état avec très peu de moyens. A la fin des années quarante, la fusion du STS et du SPAé s'impose pour apporter une plus grande cohésion dans l'action du service, poursuivre ainsi l'effort du développement des infrastructures et aborder leur modernisation. C'est la réapparition d'un service de la navigation aérienne, le SNA. Ses responsabilités couvrent tous les aspects de la navigation aérienne, exploitation et infrastructures techniques ; il dispose d'une grande autonomie et va durant dix ans innover, améliorer les produits industriels et réaliser l'équipement du territoire en moyens de contrôle et de radionavigation.

A la fin des années cinquante, la structure est devenue inadaptée aux défis qui attendent désormais la navigation aérienne, l'arrivée en exploitation des avions à réaction et la croissance importante du trafic aérien. Le SNA laisse la place au service technique de la navigation aérienne, recentré sur les activités techniques, et le centre d'expérimentation de la navigation aérienne est créé. Le STNA va poursuivre la modernisation et le développement des infrastructures et contribuera à l'essor de l'industrie française ; le CENA donnera naissance à l'automatisation du contrôle aérien.

La cité de la Convention, bâtiment préfabriqué construit en épi au cœur du 15e arrondissement de Paris et que l'on découvre en bas de l'image, légèrement à gauche, a été le siège de la plupart des services techniques de la navigation aérienne de 1948 à 1998, année du transfert du STNA à Toulouse.

Le premier service de la navigation aérienne, le SNAé

par Vital Ferry, avec la participation de Pierre Lauroua

Vital Ferry entre en mars 1946 au service des ports aériens comme agent de la circulation aérienne. Il est affecté au contrôle de la navigation aérienne à l'aérodrome de Strasbourg puis à l'hydrobase de Fort-de-France. Il rejoint Madagascar en 1950, puis l'Indochine en 1954 en tant que commandant adjoint de l'aérodrome de Hanoi-Gialam et la Nouvelle-Calédonie en 1956 comme commandant de l'aérodrome de Magenta. Affecté au STNA en 1959, il traite des questions de bruit, de péril aviaire et de restitution des boites noires. Promu ingénieur des travaux de la navigation aérienne, puis ingénieur de la navigation aérienne, il intègre en 1974 la direction des programmes aéronautiques civils où il est chargé des hélicoptères. Il est en même temps conseiller du directeur général et expert OACI pour les questions de bruit. Retraité depuis 1990, Vital Ferry, pilote, collectionneur et membre de l'Aéro-club de France, a publié de nombreux ouvrages et articles traitant de sujets très divers concernant l'aviation.

Le souci de l'Etat de contrôler l'activité aérienne apparaît dès 1909, avec la mise en place au sein du ministère des Travaux publics d'une commission chargée de l'étude des problèmes posés par la navigation aérienne ; le premier décret réglementant la matière date du 21 novembre 1911.

Avec la guerre, l'aviation, jusqu'alors civile et privée, devient militaire et organisée, avec la création des établissements spéciaux de l'aéronautique militaire. Alors même que l'issue des combats reste incertaine, Georges Clémenceau, par décret du 26 février 1918, charge le ministre du Commerce, de l'Industrie et des Postes de promouvoir l'utilisation de l'avion pour le transport du courrier. Le 15 mai, un industriel toulousain travaille déjà à un projet de ligne aérienne postale. La conjugaison de ces efforts incite à rajeunir les textes déjà publiés. Un projet de convention a été établi par les experts de l'Aéro-club de France en 1910, qui a donné naissance au décret de 1911 réglementant la navigation aérienne, décret amendé le 17 décembre 1913.

Clémenceau insiste pour qu'un nouveau texte soit annexé au traité de paix. Les Alliés s'accordent pour que sa rédaction soit confiée à la commission de l'aéronautique de la Conférence de la paix regroupant deux représentants de chacune des principales puissances, Etats-Unis, Empire britannique, France, Italie et Japon. Les puissances signataires du traité de paix ratifient ce texte, à l'exception des Etats-Unis. Ce premier pas vers une harmonisation mondiale des procédures et des moyens s'affermit lors de la première réunion tenue à Londres en avril 1920, sous le vocable *Conférence francobritannique de navigation aérienne* puis, du 13 au 16 mai, encore à Londres, lors de la séance inaugurale de la Convention internationale de la navigation aérienne (CINA), dont la tâche la plus importante reste la rédaction des diverses procédures touchant à la navigation aérienne, les transmissions et les aides à la navigation.

Jacques Saconney, premier chef du SNAé, vu par Georges Villa, 1921. L'artiste a mis en scène deux contributions majeures de cet ingénieur, pionnier de l'aérostation militaire : les cerfs-volants, utilisés pour la photographie aérienne, et les routes aériennes, dont le chef du SNAé démêle ici l'écheveau.

En France, dès 1919, l'arrivée des premiers avions commerciaux anglais pousse l'administration française à créer une structure, dite *Organisme de coordination générale de l'aéronautique* (OCGAé), chargée de veiller à la stricte observance des règlements douaniers et aériens.

Rattaché au ministère de la Guerre, l'OGGAé dispose des établissements créés durant le conflit, en particulier le service technique de l'aéronautique (STAé), chargé des études, le service des fabrications (SFAé) et d'un service nouveau, le service de la navigation aérienne (SNAé), créé en juin 1919. Le SNAé a pour missions, d'une part, de répondre aux obligations nées de la Convention internationale de la navigation aérienne, annexe du traité de paix et, d'autre part, de fournir des moyens de navigation et une infrastructure (aérodromes) à une aviation civile naissante.

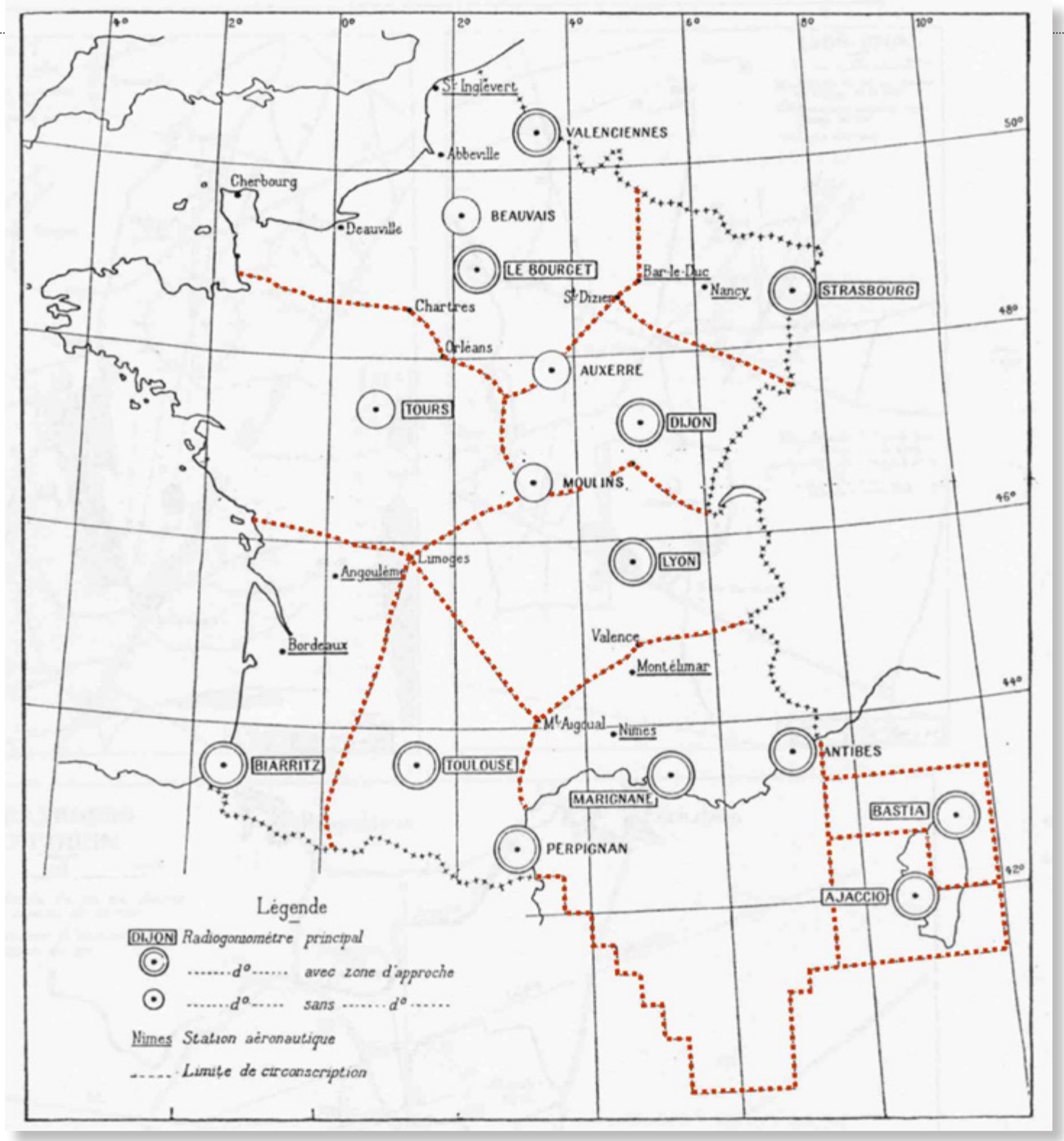
Dirigé par le lieutenant-colonel Saconney, le SNAé est érigé en établissement autonome par décret du 17 septembre 1919.

Si en 1920 le vecteur classique du transport aérien emporte moins de cinq passagers, à la vitesse moyenne de 120 km/h et sur des distances de l'ordre de 400 km, en 1930, la capacité a plus que doublé, tout comme la vitesse et la distance franchissable. L'apparition du vol tout temps a mis en lumière le besoin d'aides radioélectriques à la navigation et à l'atterrissage. Les aérodromes les plus importants sont désormais dotés d'installations permanentes en dur et de dispositifs assurant la sécurité des vols de nuit (balisage électrique, début des pistes en dur) et des atterrissages par mauvaise visibilité (gonio, procédé Lorenz - ancêtre de l'ILS -, rampes lumineuses d'approche).

L'OCGAé est supprimé le 5 juin 1920 et ses activités sont transférées de l'Aviation militaire au ministère des Travaux publics, doté d'un sous-secrétariat d'Etat à l'Aéronautique depuis le 20 janvier 1920, sans que soient pour autant modifiées les missions confiées au SNAé. Son champ d'activité est très large : installation des aérodromes, organisation du réseau de transmissions (communications radioélectriques), contrôle des licences et des documents de bord, ainsi que des autorisations de trafic et du respect des horaires, préparation des contrats d'exploitation et des accords internationaux. Son personnel, dont le statut est fixé par décret du 27 juin 1921, comprend, outre les personnels de la direction, le personnel d'exploitation des aérodromes, le personnel des transmissions, le personnel du contrôle de la navigation aérienne - il s'agit alors du contrôle des documents de bord - et les météorologistes.

Les années vingt voient se développer des initiatives destinées à faciliter l'exploitation ; la plus notable est l'installation de lignes de feux, prolongement des dispositifs mis en place en 1917 pour aider au retour des bombardiers de nuit. La première ligne complète est inaugurée dans la nuit du 27 au 28 juillet 1923 sur le trajet Strasbourg-Paris. L'utilité d'un tel système, supposé faciliter les vols de nuit, reste aléatoire et n'apporte pas la sécurité voulue tandis que la radiogoniométrie s'implante durablement, avec ses opérateurs radio hautement spécialisés. C'est d'ailleurs le perfectionnement de la radio qui donne les meilleures satisfactions dans l'entre-deux guerres.

Les Lignes aériennes Latécoère (LAL), qui arrivent désormais en Afrique du Nord, conduisent à la création d'un poste SNAé à Oran dès juillet 1923. Cette implantation est suivie de l'ouverture d'une annexe du SNAé à Alger, qui prend de l'importance et dont l'utilité se confirmera en 1942.



Le découpage du territoire en circonscriptions radioélectriques en 1935 est un début d'organisation de la sécurité aérienne en France. Cette organisation repose sur un réseau de radiogoniomètres (principal, avec ou sans zone d'approche) qui permet, par triangulation, de déterminer la position des avions et de donner des avis aux équipages. Au cours de leur vol, les avions sont transférés d'une circonscription à une autre.

Le transfert en 1926 de l'Aéronautique au ministère du Commerce et de l'Industrie s'accompagne de la création d'une direction des voies et communications aériennes : le SNAé lui est rattaché, mais avec des compétences désormais réduites, les chambres de commerce prenant d'ailleurs en charge l'organisation et la gestion de quelques aérodromes principaux.

Le premier ministère de l'Air, regroupant toutes les branches de l'Aéronautique, est créé en 1928 et confié à Laurent-Eynac ; le SNAé devient une inspection technique de l'aéronautique marchande, qui regroupe un service du contrôle technique (inspection, certificats de navigabilité, accidents) et un service des transmissions (organisation de la TSF, du balisage et des liaisons radioélectriques).

Le SNAé disparaît finalement en 1930, remplacé par trois établissements régionaux, de Paris, confié à Ange Renvoisé, Marseille, dévolu à M. Paquignon et Alger, dirigé par Gaston Pourcher, tandis qu'apparaît un service des bases, chargé de toutes les installations à terre, dont les travaux de balisage et de transmissions.

Les établissements régionaux de Paris et Marseille sont regroupés en 1934 dans un établissement métropolitain de la navigation aérienne (EMNAé), dirigé par Ange Renvoisé, tandis que l'établissement d'Alger prend de l'importance et dispose même d'une certaine autonomie.

La débâcle de 1940 pousse les divers services parisiens de la direction des transports aériens - qui a remplacé en 1939 la direction de l'aéronautique civile - vers le sud. Le secrétariat d'Etat à l'aviation mis en place en juillet 1940 s'installe à Vichy, tandis que l'EMNAé à la tête duquel Marcel Girardot a succédé à Ange Renvoisé est logé à Saint-Alban-les-Eaux (Loire). La direction de l'aéronautique civile réapparaît en octobre, tandis que le service de l'infrastructure, qui a remplacé l'ancienne direction des travaux et installations, constitue désormais un service à part au sein du secrétariat d'Etat à l'aviation.

Un décret du 1er août 1941 fusionne l'EMNAé et l'établissement de la navigation aérienne en Afrique du Nord en un nouveau service, baptisé des ports aériens (SPAé), chargé d'assurer la surveillance de l'exploitation des aérodromes civils et d'y contrôler la circulation aérienne, de procéder aux examens du personnel navigant civil, de contrôler le matériel volant et de réunir et de diffuser les renseignements concernant la navigation aérienne. Ange Renvoisé est nommé à la tête du SPAé qui quitte Saint-Alban pour Roanne (Loire) puis Bourbon l'Archambault (Allier).

En fait, la direction de l'aéronautique civile (DAC) dispose déjà d'un service technique investi de compétences dans le domaine de la navigation aérienne : le service des télécommunications et de la signalisation (STS), créé par décret du 10 août 1939 au sein de la direction des travaux et installations, (devenue à Vichy le service de l'infrastructure). Le 1er octobre 1940, le STS est rattaché à la DAC par décision du général Bergeret, secrétaire d'Etat à l'aviation ; ses attributions seront fixées par un décret du 27 janvier 1941.

Le STS est né du regroupement de diverses entités (service des télécommunications et service des études et de la signalisation) chargées de la radiotélégraphie et du balisage. Il a pour missions d'étudier, projeter, réaliser ou faire réaliser, au profit de l'Aéronautique civile comme de l'armée de l'Air, les matériels de télécommunications et de signalisation fixes ou mobiles utilisés au sol ou à bord des aéronefs, les installations de télécommunications fixes ou mobiles situées au sol, les installations de signalisation et de balisage destinées aux routes aériennes et à la sécurité et la régularité de la navigation aérienne. Il assure l'exploitation des stations radioélectriques et des installations de télétypes. Il assure enfin la formation et le perfectionnement des personnels civils et militaires qui exploitent les matériels et installations dont il a la charge. Il a compétence en métropole, en Afrique du Nord et au proche Orient. Le STS, installé à Clermont-Ferrand, est dirigé par Henri Paszkiewicz.

Le STS était l'aboutissement de diverses tentatives de regroupement d'activités dispersées depuis 1920 et qui concernaient tous les aspects du domaine des transmissions : la recherche, l'étude des matériels, les commandes, l'installation, la mise en service et l'exploitation des matériels et la formation du personnel correspondant.

Mais avec la création de deux services techniques compétents dans le domaine de la navigation aérienne, le SPAé et le STS, la séparation entre gestion des ports aériens et exploitation des transmissions, effective depuis la suppression du SNAé, est désormais consacrée par l'organisation administrative ; cette dualité, qui s'accompagne parfois de recouvrements de compétences, survivra au régime de Vichy, et ce jusqu'au regroupement des deux fonctions au sein du service de la navigation aérienne (SNA) recréé en 1949. ■

1939-1949, le temps du STS et du SPAé

par Claude Labbé, avec la participation de Vital Ferry

La station gonio du Bourget en 1925.

En 1939, la navigation des aéronefs est assurée par des stations de radiogoniométrie au sol, des radiophares tournants ou circulaires, ainsi que par des phares aéronautiques, lignes de feux et phares de rappel. Ces équipements se révèlent peu performants, notamment au niveau des cadences d'atterrissage : la « procédure ZZ » utilisée nécessite une verticale station avant éloignement puis un virage avant que l'avion se fasse « tirer » par le gonio. Seuls les aérodromes du Bourget et de Lyon sont équipés d'un système moderne, l'ASV Lorenz[1] ; il ne sera jamais mis en service officiellement.[2]

Pour ce qui concerne les recherches et expérimentations, il convient de citer les systèmes développés par les sociétés SIPL et LMT, en collaboration avec le ministère de l'Air. La société

1. Système d'atterrissage sans visibilité fabriqué par la société Lorenz.
2. Jean Hubert, *Chronique de la navigation aérienne*, p.198.

Publicité de la société Barbier, Bénard et Turenne pour sa production de phares et projecteurs pour aviation.

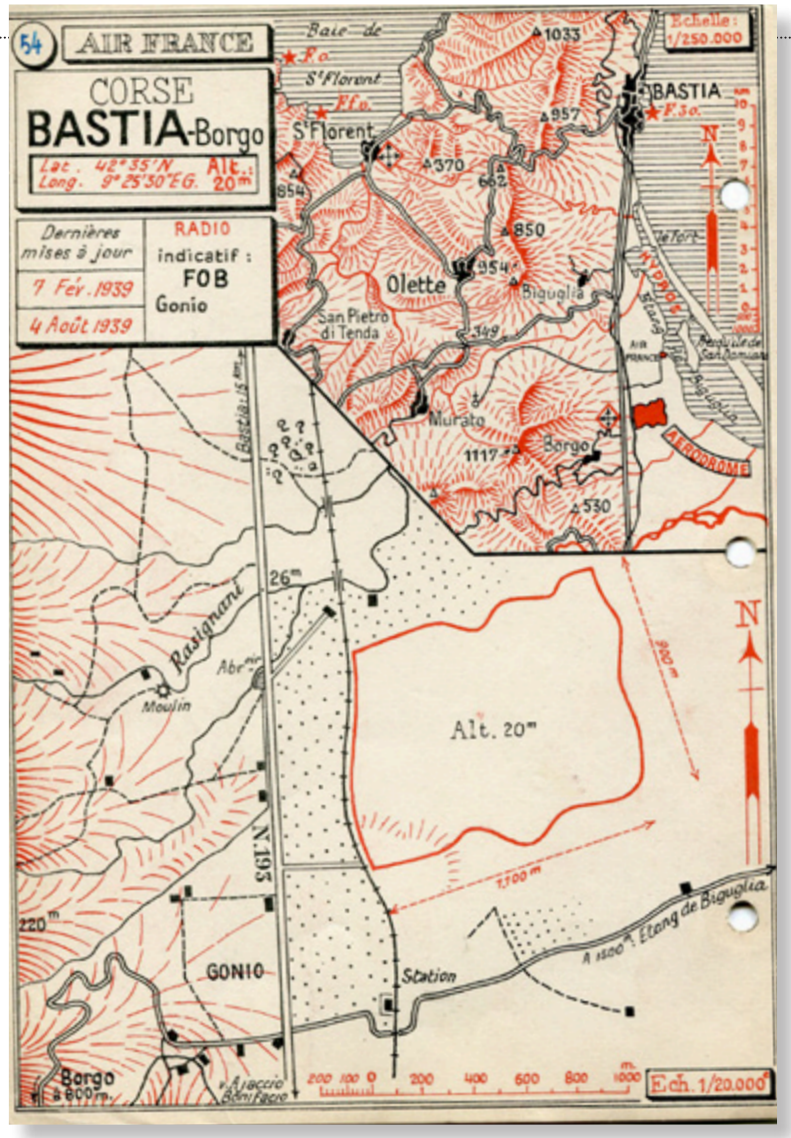
Notice descriptive du système d'atterrissage sans visibilité Lorenz.

SIPL entreprend ainsi entre 1935 et 1939 à Villeneuve-les-Vertus et à Berre les essais d'un dispositif à taux de modulation variable présentant de très grandes analogies avec le dispositif américain FTR 51[1], ancêtre de l'ILS (*instrument landing system*). A la même époque, LMT effectue à Troyes des essais d'atterrissage sans visibilité avec un dispositif basé sur l'utilisation de courbes à champs constant. Au radiophare classique d'alignement, pour l'axe d'atterrissage, a été ajouté un radiophare distinct de guidage en altitude. A en croire un article paru dans la revue Air France : *« Les résultats édifiants obtenus sur l'aérodrome de Troyes-Barberey et que vient de sanctionner la décision de la compagnie Air France d'y entraîner tous ses pilotes prouvent que le problème de l'atterrissage par visibilité extérieure nulle est aujourd'hui résolu. »* En fait, malgré l'enthousiasme d'Air France, ni le système SIPL ni celui de LMT n'auront de suite opérationnelle.

Les liaisons sol entre aérodromes sont effectuées par radiotélégraphie ou par l'exploitation de téléimprimeurs fonctionnant en simplex à commutation manuelle ou automatique.[2]

Pour ce qui est du contrôle en route, il faut noter la création en 1924 de l'itinéraire obligatoire Paris-Londres, suite à une collision aérienne au-dessus de Beauvais l'année précédente,

1. FTR : Federal telephone and radio corporation.
2. Jean Hubert, *op.cit.*, p. 193.
3. *La radionavigation aérienne, son utilisation actuelle et son avenir en temps de paix*, 1949.



Carte de l'aérodrome de Bastia, datant de 1939.

ainsi que l'ouverture d'une station gonio au Bourget. Durant l'hiver 1938-1939, une régulation du trafic du type « dispatching » est faite à la vigie du Bourget pour organiser cette ligne. Mais, malgré ces tentatives, on peut dire que le contrôle en route n'existe pas encore.

Quant au radar, bien que des essais aient été effectués dès 1935 par les militaires et notamment par la Marine, son utilisation n'est pas encore envisagée dans le domaine de l'aviation civile.

Robert Leprêtre[3] dresse un constat peu flatteur de cette situation : *« L'infrastructure en France, il faut bien le dire, était loin d'être en 1939 à l'avant-garde du progrès ».*

Couverture de l'ouvrage publié en 1949.

Le retard par rapport au Royaume Uni, aux Etats-Unis et à l'Allemagne (Vital Ferry se souvient qu'en écoute radio, le son clair des Telefunken était parfaitement reconnaissable) va s'accentuer pendant la guerre, la France occupée étant empêchée de poursuivre les développements et les recherches entreprises dans les années trente.

Au début des années quarante, l'organisation des services de navigation aérienne est modifiée, avec la création du service des télécommunications et de la signalisation, chargé des liaisons sol/sol (radio et télétype), air/sol et du balisage, puis celle du service des ports aériens pour assurer la surveillance des ports aériens, le contrôle de la navigation aérienne et la gestion des compagnies. Enfin, le décret du 23 mars 1942 prononce le regroupement des services locaux des aérodromes civils, ce qui donne au commandant d'aérodrome, qui relève du SPAé, la charge de gérer la station radio (service fixe et transmissions air/sol) qui relève du STS.

Jacques Villiers évoque ainsi l'action du STS : *« Le STS a continué à fonctionner pendant la guerre. Il a réussi à bricoler sur les aérodromes qui continuaient d'exister et à entretenir le balisage*[1]*. Il n'y avait pas à l'époque de tour de contrôle. »* Et Vital Ferry de souligner que *« L'armistice de 1940 a réduit fortement l'activité des vols militaires en zone libre et limité les vols commerciaux civils à la desserte des territoires d'outre-mer et à de courtes lignes en zone libre. L'activité des stations radioélectriques s'est orientée vers l'écoute des transmissions entre avions traversant le territoire et la communication des messages à l'autorité militaire qui les transférait aux Allemands. »*

Il faut rappeler enfin que le STS, comme d'ailleurs le SPAé, a payé un lourd tribut à la guerre : déportations, captivités, tortures… peu d'entre eux revinrent. Vital Ferry évoque la mémoire de Paul Sichez, radio, déporté et devenu à son retour chef de poste puis ingénieur des travaux de la navigation aérienne. Quant à Bernard Palayret, il pense notamment à deux de ses collaborateurs au STNA, Pierre Gautier et Georges Villermet, ce dernier n'ayant dû son salut qu'à sa qualité de radio.

Tout d'abord, reconstruire

« Tout ou presque est détruit. Nos pistes métropolitaines le sont de 50 à 95 %. Les dommages subis par les bâtiments et les installations techniques des aérogares dépassent 20 milliards de francs 1945. Tout le réseau de télécommunications, de radioguidage, de radiogoniométrie est devenu inexistant en France et dans les territoires d'outre-mer. » Telle est la description que Jules Moch, ministre des Travaux publics et des Transports, fait de la situation en novembre 1945.

Vital Ferry brosse un tableau plus général mais tout aussi dramatique : *« Le pays est ravagé, les communications en métropole sont coupées, les ponts sont rompus en grande majorité, les locomotives volées par l'occupant ou détruites par les Alliés, les routes ont subi de multiples destructions, des villes sont rasées par les bombardements ou les combats. Il est très difficile de se déplacer, les rares véhicules ayant échappé aux réquisitions marchent au gazogène, l'essence est rare. Pour éviter les vols, les Alliés ont coloré en rose l'essence auto (78 d'octane), l'essence avion (90 d'octane) restant blanche. On compte 1,5 million de prisonniers, 300 000 déportés et 300 000 victimes civiles.*

Les restrictions de toute nature fleurissent, le pain est noir, il deviendra jaune en début 1945 parce qu'un haut fonctionnaire qui a confondu l'anglais américain et l'anglais d'Oxford a commandé de la farine de "corn" *au lieu de* "wheat" *! La marine marchande a subi d'énormes pertes, une grande partie des navires rescapés navigue sous pavillon allié et n'est pas utilisable pour les besoins français. Les relations avec les colonies (ce ne sont pas encore des territoires d'outre-mer)*

1. Le STS était responsable de l'installation et le SPAé de son exploitation.

sont rares et ont progressivement disparu après 1942. Partout il y a disette de matériel, d'équipements et de nourriture. Les lieux de production ne peuvent distribuer leurs produits faute de transports et certaines régions de France (par exemple celle de Toulouse) restent réfractaires aux ordres du Gouvernement. Dans cette atmosphère, que devient l'aviation non militaire ? »

L'urgence à la Libération est de remettre tout en état, dans un contexte de très grandes difficultés, qui malheureusement va perdurer pendant plusieurs années. Le SPAé s'installe à Paris, rue des Pyrénées (20e), dirigé par Marcel Girardot puis peu après, à nouveau par Ange Renvoisé, alors que le STS, rapatrié de Clermont-Ferrand, est hébergé au 17 de l'avenue Théophile Gautier (16e), sous la direction d'Henri Portier, remplacé en octobre 1946 par Joseph Grenier. Le STS rejoindra bientôt la toute nouvelle cité de la Convention construite dans le 15e arrondissement pour abriter les services extérieurs.

Le STS va avoir la lourde tâche de faire beaucoup avec peu. La France manque de matières premières. Tout est rare et contingenté. En cette époque de restriction, chaque ministère se voit attribuer un volume (ou une masse) limité de matières nécessaires au fonctionnement des services. A titre d'exemple, pour l'année 1948, le STS et SPAé (ainsi que diverses stations services) reçoivent 860 tonnes d'acier, 149 de tôle, 168 de papier, 511 pneus auto, 981 000 litres d'essence militaire et 110 630 d'essence civile.

Jules Moch déplore *« le petit budget nettement insuffisant qui lui a été alloué pour réaliser ce programme »* et souligne devant l'Assemblée nationale le 21 février 1947 : *« Le devoir d'un ministre, qui est de dire la vérité, l'oblige à reconnaître que lorsqu'on fait passer, en un an, un effectif d'agents de cinq cents à mille, puis l'année suivante, de mille à deux mille - c'est le cas du S.T.S*[1]*-, on recrute beaucoup d'auxiliaires dont la bonne volonté n'a pas, comme contrepartie, les connaissances techniques suffisantes. »*

C'est ainsi qu'à l'époque les dépannages étaient souvent réalisés par les opérateurs de façon empirique…

Jacques Villiers : *« Après la Libération, le service a été constitué d'anciens dont la plupart se sont parfaitement intégrés aux jeunes recrues. Il y en avait un à qui il faut rendre hommage, c'est Baldino, c'était un vieux bonhomme pour nous. Il s'est bagarré à l'OACI pour le balisage, pour savoir s'il devait être placé à gauche ou au centre de la piste. »*

1. En fait, les chiffres mentionnés concernent les deux services, le STS et le SPAé (N.D.A.).

Olivier Carel se souvient avoir travaillé avec un Alsacien, ancien du front russe enrôlé dans l'armée allemande, avec un marin français ancien prisonnier de guerre en Angleterre à l'époque des attaques anglaises contre Mers-el-Kébir, avec un ancien du service cinématographique de l'US Army et avec des survivants de divers camps de concentration qui n'atteignirent pas l'âge de la retraite. Dans cette population, il y avait des gens qui imposaient le respect, mais aussi pas mal d'erreurs d'embauche.

Vital Ferry a conservé le souvenir d'un matériel hétéroclite : le matériel d'avant 1939, bien fatigué et obsolète, en particulier outre-mer où tout était à changer, côtoyait l'équipement allemand récupéré sur les aérodromes où étaient basés les avions de la Luftwaffe et celui fabriqué par les usines françaises travaillant pour l'occupant. Ces matériels étaient de qualité médiocre (fils de cuivre remplacé par de l'aluminium, condensateurs en papier qui claquaient rapidement) et disposaient de

1946. Jules Moch, ministre des Travaux publics et des Transports de novembre 1945 à novembre 1947, salue l'hôtesse de l'air qui l'accueille à bord de l"un des premiers DC-4 d'Air France.

Notice sur le balisage des aérodromes éditée par le STS et rédigée sous la direction d'Antoine Baldino.

très peu de rechanges. S'y ajoutait le matériel que les Alliés avaient préféré abandonner lors de leur retrait du territoire car cela leur coûtait moins cher que de le démonter pour l'envoyer en Extrême-Orient où la guerre se poursuivait.

En définitive, jusqu'à ce que l'industrie française soit en mesure de répondre aux besoins, le STS doit surtout compter avec le plan Marshall et les surplus. La priorité est de faire vite, plutôt que de moderniser : *« La plupart des installations* […] *avaient été reconstruites provisoirement avec des moyens de fortune. »*[1]

La progression des Alliés pour libérer le pays a révélé que le monde aéronautique était complètement bouleversé. Américains et Anglais ont consacré des efforts considérables à gagner la bataille du ciel et réussir des bombardements en zone ennemie. De nouveaux systèmes de navigation et d'atterrissage sont couramment utilisés : GCA, SCS 51, LORAN chez les Américains, GEE, DECCA, BABS, EUREKA et REBECCA chez les Anglais[2]. En l'espace de cinq années de guerre, un gouffre s'est creusé entre l'industrie française et l'industrie américaine et anglaise. Dans *L'industrie aéronautique et spatiale française, 1907-1982* [3], le Groupement des industries françaises aéronautiques et spatiales (GIFAS) aborde la question : *« Le choc fut rude après la guerre pour les gens de la profession quand ils découvrirent les énormes progrès effectués par les belligérants.* […] *Les spécialistes découvraient avec stupéfaction les équipements allemands et américains utilisant dès cette époque toutes les ressources de l'électricité et de la petite mécanique… L'industrie française était dans l'incapacité de se mettre immédiatement au diapason et c'est par étapes que se fit progressivement le rattrapage par rapport au niveau international. »* Ce constat vaut pour toute l'industrie aéronautique.

Jules Moch, avant d'embarquer à bord du DC-4 d'Air France pour inaugurer la ligne Paris - New York, le 1er juillet 1946, déclare qu'il va profiter de son séjour aux Etats-Unis pour prendre connaissance du matériel employé, étant donné que la France a fait des commandes d'avions et de bateaux évaluées à 30 milliards de francs. A titre d'exemple, en 1948-1949, le programme d'achat de matériel au titre du plan Marshall, pour les seuls services du SGACC, représente une somme d'un million de dollars, contre 765 000 dollars pour l'Angleterre. Les achats de matériel radio effectués aux Etats-Unis, par l'intermédiaire de l'Impex pour le compte du STS, s'élèvent à 1 118 570 dollars. La direction de la navigation aérienne précise qu'elle a établi un programme d'achat aux Etats-Unis, pour l'année 1948, qui comprend notamment la fourniture de onze dispositifs FTR 51[4] qui, joints aux dix SCS 51 récupérés aux surplus, devraient lui permettre d'équiper quinze aérodromes pour la fin de l'année. A Orly, c'est le SCS 51 laissé par les Américains qui a été réinstallé et fonctionne depuis la fin 1947 en complément du GCA. Si les surplus alliés, vendus à vil prix - les Américains se montrant moins généreux que les Anglais - ont comblé momentanément un besoin, Vital Ferry rappelle que beaucoup étaient cédés sans notice correspondante et surtout sans rechanges.

Prenant le relais de la CINA et sans attendre la fin de la guerre, les Etats-Unis organisent une conférence internationale de l'aviation civile qui débute le 1er novembre 1944. L'OPACI (Organisation provisoire de l'aviation civile internationale), puis l'OACI (Organisation de l'aviation civile internationale) vont voir le jour : rien ne sera plus comme avant en matière d'organisation du contrôle, de planification et de normalisation des équipements de navigation. La bataille (pacifique) entre les Etats qui va suivre pour retenir les systèmes normalisés et ainsi donner un avantage certain à leur industrie, se réduira à un affrontement entre Etats-Unis et Royaume Uni ; malgré les efforts des Anglais, les Américains, maîtres de la fourniture des vecteurs du transport aérien, vont dominer l'aviation civile.

1. *Bulletin du SGACC* n° 38, juin 1948.
2. Voir en fin de chapitre le tableau descriptif de ces systèmes de navigation et d'atterrissage.
3. Edité par le GIFAS en 1985.
4. Le FTR 51 est la version civile du SCS 51. *Bulletin du SGACC* n° 38, juin 1948, p. 11.

La nouvelle organisation des télécommunications en France, basée sur le classement défini par l'OPACI, est présentée par Joseph Grenier, chef du STS [1], au cours d'une conférence faite le 27 février 1947 au Conservatoire des arts et métiers. Il expose à cette occasion les difficultés rencontrées et les mesures prises pour y remédier.

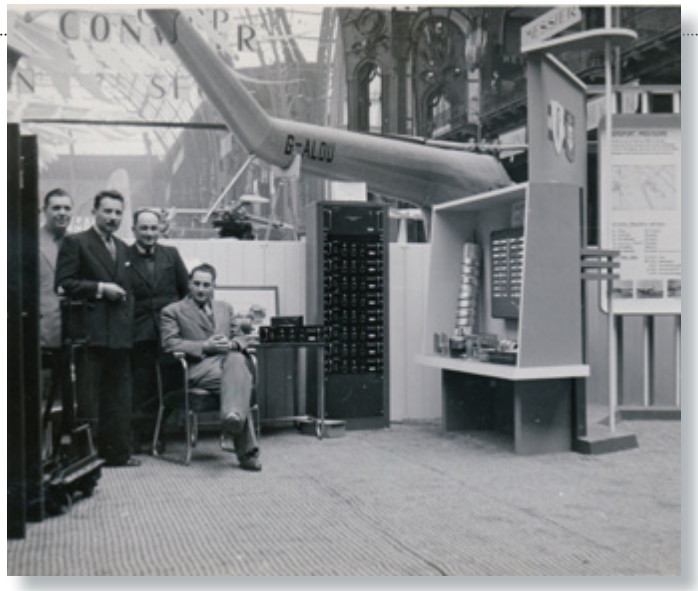
Joseph Grenier passe en revue les quatre services de télécommunications classés par l'OPACI :

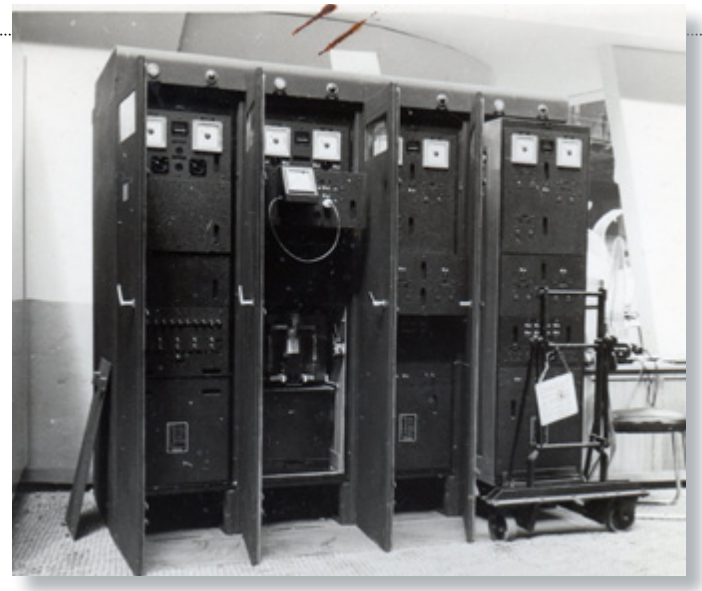
- le service fixe radioaéronautique, destiné à la transmission entre stations au sol des messages tels que détresse, contrôle aérien, météorologiques, NOTAM et service, est basé sur un réseau fil et radio. Le réseau a été reconstitué et développé (60 télétypes Creed contre 46 en 1939), malgré les difficultés d'approvisionnement liées au manque de devises pour l'achat de machines à l'étranger ;
- le service mobile radioaéronautique, destiné à l'écoulement du trafic entre station d'aéronef et station terrestre, en particulier la transmission des signaux de détresse et d'urgence, les NOTAM urgents, les messages pour le contrôle du trafic aérien et des opérations, les messages météorologiques et de service. Ce service mobile, désormais distinct du service de navigation (le réseau de radiogoniomètres cumulait précédemment les fonctions contrôle et navigation) est basé sur l'utilisation, en fonction des zones à couvrir, d'émetteurs travaillant dans des gammes d'ondes HF ou MF. Toutefois, des contrôleurs du SPAé commencent à travailler en VHF. De son côté, l'armée de l'Air utilise des gonios VHF (118,1 contrôle d'aérodrome, 119,7 approche, 121,5 trafic général, 122,1 contrôle en route). La télégraphie est encore largement utilisée, mais la phonie est promise à se développer. Le STS a mis au point des émetteurs plus simples et plus robustes et rationalise leur utilisation, ce qui réduit le nombre de types de matériel. Sur le plan industriel, cela offre des possibilités de fabrication en grande série et permet d'espérer des délais réduits pour la livraison des appareils ;
- le service de radionavigation aéronautique : après avoir passé en revue les dispositifs existants, le chef du STS précise qu'en France métropolitaine le réseau de radiogoniomètres a été reconstitué et complété par 20 radiogoniomètres d'atterrissage et 25 radiogoniomètres protégés des effets de nuit. En outre, un réseau de 9 radioalignements (nombre limité par la disponibilité de fréquences, ce problème devant être résolu par l'arrivée des radioalignements omnidirectionnels en très haute fréquence) et 10 radiophares sont en service. Par ailleurs, 2 radiophares de type CONSOL sont prévus[2] ainsi qu'un certain nombre de FTR 51, achetés aux Etats-Unis et qui seront installés sur les aérodromes les plus importants ;
- le service de diffusion aéronautique, destiné à la diffusion par radio de renseignements relatifs à la sécurité de la navigation aérienne (météo, NOTAM) : le principe n'a pas changé, seule la puissance des émetteurs a augmenté.

Joseph Grenier, dernier patron du STS puis chef du SNA.

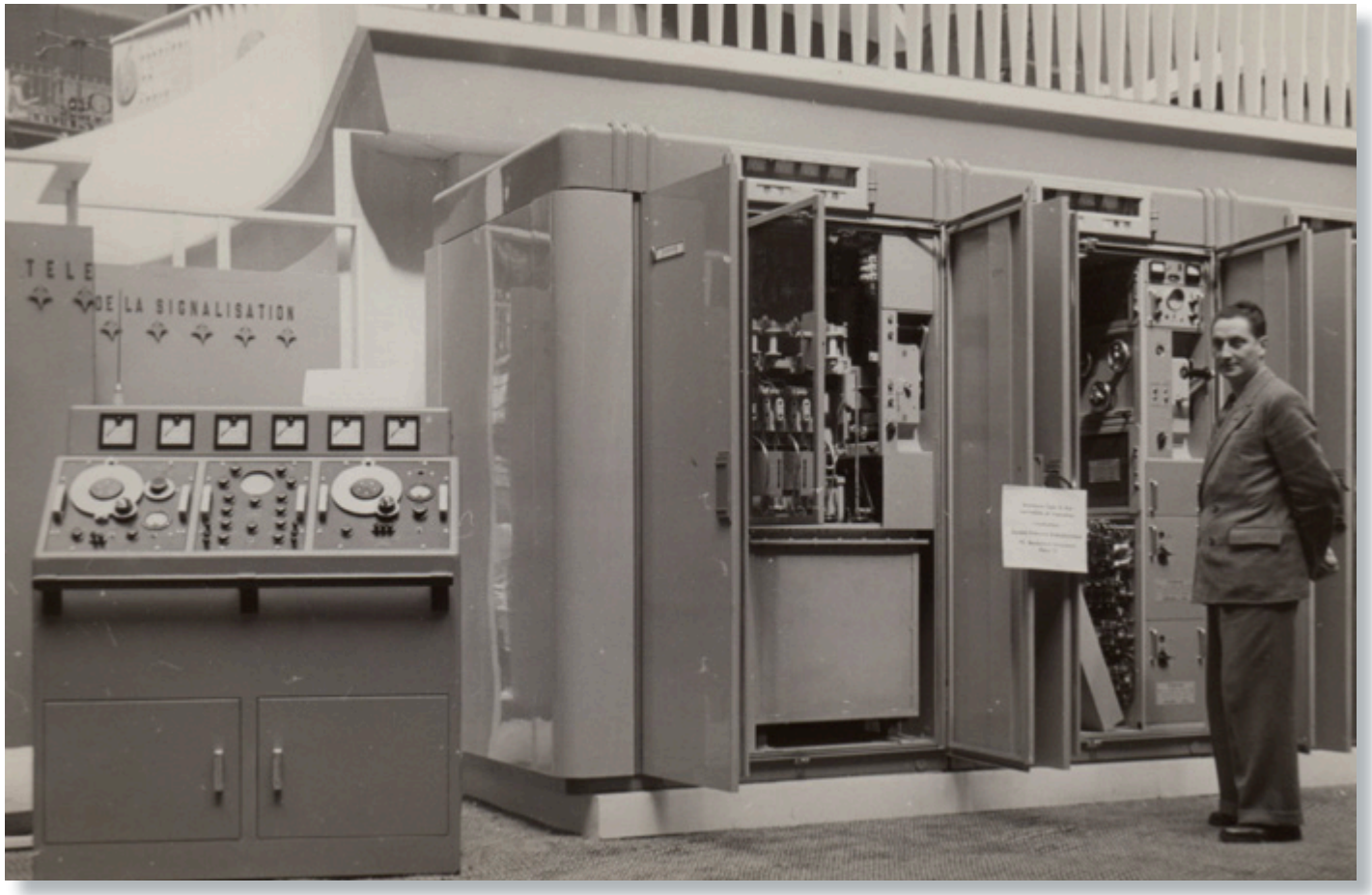
Ainsi, deux ans après la victoire, le STS a réussi à remettre en état l'infrastructure radio nécessaire à la sécurité de la navigation aérienne en métropole. Le SGACC peut maintenant entreprendre d'améliorer et de moderniser les télécommunications et la radionavigation en France et poursuivre la remise en état des infrastructures radioélectriques dans les territoires d'outre-mer : cette dernière ne sera achevée que vers 1950. Les centres régionaux de Paris, Bordeaux et Aix-en-Provence ainsi que de nombreuses tours de contrôle seront rééquipés après le départ des forces alliées afin d'être en mesure d'appliquer les normes OACI concernant le contrôle et les manœuvres des aéronefs.

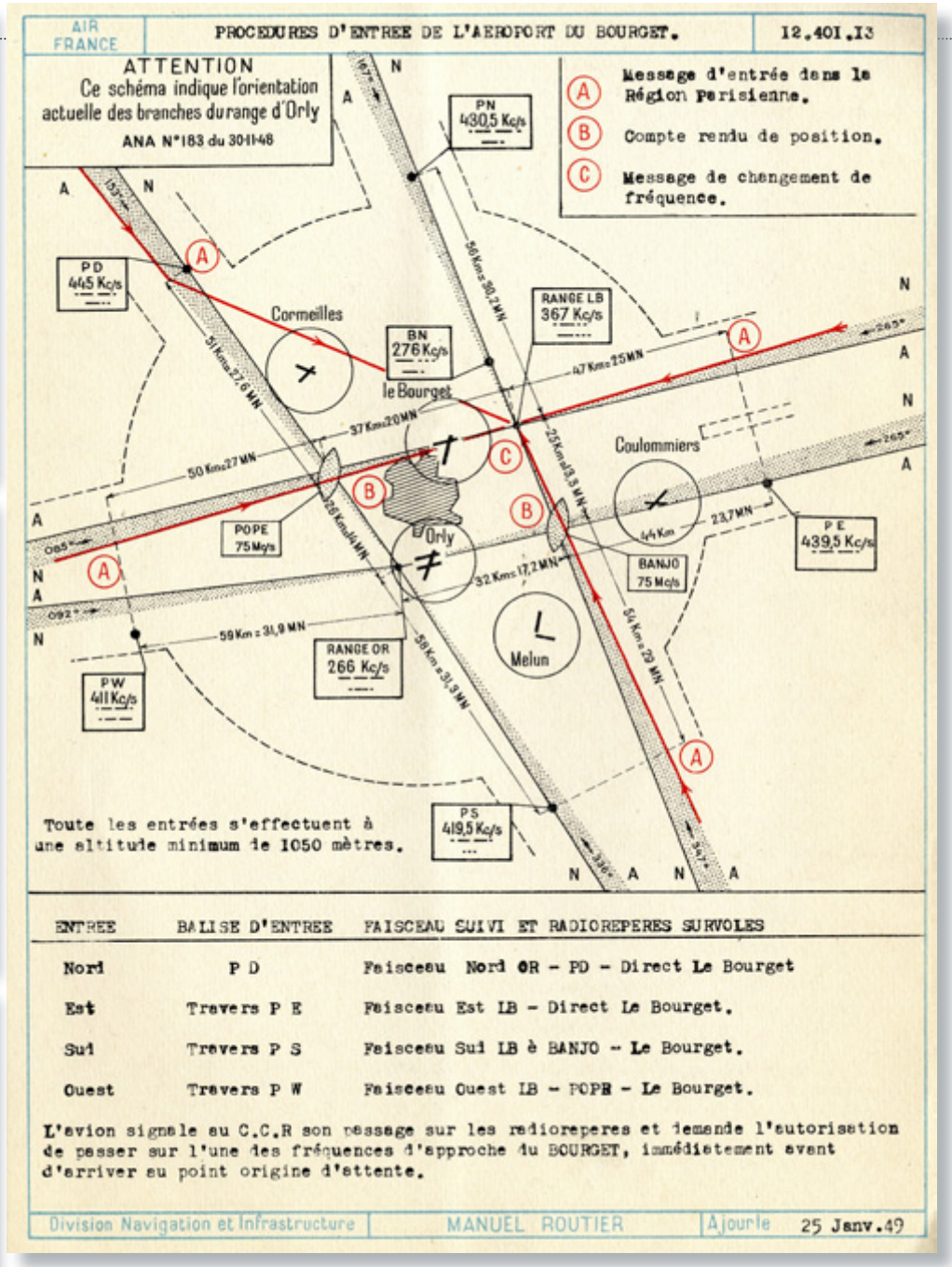
1. *Bulletin du SGACC* n° 28, août 1947.
2. Les deux CONSOL prévus étaient destinés l'un à la Bretagne, l'autre à Marseille. Seul le premier sera installé, à Plonéis (Finistère).





Le STS est présent au XVIIIe salon de l'aéronautique qui se tient au grand palais du 26 avril au 15 mai 1949. Le service expose les dernières réalisations dans le domaine des communications radio. Ces photos, prises il y a plus de 60 ans, témoignent des premiers temps du SGACC, malheureusement sans qu'il ait été possible d'identifier l'équipe du STS.

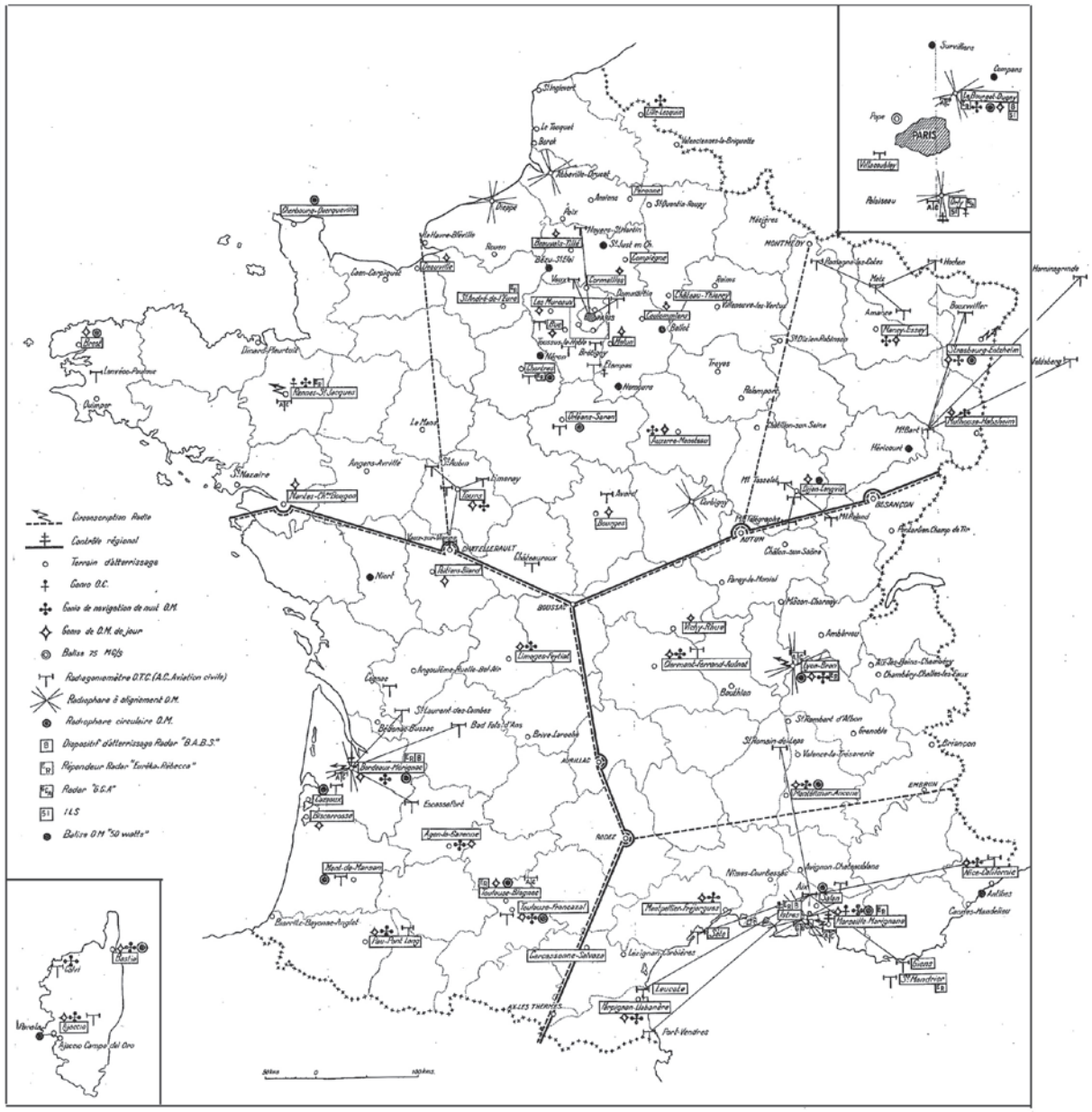




Ces cartes de radionavigation éditées par Air France en 1949 illustrent parfaitement l'implantation et l'utilisation des radioalignements moyenne fréquence (communément appelés *radio range*) pour la desserte des aérodromes de la région parisienne. Le dispositif est complété par des radiobalises émettant sur 75 MHz (appelées « radiorepères » sur la carte) pour matérialiser les points de report où l'équipage doit contacter le CCR.

Carte des installations en 1944.

Carte des installations en 1946.



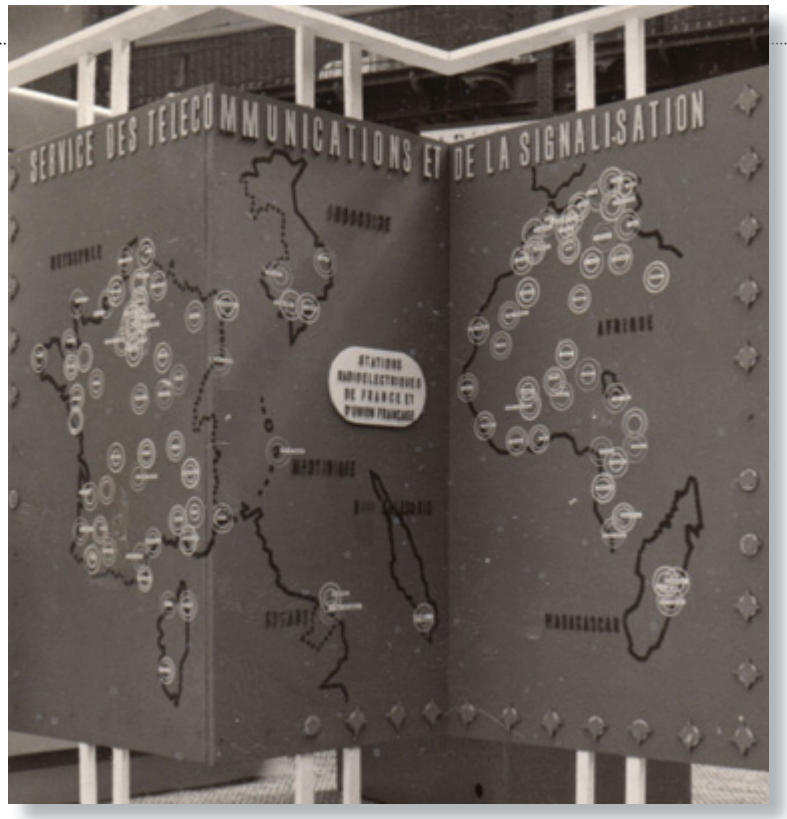
Carte des infrastructures radio en 1949.

Quel système de radionavigation pour la France ?

La première réunion de la division COT (technique de radio) de l'OPACI tenue à Montréal en novembre 1946 procède à un examen comparatif de tous les systèmes proposés, mais principalement ceux des Etats-Unis et de Grande Bretagne, pour rendre la navigation aérienne plus facile et plus sûre. L'ILS est retenu pour l'approche et l'atterrissage, le radiophare omnidirectionnel à très haute fréquence (VOR) pour la navigation à courte distance, à combiner dès que possible à un mesureur de distance (DME, *distance measuring equipment*) et par la suite à un calculateur de route. Il semble bien que les Britanniques n'aient accepté le VOR qu'à condition qu'il soit utilisé sur les grandes lignes internationales et qu'une commission de l'OPACI soit créée pour examiner l'utilisation d'un système hyperbolique du type GEE, tel que le DECCA, dans la région à très forte densité de trafic du nord-ouest de l'Europe.

Au-delà des préoccupations industrielles, les positions défendues par les Américains et les Anglais ont suscité des débats très animés pour choisir le système international de navigation. Il était difficile en effet de trancher entre un système permettant de naviguer en tout point de l'espace (DECCA) et un balisage de route par des VOR complété éventuellement par une mesure de distance au moyen du DME. Les deux infrastructures ont leurs avantages et leurs inconvénients (coûts de mise en œuvre, facilité d'utilisation en vol, précision de navigation, etc.). Dans la revue du SGACC de mai-juin 1951, Georges Hœrter passe en revue les différents moyens en fonction du type de navigation :

- pour la navigation à grande ou moyenne distance :
  - radiophares non directionnels de grande puissance en ondes hectométriques (MF),
  - système hyperbolique DECCA,
  - système hyperbolique LORAN ;
- pour la navigation à courte distance :
  - radiophares non directionnels de petite puissance et radioalignements,
  - radiophares omnidirectionnels à ondes métriques (VHF) VOR,
  - mesureurs de distance DME.

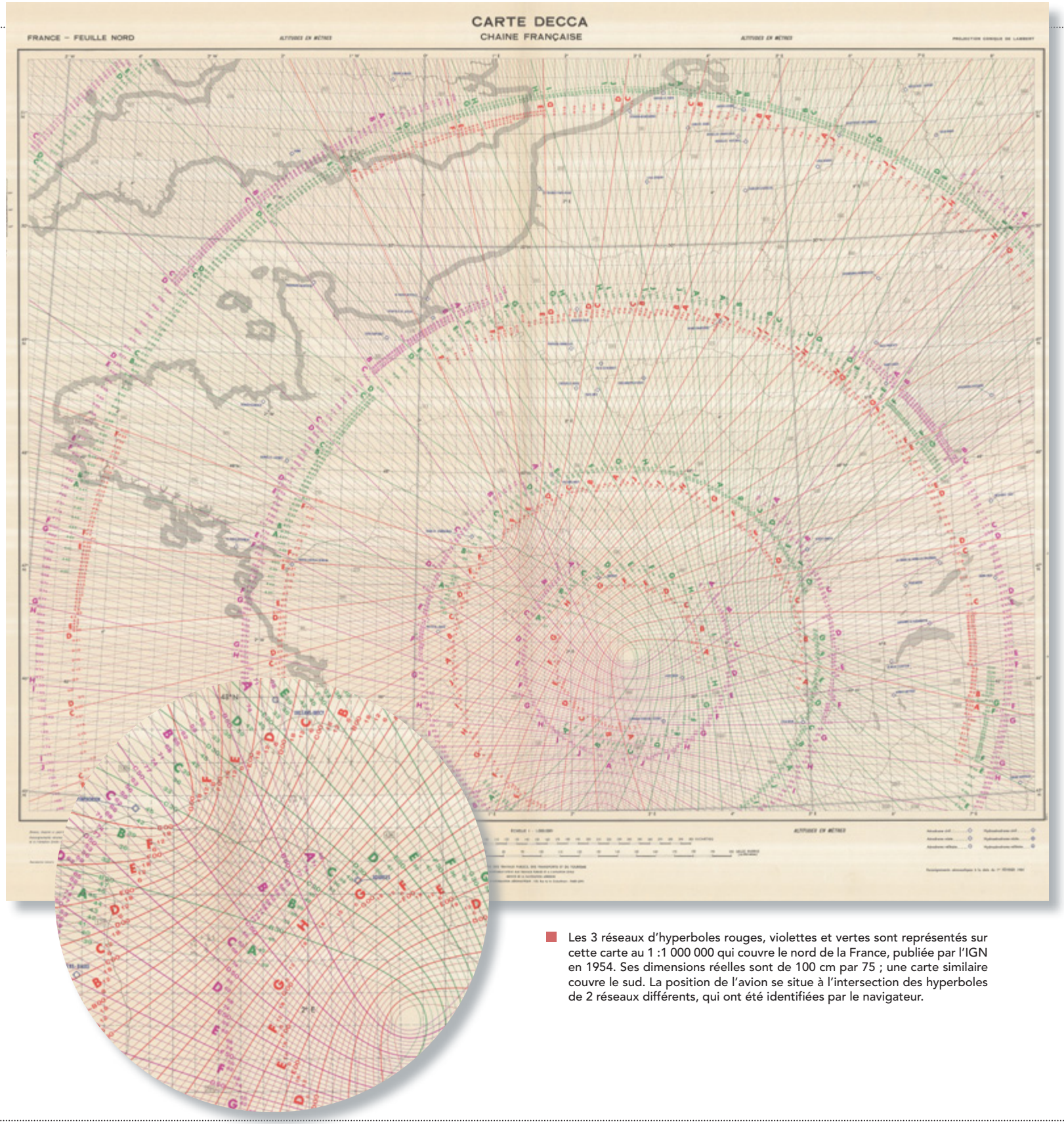


Synoptique des stations radioélectriques installées en France et dans l'Union française (stand du STS, salon de l'aéronautique de 1949).

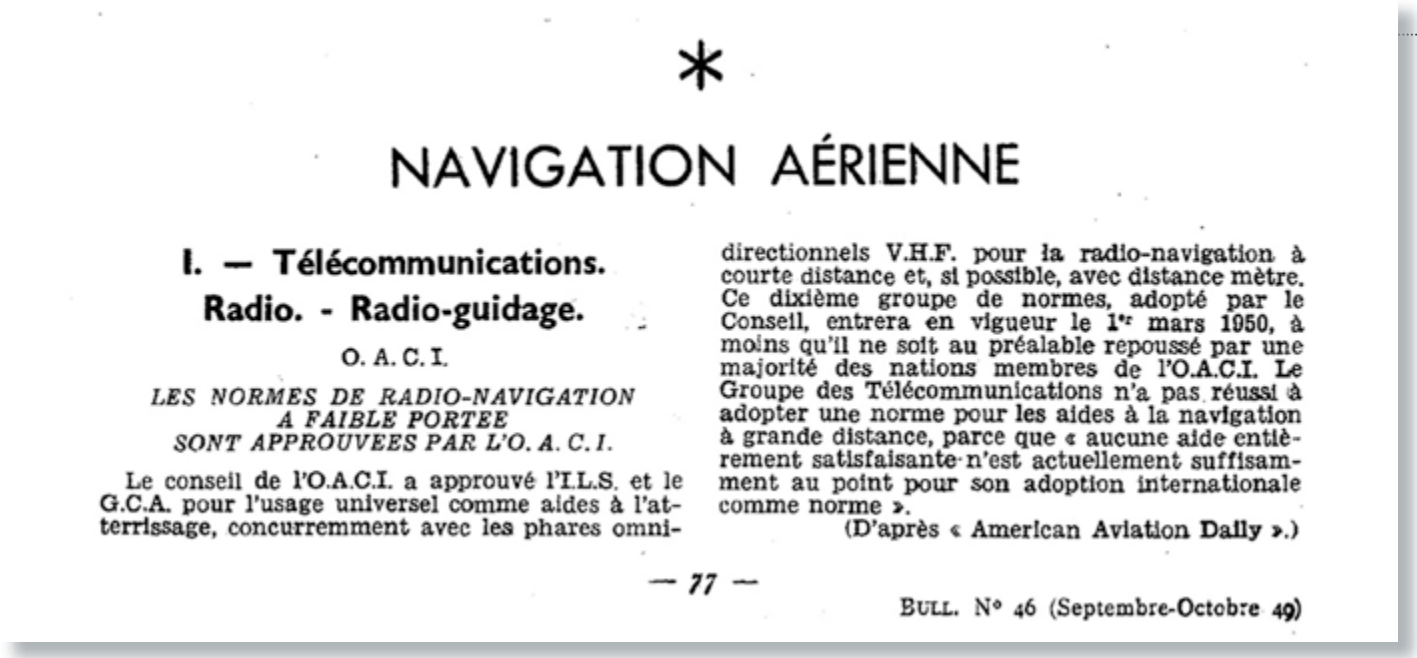
L'infrastructure en France métropolitaine en 1947

Le réseau de radiogoniomètres reconstitué et étendu comporte 20 radiogoniomètres d'atterrissage et 25 radiogoniomètres protégés des effets de nuit. Le réseau de radioalignement est constitué de 9 phares (Le Bourget, Orly, Lyon, Bordeaux, Saint-Valéry, Dieppe, Domfront, Corbigny et Marignane). Les radiophares sont au nombre de 10 (Le Bourget, Château-Thierry, Lyon, Bordeaux, Brest, Rennes, Compiègne, Vitry-en-Artois, Marignane et Toulouse). Enfin, 2 CONSOL et des FTR 51 achetés aux USA doivent venir compléter cette infrastructure.

Georges Hœrter estime que le système LORAN qui fonctionne en onde longue est délicat d'utilisation et appelé à disparaître rapidement. En revanche, il prédit pour le DECCA que *« Sous peu, l'Europe occidentale sera entièrement balisée en surface avec ce système, qui est particulièrement bien adapté pour la navigation à moyenne et courte distance des avions rapides dans les régions où la circulation est dense et s'effectue dans tous les sens. »*



Les 3 réseaux d'hyperboles rouges, violettes et vertes sont représentés sur cette carte au 1 :1 000 000 qui couvre le nord de la France, publiée par l'IGN en 1954. Ses dimensions réelles sont de 100 cm par 75 ; une carte similaire couvre le sud. La position de l'avion se situe à l'intersection des hyperboles de 2 réseaux différents, qui ont été identifiées par le navigateur.



*

NAVIGATION AÉRIENNE

I. — Télécommunications. Radio. - Radio-guidage.

O. A. C. I.

LES NORMES DE RADIO-NAVIGATION A FAIBLE PORTEE SONT APPROUVEES PAR L'O. A. C. I.

Le conseil de l'O.A.C.I. a approuvé l'I.L.S. et le G.C.A. pour l'usage universel comme aides à l'atterrissage, concurremment avec les phares omnidirectionnels V.H.F. pour la radio-navigation à courte distance et, si possible, avec distance mètre. Ce dixième groupe de normes, adopté par le Conseil, entrera en vigueur le 1er mars 1950, à moins qu'il ne soit au préalable repoussé par une majorité des nations membres de l'O.A.C.I. Le Groupe des Télécommunications n'a pas réussi à adopter une norme pour les aides à la navigation à grande distance, parce que « aucune aide entièrement satisfaisante n'est actuellement suffisamment au point pour son adoption internationale comme norme ».

(D'après « American Aviation Daily ».)

— 77 —

BULL. N° 46 (Septembre-Octobre 49)

Et il ajoute : *« Il est certain que si un balisage en surface est particulièrement intéressant, en ce sens qu'il permet une grande souplesse de navigation, il est par contre indispensable, pour la sécurité des vols sur certains tronçons d'itinéraires très fréquentés, qu'un balisage rigide de route permette une stricte discipline des vols. »*

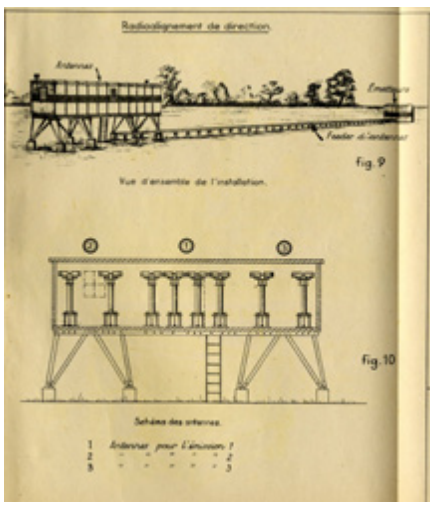
En 1949, année au cours de laquelle le conseil de l'OACI entérine la recommandation de la division COT avec entrée en vigueur le 1er mars 1950, se tient à Londres une réunion régionale qui recommande l'extension du système DECCA aux parties de la région non encore couvertes par le procédé. Le conseil supérieur de l'infrastructure et de la navigation aériennes (CSINA) émet une décision de principe favorable à l'implantation d'une chaîne DECCA en France. Pendant ce temps, le premier VOR est mis en service aux Etats-Unis.

A la fin des années quarante, après une reconstruction basée sur des moyens classiques, gonio, radioalignement et radiophare, la France choisit de développer son infrastructure de radionavigation conformément aux recommandations OACI (ILS et VOR/DME)… mais aussi aux persuasions anglaises (CONSOL et DECCA), résultats des conférences régionales européennes. Le GCA laissé par les Américains à Orly sera remplacé par un GCA Thomson, mais ce système ne s'imposera pas en tant qu'aide à l'atterrissage sur les terrains civils.

Les premiers VOR apparaissent en 1953, une station CONSOL est implantée à Plonéis (Finistère) et une chaîne DECCA commandée à la société française radioélectrique (SFR), qui sera inaugurée le 24 octobre 1953. La chaîne française est composée d'une station principale à Saint-Angel près de Montluçon, appuyée sur trois stations : « rouge » à Chargé près d'Amboise, « verte » à Saint-Germain du Plan près de Châlons-sur-Saône et « violette » à Teissière-de-Cornet près d'Aurillac. Elle est utilisée par les bateaux et les avions… britanniques. En effet, il semble qu'en France, seule la Postale l'ait expérimentée, mais sans y donner suite.

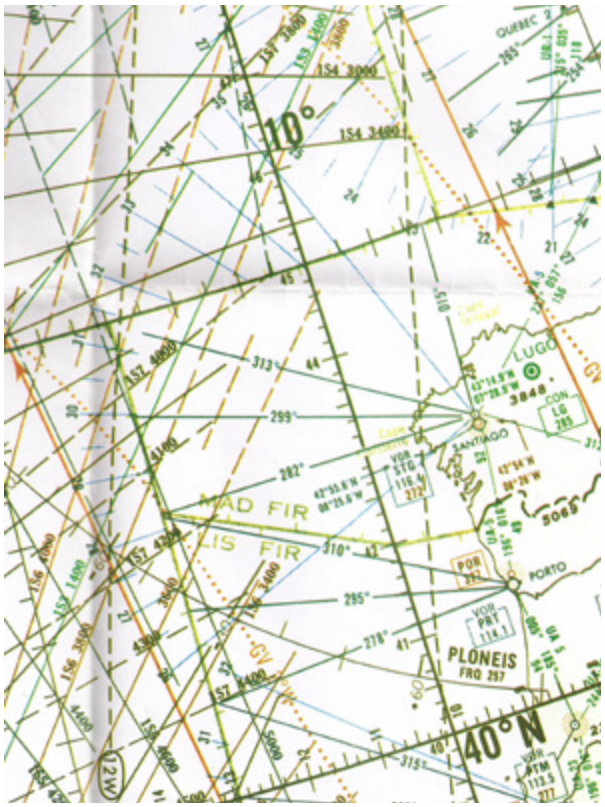
Les années cinquante s'annoncent passionnantes ; elles se feront sans le STS, qui va fusionner le 31 décembre 1949 avec le SPAé pour devenir le service de la navigation aérienne. Le nouveau SNA aura fort à faire pour répondre au vœu de Georges Hœrter qui concluait son article ainsi : *« Nous ne saurions trop insister sur le fait que les progrès importants de la technique de l'avion dans le domaine de la vitesse et du rayon d'action ne peuvent présenter un intérêt réel pour le transport aérien que s'ils sont accompagnés par les progrès de la technique des télécommunications*[1] *aéronautiques et par le développement de l'infrastructure correspondante. »* ■

1. Georges Hœrter utilise le terme *télécommunications* dans son acception internationale, englobant tous les moyens de liaison, avec et sans fil, de radionavigation et de radiorepérage.

	Système de navigation Nationalité	Principe succinct Longueur d'onde - Fréquence Usage
Système radar GCA Thomson utilisé en 1965 à Orly.	GCA Américain	Système radar qui comprend deux ensembles : • un radar de surveillance (SRE) qui prend en compte l'avion à partir du circuit d'attente pour l'amener à la porte de l'approche finale ; • un radar d'approche de précision (PAR) pour amener l'avion jusqu'à l'atterrissage. Ce radar comprend deux antennes qui balayent respectivement les plans horizontal et vertical. La position de l'avion est matérialisée sur deux oscilloscopes, ce qui permet à un opérateur de donner des ordres de navigation dans les plans horizontal et vertical au pilote par liaison radio. L'opérateur gère un seul avion à la fois. • 10 cm - 2700/2900 MHz (radar de surveillance) • 3 cm - 9000/9180 MHz (radar de précision) Guidage approche et atterrissage
Système à deux radioalignements  Dessin représentant les deux composantes des premiers ILS : radioalignement de direction et de descente.	SCS 51 (signal corps set 51) Américain	Ancêtre de l'ILS, il comprend trois parties distinctes : • un localiser qui matérialise l'axe d'atterrissage, • un glide-path qui matérialise le plan de descente, • deux ou trois balises à rayonnement vertical qui indiquent une distance au seuil de piste. Le localiser et le glide-path sont des radioalignements à double modulation (90 Hz et 150 Hz). Les récepteurs de bord calculent la différence de taux de modulation, ce qui permet d'en déduire les écarts par rapport à l'axe et au plan de descente et de les afficher sur le récepteur de bord. • 3 m - 108/112 MHz • 1 m - 328,6/336,4 MHz • 4 m - 75 MHz Guidage atterrissage

Système hyperbolique

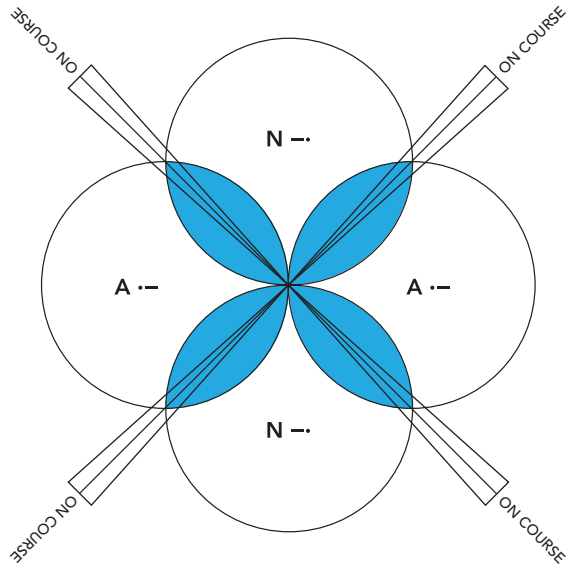
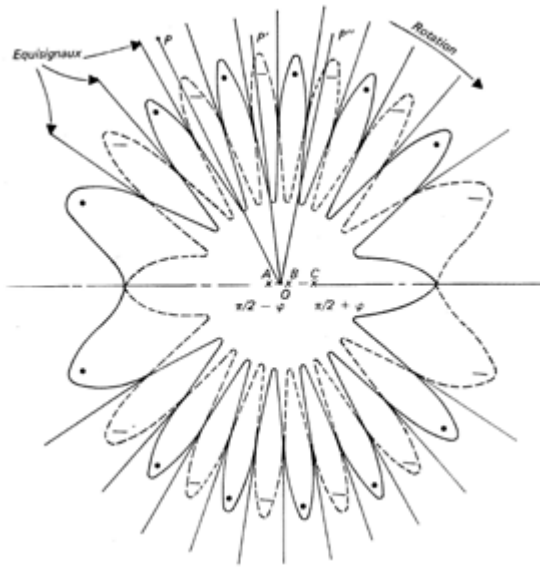
Système de navigation basé sur le calcul de la différence de temps (ou le déphasage) que met un signal à parvenir à l'avion depuis deux stations terrestres synchronisées.
Les lieux d'égale différence de temps (ou de déphasage) entre la station « maître » et l'une des stations « esclaves » constituent un réseau d'hyperboles dont les foyers sont les émetteurs. Une fois la mesure de différence de temps (ou de déphasage) effectuée, le navigateur utilise une carte spéciale sur laquelle figurent les réseaux d'hyperboles pour connaître son lieu de position. La connaissance d'une hyperbole d'un autre réseau détermine la position de l'avion.



Carte de navigation sur laquelle apparaissent les hyperboles LORAN. Elles sont répertoriées par un groupe de trois caractères (chiffre, lettre, chiffre) qui caractérise la paire de stations LORAN. Cette identification est suivie d'un nombre qui identifie l'hyperbole du réseau cotée directement en microsecondes : 1S3 1400,1S7 3800,1S4 3400.

Système de navigation Nationalité	Principe succinct Longueur d'onde - Fréquence Usage
LORAN (*long range navigation*) Américain	Système hyperbolique basé sur le calcul de la différence de temps de réception entre deux impulsions émises par une station pilote et une station esclave synchronisées et distantes de 200 à 1000 NM suivant les systèmes (standard, SS, basse fréquence). Une fois la mesure de différence de temps effectuée, le navigateur identifie, sur une carte spéciale, l'hyperbole qui constitue un lieu de position. Une deuxième mesure sur une autre chaîne détermine la position de l'avion. • 30/60 m - 5/10 MHz (LORAN standard) • 150 m - 2 MHz (*skywave synchronised* LORAN) • 1700 m - 180 KHz (LORAN basse fréquence) Longue distance • 750 NM de jour - 1500 NM de nuit • 1500 NM de nuit • 1500 NM
GEE Anglais	Système hyperbolique calqué sur le LORAN. Les chaînes GEE comprennent quatre stations, une maître et trois esclaves, disposées en étoile et espacées de quelques centaines de km. Des chaînes GEE ont été installées dans les régions de Reims, de la Loire et du Midi de la France par les Anglais après la Libération. • 36 m - 50 MHz Courte et moyenne distance
DECCA Anglais	Système hyperbolique basé sur la comparaison de phase des ondes synchronisées émises par la station maîtresse et l'une des trois stations esclaves respectivement dénommées rouge, verte et violette. Les stations d'une chaîne DECCA sont distantes de 60 à 120 NM, la station maîtresse occupant la position centrale. L'équipement de bord est essentiellement un phasemètre, qui après avoir été réglé au départ, compte le nombre de fois où le déphasage s'annule au moment du franchissement de l'hyperbole h+1 et donne au navigateur le n° de l'hyperbole du réseau rouge, vert ou violet à reporter sur une carte spéciale sur laquelle sont imprimés les réseaux. • 3000 m - 100 KHz Courte et moyenne distance

	Système de navigation Nationalité	Principe succinct Longueur d'onde - Fréquence Usage
Système interrogation/réponse Indicateur REBECCA de 1943.	EUREKA REBECCA Anglais	Système basé sur le calcul du temps qu'une impulsion émise par un interrogateur de bord (REBECCA) met pour revenir après avoir été renvoyée par un répondeur au sol (EUREKA). Les signaux émis sur deux fréquences différentes sont reçus à bord par deux antennes (gauche, droite) qui après traitement donnent la distance et une indication sur le cap à prendre pour rejoindre la balise sol. Ces informations sont présentées sur un oscilloscope. • 1,5 m - 20 MHz Courte distance Utilisé pour rejoindre des zones de largage et parachutage
	BABS *(blind approach beacon system)* Anglais	Système basé sur l'interrogation par un émetteur/récepteur de bord de type REBECCA, d'un répondeur sol. Ce répondeur émet par un double système d'aériens directifs suivant des diagrammes enchevêtrés des impulsions longues et courtes. L'avion est dans l'axe lorsque les impulsions reçues sont de même hauteur. • 1,5 m - 20 MHz Approche et atterrissage sans visibilité

	Système de navigation Nationalité	Principe succinct Longueur d'onde - Fréquence Usage
Radiophare directionnel à quatre faisceaux  Diagramme de rayonnement des antennes d'un radio range faisant apparaître les quatre axes.	Radio range Américain	Système basé sur l'émission, par quatre antennes disposées en carré, de signaux enchevêtrés respectivement des lettres A et N en code morse (respectivement point-trait et trait-point). Le diagramme de rayonnement est tel que la réception d'un son continu indique au pilote qu'il se situe sur l'un des quatre axes du radio range. Une cinquième antenne, au centre du carré, est utilisée pour diffuser l'indicatif. La réception à bord ne nécessite qu'un récepteur radio. Après la Libération, des radio ranges ont été implantés par l'US Air Force, notamment pour la desserte d'Orly et du Bourget. • 560/1500 m - 190-535 KHz Moyenne distance
Radiophare à enchevêtrement et champ tournant  Diagramme de rayonnement en forme de marguerite du CONSOL.	CONSOL Anglais dérivé du système allemand SONNE	Système basé sur l'émission de points et de traits par trois aériens alignés et distants d'environ trois longueurs d'onde, avec un déphasage adapté qui engendre un diagramme de rayonnement en forme de marguerite. Les navigants établissent un lieu de position en fonction des points et des traits reçus par un simple récepteur HF. Un CONSOL a été mis en service à Plonéis (Finistère) en 1953. • 1000 m - 300 KHz Longue distance. Portée accrue la nuit

Le service de la navigation aérienne, 1950-1960

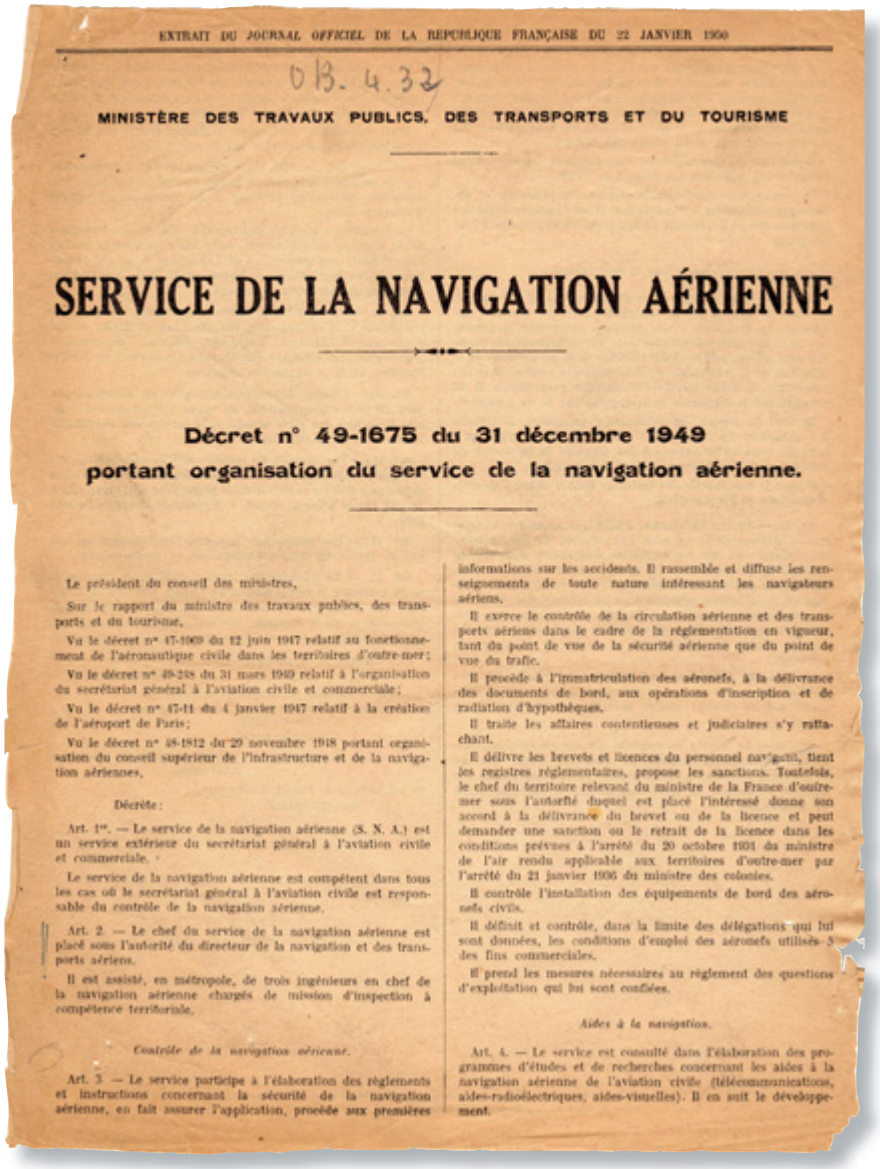
par Claude Labbé, avec la participation de Vital Ferry

Le service de la navigation aérienne, créé le 31 décembre 1949, est le seul service extérieur dont dispose la direction de la navigation aérienne. S'il débute dans un contexte de pénurie, ses attributions couvrent l'ensemble des activités du domaine, exploitation des aéronefs, technique et aéroports. Il résulte de la fusion du service des télécommunications et de la signalisation (STS) et du service des ports aériens (SPAé) qui avait en charge, entre autres, la surveillance des ports aériens et le contrôle de la circulation aérienne. Ce regroupement mettait fin, tout au moins en termes d'organisation, à une dualité qui datait des années trente, souvent génératrice de confusions et de redondances dans les attributions, voire de rivalités. Cette unification avait été précédée de celle du statut de leurs personnels, intégrés pour la plupart dans les nouveaux corps de la navigation aérienne institués par le décret du 7 juin 1948 et *« chargés de l'exploitation des aérodromes, de la circulation aérienne et des télécommunications aériennes »*.

Des responsabilités immenses

Jacques Villiers, à propos du nouveau service : *« Le SNA qui a succédé au STS faisait tout ce que feront plus tard le STNA et le SCTA (service du contrôle du trafic aérien). Il mettait les gens en place, les notait, faisait un certain nombre de choses horizontales, s'occupait de l'approvisionnement et de l'outre-mer, tout cela avec quelques bonhommes. Il faut bien voir que la hiérarchie n'était pas très bien organisée. On ne recevait pas véritablement d'ordre. La direction de la navigation aérienne s'occupait de la réglementation, des relations internationales, du personnel. Le directeur n'intervenait pas dans les activités du SNA, il avait à organiser tout le contrôle aérien, un gros truc ! »*

Pour Vital Ferry, *« La DNA devait aussi gérer le SNA. Il est vrai que la DNA lui a laissé la bride sur le cou, mais c'est elle qui avait les crédits et les répartissait après examen des demandes.*



EXTRAIT DU *JOURNAL OFFICIEL* DE LA RÉPUBLIQUE FRANÇAISE DU 22 JANVIER 1950

0 B. 4.32

MINISTÈRE DES TRAVAUX PUBLICS, DES TRANSPORTS ET DU TOURISME

SERVICE DE LA NAVIGATION AÉRIENNE

Décret n° 49-1675 du 31 décembre 1949
portant organisation du service de la navigation aérienne.

Le président du conseil des ministres,

Sur le rapport du ministre des travaux publics, des transports et du tourisme,

Vu le décret n° 47-1069 du 12 juin 1947 relatif au fonctionnement de l'aéronautique civile dans les territoires d'outre-mer;

Vu le décret n° 49-248 du 31 mars 1949 relatif à l'organisation du secrétariat général à l'aviation civile et commerciale;

Vu le décret n° 47-11 du 4 janvier 1947 relatif à la création de l'aéroport de Paris;

Vu le décret n° 48-1812 du 29 novembre 1948 portant organisation du conseil supérieur de l'infrastructure et de la navigation aériennes,

Décrète :

Art. 1er. — Le service de la navigation aérienne (S. N. A.) est un service extérieur du secrétariat général à l'aviation civile et commerciale.

Le service de la navigation aérienne est compétent dans tous les cas où le secrétariat général à l'aviation civile est responsable du contrôle de la navigation aérienne.

Art. 2. — Le chef du service de la navigation aérienne est placé sous l'autorité du directeur de la navigation et des transports aériens.

Il est assisté, en métropole, de trois ingénieurs en chef de la navigation aérienne chargés de mission d'inspection à compétence territoriale.

Contrôle de la navigation aérienne.

Art. 3. — Le service participe à l'élaboration des règlements et instructions concernant la sécurité de la navigation aérienne, en fait assurer l'application, procède aux premières informations sur les accidents. Il rassemble et diffuse les renseignements de toute nature intéressant les navigateurs aériens.

Il exerce le contrôle de la circulation aérienne et des transports aériens dans le cadre de la réglementation en vigueur, tant du point de vue de la sécurité aérienne que du point de vue du trafic.

Il procède à l'immatriculation des aéronefs, à la délivrance des documents de bord, aux opérations d'inscription et de radiation d'hypothèques.

Il traite les affaires contentieuses et judiciaires s'y rattachant.

Il délivre les brevets et licences du personnel navigant, tient les registres réglementaires, propose les sanctions. Toutefois, le chef du territoire relevant du ministre de la France d'outre-mer sous l'autorité duquel est placé l'intéressé donne son accord à la délivrance du brevet ou de la licence et peut demander une sanction ou le retrait de la licence dans les conditions prévues à l'arrêté du 20 octobre 1931 du ministre de l'air rendu applicable aux territoires d'outre-mer par l'arrêté du 21 janvier 1936 du ministre des colonies.

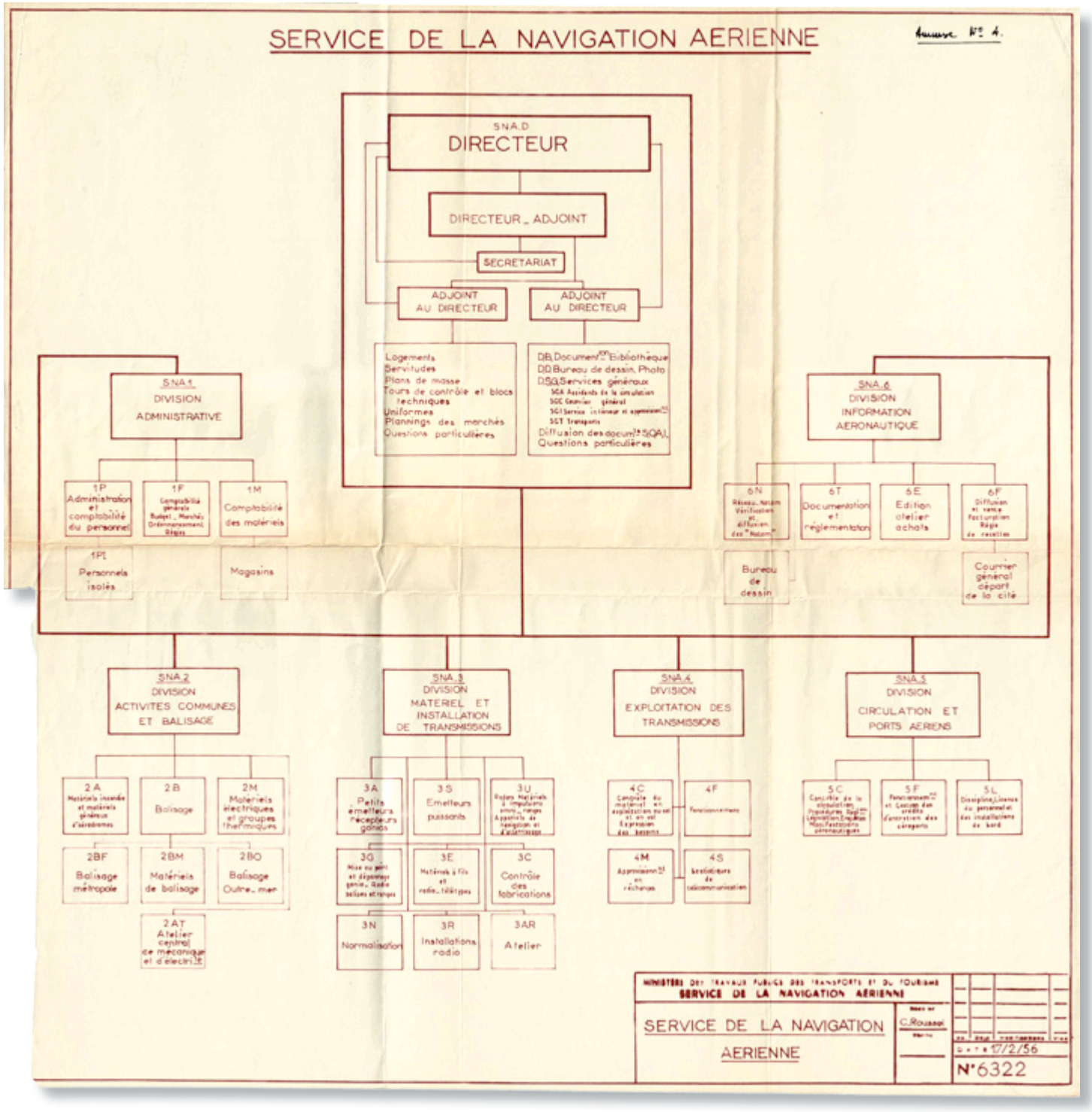
Il contrôle l'installation des équipements de bord des aéronefs civils.

Il définit et contrôle, dans la limite des délégations qui lui sont données, les conditions d'emploi des aéronefs utilisés à des fins commerciales.

Il prend les mesures nécessaires au règlement des questions d'exploitation qui lui sont confiées.

Aides à la navigation.

Art. 4. — Le service est consulté dans l'élaboration des programmes d'études et de recherches concernant les aides à la navigation aérienne de l'aviation civile (télécommunications, aides-radioélectriques, aides-visuelles). Il en suit le développement.


SERVICE DE LA NAVIGATION AERIENNE
SNA.0
DIRECTEUR
DIRECTEUR _ ADJOINT
SECRETARIAT
ADJOINT AU DIRECTEUR
ADJOINT AU DIRECTEUR
Logements
Servitudes
Plans de masse
Tours de contrôle et blocs techniques
Uniformes
Plannings des marchés
Questions particulières
DB Documents Bibliothèque
DD Bureau de dessin, Photo
DSG Services généraux
Diffusion des documents SGA
Questions particulières
SNA.1
DIVISION ADMINISTRATIVE
1P Administration et comptabilité du personnel
1F
1M Comptabilité des matériels
1PI Personnels isolés
Magasins
SNA.6
DIVISION INFORMATION AERONAUTIQUE
6N
6T Documentation et réglementation
6E Edition atelier achats
6F
Bureau de dessin
Courrier général départ de la cité
SNA.2
DIVISION ACTIVITES COMMUNES ET BALISAGE
2A
2B Balisage
2M Matériels électriques et groupes thermiques
2BF Balisage métropole
2BM Matériels de balisage
2BO Balisage Outre-mer
2AT Atelier central de mécanique et d'électricité
SNA.3
DIVISION MATERIEL ET INSTALLATION DE TRANSMISSIONS
3A Petits émetteurs récepteurs gonios
3S Emetteurs puissants
3U
3G
3E
3C Contrôle des fabrications
3N Normalisation
3R Installations radio
3AR Atelier
SNA.4
DIVISION EXPLOITATION DES TRANSMISSIONS
4C
4F
4M
4S
SNA.5
DIVISION CIRCULATION ET PORTS AERIENS
5C
5F
5L
MINISTERE DES TRAVAUX PUBLICS DES TRANSPORTS ET DU TOURISME
SERVICE DE LA NAVIGATION AERIENNE
SERVICE DE LA NAVIGATION AERIENNE
C. Rousseau
17/2/56
N°6322

Quant aux affaires internationales, elles étaient de la compétence du service des organisations aéronautiques internationales (SOAI). Nous avions le sentiment, notamment outre-mer, que l'organisation était bonne et fonctionnait correctement. »

Le SNA exerce donc des responsabilités très larges, mais également très étendues, car la France d'alors est présente sur tous les continents [1].

A l'époque de la création du SNA, on est encore en période de pénurie, les crédits sont maigres et l'industrie est loin d'avoir retrouvé ses pleines capacités. Jacques Villiers : *« Au SNA, on a démarré avec les moyens du bord, il faut noter qu'à l'époque, il y avait encore des cartes d'alimentation, quasiment jusqu'à 1950. Pour acheter du cuivre, par exemple, il fallait avoir des bons… Les Américains ont laissé du matériel et, entre autres, un radar d'approche GCA* (ground control approch) *à Orly. Dans mon souvenir, ce GCA demandait trois ou quatre servants alors que les GCA plus modernes se manipulaient à deux. »*

En définitive, afin de poursuivre l'effort de modernisation et de développement, il faudra faire appel aux ressources internes et acheter français quand ce sera possible, tout en continuant d'acheter aux Etats-Unis.

Les anciens et les modernes

En ce début des années cinquante, le tout nouveau SNA va bénéficier de l'arrivée des premières promotions d'ingénieurs et de techniciens fraîchement formés à l'ENAC. Si jusqu'alors les effectifs comptaient un certain nombre de personnels de grande valeur, ils pêchaient néanmoins par leur hétérogénéité.

Pour Olivier Carel, l'ENAC va *« fournir un flot continu d'ingénieurs de profil calibré et presque tous performants. »* Et Jacques Villiers, de la première promotion des ingénieurs de la navigation aérienne : *« Dès les années cinquante, on a eu des jeunes qui sortaient de l'ENAC, des ingénieurs et des techniciens bien formés, mais ils étaient comme nous, ils ne savaient rien du métier. Il y avait une équipe de jeunes, tous impeccables, on leur a donné du travail sans en attendre de résultat immédiat : continuer à se former, apprendre à faire, puis faire était le mot d'ordre. Fruit de cette démarche, on a eu des gens qui connaissaient parfaitement le système. Ils savaient installer, régler et réceptionner les matériels, c'était des interlocuteurs valables pour l'industrie. D'ailleurs l'industrie a fait comme nous, elle a appris. Ce que je trouve merveilleux dans toutes ces années là, si on devait les décrire, c'est d'avoir vu comment ces jeunes gens sortant de l'ENAC, sans patron, sans directives, ont constitué, par affinité, des groupes qui ont pris en main des problèmes qui apparaissaient comme pionniers. C'était une aubaine incroyable pour ceux qui avaient choisi cette voie. »*

Le SNA, bureau d'études et de développement

Le SNA, investi avant tout de tâches réglementaires et de contrôle, devient aussi un véritable bureau d'études et de développement. Il faut dire que l'on est à une époque où les matériels anciens ou même nouveaux sont perfectibles, c'est le moins qu'on puisse dire. On est aussi et encore à la recherche de systèmes qui permettront d'améliorer la navigation et le contrôle des avions.

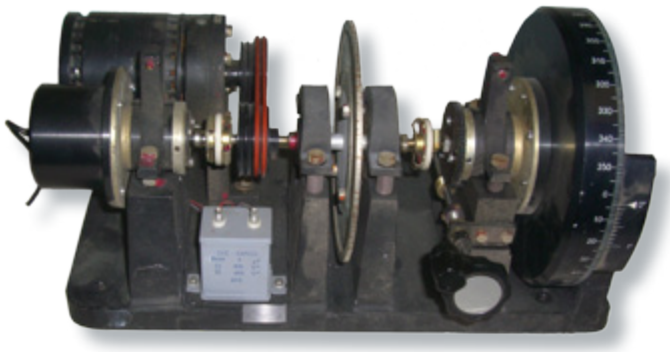
Le choix, par l'OACI, en 1949, de l'ILS et du GCA concurremment avec les phares omnidirectionnels VHF pour la radionavigation à courte distance (VOR pour faire court) et, si possible, avec distance mètre (DME), est l'opportunité pour le SNA de s'impliquer complètement dans le développement et la réalisation de ces nouvelles aides à l'atterrissage et à la navigation, à l'exception du GCA qui sera utilisé par les militaires. Cette décision va être pour la France l'occasion de rattraper son retard dans le domaine des ILS et des VOR.

Jacques Villiers évoque ces premières réalisations : *« Les premiers ILS et les premiers VOR ont été conçus par le service avec des monitors achetés aux Etats-Unis, parce qu'on ne savait pas trop bien les faire nous-mêmes, puis on les a commandés en série en France. On a fabriqué un ILS, d'abord pour apprendre comment ça marche, se former et ensuite on en a réalisé 4 ou 5. L'ILS doit beaucoup à Michel Peyron, qui était un type incroyable, exceptionnel, un champion de la technique. C'est lui qui a développé l'ILS, de ses mains, dans le labo de le rue de la Croix-Nivert. »*

Les ILS des premières générations fonctionnaient avec des modulateurs mécaniques, et certains se souviennent de Pierre Biancardini, ouvrier d'Etat, qui avec *« ses mains en or »* fabriquait ces sous-ensembles dans le labo radio.

Des études sont entreprises sur les VOR pour faire fabriquer un matériel en France, à un prix concurrentiel par rapport aux

1. Voir *Le temps des ingénieurs de la navigation aérienne, mémoires d'outre-mer, 1945-1968.*



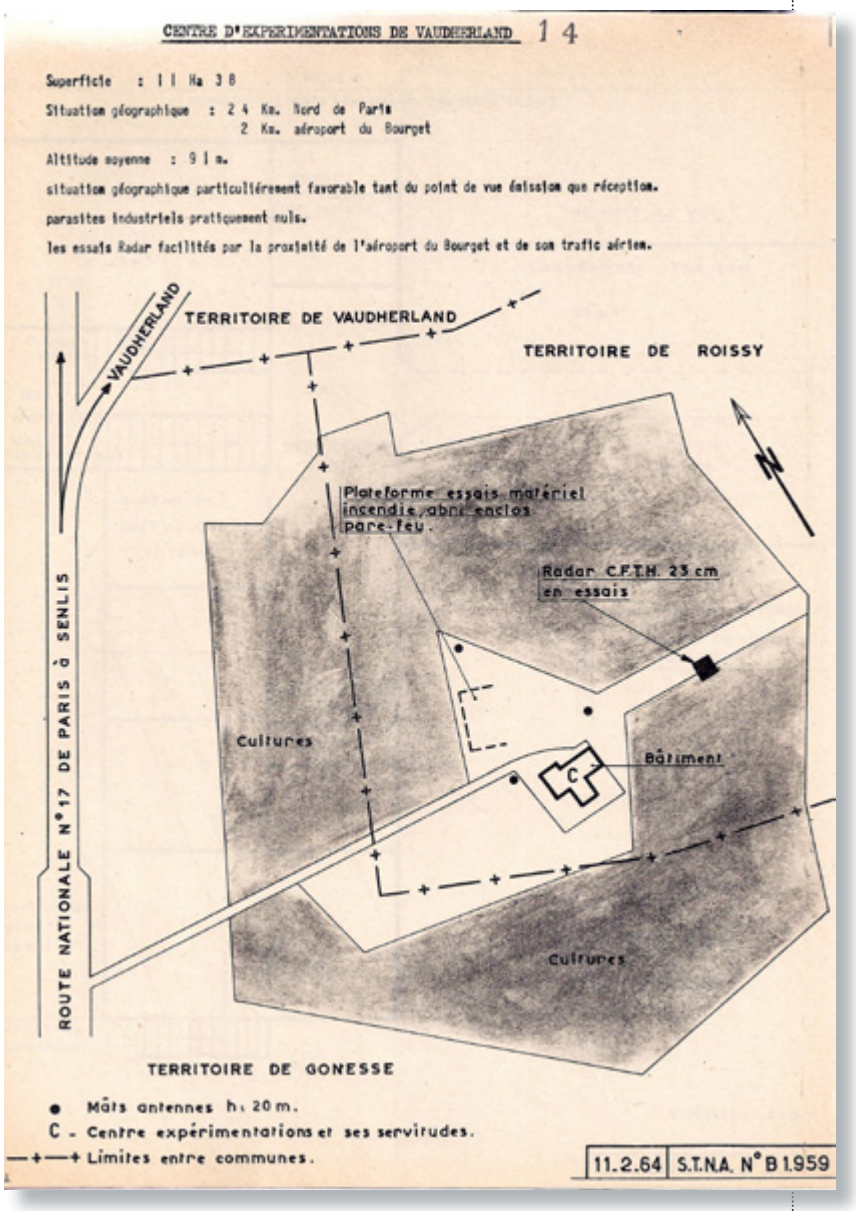
Modulateur mécanique ILS.

fournisseurs américains. Sont également réalisés de nombreux travaux d'amélioration ou de modifications sur les matériels américains.

Jacques Villiers développe l'idée d'utiliser le VOR et le DME pour en faire un pseudo-radar : c'est le VORDAR et ensuite le DATARAMA : *« C'était l'idée de faire le radar du pauvre avec le VOR. On était dans une période de pénurie et le radar devait être réservé aux zones de trafic intense. Le principe était le suivant : on créait à bord de l'avion une impulsion à partir de l'information VOR que l'on renvoyait au sol par le DME, et l'ensemble permettait de calculer la position de l'appareil. Au sol, sa position était présentée sur un écran comme un radar. Après, j'ai ajouté une autre fonction en utilisant la même voie du DME, pour recontacter cet avion-là et lui seul. On a fait les essais à Coulommiers, où était implanté un VOR. S'il n'y avait pas eu le radar secondaire, ce système aurait eu un bel avenir. La technique nous a dépassés. Et c'est Gaudillière qui m'avait donné cette idée là, avec son radio-mailles*[1]*. Je l'aimais bien, Gaudillière, il était adorable, plein de fougue, son idée était très intéressante, mais ça ne pouvait pas marcher faute de bande passante suffisante pour émettre des impulsions avec un répondeur. C'est pourquoi l'idée m'est venue d'utiliser le VOR et le DME. Il y avait un sacré enthousiasme à cette époque ! »*

Le DATARAMA a été concrétisé par le dépôt d'un brevet en 1959. Joseph Grenier, patron du SNA, précise dans un courrier à la DNA *« que la réussite du projet a été possible grâce à M. Sondt (ITNA) et M. Caillet (ATNA/TS) et qu'il a été étudié et construit par le SNA uniquement dans les rares temps morts existant dans le cours du travail courant de mon service. Le DATARAMA, basé sur le VOR/VORTAC, permet de fournir*

1. Système de navigation de surface resté à l'état d'étude.



Le centre d'expérimentations de Vaudherland, situé au nord de Paris, près de l'aéroport du Bourget.

La Section 3. RN utilise l'Aérodrome de COULOMMIERS pour l'expérimentation des équipements ILS qui nécessitent des essais en vol.

La situation de COULOMMIERS est particuliérement favorable - Cet aérodrome possédant des pistes en dur de grande longueur et un trafic pratiquement nul.

Actuellement = 3 Stations en expérimentation :

A - Une remorque ILS (250 x 6mm) en station définitive et qui sert de laboratoire. Elle est associée à un réseau d'aériens de 23 antennes située sur une plateforme cimentée de 30 sur 30m. et qui sert à l'expérimentation d'un directif.
- Alimentation 380 x 3 phases - téléphone

B - Une Station LOCALIZER C.S.F. (type Shelter ILS) en cours d'essai.
- Alimentation = 110 V monophasé.

C - Une Station GLIDE C.S.F. (type Shelter ILS)
- Alimentation : 110 V monophasé,

D - Local servant de magasin.

Implantation des installations d'essais sur l'aérodrome de Coulommiers-Voisins.

au sol des images cathodiques similaires à un radar tridimensionnel. » Malheureusement, comme le précise Jacques Villiers, le projet est resté à l'état de prototype.

Dans ce contexte de liberté et de foisonnement d'idées, toutes les réalisations n'ont pas le même succès que celles de Michel Peyron. Jean Bonny, alors chef du contrôle en usine, rapporte avec beaucoup d'humour l'histoire de l'invention de cet ingénieur qui avait commandé à la société Radio LL un amplificateur basse fréquence qui devait alimenter une ligne téléphonique en vue de télécommander des émetteurs radio. Il avait, entre autres, simplement oublié que la puissance du signal sur une ligne PTT est limitée à 1 milliwatt et qu'en aucun cas la ligne n'aurait supporté les 2,5 watts qu'il avait demandés au constructeur. Ce dernier, qui avait respecté les normes PTT, avait néanmoins fait fonctionner le prototype à cette puissance. Mais c'était de façon ponctuelle, et l'ingénieur ne se rendit d'ailleurs pas compte que l'amplificateur *« chauffait comme un fer à repasser »*. Le prototype fut alors confié au centre de Vaudherland (au nord du Bourget, disparu depuis) pour des essais d'endurance. Lors de sa visite pour contrôler les résultats, l'ingénieur en question constata que son collègue en charge des essais faisait rissoler deux œufs dans une petite écuelle posée sur sa télécommande ! Inutile de dire que leur amitié en souffrit et que la télécommande dut être réformée avant d'avoir jamais servi.

Les installations radio occupent une place importante et constituent une des premières priorités : *« La première chose qu'on ait faite, c'est de commander des émetteurs VHF,* se souvient Jacques Villiers. *Il faut bien voir que la VHF, c'était quelque chose de nouveau. Avant la guerre, il n'y avait pas de VHF, je ne parle même pas d'UHF. Les émetteurs ont été commandés aux industriels français, on ne les a pas bricolés. »*

Le SNA entreprend de rationnaliser les matériels, notamment les puissances d'émission pour avoir une gamme adaptée à chaque type d'utilisation. Dès le début des années cinquante, il n'est plus nécessaire de commander aux Etats-Unis certains équipements (cas des émetteurs VHF de CCR) : de nombreux fournisseurs français, tels que Sadir Carpentier, TRT (anciennement société SIPL), AME ou SFR, sont capables de répondre aux besoins de la navigation aérienne.

Malgré les travaux entrepris dans le domaine des ILS et des VOR, il reste nécessaire - contrairement au cas des émetteurs VHF - de continuer à commander ces matériels aux Etats-Unis. Mais le SNA constate que ces achats posent problème. Tout

Publicité de CSF-SFR parue en 1954 dans la revue du SGACC.

d'abord, il est contraint d'accepter les matériels sans contrôle en usine, contrairement à ceux commandés en France - le SNA dispose d'une section spécialisée de vingt contrôleurs - et s'aperçoit d'ailleurs qu'au fil du temps la qualité se dégrade. Un échange de courriers de 1953 entre Joseph Grenier, chef du SNA, et Charles Melchior, délégué de l'aviation civile au Cameroun, révèle que les derniers émetteurs VHF de la RCA, commandés pour les CCR, comportaient de nombreuses erreurs de connections qui montraient, à l'évidence, que le matériel n'avait pas été testé en usine. La même correspondance révèle que le service éprouve de grosses difficultés de ravitaillement en pièces de rechange. Ainsi Federal telegraph and radio corporation refuse de fournir des pièces de rechange pour les ILS achetés cinq ans auparavant, au motif qu'elle ne les fabrique plus…

Et Joseph Grenier fait tout pour décourager Charles Melchior d'acheter du matériel américain : *« Autrefois, le matériel américain que nous étions bien obligés d'acheter nous aussi sans contrôle était en général livré en bon état de marche. Cette situation semble avoir évolué dans le mauvais sens. Des émetteurs VHF classiques AVTG 50R de RCA dont j'avais plusieurs exemplaires en service dans les CCR et en AOF ont montré dans les dernières livraisons de nombreuses erreurs de connexions, l'appareil tel qu'il a été livré n'a certainement jamais pu être essayé en marche par le constructeur. »* Et il ajoute : *« Le matériel américain ne présente aucun intérêt. »*

Publicité de TRT parue dans la revue *L'Air* au 2e trimestre 1955.

TRT

« La société TRT (Télécommunications radioélectriques et téléphoniques) est née en 1952 du rachat de la Société industrielle des procédés Loth (SIPL) par Philips qui avait depuis 1938 des accords techniques et financiers avec cette société. SIPL avait été créée au lendemain de la Première Guerre mondiale par William Loth pour exploiter ses brevets dans le domaine du radioguidage. SIPL, qui n'était qu'un bureau d'études, absorba RADIOSCIL en 1936 pour assurer la fabrication de ses matériels. La société étendit son activité dans le domaine des radiocommunications et de la radiodiffusion et devint un fournisseur régulier des Administrations. TRT connaîtra un développement très important tant dans les domaines civil que militaire. »

Bernard Dubois, septembre 2011.

En effet, les émetteurs/récepteurs radio ou les gonios de construction française se montrent supérieurs au plan technique aux équipements en provenance des Etats-Unis, comme par exemple le gonio normalisé à oscilloscope de la SET, choisi également par l'armée de l'Air.

Il faut toutefois noter, au crédit du matériel américain, qu'il est moins onéreux que le matériel français : le Gouvernement accepte néanmoins de payer plus cher pour soutenir les constructeurs nationaux, mais aussi pour économiser les devises qui continuent à manquer.

Jusqu'à la fin des années cinquante, l'administration centrale, la DNA, continue de sensibiliser le SNA *« à l'intérêt de réaliser les installations au moindre prix et d'utiliser au maximum les personnels disponibles pour réaliser par nos propres moyens le plus d'installations possibles »*[1].

Dans cette logique de faire soi-même le plus de choses possible, le SNA se charge de la mise en service du centre de Chevannes, avec l'affectation de Maurice Baby (ITNA) et de deux ATNA.

On peut évoquer aussi les études faites sur les VOR et les ILS, avec le double objectif de réduire les coûts et d'améliorer les performances. Pour ces matériels, le SNA entend conserver la responsabilité du fonctionnement d'ensemble et des mises au point éventuelles : la philosophie consiste à considérer le fournisseur comme un constructeur d'éléments dont les spécifications ont été bien définies par les ingénieurs de l'Administration.

Des études systématiques et des travaux sont entrepris pour réduire les coûts sans nuire à la sécurité et à la qualité. On imagine des présentations plus rustiques, avec moins de chromes ou de tôleries compliquées, on abandonne des

1. Lettre 2223 SNA/3 de janvier 1959.

L'aérodrome de Douala (Cameroun), en 1957, est équipé de matériels américains : SCS 51 installé sur remorque (ci-dessus) et VOR Wilcox (ci-contre).

blindages inutiles, on remplace des antennes HF en doublet par des antennes RCA, etc. L'un des exemples les plus marquants est la réalisation d'un nouveau type d'armoire pour les fréquences VHF du CCR de Paris, qui ne coute que 3,5 millions de francs au lieu des 16 millions pour une solution classique : ce résultat est dû à l'emploi de transistors et à la conception d'un système de verrouillage des fréquences original.

Mais le SNA, compte tenu des moyens dont il dispose, ne peut tout faire. Il est confronté à des problèmes classiques de personnels, de frais de missions, de voitures pour se rendre sur les sites isolés. Dès lors, il choisit de limiter son action aux tâches les plus complexes, qui ne peuvent être menées par des entreprises extérieures ou qui nécessiteraient dans ces entreprises des équipes hautement spécialisées d'ingénieurs et de techniciens. Selon Bernard Palayret : *« A l'époque du SNA, l'atelier radio était très actif. Il y avait des techniciens très doués, certains ont réalisé d'excellents montages, voire fait preuve d'innovation. Cependant, cela restait du bricolage, même si c'était bien fait. »*

L'atelier dont dispose le SNA est donc exclusivement utilisé pour la remise en état des matériels délicats qui ne peuvent être confiés à l'extérieur (goniomètre de VOR, modulateur ILS) ainsi que pour les études et la construction de prototypes mécaniques (antenne VOR Wilcox) et électroniques (télécontrôle par exemple).

Cette vue aérienne montre le CCR-BCT implanté sur le plateau d'Athis-Mons, qui domine la Seine. Au premier plan la centrale électrique, sur la gauche le bâtiment administratif et le BCT, au fond le CCR. Au centre la tour, dont le sommet est destiné à l'antenne radar et aux antennes radio VHF.

D'Orly à Athis-Mons

L'arrivée des premiers avions à réaction, Caravelle et Boeing 707, donne une nouvelle impulsion à la croissance du trafic. Pour faire face aux besoins grandissants du contrôle de la circulation aérienne est entreprise la construction d'un nouveau CCR-BCT/Nord qui remplacera celui d'Orly. Le projet est confié à Clément Meunier qui deviendra le premier chef de centre.

Les travaux de génie civil débutent en mai 1955 sur un terrain qui domine la Seine, situé sur la commune d'Athis-Mons et en bordure de l'aéroport d'Orly. Les maîtres d'œuvre pour la réalisation de ce centre sont respectivement la direction des études et travaux d'Aéroport de Paris pour le génie civil et les installations domestiques et le SNA pour tous les équipements techniques. Outre les services du CCR et du BCT, le bâtiment qui comporte une tour destinée à recevoir l'antenne radar et les antennes émission et réception de la radio de secours abrite également le centre de veille météorologique, le détachement militaire de coordination et le bureau NOTAM international.

La construction présente des caractères assez originaux (poteaux porteurs en tôle pliée, murs voiles) et notamment l'aménagement d'un espace libre de 0,9 m entre le plafond du rez-de-chaussée et le plancher du premier étage. Ce faux plancher est destiné à recevoir toutes les gaines et tuyauteries et tout le câblage technique afin de disposer d'une grande souplesse pour l'implantation et les éventuelles modifications des équipements techniques. Les salles d'exploitation, de maintenance et les ateliers sont insonorisés et le bâtiment principal a été conçu de façon à pouvoir être agrandi.

Pendant la construction du centre, on assiste à des progrès importants aussi bien dans le domaine des technologies des composants électroniques (les transistors vont progressivement remplacer les lampes) que dans celui des systèmes téléphoniques, télégraphiques, radar et visualisation, qui ne seront cependant disponibles qu'au début des années soixante. Pour ouvrir le CCR en mars 1959 et le BCT en juin, et ne pas investir dans des équipements qui deviendraient rapidement obsolètes,

Plan du 1er étage du CCR-BCT/Nord.

le centre d'Athis est livré avec des installations définitives (alimentation électrique, réseau de télévision interne, enregistreurs, tubes pneumatiques) et d'autres provisoires : c'est le cas du téléphone de sécurité, de l'équipement télégraphique et du radar CR1 qui fonctionne avec une longueur d'onde de 10 cm, ces deux derniers équipements étant ceux de l'ancien centre.

En matière de radiotéléphonie et de radiotélégraphie, le CCR-BCT s'appuie sur les centres déportés de Grigny pour les réceptions et de Belle Epine pour les émissions, ainsi que sur des stations VHF télécommandées. Le centre de Belle Epine sera remplacé en 1960 par le nouveau centre émetteur à grande puissance de la région parisienne installé à Chevannes.

Les meubles de contrôle sont l'aboutissement d'études et d'essais menés depuis plusieurs années. Deux principes essentiels ont présidé à leur conception : maximum de commodité et de souplesse pour l'exploitation actuelle et facilité d'adaptation aux techniques futures. Pour le deuxième point, il est décidé que les contrôleurs continueraient à travailler assis et que les écrans radar devaient être installés dans la salle de contrôle aux procédures, ce qui conduit à réserver des espaces dans les meubles. Pour les futurs écrans, il faut noter que leur positionnement, vertical ou horizontal, n'est pas arrêté, d'où le choix d'écrans orientables qui permettront aux contrôleurs de les placer dans la position qu'ils jugeront la plus adaptée[1].

L'avenir va effectivement démontrer que le centre d'Athis-Mons a de réelles possibilités d'adaptation : il saura faire face aux évolutions nécessitées par l'accroissement du trafic et aux changements imposés par les progrès techniques.

Dans le même temps, une opération de grande envergure s'est déroulée à Bordeaux-Mérignac, où la chambre de commerce de Bordeaux et le SGAC ont coordonné leur action pour réaliser une nouvelle aérogare et un bloc technique. Entreprises en

1. Dans les centres américains, les écrans étaient horizontaux et les contrôleurs suivaient les avions au moyen de petites étiquettes qu'ils déplaçaient sur les écrans. Il ne semble pas que cette méthode ait été utilisée dans les centres français.

Le centre d'émission de Chevannes

par Pierre Sajus

Ingénieur de la navigation aérienne, Pierre Sajus a été en charge de la modernisation des liaisons radio lorsqu'il était au SNA et de l'installation des centres d'émission et de réception à grande distance.

« Le plan ci-contre est une première étude du champ d'antennes du centre d'émission de Chevannes. Ce centre faisait partie d'un programme lancé au début des années cinquante et visant à améliorer les liaisons HF (en gros, entre 3 et 20 Mhz) tant sol/sol (service fixe) que sol/air (service mobile). Des centres d'émission similaires mais plus petits ont été construits à Dakar, Brazzaville et Tananarive.

Les liaisons HF étaient jusqu'à l'arrivée des liaisons satellitaires le seul moyen de communication radio à longue distance disponible. Elles étaient particulièrement capricieuses et d'utilisation délicate.

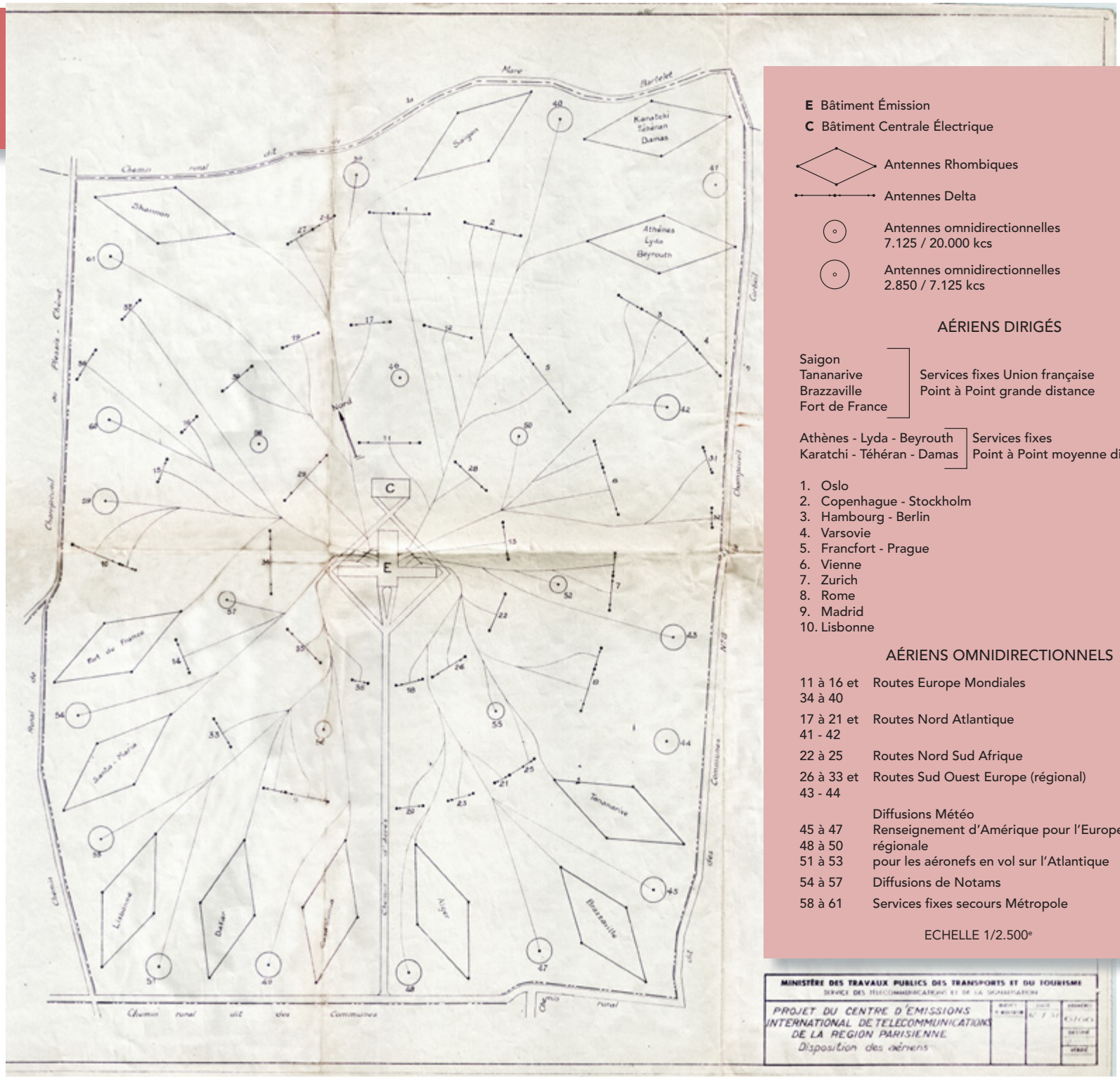
Les dossiers techniques relatifs à la construction de ces centres ont été, comme c'était la norme à l'époque, rédigés par les agents du service de la navigation aérienne (Pierre Charbonnier pour Chevannes, Gérard Bargain pour les centres outre-mer). L'outil de base, notamment pour les champs d'antennes, était un manuel de l'armée américaine fort bien fait.

L'antenne utilisée pour les liaisons à grande distance était l'antenne losange (ou rhombic *dans la terminologie américaine). Très directive, elle était de dimensions imposantes (de l'ordre de 100 mètres), ce qui explique la superficie du champ d'antennes. Pour les liaisons intra-européennes, on se contentait d'antennes « Delta » tendues entre deux pylônes.*

Les principaux émetteurs utilisés étaient des 10 kW SFR (plus tard remplacés par des 5 kW AME) et des 1 kW TRT dérivés des matériels utilisés par l'armée. Les émetteurs étaient reliés aux antennes par des feeders bifilaires 600 ohms, qui sont représentés sur le plan. »

Le bâtiment abritant les émetteurs de Chevannes fut baptisé « la cathédrale » en raison de sa très grande hauteur sous plafond. Le centre fut mis en service fin 1960, en remplacement du centre d'émission de Belle Epine.

Le centre d'émission de Chevannes, baptisé la cathédrale.



E Bâtiment Émission

C Bâtiment Centrale Électrique

Antennes Rhombiques

Antennes Delta

Antennes omnidirectionnelles
7.125 / 20.000 kcs

Antennes omnidirectionnelles
2.850 / 7.125 kcs

AÉRIENS DIRIGÉS

Saigon
Tananarive
Brazzaville
Fort de France
— Services fixes Union française
Point à Point grande distance

Athènes - Lyda - Beyrouth
Karatchi - Téhéran - Damas
— Services fixes
Point à Point moyenne distance

1. Oslo
2. Copenhague - Stockholm
3. Hambourg - Berlin
4. Varsovie
5. Francfort - Prague
6. Vienne
7. Zurich
8. Rome
9. Madrid
10. Lisbonne

AÉRIENS OMNIDIRECTIONNELS

11 à 16 et 34 à 40	Routes Europe Mondiales
17 à 21 et 41 - 42	Routes Nord Atlantique
22 à 25	Routes Nord Sud Afrique
26 à 33 et 43 - 44	Routes Sud Ouest Europe (régional)
	Diffusions Météo
45 à 47	Renseignement d'Amérique pour l'Europe
48 à 50	régionale
51 à 53	pour les aéronefs en vol sur l'Atlantique
54 à 57	Diffusions de Notams
58 à 61	Services fixes secours Métropole

ECHELLE 1/2.500e

MINISTÈRE DES TRAVAUX PUBLICS DES TRANSPORTS ET DU TOURISME
SERVICE DES TÉLÉCOMMUNICATIONS ET DE LA SIGNALISATION

PROJET DU CENTRE D'ÉMISSIONS INTERNATIONAL DE TÉLÉCOMMUNICATIONS DE LA RÉGION PARISIENNE
Disposition des aériens

Le transfert du CCR/Sud-Ouest dans le nouveau bâtiment a eu lieu le 7 juin 1961. Surplombant le bâtiment, le premier radar 23 cm installé en France.

juin 1956, les nouvelles installations sont mises en service en novembre 1959. Le bloc technique, dont l'équipement a été réalisé par le SNA, regroupe le CCR, le BCT ainsi qu'une salle d'approche et une tour de contrôle située sur la terrasse du 6e étage du bâtiment qui abrite également les services météorologiques. Des espaces ont été réservés en prévision de l'arrivée d'un radar qui ne sera installé qu'en 1960.

Les années Bulin

René Bulin, nommé directeur de la navigation aérienne en 1956, prononce en avril 1959, à Bruxelles, une conférence sur les problèmes posés à l'aviation civile européenne par la mise en service des avions à réaction. Après avoir exprimé les nouveaux besoins, il examine les conséquences sur les services de la navigation aérienne et passe en revue les différentes actions à entreprendre :

- implanter des VOR/DME et ILS pour la navigation, conformément au plan défini par l'OACI,
- déployer une couverture radar de surveillance de route pour assurer la compatibilité de l'aviation militaire et de l'aviation de transport à réaction,
- revoir la répartition des fréquences VHF et réduire l'espacement des canaux,
- réduire les délais de transmission des messages de navigation aérienne et minimiser les pertes,
- lancer l'étude pour la mise en service future de systèmes automatiques de renseignement pour la circulation aérienne.

Le conférencier souligne que ces dispositifs devront être développés par étapes successives et que les obstacles sont nombreux avant d'arriver à l'automaticité complète du contrôle. Tout un programme !

Juin 1966, inauguration du nouveau CCR d'Aix-en-Provence. René Bulin, alors directeur général d'Eurocontrol, constate ici une concrétisation de son plan d'équipement. De gauche à droite Gabriel Weishaupt, chef du centre, Henri Mazen, directeur de la région aéronautique Sud-Est, René Bulin et Marcel Griveau, chef du bureau DNA/1.

Il cite ensuite un certain nombre d'études très intéressantes, en particulier l'ASV 23[1] dans la gamme des 1 000 MHz comme aide à l'atterrissage et, dans le domaine des aides à couverture de surface, l'ensemble DECCA-DECTRA associé au Doppler Radar, le LORAN C ainsi que le… radio-mailles.

Pour le directeur de la navigation aérienne, il faut également que l'Administration se réorganise pour faire face aux besoins du contrôle aérien. Cela va passer, en particulier, par l'éclatement du SNA. René Bulin explique que c'est *« l'idée de faire fabriquer en France des équipements nouveaux pour l'aviation civile et pour les militaires »*[2] qui l'a conduit à prendre cette décision.

1. L'ASV 23 est un dispositif radioélectrique d'aide à l'atterrissage qui fonctionne suivant un principe similaire à celui de l'ILS et qui comporte un mesureur de distance à la place des radiobalises.
2. René Bulin se place déjà dans l'optique du directeur général d'Eurocontrol et de la création du centre de Maastricht qui contrôlera les avions civils et militaires.

René Bulin et la modernisation des infrastructures de navigation aérienne

« Pour moderniser les équipements de navigation aérienne en France, il a fallu acheter des VOR, des DME et des ILS, que l'industrie française fabriquait. Ensuite, j'ai acheté les radars longue distance pour Marseille, la Sainte-Baume, Bordeaux et Athis-Mons. Il a fallu faire un appel d'offres. La seule réponse valable, c'était celle de CSF. J'ai voulu copier le radar type américain. Après s'être bien documenté, on a orienté l'appel d'offres dans ce sens. On avait beaucoup de libertés, trop de libertés. CSF a beaucoup travaillé pour créer les radars. Ces radars ont servi énormément par la suite, quand on est passé au stade de l'automatisation.

Je n'étais pas obligé, comme on l'est maintenant, de faire un appel d'offres international dès lors que l'industrie française était en mesure de fournir les équipements recherchés. Je n'ai pas eu de problèmes pour la couverture radio ainsi que pour les NDB. Moroni, le secrétaire général, se débrouillait toujours pour que je ne manque jamais d'argent. J'ai toujours eu ce qu'il fallait, sans plus.

Pour ce qui est du soutien à l'exportation, l'Administration n'est pas tellement intervenue. L'industrie s'est débrouillée toute seule. Le fait que Thomson-CSF réussisse Maastricht a donné un exemple à tous. Les Français ont gagné des marchés partout, en Espagne, au Portugal, en Autriche... et en Allemagne, bien sûr. Réaliser ce centre international a donné un bel exemple des capacités de l'industrie française, qui était leader complet à Maastricht. Telefunken s'occupait des télécommunications, Plessey finalement ne s'est pas beaucoup impliqué. Ça s'est passé surtout entre les Français et les Allemands.

J'ai vécu le choix entre le VOR et le DECCA. J'ai assez rapidement adhéré au VOR. Par la suite, lorsque j'étais à Eurocontrol, j'ai été contacté par les représentants de DECCA qui voulait le relancer. Je ne les ai pas découragés complètement. C'était un peu théorique, tout ça, c'est oublié maintenant. Le système en VHF marchait mieux. »

Propos recueillis en avril 2011 par Henri-Georges Baudry et Yves Lambert.

Une des dernières créations de la Compagnie Générale de Télégraphie sans Fil :

L' A. S. V. 23

NOUVEAU SYSTÈME D'ATTERRISSAGE SANS VISIBILITÉ

L'organisation de la radio-navigation aérienne, sous une forme cohérente, est encore dans une période de tâtonnement. Les dispositifs de radio-navigation doivent répondre à des exigences multiples, et souvent antagonistes, qui s'appellent : sécurité, précision, portée, facilité d'utilisation, capacité d'absorber un grand débit d'avions, économie de prix et de poids, etc.; suivant le genre de navigation envisagée, chaque constructeur porte plus particulièrement ses efforts sur certains objectifs, et l'on assiste à une floraison de systèmes variés, qu'il s'agit de combiner de la manière la plus opportune.

Le nouveau dispositif d'atterrissage sans visibilité de la Compagnie Générale de T.S.F., l'A.S.V. 23, a été spécialement conçu pour fournir au pilote des indications dans lesquelles il puisse avoir toute confiance, le système étant, par ailleurs, réalisé sous une forme aussi simple, aussi peu encombrante, aussi légère que possible, de sorte qu'il puisse être installé sur tous les terrains et tous les types d'avions en complément indispensable des appareils de radio-navigation à grande et moyenne distances.

Ce dispositif a été réalisé à la demande du Ministère de l'Air (Service Technique des Télécommunications de l'Air) et d'après les directives de la Section d'Études de ce dernier organisme. Fonctionnant sur 23 cm. de longueur d'onde, il offre aux avions approchant de l'aérodrome une ligne d'atterrissage définie avec une très grande précision, et parfaitement rectiligne, jusqu'à l'entrée de piste. Il pourra en outre être associé avec un dispositif fournissant à l'avion une mesure de sa distance à la piste,mesure dont la précision croît au fur et à mesure que l'avion approche de la piste, jusqu'à descendre à une valeur de quelques mètres lorsque l'avion touche le sol.

Le problème a été résolu de façon particulièrement heureuse puisque l'appareil assure une portée de 100 km., et décèle d'une façon sûre des écarts en direction inférieurs à 0°,3 de part et d'autre de l'axe, et inférieurs à 0°, 15 en altitude. L'inclinaison de la droite d'atterrissage peut être réglée entre 2°,25 et 3°. Des performances aussi remarquables sont obtenues avec un appareillage dont le récepteur de bord ne pèse pas plus de 8 kg. L'indicateur est du type à deux aiguilles orthogonales se déplaçant devant un cadran sphérique, et il a été établi dans le cadre des recommandations de l'O.A.C.I.

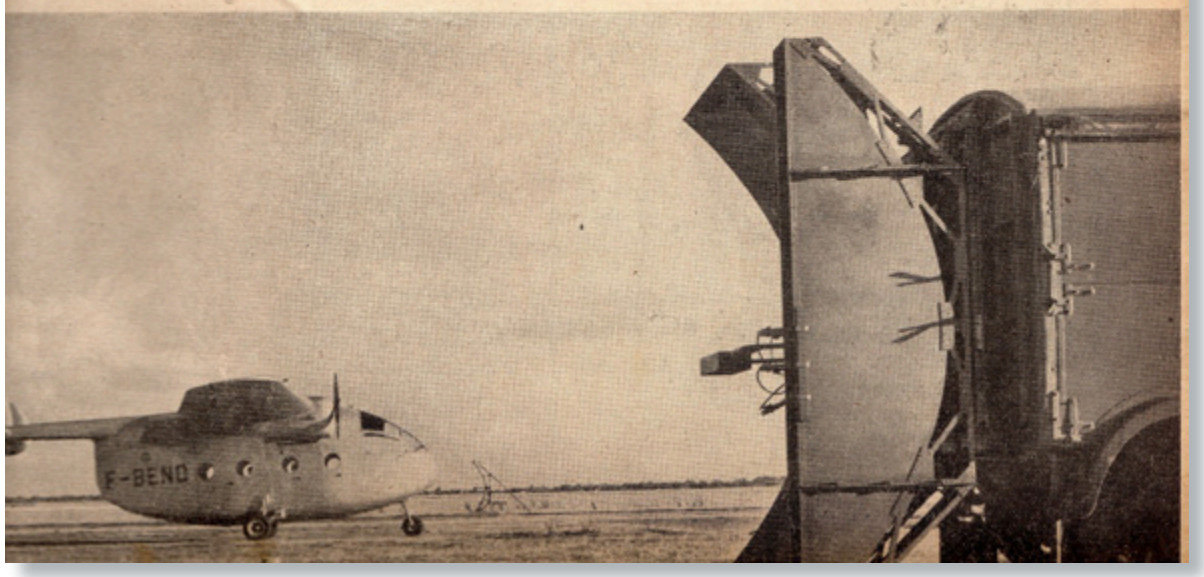
L'installation au sol comprend un seul émetteur, le système fonctionnant avec une seule onde porteuse, contrairement aux dispositifs de radio-atterrissage actuellement utilisés.

Le fonctionnement de cette installation au sol ne nécessite qu'un simple surveillant, et son encombrement est relativement faible. Malgré l'économie de personnel, le système ne limite pas par lui-même l'importance du débit d'avions pris en charge. Naturellement, l'appareil de bord peut être connecté à un pilote automatique.

L'A.S.V. 23 est donc prêt à faire face aux exigences du proche avenir, et se montre, à ce titre, riche de promesses.

Compagnie Générale de Télégraphie Sans Fil, Centre de Recherches Techniques, 23, Rue du Maroc - Paris (19e), Tél. : BOT. 66-50 - 66-51

Ci-contre, au premier plan, parabole de l'un des lobes de rayonnement destinés à donner la direction. De l'autre côté de la piste, on voit sur la remorque la parabole donnant l'autre lobe de direction ainsi que le "cheese" rayonnant les 2 lobes d'altitude.



Pierre Lauroua a servi au ministère de l'Equipement, à la direction générale de l'Aviation civile et à Météo-France, principalement dans la gestion des ressources humaines. Il a créé en 2005 la collection *mémoire de l'aviation civile*, avec pour objectif de mettre en valeur l'histoire institutionnelle, technique et humaine des services civils de l'Etat qui ont œuvré au développement de l'aviation depuis le début du XXe siècle. Il est aujourd'hui le conseiller éditorial de différentes associations à vocation mémorielle, et en particulier du GIACRE.

Le CENA dans tous ses états, par Pierre Lauroua

Comme nombre de services de l'Aviation civile, le CENA reposa à ses débuts sur un fondement réglementaire fragile. Il fut créé le 28 août 1959 par Paul Moroni, secrétaire général à l'Aviation civile et commerciale, mais par simple décision, ce qui ne lui donnait pas de statut autre que celui de simple émanation de l'administration centrale. Il était « provisoirement » rattaché à l'ENAC.

Cette décision fut annulée et remplacée le 31 décembre de la même année par une autre, également signée Moroni, qui prenait effet rétroactif à la date d'entrée en vigueur initiale, le 1er octobre. En fait, la seule modification apportée était réductrice : tout d'abord qualifié de centre d'étude et d'expérimentation (de la navigation aérienne), le CENA n'était plus que centre d'expérimentation.

L'institutionnalisation du CENA intervint treize ans après, avec l'arrêté du 1er juin 1973, signé du dernier secrétaire général à l'Aviation civile, le préfet Maurice Grimaud. Le service changeait à nouveau de titre, devenant cette fois centre d'études. Cette sanctification ne constituait toutefois qu'une demi-mesure, puisque le CENA non seulement n'obtenait pas la qualité d'ordonnateur secondaire, mais demeurait géré administrativement par un autre service, le STNA, qui se substituait en cela à l'ENAC.

Vingt-sept ans plus tard, par arrêté du 21 janvier 2000, le CENA fut recréé sous forme de service à compétence nationale, toujours centre d'études, et cette fois avec la qualité d'ordonnateur secondaire. Mais cette consécration comme service à part entière ne fut que de courte durée, puisqu'il disparut en 2005 avec la création de la direction des services de la navigation aérienne, dont l'une des composantes, la direction de la technique et de l'innovation, héritait des fonctions d'études et de recherche jusque-là exercées par le CENA et le STNA.

La réorganisation des services de la navigation aérienne intervient effectivement au tout début des années soixante ; elle coïncide avec celle des services extérieurs métropolitains de l'aviation civile, qui donne naissance à de véritables régions aéronautiques[1] ainsi qu'avec la réorganisation du SGAC[2].

Le SNA, créé dix ans plus tôt, disparaît et ses activités sont redéployées entre trois types d'entités :

- un service technique central : le service technique de la navigation aérienne, créé par décret n° 61-141 du 4 février 1961,
- trois directions régionales de l'aviation civile : Nord, Sud-Est et Sud-Ouest,
- l'administration centrale.

En outre, un nouveau service est créé, le centre d'expérimentation de la navigation aérienne (décisions d'août puis décembre 1959).

Pour Bernard Palayret, *« C'était inévitable, c'était dans l'air, le SNA qui était à la fois service technique et exploitant, ça ne tenait pas la route, c'est pour cela que René Bulin a voulu cette restructuration. »*

Dominique Alvarez ajoute : *« René Bulin a créé le CENA après un voyage aux USA, c'était peu de temps après la collision en vol du Colorado[3] à la suite de laquelle il y avait eu toute une réorganisation des services américains, avec création de la FAA et d'un centre expérimental à Atlantic-City, que René Bulin avait visité. Il est revenu en France avec deux idées. La première était de créer un centre semblable, où j'ai été le premier à être affecté ; la deuxième, c'était de créer un organisme européen dont le centre en question deviendrait le centre expérimental. C'était ça, l'objectif de René Bulin. »* Et Jacques Villiers de conclure : *« Deux belles idées, en somme…René Bulin avait une vision, ça ne fait aucun doute. »* ■

1. Décret n° 60-652 du 28 juin 1960.
2. Décret n° 60-964 du 31 août 1960.
3. Le 30 juin 1956, un DC-7 d'United Airlines entre en collision avec un Lockheed *Constellation* de la TWA au-dessus du Grand Canyon. 128 victimes sont à déplorer.

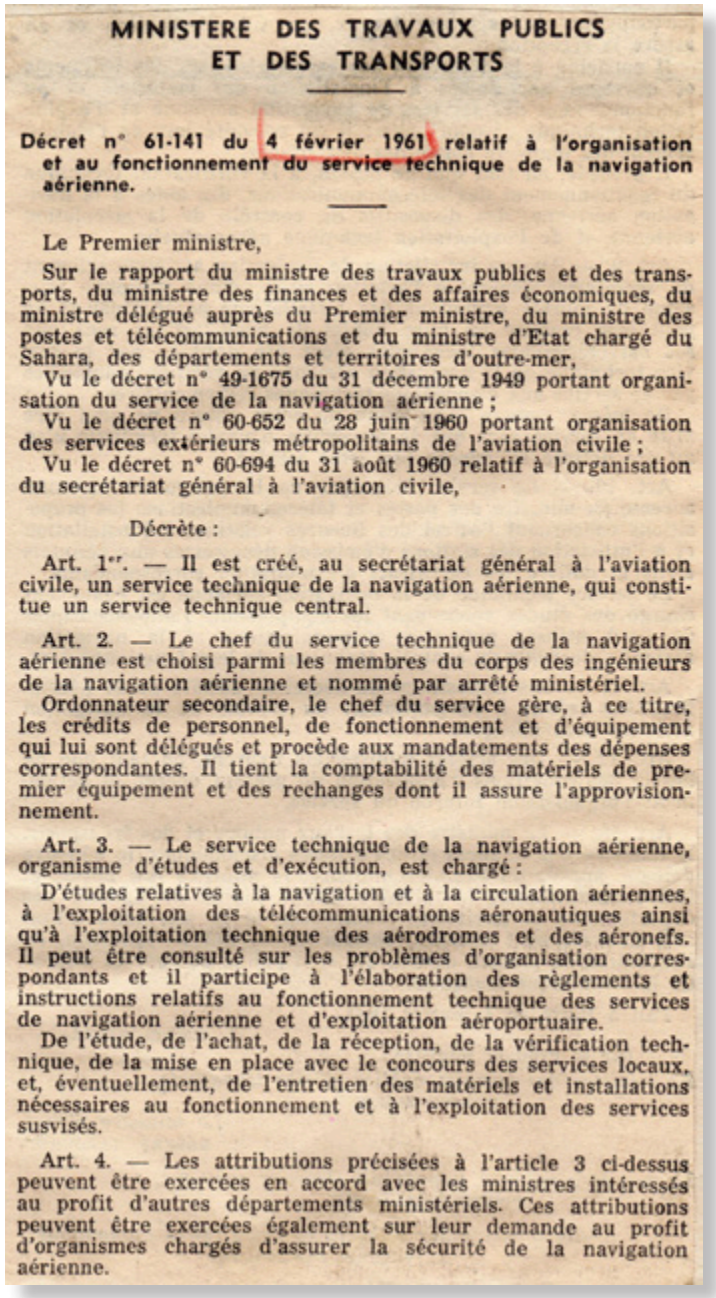
Le service technique de la navigation aérienne

Le service technique de la navigation aérienne, issu de l'éclatement du service de la navigation aérienne, exprime clairement par sa dénomination la volonté de l'Administration de disposer d'un service extérieur centré sur la technique. Déchargé des questions d'exploitation et des affaires régionales, le STNA va pouvoir se consacrer à l'étude, l'achat, la réception, la vérification technique, la mise en place et éventuellement l'entretien des installations nécessaires à l'aviation civile. Il est également chargé d'études relatives à la navigation et à la circulation aérienne, à l'exploitation technique des aérodromes et des aéronefs et des télécommunications aéronautiques. Outre une division administrative, ce service technique central dispose à sa création de trois divisions comportant elles-mêmes des subdivisions : division exploitation technique (acoustique, procédures, radar, traitement automatique des informations, balisage et matériels de servitudes), division télécommunications (technique fil et radio) et division matériel et installations (approvisionnement et transport, installations). Placée auprès du chef du STNA, la section contrôle du matériel est chargée de la réception de tous les équipements commandés par le service. Pour remplir sa mission, le STNA dispose, outre des locaux sur la cité de la Convention, qui abritent la majeure partie de ses personnels, d'un laboratoire radio à Ablon et de deux centres d'essais, l'un sur l'aérodrome de Coulommiers pour les essais VOR et ILS, l'autre à Vaudherland pour la radio. Ces moyens sont complétés par un important entrepôt-magasin situé à Bonneuil.

Le STNA pour une politique d'équipements tournée vers l'industrie

par Claude Labbé

A la fin des années cinquante, début des années soixante, la direction de la navigation aérienne doit faire face à l'ensemble des problèmes posés par la mise en service des aéronefs à réaction, dont les performances et l'altitude de vol exigent la mise sur pied d'un contrôle de l'espace supérieur.



MINISTERE DES TRAVAUX PUBLICS ET DES TRANSPORTS

Décret n° 61-141 du 4 février 1961 relatif à l'organisation et au fonctionnement du service technique de la navigation aérienne.

Le Premier ministre,

Sur le rapport du ministre des travaux publics et des transports, du ministre des finances et des affaires économiques, du ministre délégué auprès du Premier ministre, du ministre des postes et télécommunications et du ministre d'Etat chargé du Sahara, des départements et territoires d'outre-mer,

Vu le décret n° 49-1675 du 31 décembre 1949 portant organisation du service de la navigation aérienne ;

Vu le décret n° 60-652 du 28 juin 1960 portant organisation des services extérieurs métropolitains de l'aviation civile ;

Vu le décret n° 60-694 du 31 août 1960 relatif à l'organisation du secrétariat général à l'aviation civile,

Décrète :

Art. 1er. — Il est créé, au secrétariat général à l'aviation civile, un service technique de la navigation aérienne, qui constitue un service technique central.

Art. 2. — Le chef du service technique de la navigation aérienne est choisi parmi les membres du corps des ingénieurs de la navigation aérienne et nommé par arrêté ministériel.

Ordonnateur secondaire, le chef du service gère, à ce titre, les crédits de personnel, de fonctionnement et d'équipement qui lui sont délégués et procède aux mandatements des dépenses correspondantes. Il tient la comptabilité des matériels de premier équipement et des rechanges dont il assure l'approvisionnement.

Art. 3. — Le service technique de la navigation aérienne, organisme d'études et d'exécution, est chargé :

D'études relatives à la navigation et à la circulation aériennes, à l'exploitation des télécommunications aéronautiques ainsi qu'à l'exploitation technique des aérodromes et des aéronefs. Il peut être consulté sur les problèmes d'organisation correspondants et il participe à l'élaboration des règlements et instructions relatifs au fonctionnement technique des services de navigation aérienne et d'exploitation aéroportuaire.

De l'étude, de l'achat, de la réception, de la vérification technique, de la mise en place avec le concours des services locaux, et, éventuellement, de l'entretien des matériels et installations nécessaires au fonctionnement et à l'exploitation des services susvisés.

Art. 4. — Les attributions précisées à l'article 3 ci-dessus peuvent être exercées en accord avec les ministres intéressés au profit d'autres départements ministériels. Ces attributions peuvent être exercées également sur leur demande au profit d'organismes chargés d'assurer la sécurité de la navigation aérienne.

Un vaste plan d'équipement est lancé, dont René Bulin, directeur de la navigation aérienne, rappelle la teneur dans la revue du SGACC de juin 1959 : programme de 36 VOR correspondant à l'exécution du plan OACI Europe-Méditerranée, couverture radar complète, fruit d'une coopération active avec l'armée de l'Air, finalisation de la couverture VHF et lancement de la couverture UHF, ouverture du nouveau bureau central des télécommunications à Athis, achèvement du centre de télécommunications de Chevannes et lancement du nouveau centre d'Aix-en-Provence. Pour compléter ce plan très ambitieux, un programme également très important est prévu pour l'Algérie et le Sahara : nouveau centre de contrôle à Alger, nombreux VOR et centres émetteurs/récepteurs.

C'est au service technique de la navigation aérienne, nouvellement créé, qu'il incombe de relever le défi. Après un passage de quelques mois à la tête du STNA, Léonce Lansalot-Basou rejoint la DNA en tant que directeur pour remplacer René Bulin, parti diriger Eurocontrol. Bernard Palayret, adjoint de Léonce Lansalot-Basou, se souvient : *« C'est comme ça que je me suis retrouvé chef du STNA, malgré mon âge, je n'avais pas 40 ans. J'avais Auguste Gras comme adjoint, le spécialiste mondial des téléimprimeurs, qui était un gars très gentil et très bricoleur. Il avait fabriqué, chez lui, un système avec un moteur de téléimprimeur, pour nourrir et aérer ses poissons rouges pendant ses vacances. Il l'avait amené au bureau pour les tests…*

Il y avait une équipe sympathique, c'était des ingénieurs des travaux de la navigation aérienne à l'époque, des gars bien. J'ai retrouvé Gilbert Brunner et Michel Peyron qui étaient dans l'avion quand je faisais l'instructeur, que je tutoyais et qui me tutoyaient. Quand je suis devenu patron, ils ne savaient plus comment faire. Globalement, j'avais une bonne équipe et le travail se faisait dans une ambiance agréable. »

Faire ou faire faire

Le SNA, suivant les instructions de la DNA, privilégiait la fabrication interne de certains moyens de radionavigation ou tout au moins l'assemblage d'éléments commandés à l'industrie. C'est cette situation qui prévaut quand Bernard Palayret prend la direction du service:

« Quand je suis arrivé, les gars fabriquaient leurs propres équipements, en particulier les ILS, avec des modulateurs mécaniques qui étaient bien faits, très astucieux, mais c'était le moment de changer d'optique, parce que ce n'était pas le

Bernard Palayret présente des équipements au salon de l'aéronautique du Bourget de 1965 en présence du directeur de la navigation aérienne, Léonce Lansalot Basou (2e à partir de la gauche sur la photo).

travail de l'Administration de fabriquer des ILS, surtout qu'il y avait de plus en plus de besoins. C'est Léonce Lansalot-Basou qui est à l'origine de ce changement, il était très intéressé par l'industrie. Cette idée de travailler avec l'industrie n'était pas partagée à l'époque par beaucoup d'Administrations. Je me souviens avoir participé à des comités du CNET, le plus gros centre d'études des télécom, où je me suis rendu compte que pour beaucoup de chercheurs, le but n'était pas d'avoir des débouchés industriels. Le postulat était que les recherches et les développements effectués par les services de l'État ne devaient pas servir à l'industrie et qu'il était malsain de travailler la main dans la main avec cette dernière. Avec mes idées, j'étais considéré comme quelqu'un à part. D'ailleurs, je constate qu'aujourd'hui encore, Louis Gallois, le président d'EADS[1]*, se plaint qu'il n'y a pas assez de relations entre recherches publique et privée.*

On ne pouvait plus faire nos matériels, d'ailleurs on n'a jamais fabriqué d'émetteurs à part celui d'un ingénieur dont je tairai le nom, qui rayonnait plus sur les fréquences harmoniques que sur la fréquence nominale ! Alors, ou on achetait à l'étranger, principalement américain, ou on réussissait à développer

1. Louis Gallois était président d'EADS (European aeronautic defense and space company) à la date de l'interview de Bernard Palayret, le 3 février 2011.

notre industrie. Je considérais que pour que nous ayons en France une industrie viable, il fallait qu'elle exporte. Et pour cela, il nous fallait des champions dans leur domaine. Il a fallu sensibiliser les entreprises, les accompagner. Le STNA s'est appuyé sur des gens compétents, bien formés, grâce à l'ENAC, et quelques crédits d'études de la DNA. Je me souviens que pour réaliser des études chez CSF que nous ne pouvions pas financer, j'avais proposé que nous les dispensions de payer des indemnités de retard. Le plus difficile a été de convaincre le secrétaire général ! L'arrivée du budget annexe a permis d'augmenter sensiblement les ressources. Tout cela a conduit à faire une politique d'achat que j'ai réalisée sans m'en rendre compte tant elle paraissait évidente. »

Le changement de cap institué par Bernard Palayret va se mettre en place au fil du temps. Au cours des premières années, le service continue d'intervenir sur les équipements, comme au temps du SNA, avec par exemple en 1962 la réalisation d'un programme d'amélioration des VOR en service. L'activité bureau d'études se poursuit et se concrétise par des réussites techniques qui feront l'objet de demandes de brevets, comme un processus d'élimination des échos fixes par Pierre Sondt ou des améliorations sur l'ILS par Michel Peyron. Les compétences des ingénieurs des départements techniques vont d'ailleurs être une chance, à la fois pour l'Etat, qui pourra obtenir les meilleurs équipements pour la navigation aérienne, mais également pour les industriels, qui vont disposer d'interlocuteurs qui sauront leur apporter un savoir-faire dans des domaines qu'ils maîtrisent mieux qu'eux.

Jacques Villiers évoque de façon précise cette évolution : *« Quand l'Administration s'est rendu compte qu'elle maîtrisait la conception et la fabrication et qu'elle a considéré qu'on savait faire en France, elle a fait appel à CSF, après appel d'offres. C'était évident que pour 15 ILS, l'Administration n'allait pas les fabriquer.*

A ce moment-là, les gens ont travaillé ensemble. L'industrie avait la norme OACI et c'est tout, elle n'avait jamais décortiqué d'ILS, contrairement à l'Administration qui avait un savoir-faire. Les ingénieurs et les techniciens se sont rencontrés, en particulier ceux qui avaient en charge la réception du matériel. On a eu une compétence qu'on a conservée, on ne pouvait pas nous raconter d'histoire ni sur l'ILS, ni sur le VOR. C'est grâce à l'excellente formation d'ingénieurs maison, parfaitement compétents, que nous avons pu assurément être très exigeants

1. Photo et légende extraites de *Chronique de la navigation aérienne* (*op. cit.*).

Michel Peyron réfléchit devant le premier DME installé à Orly tandis que Mme Peyron tricote paisiblement[1].

et mener la vie dure à Thomson-CSF, parce que l'industriel, lui, il essaye d'être réceptionné, point barre ; mais le travail en commun a sûrement permis d'obtenir un matériel de classe internationale. Tout ça c'est fait dans un continuum qui a été très harmonieux. »

De son côté, l'industrie, notamment CSF, entame un long processus de réorganisation et investit dans la recherche et le développement pour se donner les moyens de répondre aux appels d'offres de matériels aviation civile du STNA et des Administrations étrangères. Bernard Cambier décrit un peu plus loin la façon dont il a vécu de l'intérieur de CSF les grandes mutations de l'industrie française.

Le plan d'équipement, élaboré par René Bulin, est propice par son ampleur et sa diversité à mobiliser toutes les spécialités de l'industrie ; il concerne en effet tous les équipements de contrôle et de radionavigation. Le STNA, en charge de la mise en œuvre, va lancer les appels d'offres, demander et obtenir le meilleur des technologies disponibles et parfois même casser les appels d'offres, lorsqu'il estime les propositions insuffisantes. De là naît une industrie capable de remporter des marchés internationaux et de démontrer qu'elle est compétitive au plan technique et des prix.

La passation des marchés publics est un long processus semé d'embûches pour le département administratif et les départements techniques en charge des affaires. Le passage en commission des marchés est toujours une épreuve, au cours de laquelle il faut arriver à convaincre les membres et le contrôleur financier du bien-fondé des choix techniques et financiers. Ceci est d'autant plus difficile que l'on s'écarte des us et coutumes. Bernard Palayret raconte : *« Nos marchés relevaient de la commission des marchés électroniques, dont les plus gros*

clients étaient le ministère des PTT et celui des Armées. Ils avaient pour habitude de passer des contrats après étude des coûts. C'était le rôle des contrôleurs des coûts d'analyser le temps passé et les coûts horaires et d'en déduire le montant des marchés, moyennent un petit bénéfice pour l'entreprise pour qu'elle continue à vivre. C'est d'ailleurs avec un tel système que certains industriels ont fait fortune, car les contrôleurs des coûts ne pouvaient tout voir !

Moi, je ne faisais pas comme ça, on avait le prix sur le marché international pour les ILS, pour les radars, pour les systèmes de radionavigation, donc on avait une idée des prix. On lançait un appel d'offres, il fallait que les industriels tiennent dans les prix. Les représentants de la commission des marchés électroniques m'ont fait un jour des commentaires du style : on ne comprend pas votre système, vous ne faites pas de contrôle des coûts. Je leurs ai répondu : écoutez, il n'y a que le prix de l'équipement qui m'intéresse ! Ils m'ont rétorqué : mais si l'industriel fait un gros bénéfice ? Si l'industriel fait un gros bénéfice au prix international, je ne peux que l'applaudir. Cela me paraissait être une vue saine des choses, après ils ont pris l'habitude et tout c'est bien passé. A partir de là, on a réussi à développer les premiers matériels. »

Structurer le marché

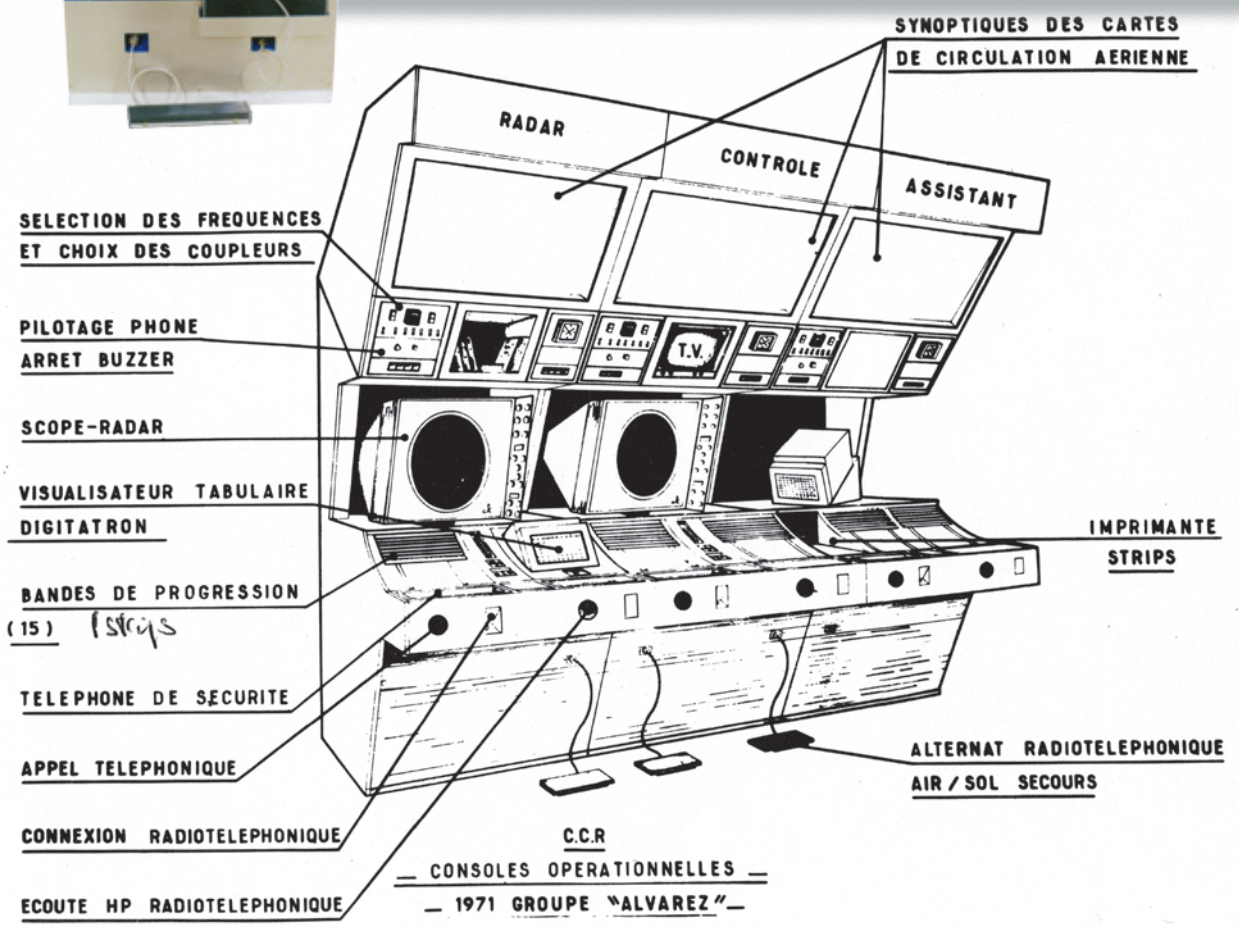
Le domaine de la construction aéronautique en général, et cela vaut également pour les équipements de navigation aérienne, a ceci de particulier qu'il demande de très importants financements en recherche et développement pour aboutir à des fabrications en nombre limité, comparativement à d'autres industries comme par exemple l'automobile. Bien que la France ait lancé un vaste programme d'équipement, les séries envisagées restent modestes pour chaque type de matériel concerné. Au début des années soixante, on observe que dans le domaine radar et visualisation, il n'existe pas moins de quatre constructeurs, CSF, CFTH, SNERI et SINTRA, ce qui est beaucoup pour le seul marché français, même si l'on y inclut le marché militaire. C'est cette raison qui conduit Bernard Palayret à vouloir un « champion » : *« La théorie que j'avais était d'avoir si possible un champion national, parce que je jugeais qu'en France il n'y avait pas la place pour deux constructeurs, d'ILS par exemple. Avant d'en arriver à ce stade, il y a des industriels qui ont échoué parce qu'ils considéraient qu'il fallait développer le chiffre d'affaires sans tenir compte du bénéfice, ce qui me paraissait une vue simpliste pour un industriel.*

Thomson-CSF a vendu des radars sur tous les continents : ici le TA 10 de Rovaniemi (Finlande).

Le meuble Alvarez

L'installation des équipements de navigation et de contrôle a toujours été pour le STS, le SNA et le STNA une activité très importante et variée. Cette activité, confiée à un département spécialisé, concerne aussi bien la prospection d'un terrain pour l'implantation d'un VOR en rase campagne que la fourniture de l'énergie électrique normale et secours d'un CRNA en passant par l'équipement de la salle contrôle.

Le développement de l'automatisation nécessite de repenser le mobilier des positions de contrôle pour intégrer des terminaux comme les scopes radar, les digitatrons et les imprimantes de strips. En 1971, un groupe de travail présidé par Dominique Alvarez élabore les spécifications d'un nouveau mobilier opérationnel dont la réalisation est confiée par le STNA à un groupement réunissant les entreprises J. Graniou, SETE et CSEE. L'ergonomie, la modularité, l'accès aux équipements pour la maintenance sont au centre des objectifs du groupe. Cela se concrétise par la réalisation d'un secteur de contrôle constitué de trois modules indépendants, procédure, radar et assistant, fabriqués sur les mêmes bases pour des raisons économiques. Les instruments lourds, scope radar, digitatron et imprimante sont montés séparément sur des chariots indépendants récupérables par l'arrière afin de minimiser la gêne pour l'exploitation en cas d'intervention. Ce mobilier équipera tous les centres de contrôle en route.



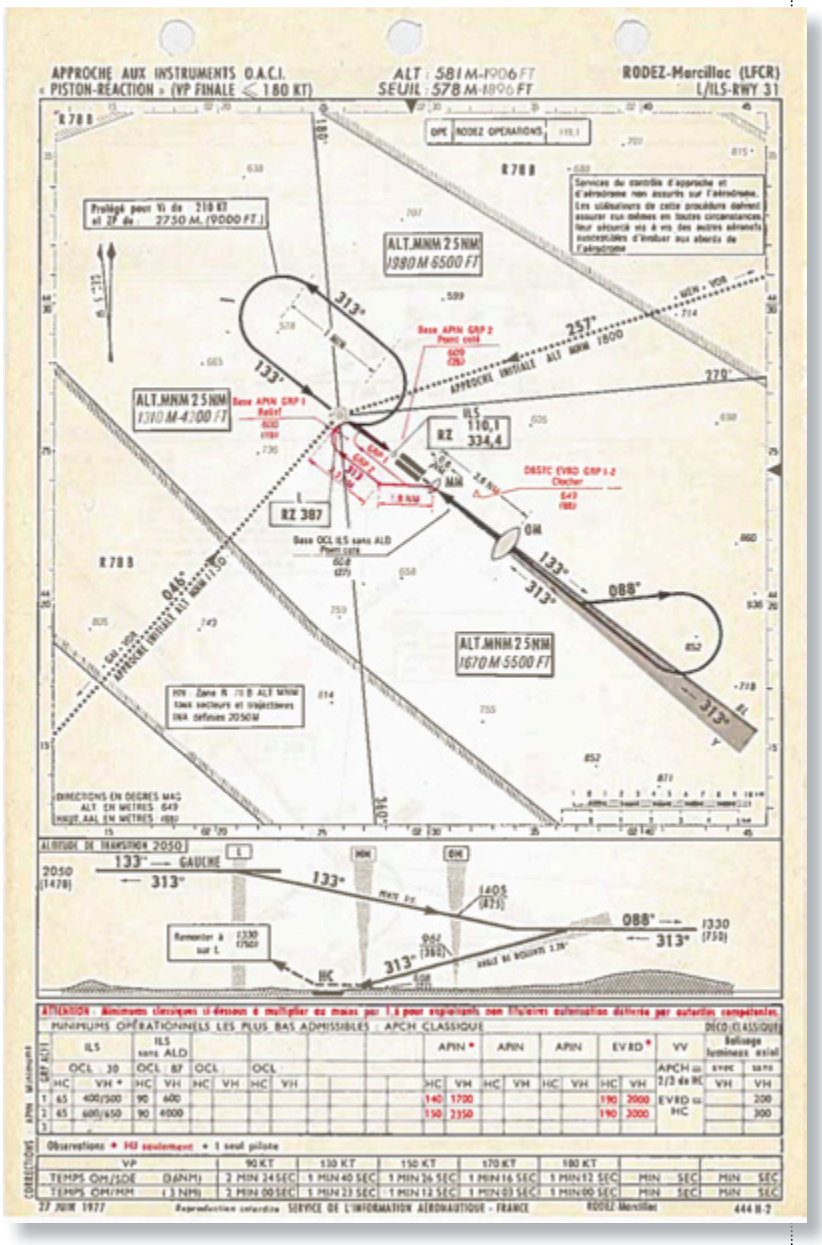
Petit à petit, on a réussi et on a profité des fusions qui ont eu lieu à cette époque, en particulier Thomson et CSF. Ainsi, avant cette fusion, nos radars avaient une antenne Thomson et des émetteurs CSF.

On a réussi à mobiliser les industriels avec le soutien du DNA, Léonce Lansalot-Basou, notamment Thomson-CSF qui finalement a acheté son concurrent américain Wilcox. Mais fabriquer des matériels compétitifs au prix international ne s'est pas fait sans difficultés. Par exemple, on a dû recommencer la fabrication d'un ILS parce qu'il revenait trop cher et c'est Bernard Presle, ITNA mis à disposition chez l'industriel, qui est arrivé au bout d'un ou deux ans à contenir les coûts. Comme il fallait trouver un aérodrome pour mettre en exploitation le prototype, j'ai choisi Rodez qui n'avait pas de moyen d'atterrissage, ce qui m'a valu la reconnaissance des autorités locales, une inauguration grandiose et des commentaires élogieux dans la presse. Il fallait aussi savoir faire la promotion des produits !

Il n'y avait pas de directives gouvernementales sur la politique à suivre, mais Jean-Paul Parayre, qui était alors directeur de l'industrie, avait trouvé que la politique que l'Aviation civile avait montée était une bonne politique. Il m'avait fait présider une réunion d'un groupe de travail sur l'industrie électronique. On avait rapporté, entre autres, que des secteurs orphelins comme la régulation en ville posaient des problèmes et qu'il n'y avait aucun intérêt à multiplier le nombre de fournisseurs vu le nombre restreint d'équipements commandés.

Je suis convaincu que si nous n'avions pas suivi cette politique, nous aurions été obligés de nous tourner vers des produits étrangers, américains. Le résultat a été acquis parce qu'on a trouvé des industriels motivés qui ont bien travaillé. L'aéronautique, embarquée ou non, a toujours intéressé les industriels français.

Au cours de toutes ces années, le paysage industriel a beaucoup évolué. Des industriels très astucieux comme TELERAD qui fabriquait du petit matériel, par exemple des radiobalises, se sont maintenus ; en revanche Nardeux, qui fabriquait des émetteurs a disparu tandis que Thomson-CSF s'est considérablement développé. »



L'aéroport de Rodez, grâce à l'installation d'un prototype fourni par le STNA, a pu offrir à ses usagers une procédure d'approche ILS dès le milieu des années soixante.

Emetteur/récepteur VHF des années soixante-dix/quatre-vingts.

TELERAD, fournisseur du STNA

PME fondée en 1950 et installée à Anglet (64), TELERAD a pour vocation l'étude, la fabrication et la mise en service de systèmes radio pour le contrôle du trafic aérien et la marine, à la fois dans les domaines civil et militaire. L'entreprise possède des ressources en recherche et développement (10 % du chiffre d'affaires) et des moyens de production.

TELERAD propose une gamme complète d'équipements radio ainsi que des systèmes clés en main ; l'offre s'étend aux systèmes d'aide à la navigation du type radiobalise (NDB) et aux aides à l'atterrissage basées sur le GPS. La société propose également à ses clients une expertise d'architecte radio pour la totalité de leur projet.

TELERAD fournit depuis plus de 40 ans des infrastructures radio pour la DGAC[1]. En France, elle a également pour clients la direction des affaires maritimes, la délégation générale de l'armement - les matériels TELERAD équipent en moyens radio VHF/UHF sol-air la plupart des entités du ministère de la Défense - ainsi que des donneurs d'ordres industriels comme Thalès, DCNS ou Inéo.

A l'export, les radios TELERAD sont présentes dans plus de 60 pays ; la société est le partenaire privilégié de grands groupes français (Thalès, Inéo, Total) et de groupes ou institutions étrangers comme l'ASECNA (19 pays d'Afrique), Inster (Espagne), General Dynamics et Honeywell (Etats-Unis).

1. TELERAD, qui emploie aujourd'hui 90 personnes, a été récemment choisie par la DSNA pour réaliser la migration des équipements analogiques actuels vers des équipements «softradio» à capacité voix sur IP.

Du CAUTRA III au CAUTRA IV

En 1978, Alain Monnier est nommé chef du STNA, au moment où la décision de confier à l'industrie le développement de la quatrième génération de CAUTRA, sous la maitrise d'œuvre du STNA, vient d'être prise. Cette nouvelle responsabilité est un véritable défi pour le STNA, qui doit réussir le CAUTRA IV, dont on attend qu'il apporte des améliorations en matière de fiabilité, tant du côté du matériel que du logiciel, et garantisse une qualité suffisante des informations en situation dégradée. L'administration française développe ce système avec l'aide du centre expérimental Eurocontrol de Brétigny pour la partie traitement des plans de vol, et avec la société ECA-Automation pour la partie traitement radar. Le logiciel est produit en langage évolué, adapté aux applications en temps réel : le LTR, développé par la Compagnie internationale pour l'informatique/GAM.

Alain Monnier : *« Le département du STNA qui avait la charge de ce projet était le département 4, qui comportait une division système de traitement radar et une division système de traitement plan de vol. J'étais aussi, à cette époque, président de l'association des ingénieurs de l'aviation civile et j'ai demandé à Jean-Marc Garot, qui a accepté, de rejoindre le STNA pour prendre en charge le projet CAUTRA IV. En plus de ce projet important, l'autre grand projet était la construction du centre de Reims pour lequel il a fallu régler un problème de fond, celui de la convergence entre le CAUTRA III et le CAUTRA IV. Il fallait bien, à un moment donné, figer l'évolution du CAUTRA III pour terminer le développement et mettre en service le CAUTRA IV. »*

Le CAUTRA étant désormais de la responsabilité du STNA, le développement de l'ensemble des systèmes et équipements de la navigation aérienne va être confié à l'industrie. L'objectif export est toujours présent, mais il se concrétisera de façon contrastée suivant les équipements. Pour Alain Monnier, *« Grâce à la compétence de nos ingénieurs et techniciens, nous avons ainsi pu aider nos industriels à l'export. Ceci est particulièrement vrai pour les capteurs VOR/DME/ILS/Radars, même si je dois apporter un bémol pour nos systèmes de contrôle, centres et tours, qui sont vraiment trop spécifiques. »*

Ainsi, de 1961 à 1985, sous l'impulsion de Bernard Palayret puis d'Alain Monnier, le développement et l'acquisition des moyens pour couvrir les besoins de la navigation aérienne ont contribué à développer une industrie nationale compétitive, capable d'exporter aussi bien des systèmes de contrôle que

Ancien élève de l'Ecole polytechnique et INA 1961, Alain Monnier a occupé successivement les postes de chef du centre de contrôle régional Sud-Ouest (1963/1971), chef du bureau DNA/1 (1971/1976) avant de devenir sous-directeur technique à la DNA. Il est nommé chef du STNA en 1978, au moment où le développement du CAUTRA vient d'être confié au service. Sous sa direction, le STNA équipe les deux nouveaux CRNA de Brest et de Reims. En 1989, Alain Monnier devient conseiller technique du directeur général de l'Aviation civile, avant d'être détaché pour une période d'un an chez Thomson-CSF. En 1990, il est nommé chef de l'inspection générale de l'aviation civile et de la météorologie (IGACEM), après avoir occupé le poste de président de la section navigation aérienne de l'inspection. Il occupe ce poste jusqu'à son départ à la retraite en 2001.

Le CAUTRA IV du CRNA/Est.

des équipements de radionavigation ; au milieu des années quatre-vingts, le STNA considère que l'industrie française est en mesure d'affronter la concurrence étrangère et va lancer des appels d'offres européens.

Le STNA et les industriels

Bernard Palayret résume ainsi ses relations avec les industriels :

« Au STNA, j'ai eu la visite d'un ministre. Il m'a demandé : comment sont vos rapports avec l'industrie ? Je lui ai répondu aimablement : amicaux, mais vigilants. Je pense que ça résume bien l'état d'esprit dans lequel les équipes du STNA travaillaient avec les industriels. On travaillait en confiance, notamment avec Bernard Cambier, de Thomson-CSF, notre principal fournisseur.

Il est arrivé, dans les cas où il y avait concurrence, que des interventions aient lieu, mais on a toujours su faire face. Je me souviens d'un appel d'offres pour des camions incendie, où j'ai été amené à renvoyer vertement dans ses buts un polytechnicien, conseiller de la Présidence de la République. Je n'en ai plus jamais entendu parler.

A l'époque, il était de tradition d'accepter de déjeuner avec les industriels, sans que ce soit perçu comme un quelconque signe de corruption. D'ailleurs on ne parlait pas affaires pendant le repas. C'était tout un art de vivre ! »

Sur le plan technique, les équipes du STNA des années soixante rivalisent et parfois supplantent celles des industriels ; elles élaborent des cahiers des charges complets et détaillés qui réduisent l'industriel à un fabricant. Bernard Dubois, ancien patron de TRT : *« L'exemple de l'appel d'offres des récepteurs DIOSCURES est très révélateur des méthodes de travail en vigueur dans l'Administration jusqu'aux années soixante. C'était également vrai chez les militaires. Les services disposaient de personnels formés et compétents qui étaient en mesure de concevoir les produits dont ils avaient besoin. L'appel d'offres avait pour but de choisir un industriel pour fabriquer, le cahier des charges fixait les caractéristiques techniques du produit de façon très détaillée : les entrées, les sorties, les solutions techniques. Les ingénieurs ne dessinaient pas les circuits électriques ou électroniques, mais ils allaient très loin. A aucun moment on ne parlait d'expression de besoins et encore moins d'objectifs à atteindre. L'industriel avait une obligation de fabriquer quelque chose qui était déjà complètement défini. »*

Jean Lévêque et Bernard Palayret.

Politique industrielle, ou pragmatisme ?

« Lorsque j'ai exercé des responsabilités au SGAC, soit en tant qu'adjoint au directeur général, soit en tant que directeur de la navigation aérienne, je n'ai jamais vu de document de politique industrielle du SGAC, je ne pense pas qu'il y ait eu une doctrine. La seule doctrine, à mon sens, c'était de faire appel aux champions.

Quand je suis arrivé à la DNA, on était dans le Plan Calcul[1], il y avait CII, face à IBM qui était le choix des services techniques. Il a fallu passer par la CII. Ça a été un problème, à mon avis on a dû perdre quelques années suite à cette décision. Ensuite, à la fin des années soixante-dix, on a essayé d'utiliser des calculateurs MITRA, qui au début étaient trop petits.

On a énormément investi pendant ces années en équipements techniques, en passant des contrats avec des industriels pour développer ces équipements. Mais en définitive, ça n'allait pas très loin. Il fallait que les industriels qui avaient une surface suffisante prennent les choses en charge : c'est ce qui s'est passé avec Thomson. C'était un peu la politique du champion, ne pas faire de saupoudrage.

Bien qu'il n'y ait pas eu de politique clairement formalisée, il y avait une volonté d'aider l'industrie. Avec Thomson, qui montait en puissance, je me souviens même avoir essayé non pas de créer un groupe de travail, mais d'organiser des rencontres périodiques pour dégager quelques orientations communes. Thomson disait qu'il avait besoin de pénétrer à l'étranger pour se développer. Je pouvais, par mes contacts internationaux, non pas réussir une opération, mais aider à l'introduire. Ces réunions ont eu lieu à trois reprises. Mais ensuite, Thomson m'a dit qu'il n'en avait pas besoin, nos intérêts commerciaux sont ce qu'ils sont, par conséquent on n'a pas besoin de l'Administration. Ils avaient l'impression qu'on voulait les contrôler, malgré les précautions verbales que je prenais. Mon idée, au contraire, était de connaître les orientations qu'ils voulaient prendre pour voir si on pouvait les aider. Mais il ne fallait pas trop intervenir dans leur politique commerciale ou technique d'industriels. Au fond, il n'y a jamais eu de politique industrielle figée, écrite ou pragmatique. »

Propos de Jean Lévêque, recueillis par Henri-Georges Baudry et Yves Lambert.

1. Voir en page 138.

Cette façon de préparer les appels d'offres traduit tout simplement le fait que les ingénieurs du STNA font leur métier d'ingénieur. Ils estiment, avec raison, avoir au plan technique toutes les compétences requises et être les mieux à même de définir ce qu'il faut pour l'exploitant. Mais ce processus a parfois l'inconvénient de limiter la possibilité d'innovation de l'industriel et éventuellement d'écarter des solutions plus performantes ou plus novatrices. Bernard Dubois, toujours à propos de l'appel d'offres pour les récepteurs de bord du projet DIOSCURES :

« TRT a participé au projet DIOSCURES qui avait pour but d'assurer la navigation et les communications des avions, notamment des Concorde dont on prévoyait un grand nombre, au-dessus de l'Atlantique nord, à partir de deux satellites géostationnaires. Ce projet a permis de vivre une expérience très intéressante de relations entre les services de l'Administration et l'industrie, très révélatrice des méthodes de travail en place au STNA à cette époque.

Le STNA avait lancé un appel d'offres pour les récepteurs de bord. Les ingénieurs du STNA avaient fait un très bon travail et produit un cahier des charges très technique et très détaillé où ils décrivaient comment résoudre le problème et réaliser le produit. Impensable aujourd'hui ! La caractéristique du projet STNA était d'être basée sur des porteuses avec des modulations de fréquence ; c'était en fait une solution toute analogique.

A cette époque, TRT commençait à disposer de compétences et d'un savoir-faire dans le domaine du numérique, avec des réalisations comme les modems ou le GPWS. Nous avions des ingénieurs qui croyaient beaucoup à ces technologies, même s'il restait encore beaucoup de choses à faire. Ils m'avaient convaincu qu'il ne fallait pas proposer une solution analogique, comme le demandait l'appel d'offres, si on voulait préserver l'avenir et contenir les coûts.

Il s'agissait d'arriver à convaincre le STNA du bien fondé de notre solution. Cela s'est passé au cours d'une réunion chez nous, à laquelle participait Jean-Marie Giraud, adjoint au chef du STNA, en charge du projet. M. David, notre ingénieur, a fait une présentation de très grande qualité de notre proposition et défendu toutes les vertus d'une solution numérique.

A l'issue de la réunion, j'ai annoncé que TRT proposerait effectivement une solution numérique. Il était difficile pour le STNA d'accepter une proposition qui ne réponde pas au cahier des charges de l'appel d'offres, mais, d'un autre côté, la solution préconisée par TRT lui paraissait très séduisante. Jean-Marie Giraud était très embarrassé, il devait concilier les règles

Bernard Dubois, de l'Administration à l'industrie

Affecté à sa sortie de l'Ecole nationale supérieure des télécommunications (X 54, ENST 60) au service technique des télécommunications de l'air (STTA), il s'occupe de radars de défense aérienne, en particulier du « radar palmier » qui a connu un certain succès. *« Pour la petite histoire, c'était la période des grands projets dans le domaine de la défense aérienne, une séquelle de la politique de la IVe République, qui a été abandonnée avec l'arrivée du général de Gaulle et le développement de l'arme de dissuasion. Quand je suis arrivé dans ce service, on était encore sur des programmes pré-58, où il fallait être en mesure de bloquer les raids gigantesques qui nous arriveraient de l'Est, avec des centaines d'avions attaquants, des signaux brouilleurs extraordinaires. On a fait des développements radar très importants qui, presque tous, se sont arrêtés au niveau du prototype… car à l'époque on était raisonnable, on terminait les prototypes dont on avait lancé les études. »*

En 1963, Bernard Dubois intègre la SNECMA qui vient de créer une division électronique dénommée ELECMA sur la base de deux idées : la première consiste à développer des systèmes de contrôle électronique des réacteurs, dont c'est le début, en remplacement des systèmes de régulation hydrauliques ; la seconde, c'est de développer une activité dans le domaine de l'électronique de défense aérienne. *« Il n'y avait pas de commission de déontologie, c'était facile de passer du service public à l'entreprise. Aujourd'hui, je ne sais pas si je pourrais, jeune ingénieur dans l'Administration, me faire embaucher par mes fournisseurs. »*

Le développement de la force de frappe a pour conséquence la condamnation de bon nombre de programmes. En 1968, l'avenir de la division ELECMA s'est rétréci et, s'il lui reste des choses intéressantes à faire, notamment dans les réacteurs, c'est avec l'inconvénient de ne constituer qu'un élément de la SNECMA, travaillant exclusivement pour elle, sans rayonnement extérieur. Bernard Dubois entre alors à TRT et y occupe différents postes, jusqu'à celui de directeur général : *« On avait quelques affaires aviation civile. En 1988, le groupe Philips qui était l'actionnaire de référence a commencé à se dégager de toutes ses activités liées à la défense. La première victime, si on peut dire, a été TRT qui a été coupé en deux afin de vendre en 1989 le domaine militaire à Thomson-CSF devenu ensuite Thomson-TRT Défense. J'étais à l'époque avec François Lureau qui était rentré à TRT et qui est venu avec moi chez Thomson. J'ai dirigé Thomson-TRT Défense jusqu'en 1993, époque à laquelle le président Alain Gomez m'a demandé de prendre la présidence et de diriger la Sofrémi, ce qui m'a valu tant de soucis par la suite. J'y suis resté jusqu'à la fin 1998. »*

des marchés publics et retenir les meilleurs choix techniques. Finalement, il a accepté que nous proposions la solution tout numérique présentée au cours de la réunion.

C'est ce que nous avons fait, et TRT a remporté l'appel d'offres face à Thomson-CSF. Ensuite, on a fait des maquettes, participé à des essais, les satellites avaient été simulés par des ballons. Nous avons également participé à des campagnes de présentation du système auprès des compagnies aériennes et divers organismes. Aux Etats-Unis, il avait soulevé un certain intérêt, mais comme il ne venait pas de chez eux... Finalement, le projet a été abandonné, car probablement trop limité à une zone géographique, et puis le GPS était déjà dans les têtes. »

Au fil du temps, les technologies évoluent, les matériels sont de plus en plus complexes et requièrent une infrastructure lourde pour leur développement. Le STNA, au plan des moyens, ne joue plus dans la même cour que les industriels, et ses métiers vont évoluer peu à peu. Bernard Dubois : *« Les choses ont beaucoup changé. Tout d'abord la complexité des matériels puis des systèmes a fait que des moyens de plus en plus importants étaient devenus nécessaires pour leur conception et leur développement, moyens que l'industrie possédait et que les Administrations n'avaient pas. Ensuite, il y avait la volonté politique de faire évoluer l'action des Administrations. Tout cela a modifié peu à peu le métier d'ingénieur, tant à la DGAC qu'à la DGA*[1]*… il est devenu plus administratif, avec moins de technique et plus de gestion. »*

Si chez certains ingénieurs l'évolution du métier provoque une certaine frustration, ce qui n'a pas changé, c'est la volonté de s'équiper *« made in France »*. Le choix du radar de surface de Paris-Charles de Gaulle en est un des meilleurs exemples, cité d'ailleurs par Thomson-CSF.

En effet, le STNA lance en 1975 un appel d'offres pour équiper l'aéroport de Paris-CDG d'un radar de surveillance de piste. Il n'existe alors que deux prestataires possibles, le fournisseur américain Texas Instruments, qui a équipé quelques aéroports aux Etats-Unis, et le constructeur japonais qui a réalisé un équipement similaire à celui de Texas Instruments ; car le troisième fabricant possible, TVT (Thomson visualisation traitement), en charge des radars civils, ne souhaite pas entreprendre une étude importante sur un produit offrant selon lui des débouchés limités.

1. Délégation générale de l'armement.

Le STNA, qui veut un produit français, écarte les fournisseurs possibles, annule l'appel d'offres et insiste pour obtenir un produit Thomson-CSF. Finalement, TVT définit un radar à partir des souhaits des contrôleurs et assure sa réalisation en utilisant des composants déjà opérationnels : c'est le radar ASTRE.

Outre CDG et Orly, ce radar sera installé à Abu-Dhabi, Bagdad, Berlin, Mexico, Nairobi, Sao-Paulo, etc. D'autres versions seront développées : ASTRE 2 et ASTRE 2000. Au total, 19 radars de ce type seront vendus en France. Bel exemple à méditer…

Le soutien financier à l'industrie

La volonté de développer une industrie nationale capable de répondre aux besoins de la navigation aérienne et d'exporter se traduit par une politique d'achats tournée vers les entreprises françaises. Ces dernières bénéficient ainsi des compétences du service technique, du retour d'expérience de l'exploitant et du label SGAC ; mais elles obtiennent également des crédits d'études en provenance de la direction de la navigation aérienne. Si l'on s'intéresse aux budgets du SGAC des années 1961 et 1962, on relève une ligne intitulée *Participation aux dépenses d'études et de prototypes*. Pour 1961, elle est dotée de 93 200 000 NF ventilés comme suit :

- 40 000 000 NF pour le développement de Caravelle (types VI R et suivants),
- 36 000 000 NF pour le développement du Breguet 941 et 942 et du Super Broussard,
- 10 000 000 NF pour les études préliminaires Concorde,
- 4 000 000 NF pour les études de matériels légers (avions, moteurs, équipements),
- 3 200 000 NF pour les études et prototypes de matériels de navigation aérienne (matériels de bord, radionavigation, télégraphie, études d'automatisation).

La première chose que l'on observe, c'est la faible part accordée à la navigation aérienne. Pour l'année 1962, les choses n'évoluent guère : bien que le montant total de la dotation soit porté à 128 000 000 NF, la part navigation aérienne reste limitée à 4 500 000 NF. Le constat de la modicité de ces aides a été fait, un peu tard, lors de la préparation du VIIe plan : *« Pour promouvoir la vente d'équipements d'aéronautique civile, les industriels français ont bénéficié jusqu'en 1970 d'une aide modérée de l'Etat qui provenait, pour l'essentiel, de sources militaires. »*. Aide modérée, c'est le moins qu'on puisse dire ! On comprend que dans cette situation, Bernard Palayret ait recherché des solutions pour faire financer des études par les industriels.

En ces débuts de la Ve République, le Plan est *« une ardente obligation »* ; la préparation des Plans successifs est l'occasion de faire le bilan des précédents et des projections sur l'avenir. On y apprend que les années soixante-dix ont été un tournant pour l'industrie aéronautique, avec le lancement de plusieurs

Le radar ASTRE, implanté au sommet de la vigie de Roissy-Charles-de-Gaulle en 1979, surveille le B 747 d'Air France par temps brumeux.

programmes aéronautiques civils importants (Concorde, Airbus, Corvette, des hélicoptères, Aérospatiale, etc.) dans un contexte de stabilité, voire de décroissance du budget des Armées, ce qui, pour conserver un niveau d'activité suffisant, oblige ces dernières à se tourner résolument vers le marché civil, au potentiel très vaste, mais accessible au prix d'efforts financiers et commerciaux importants. On assiste, à partir de cette date, à une augmentation des crédits d'études et de recherche dans le domaine navigation aérienne, avec une forte composante matériels de bord.

On voit ainsi apparaître dans les schémas directeurs de la DNA la volonté de promouvoir les équipements de bord, classiques ou nouveaux. La décision de faire entrer cet objectif dans le champ d'intervention de la DNA n'était pas évidente à prendre ; elle a donné lieu à des discussions internes, ce qui n'a pas échappé à Bernard Dubois, alors à TRT : *« Je crois qu'il y a eu un débat interne au sein de l'Administration sur le financement des projets concernant les équipements de bord. A la DNA, il y avait des gens qui disaient : on n'a pas tellement d'argent, ce n'est pas trop notre métier...*

A TRT, de toute façon, on faisait uniquement des équipements de bord, on n'a jamais fait des équipements pour l'Administration… Nos clients, c'étaient les compagnies aériennes, éventuellement les avionneurs.

Dans le cas du radioaltimètre, le fait de l'avoir considéré comme une composante du système atterrissage tout temps au même titre que l'ILS était une bonne façon de voir les choses. J'ai eu des contrats du STNA pour nous aider financièrement, avec des ingénieurs de la division équipements de bord, qui surveillaient bien sûr ce que l'on faisait.

Et Bernard Palayret pouvait tout à fait justifier qu'il y ait un soutien de l'Administration au développement d'équipements de bord que l'administration de l'aviation civile n'achèterait jamais, car cela contribuait à améliorer la sécurité et la régularité du transport aérien. »

Vers le milieu des années soixante-dix, les travaux entrepris par la commission permanente à l'électronique du plan (COPRP) dans le cadre de la préparation du VIIe Plan mettent en évidence le fait que l'industrie électronique française possède les atouts techniques pour entrer en compétition avec les industries étrangères dans le domaine du marché du matériel de bord civil, dominé jusque-là par les Etats-Unis.

L'OMEGA était un système de navigation hyperbolique similaire au LORAN fonctionnant dans la gamme des très basses fréquences (10 à 14 kHz) développé par les Etats-Unis pour des besoins de défense. La couverture mondiale était assurée par 8 stations réparties à travers le monde, dont une à la Réunion. L'antenne représentée ci-dessus était haute de 428 m. L'OMEGA a été utilisé par les civils au cours des années soixante-dix et quatre-vingts pour les navigations océaniques.

L'industrie française concernée par les matériels aéronautiques au sol occupe déjà une place très honorable dans le marché international. En ce qui concerne les équipements de bord, le bilan n'est pas aussi favorable. Consciente du fait que l'industrie ne peut supporter seule les études de développement, compte tenu des délais souvent très longs entre le moment où commence l'étude d'un matériel ou d'un système et celui où la commercialisation devient possible, l'Etat inscrit au VIIe Plan 200 MF d'aide financière à consacrer à la *« recherche et au développement des matériels électroniques de bord ».*

Une part[1] non négligeable de ces crédits est inscrite au chapitre 53.21 du ministère des Transports et déléguée en partie au STNA en vue :

- d'aider les industriels à conquérir une fraction des marchés actuellement aux mains de la concurrence étrangère,
- de leur ménager une place privilégiée dans le domaine des matériels et systèmes nouveaux destinés à équiper les générations à venir d'aéronefs.

1. La DGA est chargée de la gestion des crédits restants.

La participation de l'Etat se situe entre 60 à 80 %, pouvant aller à 100% dans le cas de projets de matériels de conception entièrement nouvelle, compte tenu des risques à courir demandés aux industriels et des espoirs de commercialisation supputés. Les bénéficiaires sont choisis en fonction des perspectives commerciales ainsi que des capacités et du dynamisme de l'entreprise, dans le cadre de la politique dite *« du champion »*.

En contrepartie de l'aide financière accordée, les industriels versent à l'Etat, conformément aux dispositions de l'article 89 du cahier des clauses administratives générales industriel, des redevances calculées en pourcentage des prix de vente des matériels ou de concession du droit de reproduction.

Depuis la mise en application du VIe Plan, le STNA a reçu de la DNA et de la DTA, en autorisations de programme, les dotations suivantes :

1971	9 MF
1972	11 MF
1973	13 MF
1974	15,5 MF

Cette aide financière aux industriels au titre de l'équipement de bord correspond, pour les années 1973 et 1974, à 10 % environ des autorisations de programme reçues pour l'ensemble des équipements de navigation aérienne.

Exemples d'équipements ou de systèmes ayant bénéficié d'une aide de l'Etat au cours du VIe plan

- Aérosat (systèmes de télécommunications par satellites)
- Data link (systèmes de transmissions automatiques de messages ATC)
- Aviation légère
- DME (systèmes de mesure de distance)
- Radio-altimètre
- Tube à rayons cathodiques
- Aviation d'affaires
- Interphone de bord
- MLS (futur système d'atterrissage)
- Intégration planches de bord
- Calculateur de navigation
- ILM (système de surveillance d'atterrissage)
- OMEGA (système de navigation à longue portée)
- CAS (système anticollision)
- VOR numérique
- SYDAC (moyen d'atterrissage en bande C)

Les restructurations industrielles,

par Bernard Cambier

Bernard Cambier décrit ici[1] les restructurations industrielles telles qu'il les a vécues au sein du groupe Thomson-CSF.

« En 1959, CSF regroupe dans DTA (département télécommunications air), dirigé par Antonin Gayffier, les activités du service aviation (matériel de bord), du service radar (stations 23 cm d'origine SFR), les convertisseurs d'image radar télévision et le département DECCA navigator. DTA développe pour le STNA les premiers moniteurs ILS transistorisés, puis les modulateurs statiques qui donneront naissance à l'activité ILS.

DTA, à l'étroit à Levallois-Perret, se déplace à Sartrouville en 1963. Il remporte de nombreux succès industriels avec en particulier, en 1964, le simulateur du centre expérimental Eurocontrol de Brétigny (en consortium avec Plessey et Telefunken), en 1965, le premier extracteur radar pour le STNA puis, dans le même temps, les stations radar 23 cm pour l'Australie avec le développement de la technique du double cornet pour l'élimination des anges.

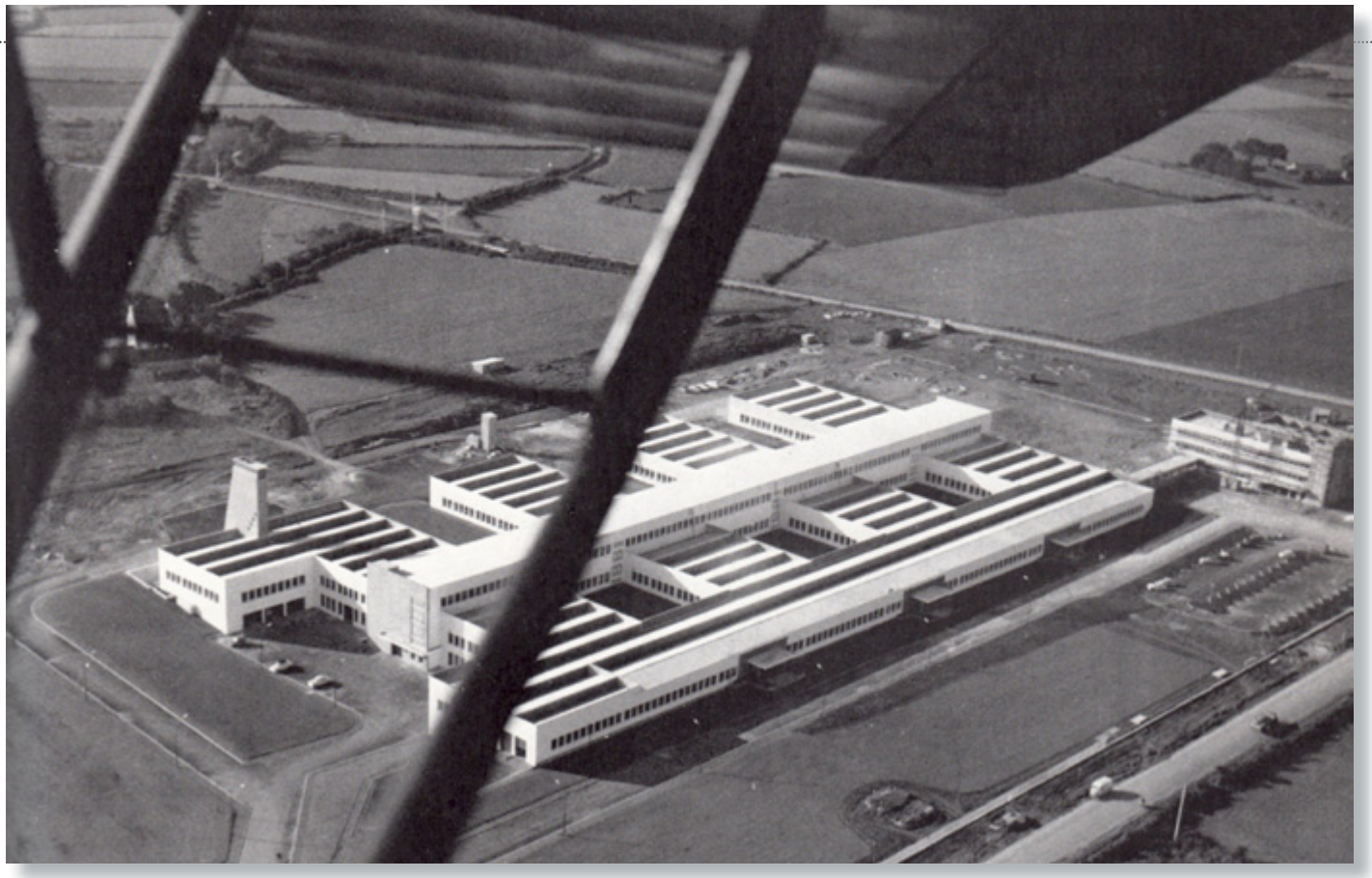
En 1966, CSF réorganise ses activités en deux groupements :

- *télécommunications (Levallois-Perret), dirigé par Michel Barré, chargé également de la direction des affaires civiles de la compagnie,*
- *détection (Malakoff), dirigé par Jean de Mercey, chargé également de la direction des affaires militaires de CSF.*

Le centre de Sartrouville ferme : les activités de DTA sont alors transférées au groupement détection. Cette réorganisation est une chance pour le développement des activités ATC de CSF. Le groupement détection bénéficie de moyens importants venant des commandes militaires (en particulier les radars Cyrano des Mirage III), mais se préoccupe du plan de charge du centre de Brest, récemment créé par le centre de Levallois-Perret (première pierre en septembre 1962) et dont la responsabilité vient de lui être confiée. Il est décidé de transférer à Brest la production des "radars civils", comme on disait à l'époque, ainsi que certaines études (radars secondaires).

C'est dans cette configuration que les équipes de CSF remportent les appels d'offres du STNA qui leur permettront de constituer la gamme complète d'équipements radar, traitement et visualisation pour le contrôle du trafic aérien.

1. Propos recueillis par Claude Labbé et Kim N'Guyen.



Vue aérienne de l'usine CSF de Brest en 1964.

L'extracteur radar primaire-secondaire EV650 (1965), monstre de deux armoires, équipé des premiers circuits intégrés apparus sur le marché, restera à l'état de maquette, expérimentée à Paris-Orly. Un an plus tard, l'EV660 (encore une armoire) restera aussi un exemplaire unique, avant l'EV670 (un tiroir, cette fois, 1967) qui sera produit en série.

Le radar secondaire RS660 (prototype) auquel succédera le RS770 sera étudié et produit en série à Brest.

L'appel d'offres pour la nouvelle génération de visualisation est publié en 1967. On n'envisageait pas alors de se priver de l'image radar primaire brute ; il s'agissait de superposer à cette image les étiquettes alphanumériques issues du traitement radar secondaire-plan de vol. La technologie de l'époque, à peine sortie des indicateurs à bobine tournante, utilisait deux bobines de déflexion fixes, l'une pour le balayage principal, en synchronisme avec le radar, l'autre pour l'écriture des caractères sur ordre du traitement ATC. Le double système de déflexion conduisait à des visualisations complexes et onéreuses, comme les visualisations Plessey du simulateur de Brétigny.

CSF en était resté aux visualisations à bobines tournantes du porte-avions Clémenceau et n'était pas un prétendant sérieux pour l'appel d'offres du STNA que se disputaient âprement SINTRA et la SNERI (Thomson), dont les présidents faisaient le siège du bureau de Bernard Palayret.

L'appel d'offres est cassé deux fois de suite. Au troisième tour, André Emery, patron des équipes traitement et visualisation de CSF, est dans la course, s'appuyant sur une avancée technologique : il démontre la possibilité de se conformer aux spécifications avec un système de déflexion unique pour le balayage principal et l'écriture des caractères. L'économie est telle que CSF emporte l'appel d'offres haut la main avec l'indicateur MI470.

Les performances de cet indicateur permettront même de l'utiliser en version mixte télévision-synthétique. Le client australien, adepte de l'exploitation en lumière du jour et réticent à se priver de l'image radar brute, équipera ainsi le centre de Sydney : les indicateurs MI470 affichent l'image du radar local convertie en télévision, et, pendant le temps de retour image, inscrivent les étiquettes en synthétique !

Dans le domaine du radar primaire, CSF a investi dans le développement de kits transistorisés destinés à la modernisation des stations ER410, ainsi que dans un premier éliminateur d'échos fixes en technologie numérique, le MA 377, destiné à remplacer ses éliminateurs d'échos fixes à tubes à mémoire.

L'appel d'offres STNA pour le renouvellement des stations en route provoque une lutte acharnée entre Thomson et CSF, ni l'un ni l'autre ne voulant se laisser déposséder du domaine. Du côté CSF, le responsable du projet est Roger Cheminant qui, après une longue expérience des stations radar militaires sol, a rapidement assimilé les besoins de l'activité ATC. En août 1967, le STNA décide de retenir l'offre CSF dont il apprécie particulièrement le projet d'antenne.

Le 12 septembre 1967, les gros titres des journaux annoncent que Thomson vient de racheter CSF. Commence alors une période d'incertitude. En effet, CSF vient de constituer, en quelques années, un catalogue quasi-complet des équipements radar pour le contrôle du trafic aérien et la radionavigation. La société a pris le risque de lancer leur fabrication en série en groupant les besoins du marché national et ses estimations des débouchés à l'exportation. Elle sait que c'est le seul moyen pour être compétitif sur les marchés étrangers.

Thomson, que CSF ne rencontre jamais sur le marché international de l'ATC, est organisée en fonction des techniques (division radar sol, division radars aéroportés, division télécommunications, etc.) dans un modèle adapté à la satisfaction des besoins de l'administration française et de quelques grands clients export (OTAN), acheteurs de produits sur spécification plutôt que de systèmes.

Les équipes CSF craignent donc que la fusion n'entraîne un alignement général sur l'organisation et la politique de Thomson, qui mettrait fin à leur développement à l'exportation.

Dans les quinze mois qui suivent le rachat, CSF redouble d'efforts à l'exportation. Pendant les grèves de mai 1968, elle opère à partir de Bruxelles et décroche les commandes de radars de zone terminale de Bogota et de Shannon en associant une

Radar TA 10 à Guadalajara (Mexique). Le TA 10 complète la famille radar de Thomson-CSF et lui assure un large succès.

antenne Thomson à la station CSF ; quelques mois plus tard, elle obtient celles des stations de Sydney et de Melbourne, dans la même configuration, tandis qu'elle emporte par ailleurs le contrat MADAP (Maastricht automatic data processing and display system).

Lorsqu'entre en vigueur la nouvelle organisation de Thomson-CSF, le 1er janvier 1969, la nécessaire centralisation de l'action dans le domaine de l'aviation civile est reconnue avec la création du bureau des affaires aviation civile, rattaché au directeur des affaires civiles, Marc de Saint-Denis, lui-même rattaché au président Jean-Pierre Bouyssonnie. Les activités ATC d'origine CSF Malakoff sont regroupées dans le département RST, dirigé par Antonin Gayffier à Vélizy.

Dix-huit mois plus tard, Thomson-CSF décide de regrouper dans une filiale (TVT) les activités de traitement et de visualisation ; le domaine ATC est attribué à TVT. Aux activités traitement et visualisation, qui lui sont propres, l'équipe TVT ajoute les radars, qu'elle spécifie et dont elle finance le développement, à Bagneux pour les antennes et à Brest pour les émetteurs/récepteurs. C'est ainsi que naîtra le radar d'aérodrome 10 cm TA 10 dont le premier exemplaire équipera Amsterdam, puis les stations à klystron[1].

Pour obtenir ce type d'organisation, il a fallu faire quelques concessions : TVT a dû laisser la responsabilité des affaires militaires à la division DRS (division radar sol) de Bagneux. C'est ainsi que cette division mènera, d'ailleurs avec succès, l'affaire DACTA[2] *au Brésil, ou l'essentiel de la fourniture sera assurée par TVT.*

En 1977, DRS et TVT fusionnent. Une direction commerciale unique regroupe désormais les équipes projets par domaine (défense aérienne, contrôle du trafic aérien, naval, champ de bataille) et les équipes commerciales par clientèle (France, export).

En 1983, la division DRS-TVT (5 000 personnes) est entièrement réorganisée suivant le même modèle : quatre départements "domaine", assurant les activités projet et système, servis par un département commun technique et produits, et une direction commerciale commune. Pour marquer son évolution du rôle d'équipementier à celui de systémier, la division est renommée SDC, systèmes de défense et de contrôle.

En 1986, le président Gomez qui avait pris les rênes de Thomson CSF en 1982 décide une décentralisation de la compagnie par branches.

A peine achevées les difficiles rationalisations d'activités entre équipes autrefois concurrentes, l'acquisition en 1988 de Wilcox et en 1989 des activités défense du groupe Phillips (TRT, Signaal), conduit à une nouvelle structure par branches. La BSD, branche systèmes de détection, conserve le domaine aviation civile (ATC et Navaids).

Cette organisation perdurera jusqu'à la privatisation de Thomson-CSF qui verra l'apport des activités aides à la navigation du groupe Alcatel et la naissance de Thalès.

En conclusion, contrairement aux craintes des équipes CSF, la fusion Thomson-CSF a conforté l'action qu'elles menaient pour constituer, sur la base du programme de modernisation du STNA, une offre compétitive sur les marchés de l'exportation. »

L'acquisition de Wilcox

En 1988, Northrop met en vente sa filiale Wilcox. Thomson-CSF soumet une offre, qui est retenue, et prend le contrôle de Wilcox. Dans le cadre du contrat de fourniture à l'armée américaine d'un système de communication tactique basé sur le système français RITA, le sous-traitant américain de Thomson-CSF, chargé de produire en série les postes émetteurs/récepteurs tactiques, fait défaut.

Wilcox dispose à Kansas City de surfaces industrielles largement sous-employées. Thomson-CSF décide alors de produire les postes chez Wilcox. L'opération sera un succès : les postes sortiront dans la qualité et les délais requis. Wilcox continue, encore aujourd'hui, à assurer le support de ces équipements.

En août 1995, Wilcox est déclarée adjudicataire du premier contrat WAAS *(wide area augmentation system)* lancé par la FAA ; mais ce contrat sera résilié un an plus tard sous la pression des industriels américains.

1. Le klystron est un tube à vide qui permet de réaliser des amplifications de moyenne et forte puissance à bande étroite en hyperfréquences.
2. Voir en page 96.

Les succès à l'international

La compétitivité des fabricants français dans le domaine de la navigation aérienne leur a permis de remporter d'importants succès à l'international. Ingénieurs de l'Administration et de l'industrie évoquent ici leurs souvenirs en la matière.

Berlin-Tegel

Parmi les réussites dont le STNA peut s'enorgueillir figure la modernisation de l'aéroport de Berlin-Tegel. Le projet était dirigé par des ingénieurs des ponts et chaussées, mais le général commandant le secteur a voulu faire appel au STNA pour l'équipement technique et Bernard Palayret a été nommé directeur technique du projet: *« Nous avons procédé à des appels d'offres franco-allemands, qui ont été pour la plupart remportés par des entreprises françaises et payés par le Sénat de Berlin. Telefunken n'était pas très heureux des résultats, mais ils n'étaient pas biaisés, nos industriels avaient fait les meilleures offres, avec des prix inférieurs. Ce projet a été une très grande satisfaction. Sa réalisation, confiée à Georges Atzel, n'a pas été sans difficultés, car nous étions en pleine guerre froide. Ainsi, il est arrivé que les camions qui transportaient le matériel et qui devaient traverser l'Allemagne de l'Est pour se rendre à Berlin sortent de l'autoroute. Ils pénétraient ainsi en zone soviétique, et l'on imagine les complications qui s'ensuivaient ! »*

Eurocontrol

Bernard Cambier, responsable des activités civiles chez CSF, évoque ici les contributions du fabriquant aux équipements d'Eurocontrol à Brétigny, Maastricht et Karlsruhe.

« Dès la création d'Eurocontrol, CSF forma un consortium avec l'anglais DECCA et l'allemand Telefunken pour répondre aux appels d'offres de l'agence. Initialement, Eurocontrol cherchait à définir le système de navigation aérienne du futur, et le bouillant patron de DECCA, Harvey Schwartz, voulait placer le système hyperbolique DECCA Navigator.

Ces projets furent sagement remisés, et le premier grand appel d'offres lancé par l'agence fut, en 1963, celui du simulateur de contrôle du trafic aérien destiné à équiper le centre expérimental Eurocontrol en construction à Brétigny. Notre consortium emporta l'affaire et la négociation du contrat se fit à Bruxelles avec l'équipe dirigée par Georges Maignan.

L'aéroport de Berlin-Tegel a été modernisé au début des années soixante-dix pour permettre le transfert du trafic de l'aéroport de Tempelhof et l'arrivée des gros porteurs. Les travaux, importants, ont porté sur la construction d'une deuxième piste de 3000 m équipée pour des opérations d'atterrissage de catégorie II et III et sur la rénovation complète du bloc technique.

Position de contrôle du centre de Maastricht équipée de visualisation CSF.

Dans la répartition des tâches du contrat, CSF avait obtenu la fourniture du simulateur radar et la coordination du projet. Je fus désigné pour cette tâche, avec pour interlocuteurs Don Lipman, premier directeur du centre de Brétigny, et Jacques Nouhant. Entre-temps, DECCA avait été racheté par Plessey, qui devint notre partenaire britannique dans le consortium.

En 1967, Eurocontrol lança un appel d'offres pour l'équipement du nouveau centre de Maastricht : le MADAP. Lorsque les spécifications de l'appel d'offres furent connues, la répartition des fournitures entre les membres du consortium fit l'objet d'une compétition interne. CSF, fort de son succès avec la nouvelle visualisation STNA, obtint d'être chargé de l'ensemble visualisation. C'était une visualisation entièrement synthétique qui, pour la première fois, incorporait un microprocesseur dans le terminal. Pour l'époque, c'était une révolution, car jusqu'alors les systèmes étaient centralisés et la visu elle-même restait la plus simple possible. Cela fut le début d'un long processus qui conduisit à installer de plus en plus d'intelligence artificielle dans les terminaux.

Le système était construit à partir de calculateurs IBM, une exigence du directeur de l'agence, René Bulin. Pour réaliser le logiciel du système, nous avions créé une société, Eurosystem, filiale des trois industriels du consortium. Nous avons eu initialement de très grosses difficultés et failli ne pas réussir.

L'homme qui nous sauva fut Pierre Thellier, ingénieur de l'armement, génie maritime, qui avait été directeur du centre de programmation de la Marine. Il venait de monter avec un autre ingénieur du génie maritime la société ECA Automation, dans laquelle la CGE avait pris une participation de 50 %. Immédiatement passionné par le projet, il mit sur pied une équipe et s'impliqua complètement dans sa réalisation. Il réussira à sortir MADAP dans les délais. ECA Automation sera rachetée par Thomson-CSF en 1970 et deviendra SYSECA en 1983.

Pour le centre de Maastricht, nous avons également fourni les déports radar basés sur des extracteurs STNA associés à des calculateurs CII 10020. Les contrats ont été signés en septembre 1968, c'est-à-dire juste avant la fusion avec Thomson. D'ailleurs, je me souviens que c'est dans le TEE qui allait à Bruxelles qu'on m'a présenté à monsieur Bouyssonnie, futur président du groupe, qui était alors le directeur général de Thomson. La fusion avait été annoncée en septembre 1967 mais ne fut effective qu'en janvier 1969.

Nous avons, avec le même consortium, gagné l'appel d'offres du centre Eurocontrol de Karlsruhe qui a été inauguré en 1977. A nouveau, nous avons obtenu la fourniture du système de visualisation. Toutefois, nous n'avons pas fourni de logiciel : entre-temps, Eurocontrol s'était organisé pour développer avec ses équipes ses propres logiciels. »

Le Monde

MAO TSE-TOUNG EST MORT

Le comité central du P.C. chinois rend hommage au «grand maître du prolétariat international, des nations et des peuples opprimés»

UN VIDE ÉVOQUE

L'homme qui a refait la Chine

Un choc auquel les autorités avaient préparé la population

LES DIEUX DU SIÈCLE

Septembre 1976. L'équipe Thomson-CSF est reçue par le client chinois la veille de l'ouverture des négociations au Palais d'été de Pékin. Au centre, en pantalon blanc, Bernard Cambier.

L'export et l'aventure chinoise

Bernard Cambier poursuit son évocation : « *Il y avait plusieurs types d'affaires à l'exportation. Dans les pays développés, il s'agissait le plus souvent de la fourniture d'un ou plusieurs équipements ou sous-systèmes, radars, centres de contrôle, ILS, VOR. Mais dans d'autres cas, la proposition était plus globale : couverture complète civile et militaire (Brésil), voire construction progressive de réseaux comme au Mexique ou en Indonésie.*

Le cas de l'Australie est différent : l'Administration, très compétente, achetait séparément radars et équipements des centres de contrôle et assurait elle-même la maitrise d'œuvre des installations.

Les besoins n'étaient pas forcément liés à la taille du pays ou à son niveau de développement. Nous avons eu des commandes importantes de pays qui souhaitaient développer leur aviation civile pour favoriser le tourisme, comme par exemple la Thaïlande et l'Indonésie.

Les exportations en Chine ont commencé en 1972. En septembre, nous avons vendu deux stations radars 23 cm, l'une pour Pékin et l'autre pour Shanghai, ainsi que 10 VOR.

C'était l'année où les Chinois se sont ouverts à l'Occident : ils venaient d'acheter dix Boeing 707 et, en rentrant de Pékin, nous avons pu lire un article d'Aviation Week qui expliquait comment la vente des Boeing allait ouvrir la voie aux ventes d'infrastructure aux industriels américains.

En mai 1974, une grande exposition française fut organisée à Pékin. Nous y avons participé avec une équipe pluridisciplinaire, en donnant des conférences dans la journée, dans le cadre de l'exposition. Nous n'avons pas tardé à être contactés par des Chinois qui nous demandaient de reprendre ces discussions, en petit comité, le soir, après la fermeture de l'exposition. Il s'agissait probablement de militaires en civil. A l'époque, la DGAC chinoise, la CAAC, était aux mains des militaires.

Nous avons accueilli une importante délégation chinoise en France en septembre de la même année, aidés par l'interprète diplômée de Langues O que nous venions d'embaucher. L'année suivante, en novembre/décembre 75, nous sommes allés en Chine dans le cadre d'une mission ACTIM, en compagnie de Bernard Palayret et de Jacques Villiers.

En 1976, nous avons remis notre première grande proposition. Convoqués pour négocier, nous sommes partis fin août : une équipe de 18 personnes, ingénieurs spécialistes des différentes disciplines, secrétaires, machines à écrire, machines à photocopier : nous savions par expérience ne rien trouver sur place !

Le palais de la bienveillance et de la longévité au Palais d'été.

Il y avait eu un très fort tremblement de terre en Chine au mois de juillet et nous sommes arrivés dans les ruines de Pékin. Les gens couchaient dans des abris creusés dans la rue, ils avaient peur que leurs vieilles maisons (les hutongs) ne leur tombent sur la tête.

Nous avons commencé à travailler début septembre et, huit jours après, le 9 septembre exactement, Mao est mort ! Nous nous sommes dit : c'est fichu, ils vont nous renvoyer en France. Pas du tout, ils nous ont fait défiler devant Mao sur son lit de mort, en nous distribuant à l'entrée des cravates noires qu'ils récupéraient à la sortie. Nous avons été consignés à l'hôtel le jour des obsèques de Mao. La semaine suivante, nous avons repris les discussions. Le contrat a été signé en mars de l'année suivante. La mission, avec ses 18 membres, a duré deux mois et demi. Roger Cheminant, le patron des équipes radar, a assuré tout seul la fin de la négociation. Très compétent, il était capable de négocier tous les volets du contrat.

Nous n'avions aucune certitude de remporter le marché, nous nous savions en compétition avec Plessey. Après un départ rapide, la négociation a traîné pendant des semaines, le doute s'installait. Et puis un jour, début décembre, nous avons été invités à diner par les clients : c'était le signe qu'ils avaient quelque chose à nous dire. Nous n'avions aucune idée de ce dont il s'agissait.

Ils voulaient tout simplement nous expliquer qu'ils doublaient les quantités de l'appel d'offres. A l'origine, ils avaient l'intention d'acheter un "système" à Thomson et un autre à Plessey. Quand ils ont commencé à travailler sur les spécifications, avec nous, et qu'ils se sont rendu compte du travail que cela représentait, ils se sont dit : s'il faut recommencer avec les Anglais, on n'y arrivera jamais. Ils ont alors décidé de doubler les quantités chez nous, et les Anglais n'ont jamais rien obtenu. C'était une chance extraordinaire.

Mais ils ont négocié très dur, et on a eu beaucoup de problèmes pour faire la mise en service et la recette des installations. A cette époque, les commissaires politiques surveillaient étroitement les représentants du client ; dans les réunions techniques, c'étaient ceux qui ne disaient rien… et, lors des installations et des mises en service, les techniciens du client cachaient les pannes de peur d'en être tenus pour responsables, ce qui ne simplifiait pas la mise au point des équipements. »

Jean-François Vivier, ancien élève de l'Ecole polytechnique et de l'ENAC (INA 66), débute sa carrière à la DNA où il est notamment adjoint au chef du CRNA/Nord, puis le premier chef de la cellule d'organisation et de régulation du trafic aérien (CORTA). En 1975, il est nommé chef du service transports de l'Agence pour les économies d'énergie. A partir de 1980, il s'oriente vers la construction aéronautique civile, d'abord à la direction des programmes aéronautiques civils, puis au STPA (ministère de la Défense) comme directeur de l'agence exécutive Airbus. En 1990, il entre à la société Aérospatiale comme responsable des études stratégiques de la division avions où il deviendra directeur du programme très gros porteur A 3XX, ancêtre de l'A 380. En 2000, il rejoint l'inspection générale de l'aviation civile et de la météorologie où il termine sa carrière en 2011 comme coordonnateur du collège aviation civile.

L'une des stations radar installée au Brésil par Thomson-CSF pour le système DACTA.

Le projet brésilien DACTA

Jean-François Vivier, affecté à la DNA à sa sortie de l'ENAC en 1968, évoque ici son expérience de jeune ingénieur au Brésil.

« En 1968, le gouvernement brésilien décida d'acquérir un système moderne et intégré de défense aérienne et de contrôle aérien couvrant la région stratégique Rio de Janeiro - Sao Paulo - Brasilia, ce qui représentait un triangle étroit d'environ 700 km de base pour 1 400 km de longueur. Ce système, baptisé DACTA, devait être exploité par une nouvelle structure publique dirigée par des officiers généraux de l'armée de l'Air.

Deux sociétés furent mises en concurrence pour réaliser la phase de conception initiale du projet, la société américaine Raytheon, et la société française Thomson-CSF. Cette dernière avait déjà vendu à l'exportation des systèmes clés en main de défense aérienne (notamment le radar Palmier du mont Hermon au Liban qui fut l'un des premiers objectifs détruits par l'armée israélienne en octobre 1973, lors du déclenchement de la guerre du Kippour) mais pas encore de système intégré "défense aérienne et contrôle civil". Elle demanda donc à la DGAC de lui "prêter" un ingénieur pour concevoir la partie "civile" du projet. Cette mission me fut proposée.

C'est ainsi qu'au printemps 1970, après une journée de mise au courant, je me trouvai installé pour 15 jours dans un bureau de Sao Paulo, au sein d'une équipe d'une dizaine d'ingénieurs de Thomson pilotée par le général Kelly. J'avais pour outils du papier blanc, un crayon, une règle et un compas, et pour bases de données une carte du réseau des voies aériennes existant dans la région ainsi que les statistiques du trafic aérien civil brésilien.

Les spécialistes de Thomson avaient déjà fixé les emplacements des radars primaires et secondaires, ainsi que ceux des antennes radio. Chaque radar assurait la couverture d'une des grandes terminales (Rio, Sao Paulo, Brasilia et Belo Horizonte), et contribuait à la couverture de l'espace en route. Ils avaient défini les besoins en fréquences, positions de travail et moyens techniques de la défense aérienne. Ils travaillaient sur l'évaluation des sites souvent isolés et sur les réseaux de transmission à mettre en place.

Je devais, pour ma part, prévoir sur une vingtaine d'années le nombre d'avions civils présents en période de pointe dans les diverses zones pour aboutir au nombre de fréquences, de posi-

tions de travail et de moyens de traitement de l'information nécessaires pour satisfaire les besoins civils. Le Brésil était alors perçu comme un pays à fort potentiel de croissance et les prévisions sur vingt ans aboutissaient à des fourchettes d'incertitude très importantes, en fonction notamment de l'évolution de l'emport moyen des appareils. Au bout de quinze jours, j'avais rempli ma mission, et même aperçu Brasilia qui, plus de dix ans après son inauguration, avait encore beaucoup d'aspects d'une ville fantôme… mais je n'avais pu consacrer que deux ou trois heures au test des plages avant de retrouver la France.

Un des choix les plus délicats du projet était le nombre de centres de contrôle à prévoir : trois, ou un seul et, dans ce dernier cas, où l'implanter ? Thomson proposa une solution à trois centres, alors que Raytheon proposa un centre unique. Thomson fut retenu pour le contrat définitif, mais on lui demanda finalement de réaliser un centre unique implanté à Brasilia. »

1. C'était un système à modulation de fréquence très astucieux qui consistait à faire varier la pente de la modulation en fonction de l'altitude. La fréquence de battement était fixe (125 Hz) quelque soit l'altitude, ce qui permettait d'avoir une bande de réception très faible à l'inverse des systèmes classiques (mesure de la fréquence de battement pour obtenir l'altitude) et garantissait une grande précision.

TRT, le radioaltimètre tout temps

Bernard Dubois évoque ici la réalisation phare de la société dans laquelle il travaillait, TRT.

« Dans le domaine de l'aviation civile, le nom de TRT est associé au radioaltimètre. Les premiers équipements qui sont apparus au début des années soixante pour des applications civiles étaient des modèles AHV3, ils ont été intégrés au système d'atterrissage automatique de la Caravelle et ont permis le succès de l'atterrissage tout temps.

Ensuite, il y a eu l'AHV 4, commandé spécialement pour la mise au point de Concorde, suivi de l'AHV5, modèle un plus sophistiqué qui a équipé un grand nombre de compagnies aériennes et a été homologué par Douglas pour équiper ses DC-10. Son succès a certainement été dû à la très grande précision de l'information, notamment pour les faibles hauteurs, qui a été obtenue à partir d'une idée technique nouvelle et intelligente d'un ingénieur de TRT[1]*. Cette technologie nous a permis d'avoir également beaucoup de succès dans le domaine militaire, non seulement sur les avions d'armes mais aussi sur les missiles (EXOCET), parce qu'on savait mesurer avec précision des hauteurs faibles aussi bien au-dessus de l'eau que du sol. Les Américains eux-mêmes les utilisaient. Les développements ont continué ensuite avec des résultats commerciaux très significatifs auprès des compagnies aériennes et des militaires. »*

Douglas Aircraft a choisi le radioaltimètre de TRT pour équiper ses DC-10.

Conversation entre Bernard Palayret et Bernard Cambier

Passionné d'aviation, Bernard Palayret entre à l'ENAC à sa sortie de l'Ecole polytechnique et fait partie de la première promotion d'ingénieurs de la navigation aérienne. Il est affecté en Indochine à sa sortie de l'école : *« Nous avions reçu des émetteurs Sadir qui avaient été particulièrement maltraités pendant le transport, et les techniciens ne réussissaient pas à retrouver les caractéristiques des condensateurs qu'il fallait monter. J'avais encore des connaissances ENAC, j'ai fait les calculs, et ça a marché ! Là-dessus, j'ai été considéré comme un grand chef... »*

A son retour d'Indochine, il passe quelques mois en Tunisie pour remplacer le directeur de l'aviation civile avant d'être affecté à la DNA, tout d'abord comme adjoint au chef du bureau des télécommunications, puis chef du bureau, jusqu'en 1961. Bernard Palayret se souvient que l'un de ses collègues, ancien chef de circonscription, était capable de comprendre des messages en morse émis à toute vitesse tout en continuant à discuter avec ses interlocuteurs.

Lors de la création du STNA, en 1961, il est nommé adjoint au chef du service, Léonce Lansalot-Basou. Ce dernier est nommé directeur de la navigation aérienne quelques mois plus tard et Bernard Palayret lui succède à la tête du STNA.

« Je suis resté au STNA très longtemps, peut-être trop. J'ai beaucoup apprécié ce service, nous avions beaucoup plus de marges de manœuvre qu'en administration centrale, où l'on est souvent sollicité par le directeur général ou même le ministre. C'est pour cela que j'ai refusé les offres qui m'ont été faites. Ensuite, j'ai terminé ma carrière au SFACT, sans passer par l'inspection générale. J'ai eu une carrière professionnelle très intéressante. »

B. Cambier : La mise en commun des moyens industriels et commerciaux, la disparition de la concurrence franco-française et le soutien sans réserve de l'Administration ont permis à Thomson-CSF d'acquérir la position de leader sur le marché international de l'aviation civile.

B. Palayret : On y a sans doute contribué, mais l'industrie a bien répondu, les volontés allaient dans le même sens.

B. Cambier : Si l'on prend l'histoire de l'ILS, à l'origine, le STNA a confié à CSF le développement d'un modulateur à impédance constante pour corriger un défaut des ILS existants. Les progrès de la technologie ont permis de développer ensuite un modulateur statique, puis un ILS entièrement transistorisé, le LS 271, qui a été rapidement exporté, avec une première vente à Genève. En 1968, Tatiana Anodina, la jeune responsable du service technique de la navigation aérienne de l'URSS, est venue à Paris pour acquérir deux LS 271 destinés à l'ouverture des lignes internationales vers l'extrême orient, via Moscou et Tachkent. Les Soviétiques, à l'époque, n'utilisaient que le GCA. Ont suivi les ILS catégorie III, le 371 puis le 380 qui a eu un tel succès que STC, la filiale anglaise du groupe ITT, autrefois leader sur le marché, a décidé d'arrêter son activité ILS !

Restait Wilcox, qui avait un quasi-monopole du marché américain mais sans disposer de matériel de catégorie III, et que nous ne rencontrions guère à l'exportation. En 1987, Northrop, propriétaire de Wilcox, a mis en vente sa filiale ; nous avons fait la meilleure offre. Aujourd'hui, après l'absorption des activités d'aides à la navigation d'ITT (SEL et Face) intervenue en 1998, le centre de compétence ILS de Thalès est chez Wilcox, à Kansas City.

B. Palayret : Il y avait vraiment coïncidence entre les besoins de la navigation aérienne et la volonté de l'industrie de se donner les moyens de réussir.

B. Cambier : Oui, mais le STNA a été précurseur dans le développement de tous ces matériels.

B. Palayret : Nous entretenions des relations cordiales, voire amicales avec nos partenaires industriels, mais ça ne veut pas dire que nous étions aux ordres.

Ingénieur de centrale (Lille), licencié ès sciences, Bernard Cambier débute sa carrière dans l'industrie aéronautique en 1959, en entrant dans le service aviation de CSF.

Après un séjour aux Etats-Unis, où il s' occupe d'un convertisseur d'image radar télévision vendu à une centaine d'exemplaires à la FAA et de la promotion des premiers radioaltimètres transistorisés, il développe une version 2 500 ft de ce radioaltimètre.

Au terme d'une année sabbatique prise en 1961 pour suivre les cours de la Business School INSEAD nouvellement créée à Fontainebleau, il est nommé responsable commercial du secteur aviation civile de CSF, avec toutefois un intermède de deux ans pour assurer la coordination de la réalisation du simulateur radar de Brétigny.

Lors du rachat de CSF par Thomson, en 1968, Bernard Cambier est nommé directeur du bureau des affaires aviation civile à la direction générale. En 1970, il devient directeur commercial de Thomson-TVT, nouvelle filiale de Thomson-CSF, tout en conservant les activités aviation civile. Il occupe ce poste jusqu'en 1977, année au cours de laquelle intervient la fusion de la division Radar DRS et de TVT. Il prend alors la direction commerciale de la division DRS TVT, dont il devient le directeur en 1983. Il réorganise la division, constituée de 5 000 personnes, qui devient SDC, systèmes de défense et de contrôle.

En 1986, le président Gomez met en place une organisation par branches et Bernard Cambier est nommé à la tête de la branche BSDCC, qui englobe la détection, les communications et l'informatique, avec un effectif de 12 000 personnes.

Il conduit ensuite l'intégration dans Thomson-CSF des activités défense de Philips et prend la présidence de la société HSA. En 1990, il est nommé directeur général de Thomson-CSF, poste qu'il occupe jusqu'en 1994, avant de devenir conseiller du président jusqu'à sa retraite en 1997. Il continue aujourd'hui à voler en tant que pilote privé.

B. Cambier : Tout de même, cela a dû poser problème lorsque Thomson-CSF a fini par absorber presque toute l'industrie française des équipements de contrôle et de radionavigation… la situation pouvait vous obliger à lancer des appels d'offres internationaux.

B. Palayret : En fait, le STNA justifiait ses achats chez Thomson-CSF en mettant en avant la qualité et le prix, et en disant qu'il n'avait pas besoin au niveau national de trois concurrents, ni même de deux ; la France avait un champion, et il était nécessairement en concurrence au plan international.

B. Cambier : Il est vrai que CSF faisait à l'époque 80 % d'exportation.

B. Palayret : Nous connaissions les prix internationaux, ce qui nous garantissait d'obtenir des équipements au prix du marché et si, dans ces conditions, l'industriel faisait des bénéfices, c'était tant mieux pour lui…

B. Cambier : D'une certaine façon, l'Administration profitait de ce succès à l'international, car comme les séries étaient plus longues, nous amortissions les études sur un plus grand nombre d'équipements et nous diminuions les coûts de fabrication.

B. Palayret : De plus, les techniciens de la DGAC faisaient part à l'industriel des problèmes rencontrés en exploitation, ce qui permettait une mise au point plus rapide des matériels. Nous avons même mis à disposition de Thomson-CSF un ingénieur du STNA, Bernard Presle, pour apporter à l'industriel l'expérience d'un technicien de terrain.

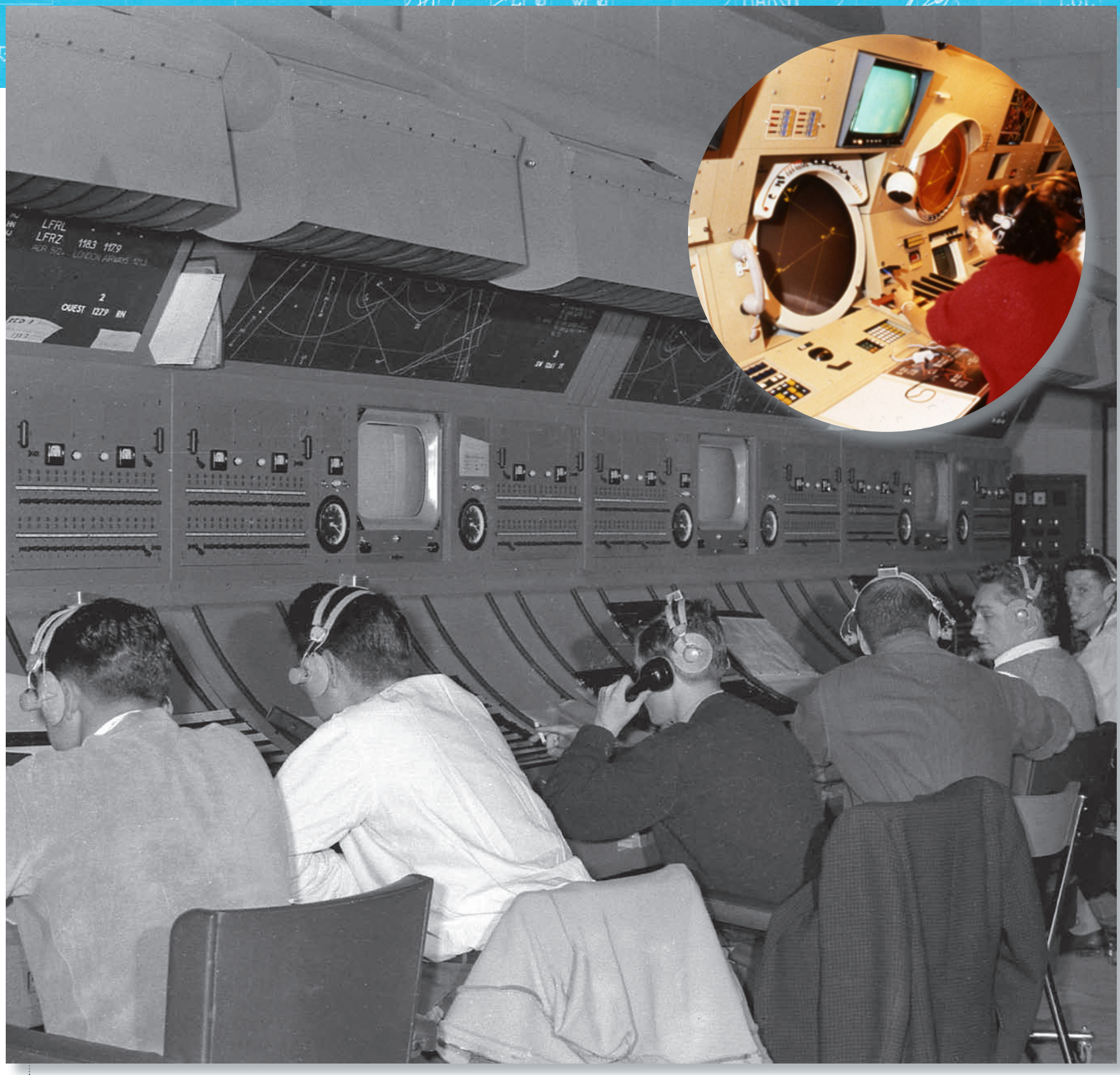
B. Cambier : Par ailleurs, à la même époque, un certain nombre d'ingénieurs de la navigation aérienne ont intégré nos équipes.

En définitive, la solution française d'interaction entre l'Administration et l'industrie est restée unique. Au plan international, à l'origine, la concurrence était anglaise, avec Marconi et Plessey, et italienne avec Selenia ; Telefunken n'existait pratiquement que sur le marché allemand. Quant aux Américains, Raytheon et Texas Instruments, on ne les voyait pas beaucoup, mais ils avaient tout de même quelques chasses gardées, comme la Suisse.

Puis les Anglais ont complètement disparu : Plessey, initialement racheté par Siemens, est maintenant dans le giron de Thalès et Marconi dans celui de Selex, nouveau nom de Selenia. Et si les italiens sont des concurrents très coriaces dans le domaine du contrôle du trafic aérien, ils ne sont pas présents sur le marché des aides à la navigation.

”

Propos recueillis par Claude Labbé et Kim N'Guyen.


LFRL
LFRZ
1183 1179
2
OUEST 1279 BN

Les progrès techniques

« *Un des radiotélégraphistes de Commodoro Rivadavia, escale de Patagonie, fit un geste brusque, et tous ceux qui veillaient, impuissants, dans le poste, se ramassèrent autour de cet homme, et se penchèrent.*

Ils se penchaient sur un papier vierge et durement éclairé. La main de l'opérateur hésitait encore, et le crayon se balançait. La main de l'opérateur tenait encore les lettres prisonnières, mais déjà les doigts tremblaient.

- Orages ?

Le radio fit "oui" *de la tête. Leur grésillement l'empêchait de comprendre. Puis il nota quelques signes indéchiffrables. Puis des mots. Puis on put rétablir le texte :*

"Bloqués à trois mille huit au-dessus de la tempête. Naviguons plein ouest vers l'intérieur, car étions dérivés en mer. Au-dessous de nous tout est bouché. Nous ignorons si survolons toujours la mer. Communiquez si tempête s'étend à l'intérieur. »

Antoine de Saint-Exupéry, *Vol de nuit*, chapitre XVII.

Ce texte de 1931 illustre parfaitement les exigences de la navigation aérienne : pour l'aéronef, se situer en permanence par rapport au sol et à ses obstacles et pouvoir communiquer avec le sol ; pour les organismes au sol, communiquer entre eux et connaître en permanence la position des aéronefs en vol ou au sol.

Dans les décennies qui ont suivi, des équipements de navigation et de communication tels que radiophare, VOR, DME, ILS, VHF et systèmes radar sont venus répondre à ces exigences ; puis les progrès de l'électronique, passée en quelques dizaines d'années des tubes à vide et des composants discrets à une intégration de plus en plus poussée, ont amélioré les performances et la fiabilité de ces équipements, tandis que l'arrivée de calculateurs performants, dotés de capacités mémoire considérables, permettaient une automatisation progressive du contrôle aérien.

Vingt ans et une foule de progrès techniques séparent ces deux images, celle de la salle de contrôle du CCR/Nord (en noir et blanc) et celle du CRNA/Est. Les écrans couleur se sont imposés dans les meubles de contrôle, où les écrans radar tiennent une place prépondérante ; ils ne sont que la partie visible de toutes les innovations amont, radar, automatisation, visualisation. Et si les femmes sont désormais présentes en salle, elles communiquent toujours avec les avions par radio, comme les générations de contrôleurs qui les ont précédées.

Etude et développement des communications, de la navigation et de la surveillance

par Arnaud Dedryvère

Polytechnicien (X 64), Arnaud Dedryvère fait partie de la promotion des ingénieurs de la navigation aérienne (1967) qui ont commencé leur cursus à l'ENAC d'Orly et l'ont achevé à Toulouse. Il a consacré sa vie professionnelle aux affaires scientifiques et techniques, tout d'abord à la DNA (1969-1971), au STNA, où il était chargé du traitement et de la transmission de données (1971-1980), puis à l'ENAC comme chef du département électronique puis directeur des études (1980-1995) et enfin en tant que conseiller scientifique du directeur de la navigation aérienne (1995-2004). Il a participé à de nombreux groupes d'experts OACI, notamment ADISP[1], ATNP et AMCP[2], où il était considéré comme l'un des grands spécialistes des questions de communications, navigation et surveillance.

Avant de témoigner des actions effectuées dans ces domaines par la DGAC, dans le cadre du STNA et de divers groupes de travail internationaux, il est important de souligner certains paradoxes de l'aéronautique.

Paradoxes

Le public attribue à l'aviation une image de modernité qui n'est peut être dépassée que par les secteurs les plus en pointe de l'informatique et de la biologie. Pourtant le tableau de bord des avions, même récents, offre encore une image digne d'un véritable musée des techniques.

Ainsi, les récepteurs de navigation par balise moyenne fréquence (MF) n'ont pas totalement disparu, c'est une technique des années trente. Les systèmes de navigation et d'atterrissage VOR et ILS datent de l'immédiat après-guerre et utilisent une bande de fréquences métriques (VHF) restée inchangée et menacée par les brouillages. Il en est de même pour la radiotéléphonie, basée sur la modulation d'amplitude, comme l'ancienne radiodiffusion que presque plus personne n'écoute en ondes moyennes ou longues. On utilise même encore la radio en HF (ondes courtes) au-dessus des océans ou zones désertiques, pas forcément en secours, souvent comme moyen primaire. Et le DME qui complète le VOR date pour l'essentiel des années soixante.

Seul le système global de navigation par satellites (le GPS américain, en attendant le système européen Galileo) est moderne ; mais, malgré ses récents compléments, qualifiés *d'augmentations*, le WAAS[3] américain et l'EGNOS européen, il n'est généralement admis qu'avec le secours des moyens classiques.

Les télécommunications mobiles par satellite peinent en effet à démarrer. L'une des raisons de ce conservatisme est l'inertie des divers intervenants : il faut dix ans pour définir un équipement

1. *Aeronautical data interchange systems panel*, groupe ayant défini un réseau d'échange intercalculateurs conçu comme une extension du réseau du service fixe des télécommunications aéronautiques. L'ADISP a été refondé ensuite sous l'appellation ATNP (*Aeronautical telecommunications network panel*).
2. *Aeronautical mobile communications panel*, groupe ayant cherché à redéfinir toutes les communications mobiles, au-delà des communications par satellite qui étaient son mandat de départ. A été fusionné après 2000 avec le panel ATN sous le sigle ACP.
3. *Wide area augmentation system*, système d'amélioration du GPS (Etats-Unis).

Antenne de la balise moyenne fréquence de Porquerolles.

Les balises moyenne fréquence

Les radiobalises ondes moyennes constituent encore en métropole et outre-mer des aides à la navigation des plus répandues, soit comme radiophares omnidirectionnels (NDB) pour la navigation en route, soit comme radiobalises pour l'approche des aérodromes (Locator).

Compte tenu des puissances mises en jeu et de la bande de fréquences, il fut possible dès 1961 de faire développer un équipement entièrement transistorisé, en particulier pour les radiobalises dont la couverture ne devait pas excéder 50 miles nautiques (90 km).

Cette étude a abouti à la réalisation d'une radiobalise composée d'un émetteur de 50 watts et d'une antenne de 21 mètres. Une cinquantaine d'installations de ce type sont en service, dont plusieurs outre-mer. L'installation d'un équipement complet est très rapide (moins d'une journée après préparation du terrain). La stabilité des réglages et la fiabilité de l'ensemble rendent très rares les interventions du personnel de maintenance.

Extraits de la *Revue technique du STNA* n° 3, novembre 1968.

La haute fréquence

La transmission d'informations en haute fréquence est utilisée pour les besoins propres à l'aviation civile dans deux domaines : liaisons point à point et liaisons air-sol dans des régions du globe où il est difficile, sinon impossible, d'établir ces liaisons par câbles filaires ou hertziens, ou d'assurer une couverture de l'espace aérien en VHF.

Il est vraisemblable que dans un avenir plus ou moins proche ces liaisons pourront être assurées par l'intermédiaire de satellites sur l'Atlantique, le Pacifique, l'Afrique, etc.

Actuellement, dans ces régions, il existe des réseaux HF importants constitués à partir d'équipements HF émetteurs et récepteurs conçus et installés depuis plus de vingt ans pour certains et dont le renouvellement s'impose. Par ailleurs, dans le but d'accroître le nombre de canaux disponibles, d'améliorer la qualité des liaisons et de réduire les brouillages, il a été décidé, au niveau international, de généraliser les modes de fonctionnement à bande latérale unique ou bandes latérales indépendantes (BLU et BLI) qui exigent, entre autres, une excellente stabilité en fréquence.

Le STNA a donc été conduit à faire développer de nouveaux équipements permettant d'assurer le trafic sur ces nouvelles bases.

La société Nardeux, retenue à la suite d'un appel d'offres lancé en 1973, a développé un émetteur de faible puissance et un amplificateur qui, associé au matériel précédent, permet d'obtenir une version de forte puissance. La réalisation de circuits à large bande couvrant toute la gamme de fonctionnement, une transistorisation aussi poussée que possible, les possibilités de synthèse des fréquences et de télécommande à distance font de ces émetteurs des appareils d'une grande facilité d'exploitation, d'une utilisation simple, sûre et automatique et d'une grande fiabilité.

Extraits de la *Revue technique du STNA* n° 17, septembre 1979.

et l'industrialiser, puis une dizaine d'années supplémentaires aux compagnies et à l'aviation générale pour s'équiper. Immobiliser les avions pour les mettre à niveau est cher et doit se faire par rotation ; tant que la majorité n'est pas équipée, ce sont les retardataires qui bloquent les avantages espérés globalement. Le coût de la certification constitue une deuxième cause de lenteur : on garde les équipements périmés parce que certifiés. L'absence de volontaires pour faire les tests de certification explique en grande partie le retard des nouveaux équipements et le semi-abandon du système de guidage à l'atterrissage MLS[1] qui fut défini il y a une trentaine d'années.

Il existe une « autorité de la chose certifiée ». Pourtant certains systèmes, certifiés de longue date, ne repasseraient plus avec succès les nouveaux tests de certification, tout comme nombre de conducteurs confirmés qui auraient à affronter à nouveau les épreuves du permis de conduire.

1. *Microwave landing system.* Défini pour remplacer l'ILS, le MLS devait permettre des axes d'approche multiples.

Quarante ans de progrès technologiques séparent le cockpit du Douglas DC-4 de celui de l'Airbus A 320, et pourtant, derrière les écrans et les boîtiers de commande, on retrouve les mêmes ILS, VOR, DME et VHF.

C'est vrai également pour les divers logiciels au sol ou embarqués. Jusqu'à la fin des années quatre-vingts, la FAA a maintenu en service aux USA des matériels de contrôle du trafic aérien basés sur la série IBM 360 et encore fabriqués sur demande, avec des logiciels très anciens et compliqués progressivement, mais éprouvés par l'usage.

De même, les automatismes embarqués font appel à des processeurs dépassés dans la vie courante, qui en connaît de beaucoup plus performants : chacun utilise chez soi des machines plus rapides et disposant de plus de mémoire, ce qui ne signifie pas qu'il serait prêt à confier sa vie à leur système d'exploitation, qu'il voit « se planter » mystérieusement et régulièrement…

Retenons tout de même que l'on peut soutenir l'industrie en l'aidant à perfectionner des systèmes anciens : ainsi l'aide au développement de nouveaux émetteurs et récepteurs sol et bord en radiotéléphonie traditionnelle analogique, dans des canaux réduits à 8,33 KHz, conduira à un succès notable après 1990.

Défendre les champions industriels

En France comme ailleurs, la puissance publique a suscité puis défendu des industriels dans le domaine aéronautique au sens large : Aérospatiale (devenue Airbus), Thomson-CSF (devenu Thalès), TELERAD (émetteurs/récepteurs), etc. L'achat par l'Etat de radars, d'aides à la navigation et à l'atterrissage ou d'équipements radio a évidemment aidé les industriels à se fortifier puis à exporter.

Dans certains domaines, l'Administration a même développé des produits avec ses propres personnels : les logiciels du CAUTRA en sont l'exemple le plus fameux, mais c'est vrai également pour le RSFTA (réseau du service fixe des télécommunications aéronautiques).

Deux ingénieurs du STNA, Robert Chartier et Jean-Pierre Garric, ont largement développé le logiciel du système de commutation de messages dénommé « DS 4 » (ce sigle industriel était utilisé couramment pour parler de cet équipement) qui, relié directement au CAUTRA, devait acheminer les plans de vol, dans un ensemble très homogène et en avance sur son époque, en plus des divers messages de service. Le DS 4 a semble-t-il été peu vendu à l'exportation.

Un autre industriel français, Alcatel - dans son périmètre des années soixante-dix - a vendu des commutateurs de messages à Eurocontrol et à l'ASECNA. A l'époque, Philips dominait cette part de marché. Enfin, Thomson a développé et exporté un système de contrôle de trafic aérien (Aircat) basé sur les principes généraux du CAUTRA, mais avec des matériels et logiciels différents.

Le RSFTA

L'automatisation du principal centre français du réseau du service fixe des télécommunications aéronautiques vient d'être effectuée au bureau central des télécommunications de Paris - Athis-Mons. La mise en service de ce centre s'est effectuée dans des conditions excellentes le 23 mai dernier entre 23 h 45 et 23 h 55 TU. Etudié pour écouler 1 500 messages pendant l'heure chargée, le centre a, dès sa mise en service, répondu à ce qu'on attendait de lui : écoulement d'un trafic important dans des délais minima, sécurité élevée, grande souplesse d'exploitation, entretien très faible, personnel d'exploitation réduit. Il s'agit d'un bond dans l'utilisation de la technologie électronique, entraînant avec lui une diminution notable du coût d'exploitation.

Dès 1964, la direction de la navigation aérienne, devant l'augmentation du trafic, les exigences croissantes de rapidité et de sécurité des liaisons, avait jugé indispensable d'automatiser le centre de Paris. Ce nouveau centre est en fait le premier centre automatique du RSFTA présentant une aussi grande fiabilité d'exploitation.

Extraits de la *Revue technique du STNA* n° 2, avril 1968.

Jusqu'à fin 1972, le RSFTA français était géré par trois centres disposés en triangle : un centre entièrement automatique, d'une capacité de 112 lignes 50 bauds, situé à Athis-Mons près de Paris (il s'agissait d'un DS 3 de la Compagnie générale de constructions téléphoniques, la CGCT) et deux centres plus anciens, de capacité et performances inférieures, situés à Bordeaux et Aix-en-Provence.

La technique moderne permettait de traiter l'ensemble du trafic télégraphique français avec un seul centre. Sa capacité a été fixée à 256 lignes lentes sur lesquelles il peut travailler à la demande à 50, 75, 100 ou 200 bauds. Le système DS 4 est constitué principalement par deux calculateurs CT21 de la CGCT qui travaillent en parallèle. Chacun des calculateurs est muni d'une mémoire rapide à ferrite de capacité 24 000 mots de 21 bits, et d'une mémoire à grande capacité constituée par un tambour de 16 mégabits.

Le centre d'Orléans-Bricy a été mis en service le 15 novembre 1972 en remplacement de celui d'Athis-Mons. Les abonnés reliés aux centres d'Aix-en-Provence et de Bordeaux ont été progressivement raccordés. Le trafic écoulé par le centre d'Orléans est d'environ 25 000 messages entrants et 50 000 messages sortants par jour. Sa capacité devrait lui permettre d'accepter 7 200 messages entrants par heure de pointe. Le principal abonné est le coordinateur automatique du trafic aérien (CAUTRA). Le système est raccordé aux centres correspondants de l'armée de l'Air et de la Marine ainsi qu'au centre SITA.

Extraits de la *Revue technique du STNA* n° 9, juin 1974.

Des systèmes à usage général, ou spécifique ?

Les normes des systèmes relatifs à la communication, la navigation et la surveillance figurent dans des annexes à la Convention de Chicago, volumes techniques qui n'ont cessé de croître depuis la création de l'OACI et s'imposent aux organismes de contrôle et aux divers opérateurs. Dans le domaine CNS, l'annexe 10 est la référence.

Les aéronefs étant seuls à naviguer en trois dimensions dans l'atmosphère, on comprend que l'OACI ait développé des normes spécifiques de radionavigation et d'atterrissage, quoique des systèmes communs avec la Marine aient existé (si le DECCA a été vite écarté, le LORAN et l'OMEGA ont subsisté longtemps). Le GPS propose, à nouveau, un système universel.

Le radar primaire utilise la réflexion passive des ondes par les cibles et obstacles. Le radar secondaire[1], à l'origine purement militaire, déclenche des réponses actives et nécessite la collaboration de la cible. Les divers types de radar primaire utilisés par l'aviation civile sont assez différents de ceux de la Marine ou de l'armée de l'Air ; pourtant ils sont peu décrits dans l'annexe 10, contrairement aux radars secondaires et à tous leurs composants annexes, transpondeurs, système anticollision embarqué, « squitter », c'est-à-dire émission aléatoire spontanée du transpondeur du radar secondaire, utilisée notamment pour l'ADS[2].

Le principe même de ce système où toutes les interrogations se font sur la fréquence 1030 MHz et toutes les réponses sur 1090 MHz, sans qu'une saturation soit prohibitive à moyen terme, grâce à divers perfectionnements ingénieux, reste un sujet d'étonnement pour les experts extérieurs à l'aviation ; il est sans équivalent ailleurs. Par contre, l'aviation n'est pas seule à communiquer. L'existence de normes de communications air-sol (accessoirement air-air) et sol-sol spécifiques plutôt que standards peut être remise en question.

Le réseau de télécommunications fixes, précédemment cité, était à l'origine entièrement manuel. L'automatisation qui a suivi, ainsi que la centralisation (le DS 4 a remplacé trois centres situés à Orly, Bordeaux et Aix-en-Provence) n'ont jamais masqué cette origine qui transparaissait dans les procédures. A la même époque, les Postes et Télécommunications promouvaient le télex, basé sur des normes très différentes. On utilisait d'ailleurs le RSFTA pour des messages de service comme on aurait fait avec le télex. Le système avait sa justification et les compagnies aériennes avaient des réseaux semblables, soit en

1. En anglais *secondary surveillance radar*, SSR.
2. *Automatic dependent surveillance.*

coopération (SITA) soit en propre (Air France) ce qui maintenait un marché étroit et en régression où Philips a fini par renoncer.

Les appels d'offres en France et ailleurs ont donc conduit à des systèmes hors catalogue et la dispersion des équipes compétentes a provoqué de forts dépassements des budgets. Il était évident, dans les années quatre-vingt-cinq, que l'arrivée d'Internet et des PC allait bouleverser la donne.

Les télécommunications mobiles (air-sol) de l'aviation restent très spécifiques et se maintiennent même, par un renfort d'ingéniosité qui suscite l'étonnement et parfois l'irritation des spécialistes en télécommunications générales, surtout s'ils visent la bande de fréquences correspondante. La Marine se trouve dans la même situation avec ses transporteurs et ses quelques centres de contrôle, mais les spécificités (vitesse, horizon radio) gênent la constitution de normes communes.

Il faut rappeler d'ailleurs que la radiotéléphonie aéronautique utilise une modulation d'amplitude à double bande latérale et continue à la perfectionner (réduction de l'espacement à 25 KHz et récemment à 8,33 KHz pour la voix).

Pendant ce temps, les opérateurs de téléphonie ont développé des réseaux basés sur des techniques numériques innovantes : ils ont pu faire ainsi une transition brutale dans une bande entièrement nouvelle, ce qui en revanche n'est pas possible pour l'aéronautique.

Hommage doit être rendu ici à Maurice Chef, pendant de longues années président du groupe OACI de coordination des fréquences. Il avait une mémoire étonnante et des fichiers bien organisés. Il fut l'un des rares à présider en français un groupe technique de l'OACI (Olivier Carel en est un autre exemple). M. Chef savait trouver rapidement des solutions aux problèmes de brouillage et intervenait comme expert à l'Union internationale des télécommunications (UIT).

Dans la délégation française à l'UIT, la DGAC occupe un poste de conseiller comme le font dans d'autres délégations les Administrations d'autres pays. Le monde de l'aéronautique considère les télécommunications nécessaires à la sécurité du trafic aérien comme devant échapper aux enjeux commerciaux ; pour autant, sa volonté de garder les bandes de fréquences qu'elle considère lui être réservées est le plus souvent mal perçue.

En effet, pour les experts généralistes en télécommunications, l'aviation civile n'est qu'un lobby parmi d'autres, comme les opérateurs de télépéage ou de scanners industriels et les

La saturation VHF

De l'accroissement du nombre des fréquences des liaisons air-sol et de l'utilisation des canaux rapprochés (50 KHz et 25 KHz) ont résulté un nombre important de nuisances dont les principales sont la déformation des diagrammes de rayonnement des aériens et la limitation des portées radioélectriques, les brouillages, sifflements, phénomènes d'étouffement et zones d'ombre, l'apparition de nombreuses raies d'intermodulation de haut niveau.

Les plaintes des exploitants, chaque jour plus nombreuses, et les risques d'accidents graves ont amené le STNA à concevoir un nouveau type de station appelé « station intégrée ».

Le système est basé sur la concentration des aériens sur une même verticale afin d'obtenir des découplages très importants et des diagrammes de rayonnement non déformés, la diminution du nombre des aériens par l'utilisation de multicoupleurs, l"utilisation d'émetteurs et de récepteurs aux performances améliorées.

Extraits de la *Revue technique du STNA* n°25 d'octobre 1983.

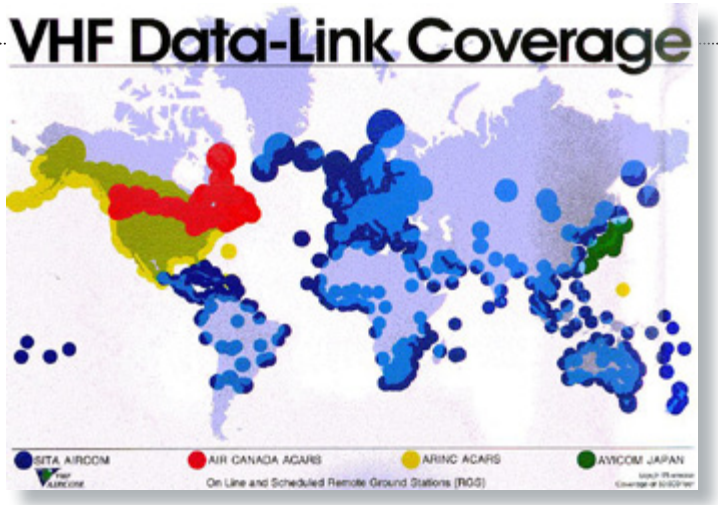
En Europe, il existe un net déficit de canaux disponibles dans la bande VHF pour satisfaire les besoins présents et futurs en communications vocales. Cette situation se traduit par une réelle saturation en Europe de l'Ouest, là où la densité de trafic et des services de communication est la plus élevée. D'où l'impossibilité d'ouvrir de nouveaux secteurs de contrôle ou de restructurer l'espace. Par ailleurs, le trafic continue de croître régulièrement.

Pour remédier rapidement à la pénurie de canaux en Europe, la solution retenue est analogique et conserve la même modulation que le système actuel, soit une modulation d'amplitude à deux bandes latérales. Néanmoins, elle est efficace, puisqu'elle triple de nombre de canaux dans la bande (2280 au lieu de 760), la largeur du canal passant ainsi de 25 à 8,33 KHz.

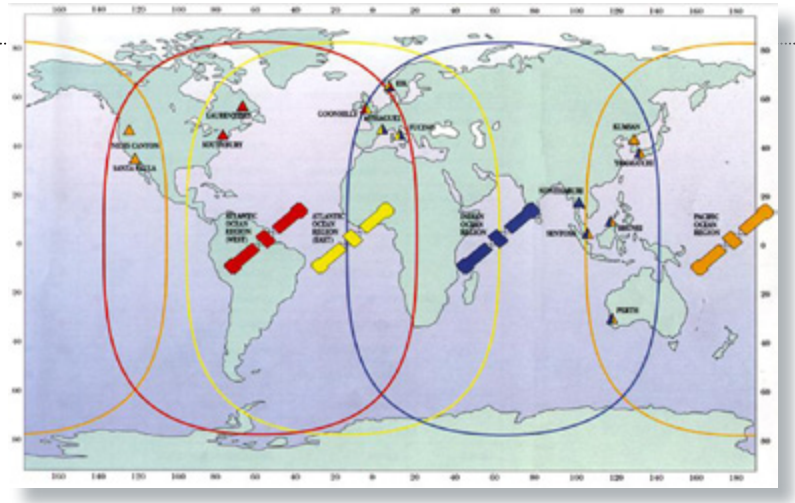
Pour permettre d'exploiter ces canaux plus étroits, les performances demandées aux équipements d'émission/réception sont plus élevées (stabilité des oscillateurs locaux fortement améliorée, sélectivité des récepteurs au moins deux fois plus importante, un peu plus de linéarité des amplificateurs compte-tenu d'un gabarit spectral des émetteurs plus étroit). Aucune difficulté de réalisation, mais petite incidence sur le coût de ces nouveaux équipements, surtout dans l'aviation générale.

Un scenario prévoyant de limiter la phase initiale à l'espace supérieur des pays de l'Europe occidentale éprouvant déjà des problèmes de congestion de fréquence, de mettre en service les canaux de manière coordonnée entre pays concernés et de mettre en place un mécanisme permettant d'identifier au niveau du plan de vol l'équipement de l'avion avec des radios compatibles 8.33 a été entériné par le groupe européen de planification de navigation aérienne (GEPNA).

Extraits de la *Revue technique du STNA* n° 51, décembre 1996.



Couverture ACARS assurée en VHF par les différents opérateurs.



INMARSAT met en œuvre un système de communications au moyen de satellites qui, judicieusement positionnés, assurent une couverture mondiale.

radioastronomes. Ils prétendent même que des systèmes à usage général pourraient nous convenir ; mais il n'existe pas d'opérateur généraliste pouvant proposer un système universel. Par ailleurs, les différentes armées et forces de l'ordre se créent des systèmes fermés et incompatibles entre blocs antagonistes.

Dans les années soixante-dix, le consortium ARINC a défini une transmission de données air-sol ACARS[1] à l'usage commercial et technique des compagnies aériennes, occupant un ou deux canaux de la radiophonie VHF, le tout sans normalisation OACI.

Dans les années soixante-dix toujours, le CNES a proposé à la communauté aéronautique le système de communications par satellite DIOSCURES : il n'a pas débouché, faute d'un accord international. Jamais un projet de satellite de communications purement aéronautique n'a pu être mis sur pied depuis.

Un système destiné à la Marine (INMARSAT) a été implanté et en est actuellement à sa quatrième génération. Dès la fin des années quatre-vingts, ce système a été proposé à des utilisateurs non maritimes, et certains avions gros porteurs ont été équipés à cette fin d'antennes à balayage électronique. Les compagnies ont pu proposer des liaisons téléphoniques vocales à leurs passagers tandis que pilotes et mécaniciens étaient invités à utiliser les liaisons de données moins chères, véritable extension de l'ACARS. Ultérieurement, le contrôle du trafic aérien a utilisé l'ACARS dans ses versions continentale (VHF) et océanique (par satellite) dans l'attente de systèmes dédiés. Toutefois, il ne s'agit pas encore de systèmes dans lesquels temps de réponse, fiabilité et disponibilité soient garantis.

La normalisation par les Etats et organismes publics, de l'apogée à la crise

La période 1945-1990 a connu l'apogée du volontarisme de l'Etat en matière industrielle, particulièrement en France (Aérospatiale avec les Airbus, CNES avec les débuts d'Ariane, SNCF avec le TGV, EDF avec les centrales nucléaires).

Les opérateurs historiques de télécommunications européens (dont notre direction générale des télécommunications, appuyée sur le CNET) ont réussi à promouvoir le GSM en téléphonie mobile et les normes X25 pour le réseau dénommé Transpac, face au scepticisme des USA qui ont freiné tant qu'ils ont pu.

Le contrôle du trafic aérien était assuré presque partout par des Administrations classiques qui poussaient à la définition, par l'OACI, de normes techniques spécifiques.

Participer à des groupes de travail est pour les différents Etats un moyen de soutenir leur industrie mais aussi leur image internationale. Les USA s'appliquaient comme toujours à contrer les initiatives qui concurrençaient des idées conçues chez eux. Les experts de la DGAC ont toujours été très actifs dans les groupes de travail de l'OACI, en particulier ceux consacrés à la communication, la navigation et la surveillance : ADISP pour les liaisons sol-sol, AWOP[2] pour l'atterrissage, FANS[3],

1. *Airborne communication addressing and reporting system*, système de transmission de données air-sol utilisé par les compagnies.
2. *All weather operations panel.*
3. *Future aeronautical navigation systems*. Comité ayant défini des nouveaux concepts plutôt que des systèmes. Exemples : ADS, surveillance dépendante automatique, critères de performance requis en communications et en navigation.

AMCP[1] pour les communications mobiles, SICASP[2] pour le radar secondaire et l'anticollision, ASTRA pour les satellites aéronautiques, ATCAP pour l'automatisation.

La DGAC a soutenu l'effort de normalisation de réseaux de données, du MLS, du radar secondaire mode S, du système anticollision embarqué, etc. Si nous avons pu soutenir une industrie des systèmes au sol, les tentatives de développement des systèmes embarqués ont été beaucoup plus difficiles et sont restées précaires : les récepteurs de radiotéléphonie ou de radionavigation, les transpondeurs radar sont presque tous américains, tout comme les altimètres.

Dans le cadre de groupes de travail de l'OACI, des normes spécifiques ont été abandonnées, à juste titre, au profit de normes plus générales écrites par d'autres organismes (ISO[3], CCITT[4]). Il ne suffit d'ailleurs pas de publier des normes publiques pour éviter l'utilisation de normes industrielles privées. Nous connaissons l'existence de normes pour la numérisation du son et de la vidéo : cela n'empêche pas Microsoft et Apple de commercialiser des produits différents, incompatibles entre eux et très répandus.

Le réseau d'échanges de données le plus connu, Internet, qui commençait à percer dans les années quatre-vingts, est basé sur les protocoles IP (*internet protocol*) qui précisément prennent de larges libertés avec les normes officielles internationales. Ces protocoles sont définis tacitement par les opérateurs les plus puissants. Ils sont en principe moins bons mais sont disponibles « sur étagère » et régulièrement entretenus, donc peut-être finalement meilleurs, du moins dans les conditions les plus courantes.

Après une inflation de textes normatifs, dont certains ont un retard d'application important et dont d'autres ont été effacés sans avoir été appliqués, l'OACI s'oriente difficilement vers un « minimum normatif », d'une part en se référant à des normes extérieures quand elles existent et en les reléguant dans des appendices, d'autre part en ne publiant si possible que des critères généraux.

Les années quatre-vingts ont vu apparaître dans les groupes OACI des experts d'Eurocontrol avec qui la France collabore. Les études et prototypes font appel à des consortiums internationaux de bureaux d'études, tandis que les sommes engagées sont de plus en plus importantes.

Certains pays ayant confié le contrôle du trafic aérien à une agence autonome, voire commerciale (GB, RFA), ont tendance à laisser les études à la charge des autres, écouter simplement ce qui se dit dans les groupes et privilégier les solutions « sur étagère ».

Les compagnies aériennes, aéroports et opérateurs de trafic aérien ont quant à eux montré une réticence croissante à utiliser les nouveaux systèmes qui leur étaient proposés et parfois même les nouveaux concepts.

Bilan de l'action industrielle de la DGAC[5]

La fin des années quatre-vingts paraît avoir été une période d'apogée : Airbus arrivait à percer, nous exportions des radars de divers types, des aides à la navigation et à l'atterrissage, des systèmes de contrôle de trafic aérien, Alcatel était pionnier en commutation temporelle (voix et données).

La France prévoyait de prendre sa part dans des projets annoncés comme prometteurs par les augures internationaux : MLS, télécommunications par satellites dédiés, data link permettant de nouvelles méthodes de contrôle.

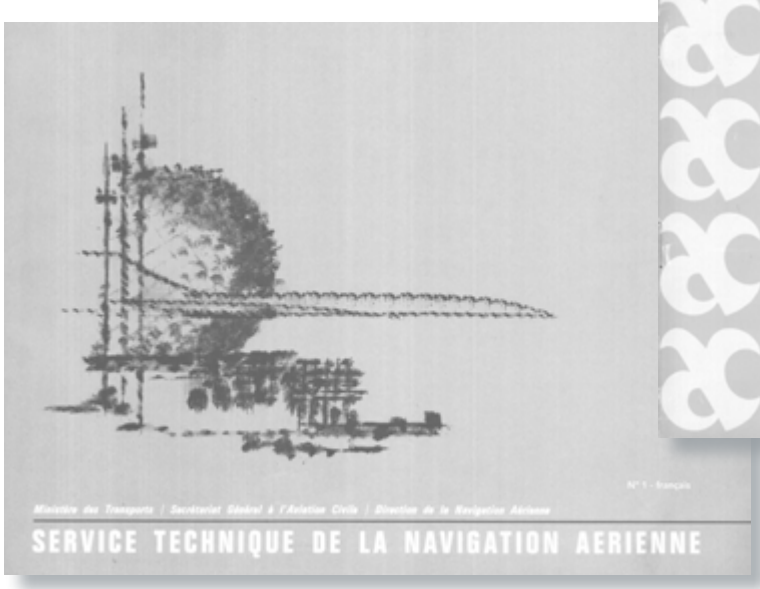
Au niveau mondial, les réalisations n'ont pas suivi les projets, et les industriels français qui s'y sont engagés ont été malchanceux. Des concurrents à ces industriels sont apparus, tandis que certains se reposaient sur leurs lauriers et voyaient des appels d'offres européens et même nationaux leur échapper.

La FAA a été successivement moteur puis frein aux objectifs initiaux du radar mode S et des liaisons de données comme nouveaux outils des contrôleurs.

L'Aviation civile a même dû rendre des bandes de fréquences prévues pour des liaisons par satellite faute de les avoir utilisées, et ce qui reste des bandes prévues pour le MLS est particulièrement menacé.

En définitive, à l'exception notable de la construction aéronautique, des automatismes embarqués et, dans un autre domaine, des lanceurs spatiaux, les industriels français de l'air et de l'espace ont aujourd'hui perdu des parts de marché, comme c'est le cas pour d'autres secteurs de l'économie nationale… ■

1. *Aeronautical mobile communication panel.*
2. *SSR improvement and collision avoidance systems panel*. Ce groupe a retenu un système autonome anticollision embarqué, extension du transpondeur (proposé par la FAA).
3. *International standard organization.*
4. Comité consultatif international téléphonique et télégraphique (groupe de l'UIT).
5. L'auteur tient à souligner qu'il estime ne pas détenir tous les éléments pour un bilan d'ensemble ; il considère toutefois que le domaine d'activité auquel il s'est intéressé a moins bien résisté à la crise que d'autres.



Du bulletin d'informations à la revue technique du STNA

« L'extrême complexité des installations, la diversité des matériels utilisés, leur renouvellement rapide dû tant à l'évolution continue de la technique qu'à l'augmentation sans cesse croissante de la circulation aérienne ont fait apparaître la nécessité d'établir et diffuser un bulletin d'informations destiné à faire connaître les nouvelles installations projetées ou en cours d'exécution, ainsi que les matériels nouveaux à l'étude ou en cours d'acquisition. »

Tel était l'objectif que se fixait le premier *Bulletin d'informations* du STNA, publié en mai 1967. Créé à l'initiative de Bernard Palayret, publié en français et en anglais, le bulletin entendait s'adresser à un large public de professionnels, aussi bien membres de l'Administration qu'extérieurs à elle. Ce premier numéro abordait l'atterrissage tout temps, les aides à l'atterrissage, le système d'atterrissage aux instruments, les sondes radioaltimétriques et le radiogoniomètre automatique VHF transistorisé.

Devenue en avril 1988 la *Revue technique du STNA*, la publication s'est poursuivie de façon régulière, au rythme d'environ deux numéros par an, jusqu'à la disparition du STNA en 2005. La direction de la technique et de l'innovation (DTI), succédant au STNA, a immédiatement repris la publication à son compte.

Bulletins d'informations et revues techniques du STNA constituent aujourd'hui des documents historiques majeurs pour la mémoire de la navigation aérienne et, de façon plus générale, pour l'histoire des techniques.

Le contrôle en vol des aides radio

par Georges Barbara, Jacques-Paul Davadant et Olivier Carel

Ancien élève de Polytechnique et INA 58, Olivier Carel est affecté à sa sortie de l'ENAC au CENA nouvellement créé, à la tête du département en charge du contrôle en vol où il anime en particulier les réflexions sur le développement du SAVVAN. En 1967, il quitte le CENA pour le CNES, puis rejoint le STNA en 1971. Tout au long de sa carrière, Olivier Carel a été un membre très actif et reconnu à l'OACI, en particulier au sein du groupe sur les opérations tout temps (AWOP) et du comité FANS chargé d'élaborer les systèmes futurs. Il a terminé sa carrière en tant que conseiller scientifique du directeur de la navigation aérienne.

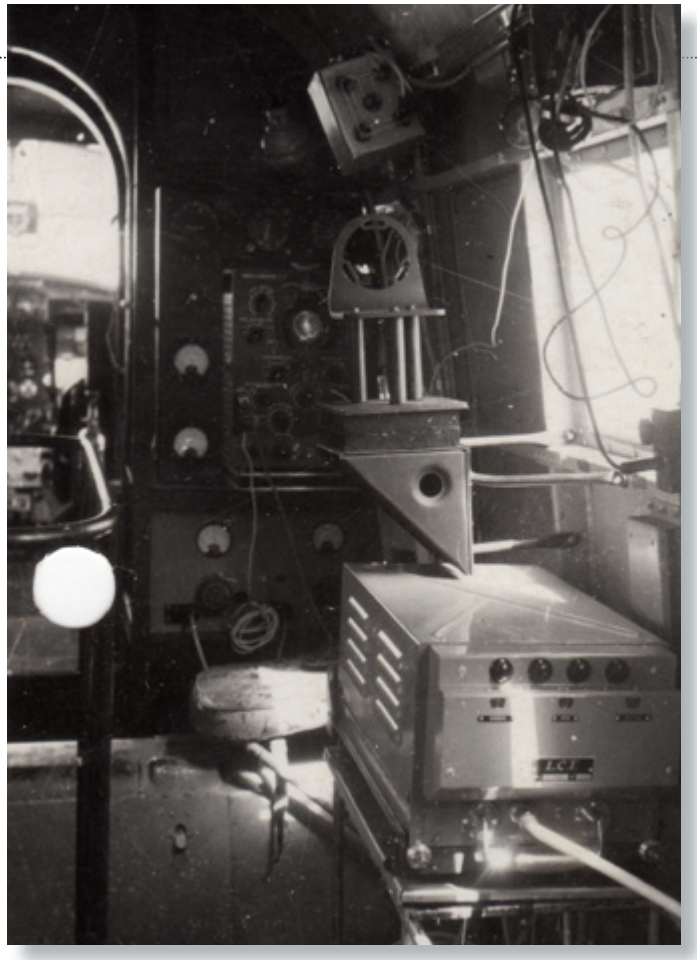
L'activité de la division chargée du contrôle en vol des aides radio correspond à ce qu'attendent de leur métier nombre d'ingénieurs et de techniciens de l'aviation civile : concevoir des systèmes sophistiqués et les exploiter au sol et en vol, aussi bien en France métropolitaine que dans les DOM TOM et à l'étranger. L'augmentation constante du nombre de moyens de radionavigation à contrôler et des coûts correspondants a naturellement conduit à améliorer les méthodes de travail et à développer des systèmes plus performants.

Les VOR, DME, et ILS sont des systèmes de radionavigation basés sur des réseaux d'antennes complexes. La maintenance de ces aides, faite au sol, ne garantit pas que l'usager en vol reçoive un signal exempt d'erreurs : réflexions des ondes sur divers obstacles ou multitrajets, brouillages causés par d'autres émissions radio ou, tout simplement, erreurs humaines.

Depuis l'après-guerre, il est admis qu'il faut contrôler en vol les aides radio à leur mise en service, puis lors d'essais périodiques. En France, cela exige deux avions, une petite équipe de personnel technique, du matériel de mesure, d'enregistrement et de traitement des données. Le point plus délicat est la trajectographie, c'est-à-dire le moyen de localiser l'avion avec une précision meilleure que celle de l'aide à contrôler.

L'encre et le papier

En France, l'histoire du contrôle en vol commence en 1948. A cette époque, le service des télécommunications et de la signalisation avait en charge les aides radio héritées de la Seconde Guerre mondiale : quatre ou cinq aides à l'atterrissage et autant d'aides à la navigation. Le groupement aérien du SGACC était responsable des avions laboratoires avec un Junkers JU-52, un Nord 1100, un Douglas DC-3 et un Siebel NC-702, puis un SNCASO SO-95. En 1962 et 1964, deux DC-3, le F-BFGX et le F-BEIG, furent mis à la disposition du contrôle en vol pour une longue carrière.



Banc de contrôle monté dans le Siebel F-BBFS (1950).

Les bureaux étaient situés à Paris, le laboratoire et les avions basés au Bourget, dans le hangar 10 qui existe toujours. L'équipe opérationnelle cohabitait avec les pilotes, les mécaniciens et les radionavigants. Les ingénieurs avaient un statut de membre d'équipage et bénéficiaient ainsi du traitement correspondant en escale, mais les techniciens devaient se contenter des maigres indemnités journalières consenties aux personnels de la Fonction publique en mission.

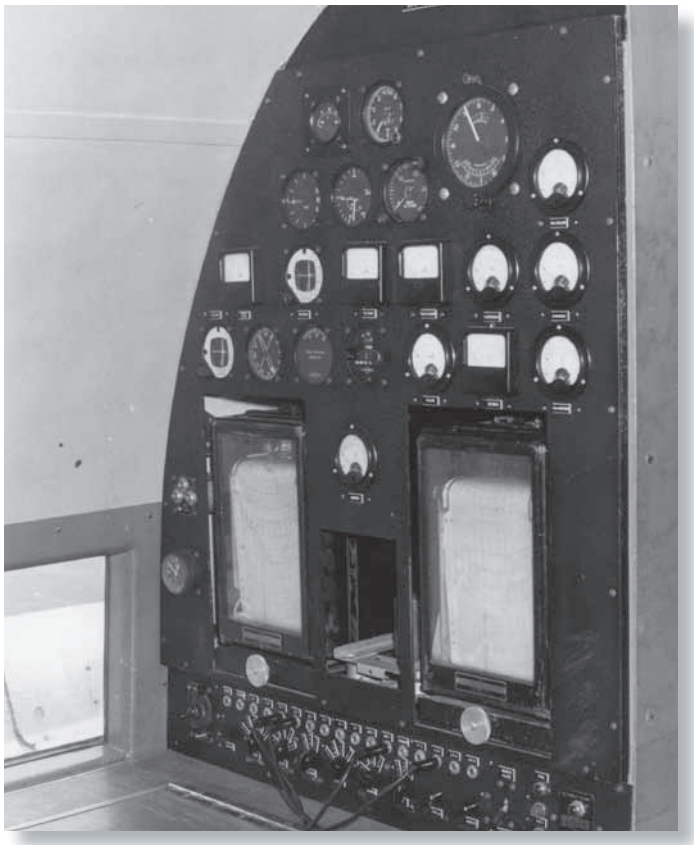
Les aides radio sont contrôlées à trois niveaux :

- un contrôle permanent, effectué par les monitors des installations au sol ;
- l'intervention périodique des équipes de maintenance ;
- le contrôle en vol, pour lequel l'OACI recommandait une périodicité de trois mois.

Après bien des débats, il fut établi que l'objectif principal du contrôle en vol, en dehors de la recherche des multitrajets, était la concordance des mesures sol et bord après vérification préalable des générateurs étalons des deux parties. La maintenance doit réviser l'aide avant le passage de l'avion, en réajustant au besoin les réglages pour avoir les mêmes résultats qu'à la mise en service ; l'essai en vol vérifiera s'il n'y a rien à modifier aux méthodes et aux outils de la maintenance. Des tolérances, très minces mais non nulles, sont autorisées et entrent dans les calculs probabilistes de la certification des opérations tout temps. Tout désaccord doit être étudié : l'aide est retirée du service ou déclassée si le désaccord reste inexpliqué.

Les premiers ingénieurs en vol français utilisaient les procédures d'un manuel américain ; en effet, le document 8071 de l'OACI ne fut découvert qu'au début des années soixante-dix. Sur les deux DC-3, les principaux outils de travail étaient des bancs de mesures analogiques. Des galvanomètres mesuraient les courants de sortie des récepteurs, leurs taux de modulation, etc. Des enregistreurs à papier et encre stockaient tout cela en vue d'un dépouillement méticuleux, au bureau, pour aboutir à des comptes rendus.

Installation de contrôle montée, côté gauche, à bord du DC-3 F-BEIF (1954).



Georges Barbara, ingénieur diplômé de l'ENAC (ITNA/TS promotion 60), a commencé sa carrière au CENA en 1965 à la division navigation aérienne, atterrissage et contrôle en vol où il a en particulier dirigé le projet SAVVAN. Il est nommé chef de la subdivision études lors du transfert du contrôle en vol au STNA, en 1973, puis responsable de la division en 1980. Georges Barbara a été au cœur des développements des systèmes embarqués et de leurs évolutions. Il a terminé sa carrière à Sofréavia-Service comme chargé de mission des contrats à l'export et assurance qualité.

Dans les premiers temps, la trajectographie de référence était fournie par un théodolite manuel. Les techniciens devaient descendre leur matériel de l'avion et l'installer près de l'aide à contrôler. L'ingénieur, dans l'avion, notait au crayon sur le papier que déroulait l'enregistreur les indications du théodolite transmises par VHF.

Les ILS étaient contrôlés chaque trimestre et les VOR et DME chaque année. Le programme prenait souvent du retard, souvent pour cause de visibilité insuffisante, ou lorsqu'un des avions passait en grande visite. A la fin des années soixante, l'activité s'accrût avec l'augmentation du nombre d'aides à calibrer (le STNA installait plusieurs ILS et VOR chaque année) et les nombreuses interventions outre-mer, aux Antilles et Guyane et à l'étranger, en Yougoslavie, au Moyen-Orient, dans l'océan Indien, en Algérie. Le domaine à contrôler comprenait aussi Berlin-Tegel, le terrain de la zone française de Berlin.

Outre-mer, diverses solutions furent essayées, aucune ne convenant parfaitement : avions de divers statuts, utilisés avec un banc mobile envoyé par Paris, ou contrats avec des Aviations civiles étrangères.

En 1960, le centre d'expérimentation de la navigation aérienne, implanté à Orly, prit en charge le contrôle en vol. En 1968, les bureaux et le laboratoire jusqu'alors au Bourget furent transférés à Orly.

Réacteurs et informatique

En 1969, la DGAC reçut deux jets Dassault Mystère 20, le F-BMKK et le F-BNRH. Ces avions avaient été financés par l'Etat pour des raisons de politique industrielle ; il fallait maintenant leur trouver un usage. Ils furent affectés au contrôle en vol, mais leur coût à l'heure de vol était considérable. Le F-BMKK reçut une version modernisée des installations des DC-3 et servit essentiellement aux missions à basse altitude métropolitaines et à l'export. Le F-BNRH se vit attribuer une mission nouvelle : l'inspection à haute altitude des VOR.

Ce projet fut lancé avec l'aide d'une petite entreprise de conseil, le CLES. C'est alors que fut dégagé le concept du SAVVAN (système automatique de vérification en vol des aides à la navigation) ; avec des avions volant à haute altitude, on pourrait inspecter de nombreux VOR en très peu de vols… mais avec quelle trajectographie ? Aux Etats-Unis, un système de technique analogique effectuait déjà ce genre de travail, le SAFI (*semi-automatic flight inspection*). L'idée très générale était d'enregistrer à bord le plus d'informations possible (VOR,

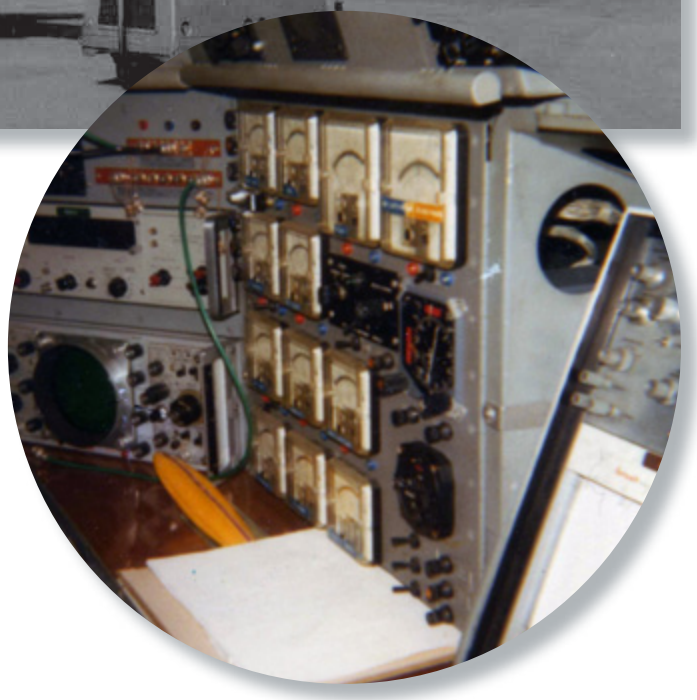
Le Mystère 20 F-BNRH à Orly.

DME, TACAN), de bien connaître la loi des erreurs pour chaque type d'information, d'en déduire une estimation optimale de la position avion et de comparer chaque mesure VOR à cette estimation.

Le SAVVAN a nécessité sept ans de mise au point. La méthode proposée était ambitieuse, car le DME, plus précis que le VOR, était encore peu répandu. On utilisa donc aussi les aides militaires TACAN, qui délivrent également une information de distance, bien qu'un peu moins précise que le DME. Dans ce contexte, les VOR devaient participer à leur propre contrôle, plus ou moins selon leur distance à l'avion et la connaissance que l'on avait d'eux ; ainsi, plus l'aide était réputée mauvaise ou trop éloignée, moins elle participait au calcul de la position de référence et mieux elle était contrôlée.

En volant à haute altitude, à une distance d'une centaine de kilomètres en moyenne de chaque aide à contrôler, on pouvait recevoir simultanément les signaux de plusieurs aides radio, VOR, DME et TACAN. On pouvait ainsi établir au dessus du territoire un maillage tel qu'il était possible d'entourer chaque VOR d'un polygone de contrôle sur 360 degrés. Le choix des trajectoires privilégiait autant que possible les voies aériennes, là où les VOR sont le plus utilisés.

Des simulations ont prouvé la validité du concept et la convergence de la méthode. Elles ont défini qu'il fallait disposer d'au moins deux informations de distance et six relèvements angulaires pour garantir la précision demandée. Très rapidement, avec l'accroissement de l'infrastructure DME, les VOR ne



Le banc de contrôle monté sur le Mystère 20 F-BMKK, 1970.

participèrent plus au calcul de la trajectographie et un troisième équipement DME fut intégré au système. La précision de la méthode a été vérifiée plus tard avec les moyens radar du centre d'essai des Landes, à Biscarrosse.

L'élaboration de cette trajectoire de référence exigeait de gros moyens de traitement informatique et excluait donc la possibilité d'un calcul complet en vol ; des moyens informatiques au sol étaient nécessaires ; en fait, le SAVVAN était un projet basé sur l'informatique dans un monde aéronautique encore analogique.

Jacques-Paul Davadant, ingénieur diplômé de l'ENAC, débute sa carrière en 1970 à la division contrôle en vol du CENA. A la tête de la subdivision études et développement, il se consacre aux développements de logiciels et aux traitements numériques. Expert reconnu, il participe à divers groupes de travail internationaux dont celui sur le contrôle en vol du MLS. Il contribue à partir de 1995 à la mise en œuvre d'un système de trajectographie embarqué autonome basé sur le GPS, puis, à partir de 1999, à la mise en place du SMQS[1] qui conduira à la certification ISO 9001 de la direction de la technique et de l'innovation qui a succédé au STNA.

Chacun de ses éléments a fait l'objet d'une étude, d'une maquette de validation, puis d'un prototype soumis à une série d'essais jusqu'à la réalisation définitive.

Des récepteurs VOR numériques ont dû être développés pour le SAVVAN. Après appel d'offres, une dizaine d'exemplaires a été réalisée par la Compagnie des compteurs à partir du récepteur NC 250 de Thomson-CSF. Ces équipements comprenaient un codeur numérique du relèvement VOR et permettaient des mesures de niveau du signal reçu et du taux de modulation des composantes de ces signaux. Le pilotage en fréquences de ces récepteurs se faisait par l'envoi d'un message numérique par le SAVVAN. La validation de ces équipements fut difficile ; ils ont toujours nécessité un « réétalonnage » à bord de l'avion avant chaque mission.

Les matériels de bord DME à commande et sorties numériques ont pu être trouvés sur le marché ; ils ont été intégrés au système moyennant la réalisation d'une interface. L'unité logique centrale, confiée à Thomson, servait de nœud de communication entre les récepteurs, l'ordinateur de bord, le pupitre de l'expérimentateur et l'enregistreur.

L'ordinateur était le SN 1050 de Thomson déjà utilisé dans une version militaire embarquée sur char (projet CORALINE). Il avait une mémoire à tores de ferrites[2] de 4 k mots et un cycle de base d'une microseconde. Les données étaient enregistrées sur des bandes magnétiques. Le logiciel était conçu par la SESA. Il utilisait un langage machine propre.

Le vol était découpé en segments durant lesquels on gardait les mêmes canaux VOR et DME. Ils étaient définis par la traversée de radiales VOR.

L'enregistreur était un matériel digital incrémental DIGI DATA 7 pistes, fonctionnant en lecture et écriture de caractères de 6 bits et d'un bit de parité horizontale. Un enregistreur papier servait à surveiller les indicatifs morse des stations. L'ingénieur de bord disposait d'un pupitre qui lui permettait de suivre le déroulement des automatismes pendant le vol et lui laissait la possibilité de modifier ce déroulement. L'installation dans l'avion fut assurée par EGET (Equipement général électrotechnique).

1. Système de management de la qualité et de la sécurité.
2. Assemblage, sous forme de matrice, de tores (anneaux) faits d'un matériau ferromagnétique (ferrite). Chaque tore possède une polarité assimilée à un bit qui, en fonction de cette polarité, prend la valeur 0 ou 1. Celle-ci peut être changée et lue sous l'effet d'un courant électrique envoyé dans des fils qui traversent les tores. Cet ensemble peut donc enregistrer des mots constitués de plusieurs bits et les modifier. Ces mémoires, utilisées entre 1960 et 1970, étaient compliquées à fabriquer et encombrantes, pour une capacité réduite.

La Caravelle F-BJTI, stationnée à Nice, 1974.

Installation du SAVVAN à bord de la Caravelle.

Les ordinateurs au sol devaient gérer deux chaînes de programmes : avant le vol, la définition des segments de la trajectoire et la commande en fréquences des VOR et DME ; après le vol, le dépouillement qui fournirait les résultats d'inspection de chaque VOR.

Les tout premiers essais de l'étude menée avec le CLES se déroulèrent au centre de calcul IBM, à Paris. On y déposait son ou ses bacs de cartes perforées ; le passage en machine qui s'opérait sous BPM (*batch process monitoring*), souvent de nuit, faisait que les résultats n'étaient connus au mieux que le lendemain. C'est dire combien coûtait l'éventuelle faute de frappe ou l'oubli malheureux d'une parenthèse non fermée dans une formule ! Heureusement, on avait fait le choix du langage FORTRAN, disponible à l'époque et très adapté aux applications scientifiques.

Mais assez vite, l'accès au centre calcul d'Athis-Mons devint possible et les déplacements sur Paris furent ainsi évités. On y découvrit l'IBM 7040 et son impressionnante rangée de dérouleurs de bandes magnétiques utilisés en lecture et écriture de fichiers, les unités de lecture de cartes perforées et de perforation de cartes, et enfin une imprimante à marteaux. En périphérie, plusieurs tables de création de cartes perforées étaient à la disposition des ingénieurs et techniciens programmeurs. Plus tard, les logiciels du SAVVAN passèrent sur CII 10070, et ensuite sur IRIS 80. Puis la division contrôle en vol devint enfin autonome, avec des HP 1000.

Le SAVVAN fut installé sur le Mystère 20 F-BRNH. Le matériel était complètement indépendant de l'avionique de base de l'avion ; il utilisait ses propres antennes VOR et DME. En décembre 1972, l'avion décolla pour sa première campagne opérationnelle de contrôle en vol des VOR : 12 vols de 4 heures environ, au niveau 350.

Le Mystère 20 fut rapidement remplacé par une Caravelle, la F-BJTI. 50 heures de vol étalées sur une semaine suffisaient pour contrôler la centaine de VOR métropolitains, en

Pierre Mazier, opérateur théodolite, en attente de l'alignement de l'avion laboratoire (années soixante).

volant donc six fois moins longtemps. La grille SAVVAN fut complétée par quelques segments pour permettre à la Caravelle d'effectuer le contrôle en vol des aides de Belgique, du Luxembourg et de Suisse.

Revenir sur terre

Du fait que les précisions exigées pour les atterrissages par très faible visibilité sont de l'ordre du mètre, le contrôle en vol des systèmes ILS (le radioalignement de piste ou *localiser* et le radioalignement de descente ou *glide*) demande beaucoup de soin. Les signaux reçus en l'air peuvent différer notablement de ce qui est mesuré au sol et les services de maintenance sont très vite démunis pour l'exploration des signaux du glide.

Un premier système avec trajectographie autonome fut conçu en 1969 puis abandonné, le SAIRA (système automatique d'inspection des radioalignements d'atterrissage). Il a fallu revenir au couple système optique au sol / enregistrement dans l'avion.

La SAT (société anonyme de télécommunications) proposa un théodolite automatique, travaillant en infrarouge, le MINILIR. La source infrarouge était fournie par un phare asservi placé entre les trains principaux de l'avion, pointant toujours dans la direction du *tracker* installé au sol. Le bloc d'optique infrarouge était monté sur une tourelle. La résolution des codeurs angulaires était de l'ordre de la seconde d'arc et d'une précision en mode dynamique de 10 secondes d'arc.

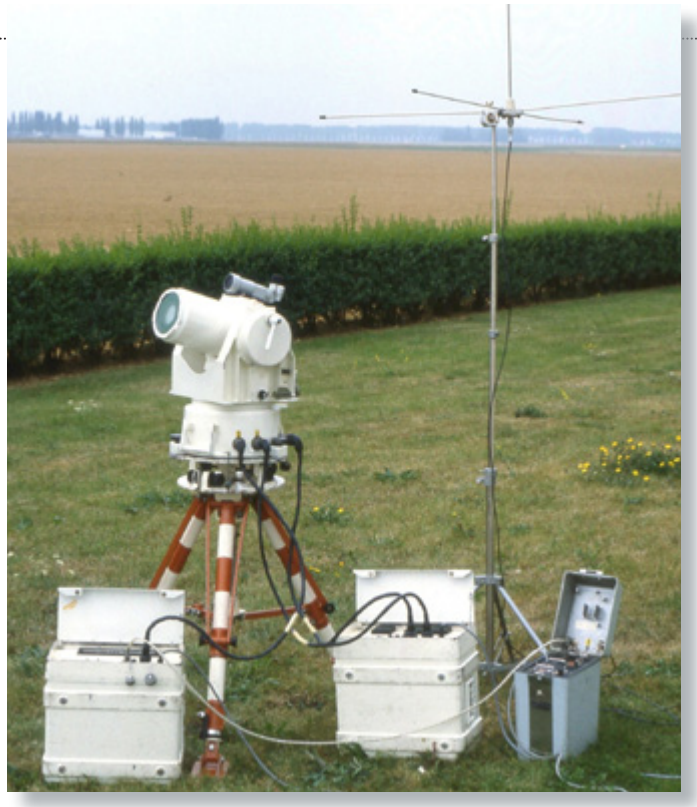
Le MINILIR permettait, après capture manuelle de la cible à l'aide d'un mini-manche, d'engager une poursuite automatique supprimant ainsi les éventuelles erreurs de l'opérateur théodolite. Le traitement en temps réel des informations ILS et de trajectographie était désormais possible. L'accès au compte rendu d'erreur, immédiatement disponible après le vol, pouvait être présenté et commenté avec les équipes de maintenance. Mais le MINILIR n'avait pas que des avantages : sa mise en place était pénible, car le matériel était lourd et son réglage exigeait beaucoup de soin.

Les missions interrompues, voire annulées en raison de la météo, se raréfièrent. Le programme annuel de missions et la périodicité des contrôles allaient enfin pouvoir être assurés. La mise en exploitation du MINILIR fut lente, comme celle de tout matériel nouveau inspirant au départ la méfiance des opérationnels. Son achèvement fut néanmoins couronné par une mémorable *« burning theodolite ceremony »*[1].

Au milieu des années soixante-dix, un autre équipement, le système TRIDENT, développé par Thomson, fut adjoint au MINILIR. Cet appareil fournissait une mesure de distance très précise (1,5 m). Pour la première fois, la trajectographie en trois dimensions (ρ, θ et φ) devenait possible, ouvrant la voie aux bancs de calibration automatiques et numériques. Le TRIDENT avait été conçu pour des opérations d'océanographie. Il fallait l'adapter à l'aviation, ce qui impliquait de trouver, et c'est toujours difficile, une fréquence libre.

Grâce au TRIDENT, il devint possible d'imaginer le contrôle simultané du localiser et du glide à partir d'une seule plateforme, celle du localiser, sur laquelle serait installé le matériel de trajectographie. On n'y parvint vraiment que plus tard, avec l'arrivée de nouvelles ressources technologiques ; ces équipements nouveaux permirent toutefois des gains de productivité immédiats, en réduisant considérablement les heures de vol improductives pour cause de météo défavorable, en supprimant les erreurs humaines de trajectographie et en permettant le calcul en temps réel des erreurs de l'ILS.

1. Allusion à une pratique américaine qui consiste à organiser une cérémonie pour envoyer « au bûcher » des objets devenus inutiles. Le remplacement du théodolite par le MINILIR a été l'occasion de célébrer l'évènement par un pot réunissant les personnels du contrôle en vol.



Le MINILIR I, théodolite automatique, travaillant dans l'infrarouge, 1976.

Le TRIDENT IV, complément du MINILIR pour la mesure de distance, 1976.

La division contrôle en vol continuait ses développements, avec pour objectif de s'affranchir complètement des contraintes météorologiques et de la mise en œuvre au sol d'un matériel lourd.

On se tourna donc vers l'utilisation de données inertielles recalées lors du survol de piste pour le contrôle du localiser et d'informations barométriques et radiosonde couplées à l'inertie pour le contrôle du glide. Les essais démontrèrent la faisabilité du concept, mais les résultats demeuraient encore insuffisants. La complexité du système et le handicap du temps différé conduisirent à l'abandon de ce projet. L'introduction des données inertielles dans le SAVVAN permit, par l'intermédiaire d'un filtre de Kalman[1], le lissage de la trajectographie élaborée par le calcul.

Intelligence embarquée

En 1973, le centre du Bourget fut supprimé. Les personnels et les avions de l'ancien groupement aérien rejoignirent Melun-Villaroche. La division contrôle en vol quitta alors les locaux du CENA pour les services du STNA implantés à Melun. Ce déménagement fut achevé en 1976 : pour la première fois, toutes les composantes du contrôle en vol étaient réunies en un même lieu. Les avions de contrôle étaient alors les deux N-262. La Caravelle, désuète et coûteuse, fut retirée du service en 1986.

Un nouveau banc numérisé fut développé entre 1982 et 1987 par le STNA avec la SFIM (Société française d'instruments de mesures). Ce système, baptisé SMCV (système multifonction de contrôle en vol) était capable de remplacer le système SAVVAN et de calibrer ILS, VOR et MLS. Il devint opérationnel en 1985-1986 pour les fonctions ILS et VOR à l'unité. Mais le développement du système multifonction avait un autre objectif : celui d'apporter à la division les moyens informatiques au sol dont elle était privée à Melun.

En effet, en 1982, les développements informatiques liés aux études et les dépouillements des données enregistrées pendant les campagnes de vol étaient toujours effectués au centre de calcul d'Athis-Mons ; les développements du CAUTRA y étaient prioritaires et de nombreuses heures étaient perdues pour le contrôle en vol, aussi bien dans les transports entre Melun et Orly que dans l'attente de la disponibilité de l'IRIS 80.

1. Le filtre de Kalman est un algorithme qui estime au mieux, à chaque instant, les états d'un système dynamique à partir de mesures disponibles, incomplètes ou bruitées (c'est-à-dire imprécises à cause d'interférences), présentes ou passées.

Le Nord 262, successeur de la Caravelle pour le contrôle en vol, 1984.

Le même calculateur, un HP 1000, et les mêmes périphériques furent utilisés au sol et dans le système embarqué. Cette uniformisation simplifiait les problèmes de maintenance. L'installation comprenait une mémoire de masse importante (un disque dur de 62 Mo) avec lecteur de cassettes magnétiques incorporé, une imprimante graphique laser pour l'édition finale des comptes rendus de missions et un lecteur de bande magnétique au format IBM 800/1600 bpi pour assurer la compatibilité avec d'autres centres de calcul. L'installation de bord autour du HP 1000 permettait de contrôler, d'enregistrer, de mesurer, d'éditer, etc., toutes les données.

Un banc mobile fut constitué pour les missions outre-mer à partir des éléments de rechange du SMCV. Ce banc, envoyé en caisses, pouvait être monté dans un avion local modifié pour le recevoir.

En 1992, le plus âgé des N-262 (le F-BSUF) fut réformé et remplacé par un ATR 42 (le F-GFJH). Quatre ans plus tard, ce fut au tour du F-BOHH, remplacé par un Beechcraft BE 200 (le F-GJFA).

L'ATR 42 fut équipé du système SMCV démonté du N-262 et le BE 200 reçut le tout nouveau système CARNAC 21, banc numérique léger et mobile développé par la SFIM sur les spécifications du STNA.

La division dut aussi s'équiper pour pouvoir contrôler en vol le nouveau système d'atterrissage, le MLS. Les spécifications de l'OACI pour le MLS, spécialement en matière de multitrajets, ne sont hélas pas simples[1].

Le SMCV installé à bord du N-262 F-BSUF, 1984.

Dans l'espace

Le GPS, avec ses possibilités universelles et gratuites, a bouleversé le monde de la trajectographie. En 1987, la division contrôle en vol a effectué avec la SFIM une première tentative d'intégration d'un D-GPS (*differential GPS*) standard et de mesures inertielles pour un résultat hélas insatisfaisant en précision dans les derniers kilomètres de l'approche, où le recours au couple MINILIR/TRIDENT était encore nécessaire.

1. Le STNA a participé à l'élaboration des normes du signal MLS et de son traitement à l'OACI ainsi qu'à EUROCAE. Les normes du MLS figurent dans le volume 3 de l'annexe 10 de l'OACI et dans le document 8071.

Les deux N-262 réformés ont été remplacés en 1992 par un ATR 42 et en 1996 par un Beechcraft BE 200 (ci-dessus) équipé du CARNAC 30. Cet ensemble constitue ce qui se fait de mieux aujourd'hui dans le domaine du contrôle en vol.

Ce système lourd et complexe fut abandonné au profit du VP-DGPS (*very precise*) basé sur des récepteurs bi-fréquence à poursuite de phase qui permirent d'obtenir des précisions de localisation centimétriques. La mesure est si précise que l'avion n'est plus assimilable à un point : il faut désormais tenir compte de l'emplacement de chaque antenne sur l'appareil. L'application du GPS deviendra opérationnelle en 1995.

Hors de l'hexagone

La division chargée du contrôle en vol a mené de nombreuses activités internationales. Les essais outre-mer furent dans le passé confiés à des services étrangers : la FAA, pour les Antilles/Guyane, la Nouvelle-Zélande avec ses Fokker 27 pour la Polynésie et la Nouvelle-Calédonie, l'ASECNA avec sa Corvette pour la Réunion et les Comores, Nav Canada pour Saint-Pierre-et-Miquelon. Plus récemment, sauf pour Saint-Pierre, des solutions nationales ont pu être trouvées grâce à l'usage de bancs mobiles installés sur des avions soit militaires, soit appartenant à des autorités locales.

La division contrôle en vol a fourni des services en Belgique, au Luxembourg, en Suisse, au Liban, en Egypte, au Maroc, en Tunisie et en Italie. Elle a participé activement à des actions de formation et de conseil, notamment au Maroc et au Viêt Nam.

1. La DGAC a de nouveau organisé un symposium du contrôle en vol en 2006, à Toulouse.

Elle a toujours eu une politique industrielle qui l'a amenée à participer aux essais de divers produits et à la présentation, parfois en vol et même à l'étranger, des différents systèmes utilisés afin d'en assurer la promotion à l'export.

Elle a fourni l'aide de sa trajectographie à divers essais, en particulier pour Eurocontrol, et participé à divers groupes de travail et conférences concernant le contrôle en vol, notamment pour la nouvelle rédaction du document 8071 de l'OACI.

Les services du contrôle en vol de divers pays participent à des colloques internationaux concernant leur domaine d'action. En 1988, Paris[1] a accueilli le cinquième symposium du contrôle en vol, une grande réussite. Depuis lors, le contrôle en vol n'a cessé de se moderniser et d'adapter ses missions aux nouveaux besoins qui se font jour. ■

Mémoires d'un radionavigant

interview de Guy Collin par Claude Labbé

Livret professionnel maritime de Guy Collin.

Entré à l'école d'hydrographie de la marine marchande de Paimpol en 1939 pour suivre les cours de radio, Guy Collin a obtenu son diplôme de radiotélégraphiste en 1941. Pendant la guerre, il a navigué sur le Massilia, aux Chargeurs Réunis jusqu'en 1942 et, à partir de 1944, il a effectué des navigations au départ de Londres sur le Tombouctou, cargo de la compagnie maritime Fraissinet. En 1945, Guy Collin a décidé de quitter la marine pour l'aviation. Il a débuté alors une carrière de radionavigant, d'abord à Air France où il a été affecté à la Postale, ensuite à la TAI. Revenu à Air France comme radio et devenu navigateur en 1956, il a terminé sa carrière en tant qu'instructeur navigateur.

En septembre 1945, je suis allé passer ma visite médicale au ministère de la Marine. Pendant que j'attendais mon tour, j'ai appris - par un officier de pont ou un radio - qu'Air France recrutait des radionavigants. Moi qui rêvais d'aviation, l'après-midi même, j'étais embauché à Air France et démissionnaire de la compagnie maritime Fraissinet qui voulait m'envoyer à Amsterdam pour ramener un *Liberty ship*.

Quelques jours plus tard, j'ai suivi une formation au centre de perfectionnement du personnel navigant au Bourget. Il s'agissait du premier stage pour former les nouvelles recrues : pilotes, mécaniciens, radios et hôtesses. Les navigateurs, tous issus de la marine marchande, étaient directement mis en ligne après quelques vols en double. L'entraînement en vol se faisait sur des bimoteurs Goéland, fabriqués par la société Caudron. L'équipage était composé d'un pilote instructeur, de quatre ou cinq stagiaires et d'un radio. La tâche du radio était d'assurer toutes les communications : informations de vol et météorologiques, relèvements de navigation et d'atterrissage par variation de QDM[1] en radiotélégraphie en utilisant le morse. Les vols d'entraînement duraient environ trois heures, durant lesquelles les stagiaires pilotes se relayaient alors que le radio assurait seul toute la séance, autant dire que c'était trois heures de travail continu.

La dernière partie de la formation était consacrée à la familiarisation sur Junkers 52. C'est au retour d'un de ces vols qui avait été particulièrement éprouvant que j'ai eu la désagréable surprise de constater que le fil de l'antenne s'était enroulé autour du train d'atterrissage. Ces appareils étaient équipés d'une antenne qui avait la particularité de pouvoir être descendue en vol pour améliorer la réception des communications. Il s'agissait d'un fil auquel était suspendu un lest de plusieurs

1. Dans le langage du code Q utilisé pour les communications en morse (doc 8400 OACI), QDM signifie « Quel est le cap magnétique à suivre par vent nul pour me diriger vers vous ».

Le Massilia à quai.

kilos que le radio descendait quand l'avion arrivait en croisière et qu'il fallait, bien entendu, remonter avant l'atterrissage. J'en ai été quitte pour payer l'apéritif à tout l'équipage.

A la fin de ce stage, qui a duré six mois, j'ai été affecté à la Postale qui assurait avec des Ju 52 les liaisons Paris-Bordeaux-Toulouse-Pau de nuit et Paris-Lyon-Marseille-Alger de jour. La société était dirigée par Didier Daurat qui vérifiait dans le détail et en continu le bon déroulement des opérations. Un des rôles du radio était de lui transmettre les heures de départ et d'arrivée des courriers et l'état des chargements.

Il s'est avéré que les radios étaient en surnombre par rapport aux pilotes et volaient donc moins. J'ai donc recherché une autre compagnie. Lors d'un passage à l'Aéro-club de France, on m'avait indiqué que la TAI recherchait des radios. Le soir même, j'avais une proposition d'embauche de la TAI et, lorsque je suis repassé à la Postale, Raymond Vanier, adjoint de Didier Daurat, était déjà au courant de mon prochain départ. Les nouvelles allaient vite, tout le monde se connaissait et les changements d'entreprise se faisaient en quelques heures, le travail ne manquait pas. Je n'étais resté que quatre mois à la Postale.

Mon arrivée à la TAI a coïncidé avec le premier voyage de la compagnie, le 3 juillet 1946. Il s'agissait d'un vol Paris-Alger-Paris-Croydon-Paris pour aller chercher du fret en Ju 52. Le radio qui avait fait la première partie du voyage n'avait pas de visa pour l'Angleterre, j'ai donc effectué la deuxième partie de ce premier vol sur Croydon.

Ces Ju 52, construits en France pendant la guerre pour l'armée allemande n'étaient pas fiables et nous nous sommes toujours demandé s'il fallait y voir des opérations de sabotage ou simplement une mauvaise qualité du matériel.

Le Ju était équipé de deux installations radio Saram, l'une principale 3/11 et l'autre 0/12 de puissance plus faible, dite de secours. Le Saram 3/11 était en principe conçu pour faire également de la radiotéléphonie avec les tours de contrôle.

Le Goéland F-AOYP devant les hangars d'Air France au Bourget. Cet avion a été utilisé pour la formation des équipages d'Air France en 1945.

Le 26 octobre 1945, le Ju 52 F-BAKK assure la reprise des vols postaux de nuit sur Paris-Bordeaux-Toulouse-Pau.

L'importance des bruits des moteurs à l'intérieur du cockpit interdisait l'usage d'un micro, qui était remplacé par un laryngophone, sorte de collier à deux capteurs, lesquels étaient appliqués de chaque côté du larynx. Les essais ont été tellement désastreux que ce type de transmission n'a jamais été utilisé.

Pour être en mesure de réparer les pannes fréquentes, je partais avec une valise de pièces détachées qui comprenaient entre autres des lampes et des fusibles. Une autre particularité de cet avion était d'avoir une commande de démarreur capricieuse qui obligeait quelqu'un, en l'occurrence le radio, à intervenir directement au niveau des moteurs et, pour le moteur central, à faire des acrobaties à travers une trappe placée au-dessus du pare-brise.

Au cours des huit cents heures de vol que j'ai effectuées, j'ai vécu deux situations particulièrement traumatisantes. La première, c'était lors d'un vol Paris-Croydon, où les trois moteurs se sont successivement arrêtés. Nous avons néanmoins réussi à rejoindre notre destination en vol plané ; le côté amusant de l'histoire, c'est que le passager que nous avions embarqué, assis à l'arrière de l'avion dernière des cageots d'oranges ne s'était rendu compte de rien et nous a même remercié pour ce bon voyage.

La deuxième mésaventure, qui aurait pu être dramatique, a été le crash sur le Mont Ventoux lors d'un vol Marseille-Paris, en remontant la vallée du Rhône en hiver. Les conditions météo très dégradées et un temps neigeux n'avaient pas permis d'avoir des relèvements fiables de la station de Marseille ; de plus, le contact avait été perdu très tôt, ne permettant pas de recevoir des relèvements de la station de Montélimar ; s'ajoutait à cela un vent d'ouest alors que la prévision le donnait sud… finalement, nous nous sommes retrouvés sur le Mont Ventoux alors que nous pensions être proches de Montélimar. La catastrophe n'a été évitée que grâce une manœuvre du pilote pour éviter de s'écraser au sol. Il faut dire qu'à l'époque, les accidents étaient nombreux, dus à des problèmes mécaniques, des difficultés de navigation ou des mauvaises conditions météorologiques.

Après deux années passées à la TAI, je suis revenu à Air France en 1948, toujours comme radio mais cette fois-ci au sol, affecté

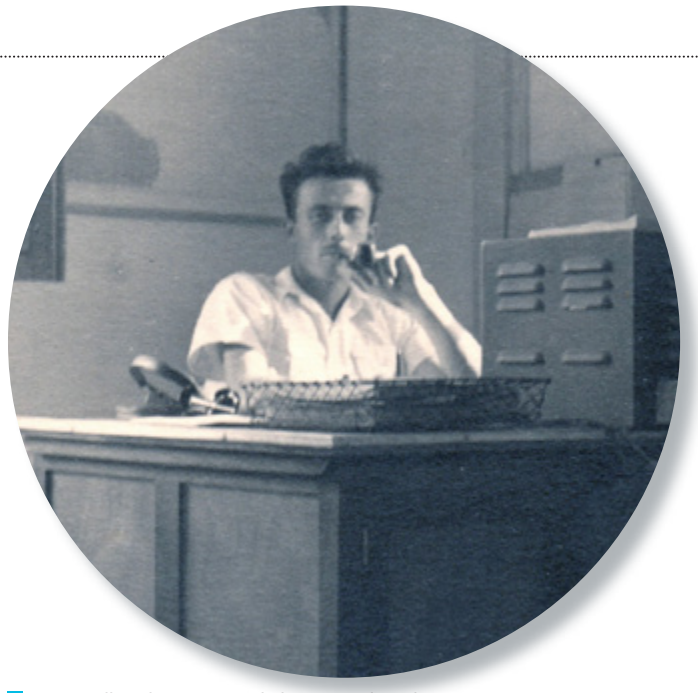
Le Ju 52 dans la neige après son crash sur le Mont Ventoux. De gauche à droite Raymond Tirebois, pilote, Guy Collin, radio, M. Collet, mécanicien et deux météorologistes de la station du Mont Ventoux.

au réseau radio de commandement. Pour assurer la transmission de toutes les informations concernant les activités commerciales et administratives et les besoins en pièces de rechange, Air France avait mis en place un réseau de télécommunications international constitué de quatorze stations, dont une à Dakar, indicatif TZV.

J'ai passé cinq années à Dakar et j'ai consacré la dernière à préparer la licence de navigateur en suivant, par correspondance, les cours de navigation du colonel Bisch qui enseignait à l'ENAC. Lors de mon retour à la station de Paris, qui était implantée au Perray-en-Yvelines, j'ai passé ma licence et demandé à Air France à devenir navigateur. En fait Air France, qui avait sous-estimé ses besoins en radionavigants avant leur suppression des cockpits, m'a proposé de retourner à la Postale comme radio avant de devenir navigateur. J'ai donc volé à nouveau comme radio, cette fois sur DC-3. On ne faisait plus de morse, au moins sur les courriers intérieurs, on travaillait en VHF, mais le radio continuait à assurer toutes les communications, en particulier les demandes de relèvement (QDM). Il faut dire que l'équipage était constitué d'un pilote, d'un mécanicien et d'un radio. Le mécanicien avait en particulier la tâche au cours des approches d'annoncer les valeurs de la sonde ; j'ai toujours pensé que cette procédure aurait pu être généralisée.

L'équipement des DC-3 en moyens de radionavigation était classique ; cependant certains avions étaient équipés de DECCA. Le système, qui était en évaluation, était installé entre le pilote et le mécanicien. Le pilote lisait directement les informations sur la carte. Finalement le système n'a pas été adopté bien qu'il aurait pu se révéler intéressant pour la Postale.

En 1956, je suis devenu navigateur et j'ai commencé sur le réseau Afrique. C'était la règle pendant un ou deux ans avant de passer sur l'Atlantique. Nous travaillions presque exclusivement à l'astro en raison du peu de moyens qu'il y avait sur ces routes, seulement quelques radiophares. Sur le secteur Atlantique nous utilisions essentiellement le LORAN, toutefois sur les routes sud vers l'Amérique centrale ou l'Amérique du Sud, il fallait recourir à la navigation astronomique car le LORAN ne passait pas ou était inexistant. Une fois, sur un Paris-New York avec une sortie par Nantes, j'ai dû faire toute une traversée de jour uniquement avec le Soleil et Vénus.



Guy Collin à la réception de la station de Dakar.

J'ai volé sur tous les long-courriers de la compagnie, Lockheed 749, 1049, 1649 jusqu'en 1960, puis sur le Boeing 707. L'arrivée des sextants périscopiques a grandement simplifié la navigation astronomique, en supprimant les problèmes de réfraction : deux droites de hauteur[1] suffisaient en général pour faire le point qui avait une précision d'une dizaine de miles nautiques. J'ai eu une fois, de nuit, une succession d'anomalies que je n'ai jamais réussi à expliquer : des triangles de position dont les côtés faisaient quatre-vingt-dix miles nautiques. Je dois préciser que c'était avec un sextant à bulle, mais cette raison est insuffisante.

L'arrivée des plates-formes à inertie a sonné la fin des navigateurs. J'ai participé aux expérimentations sur Boeing 707, durant lesquelles il n'y avait qu'une seule plate-forme et toujours un navigateur[2]. Puis je suis allé faire de l'instruction au centre de Vilgénis, en alternant quinze jours au sol et quinze jours en vol. C'est comme cela que j'ai terminé ma carrière en 1976 à Air France.

Interview réalisée le 8 janvier 2013.

1. En navigation astronomique, on appelle *droite de hauteur* le lieu de position de l'observateur qui est perpendiculaire à la direction de l'astre et qui est calculé à partir de la mesure de la hauteur de l'astre (angle entre l'horizon et la direction de l'astre mesuré avec un sextant) et de l'heure d'observation en utilisant les éphémérides. Trois droites de hauteur obtenues à partir de trois mesures sur des astres différents forment un triangle, appelé triangle de position.

2. Pendant les évaluations des plates-formes à inertie, la navigation a continué d'être assurée de façon classique par un navigateur. La suppression du navigateur est intervenue lors de la mise en service opérationnelle des plates-formes, après installation de trois équipements par avion, formation des pilotes et autorisation du SGAC.

Le réseau radio de commandement d'Air France

La paix revenue, les compagnies aériennes et en particulier Air France ont repris leurs activités avec des appareils beaucoup plus performants que ceux d'avant-guerre, nécessitant la mise en œuvre de communications capables de répondre aux nouveaux besoins, les avions volant plus vite, plus loin et transportant davantage de passagers.

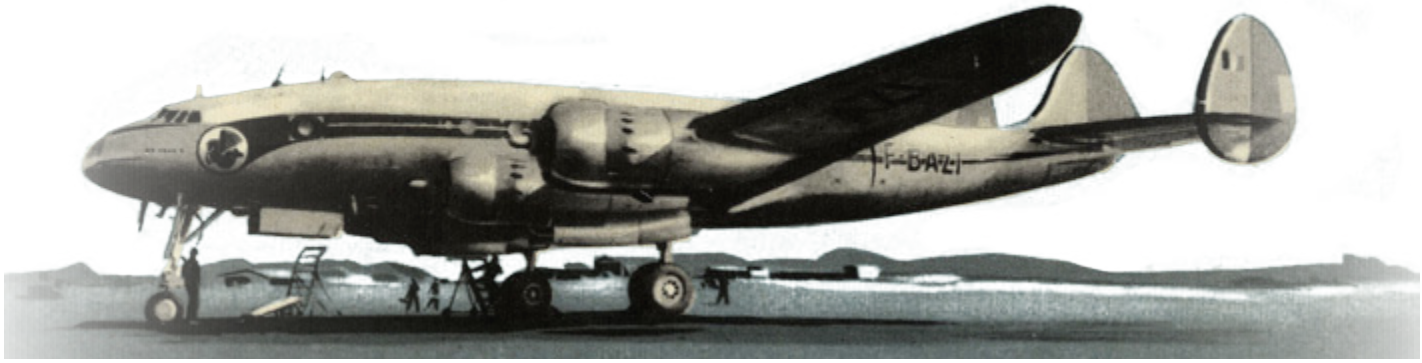
Aucun réseau existant n'étant en mesure de satisfaire ces exigences nouvelles, y compris l'Aviation civile, dont ce n'était d'ailleurs pas le rôle, Air France décida de créer son propre réseau pour transmettre de façon sûre et rapide des messages concernant la navigation, les activités commerciales et administratives, les besoins en pièces de rechange, etc. Par lettre du 15 septembre 1945, le ministère de l'Air a autorisé Air France à créer et exploiter un réseau radio de commandement (RRC) dans certaines limites définies par les PTT. Le réseau a été constitué d'un certain nombre de stations radioélectriques placées dans les principaux centres aéronautiques de l'Union française ainsi que dans divers autres à l'étranger, afin d'assurer avec la direction, à Paris, les liaisons indispensables au bon fonctionnement de la compagnie.

Dès 1946, le RRC était pratiquement apte à répondre aux besoins des lignes aériennes existantes ou à venir. Le réseau était constitué des stations radio suivantes : Paris, Biscarrosse, Marseille, Alger, Casablanca, Tanger, Niamey, Brazzaville, Dakar, Tananarive, Fort-de-France, Beyrouth, Saigon et Hanoi. D'autres stations du réseau appartenaient soit à des administrations de l'aviation civile (Le Caire, Madrid, etc.), soit à des compagnies aériennes (TWA à New York, Panair do Brazil à Rio-de-Janeiro). Le réseau était complété par des liaisons par téléimprimeur avec les centres opérationnels des principales compagnies européennes.

La mise en place du RRC a connu les mêmes problématiques que les centres de l'Aviation civile de l'époque : difficultés à trouver du bon matériel, à recruter des personnels qualifiés et à construire des bâtiments. Exploitées au début en morse manuel, les stations du RRC ont été modernisées par l'emploi de radiotélétypes, en simplex d'abord puis en duplex.

L'idée d'une mise en commun des moyens de chacune des compagnies au bénéfice de toutes germa en 1947 à la KLM, qui proposa un projet à plusieurs compagnies européennes dont Air France. Ce projet reçut un accueil favorable qui se traduisit par la création de la SITA (Société internationale de télécommunications aéronautiques) en 1949. Le partage des circuits du RRC par un nombre croissant de compagnies aériennes membres de la SITA et l'augmentation constante du trafic conduisirent à transférer progressivement, à partir d'avril 1952, les circuits exploités en radiotélétype directement au centre SITA de Paris. Au fur et à mesure que les Administrations étrangères ont mis en service des circuits de télécommunications, les stations du RRC ont fermé les unes après les autres, les dernières étant Brazzaville et Dakar en 1961, puis Fort de France en 1967.

D'après les articles parus en 1992 et 1993 dans la revue *Présence des retraités d'Air France*.



LE LOCKHEED CONSTELLATION

LE "Constellation", l'un des avions les plus confortables et les plus luxueux du monde, est un spécialiste des longs parcours. Particulièrement désigné pour les lignes de l'Atlantique et de l'Union Française, il a établi sous pavillon Air France, deux records internationaux : Paris-New York en 13 h. 50 et Montréal-Paris en 9 h. 45.

Mais, si la vitesse est qualité majeure, la régularité, pour l'utilisateur, peut être plus précieuse encore. A cet égard la maîtrise d'un avion s'affirme par le pourcentage des vols accomplis, en dépit de conditions atmosphériques souvent défavorables, dans les délais prévus par les horaires. Pour les "Constellation" Air France, cette proportion a atteint 95 %, en 1951, sur toutes les lignes qu'ils desservent.

Une aptitude aussi rare s'explique par une longue mise au point, poursuivie tout au long de neuf années de guerre et d'exploitation commerciale. Peu d'appareils ont eu l'occasion d'un entrainement si poussé. Le "Constellation" est actuellement le seul quadrimoteur qui ait obtenu le certificat de navigabilité, catégorie A, de l'Organisation de l'Aviation Civile Internationale.

AIR FRANCE

LONG-COURRIER QUADRIMOTEUR TRANSATLANTIQUE

Il existe plusieurs modèles de Constellation. Le L-749 A sélectionné par Air France et dont le Super-Constellation constitue la version agrandie, est le plus récent, le mieux adapté à ses diverses tâches. Monoplan à aile basse de 29 m. de longueur et 37 m. 50 d'envergure, il atteint au décollage un poids total maximum de 48,5 tonnes et ses quatre moteurs dont chacun développe 2.500 chevaux lui fournissent une vitesse de 450 km/h. en croisière. Sa puissance est telle qu'il peut se maintenir en vol avec un ou deux moteurs stoppés, même si ceux-ci se trouvent d'un même côté de l'axe.

Son altitude normale de vol, fixée à 6.000 m. et ses grandes réserves d'essence permettent au "Constellation" de contourner ou de survoler la plupart des dépressions orageuses. Ses passagers bénéficient ainsi souvent d'une traversée parfaitement calme, quand une tempête se déchaine au niveau de la mer. L'altitude cependant ne risque pas d'incommoder les voyageurs, car la cabine est pressurisée, c'est-à-dire que l'air constamment renouvelé qu'elle contient est maintenu à la pression qui règne à 2.500 m. au-dessus du sol.

Extrait d'une plaquette de présentation du Lockheed *Constellation* à destination du public.

Les radars et le contrôle aérien civil

par Louis Lewden, d'après l'article de Robert Cahuzac,
50 ans de politique radar dans le contrôle aérien civil français[1]

Ancien élève de Polytechnique et INA 58, à sa sortie de l'ENAC, Louis Lewden est mis à disposition de l'ASECNA à Brazzaville puis à Bamako. A son retour en France, fin 1962, il est chargé au STNA d'une nouvelle entité chargée de s'occuper des problèmes radar et, en liaison avec le CENA, des contrats liés au CAUTRA. Au milieu des années soixante-dix, il rejoint le service des études économiques et du plan (SDEEP). Il termine sa carrière à l'inspection générale, où il apporte son expertise dans les domaines de la compétence du STNA.

Déjà connues et expérimentées avant 1940, les techniques radar[2] ont été développées très activement pendant la Seconde Guerre mondiale pour l'aviation militaire et pour la Marine. C'est donc tout naturellement que l'administration de l'aviation civile d'après-guerre a décidé d'utiliser le radar pour assurer l'écoulement du trafic aérien.

Les premiers pas

Dès la fin du conflit, un système radar mobile américain, installé sur remorque, est mis en place au Bourget et à Orly. Ce système GCA (pour *ground control approach*) fournit à cadence élevée au contrôleur des informations précises sur la position de l'avion, en site, azimut et distance, qui lui permettent de guider l'avion en approche finale jusqu'à l'atterrissage.

Ces premiers équipements seront rapidement remplacés par un modèle Gilfillan à Orly et par un modèle Thomson-Houston au Bourget : comme son nom ne l'indique pas, Thomson-Houston est une société française, la compagnie française pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston, ou CFTH.

Dédiés seulement à l'approche finale, ces systèmes radar ne permettent pas d'accélérer l'écoulement d'un trafic en forte croissance. Sans radar panoramique de portée suffisante qui fournirait des informations précises et quasi continues sur la position des avions, les contrôleurs sont tenus de respecter des espacements de l'ordre de dix minutes de vol entre les appareils.

C'est ainsi que le SNA[3] est conduit, en 1951, à confier à la CFTH la réalisation d'un radar de grande portée - pour l'époque - destiné au centre de contrôle régional (CCR) installé à Orly et dédié à l'approche de cette plate-forme. Installé fin 1953, il est opérationnel en 1954. Spécifié pour une portée de 150 km en distance et 10 000 m en altitude, ce radar présente aux contrôleurs une image panoramique renouvelée six fois par minute. Il permet de réduire de plus de moitié les séparations entre

1. *Revue du STNA* n° 65 de décembre 2003.
2. Afin de briller en société, le lecteur néophyte retiendra que le palindrome *radar* est un acronyme signifiant *RAdio Detection And Ranging*.
3. Service de la navigation aérienne, créé en 1949 et dont le STNA reprendra les attributions techniques en 1961 (voir le chapitre « Les services techniques au fil du temps »).

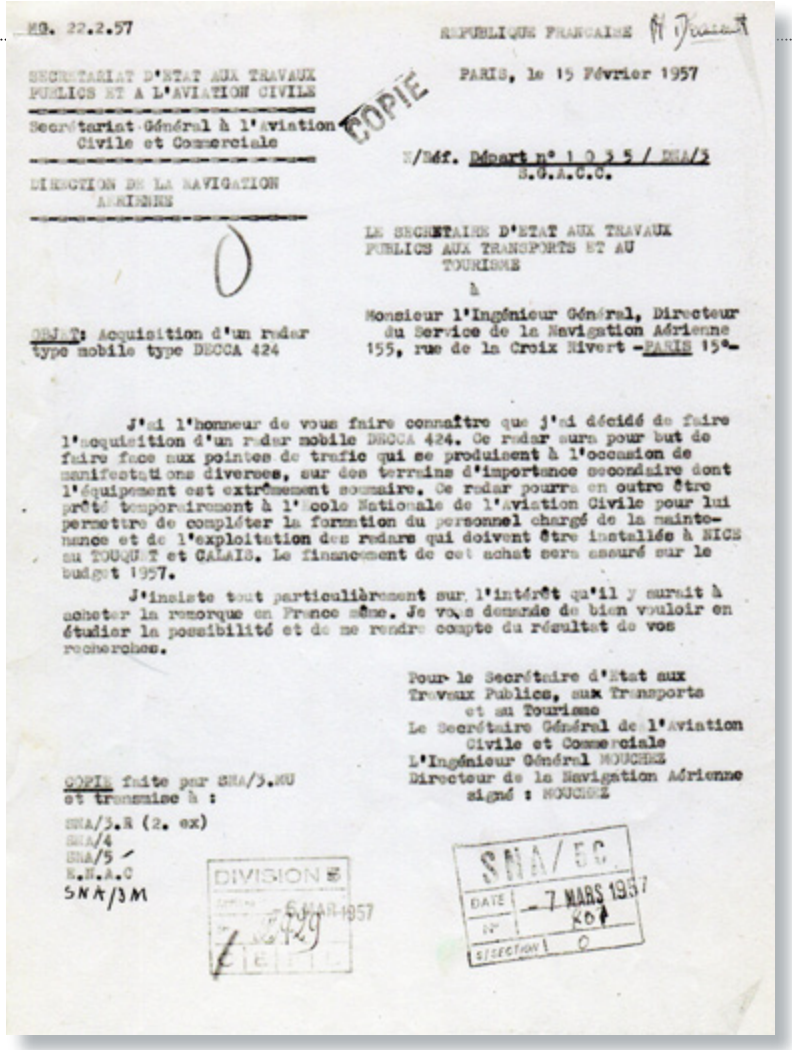
Orly. années cinquante. A droite de l'aérogare, le pylône surmonté de l'antenne radar.

avions, mais impose de lourdes contraintes : il doit être exploité dans une ambiance très peu lumineuse et la qualité de l'image reste médiocre, car très sensible aux échos de sol, de pluies et à divers aléas de propagation électromagnétique.

Mais l'acquisition de ce radar, le premier fabriqué en France pour le contrôle aérien civil, constitue un investissement d'importance majeure et donnera lieu à une cérémonie d'inauguration présidée par le ministre chargé des transports, Jacques Chaban-Delmas, le 16 décembre 1954.

Les nécessités opérationnelles conduisent aussi à installer deux radars d'approche DECCA 10 cm, de portée assez faible, à Nice qui devient vite un aéroport important et, curieusement, au Touquet car, outre les liaisons avec Londres et Amsterdam, s'y est développé un important trafic transmanche. L'aspect le plus spectaculaire de ce trafic spécifique est, en pleine saison, la succession toutes les cinq ou dix minutes des Bristol *Freighter* qui débarquent leur lot de voitures anglaises accompagnées de leurs conducteurs. Dans le ciel souvent brumeux du Touquet, la tâche des contrôleurs n'est pas toujours aisée.

1959, Bristol 170 *Super Freighter* de Channel Air Bridge embarquant une automobile.



MG. 22.2.57

REPUBLIQUE FRANCAISE

SECRETARIAT D'ETAT AUX TRAVAUX PUBLICS ET A L'AVIATION CIVILE

Secrétariat Général à l'Aviation Civile et Commerciale

DIRECTION DE LA NAVIGATION AERIENNE

COPIE

PARIS, le 15 Février 1957

N/Réf. Départ n° 1 0 3 5 / DNA/3
S.G.A.C.C.

LE SECRETAIRE D'ETAT AUX TRAVAUX PUBLICS AUX TRANSPORTS ET AU TOURISME

à

Monsieur l'Ingénieur Général, Directeur du Service de la Navigation Aérienne
155, rue de la Croix Nivert -PARIS 15e-

OBJET: Acquisition d'un radar type mobile type DECCA 424

J'ai l'honneur de vous faire connaître que j'ai décidé de faire l'acquisition d'un radar mobile DECCA 424. Ce radar aura pour but de faire face aux pointes de trafic qui se produisent à l'occasion de manifestations diverses, sur des terrains d'importance secondaire dont l'équipement est extrêmement sommaire. Ce radar pourra en outre être prêté temporairement à l'Ecole Nationale de l'Aviation Civile pour lui permettre de compléter la formation du personnel chargé de la maintenance et de l'exploitation des radars qui doivent être installés à NICE au TOUQUET et CALAIS. Le financement de cet achat sera assuré sur le budget 1957.

J'insiste tout particulièrement sur l'intérêt qu'il y aurait à acheter la remorque en France même. Je vous demande de bien vouloir en étudier la possibilité et de me rendre compte du résultat de vos recherches.

Pour le Secrétaire d'Etat aux Travaux Publics, aux Transports et au Tourisme
Le Secrétaire Général de l'Aviation Civile et Commerciale
L'Ingénieur Général MOUCHEZ
Directeur de la Navigation Aérienne
signé : MOUCHEZ

COPIE faite par SNA/3.MU et transmise à :

SNA/3.R (2. ex)
SNA/4
SNA/5
E.N.A.C
SNA/3M

DIVISION 5
6 MAR 1957

SNA/5C
DATE 7 MARS 1957
N° 807
S/SECTION 0

15 février 1957. Décision de la DNA de commander un radar DECCA mobile pour les aérodromes de Nice, le Touquet et Calais.

Le développement d'une infrastructure radar

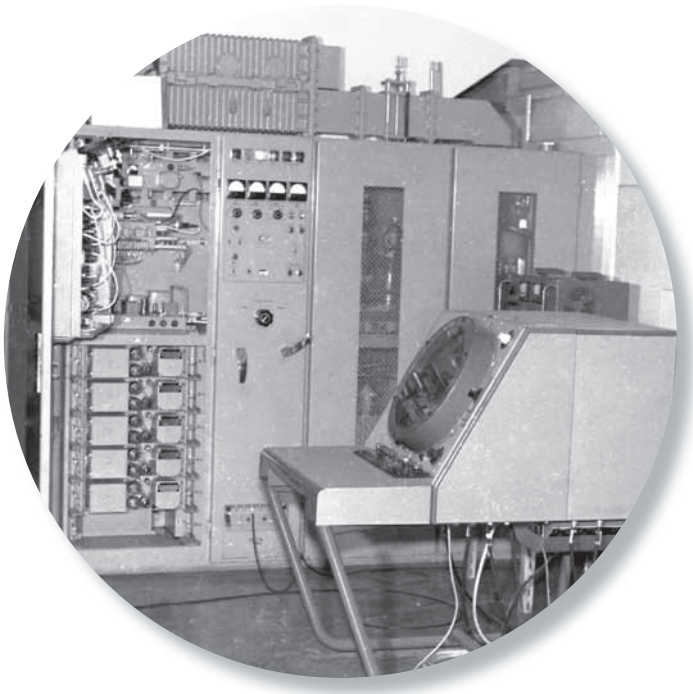
Après ces premiers tâtonnements, avant la fin des années cinquante et pour répondre efficacement à l'évolution du trafic aérien civil, à la fois quantitative en nombre de mouvements d'avions et qualitative avec l'arrivée des avions à réaction, la DNA s'est efforcée, en coordination avec l'armée de l'Air, de planifier la réalisation progressive d'une couverture radar nationale.

C'est ainsi qu'il a été prévu d'équiper les trois centres de contrôle régionaux et les aéroports importants (Orly, Le Bourget, Marseille-Marignane et Toulouse-Blagnac) de radars primaires[1] puissants conformes aux recommandations de l'OACI.

Antenne Thomson, type THD 1101 du premier radar du CCR de Bordeaux. Les émetteurs/récepteurs sont des CSF E/R 410.

1. La distinction radar primaire/radar secondaire est apparue avec l'arrivée de radars utilisant des répondeurs à bord des avions, dénommés radars secondaires. Par opposition, les premiers radars ont alors été appelés radars primaires.

Athis-Mons, années soixante. Sur le toit du CCR/BCT, à droite, le radar mis en service à Orly en 1953 et transféré à Athis en 1959 côtoie désormais la relève, le radar 23 cm mis en service en 1960 et qui restera en fonctions jusqu'en 1993.



Ensemble émetteurs/récepteurs du radar d'Athis Mons (1961).

A ces stations, prioritaires pour les besoins civils, se sont ajoutés par la suite les radars de Lyon-Satolas et de Brest pour les SCCAG (sections de coordination de la circulation aérienne générale) qui assuraient la coordination civils/militaires. La possibilité d'exploiter les données de radars militaires pour les besoins civils était envisagée là où elle s'avérerait utile.

Cette planification, malgré des imprécisions qui apparaîtront par la suite, liées à la fois à des évolutions techniques difficilement prévisibles et à la divergence des besoins civils et militaires, qui allait s'accentuer, aura l'énorme intérêt de permettre de développer une gamme de matériels correspondant aux besoins de l'aviation civile et de permettre ainsi aux industriels français de se positionner favorablement sur la scène internationale.

En complément de cette infrastructure prioritaire, la DNA prévoyait aussi le développement de radars d'aérodromes, de portée plus réduite, destinés à remplacer les radars DECCA de Nice et du Touquet et à équiper quelques autres aéroports en fonction du développement de leur trafic.

Le magnétron, par Maurice Antmann

Tube électronique de puissance fonctionnant à des fréquences très élevées (hyperfréquences), le magnétron est chargé d'envoyer à intervalles réguliers une impulsion électromagnétique de quelques microsecondes dans l'antenne.

Le modèle présenté ici équipait le radar primaire 23 cm E/R 410C. Sa puissance crête était de 2 MW. La dimension du magnétron dépendait de la longueur d'onde utilisée.

On notera d'une part les tuyaux permettant une circulation d'eau à l'intérieur du magnétron, indispensable à son refroidissement, et d'autre part la molette permettant de faire varier la fréquence du magnétron.

Un ensemble radar était composé de 2 émetteurs et 2 récepteurs fonctionnant sur des fréquences légèrement différentes (1300 et 1360 MHz). La diversité de fréquence améliorait la probabilité de détection.

La hauteur du magnétron présenté est de 50 cm.

Par contre le guidage radar des avions à l'atterrissage n'est plus envisagé : l'ILS est jugé plus efficace, et il a l'avantage de permettre à l'équipage d'assurer totalement la responsabilité de son atterrissage.

Ainsi, dès mars 1960, un nouveau radar, beaucoup plus performant, est mis en service au centre de contrôle d'Athis-Mons pour remplacer celui mis en service en 1953 au CCR d'Orly et transféré à Athis pour l'ouverture du centre. C'est un radar en bande L (23 cm de longueur d'onde) moins affectée par la pluie que la bande S (10 cm) du précédent, à polarisation circulaire pour mieux atténuer la gêne due aux nuages et à la pluie, fonctionnant en diversité de fréquence[1] (ainsi la panne d'un émetteur n'affecte que peu les performances) et dont les émetteurs/récepteurs type E/R 410, de 2 MW de puissance crête, assurent une portée doublée par rapport à l'équipement précédent. Equipé d'un MTI[2] et d'une antenne performante, ce radar apporta une amélioration considérable : il ne sera déposé qu'une trentaine d'années plus tard, après être passé par plusieurs modernisations.

Dans le même temps, l'Aéroport de Paris installait deux radars primaires avec des émetteurs/récepteurs de même type E/R 410 mais avec une antenne optimisée pour les besoins d'un grand aéroport, c'est-à-dire tournant à 15 tours par minute (au lieu de 6) et un faisceau plus large pour une meilleure détection des cibles mobiles par rapport aux échos fixes. L'antenne du radar d'Orly était implantée au ras du sol pour diminuer le niveau des échos fixes et ainsi améliorer autant que possible la détection des avions en zone proche. Cette solution a été reprise sur plusieurs autres aéroports français, lorsque le site le permettait.

Les radars primaires des aéroports de Marseille-Marignane (implanté à Vitrolles) et de Toulouse-Blagnac, installés au début des années soixante, auront les mêmes caractéristiques que celui de l'aéroport d'Orly. Par contre, les radars de grande portée de Bordeaux, de la Sainte-Baume (dédié du centre de contrôle d'Aix-en-Provence) de Lyon-Satolas (au bénéfice de la coordination civils/militaires, avant d'être déporté vers les centres de contrôle d'Aix-en-Provence et d'Athis-Mons) et de Brest seront un peu différents de celui d'Athis-Mons. Au lieu de l'antenne CSF, le STNA a préféré une antenne fabriquée par CFTH, d'un gain et donc d'une portée un peu supérieurs, mais surtout disposant de deux faisceaux, un faisceau haut qui assure la détection proche et un faisceau bas pour la détection lointaine, ces deux faisceaux étant commutés à chaque tour d'antenne. Pour assurer un renouvellement de la détection 6 fois

1. Un fonctionnement en diversité de fréquence consiste à faire émettre avec un décalage de quelques microsecondes les deux émetteurs (normal et secours) sur deux fréquences différentes. Ce procédé permet d'accroître la probabilité de détection et d'assurer un secours instantané.

2. *Moving target indicator*, VCM en français pour visualisation de cibles mobiles.

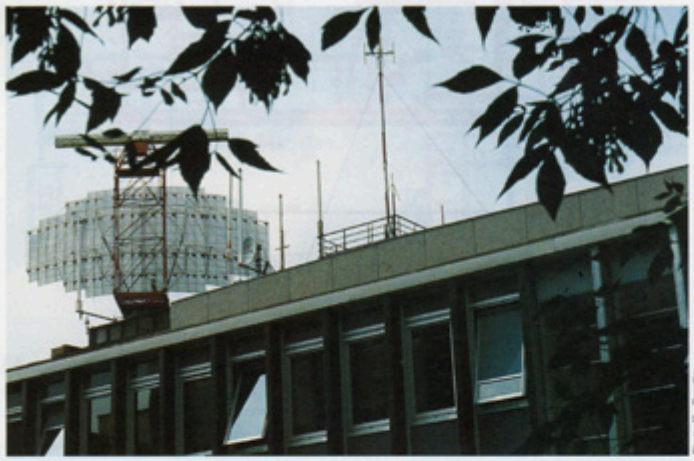


Photo JL. Tourillo

ATHIS-MONS

Arrêt du radar primaire

Le chef du CRNA Nord et tous les personnels du centre s'associent à la tristesse de la subdivision Radar-Visu qui a dû arrêter, le 2 décembre 1993, les appareils maintenant en survie le radar primaire d'Athis-Mons. L'antenne cessera définitivement de tourner lors de son démontage en 1994, pour aller vers un lieu qui reste encore à définir.

Un peu d'humour

M. Maurice Antmann, chef de la subdivision Radar-Visu, et MM. les IESSA de la section Radar ont la douleur de vous faire part du décès du Radar primaire d'Athis-Mons, survenu le 2 décembre 1993 dans sa trente-troisème année.

Mis en service en 1960, fier symbole du CRNA Nord, époque héroïque où les scopes étaient à bobines tournantes, où Johnny Hallyday chantait en coustume-cravate et les Beatles débutaient. Il a, pendant toutes ces années, bercé son entourage de son sifflement caractéristique, et rythmé la vie des riverains de sa lente et majestueuse rotation tout en les caressant de ses pulsations régulières. Tous les utilisateurs de chaînes Hi-Fi et, plus tard, ceux de PC et d'alarme de voitures en garderont un souvenir ému !

Image caractéristique du CRNA Nord auprès des médias, il a accompagné avec courage, patience et abnégation toutes les évolutions techniques et sociales du centre.

Il a connu :

Le contrôle aux procédures, sur un empire s'étendant du 8° W au 8° E et de Dunkerque à Lyon ;

Le Cautra I, qui ne savait faire que des strips et se reposait la nuit ;

Les imprimantes dont la tête d'impression pesait plus d'un kilo et dont les strips bicolores, rouges ou verts selon le sens du trafic, arrivaient sur les positions de contrôle par un réseau pneumatique et coordination balistique. Les plus anciens se souviendront du cri de détresse : **Halte à la coordination qui tue !**

La maintenance opérationnelle à quatorze IESSA pour tenir le poste ;

Les regroupements de nuit à vingt-sept fréquences ;

La première cohabitation, en accueillant sur son aile tutélaire ce qui allait être sa perte : **le radar secondaire** ;

L'agrandissement – déjà – du CRNA Nord (bâtiment 1609) et les extensions Est puis Sud ;

Et puis la gestation et la naissance des CRNA Ouest et Est...

Du haut de sa tour, il a suivi, impavide, les soubresauts et convulsions sociales qui ont ponctué la vie du centre. Les grèves de 1964, la flambée de 1968 où seuls volaient les pavés, et puis 1973 et le plan Clément-Marot, celle de 1979 et toutes les autres...

Parallèlement, il a vu le personnel passer du statut de technicien à contrôleur ou électronicien, puis ingénieur.

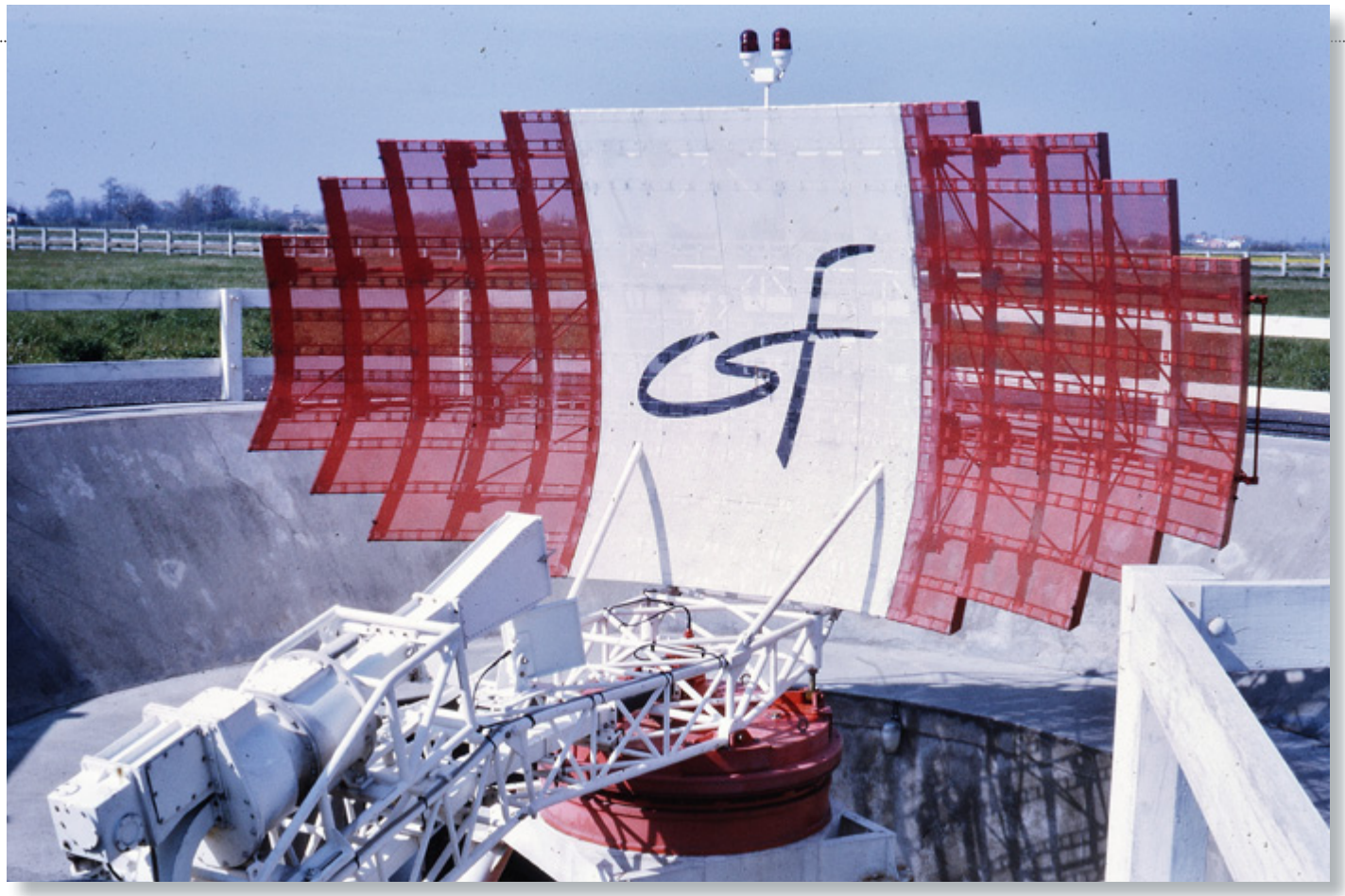
Vieux chêne, il a bravé les saisons et les éléments en furie, dont la tempête de juillet 1987 qui avait dévasté une partie d'Athis-Mons, arraché le pylône émission de la station locale et noyé des bureaux.

Et puis, progressivement, il a été supplanté par les radars secondaires ses petits frères pour être terrassé par les monopulses dont la précision diabolique nécessaire pour écouler le trafic en croissance constante lui a été fatale.

Souffrant depuis quelques années d'une longue et douloureuse maladie, hémiplégique depuis l'été 1992, ayant subi au cours de l'année 1993 deux interventions à cœur ouvert, il était depuis lors dans un coma profond et ne tenait que grâce à l'acharnement thérapeutique des IESSA.

Conscients de son état et afin de lui épargner une agonie pénible et inutile, les représentants du CRNA Nord, réunis le 23 novembre 1993 en Conclave technique professionnel (CTP), ont décidé de la débrancher le 2 décembre 1993.

Puissent ses remplaçants vivre aussi longtemps et assurer avec autant de modestie et d'efficacité leur rôle dans le Contrôle aérien. ■



Pour diminuer le niveau des échos fixes, certaines antennes ont été implantées au ras du sol, voire semi-enterrées, comme ici à Toulouse. Ces antennes ont été utilisées à la fois pour le primaire et le secondaire.

par minute, comme à Athis-Mons, l'antenne doit donc tourner à 12 tours par minute : mais en contrepartie, il est possible de se passer d'un MTI, qui en ce début des années soixante est un équipement encore délicat et coûteux.

Le remplacement des radars DECCA de Nice et du Touquet interviendra plus tard, à partir de 1965 ; le matériel retenu est un radar VT 23 cm de Thomson-Houston, avec une antenne au ras du sol et un émetteur de faible puissance (40 kW). Perpignan et Lyon-Bron recevront également une station radar primaire de type VT.

Pour compléter ces radars primaires, toute une gamme d'équipements a été développée. On peut citer :

- les amplificateurs paramétriques : équipements à très faible facteur de bruit, ils amélioraient, pour un coût relativement faible, la sensibilité des récepteurs et par voie de conséquence la portée des radars. Ils ont été commandés à Thomson-Houston après appel d'offres et installés par les ingénieurs du STNA sur les E/R 410 de CSF ;
- les écrans radar, bien sûr : plusieurs sociétés françaises avaient alors la capacité de concevoir ces matériels ; ils étaient choisis sur appel d'offres et modernisés au fur et à mesure des progrès techniques ;
- les déports radar par faisceaux hertziens, fabriqués par CSF, installés pour déporter au centre de contrôle d'Aix-en-Provence les images radars de la Sainte-Baume et de Vitrolles, et à Marignane celles du radar de Vitrolles ;
- les enregistreurs de données radar par caméra, développés par le STNA puis fabriqués par un petit industriel ;
- les éliminateurs de parasites qui permettaient d'améliorer la qualité de l'image radar présentée aux contrôleurs ; c'est là l'une des premières applications des technologies numériques par le STNA ;

Le tube à mémoire,
par Maurice Antmann

Utilisé dans les matériels équipant les tours de contrôle, le tube à mémoire est un tube électronique qui transforme une image radar en une image télévision. Ce tube est constitué de deux canons séparés par une membrane. L'un des canons est alimenté par le radar qui fournit la vidéo inscrite en coordonnées polaires (ρ, θ) sur cette membrane, l'autre canon va lire cette vidéo en balayage cartésien ou télévision (X, Y).

L'image, visualisée sur un téléviseur, est exploitée en lumière du jour par les contrôleurs de vigie.

Le tube présenté mesure 64 cm.

- les transformateurs d'images dont la fonction était de transformer l'image radar panoramique classique, exploitable seulement dans des salles peu éclairées, en image de télévision exploitable dans des conditions normales d'éclairement et donc dans une tour de contrôle. Ces transformateurs étaient basés sur la technologie des tubes à mémoire analogique, bien maîtrisée par CSF, mais qui sera supplantée par le numérique dans les années soixante-dix.

En définitive, cette histoire du développement de la première infrastructure radar dans la France de l'après-guerre illustre bien la façon dont la DNA et le STNA s'efforçaient, tout en traitant les problèmes du contrôle de la circulation aérienne, de faire émerger une filière industrielle française à la fois performante, originale et compétitive. Le STNA n'hésitait pas à « jouer au mécano », associant l'antenne d'un fournisseur aux émetteurs/récepteurs d'un autre, où à installer lui-même un sous-ensemble pour améliorer les performances d'un équipement. Les appels d'offres étaient le plus souvent adressés aux seuls industriels français, même si on était prêt à acheter à l'étranger les équipements qui n'existaient pas en France.

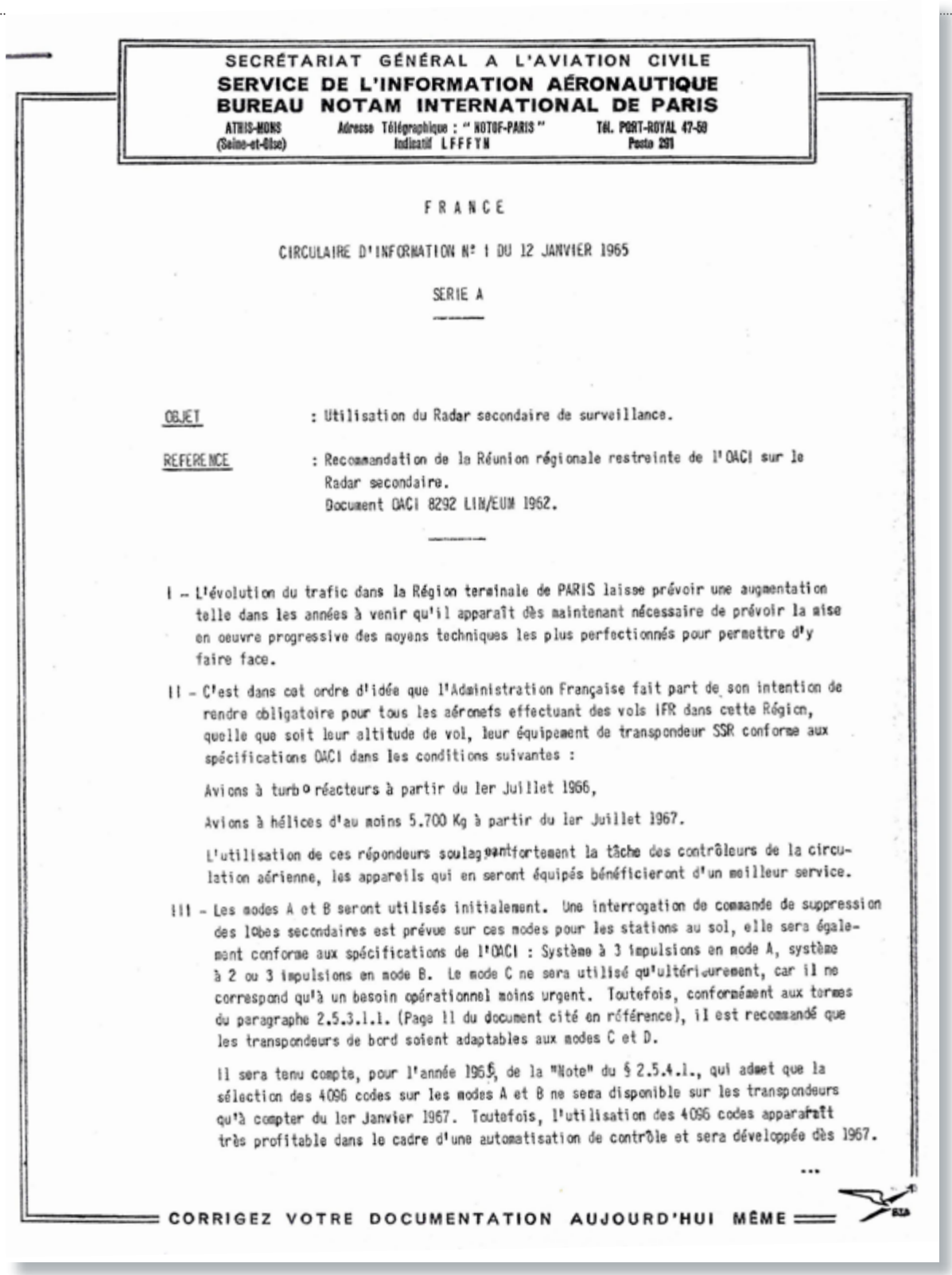
Ces méthodes allaient devoir changer très vite, avec l'évolution technique et industrielle (CFTH et CSF allaient fusionner pour devenir Thomson-CSF), la montée en puissance d'Eurocontrol, l'évolution de la réglementation des marchés et, surtout, le changement de dimension des problèmes du contrôle de la circulation aérienne.

L'apparition du radar secondaire et les débuts des traitements automatisés

Au cours des années cinquante, l'OACI a défini les caractéristiques d'un nouveau système, le radar secondaire, extrapolé de l'IFF, un système militaire qui permettait aux avions qualifiés d'« amis » de s'identifier en répondant par un code, prédéfini, à une interrogation également cryptée. Comme l'IFF, le radar secondaire est composé d'un interrogateur dont l'antenne est jumelée à celle du radar primaire (au moins dans un premier temps) et qui émet un signal codé auquel répondent les avions situés dans le faisceau de l'antenne. La réponse de l'avion, codée elle aussi, peut être affichée directement sur l'écran radar, sous forme de barres lumineuses, superposée à l'écho du radar primaire : c'est le décodage « passif », qui facilite l'interprétation de l'image radar par les contrôleurs. Pour l'identification des avions, les contrôleurs n'ont plus besoin de demander une altération de cap aux pilotes et de constater le changement de trajectoire.

La réponse peut également faire l'objet d'un traitement numérique plus complexe pour compléter l'image radar par des données alphanumériques extraites de la réponse codée (identification de l'avion et altitude de vol principalement) : c'est le décodage dit « actif », dont on entrevoyait encore mal, au début, ce qu'il apportait.

Poussée par la croissance du trafic à laquelle les contrôleurs ont parfois du mal à faire face, la DNA décide l'acquisition d'un radar secondaire, commandé à la société anglaise COSSOR. Il sera installé en 1962 à Athis-Mons, son antenne fixée au-dessus de l'antenne primaire. Complété par l'installation d'un décodage passif militaire, il sera expérimenté en attendant une installation définitive.



SECRÉTARIAT GÉNÉRAL A L'AVIATION CIVILE
SERVICE DE L'INFORMATION AÉRONAUTIQUE
BUREAU NOTAM INTERNATIONAL DE PARIS
ATHIS-MONS (Seine-et-Oise) — Adresse Télégraphique : " NOTOF-PARIS " Indicatif LFFFYN — TÉL. PORT-ROYAL 47-50 Poste 291

FRANCE

CIRCULAIRE D'INFORMATION N° 1 DU 12 JANVIER 1965

SERIE A

OBJET : Utilisation du Radar secondaire de surveillance.

REFERENCE : Recommandation de la Réunion régionale restreinte de l'OACI sur le Radar secondaire.
Document OACI 8292 LIM/EUM 1962.

I – L'évolution du trafic dans la Région terminale de PARIS laisse prévoir une augmentation telle dans les années à venir qu'il apparaît dès maintenant nécessaire de prévoir la mise en oeuvre progressive des moyens techniques les plus perfectionnés pour permettre d'y faire face.

II – C'est dans cet ordre d'idée que l'Administration Française fait part de son intention de rendre obligatoire pour tous les aéronefs effectuant des vols IFR dans cette Région, quelle que soit leur altitude de vol, leur équipement de transpondeur SSR conforme aux spécifications OACI dans les conditions suivantes :

Avions à turbo réacteurs à partir du 1er Juillet 1966,

Avions à hélices d'au moins 5.700 Kg à partir du 1er Juillet 1967.

L'utilisation de ces répondeurs soulagera fortement la tâche des contrôleurs de la circulation aérienne, les appareils qui en seront équipés bénéficieront d'un meilleur service.

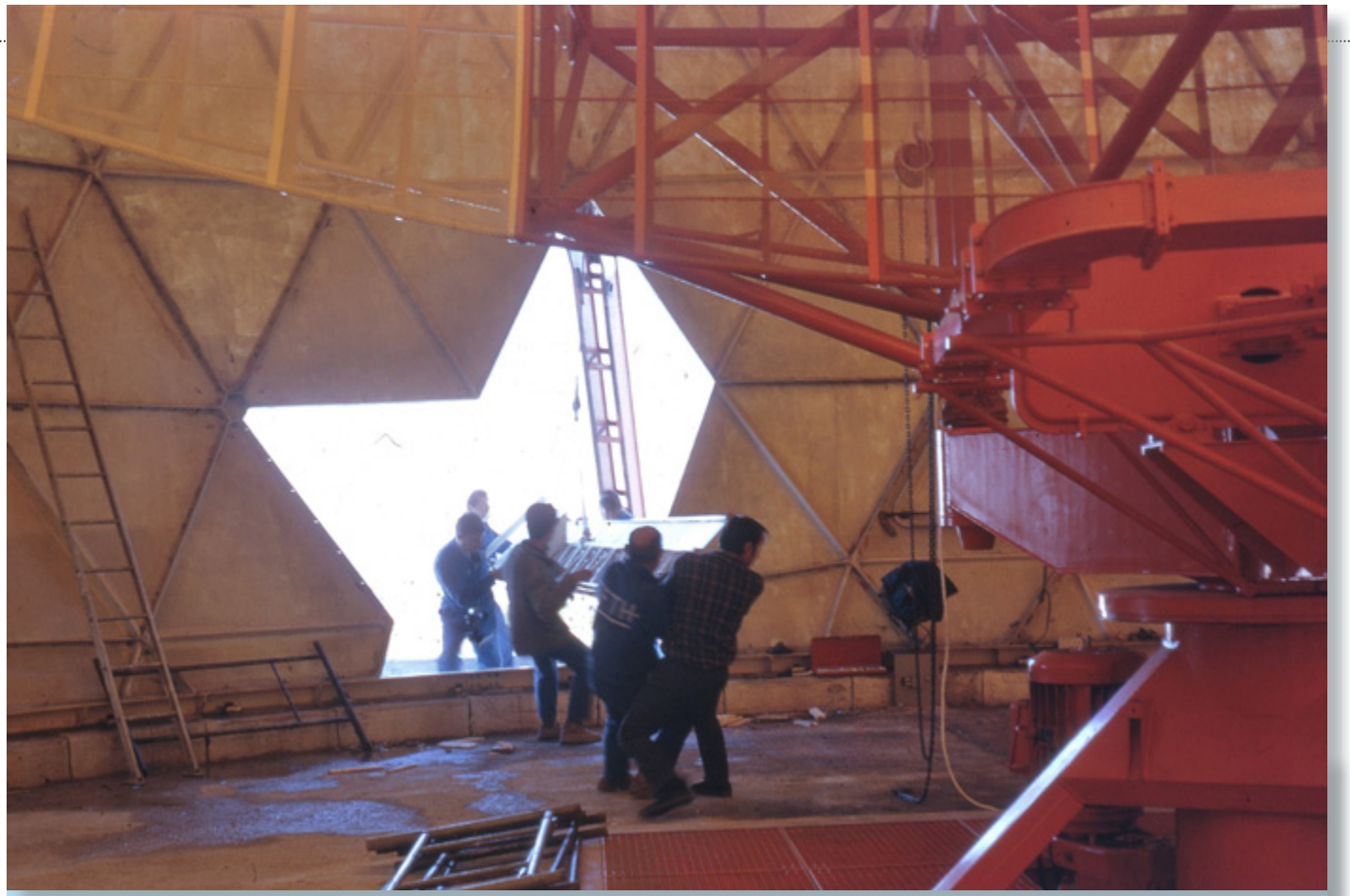
III – Les modes A et B seront utilisés initialement. Une interrogation de commande de suppression des lobes secondaires est prévue sur ces modes pour les stations au sol, elle sera également conforme aux spécifications de l'OACI : Système à 3 impulsions en mode A, système à 2 ou 3 impulsions en mode B. Le mode C ne sera utilisé qu'ultérieurement, car il ne correspond qu'à un besoin opérationnel moins urgent. Toutefois, conformément aux termes du paragraphe 2.5.3.1.1. (Page 11 du document cité en référence), il est recommandé que les transpondeurs de bord soient adaptables aux modes C et D.

Il sera tenu compte, pour l'année 1965, de la "Note" du § 2.5.4.1., qui admet que la sélection des 4096 codes sur les modes A et B ne sera disponible sur les transpondeurs qu'à compter du 1er Janvier 1967. Toutefois, l'utilisation des 4096 codes apparaît très profitable dans le cadre d'une automatisation de contrôle et sera développée dès 1967.

...

CORRIGEZ VOTRE DOCUMENTATION AUJOURD'HUI MÊME

Circulaire d'information aéronautique portant obligation d'emport du transpondeur pour les avions évoluant dans la FIR Paris.



Une antenne encombrante, par Jacques Delol

C'était au début des années soixante, plus précisément en 1965[1]. Le radar secondaire, nouveau venu, avait été expérimenté à Athis-Mons avec un ensemble COSSOR. Le choix définitif se porta sur un radar CSF, ce qui nécessitait de remplacer l'antenne COSSOR par une antenne CSF.

On installa alors l'antenne secondaire au-dessus de l'antenne primaire. Elle devait avoir une envergure de l'ordre de 6 mètres pour une hauteur d'environ 60 à 80 centimètres. L'installation de cette première antenne secondaire se fit sans problème ; pour la seconde, l'histoire mérite d'être contée.

Le deuxième site d'installation d'un radar secondaire, au bénéfice cette fois du CCR/Sud-Est, fut celui du massif de la Sainte-Baume, endroit venté s'il en est ; l'antenne primaire était d'ailleurs protégée par un radome, installé sur le bâtiment technique.

L'antenne secondaire étant d'une seule pièce, l'opération ne s'annonçait pas aussi aisée qu'à Athis-Mons ; le passage par l'intérieur du bâtiment semblait impossible. Georges Atzel, alors patron de la division installations du STNA, fit tout de même réaliser une maquette en bois, grandeur nature, de l'antenne : bien sûr, elle ne passait pas.

La seule solution était donc de démonter un ou deux panneaux du radome pour faire passer l'antenne par l'ouverture ainsi pratiquée.

Georges Atzel n'en voulut rien savoir. Le risque était grand : en effet le radome était un assemblage de panneaux constitués d'un cadre métallique sur lequel était tendue une peau de toile de verre enrobée de plastique. La probabilité qu'il y ait un léger affaissement de la structure et qu'il soit impossible de remettre les panneaux en place était grande. Et l'on pouvait craindre aussi que le mistral ne vienne s'engouffrer sous le radome…

Toutefois, après moult discussions, Georges Atzel accepta cette solution à condition que j'en prenne la responsabilité. Ce qui fut dit fut fait. Une fois l'antenne en place, les panneaux enlevés reprirent leur place sans aucun problème. Fort heureusement, le mistral n'avait pas soufflé.

Faut-il ajouter que les antennes suivantes furent fabriquées en plusieurs éléments ?

1. Je revenais alors de l'OGSA (Organisation de gestion et de sécurité aéronautiques de l'Algérie et du Sahara).

Un appel d'offres est ensuite lancé pour compléter progressivement toutes les stations radar de grande portée par un interrogateur radar secondaire. Et la DNA rendra progressivement obligatoire l'emport d'un transpondeur par tous les avions contrôlés.

En ce début des années soixante, les expérimentations CAUTRA se poursuivaient. Avec les calculateurs IBM 650, installés à Athis-Mons en 1961, il n'était pas envisageable d'aller au-delà du traitement des plans de vol déposés par les compagnies aériennes. Mais leur remplacement par des calculateurs IBM 7040/7740, beaucoup plus performants bien qu'utilisant encore une technologie à composants discrets[1], ouvrait d'autres perspectives : le traitement d'informations numérisées issues des radars secondaires et l'affichage d'informations alphanumériques en complément de l'image radar devenaient possibles.

C'est ainsi qu'en 1965 fut lancé un appel d'offres pour un extracteur radar expérimental assurant la transformation de la vidéo des radars primaires et secondaires en données numériques assimilables par les calculateurs d'Athis-Mons. La société CSF fut retenue : elle était la moins disante, car sa proposition reposait sur des circuits intégrés, alors que ses concurrents en étaient restés aux modules de composants discrets ; les coûts de fabrication étaient ainsi diminués et le volume des équipements réduit. IBM avait proposé une solution basée sur des calculateurs IBM 360, comme pour ceux choisis par l'armée de l'Air pour son système de défense aérienne STRIDA et dont le coût était beaucoup plus élevé.

En fait, seuls les plots du radar secondaire, enrichis par l'information du radar primaire, plus précise (l'association primaire/secondaire est effectuée dans l'extracteur), étaient exploités par les calculateurs IBM 7040 du centre d'Athis-Mons, dont la puissance était limitée.

Une fois confirmés le choix de la technologie, l'efficacité des traitements et l'interface avec les calculateurs CAUTRA, il était permis d'envisager une nouvelle étape dans le développement de l'infrastructure radar. Jusque-là, l'exploitation des données du radar n'était effectuée qu'à proximité des antennes. Les déports d'image par relais hertziens, comme ceux installés pour les déports des radars de la Sainte-Baume et de Vitrolles ne permettaient pas de franchir des distances importantes sans multiplier les relais intermédiaires : c'était coûteux et contraignant. Mais après numérisation par les extracteurs, le déport par une simple ligne téléphonique devenait possible, ouvrant de nouvelles perspectives.

1968, la station radar d'Evreux en construction.

1. Composant électronique de base dont le rôle est de réaliser une fonction élémentaire, le composant discret se distingue du circuit intégré et du circuit hybride qui intègrent plusieurs fonctions actives ou passives dans un même boîtier.

Le Potez 840 utilisé pour la calibration radar.

La calibration radar, par Jacques Delol

En ce temps là !

Oui, il y a plus de quatre décennies, du temps de la préhistoire, pourrait-on dire, l'image radar n'était pas celle d'aujourd'hui.

La visualisation que l'on fournit de nos jours aux contrôleurs aériens n'est même plus une image radar, mais une *image obtenue à partir de radars*. Une image d'un confort exceptionnel, stable, lumineuse, enrichie d'informations géographiques ou de découpages de l'espace aérien, sur laquelle les avions sont parfaitement visibles, complétée d'informations que l'on n'osait même pas imaginer au temps du bon vieux scope radar circulaire, à fond noir, couvert d'échos fixes ou mobiles, de taches blanches qu'il fallait identifier et de taches mobiles noyées dans les échos fixes, malgré l'utilisation du MTI qui, en essayant d'atténuer les échos fixes, permettait de mieux distinguer les avions.

Mais que dire des échos parasites dus aux réflexions, des vitesses aveugles, du cône mort, du « clutter » de terre ou de mer, de la neige ou des « anges », puis du « fruit » et du « garbling » avec l'arrivée du radar secondaire ?

Les techniciens ont heureusement fait disparaître ce vocabulaire du langage des contrôleurs ; les paléolexicologues en retrouveront peut-être les traces dans les grimoires (notices) de cette époque lointaine !

C'est pourtant dans ces conditions et avec cet outil qu'il fallait effectuer les « calibrations radar », c'est-à-dire déterminer le volume réel de détection du radar installé.

L'opération consistait donc à faire voler un avion, à différents niveaux, et selon différents azimuts, d'abord en éloignement, jusqu'à la perte du signal, puis en rapprochement. Inutile d'insister sur le côté fastidieux et long, oh ! combien ! de ces vols… Fastidieux pour l'équipe au sol, qui devait photographier le scope radar avec un appareil polaroïd pour ensuite, de retour au STNA, dépouiller toutes ces informations et établir un rapport ; monotone aussi pour l'équipage de l'avion.

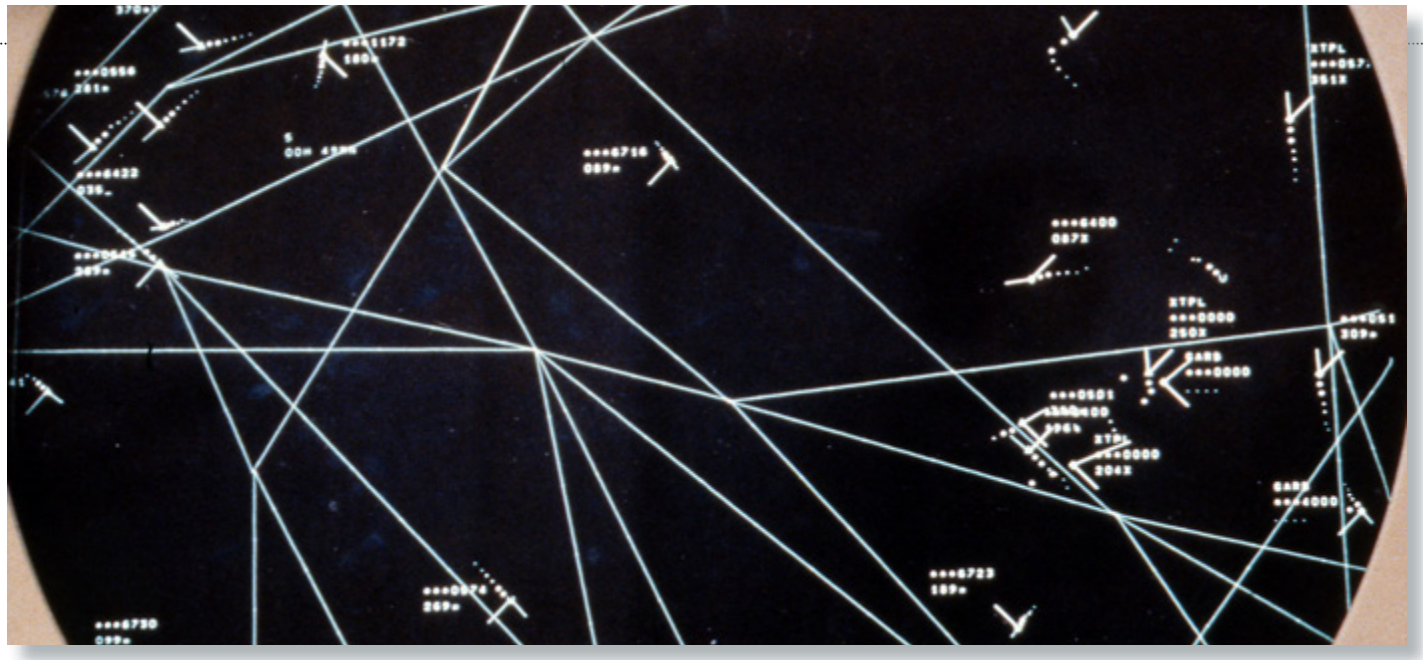
L'avion, c'était un joli petit quadrimoteur aux turbopropulseurs implantés en avant de l'aile, un Potez 840, le dernier appareil à porter le nom de ce constructeur, et qui n'eut pas le succès commercial escompté.

Le nouveau plan de développement de l'infrastructure radar

Pour obtenir une couverture continue des voies aériennes au-dessus de la France métropolitaine, un nouveau plan radar est élaboré à la fin des années soixante, associant radar primaire et radar secondaire, dont la réalisation s'étalera sur une décennie :

- trois nouvelles stations sont programmées, en coordination avec la Défense, à Evreux, en remplacement du radar du centre de contrôle d'Athis-Mons, dont la couverture vers le nord et le nord-ouest est insuffisante (le radar d'Athis-Mons restera toutefois opérationnel pour parer à tout incident), à La Châtre (au centre de la France) et dans la région nantaise ;
- les autres stations à grande portée seront rénovées, y compris le radar de l'aéroport de Toulouse-Blagnac dont la portée sera accrue en plaçant une nouvelle antenne sur un pylône de 30 m ;
- les informations du radar secondaire suisse de La Dôle seront déportées ;
- les radars de la défense aérienne pourront être déportés pour compléter la couverture, en particulier vers le nord-est.

Les trois nouvelles stations, à grande portée, associant radars primaires et radars secondaires sont commandées à Thomson-CSF, qui fournit la totalité des équipements, y compris les extracteurs radar pour les déports sur lignes téléphoniques à 2 400 bits/sec. Les nouvelles antennes conservent le principe de la double couverture, haute pour la zone proche, basse pour la portée lointaine ; mais ces deux couvertures sont obtenues



Avec le traitement radar, les contrôleurs disposent d'une image renseignée, fiable et précise.

simultanément. Ce dispositif permet de s'affranchir du système compliqué de commutation mécanique des hyperfréquences en disposant devant le réflecteur, en plus de la source émission/réception, une deuxième source assurant la réception pour la couverture haute. La vitesse de rotation de l'antenne peut être ramenée à 6 tours par minute. Les émetteurs/récepteurs sont de type E/R 720 ; ils utilisent le même magnétron que les E/R 410 mais ont été entièrement modernisés. L'adjonction d'un MTI est systématique car la technologie numérique a permis de développer des matériels fiables et performants à un coût raisonnable.

Le nouveau radar d'Evreux est mis en service opérationnel en 1972 : il devient ainsi le premier radar dont les données sont déportées par ligne téléphonique, sans qu'il y ait d'exploitation sur place. Le radar de La Châtre est mis en service en 1973 et celui de Nantes en 1976.

Le traitement des informations radar par le CAUTRA devient systématique dans les CRNA pour présenter aux contrôleurs une « image numérisée », associant aux plots radar une étiquette indiquant l'identité de l'avion et son altitude. Mais la possibilité pour les contrôleurs d'afficher sur leurs écrans l'image radar en balayage panoramique classique est conservée pour les radars implantés localement.

Avec l'extension et la redondance des couvertures des stations radars et l'importance primordiale du traitement des radars par le CAUTRA, il ne s'agit plus de considérer le radar comme un moyen unique, exploité directement, mais comme un élément d'un système global qui permet aux contrôleurs de disposer d'informations intégrées issues de sources multiples.

La situation au début des années quatre-vingts

Le CAUTRA est devenu le nœud du système radar, mais il doit évoluer. Les calculateurs 10 070 de la CII (société du Plan Calcul[1]), qui ont remplacé les IBM 7040/7740 sont proches de la saturation, leur fiabilité n'est pas irréprochable et leur technologie dépassée rend la maintenance très coûteuse. Ils sont en cours de remplacement par des MITRA 125, puis 625. C'est une opération très lourde, mais essentielle. En ce qui concerne le traitement radar, elle doit permettre une amélioration de la poursuite radar et de la fiabilité pour que les contrôleurs puissent disposer d'une image synthétique beaucoup plus aisée à exploiter. Pour améliorer la disponibilité de l'image radar fournie par le calculateur, le traitement en sera effectué par un calculateur spécifique, séparé de celui du traitement des plans de vol.

1. *« Grand programme technologique (1966-1975) visant à constituer une informatique garantissant l'indépendance française vis à vis des constructeurs américains »*. 3e colloque d'histoire de l'informatique, INRIA, Sophia-Antipolis, 1993.

Afin de fournir aux contrôleurs une image radar synthétique fiable, précise, permettant de diminuer les normes de séparation des avions sur les routes aériennes, il ne suffit pas d'améliorer les traitements effectués par le CAUTRA : il faut aussi améliorer la qualité de l'information radar. L'expérience des années soixante-dix a montré que le radar primaire, malgré de très importantes améliorations liées essentiellement à la puissance des technologies numériques, n'apparaissait plus comme utile pour le contrôle de la circulation aérienne en route, alors que tous les avions contrôlés sont équipés de transpondeurs radar secondaire. Toutefois le radar secondaire souffre de sérieuses limitations lorsque le trafic aérien devient trop dense : précision insuffisante, enchevêtrement des réponses, brouillage par des réponses multiples aux interrogateurs, d'ailleurs de plus en plus nombreux, etc. Cependant des améliorations très significatives sont possibles.

Après diverses expérimentations, la solution du radar mono-impulsion est retenue en 1983. Elle peut être mise en œuvre sans attendre la normalisation, par l'OACI, de solutions plus sophistiquées, permettant l'interrogation individuelle ; elle apporte aussi une amélioration très sensible de la qualité de la détection des avions, en particulier en précision, qui va s'avérer suffisante pour de nombreuses années en ce qui concerne le contrôle en route. Les implantations ont été définies pour assurer un recouvrement suffisant des couvertures des différentes stations radars, de sorte que la panne d'une station n'ait pas de graves conséquences sur l'écoulement du trafic en route.

Mais en 1985, les grandes approches restaient toujours équipées de radars primaires qui apportent une plus grande précision de localisation des avions et permettent de remédier à d'éventuelles pannes de transpondeur (heureusement peu fréquentes) et de détecter des intrusions de vols non identifiés dans des espaces où ils pourraient présenter un danger pour les avions contrôlés. ■

Le radar mono-impulsion de Palaiseau. Un effort important a été fait pour intégrer ce type de station dans l'environnement. Notez l'évolution par rapport aux radars de La Châtre ou d'Evreux.

Les extracteurs et générateurs de plots

par Jean Peudecœur

A sa sortie de l'ENAC, Jean Peudecœur, ITNA 59, est affecté au département radar du STNA où il participe à la mise au point de l'extracteur. Il rejoint le bureau DNA/3 en tant qu'IAC en 1976, puis le SCTA en 1981 pour s'occuper de politique de maintenance. Il retourne au STNA en 1985 pour prendre la responsabilité des moyens de maintenance. Il a participé à de nombreux groupes de travail techniques comme l'AFNOR.

L'arrivée de calculateurs numériques de plus en plus performants au cours des années soixante a ouvert des perspectives prometteuses en matière de traitement de l'information radar. Ces traitements supposaient que l'information sur les cibles aériennes contenues dans les signaux de la vidéo radar secondaire et radar primaire soit au préalable transformée en un message digital codé, reconnu par le calculateur.

L'équipement spécifique chargé de ce processus est l'extracteur de plots radars.

Après une première expérience, acquise avec la société SNERI dans le domaine du traitement radar, le STNA a lancé en 1965 un appel d'offres pour l'étude et la fabrication de la maquette d'un extracteur de plots primaires et secondaires, avec pour objectif la mise en œuvre d'un système opérationnel.

La CSF a remporté cet appel d'offres face aux sociétés SNERI et SINTRA (société impliquée dans le développement du STRIDA). Le choix de CSF a été motivé par le prix, mais également par l'emploi d'une nouvelle technologie, celle des circuits intégrés.

Cette option permettait, par rapport à la concurrence :

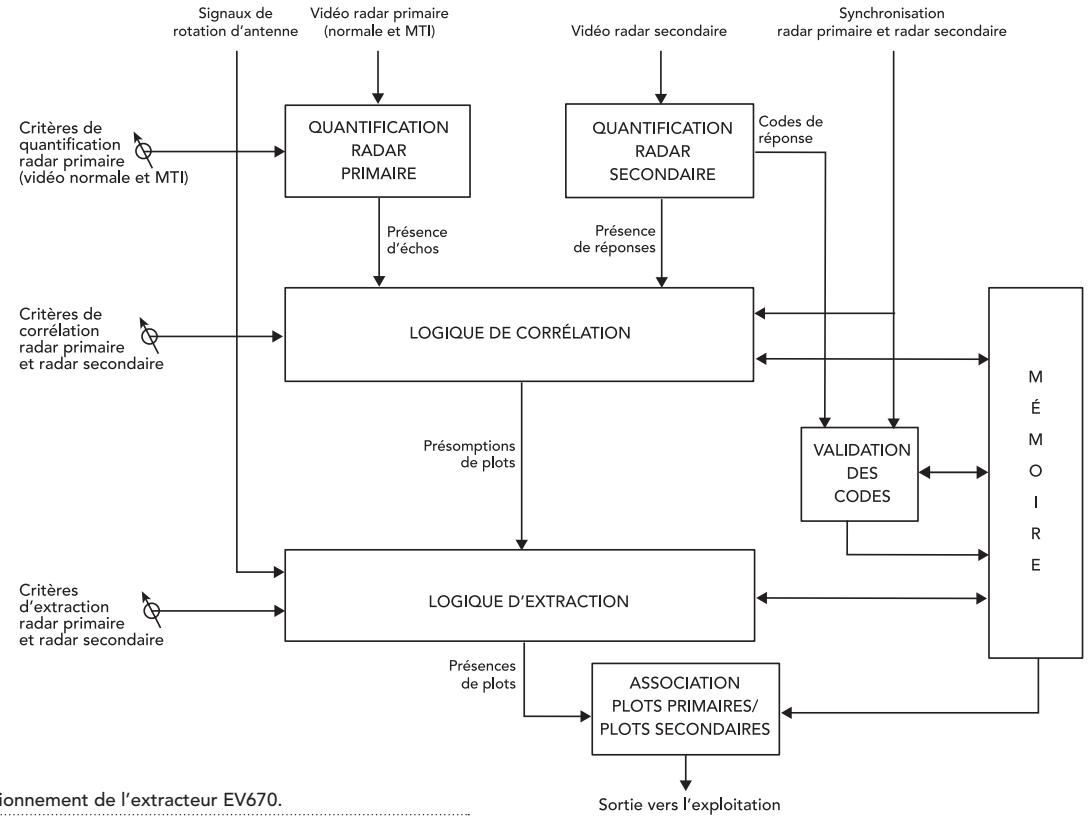
- de diminuer le nombre de baies électroniques[1] : trois au lieu de six, ce qui expliquait pour une bonne part le prix moins élevé ;
- de traiter l'information plus rapidement ;
- d'améliorer la fiabilité et la maintenabilité.

Le pari était risqué : c'était le tout début des circuits intégrés et leur connaissance était encore limitée. Mais l'avenir a montré que c'était le bon choix.

La maquette a permis de mettre au point tout le système de commande de la mémoire et le traitement de la diaphonie[2] entre les octets. Les deux extracteurs, expérimental (EV 650), puis prototype (EV 660), ont été installés au CRNA/Nord avec pour objectif de valider la faisabilité du projet et de mettre au point l'interface avec le CAUTRA. La réussite de ces étapes a conduit le STNA à passer commande de l'extracteur de série EV 670, dérivé du prototype. Cette commande importante, de 18 exemplaires, a permis au STNA de bénéficier de prix intéressants et à la CSF de lancer ainsi une chaîne de fabrication qui lui a ouvert les portes de l'exportation.

Parallèlement, le STNA a fait développer par la CSF un générateur de plots (GP 670), complément au traitement des échos fixes, afin de ne pas surcharger la poursuite radar élaborée dans le système CAUTRA. De son côté, le CENA avait réalisé sur un calculateur IBM un logiciel qui assurait les mêmes fonctions que le GP 670.

1. Une baie électronique est une structure plus ou moins complexe prévue pour recevoir des équipements électroniques ainsi que les câbles d'alimentation et d'échange de signaux nécessaires au fonctionnement de ces équipements. La baie électronique peut assurer des fonctions de filtrage de l'air, ventilation, refroidissement, protection, etc.
2. On appelle *diaphonie* l'interférence d'un premier signal avec un second. Le phénomène est d'autant plus important que les fils véhiculant les octets d'information sont plus proches, ce qui est le cas dans la technologie employée pour la mémoire de l'extracteur qui est une mémoire à tores.



Synoptique du fonctionnement de l'extracteur EV670.

Les deux systèmes ont été expérimentés pendant six mois sur le radar de Lyon-Satolas ; cette expérimentation a abouti au choix du GP 670. Ce choix a d'ailleurs permis à la CSF, devenue Thomson-CSF en 1968, de disposer dans son catalogue de produits d'une chaîne radar complète, depuis les émetteurs/récepteurs jusqu'à la génération de plots, en passant par l'extraction.

Ainsi, en quelques années, le service technique et les industriels français ont réussi à développer des équipements entièrement nouveaux pour faire entrer le radar numérique dans les salles de contrôle.

La technologie des composants a évolué à une vitesse qui n'avait pas été imaginée. La première maquette, construite par CSF, fut celle de la mémoire à tores pour l'étude de la diaphonie ; elle mesurait 1 m x 1 m et comportait des tores qui devaient avoisiner 1 cm de diamètre ; elle a été suivie par un extracteur expérimental EV 650 puis par un prototype EV 660 dont les dimensions étaient réduites à deux baies électroniques standardisées (meuble d'environ 2 m de haut sur 70 cm de large) ; quant à l'extracteur de série EV 670, il était constitué d'une seule baie.

La poursuite de la miniaturisation des circuits a permis, en 1972, de réduire encore les dimensions de ces équipements, les dernières générations EV 720 et GP 720 (successeur du GP 670) n'occupant plus qu'un tiroir (environ 40 cm sur 70) hormis les circuits d'alimentation.

Le radar a été considérablement modernisé. L'avènement du numérique, très rapidement devenu opérationnel, a été un progrès important pour les exploitants ; mais il faut noter aussi les améliorations réalisées sur la détection (émetteurs et récepteur) et la visualisation.

Tous les progrès techniques évoqués sont dus à une collaboration étroite entre les ingénieurs du STNA, qui ont tiré le meilleur parti des crédits d'études alloués par la direction de la navigation aérienne, et leurs partenaires industriels qui ont su bénéficier de leur expertise. L'industrie française, et tout particulièrement Thomson-CSF, a profité de la modernisation des radars pour développer des équipements performants validés par la navigation aérienne française et réussir ainsi sur les marchés extérieurs. ■

L'inauguration de La Châtre

par Jean-Yves Savina et Pierre Lauroa

La station radar de La Châtre est mise en service le 20 novembre 1973. L'opération fait l'objet d'une cérémonie d'inauguration exceptionnelle, présidée par Yves Guéna, ministre des Transports et relayée par une importante couverture médiatique. Nous sommes au pays de *La Mare au diable*… le docteur Maurice Tissandier, député maire de La Châtre, suggère pourtant dans son allocution que le saint patron des voyageurs ne serait pas étranger au choix de la commune d'implantation du radar, Saint-Christophe-en-Boucherie.

Au SGAC, la direction de la navigation aérienne vient de se doter d'un nouveau magazine, *airnav*[1], confié à Jean-Yves Savina, dont la plume romantique retrace ci-dessous une inauguration restée mémorable.

« Les turbulentes madones de feu Maurice Dekobra[2] *en auraient goûté le charme : elles avaient de quoi, en ce seul mardi 20 novembre 1973, assouvir tout à la fois leur soif de sleepings et de boeings ! Il n'est peut-être pas usuel, en effet, de commencer dans le train une journée qui se voue en définitive à l'avion. Encore qu'il fut un temps, il est vrai, où l'on devait bien aller inaugurer des gares en voitures à chevaux.*

Plus de cent personnes s'étaient donc donné rendez-vous à la gare d 'Austerlitz, en même temps qu'un énorme soleil rouge qui ne doit décidément pas pouvoir se passer d'avoir quelque chose à faire avec le nom de cette bataille-là.

Le train spécial à destination d'Issoudun part à 9 h 55 précises et aucun ne doit pouvoir s'empêcher de penser que si régularité et sécurité sont en quelque sorte les deux mamelles de la navigation aérienne, la louve des Transports doit étrangement ressembler à celle de Rome.

Ces jumeaux font excellent ménage : il y a de l'avion jusque dans le confort et la musique dite d'ambiance. Même l'hôtesse est là, d'un rouge un peu plus soutenu que celui d'Air Inter, mais elle offre mille choses et vous auriez presque la tentation de vérifier que votre ceinture est bien attachée. La traversée de la Sologne, avouons-le, sera à peu près aussi uniforme et grise que celle de la couche quelques minutes avant un atterrissage…

M. Maldent attend le groupe, qui arrive d'Issoudun par autocars, aux grilles du château de Bouges : il est le régisseur de ce merveilleux domaine, légué depuis une dizaine d'années à la Caisse nationale des monuments historiques et des sites. Le château fut bâti sous le règne de Louis XV, par un fermier du roi. On ne peut s'empêcher de rapprocher cette élégante construction à l'italienne du Petit Trianon ; la tradition l'attribue également à Gabriel.

Ni le dernier brouillard, ni les feuilles mortes ne portent préjudice à de tels lieux. Ils les embellissent. Dans l'orangerie du château, au fond d'une cour ratissée avec le même amour qu'un jardin sacré dans un temple du Japon, une vingtaine de tables ont été dressées devant les tapisseries des plus célèbres cartonniers contemporains. Le buffet campagnard est digne d'un festin pour "beaux messieurs de Bois-Doré"et George Sand, en voisine, y eut volontiers consacré un chapitre entier. Cet usage, par bonheur, est tombé.

C'est précisément par Nohant, où la bonne dame s'éteignait il y a cent ans, que le cortège continue son circuit dans l'Indre. Sur cette même route, bien des célébrités de la politique et des arts sont venues jadis de Paris pour la visiter. Il y a fort à parier que nulle n'a jamais soupçonné, même dans ses rêves les plus fous, qu'un siècle plus tard, à quelques portées de fusil de là, une étrange tour dressée comme une quille sur le plateau permettrait à de non moins étranges machines de voler jusqu'à Paris en moins de temps qu'il en fallait à la malle-poste pour rouler de Châteauroux à Nohant.

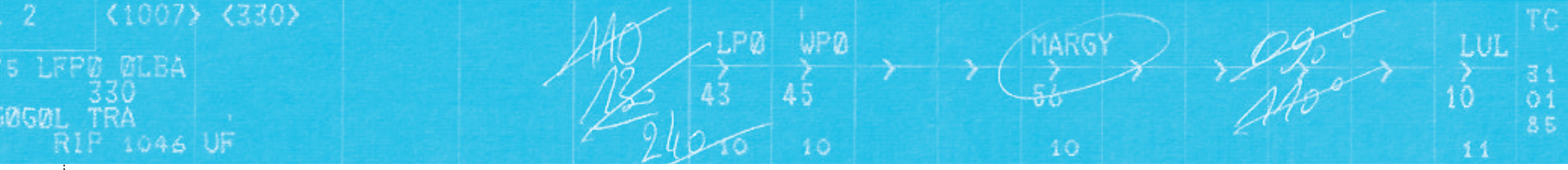
1. Pour l'histoire des publications de l'Aviation civile depuis 1946, se reporter à l'ouvrage de Pierre Lauroua, *L'aviation civile, une administration dans Paris, 1919-2009*, collection mémoire de l'aviation civile, décembre 2012.
2. Grand reporter, romancier, auteur dramatique, poète, conteur et traducteur français, décédé quelques mois auparavant. Jean-Yves Savina fait ici allusion à son ouvrage *La madone des sleepings*, best-seller international de l'entre-deux-guerres.

Le premier numéro de la revue *airnav*, paru en décembre 1973.

Saint-Christophe-en-Boucherie n'avait jamais tout à fait échappé à l'attention des automobilistes qui, de Paris ou d'ailleurs, ont un jour emprunté la nationale 140 : c'est un nom qui marque. Il faudrait aujourd'hui être très distrait pour ne pas remarquer, de loin à la ronde, la vision très insolite et très surréaliste du radôme flottant au-dessus des arbres. De plus près, le mystère se dissipe un peu, car on reconnaît des bâtiments techniques, des panneaux, et le plus profane, sachant qu'il s'agit d'aviation civile, dirait alors : c'est un radar. Et pour une fois, il ne s'y tromperait pas.

A seize heures, monsieur le ministre des Transports arrive. Monsieur le maire a ceint son écharpe tricolore. Ils sont tous là, y compris le capitaine des pompiers. Mais si c'est beau, ça n'est pas triste. Au contraire. Il y a des fleurs et des petits drapeaux partout sur les murs fraîchement laqués de rose du parquet où on valse le dimanche. La suite n'est plus à raconter : c'est l'histoire d'un film qu'on rembobine. Les autocars, Issoudun, le train, la gare d'Austerlitz.

Je peux vous expliquer aujourd'hui ce qu'est une station déportée. C'est une affaire très technique, bien sûr ; mais pas rébarbative du tout. »



La visualisation radar dans les centres de contrôle en route

par Louis Lewden

Entre les scopes en service au CRNA/Nord en 1960 et les écrans que l'on pouvait voir vingt ans plus tard dans les centres de contrôle en route, plusieurs révolutions technologiques s'étaient produites, apportant des améliorations considérables dans la qualité et la fiabilité de l'image radar et dans la richesse des informations affichées.

Lorsque le CRNA/Nord a été mis en service, les positions de contrôle étaient équipées d'écrans radar SINTRA, modernes pour l'époque : électronique à tubes, bobine de déviation du spot asservie analogiquement à la rotation de l'antenne radar. C'était des monstres, coûteux à l'achat comme en maintenance.

Dès que de nouveaux radars ont été commandés, pour les CRNA de Bordeaux et d'Aix-en-Provence, le STNA a consulté les industriels français susceptibles de fournir les écrans nécessaires à l'exploitation de ces radars par les contrôleurs. La société SNERI a été retenue : elle proposait des écrans transistorisés (sauf le tube cathodique, bien sûr) avec une bobine de déviation du spot fixe, les signaux de balayage étant générés par « une centrale de balayage » et distribués aux écrans pour éviter les lourdes « bobines tournantes ». Cette nouvelle génération était moins onéreuse que les écrans SINTRA, à l'achat comme en maintenance. Ces écrans permettaient également l'affichage de caractères alphanumériques, bien qu'en trop faible quantité.

Dans les années soixante, il a fallu à la fois augmenter le nombre d'écrans au CRNA/Nord et prévoir la possibilité d'afficher des étiquettes alphanumériques, générées par le CAUTRA, et superposées à l'image radar. Cela impliquait le lancement d'appels d'offres pour acquérir :

- un extracteur radar connectable aux calculateurs IBM 7040/7740 du CAUTRA ;
- un « générateur de symbole » capable de transformer les étiquettes éditées par le CAUTRA en signaux analogiques pour les écrans radar ;
- des écrans radar capables d'afficher les étiquettes (ce que ne permettaient pas les écrans SINTRA).

La société CSF a été retenue pour fournir cette nouvelle génération d'écrans car elle proposait des appareils ne comportant qu'une seule bobine de déviation de spot alors que les autres industriels proposaient des écrans avec deux bobines, une pour les déplacements du spot de grande amplitude et une autre pour le tracé très rapide des caractères. Combinée avec une nouvelle architecture du système, facilitant l'installation des matériels en salle de contrôle, cette innovation permettait à CSF de proposer un ensemble de visualisation radar d'un coût inférieur à la précédente génération et plus performant en capacité d'affichage.

Lorsque la DNA a décidé de construire une nouvelle salle de contrôle, au CRNA de Bordeaux, une nouvelle commande importante d'écrans radar devenait nécessaire. Devait-on commander le même matériel que celui qu'on venait d'installer au CRNA/Nord et disposer ainsi d'un scope connu et fiable, pour lequel on détenait un stock de rechanges et sur lequel de nombreux personnels techniques étaient formés ? Ou bien devait-on essayer de bénéficier des progrès technologiques réalisés depuis la commande précédente, qui datait d'ailleurs de quelques années seulement ?

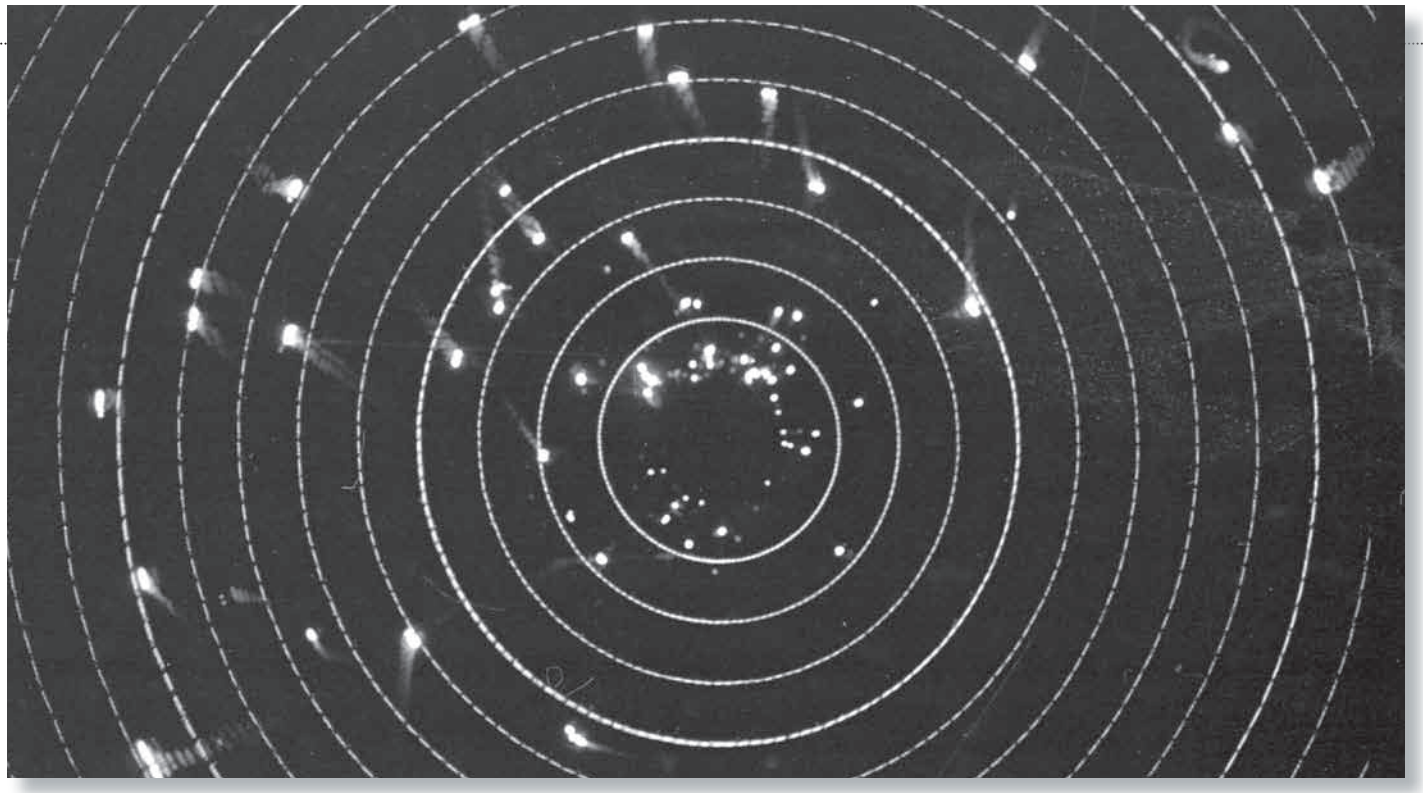
On se décida pour une solution intermédiaire : conserver la même architecture que celle des scopes CSF installés au CRNA/Nord tout en améliorant les performances en affichage alphanumérique par l'emploi de nouveaux composants pour commander la bobine de balayage. On pensait ainsi minimiser les risques, tout en bénéficiant sans augmentation de prix d'une amélioration de performances intéressante pour le confort d'exploitation.

Le prototype s'est avéré très fiable, avec des performances conformes aux attentes. Mais lorsque les écrans de série ont été livrés, on s'est vite rendu compte que les nouveaux composants avaient une durée de vie beaucoup trop faible. Une analyse poussée a montré que, par rapport aux composants utilisés sur le prototype, le fabricant avait modifié ses procédés de fabrication :

Pour présenter ses vœux pour l'année 1962, le CCR/Sud-Ouest a choisi une position de contrôle. Le contrôleur, ici Pierre Boubila, dispose pour travailler d'un tableau de strips, de la radio avec un micro à main suspendu au bout d'une ficelle, car les micros actionnés par une pédale n'existaient pas encore à Bordeaux, du téléphone et d'un scope radar.

Le 7 Juin 1961, un nouveau transfert du CCR, dans une aile du bloc technique de l'Aéroport, va permettre, en particulier, de bénéficier de l'image du radar 23 cm dont l'aérien tourne depuis peu au sommet de la tour de contrôle et d'une salle d'exploitation de 110 m2. Ayons une pensée émue pour les premiers scopes à bobines tournantes, récupérés au CCR Nord, dont le bruit ne peut s'effacer de la mémoire de ceux qui les ont subis durant des jours et des nuits. Le BCT est lui-même installé dans ce bloc technique, au-dessous du CCR.

Extrait de la plaquette réalisée pour les 20 ans du CRNA/Sud-Ouest (1990) et rédigée par Jacques Meynard, contrôleur puis ingénieur au CCR.



Scope radar sur lequel apparaissent les plots secondaires issus du décodage passif. La rémanence du tube laisse une traînée qui matérialise la route de l'avion.

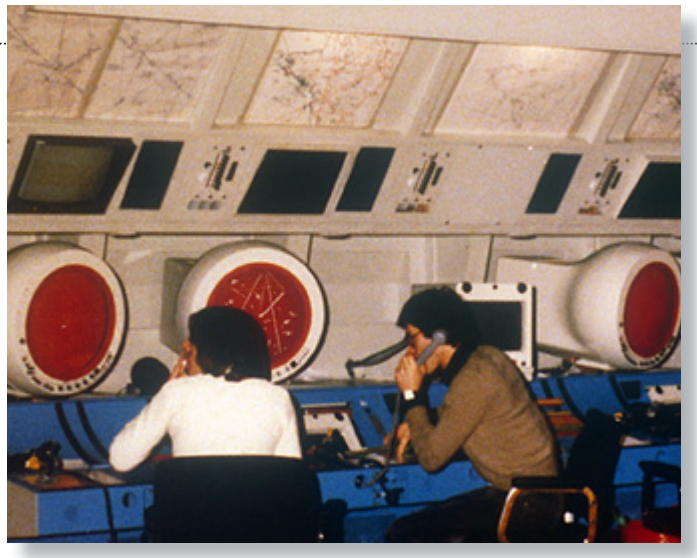
le refroidissement était moins efficace. Heureusement, le retard pris par les travaux de la nouvelle salle permit de trouver une solution provisoire à ce problème, puis une solution définitive, sans que cela entraîne la moindre gêne pour l'exploitation.

Présenter une image radar analogique nécessite des écrans cathodiques munis d'une couche de phosphore rémanente pour que les avions apparaissent sur l'écran à chaque tour d'antenne, soit en général toutes les 10 secondes, avec une forte luminosité qui s'affaiblit progressivement. La traînée de rémanence permet aux contrôleurs de distinguer les échos d'avions des échos parasites divers et d'évaluer la route et la vitesse des avions.

En revanche, les informations venant du CAUTRA s'affichaient en caractères alphanumériques, avec une intensité réduite pour minimiser la rémanence qui aurait brouillé les caractères lors du déplacement des étiquettes, et une fréquence de 15 fois environ par seconde pour obtenir une luminosité suffisante et un scintillement aussi peu visible que possible. Cela donnait un compromis acceptable à condition que la salle de contrôle soit très faiblement éclairée et que la quantité d'informations, affichées en caractères alphanumériques, reste faible.

L'évolution ultérieure vers une image entièrement synthétique va permettre de présenter une image offrant une luminosité suffisante pour être exploitée dans une ambiance lumineuse quasi normale, beaucoup plus confortable pour les contrôleurs. Cela permettra aussi d'augmenter la capacité d'affichage pour développer le dialogue CAUTRA/contrôleur et faire face à la croissance de la densité du trafic aérien. Mais il fallait pour cela être en mesure de renoncer à l'affichage analogique classique de l'image radar.

Les visualisations radar développées dans les années soixante-dix deviennent des périphériques spécialisés du CAUTRA auquel elles sont reliées par des lignes téléphoniques. Elles peuvent aussi afficher les plots radar reçus directement des extracteurs radar, assurant ainsi un secours ultime et permettant au contrôleur de choisir le radar qu'il désire, en cas de panne de l'image multiradar du CAUTRA. Il est toujours possible d'afficher le radar analogique en numérisant la vidéo puis en la comprimant pour accélérer son affichage, libérant ainsi du temps pour l'affichage alphanumérique.



Génération de scopes TVT de la fin des années soixante-dix.

Position de contrôle du CRNA/Sud-Ouest équipée des scopes développés pour le CRNA/Est (début des années quatre-vingts). Le plus grand des scopes est destiné au contrôleur radar, l'autre au contrôleur aux procédures.

Les écrans plats et carrés du début des années quatre-vingt-dix au CRNA/Ouest.

Le dialogue CAUTRA/contrôleur sera amélioré par la mise en place de boules roulantes capables de désigner un point de l'écran et la possibilité d'afficher en outre sur l'écran radar des étiquettes et des messages venant du CAUTRA. Même la couleur devenait possible ; mais avec la technologie de l'époque[1] cela s'avérait très coûteux.

Il faudra attendre le début des années quatre-vingt-dix pour voir apparaître les écrans plats à grande définition dans le cadre d'une expérimentation au CRNA/Est (première mondiale) et dix ans de plus pour assister à leur mise en service opérationnelle dans les centres de contrôle. ■

1. La couleur était obtenue sur le tube cathodique au moyen de deux couches de phosphore, chaque couche étant illuminée par une haute tension spécifique.

Il était une fois… le CAUTRA

par Dominique Alvarez

Ancien élève de l'Ecole polytechnique et de l'ENAC (INA 1957), Dominique Alvarez est affecté en 1960 au CENA où il développe tous les logiciels opérationnels et expérimentaux du CAUTRA I. Il effectue ensuite la transition vers le CAUTRA II et, de façon plus générale, pilote le système CAUTRA jusqu'en 1978. Nommé chef du CENA en 1972, il dirige le service jusqu'en 1987. Président du conseil de perfectionnement de l'ENAC en 1972, il favorise l'émergence de la filière ATC et informatique dans le cycle «ingénieur ENAC». Il a assuré à Eurocontrol la présidence des groupe mode S et concept ATS qui avaient pour objectif, le premier d'harmoniser les positions européennes avec celle de la FAA en vue de la pré-standardisation du SSR mode S et de l'anticollision embarquée, et le second d'éclairer le comité de gestion sur les perspectives les plus intéressantes d'évolution du contrôle de la navigation aérienne dans l'espace aérien de l'organisation. Il rejoint la Compagnie générale transatlantique en 1987 où il prend en charge les systèmes d'informations et de communications jusqu'en 1992. A son retour à la DGAC, Dominique Alvarez est chargé de missions, notamment dans le domaine de la sécurité des systèmes d'informations ; il a coordonné à ce titre toutes les actions pour le franchissement de l'an 2000.

Il était une fois… le CAUTRA, le coordinateur automatique du trafic aérien, aventure qui réunit dans les années soixante des ingénieurs et des techniciens du CENA et du STNA, des contrôleurs et des personnels d'exploitation du centre de contrôle régional de la circulation aérienne de Paris (CCR/Nord) et des fournisseurs de calculateurs numériques, comme on les appelait à l'époque.

La naissance du CAUTRA

L'aventure du CAUTRA commence en 1960, lorsque Jacques Villiers, alors en fonctions au SNA, passe un bon de commande aux deux entreprises construisant en France de manière industrielle des calculateurs numériques, IBM et la Compagnie des Machines Bull, en vue d'évaluer le potentiel de ces systèmes nouveaux pour traiter les informations mises en œuvre dans le contrôle aérien. Deux services étrangers de l'Aviation civile ainsi que l'Organisation de l'aviation civile internationale montrent au même moment un intérêt marquant pour ces moyens nouveaux que sont les calculateurs numériques :

- la toute récente Federal aviation administration (FAA) des Etats-Unis d'Amérique, avec le projet de la société GPL, qui a pour but, entre autres choses, de distribuer les strips de façon automatique sur les positions des contrôleurs et de faire des mises à jour automatiques en temps réel sur ces strips lorsqu'un contrôleur modifie les informations concernant un vol à l'aide d'un clavier alphanumérique ;
- les Pays-Bas, avec la société SATCO qui développe un projet assez semblable à celui de la FAA.

De son côté, l'OACI va rapidement créer le groupe ATCAP d'experts internationaux (*ATC automation panel*, groupe pour l'automatisation du contrôle du trafic aérien) visant à définir des messages avec leurs formats, leurs codifications et leurs procédures d'échange en vue d'une normalisation dans un contexte d'utilisation de systèmes automatiques de traitement de l'information.

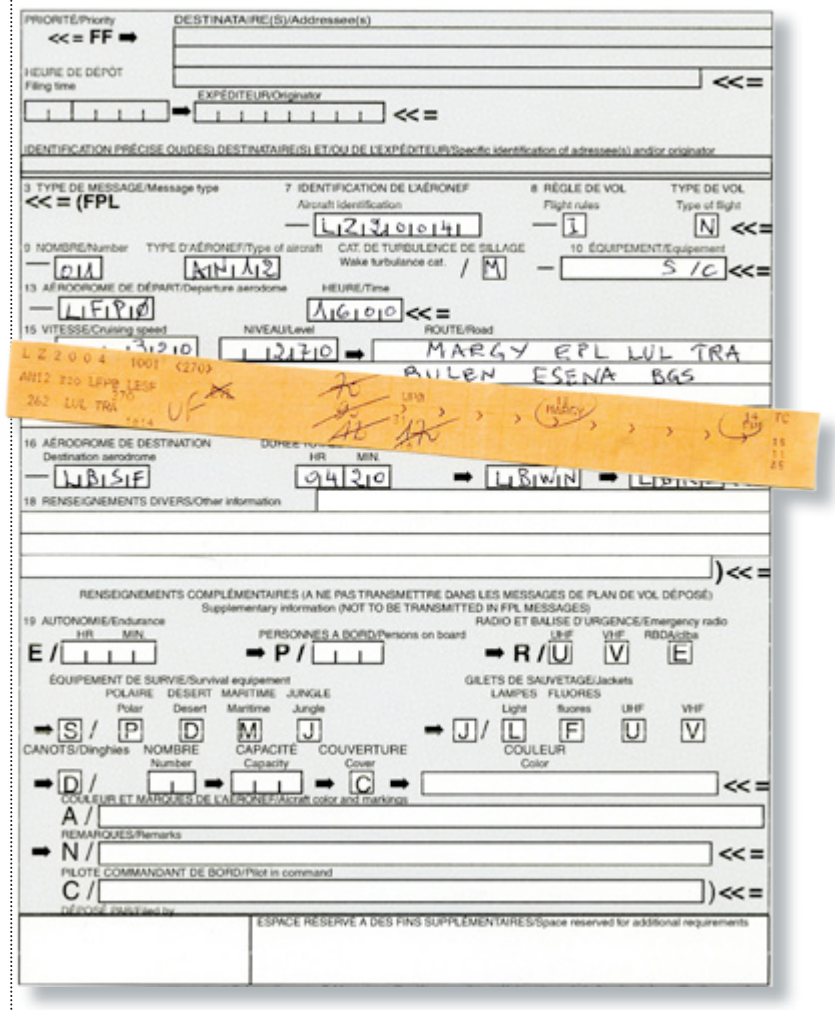
1961, CCR/Nord, salle des téléscripteurs. Le bureau central des télécommunications reçoit les plans de vol et les transmet aux opératrices chargées de leur saisie dans le CAUTRA.

A cette époque, en France, le contrôle aérien des vols par les services civils est effectué « aux procédures » et repose sur trois composantes :

- les strips, rédigés à partir des plans de vol (ou PLN), que les opérateurs aériens doivent fournir aux organismes de contrôle aérien, en principe à l'avance, et qui décrivent les caractéristiques de chaque vol et son parcours prévu, dans un format normalisé par l'OACI ;
- les conversations radiotéléphoniques entre les équipages en vol et les contrôleurs au sol, qui permettent d'assurer le bon déroulement des vols en temps réel et en toute sécurité ;
- les conversations téléphoniques entre organismes de contrôle adjacents ou aéroports pour assurer les transferts aux limites des zones propres de responsabilité de chaque organisme de contrôle aérien.

Les radars n'existent qu'en nombre limité et sont principalement militaires : le premier radar civil à longue portée vient d'être installé sur le toit du CCR/Nord. Ce sont des radars primaires, ne fournissant qu'un écho des objets détectés, aéronefs, nuages, oiseaux, collines ou autres objets au sol et sans faire de distinction vraiment nette entre ces échos. L'identification précise d'un aéronef par un contrôleur s'obtient généralement en lui faisant exécuter une manœuvre précise demandée par radio. Les stations radar secondaire (SSR) et le matériel embarqué correspondant (transpondeur) commencent tout juste à apparaître à la suite de la normalisation faite par l'OACI à partir des systèmes d'identification IFF des aéronefs mis au point par les militaires pendant la Seconde Guerre mondiale, et de leurs derniers perfectionnements. Ces stations, compatibles avec les besoins militaires, interrogent l'espace aérien au cours de la rotation de leur antenne, et les aéronefs munis d'un transpondeur renvoient à la station un message codé en réponse à l'interrogation reçue.

Les démonstrations commandées en 1960 se terminent à l'avantage d'IBM et sont suffisamment probantes pour que soit engagé un programme d'expérimentation, pris en charge par le CENA nouvellement créé, conduisant à l'installation de deux calculateurs IBM 650 dans des locaux spécialement aménagés au CCR/Nord. La configuration se compose de deux unités centrales, interconnectées par l'intermédiaire d'une unité de disque, permettant de garantir la sécurité de fonctionnement en cas de mise en service opérationnelle au profit des contrôleurs du centre de tout ou partie des fonctions qui seront expérimentées. Il n'y a pas d'objectif vraiment défini quant aux résultats à atteindre : les expérimentations, dans le réel, détermineront ce qui peut être probant.



Plan de vol déposé et traduction sous forme de strip pour un secteur de contrôle.

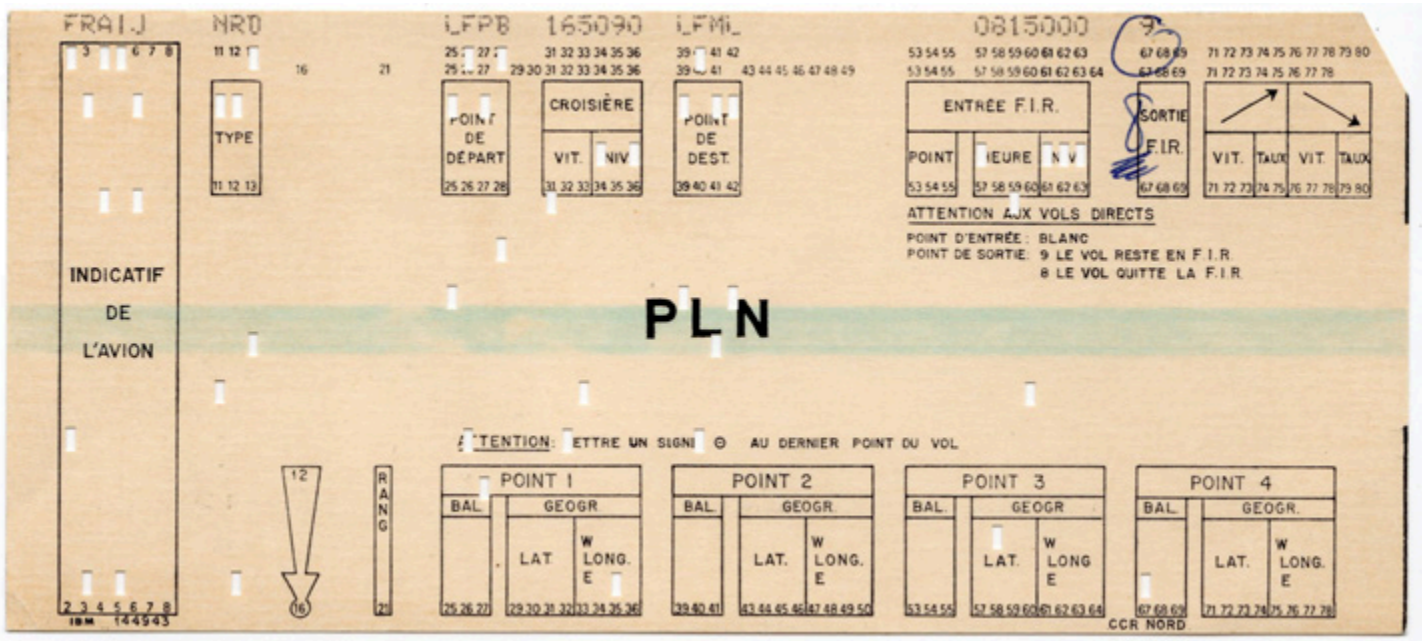
Les premiers travaux du CENA se focalisent sur le traitement des plans de vol : en effet, le strip utilisé par le contrôleur est le support essentiel de son activité. Il contient toutes les informations générales dont il a besoin, indicatif d'appel radio, type d'avion, lieu de départ, heure de départ prévue, itinéraire prévu, niveau de vol requis, lieu d'arrivée. Il sert aussi de bloc-notes au contrôleur pour mémoriser les instructions données à l'équipage du vol en question. Lorsque le vol quitte la zone de responsabilité de l'organisme de contrôle, ce strip est archivé de façon à pouvoir répondre ultérieurement à tout besoin d'enquête qui pourrait survenir concernant ce vol.

Le CAUTRA I, avec ses calculateurs IBM 650, va donc servir au développement, à la mise au point et à l'expérimentation d'un premier programme (le mot logiciel n'existe pas encore) de traitement des plans de vol. L'objectif initial est d'imprimer les strips à distribuer sur chaque secteur de contrôle. Compte tenu des moyens de communication disponibles sur ce calculateur, l'entrée des plans de vol dans le système est faite par des cartes perforées à partir des informations du plan de vol reçues par télétype. La distribution des strips, imprimés de façon centralisée et massicotés par un opérateur, est faite ensuite par un réseau de tubes pneumatiques.

Parallèlement, au moyen de positions d'expérimentation où les radiocommunications avec le trafic réel peuvent être écoutées, seront testées des procédures de mise à jour des informations du plan de vol du calculateur à partir des modifications apportées par les contrôleurs dans le déroulement réel des vols. Ces expérimentations seront effectuées à l'aide du calculateur de secours, avec des programmes spécifiquement développés et des dispositifs spéciaux mis au point à cet effet.

Ces expérimentations conduiront à la définition d'une procédure de coordination entre secteurs de contrôle et des outils correspondants, visualisations tabulaires et claviers fonctionnels, qui seront utilisés avec le CAUTRA II. L'expérimentation d'un programme de détection de conflits, en dehors de l'aspect recherche pour déterminer la meilleure organisation des traitements et des données, mettra en évidence que ce type de fonction ne pourra être véritablement expérimenté qu'à partir du moment où les données seront d'un niveau de validité bien supérieur, c'est-à-dire lorsqu'une corrélation continue sera assurée avec les données radar.

Comme l'auront sans doute vécu tous ceux qui ont démarré des programmes importants d'informatisation, l'analyse révèle immanquablement des problèmes très divers, d'identification



Traduction du plan de vol sous forme de carte perforée.

précise des informations concernées, de connaissance des processus manuels utilisant ces informations, de standardisation minimale de ces processus et de formation, de référentiel, de codification et d'obtention en temps utile des données nécessaires.

Dans le contexte précis du CAUTRA, et sans être exhaustif, on peut citer :

- la définition d'un référentiel géographique de coordonnées orthogonales, couvrant la France entière, et adapté pour permettre, à terme, le traitement multiradar ;
- la mise au point d'un référentiel susceptible de décrire l'environnement circulation aérienne du centre, points de report, sectorisation, conditions d'impression des strips, en respectant au maximum les usages déjà institués ;
- la recherche de toutes les données déjà existantes susceptibles d'être utilisées concernant la description du monde extérieur et des caractéristiques des aéronefs fréquentant l'espace aérien ;
- la mise au point d'une représentation satisfaisante des conditions de vent dans ce même espace et du recueil des données nécessaires ;
- la définition d'un répertoire des routes les plus utilisées par la création d'itinéraires stockés en disque afin de simplifier la saisie de la route prévue des vols par les opérateurs CAUTRA.

Mars 1965, CCR/Nord. Saisie des plans de vol sous forme de cartes perforées pour alimenter le calculateur IBM 650.

Mars 1965, CCR/Nord. Impression centralisée des strips.

Transmission des strips vers la salle de contrôle via un réseau de tubes pneumatiques.

Le processus d'interaction expérimentation/mise en œuvre opérationnelle est également à souligner. En effet, l'orientation prise dès le début est de minimiser les tâches pour les contrôleurs par l'introduction du traitement de l'information. L'émergence des fonctionnalités retenues a résulté de phases d'analyse, d'expérimentations, d'essais opérationnels, avec l'aide du groupe CAUTRA, composé notamment de contrôleurs volontaires et de psychotechniciens de l'analyse du travail. Pour les essais opérationnels, des positions ont été installées en salle de contrôle afin de présenter les nouvelles fonctionnalités et recueillir les réactions des contrôleurs, analysées ensuite par le groupe CAUTRA.

La disponibilité des données des plans de vol en temps utile sera l'une des plus grandes difficultés à résoudre car, du fait des techniques de transmission de l'époque, les plans de vol arrivaient rarement à l'avance et les strips étaient préparés très souvent en réception des conversations téléphoniques annonciatrices des transferts de contrôle des organismes adjacents. En outre, le formatage et les codifications des plans de vol reçus nécessitaient de sérieuses améliorations.

L'ensemble des mesures adoptées sur le plan international portent leur fruit. On peut considérer qu'au début de l'année 1965, l'acheminement de plans de vol correctement formatés et codés avait fait de très nets progrès en Europe. En outre, le traitement récurrent, chaque jour, des vols spéciaux de la Postale de nuit conduisit assez rapidement à la mise au point du concept de « plans de vol répétitifs », correspondant à des vols réels, exécutés chaque jour, sur le même itinéraire, au même horaire prévu, avec quelques changements mineurs, concept qui sera adopté assez rapidement au niveau européen et plus tard au niveau de l'OACI avec la création du format RPL (*repetitive flight plan*).

Le CAUTRA I disposant d'une horloge donnant le temps réel en heures et minutes, il sera possible de différer l'impression des strips en fonction d'une heure estimée d'entrée dans la zone de responsabilité du centre. C'était indispensable pour les vols en provenance de zones éloignées, comme les traversées de l'Atlantique, afin d'éviter de surcharger en strips les secteurs d'entrée correspondants, les plans de vol pouvant arriver assez longtemps à l'avance, malgré les difficultés d'acheminement.

Le CAUTRA I ne possédait aucun dispositif permettant d'y coupler un radar et ne disposait pas de la rapidité nécessaire pour traiter ce type d'informations. Cependant, avec l'aide des autorités militaires, qui avaient installé au pied du radar

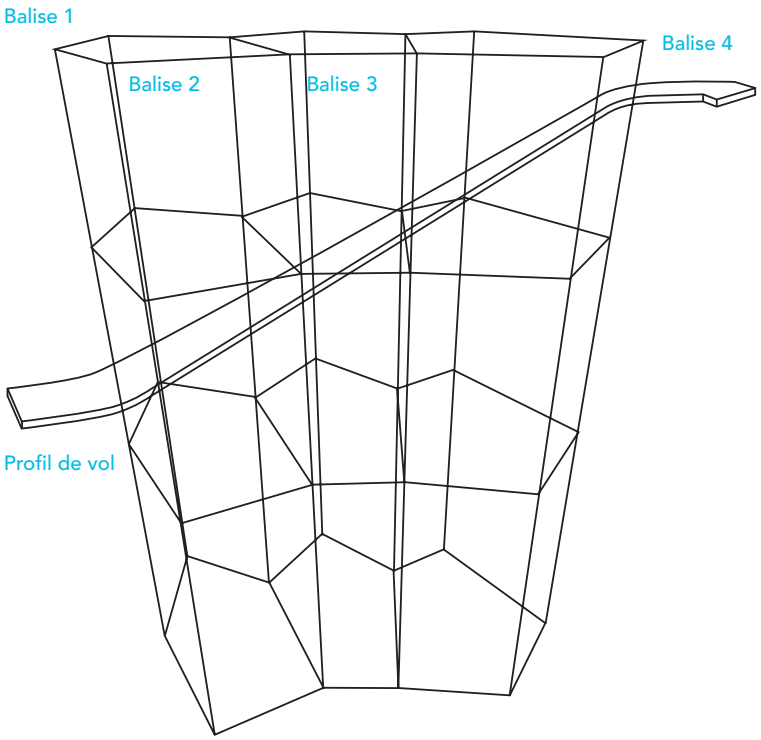
de Bordeaux une station STRIDA[1] pour leurs propres besoins d'expérimentation, le CENA pourra procéder, en 1964, à des essais d'identification automatique des échos radar par l'envoi automatique à ce STRIDA, par le CAUTRA I, de données de plans de vol correspondant à des vols civils présents dans la zone de détection du radar de Bordeaux et contrôlés par ce centre.

Les enseignements de cette expérimentation furent très importants : d'une part, côté civil, il fallait mettre l'accent en priorité sur les traitements radar secondaire du fait que, dans ce système, l'aéronef interrogé répond par un code spécifique et peut donc être bien identifié ; d'autre part, dans les centres militaires, l'identification des avions en circulation aérienne générale ne pouvait pas être faite automatiquement avec la seule aide d'informations du plan de vol. Ce point sera capital dans la définition des messages à échanger automatiquement entre les systèmes CAUTRA (civil) et STRIDA (militaire).

Le bilan des travaux effectués avec le CAUTRA I peut se résumer ainsi :

- l'objectif initial était de savoir si le traitement automatique de l'information pouvait contribuer au contrôle de la circulation aérienne : fin 1964, la réponse est positive. La préparation de strips utilisables par les contrôleurs, avec de bonnes estimations des temps de parcours entre points de reports est opérationnelle. En outre, quand on disposera d'interfaces de transmission, directement pilotables depuis le calculateur, on pourra acheminer des extraits de plans de vol à tous les organismes qui en auraient besoin, aéroports et centres militaires, éliminant ainsi un grand nombre de communications téléphoniques. On estime aussi disposer d'une procédure de coordination valable utilisant un clavier fonctionnel et une visualisation ;
- s'agissant de l'obtention en temps utile des plans de vol, un effort a été fait concernant leur acheminement et la codification des données. Il doit être poursuivi au niveau international, étant entendu qu'à partir de leur vécu, les experts français sont en mesure d'y contribuer très largement.

Quant à la participation des experts du CAUTRA aux instances internationales, on peut rappeler la très importante controverse qui s'est élevée entre les tenants du maintien de l'envoi en parallèle du plan de vol déposé (FPL) à tous les organismes de contrôle concernés par le vol à son dépôt, et ceux qui préconisaient l'usage du seul plan de vol en vigueur (CPL), amendé au fur et à mesure de la progression du vol et envoyé seulement lors du transfert de l'avion à l'organisme de contrôle suivant. Le FPL, soutenu ardemment par les experts français, a servi par la suite de base pour le système de régulation du trafic aérien.



Schématisation des secteurs de contrôle dans le CAUTRA.

1. Système de traitement et de représentation des informations de la défense aérienne.

Les machines du CAUTRA I

par Henri-Georges Baudry

IBM 650, support du CAUTRA I.

Le regard que l'on peut porter 50 ans en arrière sur les machines du CAUTRA I ne manque pas de nous interpeller.

La première génération du CAUTRA se compose de deux ensembles calculateurs IBM 650. Ce sont des calculateurs de gestion. La mémoire vive de travail est un tambour magnétique, avec une capacité de 2 000 mots adressables de 10 chiffres décimaux.

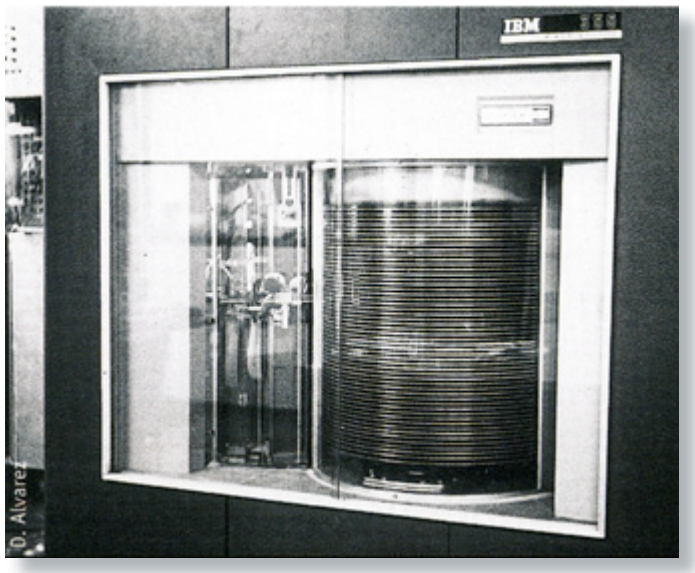
Par l'intermédiaire de bras d'accès mobiles qui peuvent être positionnés par programme, les deux unités centrales se partagent une mémoire à disque de grande capacité pour l'époque. Le tambour est constitué d'une pile à axe vertical de 50 disques, séparés par un intervalle suffisant pour que chacun des trois bras de lecture/écriture puissent se positionner, de façon indépendante, sur l'une des 100 pistes de chacune des 100 faces, en lecture ou en écriture, donnant ainsi accès aux 60 mots d'une des pistes. Le survol du disque par les têtes de lecture/écriture, avec la précision requise, est assuré par un débit d'air créé par un compresseur haute pression, de dimensions respectables et source d'un bruit non moins perceptible.

Compte tenu des périodes propres de rotation du tambour et du disque, tout échange direct d'informations entre eux est impossible. On doit passer par l'intermédiaire d'un « tampon », une mémoire à tores de ferrite, beaucoup plus rapide, de 60 mots, capacité d'une piste, avec la particularité que tous ses mots sont adressables individuellement... Rien à voir évidemment avec les giga-octets de mémoire centrale et centaine de giga-octets des disques durs des ordinateurs grand public d'aujourd'hui.

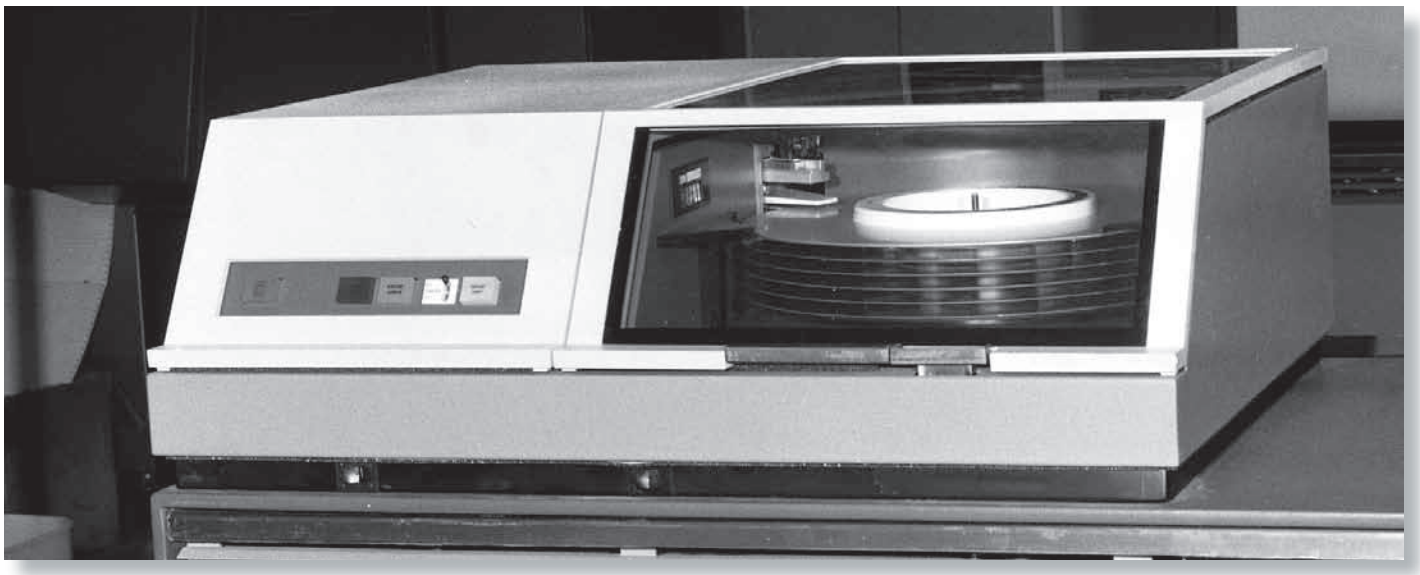
Des contraintes fortes vont être induites sur la programmation par ces faibles capacités en mémoire. Il faudra nécessairement segmenter les programmes car les diverses tables qui décrivent le contexte opérationnel du contrôle occupent une partie importante de ces 2 000 mots. Aucun de ces programmes ne pouvait être résident : le stockage se faisait sur le disque par tronçons de 60 mots, s'appelant au fur et à mesure et exécutés dans le tampon. Pour la même raison, les données d'un vol étaient rassemblées dans un fichier unique stocké sur le disque. Par ailleurs la vitesse de rotation du tambour imposait aussi ses limites physiques dans l'exécution des programmes : il fallait attendre - quelques millisecondes - que les adresses spécifiées dans les instructions à exécuter passent sous les têtes de lecture fixes pour avoir accès à leur contenu, à comparer au temps d'accès en microsecondes, voire moins, d'aujourd'hui. C'est pour pallier en partie cette difficulté et minimiser autant que possible les temps d'exécution que les programmes étaient exécutés prioritairement dans la mémoire tampon dont les temps de cycle étaient inférieurs et constants du fait de sa nature physique.

Cette structure segmentée, contournant la contrainte de la très faible capacité de mémoire vive, permettra de faire évoluer les logiciels au cours de la vie du CAUTRA I et de développer les programmes destinés aux expérimentations. Elle sera conservée pour le CAUTRA II et le CAUTRA III, la segmentation permettant de s'affranchir dans une certaine mesure des contraintes de dimension des mémoires, qui resteront longtemps limitées et d'un coût élevé. Il convient de bien garder à l'esprit que le PC de base d'aujourd'hui est considérablement plus capacitif en mémoire vive et mémoire disque, et plus rapide que le CII 10070 aux dimensions respectables qui équipait le CAUTRA III. Ainsi, dans ses dernières années, la mémoire de chaque 10070 du CAUTRA III avait été portée au maximum possible, soit 131 072 octets. Sauf exception, chaque 10070 était équipé de deux piles de disques amovibles de type MD 25… soit 50 M octets au total. ■

Disques mémoire de l'IBM 650.



Mémoire externe de l'IBM 650.



Disques mémoires du CAUTRA II.

Le CAUTRA II et le traitement radar

En 1964, il devient évident que les possibilités des calculateurs IBM 650 vont devenir un handicap pour la poursuite du programme d'expérimentation. Ils sont trop lents pour aborder le domaine radar et manquent d'interfaces pour la réception et l'émission directes d'informations depuis le calculateur.

Une prospection est donc lancée parmi les constructeurs de calculateurs numériques et les industriels capables de réaliser des équipements de visualisation en vue de définir la configuration du CAUTRA II, avec comme objectif une mise en route avant la montée du trafic de l'été 1965 dans le centre de Paris (CCR/Nord).

Cette prospection aboutira au choix de la proposition d'IBM s'articulant autour d'un couple 7040-7740, doublé pour la sécurité de fonctionnement. Le 7040 est un calculateur suffisamment rapide pour les besoins du CAUTRA et pas trop onéreux en coût de location. Ses interfaces pour bandes magnétiques sont modifiables pour recevoir en entrée l'extracteur radar et attaquer en sortie les visualisations. Le 7740 supporte les disques, amovibles pour garantir la sécurité de fonctionnement, et pilotera les interfaces par lignes téléphoniques avec les postes d'entrée des plans de vol, les claviers fonctionnels et les imprimantes de strips des positions de contrôle.

Le basculement des traitements déjà opérationnels au CCR/Nord sur cette nouvelle configuration a lieu début avril 1965. Il a nécessité de la part du CENA :

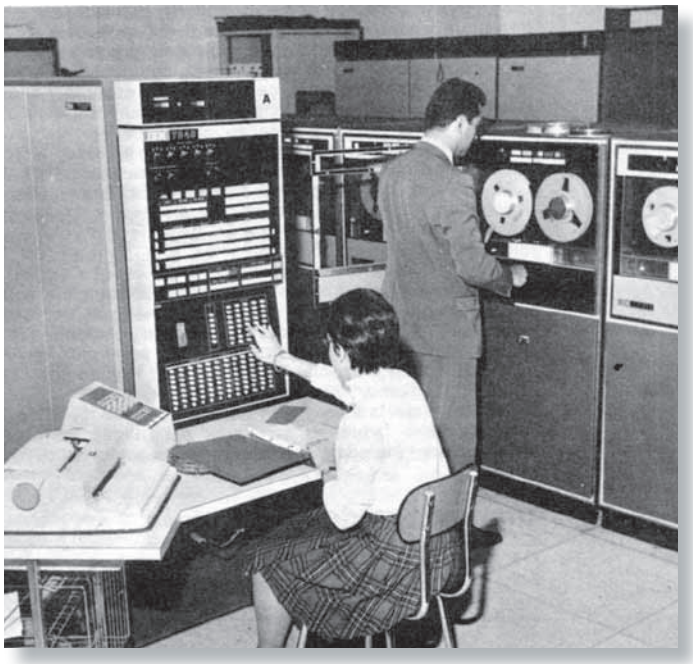
- le développement d'un petit système d'exploitation apte à gérer cette configuration un peu particulière, 7040-7740-système de disques amovibles et leurs dialogues respectifs ;
- la réécriture complète des programmes déjà opérationnels de traitement des plans de vol ;
- le développement de véritables programmes hors ligne aptes à produire l'environnement opérationnel nécessaire, alors que jusque-là le chargement de simples cartes perforées était suffisant ;
- le développement sur le 7740 des programmes de gestion des terminaux utilisés pour l'entrée des plans de vol.

Une fois la période de transition bien assurée, les expérimentations reprennent de façon progressive après le développement de logiciels spécifiques, tant dans le 7040 que dans le 7740.

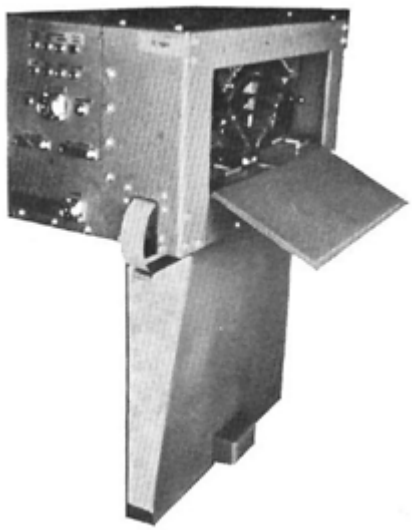
Dans le domaine du traitement plan de vol, après avoir développé les logiciels pour gérer les claviers, les imprimantes de strips et les visualisations tabulaires des positions de contrôle du CCR/Nord, on procède à la reprise des essais d'activation des vols à l'entrée dans le centre et de distribution de strips à

Jacques Villiers, Dominique Alvarez et Philippe Gufflet devant le pupitre du 7040.

Pupitre de l'IBM 7040.



Le métier de contrôleur vu par l'un d'eux, Bernard Vuillemot.



Imprimante de strip SODERN.

jour, directement sur les positions de contrôle, mais cette fois en conditions réelles. Reprennent également les essais de coordination entre secteurs adjacents en condition expérimentale. On aboutit, début 1969, à la mise en œuvre opérationnelle de l'activation à l'entrée dans le centre, permettant l'attribution du code transpondeur et entraînant l'impression des strips à jour. Parallèlement, pendant la période 1966-1968, l'émission de strips sur des imprimantes déportées dans les centres de contrôle de Bordeaux puis d'Aix-en-Provence est mise en service opérationnel.

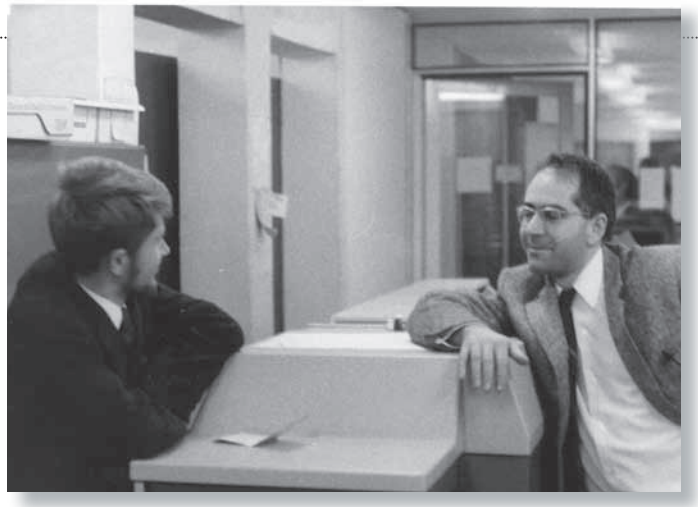
Par ailleurs, l'émission de copies de strips vers les aéroports et les sections civiles de coordination des centres militaires est étendue du fait de la capacité d'émission en mode télétype du nouveau système.

Enfin, doté de la réception télétype, le système va permettre le défrichage et l'expérimentation de la réception automatique des plans de vol arrivant par le réseau du service fixe aéronautique (RSFTA, ou AFTN en anglais) en vue de la présentation aux opérateurs CAUTRA d'une forme déjà prédigérée des données reçues afin de limiter et de fiabiliser leur saisie.

Mais le point capital apporté par le CAUTRA II réside dans le démarrage des expérimentations du traitement radar. Un extracteur, unité de traitement spécifique, recueille le signal du radar du CCR/Nord, le numérise et le fait parvenir directement au 7040. Une unité de visualisation alimentée par le 7040 affiche sur l'écran radar des contrôleurs des symboles alphanumériques qui « habillent par des étiquettes » la vidéo reçue du radar. Enfin, en enregistrant sur un magnétoscope les signaux directement en sortie du radar, on peut réalimenter toute la chaîne et rejouer la même séquence autant de fois que nécessaire pour procéder aux expérimentations. On a donc une chaîne complète qui permet d'évaluer la pertinence des choix faits aux niveaux respectifs de l'extraction, du traitement et de la visualisation.

Cette chaîne est mise en service en 1969, mais uniquement pour les aéronefs équipés de transpondeurs radar secondaire. Les contrôleurs du CCR/Nord disposent ainsi d'une étiquette donnant le code des aéronefs équipés, renseignée par le niveau de vol lorsque ces aéronefs sont aussi équipés d'un alticodeur, dispositif transmettant au transpondeur la lecture de l'altimètre de l'aéronef. Lorsque, par un logiciel spécifique, le 7040 peut en outre corréler le plan de vol et les informations radar, l'indicatif d'appel radio s'affiche dans l'étiquette, donnant ainsi aux contrôleurs une identification permanente du trafic.

Cependant, comme le programme de réalisation d'une couverture radar de l'espace aérien français mis en route par la DNA avance, il faut désormais s'attaquer à la mise au point d'un traitement multiradar pour couvrir tout l'espace contrôlé par un centre de façon homogène. On va donc intégrer dans



Jean-François Vivier et Dominique Alvarez lors d'un essai nocturne du CAUTRA III, 1970.

Philippe Rieunier et Philippe Gufflet lors d'un essai du CAUTRA III.

la couverture du radar local du CCR/Nord celles de plusieurs radars éloignés dont les informations parviendront par un déport téléphonique. Cette évolution met toutefois en évidence l'incapacité du cœur du CAUTRA II à assurer cette fonction par manque de puissance de traitement du 7040 et de l'inaptitude du 7740 à recevoir plusieurs lignes avec des débits de 2400 bauds ou plus. Dès lors, parallèlement aux expérimentations de déport à distance de l'information radar, menées avec le radar de Lyon, l'étude du remplacement du CAUTRA II est lancée.

Le CAUTRA III et le langage ASTRE

Le passage du CAUTRA I au CAUTRA II avait exigé la réécriture de l'ensemble des programmes de traitement des plans de vol. Il en sera de même pour le passage au CAUTRA III ; et si on voulait éviter la récurrence du problème, il fallait cette fois écrire les programmes dans un langage indépendant du contexte technique du calculateur. Malheureusement, le FORTRAN et le COBOL, seuls langages disponibles à l'époque, s'avérèrent inadaptés pour des algorithmes à exécuter en temps réel.

Le choix initial d'IBM pour le CAUTRA III permit d'analyser et d'évaluer le PL1[1], mais les compilateurs disponibles avaient un facteur d'expansion par rapport à la programmation directe trop élevé pour des logiciels volumineux au regard des capacités de la mémoire des machines proposées. Ces investigations conduisirent, avec l'aide de la SEMA, à la création du langage ASTRE (Adapté Spécialement au Temps REel). La réécriture de tous les programmes du CAUTRA II, opérationnels ou expérimentaux, fut effectuée en ASTRE, et de même pour les développements nouveaux. Cet investissement, lourd en temps et en compétences, avait donc pour objectif d'éviter la réécriture ultérieure des logiciels, avec tous les risques d'erreur que cela comporte, la durée de vie des logiciels pouvant être déconnectée de celle des matériels.

Cependant, cet effort aura été fait en pure perte, car lors du passage au CAUTRA IV, la DNA abandonnera le langage ASTRE. Les décideurs s'en rendront compte un peu tardivement à leurs dépens : en informatique, ce qui est le plus coûteux est le développement et la maintenance du logiciel ; le coût du matériel baisse de façon régulière alors que ses performances s'accroissent.

Pour le passage au CAUTRA III, la nécessité de choisir le matériel chez un constructeur possédant une gamme suffisamment étendue en performances paraissait incontournable. Des calculs assez simples montraient que le traitement multiradar serait le plus gros consommateur de puissance de calcul et que le nombre de radars qui devaient être connectés au système pour assurer une bonne couverture de l'espace étaient le principal facteur de dimensionnement. Il fallait aussi prendre en compte l'extension du CAUTRA aux centres d'Aix-en-Provence et de Bordeaux, où les mêmes programmes fonctionneraient dans un contexte moins chargé en nombre de vols simultanés et en nombre de radars connectés.

IBM, qui venait de sortir la gamme 360, répondait tout à fait à cet impératif, tout au moins sur le plan théorique. Le Plan Calcul, en imposant le CII 10070, créa un très gros handicap pour réussir la transition, car on perdait un environnement

1. Langage de programmation développé par IBM au début des années soixante-dix, qui se voulait universel.

technique homogène, doté de procédures de télécommunication déjà maîtrisées, pour un monde technique en totale gestation avec des composants importants à réaliser presque sur mesure. Heureusement le SIGMA 7, rebaptisé CII 10070, était une machine très bien conçue, assez rapide pour l'époque, et si le premier système de disques magnétiques avait lui aussi été bien conçu, le CENA n'aurait eu qu'à se féliciter de ce choix, tout au moins les premières années. Mais le fait que le CII 10070 n'ait pas eu de descendance - en dehors de l'IRIS 80 - alla à l'encontre de la pérennité souhaitée, incontournable si l'on voulait minimiser les investissements financiers.

Un autre point mérite d'être souligné à propos du passage d'IBM à la CII. Les méthodes de travail n'avaient pratiquement pas évolué entre le CAUTRA I et le CAUTRA III : tous les programmes se présentaient physiquement sous forme de cartes perforées. Avec l'environnement du CAUTRA I, cela était obligatoire, ainsi qu'avec le CAUTRA II ; avec le CAUTRA III, on aurait probablement pu par la suite, dans le monde IBM 360, améliorer le contexte de développement en utilisant des terminaux individuels avec éditeur de texte. Cette transition sera réalisée au milieu des années soixante-dix dans le monde du développement des logiciels, avec l'apparition de terminaux assez bon marché.

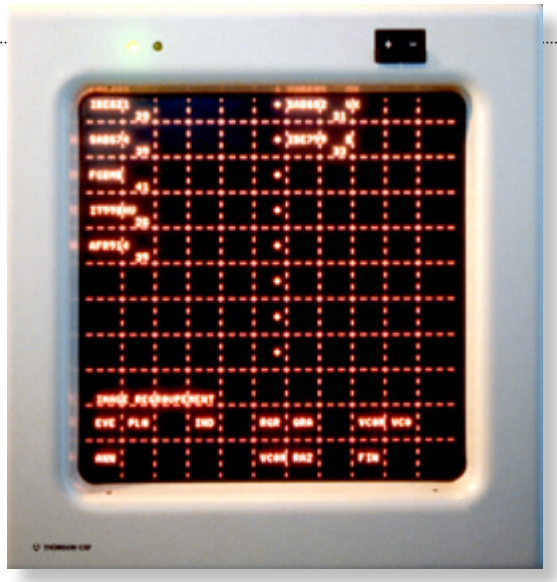
La transition vers le CAUTRA III s'effectue en décembre 1970. Seuls le cœur du calculateur et les logiciels ont été remplacés, les postes d'entrée des plans de vol, les claviers fonctionnels et les imprimantes de strip des positions de contrôle, l'extracteur et les organes de visualisation restent les mêmes.

Le traitement du plan de vol connaîtra un certain nombre d'améliorations dans le cadre du CAUTRA III :

- les postes d'entrée des plans de vol dans le système seront rapidement remplacés par des terminaux claviers-écrans, permettant la mise en service de la prédigestion des messages plans de vol reçus expérimentée avec le CAUTRA II ;
- l'expérimentation et la mise en service après une définition sur le plan européen du « message ACT », contenant le code transpondeur radar secondaire déjà affecté à l'aéronef, permettra d'activer automatiquement un vol à l'entrée du secteur de contrôle et de l'identifier dès sa pénétration dans la couverture radar du centre ;
- l'expérimentation et la mise en service de la procédure « ACTAUTO » remplacera dans la grande majorité des cas la coordination inter-secteur téléphonique du fait que plus de 80 % des coordinations entre les secteurs à l'intérieur d'un centre se réduisent à un simple transfert d'informations déjà connues du calculateur, ce qui se traduira par une diminution importante de la charge de travail du contrôleur ;
- l'ouverture de l'aéroport de Paris-CDG nécessitera la création des positions « prévol » et la mise en service de l'impression des strips à l'approche et à la tour dans les aéroports de Paris. La délivrance du code transpondeur affecté à l'aéronef permettra l'identification radar automatique des vols dès le décollage ;
- la desserte en extraits des plans de vol des centres militaires STRIDA sera réalisée ;

Philippe Rieunier et Alain Cronier en train d'analyser un incident de fonctionnement du CAUTRA III.

Jean-François Sapin, chef du CRNA/Nord, soucieux, et Alain Cronier en train de dépouiller un incident.



Permettre au contrôleur de renseigner le calculateur sur ses intentions et ses actions, c'est l'objectif du digitatron, écran tactile qui a connu de multiples améliorations durant trois décennies. L'écran tactile est alors inconnu du grand public.

CCR/Brest 1981, écrans tabulaires avec digitatrons.

Histoire du digitatron, par Henri-Georges Baudry

Dès le CAUTRA II, le contrôleur disposait d'un ensemble clavier-visualisation tabulaire pour réaliser un certain nombre d'opérations sur les plans de vol : activation à l'entrée dans le centre, actualisation de l'heure et du niveau de vol, réimpression du strip mis à jour. L'outil de dialogue était un clavier spécialisé, construit par IBM sur les spécifications du CENA, à partir des essais réalisés sur les positions expérimentales de contrôle avec une maquette connectée au CAUTRA I. Ce clavier fonctionnel était encastré en partie basse du meuble, à côté de la platine téléphonique, tandis que la visualisation était située au-dessus du tableau de strips, ce qui s'avérait peu pratique.

Lors d'une visite au centre expérimental d'Eurocontrol, à Brétigny, Jacques Villiers et Dominique Alvarez s'étaient vu présenter le *touch display*, écran tabulaire réalisé par la société Plessey, dont les deux ou trois lignes du bas étaient spécialement aménagées avec des petites barres métalliques apparentes qui donnaient leur position lorsqu'on faisait contact en les touchant. Le procédé paraissait intéressant, du moins si l'on pouvait le généraliser à tout l'écran. Il ouvrirait alors la voie à l'affichage de listes avec possibilité de choix, simplement par désignation directe sur l'écran.

Dominique Alvarez eut alors l'idée de repérer le positionnement du doigt sur l'écran, et ainsi de la désignation faite, à l'aide d'une matrice de faisceaux lumineux et de cellules réceptrices. La case désignée était déterminée par l'interruption des deux faisceaux, l'un en ligne, l'autre en colonne. Raymond Dixmier, ingénieur au CENA, réalisera assez rapidement une maquette, expérimentée avec le CAUTRA II et jugée suffisamment efficace pour entraîner à terme l'abandon des claviers IBM.

Pour nommer ce procédé nouveau, on choisit d'associer au mot *digit* le suffixe *tron*, à la mode à l'époque[1] et le brevet du *digitatron* fut déposé le 18 septembre 1967 au nom de Dominique Alvarez par l'intermédiaire du CNRS. Ce brevet n'était toutefois valide qu'en France, IBM ayant lui-même déposé un brevet relatif à un cadre de grande dimension comportant une matrice faisceaux de lumière et cellules réceptrices, dont l'objet était d'apporter une aide à la numérisation de courbes ou de plans.

OMERA SEGID construisit la première génération de digitatrons, utilisés comme outil de dialogue contrôleur/calculateur avec le CAUTRA III. TVT réalisa les extensions suivantes, notamment pour le CAUTRA IV, avant l'arrivée de la souris ; le fabricant sut d'ailleurs s'affranchir des deux brevets cités en utilisant des sources infrarouges.

Le digitatron a été utilisé dans le simulateur de l'ENAC, y compris pour le pilotage des avions ; la RATP y a eu également recours pour son simulateur de formation du métro.

Pour l'Aviation civile, le digitatron a constitué un outil essentiel de la mise en œuvre de l'activation des vols d'un centre de contrôle à l'autre.

1. Le *littératron*, de Robert Escarpit, publié en 1964 chez Gallimard, connut un franc succès.

Perception par un contrôleur des défauts des outils à sa disposition, dessin de Bernard Vuillemot.

- les outils de dialogue contrôleur/calculateur seront remplacés par des « digitatrons », anticipation des terminaux tactiles de dialogue d'aujourd'hui, où l'on désigne directement sur l'écran son choix parmi les informations affichées.

Mais les évolutions les plus remarquables concerneront le domaine radar, objectif principal et raison d'être de la transition du CAUTRA II au CAUTRA III :

- mise au point de logiciels d'évaluation de la qualité de la détection radar à partir d'enregistrements de l'information reçue en entrée du système ;
- mise au point d'un logiciel de contrôle du calage au nord des stations radar afin de permettre une bonne fusion des données concernant un même aéronef détecté par plusieurs radars différents dans les zones de recouvrement de leur couverture ;
- expérimentation et mise en service opérationnel d'un traitement multiradar assurant la fusion de plusieurs zones de détection ;
- définition d'une norme de séparation à utiliser en vidéo synthétique, c'est-à-dire entre les étiquettes d'aéronefs seules ;
- refonte du processus de visualisation radar, pour s'affranchir du traditionnel balayage rotatif, devenu une gêne avec une image intégrant plusieurs couvertures différentes en recouvrement partiel.

Le CAUTRA III est mis en fonctionnement en même temps dans les centres de Bordeaux et Aix-en-Provence, dans une configuration identique, à la capacité mémoire près, pour des raisons de coût et avec les mêmes logiciels, fonctionnant dans un premier temps en autonome pour donner une image multiradar aux contrôleurs puis, après la mise en service des liaisons inter CAUTRA, en liaison avec le CCR/Nord pour rendre les services complémentaires liés au traitement des plans de vol, d'activation, d'impression locale des strips et d'identification permanente des vols sur l'image radar.

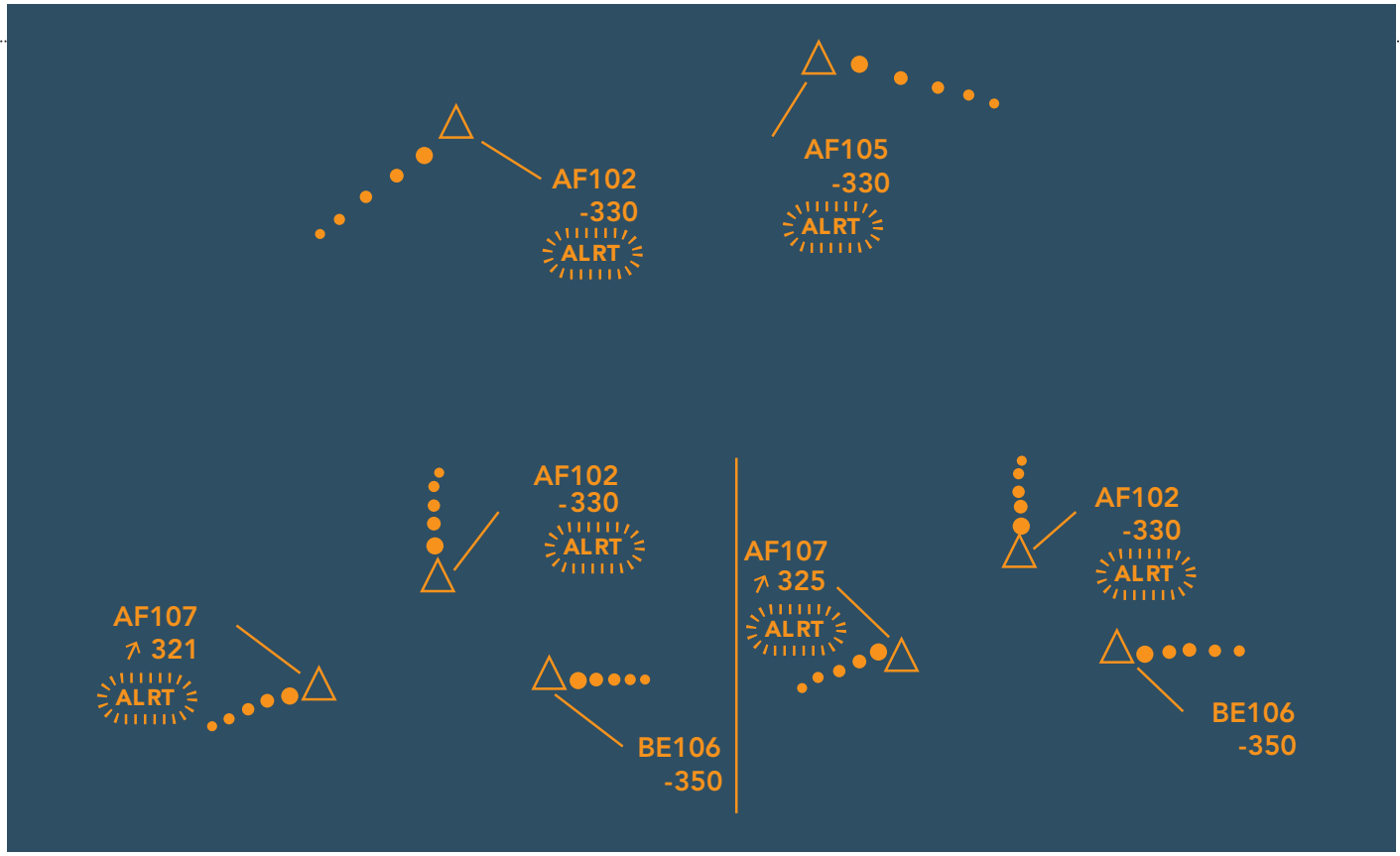
Dans la maturité de l'exploitation opérationnelle du CAUTRA III, le « filet de sauvegarde » sera expérimenté et mis en service : c'est un logiciel utilisant les informations radar seules et pouvant alerter les contrôleurs s'il détecte un risque élevé d'une perte de séparation entre deux aéronefs sur le très court terme.

Seront également expérimentés plusieurs traitements à l'assistance de l'ordonnancement des vols à l'arrivée à Paris-Orly. Appelés *calcul des heures d'approches prévues,* en abrégé *calcul des HAP*, utilisant les plans de vol à l'arrivée à Orly actualisés au moyen des données radar, ces programmes consistaient à organiser la séquence à l'arrivée de ces vols, sur la base d'une cadence d'atterrissage fixée par les contrôleurs d'approche. Une représentation graphique était fournie aux contrôleurs des secteurs terminaux du CCR/Nord de façon à faire apparaître, pour chaque vol, les divergences entre les positions théoriques en accord avec la séquence prévue et les positions réelles observées par radar, sous forme d'écarts, avance ou retard. Ces travaux donneront lieu ultérieurement à la réalisation de MAESTRO.

La fiabilité du CAUTRA III se révèlera assez décevante dans les premiers temps, pour deux raisons principales :

- une conception trop élémentaire du périphérique des disques amovibles entraînant de nombreux problèmes de lecture/écriture des informations stockées, alors que les disques sont essentiels pour le traitement des plans de vol ;
- un défaut d'organisation de la maintenance du logiciel, constitué de très nombreux composants dont la responsabilité est prise en charge par un nombre élevé de personnes différentes, ce qui n'était pas le cas avec le CAUTRA II.

Ces problèmes une fois résolus, la fiabilité deviendra satisfaisante et, après introduction de la prise en compte du changement de date, le CAUTRA III pourra fonctionner plusieurs



Exemple de visualisation d'alerte.

jours sans redémarrage. La disponibilité de l'image radar sera un souci constant, traité de deux façons :

- la capacité du périphérique disque étant très suffisante, une fonction de reprise automatique sera mise en service en cas d'incident du calculateur : le contenu de la mémoire centrale est sauvegardé automatiquement sur le disque en vue d'une analyse ultérieure, la mémoire est rechargée et la machine redémarre dans les dizaines de secondes qui suivent ;
- un secours « chaud » sera procuré aux contrôleurs en mettant en service opérationnel le calculateur de secours chaque fois que cela sera possible. Il donnera une image identique, car établie avec les mêmes données radar et assurant les mêmes traitements que le système principal, mais élaborée de façon indépendante. Une liaison automatique en sens unique depuis le système principal lui fournira les plans de vol à jour pour assurer l'identification des vols.

Ce souci d'améliorer la disponibilité de l'image radar conduira à préconiser une structure différente du système pour l'avenir : séparer complètement le traitement radar du traitement des plans de vol, dans deux systèmes isolés échangeant par un canal de liaison rapide les informations indispensables à l'identification permanente de l'information radar et à la mise à jour des plans de vol.

Cette évolution trouve sa source dans la solution étudiée pour pallier un risque fort de saturation du 10070 du CCR/Nord dès 1976. Un 10070 sera ajouté en amont du système principal et dédié au traitement radar, mais sans prendre en charge la visualisation radar et la corrélation avec les plans de vol qui resteront traitées par le système principal. Cette nouvelle structure sera mise en œuvre de façon plus concrète avec les configurations composites CAUTRA III-CAUTRA IV radar mises en œuvre à Aix-en-Provence et Bordeaux pour remédier au milieu des années quatre-vingts au manque de puissance des 10070 face à l'augmentation du trafic.

Le CAUTRA III, matériel et son logiciel opérationnel concernant les fonctions liées aux plans de vol, constitueront aussi la plate-forme de départ pour construire le simulateur de trafic aérien de l'ENAC qui démarrera en 1972. Il permettra la formation des personnels des centres de contrôle dans un environnement technique très proche de celui des centres opérationnels, utilisant les mêmes outils de dialogue avec le calculateur, les mêmes présentations d'information, strips et visualisations.

Du fait de cette proximité avec les centres de contrôle, ce simulateur servira aussi de support à un grand nombre d'expérimentations concernant l'organisation de l'espace aérien en France, les rôles au sein de l'équipe de contrôle d'un secteur ou les présentations d'information. Lorsque le 10070 deviendra insuffisant, il sera remplacé par un IRIS 80, qui fonctionnera jusqu'en 2003.

Il est également intéressant de noter que les logiciels du traitement des plans de vol du CAUTRA III ont été incorporés après adaptation par la CII dans le projet DACTA d'automatisation du contrôle aérien du Brésil au milieu des années soixante-dix.

Du CAUTRA III au CAUTRA IV

En 1971, la station radar de Brest est mise en service. Cependant, pour un certain nombre de raisons techniques, le CAUTRA III du CCR/Nord n'est pas en mesure de traiter ses informations de façon à permettre un contrôle de la circulation aérienne suffisamment performant : l'espace aérien concerné est éloigné d'Athis-Mons, hors de toute autre couverture radar, et connaît un niveau de trafic en augmentation constante.

La DNA prend alors la décision d'installer au pied du radar de Brest une entité de contrôle qui travaillera avec une délégation du CCR/Nord de façon à assurer de meilleures conditions d'écoulement durant la saison de fort trafic.

Se pose assez rapidement la question de pérenniser ou non l'opération par la création d'un nouveau centre de contrôle. La DNA a d'ailleurs décidé de stopper la croissance du CCR/Nord et de mettre en place un nouveau centre de contrôle à Reims, région de fort trafic avec une gestion de l'espace complexe, car partagée avec les militaires. En outre, le nombre de stations radar connectées à Athis-Mons augmente chaque année et les évaluations des performances en charge réelle des calculateurs CII 10070 du CAUTRA III révèlent que leur marge pour passer les prochaines saisons d'été sera très restreinte si la puissance de traitement n'est pas augmentée.

La DNA se trouve ainsi confrontée aux options suivantes :

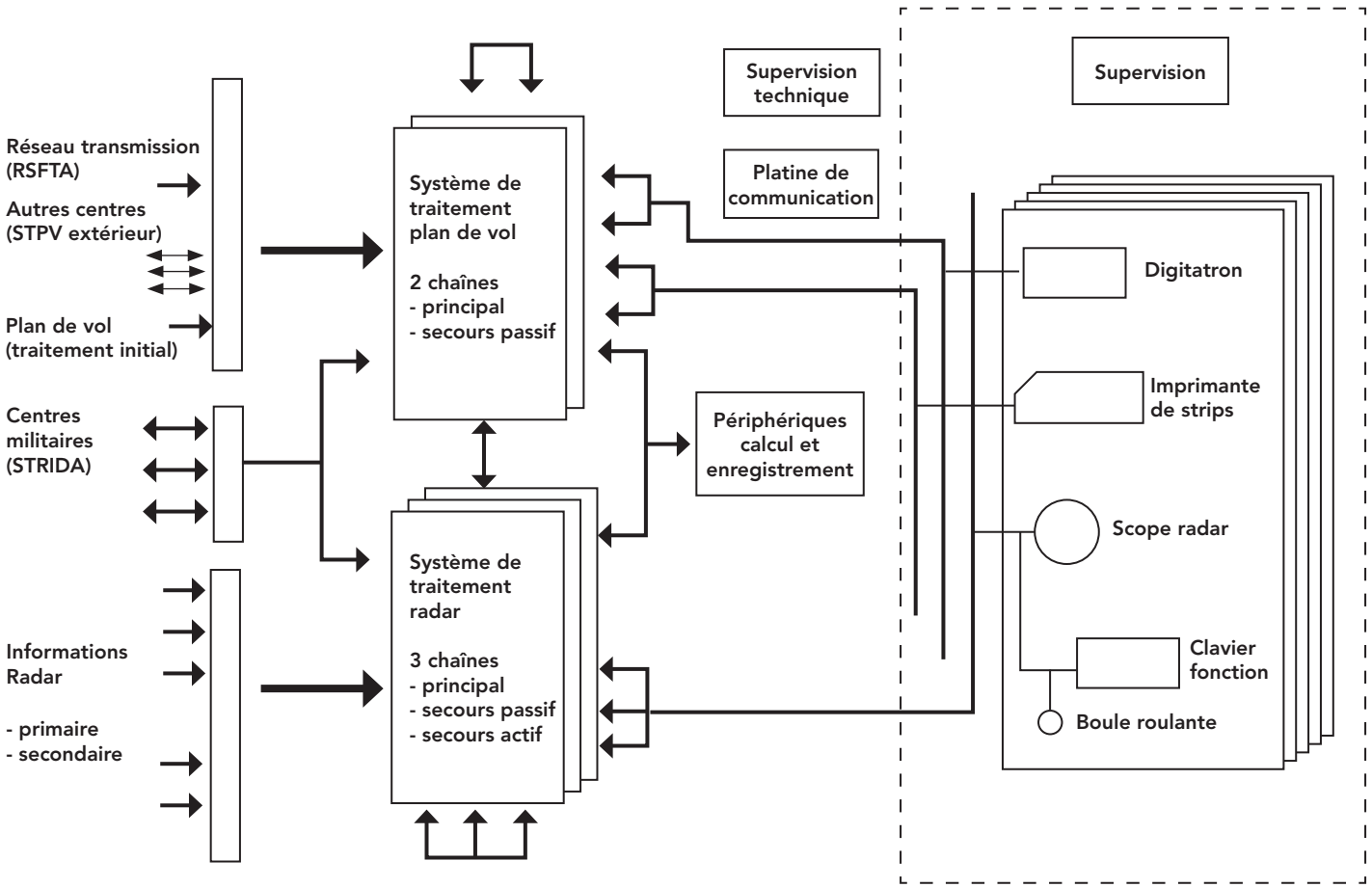
- trouver rapidement une solution pour augmenter la puissance des 10070 du CCR/Nord ;
- imaginer une solution pour le traitement radar à Brest, même si dans l'immédiat il est simple d'y imprimer des strips et de permettre aux contrôleurs locaux d'activer les vols entrant chez eux en réutilisant du matériel libéré par le CCR/Nord, claviers et imprimantes étant actionnés à distance par le CAUTRA III ;
- disposer d'un CAUTRA complet pour le centre de Reims.

A cela s'ajoute le fait que le seul descendant du CII 10070, c'est-à-dire une machine sur laquelle le logiciel CAUTRA III pourra fonctionner grâce à des modifications mineures, est l'IRIS 80, d'un coût et d'un encombrement très importants.

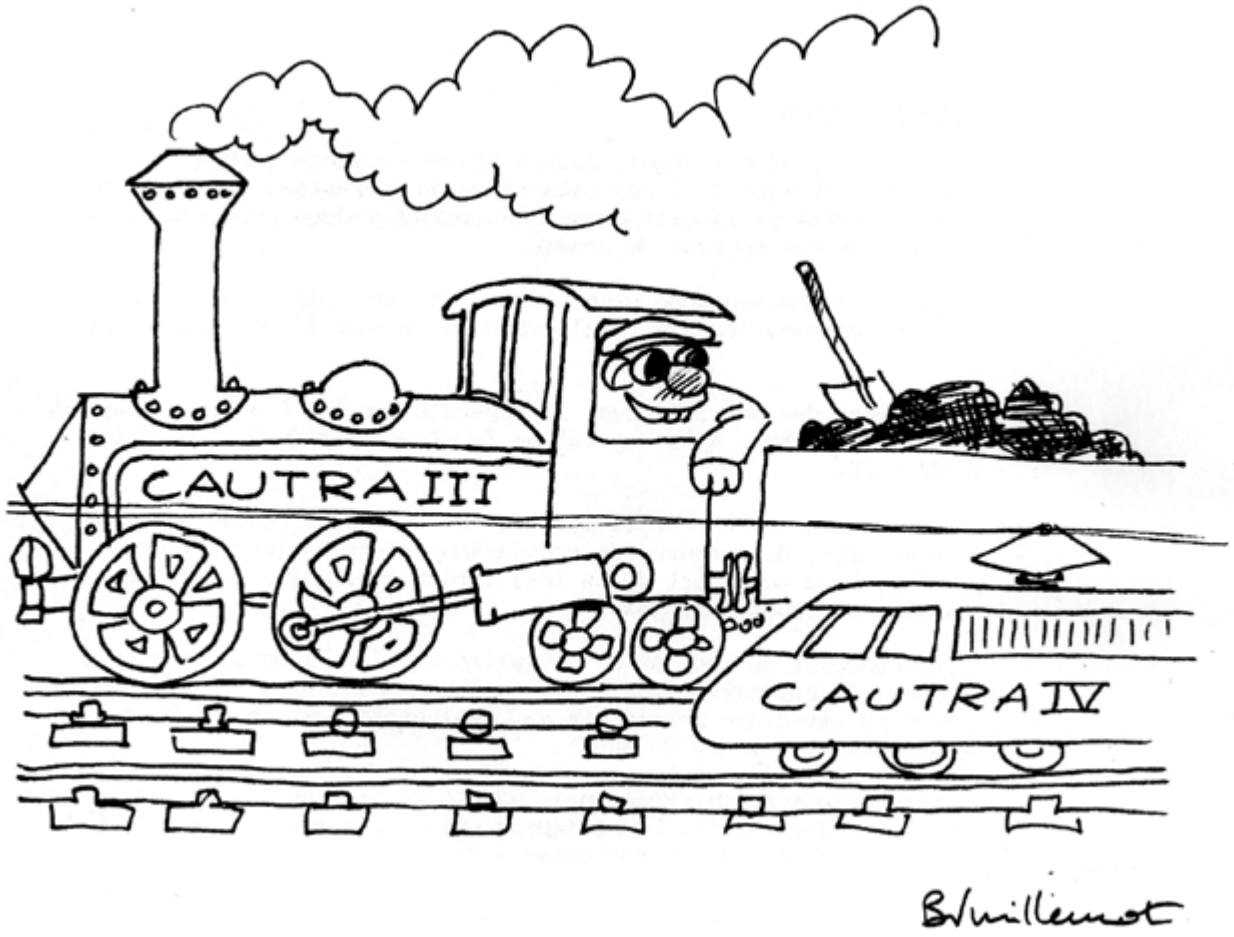
L'apparition concomitante sur le marché des premiers « mini-calculateurs », de performances importantes pour un coût plus abordable, va orienter la stratégie de la DNA, d'autant que celle du Gouvernement en matière d'informatique, reflétée par le Plan Calcul, semble hésitante et qu'il n'est pas certain que l'IRIS 80 ait une descendance compatible. Et si l'on prend en compte les réflexions entreprises en vue d'améliorer la disponibilité des systèmes CAUTRA, la solution « mini-calculateurs » présente un intérêt indéniable.

La configuration CAUTRA IV comportera deux ensembles reliés par liaison rapide, l'un spécialisé dans le traitement de l'information des plans de vol, y compris les dialogues afférents avec les contrôleurs, l'impression des strips et les échanges par liaisons rapides avec le monde extérieur, l'autre traitant l'information radar et sa visualisation. Chaque ensemble aura sa propre configuration matérielle de façon à assurer la pérennité de ses traitements, les contraintes de sécurité étant différentes : pour le traitement radar, l'information entrante est renouvelée en permanence, l'historique à conserver peut être sommaire ; en revanche, le temps d'interruption est crucial. Pour le traitement du plan de vol, c'est l'inverse : l'historique est fondamental mais on peut admettre un temps plus important de rétablissement des traitements, les contrôleurs disposant de strips papier.

Parallèlement à la décision de choisir des mini-calculateurs, la DNA estime que la sécurité de fonctionnement des systèmes serait améliorée si ce développement était réalisé par des industriels du logiciel : ils ont acquis depuis quelques années une bonne maîtrise des méthodes de production, permettant une contractualisation des coûts et des délais.



Synoptique du CAUTRA IV.



Course-poursuite entre le CAUTRA III et le CAUTRA IV. Le conducteur du CENA semble garder le sourire…

Afin d'éclairer le choix, deux sociétés d'ingénierie informatique sont mandatées par la DNA pour auditer le CAUTRA III et évaluer sa capacité d'évolution, notamment par la mise en place d'une plate-forme de développement. Leurs conclusions divergeront sensiblement.

En fait, le choix sera fait de modifier fondamentalement les méthodes de développement du CAUTRA, sans véritablement étudier si la réutilisation des logiciels du CAUTRA III était possible dans un nouvel environnement technique, quitte à les améliorer et à les « industrialiser ». Leur abandon va entraîner une course-poursuite entre les deux systèmes, le CAUTRA IV ayant une difficulté certaine à procurer les mêmes fonctionnalités, indispensables au plan opérationnel, que le CAUTRA III.

Compte tenu des risques de saturation des CII 10070, débute en 1981 dans les centres de Bordeaux et d'Aix-en-Provence la mise en œuvre d'un CAUTRA composite associant un sous-système radar CAUTRA IV, quasi définitif, au CAUTRA III maintenu dans ses fonctions de traitement des plans de vol. Ce même sous-système radar sera mis en service à Brest en autonome ; le centre de Reims ouvrira fin 1983 en CAUTRA IV complet ; le système du CCR/Nord sera le dernier à passer en CAUTRA IV, en 1987. Seul le simulateur CAUTRA de l'ENAC restera en technologie CAUTRA III jusqu'au début des années 2000. ■

Le CENA, des hommes et des lieux

par Dominique Alvarez

A ma sortie de l'ENAC, à l'automne 1959, je fus affecté au 93 boulevard du Montparnasse, dans un bureau de DNA/3 partagé avec trois collègues, où je passai quelque mois à réfléchir à l'intérêt d'une nouvelle règle à calcul destinée aux pilotes et adaptée aux calculs d'estime et de dérive ainsi qu'à des propositions concernant un nouveau système de radionavigation.

René Bulin, directeur de la navigation aérienne, m'annonça que j'allais rejoindre le centre d'étude et d'expérimentation de la navigation aérienne (CEENA) qui venait de naître. Début 1960, deux bureaux furent attribués au CEENA - devenu entre-temps le CENA - dans le bâtiment de la direction du CEV, sur la base aérienne de Brétigny. Un jeune ITNA/I, Armand Camhy, vint m'y rejoindre, avant de quitter peu après l'Administration pour l'industrie. Ce séjour au CEV fut très profitable, car nous pûmes bénéficier de la formation délivrée par le centre à ses propres expérimentateurs.

En mars, la DNA m'envoya en stage à la FAA qui venait d'être créée. J'eus ainsi l'occasion de me rendre au NAFEC, le centre d'expérimentation d'Atlantic city, de découvrir les premiers équipements d'automatisation du contrôle de la circulation aérienne et de visiter aussi le centre d'approche commune de New York. Par ailleurs, courant 1960, je participai à une campagne d'évaluation des systèmes d'atterrissage automatique au Royal aicraft establishment de Bedford (Royaume Uni), concernant en particulier l'ASV 23 de CSF, inventé par M. Fombonne.

A l'été 1960, Roger de Foresta fut nommé à la tête du CENA, et Olivier Carel nous rejoignit peu après pour travailler sur l'évaluation du système de navigation HARCO, amélioration du DECCA, sur lequel René Bulin voulait une appréciation fondée. Mais Brétigny étant à la fois peu commode d'accès et éloigné, nous trouvâmes un autre hébergement… dans une baraque en bois vouée à la démolition et située en limite de la zone de protection de la piste 26 d'Orly. Elle était alors occupée par l'échelon précurseur d'Eurocontrol, composé de quelques personnes, dont Georges Maignan, Yves Forgeot et Roland Soward. Je trouvais cette implantation modeste bien meilleure que la précédente, du fait de la proximité du CCR/Nord qui venait d'emménager dans ses locaux tout neufs d'Athis-Mons, où je passais d'ailleurs une grande partie de mon temps. C'est ainsi que je m'introduisis dans la démarche lancée par Jacques Villiers, encore affecté au service de la navigation aérienne, et qui concernait une étude prospective auprès d'IBM et de Bull sur l'utilisation possible des calculateurs numériques dans la navigation aérienne.

Début 1961, Jacques Villiers prit la tête du CENA. Nous nous installâmes alors dans l'ancienne école de Paray-Vieille Poste, emplacement où fut par la suite bâti l'hôtel Hilton d'Orly. Jean-Bernard Tricquet, ITNA affecté au CRNA/Nord, rejoignit peu après notre équipe, début d'une collaboration qui allait durer plusieurs années. A la fin 1962, nous gagnâmes des locaux neufs situés en toute extrémité de la parcelle d'Athis-Mons. L'effectif grandissant du CENA entraînera par la suite la surélévation de ce bâtiment durant la période très critique de préparation de la transition vers le CAUTRA III.

Gilbert Montel remplaça Olivier Carel et prit en main le contrôle en vol des aides radio, mission confiée au CENA lors de sa création et qu'il conservera jusqu'en 1973. L'arrivée de l'informatique et la mise en service opérationnelle des premiers ILS de précision déclenchèrent une très grande créativité dans les méthodes de travail. Un appentis fut construit pour abriter la caravane qui servait aux éléments sol du contrôle en vol des ILS (théodolite notamment).

L'équipe de départ affectée à l'expérimentation du CAUTRA fut renforcée pour affronter la transition vers le CAUTRA III et accueillit temporairement, le temps de leur formation, Jean-François Ollagnon et Pierre Crevits, responsables du démarrage des CAUTRA de Bordeaux et d'Aix-en-Provence, ainsi que Serge Redon pour le simulateur de l'ENAC directement dérivé du CAUTRA.

Maquette de l'école Paul Bert, détruite lors de l'extension de l'aéroport d'Orly, où le CENA a séjourné en 1961.

Cependant, à partir de 1972, les activités du CENA connurent une évolution nette, traduite dans son nom, où *expérimentation* fut remplacé par *études* ; le contrôle en vol des aides radio fut transféré au STNA et l'activité du service recentrée principalement sur les études relatives à la circulation aérienne et la poursuite de l'automatisation. Avec Jean Maigret, Jean Nobel, Yves Valin et l'équipe de psychotechniciens d'André Bisseret, de nombreuses études furent conduites grâce aux simulateurs de trafic aérien de l'ENAC ou du centre Eurocontrol de Brétigny, concernant l'organisation du trafic, les relations civils-militaires, les méthodes de travail et les outils des contrôleurs, l'insertion des supersoniques dans le trafic d'arrivée des aéroports.

Jean-Marc Garot, avec le développement des bancs de test radar, ouvrira une voie nouvelle, permettant de refondre le traitement radar et sa visualisation. Cette technique sera ensuite abondamment utilisée par Alain Printemps et Christiane Dujardin pour le filet de sauvegarde et par Jean-Luc Garnier dans les études de l'ordonnancement des vols à l'arrivée d'un grand aéroport. Enfin, sous la direction de Daniel Azema, instruit à cet effet au sein du CENA, le développement du CAUTRA III sera transféré au STNA fin 1978.

Au CENA, la pénurie de locaux ne cessera jamais. Dans l'attente du bâtiment neuf construit pour abriter conjointement à partir de 1983 la CORTA, le SCTA et le CENA, on eut recours à des solutions diverses de récupération de locaux délaissés par d'autres services ; il en fut ainsi des Algeco de l'échelon précurseur du centre de Reims et de la toute première salle de contrôle du CCR d'Athis-Mons dont une moitié fut aménagée pour abriter le centre de calcul IRIS 80 et des positions de contrôle dédiées aux études, après faradisation contre le rayonnement du radar situé sur le toit du bâtiment.

Mes successeurs seront confrontés à ces mêmes difficultés : Jean-Marc Garot construira à Toulouse une annexe du CENA sur le campus de l'ENAC ; quant à Alain Printemps, il bénéficiera à Athis-Mons des locaux libérés par le SIA et reconditionnés après le départ de ce service à Bordeaux. ■

Conversation entre Jacques Villiers et Dominique Alvarez

A sa sortie de l'Ecole polytechnique, en 1945, Jacques Villiers choisit l'ENAC qui accueille alors la première promotion d'ingénieurs de la navigation aérienne : « *Ce qui m'attirait, c'était quelque chose de nouveau, si possible amusant, pas administratif.* » Dans son premier poste, au SNA, en tant que chef de la section *radar matériel à impulsion omnirange et appareil de navigation*, il dépose un brevet pour le DATARAMA, destiné à remplacer le radar. En 1960, il est nommé chef du CENA nouvellement créé ; secondé par Dominique Alvarez, il donne corps à sa vision de l'automatisation avec les premières générations du CAUTRA. Il développe en particulier la méthode des filtres, qui préfigure l'évolution de l'automatisation du contrôle et associe des psychologues aux travaux du CENA.
Jacques Villiers devient directeur de la région aéronautique nord en 1970 et, tout en continuant à s'intéresser aux grands projets techniques, met en œuvre la déconcentration du SGAC. Il est nommé en 1979 chef de l'inspection générale de l'aviation civile et de la météorologie, qu'il dirige jusqu'à 1989, assurant en même temps la présidence du conseil d'administration de l'ENAC.
Après son départ en retraite, Jacques Villiers a poursuivi ses activités d'expertise et d'étude et consacré beaucoup d'énergie au projet ERASMUS[1].

J. Villiers : Te souviens-tu de la création du CENA ? La décision tenait en trois lignes, et c'est ce qui m'a plu. On allait pouvoir travailler en équipe, au moins je considérais que tout le monde serait sur un pied d'égalité, amenant ce qu'il savait faire de mieux, et en plus il y avait quelqu'un comme toi qui connaissait l'informatique et pouvait former les autres.

D. Alvarez : René Bulin a créé le CENA après un voyage aux USA, où il avait visité le centre expérimental d'Atlantic City. Il est revenu avec deux idées : la première était de créer un centre semblable en France, où j'ai été le premier à être affecté ; la deuxième était de créer un organisme européen qui deviendrait le centre expérimental.

J. Villiers : Deux belles idées, Ça c'est du management ! Il avait une vision, sur ce point là, il n'y avait aucun doute.

D. Alvarez : A la création du CENA, rien ne disait qu'on devait s'intéresser à telle ou telle chose. Le SNA existait encore et tu avais monté les évaluations avec IBM et Bull ; moi, j'ai pris l'initiative de participer à ces travaux. Personne ne m'a demandé d'y aller, mais personne ne me l'a interdit. Tout de suite après, le CENA a été créé formellement par la volonté de René Bulin et de même pour le STNA. Tu as été nommé chef du CENA. Naturellement, comme j'avais commencé à y travailler, j'ai continué, sans que mes tâches soient bien définies.

J. Villiers : Lorsque je suis arrivé, j'avais déjà mon idée : les ordinateurs allaient être au centre de beaucoup de choses, il fallait s'y engager. Ça m'intéressait, mais au départ nous étions d'une grande modestie. On avait un champ de jeu et on a cherché à voir ce qu'on pouvait faire d'utile avec. On travaillait déjà avec IBM, on a continué.

D. Alvarez : Il y a eu à un moment un double contact avec IBM et Bull. Le marché d'études que tu avais passé avec Bull avait montré que le fournisseur n'était pas à la hauteur. Finalement le choix d'IBM et du modèle 650 a été fait en 1961.

J. Villiers : Tu vois, c'est allé très vite : 1961, c'est le choix d'IBM, 1967 c'est mon article sur « la méthode des filtres » où j'explique ce qu'on fait et comment on voyait l'avenir. Cette histoire mérite d'être racontée. Elle montre que lorsqu'on fait confiance aux gens, il se passe des choses… Notre grande affaire, c'était le plan de vol. Le traitement radar, ce serait pour plus tard, il fallait un calculateur spécial, c'était compliqué.

1. *En route air traffic soft management ultimate system.*

Moi, j'étais en contact avec Jacques Stern, du STTA, service qui avait développé un extracteur pour le STRIDA. J'ai dit à Stern que si on pouvait faire des choses ensemble, je m'engageais à ce qu'il n'y ait pas duplication.

D. Alvarez : C'est un concours de circonstances, là aussi. Ils voulaient faire leurs essais. Ils avaient une station maîtresse à Mont-de-Marsan et ils voulaient mettre une station esclave quelque part. Nous, on allait à ce moment-là installer le radar de Bordeaux.

J. Villiers : J'ai dit à Stern, écoute, tu fais le STRIDA avec les contraintes militaires, on travaille avec les mêmes industriels. Pour te prouver notre intention de travailler ensemble, je te propose de mettre ton extracteur dans un centre civil. Et leur extracteur a été installé à Bordeaux. Mais par la suite, lorsqu'ils ont lancé leurs appels d'offres, on s'est aperçu qu'on ne pouvait pas suivre, les prix étaient trois fois plus élevés et d'ailleurs leurs développements étaient essentiellement orientés vers le traitement du radar primaire. De même pour les visualisations, les militaires avaient leur visu SINTRA, et quand le STNA a fait ses appels d'offres, c'était trop cher, ça ne tenait pas la route.

D. Alvarez : On a dû acheter les premiers tubes chez CSF.

J. Villiers : L'intention était de faire ensemble tout ce qu'on pouvait, mais on s'est aperçu que rien ne coïncidait.

D. Alvarez : Il y avait deux raisons : le coût d'abord, mais aussi le fait que le STRIDA était un système totalement inadapté au trafic civil. Les consoles STRIDA étaient monobloc avec l'écran, les claviers, les communications, etc. Tout ça était intégré, on ne pouvait pas en prendre une partie.

J. Villiers : Chez nous, on bricolait, on assemblait nos matériels nous-mêmes. Pour le STRIDA, les militaires ont fait intégralement appel à IBM en tant que fournisseur de matériels et de logiciels.

D. Alvarez : Nous, on n'a pas eu le choix, on a eu des échanges avec les militaires sur le plan de la conception. Eux, ils ne traitaient pas le plan de vol. IBM militaire ne savait pas traiter ça, ils ne savaient que traiter le radar, ils faisaient de l'expérimentation de traitement radar.

J. Villiers : Le premier traitement radar qu'on a eu, c'était le militaire. C'était intéressant, mais l'intention, là encore, a avorté. Cependant, si nous n'avions pas eu cette expérience, on se serait senti coupable de ne pas l'avoir faite.

D. Alvarez : On a essayé de faire des corrélations plan de vol/radar primaire parce qu'on avait la station STRIDA de Bordeaux qui donnait des pistes. Les militaires nous ont prêté des émetteurs/récepteurs en liaison OTAN et on avait un convertisseur dans le calculateur IBM. On échangeait avec le STRIDA de Bordeaux, on a fait des évaluations, mais ça n'a pas marché.

J. Villiers : Symboliquement, c'était intéressant. Leurs problèmes étaient différents. Les militaires travaillaient dans le cadre de l'OTAN, ils avaient un cahier des charges et des spécifications définis par l'OTAN. En revanche, le cahier des charges du CAUTRA, au moins au départ, était évolutif. C'est en programmant qu'on voyait ce qu'on pouvait faire.

L'apport de Jacques Stern, qui avait été en Amérique, c'est sa prise de position, qui n'a d'ailleurs pas été sans drame au STTA : il fallait prendre le tournant et risquer le tout numérique. Il a imposé les calculateurs numériques avec IBM et les spécifications OTAN. Nous, on n'avait pas les mêmes moyens et j'ai pensé que pour les visu, on pourrait faire les choses en commun.

D. Alvarez : De plus, les spécifications étaient secrètes.

J. Villiers : Jacques Stern a été courageux, il a quitté le STTA pour fonder la SESA, puis il a tout lâché quand on lui a proposé de diriger Bull.

D. Alvarez : On a beaucoup appris dans ces échanges avec les militaires, bien qu'il n'y ait pas eu de résultats tangibles immédiatement. On s'était rendu compte, par exemple, qu'il ne fallait surtout pas se focaliser sur le radar primaire, le radar secondaire commençait à arriver, pour nous c'était vital de le réussir.

J. Villiers : Si le secondaire est arrivé, c'est grâce à ceux qui sont partis tôt, qui avaient fait le traitement radar, qui avaient des calculateurs, Eurocontrol, nous, les Américains… Je me souviens de moments extraordinaires. Le soir, au début du CAUTRA, et même par la suite, on restait ensemble à discuter en se prenant la tête entre les mains, en se disant on déraille, ce n'est pas possible, on refaisait le monde... et, trois jours plus tard, on repartait sur une nouvelle piste. Aujourd'hui, ce n'est plus pensable, les structures sont trop lourdes, elles ne permettent plus cette souplesse. Nous, ce qu'on a découvert au CENA, c'était qu'il fallait dire tout ce qu'on ne savait pas faire et tout ce qu'on ne ferait pas. Cela a été notre spécificité, passer des heures à bâtir des plans sur la comète. Et on s'est aperçu que les choses à faire, c'était en réalité des choses vraiment modestes, comme de traiter le plan de vol.

Ce que l'on a fait, on ne le pourrait plus de nos jours. Aujourd'hui, tout ingénieur qui se respecte a un juge d'instruction dans le dos. Au départ, notre démarche n'intéressait personne, on n'avait rien à produire… quand on a commencé à traiter le plan de vol, on a fait venir des gens pour leur montrer ce qu'on faisait. Ce n'était pas une priorité pour la maison, mais à l'arrivée, cela a donné le CAUTRA. ”

Propos recueillis par Henri-Georges Baudry
et Claude Labbé.

Le traitement radar par le CAUTRA

par Philippe Gufflet, avec la coopération d'Eric Muller

Ancien élève de l'Ecole polytechnique (X 58) et INA 61, Philippe Gufflet débute sa carrière au CENA où il est chargé du traitement de l'information radar du CAUTRA. Il rejoint en 1972 l'Aéroport de Paris où il occupe successivement les postes de chef du département informatique, chef de projet résident pour la maîtrise d'œuvre du chantier de construction de l'aéroport de Jakarta et chef du département d'audit interne.
Philippe Gufflet est nommé directeur de l'aviation civile en Nouvelle-Calédonie en 1990, avant de terminer sa carrière comme chef de la mission sûreté défense de la DGAC de 1993 à 1999.

Le 1er octobre 1963, à ma sortie de l'ENAC, je fus affecté au centre d'expérimentation de la navigation aérienne, dirigé par Jacques Villiers et chargé, sous l'autorité de Dominique Alvarez, de développer le traitement automatisé de l'information radar. Ce dernier me mit immédiatement en contact avec les ingénieurs du STTA, service qui assurait la maîtrise d'ouvrage du STRIDA dont Jacques Stern était le directeur de projet.

Les échanges avec l'équipe du STTA ainsi qu'une recherche de communications scientifiques sur les filtres de Kalman[1] afin de calculer une estimation de position future en lissant les positions passées nous ont permis de concevoir un algorithme[2] de poursuite des informations issues du radar primaire. La mise au point de ce procédé de traitement automatisé de l'information radar impliquait de traiter des informations réelles afin d'être sûr de la validité de l'approche théorique.

Dans un premier temps, avec la coopération du STNA qui en assurait le financement et de CSF qui réalisa cet équipement, nous avons conçu un prototype d'extracteur de l'information provenant du radar primaire.

L'extracteur a pour fonction de distinguer les échos significatifs (provenant d'un aéronef) du « bruit », au sens technique du terme : bruit thermique, échos indésirables, nuages, etc. L'extracteur numérise ensuite la position des échos significatifs, sous forme de plots et transmet les coordonnées, en distance par rapport au radar et en azimut[3] par rapport au nord géographique.

1. Voir en page 117.
2. Suite finie et non-ambiguë d'opérations ou d'instructions permettant de résoudre un problème.
3. Angle dans le plan horizontal entre la direction d'un objet et une direction de référence.

La « poursuite » effectuée par l'ordinateur consiste à fabriquer des « pistes » par corrélation entre les positions successives des plots (position de l'avion) détectés à chaque tour d'antenne du radar (tour d'antenne d'environ 10 secondes). Ce processus permet de calculer approximativement la vitesse au sol de l'aéronef et de prédire sa position future au prochain tour d'antenne. Cela permet aussi d'éliminer les échos fixes provenant d'obstacles au sol qui sont également détectés par l'extracteur comme étant des plots.

Pour conduire les premières évaluations de la poursuite radar, nous nous sommes dotés d'un des tout premiers magnétoscopes « grand public » à un prix raisonnable. Cet outil nous a permis d'enregistrer l'information radar brute. Ces enregistrements, traités ensuite par l'extracteur prototype et transmis par celui-ci à l'ordinateur pouvaient être « rejoués » autant de fois que nécessaire afin de tester le programme de poursuite et d'optimiser les paramètres de l'algorithme.

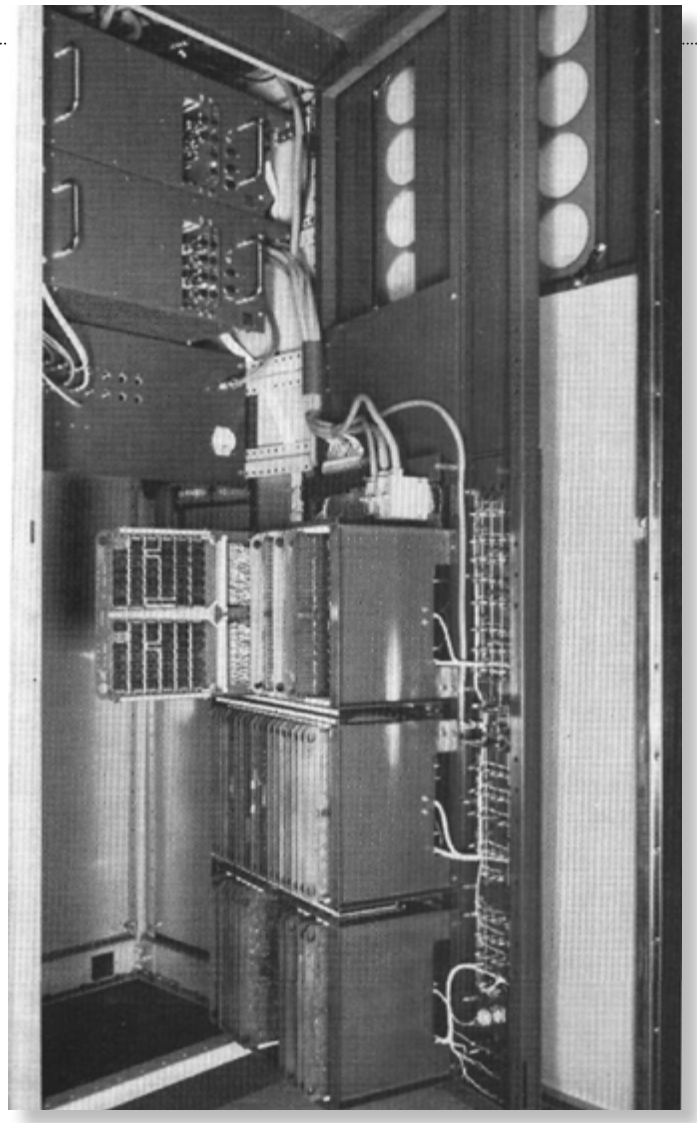
Ces expérimentations ont été possibles avec l'ordinateur IBM 7040 du CAUTRA II installé au printemps 1965 au CCR/Nord et qui disposait de la puissance suffisante pour traiter l'information radar en temps réel.

C'est en 1968 que fut mis en service le traitement de l'information radar au CCR/Nord. Les transpondeurs radar secondaire équipant de plus en plus les aéronefs, l'information correspondante, associée à la position fournie par le radar primaire et corrélée avec le plan de vol, permettait de faciliter l'identification des vols et de présenter sur l'écran radar du contrôleur un plot accompagné d'une étiquette mentionnant l'indicatif d'appel radio de l'aéronef et éventuellement son niveau de vol lorsque cette information était transmise par l'aéronef.

Le système de traitement des plans de vol attribuait un code sur quatre chiffres octaux[1], les deux premiers en fonction de la famille de vol (survol, départ ou arrivée en distinguant les zones d'altitude, espace inférieur ou supérieur), les deux suivants pour identifier le vol dans sa famille.

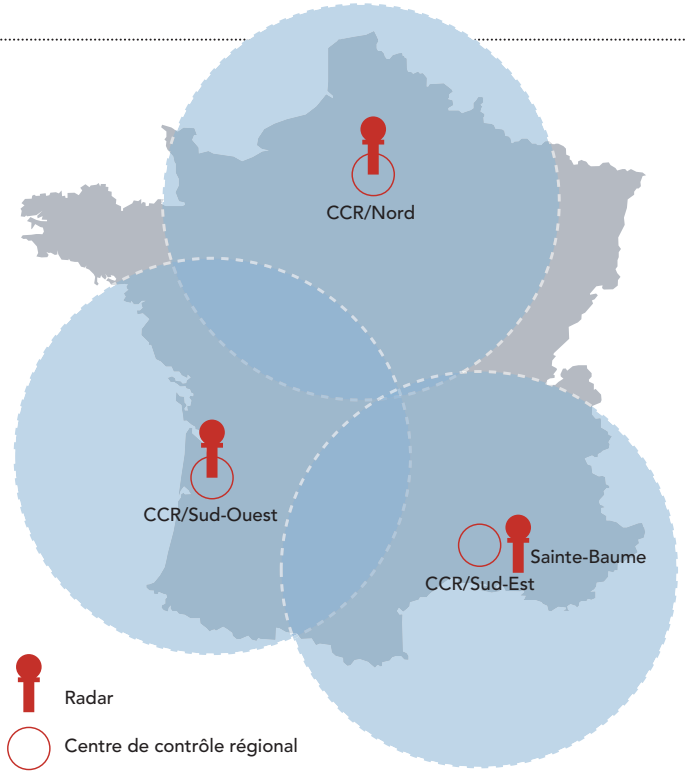
La corrélation du code attribué au vol avec le plan de vol était proposée par le programme de traitement de l'information radar secondaire. Dès que l'étiquette apparaissait pour la première fois sur l'écran radar, en clignotant, le contrôleur demandait au pilote de presser le bouton d'identification radar secondaire (*squawk ident*). Ce signal, renvoyé par la chaîne d'extraction au programme de poursuite, permettait de confirmer la bonne corrélation piste radar/plan de vol en arrêtant le clignotement de l'étiquette. Le CAUTRA II ne traitait que les informations du radar en route local installé sur le toit du CCR/Nord.

1. Le système de numération octal (base 8) utilise les chiffres de 0 à 7.



Baie d'extracteur de plots.

La troisième génération du CAUTRA a été étudiée afin d'avoir les performances suffisantes pour traiter l'information de plusieurs radars. Le radar local ne couvrant pas la totalité de la zone géographique sous la responsabilité du CCR/Nord, il devenait nécessaire, pour améliorer cette aide au contrôle du trafic aérien, d'étendre le traitement des informations radar en profitant de sites déportés également équipés de ce type de matériel.



Couverture radar dans les années soixante.

Le premier site choisi a été le radar de Lyon-Satolas, car la couverture qu'il assurait permettait de faire bénéficier le CCR/Nord et le CCR/Sud-Est de cette source d'information. L'ingénieur chargé de ce projet, Éric Muller, travaillait en équipe avec moi. Il fallait dans un premier temps définir les équipements nécessaires à ce déport :

- un extracteur radar CSF ;
- un ordinateur IBM 1800[1] (adapté aux processus de contrôle/commande) dont les performances convenaient à la mise au point des traitements à effectuer, tant en ce qui concernait la capacité de mémoire que la rapidité de traitement, bien qu'il fût beaucoup moins puissant que l'ordinateur du CAUTRA ;
- trois unités de transmission de marque CETT se répartissant en une unité d'émission à Lyon et deux unités de réception à Aix-en-Provence et Athis-Mons ;
- trois unités de visualisation réparties entre Lyon (pour le contrôle des échanges), Aix-en-Provence et Athis-Mons.

Il fallait ensuite réaliser les programmes de traitement pour :

- convertir les coordonnées radar de chaque plot, distance au radar et azimut par rapport au nord géographique, en coordonnées orthogonales centrées sur le radar puis en coordonnées de la grille CAUTRA ;
- transmettre les plots ainsi constitués, associés à l'information radar secondaire, vers les deux CCR.

Le CCR/Sud-Est n'étant pas encore équipé d'un ordinateur CAUTRA, les plots transmis étaient visualisés sur une console installée sur la position du contrôleur chargé du secteur couvert par le radar de Lyon-Satolas. Il en a été de même au CCR/Nord tant que la poursuite multiradar n'était pas mise en service.

Les premiers essais de programmation sur l'IBM 1800 auront lieu à Paris au second semestre 1967. Les résultats de cette expérimentation permettront d'accélérer la mise en service du système en vraie grandeur. Fin 1968, Lyon sera doté d'un extracteur et du calculateur ayant servi aux essais. En 1969, le déport d'information synthétique sera mis en service au CCR/Nord et au CCR/Sud-Est.

1. L'acquisition de l'ordinateur IBM 1800 a subi un retard de près d'un an car il était bloqué en douane, probablement à cause du Plan Calcul ; mais il n'existait pas d'ordinateur équivalent fabriqué en France, ce qui permit finalement de l'installer. L'IBM 1800 aura une deuxième vie après son remplacement à Lyon par une nouvelle génération d'extracteurs : il sera installé à Évreux par deux ingénieurs du STNA, Alban Michel et Michel Guettier, pour expérimenter le traitement de l'information radar de la première station prototype de radar secondaire mono-impulsion.

Image radar renseignée, 1968.

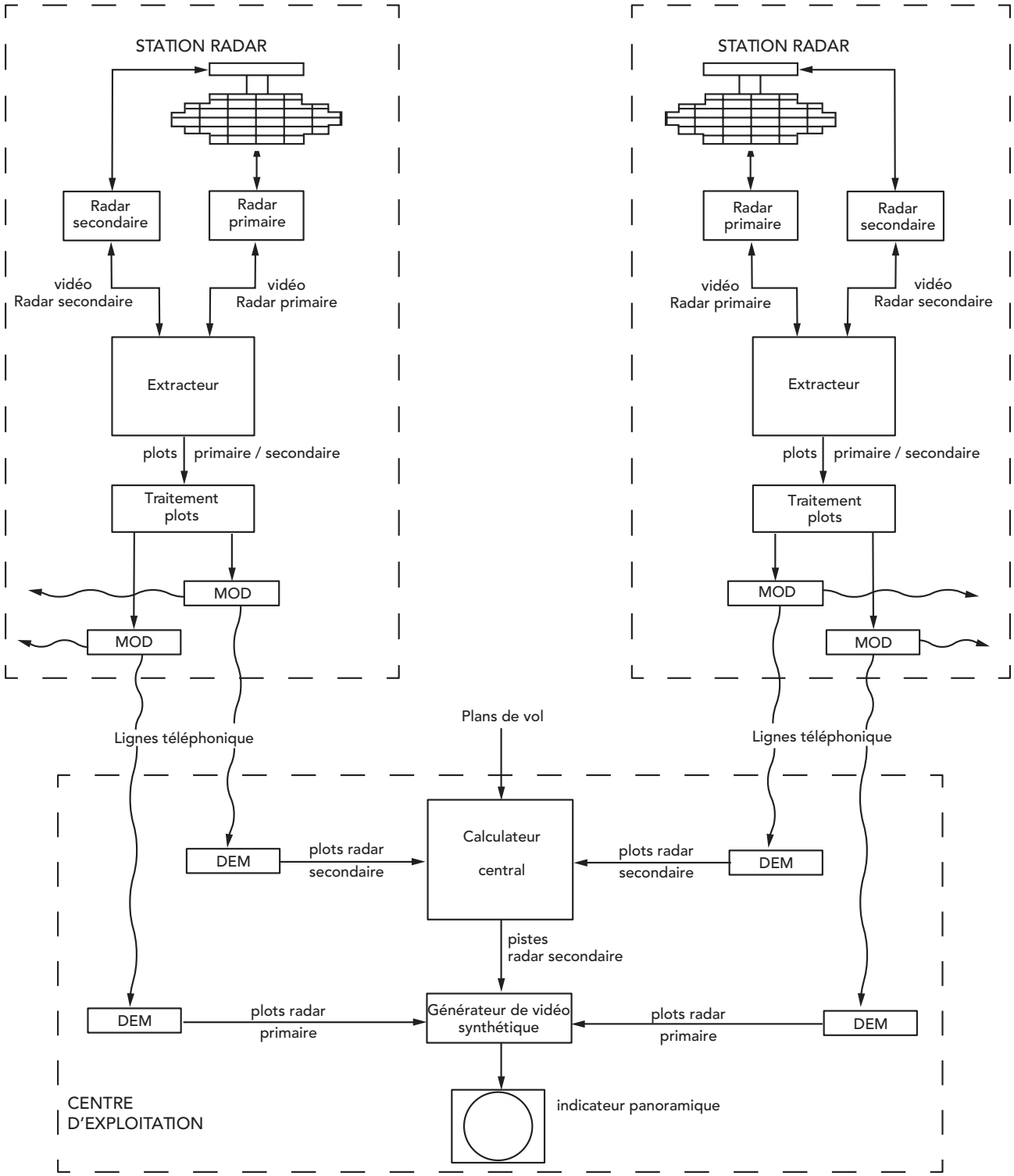


Schéma de traitement de l'information radar.

MOD : modulateur
DEM : démodulateur

La poursuite multiradar a été expérimentée en 1970 au CCR/Nord avec le premier radar déporté de Lyon-Satolas.

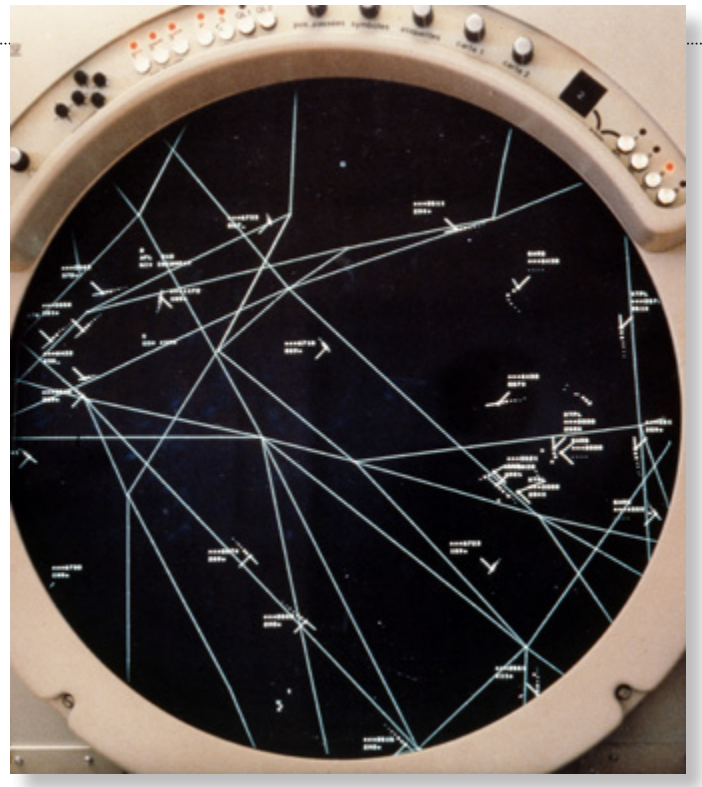
En 1971, le radar d'Évreux a été équipé d'un extracteur et de l'unité de transmission de l'information, ce qui a permis une avancée notable dans l'extension de la couverture radar du CCR/Nord[1].

Dans le cadre du plan de déploiement harmonisé des installations radar convenu entre la DNA et les autorités militaires, le CENA travailla avec le STTA pour envisager des échanges réciproques d'informations dans le but d'agrandir encore la couverture radar sans duplication des sites et de mieux coordonner la circulation aérienne civile-militaire.

Une procédure d'échange d'informations STRIDA-CAUTRA, dont la mise en service opérationnelle eut lieu en 1972, fut mise au point à cette fin. Les échanges prévus étaient symétriquement organisés : depuis le CAUTRA, les civils enverraient au STRIDA la totalité des pistes détectées par leurs stations ; les STRIDA devaient envoyer au CAUTRA les pistes correspondant *a priori* à du trafic civil.

Les premiers essais mirent en évidence une difficulté inattendue : celle d'intégrer les pistes reçues dans une situation aérienne élaborée avec d'autres logiques et reposant sur des critères de choix différents. Il fut conclu assez rapidement qu'il était plus simple et plus sûr pour chacun de recevoir directement des stations radar l'information sous forme de plots bruts, sans aucun traitement préalable. Chaque système, STRIDA ou CAUTRA, faisait ensuite ses propres traitements de l'information brute de façon à avoir une homogénéité de la construction de ses propres pistes radar.

Il en résulta qu'outre les plans de vol, seuls les éléments d'identification du trafic civil, sous forme de pistes radar corrélées au plan de vol, furent envoyés par le CAUTRA au STRIDA. Au départ, la transmission se faisait à la même cadence que le renouvellement de l'image mise à disposition des contrôleurs civils ; par la suite, l'envoi des informations se fit à une fréquence moins élevée.

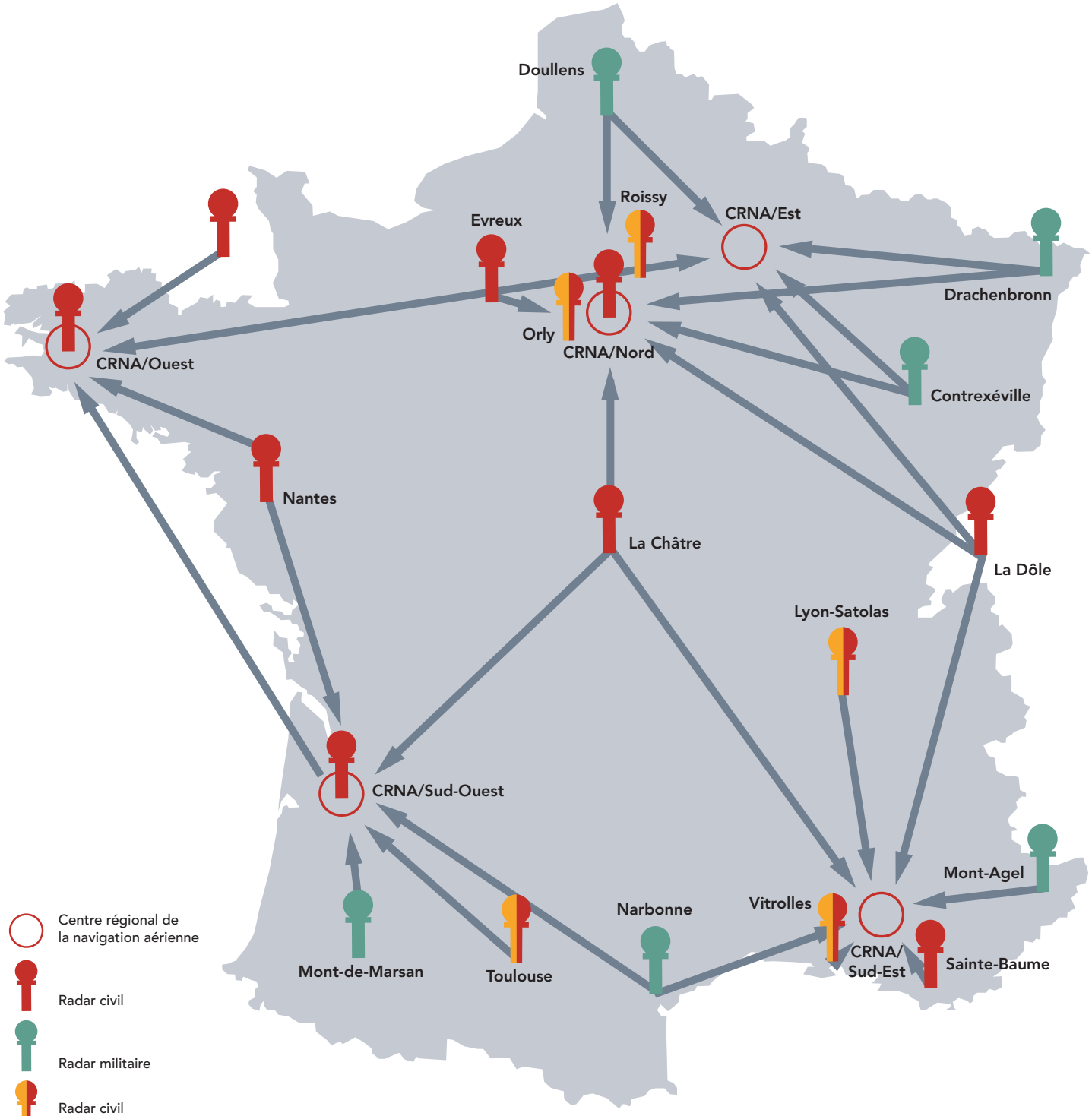


Visu radar 670, 1984.

Vers février 1973, l'installation d'ordinateurs CAUTRA III dans les centres de contrôle régionaux d'Aix-en-Provence et de Bordeaux fit envisager des échanges réciproques pour les pistes identifiées proches des limites des régions contrôlées, cela afin de faciliter le transfert de responsabilité du contrôle d'un CCR vers l'autre.

Finalement, la solution adoptée, plus simple, fut de transférer le plan de vol après son « activation ». Le message transmis contenait le code radar secondaire qui avait été attribué par le premier CCR en charge du vol, ce qui permettait au CCR suivant de corréler la piste radar avec le plan de vol. ■

1. En 1973, alors que j'avais quitté le CENA depuis près d'un an pour diriger le département informatique de l'Aéroport de Paris, Jean-Bernard Tricquet, toujours au CENA, m'informa d'un « bug » sur l'un des modules que j'avais programmés. Il me communiqua toutes les données sur l'incident et je pus trouver l'erreur, qui venait d'une information en provenance du radar d'Évreux. Il s'agissait d'une erreur de transmission que mon programme n'avait pas prévu. Ce module de programme était sollicité toutes les dix secondes depuis plus d'un an sans « plantage »… il avait donc « tourné » sans erreur plus de cinq millions de fois.



Implantation des radars en 1985, source : *50 ans de politique radar dans le contrôle aérien civil français.*

Le CAUTRA, outil d'études

par Henri-Georges Baudry

Les outils du CENA vus par Noël Calzaroni.

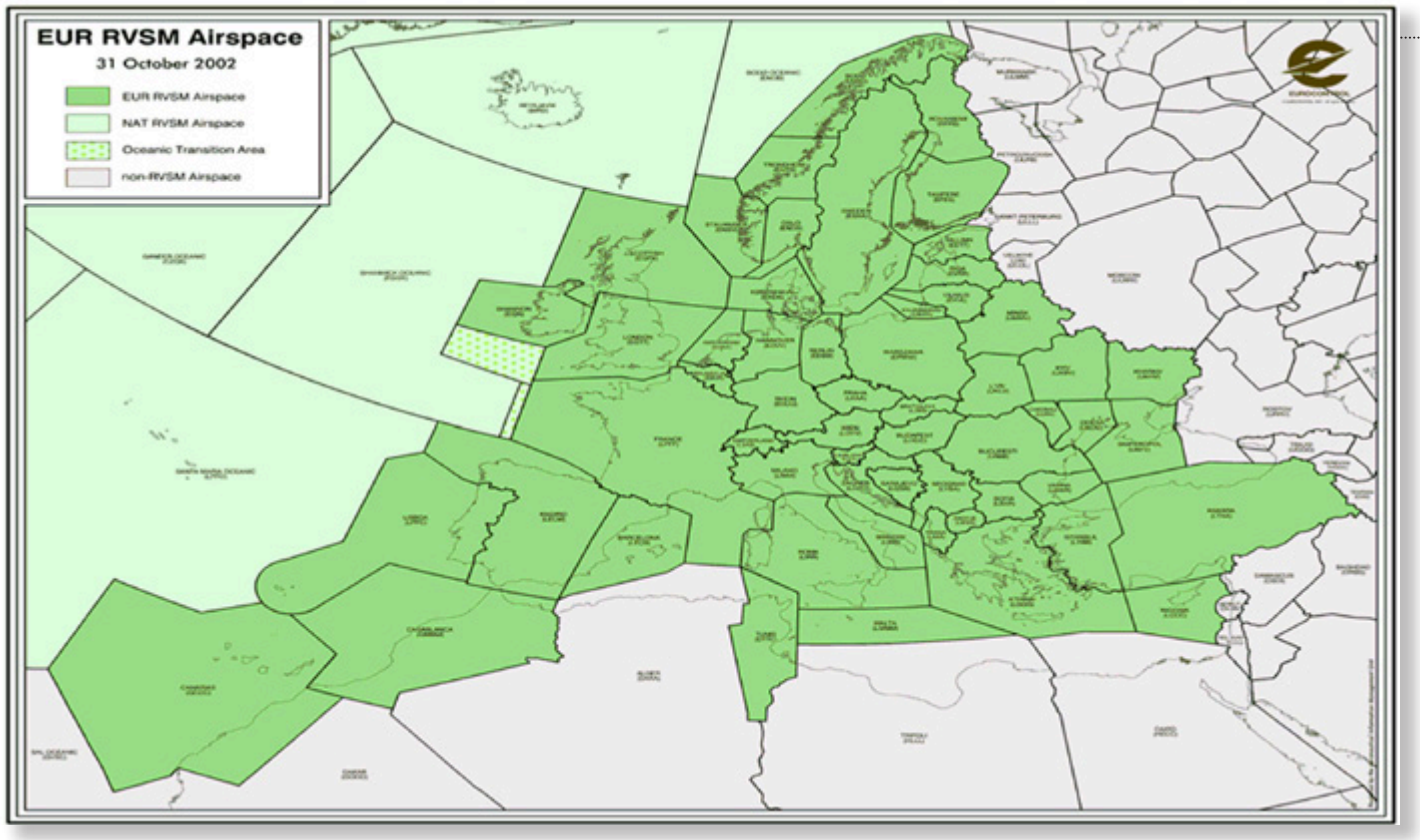
Dès que les informations numérisées issues du radar secondaire ont pu être disponibles à la sortie des extracteurs et transmises aux calculateurs, à la fin des années soixante, les premiers développements ont été conçus pour alimenter les écrans radar des contrôleurs. Des développements complémentaires ont été réalisés en utilisant les informations que les extracteurs fournissaient pour chaque tour d'antenne : les coordonnées planes de la réponse de chaque aéronef équipé d'un transpondeur, avec son code d'identification donné par le service du contrôle aérien, et l'altitude barométrique. Chaque aéronef pouvait donc être suivi avec une très bonne continuité, y compris en altitude.

Tout d'abord des traitements *off-line* ont été développés pour analyser la qualité de l'information et la qualité de la poursuite radar en vue de leur amélioration. Ensuite un champ d'études s'est ouvert en partant de l'enregistrement des informations : il devenait possible d'observer sur une grande échelle la qualité de la navigation des avions par rapport aux routes assignées ou au niveau assigné à partir de la réponse altitude du transpondeur.

En s'inspirant des études faites sur l'Atlantique nord pour la mise en œuvre de l'espace MNPS[1] en 1979, où la qualité de navigation était observée à l'aide des radars côtiers de chaque coté de l'océan, et en s'inspirant de la modélisation du risque de collision en fonction des séparations, des études ont été lancées pour répondre aux questions suivantes : quel espacement minimal faut-il mettre entre deux voies aériennes parallèles ? Est-il possible de réduire les séparations verticales à moins de 2 000 pieds au-dessus du niveau 290 (29 000 pieds) ?

Le CENA s'est lancé dans ces études dans les trois dimensions. Pour ce qui concerne les espacements latéraux, même si l'adaptation du modèle et son application ont permis d'aboutir à un résultat que l'on qualifiera de théorique, le modèle devait être complété pour introduire une nouvelle dimension, à savoir la surveillance en continu des trajectoires par le contrôle. Là encore, l'inspiration est venue des études faites sur l'Atlantique

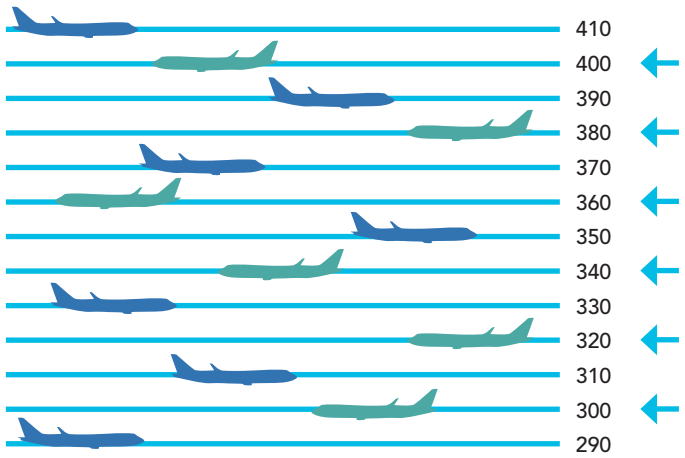
1. *Minimum navigation performance specifications.*



Espace RVSM[1].

nord avec la perspective de la surveillance continue grâce à DIOSCURES[2]. Le but était de relier l'espacement, le risque de collision et la fréquence d'intervention nécessaire du contrôle sur les aéronefs déviants.

Ces études ont été présentées, discutées et développées, notamment dans le groupe d'études d'Eurocontrol NAVSEP[3]sur les séparations et, au niveau de l'OACI, dans le groupe sur la révision du concept général d'espacement (RGCSP). En définitive, même si les études ont pu donner quelques ordres de grandeur pour un espacement minimal entre routes parallèles, en pratique, la systématisation du contrôle radar avec en plus le développement du filet de sauvegarde[4] s'est traduite par une approche pragmatique en fonction du besoin de multiplier les routes pour faire face à l'augmentation du trafic aérien.



Niveaux de vol dans l'espace RVSM.

1. *Reduced vertical separation minimum.*
2. Voir pages 202 à 207.
3. *Navigation et separation panel.*
4. Voir page suivante.

Par Henri-Georges Baudry,
ingénieur de l'Aviation civile.

mais au fait,
pourquoi pas
1500 PIEDS
de séparation verticale
entre aéronefs
dans les niveaux
300 ?

proposées étaient acceptables ou non du point de vue de la sécurité.
Par exemple, en 1969, la réduction des séparations verticales à 1 000 pieds a été envisagée au-dessus de l'Atlantique Nord, mais la connaissance des erreurs était insuffisante pour emporter la décision.
L'effort nécessaire pour permettre de décider semblait très important et n'a pas été poursuivi.
D'autre part, l'accroissement des échanges à travers le monde entier pose et posera de plus en plus le problème de l'unification des systèmes de séparation verticale, tout au moins celui de l'unification des unités de mesure.
L'adoption à terme du système international de mesure (SI) par certains états renforce la nécessité de prendre en considération cette dimension du problème.
Il faut donc reprendre le problème de

Extrait de l'article de H. G. Baudry consacré à la réduction des séparations verticales au-dessus du niveau 290 par *France Transports aviation civile* n° 8, été 1977.

La problématique était différente dans le domaine de la dimension verticale. Autant il était possible de considérer dans la dimension horizontale que l'on pouvait ajuster les espacements et fixer les aides à la radionavigation en conséquence, autant pour les espacements verticaux il y avait discontinuité. On raisonnait en multiple de 1 000 pieds car la force de la tradition autour du pied rendait velléitaire toute idée de recourir au système international en mètres, même si l'URSS qui avait rejoint l'OACI continuait à utiliser le mètre, dans un système toutefois moins dense.

Les études ont commencé par l'observation du comportement des avions à partir de leur réponse en altitude. Mais on ne mesure ainsi que « l'erreur technique de vol », la tenue de l'altitude au niveau du pilotage. Par exemple on peut observer la façon dont les avions se mettent en palier au niveau assigné avec des dépassements lorsqu'il y a « overshoot »[1]. Cela n'intègre pas les erreurs des capteurs de pression le long des cellules des avions et de leur transmission vers les instruments de bord.

A partir de ce constat, pour mesurer les écarts absolus, a été mise en œuvre au milieu des années soixante-dix une méthode d'évaluation combinant les altitudes fournies par les transpondeurs, les relevés météorologiques et surtout les relevés du radar de poursuite BEARN du centre d'essais en vol (CEV) capable de mesurer l'altitude avec une grande précision. Là encore, ces études ont été présentées et approuvées au sein d'Eurocontrol. Aujourd'hui, c'est cette méthode qui a été systématisée avec plusieurs sites comportant quatre radars de précision pour détecter d'éventuels aéronefs déviants et garantir la sécurité de la séparation de 1 000 pieds entre les niveaux 290 et 410 dans l'espace RVSM de séparations verticales réduites, mis en œuvre depuis 1997.

Une anecdote à ce propos : il était prévu au sein d'Eurocontrol que les études approuvées fassent l'objet d'un financement par l'agence. Si les Britanniques ou Néerlandais, très pragmatiques, ont su bénéficier rapidement du système, il a fallu beaucoup d'effort pour roder la procédure avec la DNA et reverser une contribution au CEV.

Les enregistrements radar ont ouvert une autre voie, le développement du filet de sauvegarde. Il s'agissait de développer un logiciel à intégrer dans le système opérationnel qui avertisse le contrôleur lorsque deux avions se rapprochaient avec un risque de collision. Les études ont été lancées au tout début des années soixante-dix, en modifiant le déroulement des séquences enregistrées de manière à créer des situations de rapprochement dans des géométries variées, afin de trouver le bon équilibre entre la qualité de l'alarme, le minimum de fausses alertes et le temps de préavis, ces éléments concourant à assurer un maximum de sécurité. Les études ont effectivement débouché sur un outil qui est devenu essentiel dans la sécurité et l'efficacité du système de contrôle. C'est ensuite qu'a été étudié pour les approches le système d'alerte, à partir du sol, de proximité des avions avec le relief, à partir de la position horizontale et de l'altitude fournies par le transpondeur.

1. Se dit d'un avion ayant dépassé l'axe ou le niveau qu'il devait rejoindre.

Conférence de Rio de Janeiro, mai 1998. Le dessin d'Olivier Carel résume, à lui seul, la difficulté de faire évoluer les normes CNS/ATM, fussent-elles sources de progrès, quand une grande partie de la communauté aéronautique s'oppose à des dépenses nouvelles, soit pour être rentable à court terme, soit à cause de l'absence de ressources pour investir dans de nouveaux systèmes.

Les projets mobilisateurs

Parmi les nombreux paris techniques auxquels les ingénieurs de la navigation aérienne ont été confrontés dans les quarante années qui ont suivi l'après-guerre, trois projets ont particulièrement marqué les mémoires : l'ATT, DIOSCURES et le MLS.

De ces trois projets, seul le premier, l'atterrissage tout temps (ATT), a pleinement abouti. Il a fortement mobilisé les ingénieurs du STNA, de la DTA et du CENA ainsi que les services techniques de la délégation ministérielle de l'armement et le centre d'essais en vol ; mais le succès de l'ATT est également dû à une coopération intense avec les industriels, avionneurs et équipementiers, les compagnies aériennes et les services officiels étrangers.

DIOSCURES était un projet d'application des satellites à la navigation transocéanique. A partir d'une idée développée entre le CNES et la DNA et après de premières expérimentations, DIOSCURES a pris une dimension européenne avec le projet AEROSAT. Un accord pour une réalisation internationale a même été signé entre l'Europe et les Etats-Unis, La rupture de l'accord par ces derniers a finalement fait échouer le projet, mais la mobilisation qu'il a suscitée a néanmoins contribué à la percée de l'Europe dans le domaine spatial.

Le MLS (*microwave landing system*), enfin, avait pour objectif de remplacer l'ILS (*instrumental landing system*), adopté en 1948 par l'OACI comme aide normalisée à l'atterrissage mais considéré dès l'origine comme insuffisant. Un processus de développements techniques et d'évaluations au plan international a été enclenché, auquel les ingénieurs français de l'aviation civile ont pris une part très active. Le MLS, système choisi en 1978 par l'OACI, a été mis au point en France grâce aux efforts conjoints du STNA et de Thomson-CSF ; il n'a malheureusement pas eu le succès escompté.

Concorde, certifié pour les atterrissages tout temps de catégorie III, se pose par très mauvaise visibilité.

L'atterrissage tout temps

par Kim N'Guyen et Bernard Adès

La sécurité et la régularité des vols ont toujours été des objectifs permanents de l'ensemble des acteurs du transport aérien, en particulier des Etats, des compagnies aériennes et des constructeurs de matériels aéronautiques. Dès le début des années trente, avec la mise en place des lignes aériennes régulières, la communauté aéronautique a cherché à s'affranchir des contraintes inhérentes aux mauvaises conditions météorologiques pour garantir une exploitation sûre et efficace des avions. Elle s'est ainsi efforcée de résoudre les problèmes de pilotage sans visibilité dans toutes les phases de vol.

Par rapport à la radiogoniométrie et à l'utilisation de radiophares, l'arrivée de l'ILS à la fin des années quarante a apporté un progrès considérable dans les atterrissages par mauvaises conditions météorologiques. Ce nouveau moyen présentait en effet l'avantage de fournir au pilote une information continue d'écart de position par rapport à l'axe de piste et au plan de descente ainsi qu'une indication de distance par rapport au seuil de piste. Avec l'ILS, l'approche peut être conduite sans visibilité jusqu'à une hauteur, appelée hauteur de décision (HD), de 60 m. A cette HD est associée une visibilité horizontale, qui pour Caravelle était de 800 m.

L'objectif : abaisser les minima

A partir de 1961, Sud Aviation associée à Lear Siegler, concepteur du pilote automatique, soutenu par le SGAC et la FAA, se lance dans une campagne de recherche d'abaissement des minima[1] applicables à Caravelle. L'objectif est dans une première étape de diviser par deux ces minima (HD 30 m/visibilité horizontale 400 m) pour aboutir à 0 m/200 m.

De son côté, Air Inter estime que son développement passe par une amélioration de la régularité de ses vols pour permettre à sa clientèle, essentiellement d'hommes d'affaires, de faire l'aller-retour Paris/Province ou Province/Paris dans la journée, y compris pendant les périodes où les brouillards sont fréquents ; cela passe évidemment par l'abaissement des minima. Et le SGAC entame lui aussi une réflexion sur le sujet.

Les conditions sont ainsi réunies pour que l'atterrissage tout temps devienne réalité. Jacques Villiers, à l'époque chef du CENA, évoque la question : « *On a pris tous les moyens disponibles, la Caravelle, le balisage, les pilotes, le STTA, les militaires, on avait tout ce qui fallait pour y aller et sans qu'il y ait jamais eu de grande décision préalable. Un petit groupe s'est formé, qui a mené toute la grande période d'expérimentation de l'atterrissage tout temps.*

L'ATT, c'est typiquement français, ça me fait penser un peu au CAUTRA, c'est-à-dire un domaine complètement nouveau. On connaissait le matériel, mais pas tous les tenants et aboutissants, notamment les comportements et facteurs humains. Tout le monde avait sa petite idée, et tout a été mis en commun. J'ai participé ; nous n'étions pas leader, mais j'étais enthousiaste pour réussir avant les Anglais[2].

Ça été une réelle aventure, conduite par un groupe informel, interministériel, constitué de gens très motivés parmi lesquels il y avait des industriels, Sud Aviation et TRT entre autres. Je serais incapable de dire qui était maître d'œuvre.

Du coup, ça a donné l'idée d'améliorer les ILS, Michel Peyron a beaucoup travaillé sur ce programme. Le développement des radioaltimètres chez TRT, que le STNA a soutenu, a eu des retombées considérables. »

1. Ou minimums opérationnels.
2. Les Britanniques avaient un projet d'ATT avec un Trident.

Ingénieur diplômé de l'ENAC (promotion 1966) puis ingénieur de l'aviation civile, Kim Trung N'Guyen a consacré la majeure partie de sa carrière à la sécurité de l'aviation civile. Conseiller technique du directeur général (1980-1984) puis adjoint au chef du SFACT, chargé de la coordination des questions de sécurité et de réglementation technique (1990-1994), il est nommé directeur de l'assistance technique à Sofréavia-Service (1997-2002), puis sous-directeur de l'équipement et des affaires générales au SBA et enfin secrétaire général de l'inspection générale puis secrétaire général délégué du CGEDD[1] de 2005 à 2010.

Ingénieur diplômé de l'ENAC (promotion 66), puis ingénieur de l'aviation civile, Bernard Adès a toujours exercé des fonctions opérationnelles, au sein du bureau opérations de la DTA tout d'abord, puis du SFACT, en tant que responsable de la surveillance de la maintenance, des opérations et des personnels aéronautiques. Il a ensuite été chargé des achats des matériels de communication et de navigation au STNA. Passionné de pilotage, Bernard Adès a complété ses nombreuses qualifications par celle d'instructeur/examinateur.

La problématique de l'ATT

Tous les atterrissages sont exécutés manuellement par les pilotes, les pilotes automatiques étant débrayés au cours de l'approche à une hauteur décidée en fonction des procédures de la compagnie, des conditions météorologiques, etc. A la hauteur de décision, le pilote doit disposer des références visuelles adéquates pour poursuivre l'approche et poser l'avion. Par mauvaises conditions météorologiques, il est admis que des visibilités verticales inférieures à 30 m ne permettent pas aux pilotes de disposer de références visuelles suffisantes pour corriger les éventuels écarts de trajectoire et pour faire un arrondi[2] à vue. Se poser avec des minima inférieurs à 30 m suppose donc le développement et la mise au point d'un système d'atterrissage automatique performant, fiable et sûr.

Pour aboutir à la phase opérationnelle, avec des passagers à bord, des progrès ont dû être faits au niveau de l'avion mais également sur le matériel sol ; en outre, des procédures et des méthodes de travail en équipage spécifiques ont été développées ; enfin, il a fallu élaborer un cadre réglementaire nouveau.

1. Conseil général de l'Environnement et du Développement durable, dans lequel l'inspection générale de l'aviation civile et de la météorologie a été intégrée en 2005.
2. Manœuvre qui consiste à réduire les gaz et à cabrer l'avion juste avant le toucher des roues pour diminuer la vitesse verticale au moment de l'impact afin qu'il soit le plus doux possible.

Les paramètres caractérisant une approche de précision

En fin d'approche, le pilote doit décider de poser l'appareil ou de remettre les gaz, soit pour tenter une nouvelle approche, soit pour se dérouter vers un autre aéroport. A cette « hauteur de décision » (HD) est associée une portée visuelle de piste (PVP) - *Runway visual range* (RVR) pour les Anglo-Saxons - permettant au pilote de confronter les données instrumentales avec ce qu'il voit du monde extérieur. Il doit en particulier s'assurer que la piste est bien là où les prévisions instrumentales le faisaient espérer.

Les définitions réglementaires de la HD et de la PVP sont les suivantes :

« La hauteur de décision est la hauteur des roues au-dessus de la zone de toucher des roues à laquelle une remise des gaz doit être initiée sauf si des références visuelles ont été établies et si la position de l'aéronef et la trajectoire d'approche ont été estimées satisfaisantes pour continuer l'approche et l'atterrissage en toute sécurité.

La portée visuelle de piste est la distance à laquelle le pilote d'un aéronef, sur la ligne axiale de la piste, peut voir la surface balisée de la piste ou les feux délimitant la piste ou les feux de la ligne axiale lumineuse. »

Les valeurs minimales du couple de paramètres HD/PVP sont imposées par les règlements du monde entier, et précisées dans l'annexe 10 de l'OACI.

Les catégories d'approche de précision pour l'exploitation en ligne des opérations aériennes sans visibilité

Catégories d'approche	HD Hauteur de décision	PVP Portée visuelle de piste
CAT I	60 m	550 m
CAT II	30 m	350 m
CAT III A	30 m	200 m
CAT III B	15 m	50 m
CAT III C	Aucune limitation	Aucune limitation

Les opérations de catégorie III C constituent la phase ultime, pas encore atteinte[1] car elle suppose que les véhicules de service puissent également se déplacer au sol par visibilité nulle. Le passage de la phase B à la phase C semble hors de proportion avec le gain infime de régularité qui pourrait en résulter.

Les opérations de catégorie III, contrairement aux approches de catégories I et II, ne permettent pas de disposer de références visuelles suffisantes pour permettre un atterrissage manuel. Compte tenu de la faible HD, les minimums opérationnels permettent seulement aux pilotes de décider de poser l'appareil dans l'aire de prise de contact (CAT III A) et de rouler en toute sécurité (CAT III B). Un système d'atterrissage automatique est alors obligatoire pour effectuer des approches de catégorie III. Cette exigence constitue la règle générale ; toutefois, l'introduction des collimateurs de pilotage tête haute, HUD (*head up display*), à bord des avions de transport, comme cela fut le cas pour l'appareil *Mercure* de Dassault Aviation, a conduit à l'autorisation d'exécution des approches CAT III A en pilotage manuel.

1. En 2013.

Le projet Sud Aviation

Pour atteindre ses objectifs de réduction des minima, Sud Aviation a lancé un programme de travail pour améliorer d'une part les performances du pilote automatique et d'autre part la sécurité pendant l'approche et l'atterrissage.

Pour ce qui est des améliorations du pilote automatique, le travail a porté sur la tenue des axes de l'ILS (localiser et glide) et l'ajout d'une fonction de tenue de vitesse verticale. Cette dernière fonction, dont le but est de corriger les imperfections du glide, a nécessité la mise au point d'une commande de gaz automatique capable d'assurer la réduction des gaz pour effectuer l'arrondi. Le besoin d'une très grande précision de la mesure de la hauteur de l'avion dans les phases près du sol a conduit le constructeur à intégrer les informations du radioaltimètre dans le pilote automatique. Ce dernier est également utilisé pour déclencher à une hauteur de 5 m une fonction entièrement nouvelle, le « décrabe », qui consiste à mettre l'avion dans l'axe de la piste avant le toucher des roues lorsqu'il approche par vent de travers avec un cap différent de celui de l'orientation de la piste. Ces dispositifs, une fois mis au point, s'avéraient suffisants pour réaliser des atterrissages automatiques, mais insuffisants dans le cadre d'une exploitation commerciale, qui exige une sécurité sans faille.

Pour assurer la sécurité de l'ATT, Sud Aviation a développé un système de surveillance sophistiquée de toutes les phases d'approche et de l'atterrissage. Ce système est associé à un calculateur spécial qui surveille les mouvements de l'avion et garantit que les éventuelles pannes ne le mettent pas dans une situation dangereuse. Concrètement, tous les systèmes impliqués sont doublés (gyroscopes, gyromètres, récepteurs radio, radioaltimètres) et comparés entre eux à des seuils optimisés. Toute anomalie est reportée sur un voyant à éclats dans le champ visuel du pilote qui décide de poursuivre le vol ou de remettre les gaz.

Sud Aviation a utilisé deux Caravelle, tout d'abord le prototype 01 pour la mise au point des améliorations du pilote automatique et du radioaltimètre, puis le numéro de série 136 sur lequel ont été effectués les essais de qualification et de certification. 1 300 approches ont été réalisées entre février 1964 et février 1965 sur différents ILS, français et européens.

Ensuite, pour la certification, 690 approches ont été comptabilisées, dont 340 terminées par un atterrissage automatique, auxquelles s'ajoutent 421 approches et atterrissages automatiques réalisés par le centre d'essais en vol pour le compte des services officiels. *« Pour les dernières expérimentations, il fallait du brouillard, on envoyait tous les jours la Caravelle à Milan »*, se souvient Jacques Villiers.

L'amélioration des ILS

Pour répondre aux besoins de l'ATT, les performances et la fiabilité des ILS ont dû être améliorées. A l'instar des catégories d'atterrissage, les ILS ont été classés suivant leurs performances : catégorie I, II et III.

En 1962, la Compagnie générale de télégraphie sans fil (CSF) se voit confier par le STNA l'industrialisation et la production d'une station ILS complète. Une maquette avait été élaborée par des ingénieurs et techniciens du service à partir d'éléments déjà existants sur le marché (comme par exemple des émetteurs à tube TELERAD), et d'un modulateur électromécanique conçu au STNA. A cette époque, CSF avait déjà mis au point, sur commande du service, un système de contrôle et de surveillance d'ILS.

Le rayonnement de l'ILS ne doit absolument pas être perturbé afin de garantir que les signaux reçus par l'avion permettent d'effectuer une approche en toute sécurité.

Le projet ATT va donner une nouvelle impulsion au développement de l'ILS. A partir de 1967, les principales pistes des aéroports internationaux de notre pays sont équipées avec le LS 271 de CSF qui se distingue de son prédécesseur par de très nombreuses innovations comme la transistorisation intégrale des émetteurs, des antennes à large bande, un accroissement important de la directivité du réseau d'antennes, le passage à la technologie bi-fréquence, des modulateurs mécaniques à impédance constante, un système de contrôle et de monitoring triple avec vote majoritaire, etc., permettant dans un premier temps des approches de catégorie II (visibilité horizontale 400 m, plafond 30 m). Le prototype, installé à Coulommiers, a été utilisé pour définir les conditions d'utilisation en catégorie III A (200 m, 15 m) et les caractéristiques des installations futures pour des exploitations en catégorie III B et III C.

La grande concurrence rencontrée par les Français à l'exportation, celle des Anglais en particulier, va obliger CSF à adapter le matériel à ses conditions d'implantation ; mais si les ventes à l'exportation progressent, la compétitivité reste marginale, ce qui amène l'entreprise à proposer à partir de 1968 un nouveau matériel, à l'état solide[1] et très modulaire, d'un coût moindre et permettant des approches de catégorie III : c'est le LS 371, vendu pendant plus de dix ans, jusqu'au début des années quatre-vingts et qui sera remplacé par le LS 381. Thomson-CSF, grâce à la collaboration très étroite de ses équipes avec celles de l'Administration devient alors le numéro un mondial, et le STNA peut ainsi bénéficier de prix industriels très attractifs pour ses propres installations, qui compensent largement les frais d'études engagés.

La connaissance de l'état de fonctionnement du matériel au sol est une préoccupation majeure pour garantir des approches en toute sécurité. Cela conduit le STNA à étudier dès 1983, en liaison avec la société toulousaine STERELA, un prototype de panneau d'état indiquant au contrôleur de la navigation aérienne l'état opérationnel de l'ILS. Il est installé courant 1984 à Toulouse Blagnac ; donnant entière satisfaction, il est adapté en 1985 au nouvel ILS 381 de chez Thomson-CSF et équipe désormais tous les aéroports où se pratiquent des atterrissages de catégorie III.

Pour améliorer les performances de l'ILS, en particulier permettre des atterrissages de catégorie III sur de petits aérodromes où le seul équipement ILS ne permettait que la catégorie II, une étude originale a été entreprise entre 1976 et 1980.

1. De l'anglais *solid state*, expression apparue dans les années cinquante/soixante pour caractériser un équipement électronique qui fonctionne sans lampe, tube à gaz ou dispositif électromécanique ou mécanique.

Elle concernait le confirmeur d'atterrissage ILM (*instrument landing monitoring*) qui fournissait à bord de l'aéronef, en phase d'approche, les écarts longitudinal et vertical par rapport à l'axe nominal de descente en avant du seuil de piste. Cette étude n'eut pas de suite, parce qu'il aurait fallu que l'innovation française de l'ILM fût reconnue par l'OACI, mission impossible dans le contexte des âpres discussions autour du MLS.

Air Inter, pionnier de l'ATT

En 1967, lorsqu'Air Inter reçoit ses premières Caravelle, tout est à faire en matière d'atterrissage tout temps : aucun transporteur n'a encore réalisé de telles opérations. Le fait de disposer du système Sud Lear, capable de réaliser des approches et des atterrissages entièrement automatiques, est certes nécessaire, mais insuffisant pour une utilisation par une compagnie aérienne sur des lignes régulières.

Le système proposé par Sud Aviation est au point ; il reste cependant à définir les méthodes et les procédures qu'une compagnie aérienne doit mettre en place pour utiliser un tel système sur des lignes régulières par des équipages qui ne sont pas constitués de pilotes d'essais.

Paul Larribière, chef du secteur Caravelle, porte le projet, aidé dans sa tâche par Paul Boudier, chef adjoint du personnel navigant, Robert Lacombe, chef mécanicien navigant et Lazare Sentein, technicien au sol chargé de l'analyse des boîtes noires et du suivi technique. Pendant toute la phase de préparation à l'utilisation opérationnelle, cette équipe va définir la méthode d'utilisation du système Sud Lear et organiser la formation des équipages. Au plan technique, Air Inter surveille le comportement du système et organise le suivi de sa fiabilité en liaison avec Sud Aviation.

L'objectif consistant à obtenir l'autorisation du SGAC d'exploiter les Caravelle en CAT III en service commercial est atteint le 28 novembre 1968.

Une réglementation à inventer

Au sein de la DGAC, le bureau opérations de la direction des transports aériens (DTA/O) était chargé de définir les conditions techniques d'exploitation des aéronefs de transport public.

Les atterrissages tout temps ne constituent qu'une brique de cette exploitation, mais une brique d'importance, puisqu'elle conditionne l'image de marque des compagnies aériennes en termes de régularité, de ponctualité et de sécurité.

Le bureau DTA/O a mis en place la règlementation *ad hoc* grâce à une coopération remarquable avec les constructeurs et équipementiers d'avions, les compagnies aériennes - et en particulier Air Inter -, l'organisme de contrôle en vol de la DGAC et le centre des essais en vol de Brétigny.

Au sein de l'Aviation civile, les principaux artisans de l'approche française en la matière ont été Jean-Marie Desindes, commandant de port aérien, chef de la section technique utilisation (DTA/O/TU) et ses collaborateurs, parmi lesquels Robert Durgeat, premier ingénieur pilote des corps techniques de la navigation aérienne à acquérir une qualification de type DC-10.

Nombreuses furent les réunions au niveau international, à l'OACI, avec les groupes AWO (*all weather operations*) et OPSP (*operations panel*) et à la CEAC avec le groupe AWO, où les positions française et britannique furent confrontées et vigoureusement défendues de part et d'autre.

Pour une fois, la règlementation américaine n'avait pas la primauté ; les règlementations française et britannique constituaient l'état de l'art en la matière, et c'est sur cette base que fut élaborée par la suite la règlementation européenne de la trentaine de pays membres des Joint aviation authorities (JAA), autorités conjointes qui deviendront plus tard l'Agence européenne de sécurité aérienne (AESA) basée à Cologne.

Le processus d'approbation

Avant de pouvoir effectuer des approches de précision en catégorie II ou en catégorie III, l'exploitant doit démontrer qu'il est en conformité avec la réglementation couvrant notamment les aspects sol, les aspects bord ainsi que les aspects humains. Cette conformité, qui doit déboucher sur une homologation CAT II ou CAT III délivrée par son autorité de tutelle, porte en particulier sur les éléments ci-après.

1. Le type d'aéronef, qui doit être certifié pour les approches de précision. Le manuel de vol de l'appareil précise la liste des équipements requis pour le mode d'opération, les limitations ainsi que les procédures en cas de panne.
2. Les aéroports desservis, qui doivent être des terrains certifiés par les autorités, selon la réglementation en vigueur, basée sur les normes et pratiques recommandées à l'annexe 14 (aérodromes) de l'OACI. Ces aéroports doivent être pourvus en équipements nécessaires à l'exécution des approches de précision selon le processus spécifique d'homologation des

pistes, portant en particulier sur les aides à la navigation visuelles et non visuelles, les balisages d'approche et les équipements de mesure de portée visuelle de piste.

Chez Air Inter, les instructeurs désignés par la compagnie participèrent aux vols constructeurs en 1967 lors de la certification CAT III et adaptèrent alors les procédures d'utilisation au travail en ligne, après quoi l'ensemble des équipages Caravelle suivit un stage au sol et en vol pour obtenir la qualification atterrissage automatique. Le principe de base, développé par la suite sur les autres types d'avion, est une répartition très stricte des tâches : à l'époque du « pilotage à 3 », le commandant de bord mène la procédure, le copilote assure la surveillance des instruments de pilotage, le mécanicien navigant est chargé de la lecture des check-lists et de la surveillance des systèmes et alarmes associées.

Pour obtenir la certification CAT III sur Caravelle, le commandant de bord devait avoir effectué, en plus du stage ci-dessus, 200 heures de vol sur l'avion, 50 approches avec atterrissage automatique et une approche en condition CAT III réelle contrôlée par un instructeur, à l'issue de laquelle il recevait l'autorisation de pratiquer les minimums opérationnels HD 50 ft/PVP 150 m (PVP décollage 100 m). Les autres membres d'équipage devaient avoir effectué 50 heures de vol sur l'appareil.

3. La formation et l'entraînement des équipages. L'exploitant doit en particulier déposer :
   - un syllabus pour l'entraînement au sol et au simulateur de vol pour l'obtention par ses équipages de la CAT II ou de la CAT III, ce syllabus couvrant également les entraînements récurrents ;
   - des procédures opérationnelles donnant en particulier la répartition des tâches à bord, le contrôle de l'approche, la prise de décision à la HD, le contrôle des pannes et la remise des gaz.
4. L'entretien des aéronefs spécifique aux approches de précision : l'exploitant doit déposer un programme de maintenance pour garantir en particulier que les équipements de bord demeurent à leur niveau de performance et de fiabilité tel que démontré lors de la certification.

Entraînement ATT sur Caravelle par beau temps.

Avec Caravelle, Air Inter fut pionnier de l'ATT.

Une première mondiale !

Une première grande étape a été franchie le 15 octobre 1968 à Orly où, lors d'un vol d'entraînement, les commandants de bord Paul Boudier, Albert Dubreuil et Paul Larribière, tous trois porteurs du projet ATT à Air Inter, ont effectué chacun leur premier atterrissage en conditions réelles de brouillard. D'autres commandants de bord ont pu s'entraîner en conditions réelles au cours de ce même mois d'octobre.

Les conditions étaient ainsi réunies pour que le SGAC, par note n° 5611 DTA/O du 25 novembre 1968, autorise Air Inter à utiliser le système Sud Lear avec des minima de catégorie III : hauteur de décision de 15 m et portée visuelle de piste de 150 m.

Le premier atterrissage catégorie III en exploitation commerciale a eu lieu le 9 janvier 1969. Ce jour-là, la Caravelle F-BNKH, avec Paul Larribière aux commandes, en provenance de Lyon avec 56 passagers à bord, a atterri à Orly alors que la visibilité horizontale était de 200 m et le plafond de 20 m : Air Inter avait réalisé une première mondiale et voyait ainsi l'aboutissement de son travail.

La maintenance progresse également

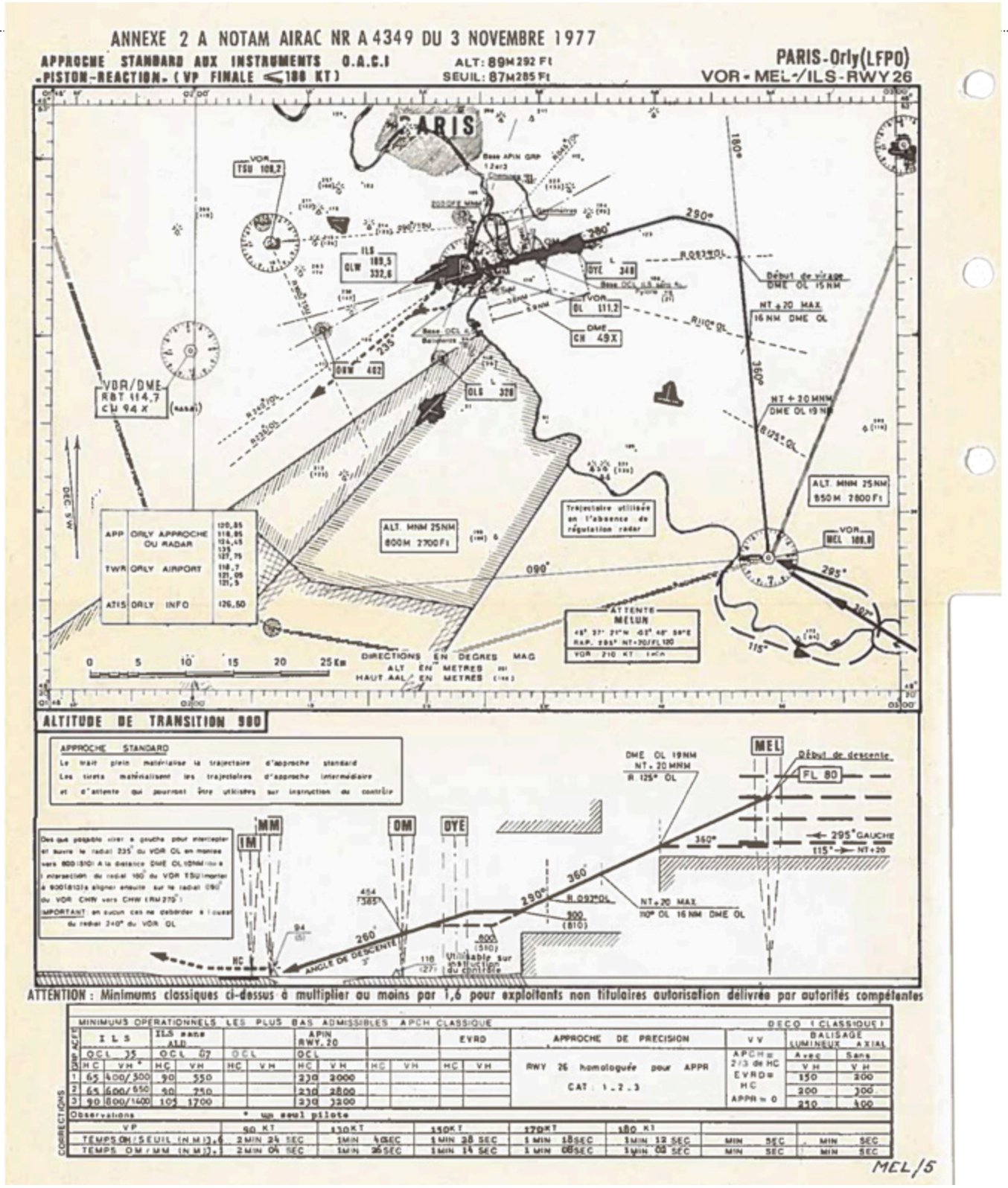
Parallèlement à l'amélioration des performances des avions, avec notamment la capacité d'atterrir par très mauvaises conditions météorologiques, le domaine de la maintenance a connu des changements profonds.

La Caravelle, dont la conception remontait aux années cinquante, était entretenue sur le principe de révisions périodiques au cours desquelles les équipements étaient systématiquement inspectés, voire changés, et certaines pièces mises au rebut (concept de vie limite).

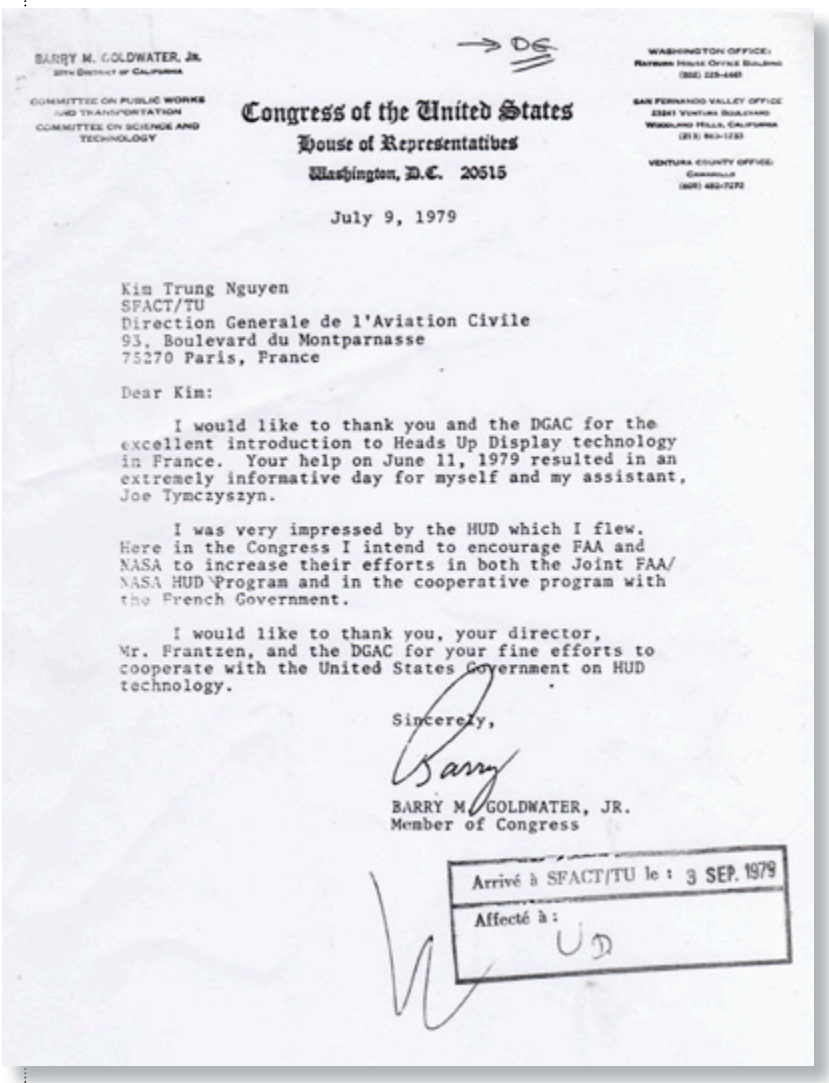
Le Mercure a été l'un des premiers avions auquel a été appliquée une nouvelle philosophie de la maintenance basée sur des interventions en fonction de l'état réel des équipements, dits *on condition* et de l'évolution de paramètres enregistrés et surveillés (concept de *condition monitoring*). Cette mutation, bien adaptée aux équipements électroniques, a nécessité la mise en place de méthodes et de moyens d'inspection performants, tels que des bancs de test automatique.

Plus tard, l'arrivée de l'A 320 a marqué de nouveaux progrès avec l'installation d'enregistreurs de maintenance à bord et la transmission des données au sol pendant le vol.

Ces évolutions, tout en diminuant les coûts de maintenance, ont permis de mieux connaître l'état du matériel et en conséquence de mieux gérer les interventions techniques et d'améliorer la régularité.



Carte d'approche utilisée par la Caravelle en provenance de Lyon pour le premier ATT en conditions d'exploitation commerciale.
La piste 26 est homologuée pour les approches de précision CAT I, II et III.



BARRY M. GOLDWATER, JR.
20TH DISTRICT OF CALIFORNIA

COMMITTEE ON PUBLIC WORKS AND TRANSPORTATION
COMMITTEE ON SCIENCE AND TECHNOLOGY

WASHINGTON OFFICE:
RAYBURN HOUSE OFFICE BUILDING
(202) 225-4461

SAN FERNANDO VALLEY OFFICE
23801 VENTURA BOULEVARD
WOODLAND HILLS, CALIFORNIA
(213) 883-1230

VENTURA COUNTY OFFICE:
CAMARILLO
(805) 482-7272

Congress of the United States
House of Representatives
Washington, D.C. 20515

July 9, 1979

Kim Trung Nguyen
SFACT/TU
Direction Generale de l'Aviation Civile
93, Boulevard du Montparnasse
75270 Paris, France

Dear Kim:

I would like to thank you and the DGAC for the excellent introduction to Heads Up Display technology in France. Your help on June 11, 1979 resulted in an extremely informative day for myself and my assistant, Joe Tymczyszyn.

I was very impressed by the HUD which I flew. Here in the Congress I intend to encourage FAA and NASA to increase their efforts in both the Joint FAA/NASA HUD Program and in the cooperative program with the French Government.

I would like to thank you, your director, Mr. Frantzen, and the DGAC for your fine efforts to cooperate with the United States Government on HUD technology.

Sincerely,

BARRY M. GOLDWATER, JR.
Member of Congress

Arrivé à SFACT/TU le : 3 SEP. 1979
Affecté à : UD

Même les Américains sont impressionnés par le HUD français !

L'alternative à l'atterrissage automatique

Si l'arrivée de l'ATT à Air Inter n'a pas suscité de réelles oppositions, cela n'a pas été sans quelques réticences parmi les pilotes. En effet, l'expérience de la Postale qui, avec une instrumentation classique, pratiquait des atterrissages par très mauvaise visibilité, incitait certains pilotes à estimer qu'ils étaient capables de conduire leur approche et d'effectuer l'atterrissage en pilotage manuel dès lors qu'ils disposaient d'une instrumentation adaptée.

Le système inventé par l'ingénieur de l'armement Gilbert Klopfstein, consistant à projeter sur le pare-brise, devant les yeux du pilote en quête de références visuelles, une synthèse des informations instrumentales de pilotage de la trajectoire - qui vont donc se superposer à la réalité - va répondre à l'attente de ces pilotes. Ce système laissait entrevoir des possibilités intéressantes dans le domaine des approches par très mauvaise visibilité, car il permettait d'améliorer considérablement pour le pilote la phase de transition vol aux instruments/vol à vue.

Alain Roland-Billecart[1] avait été convaincu des possibilités de développement des collimateurs permettant le pilotage tête haute. Le lancement par Dassault d'un nouvel avion, le Mercure, avait été l'opportunité de cette nouvelle expérience. Les pilotes, bien formés au simulateur, ont accueilli très favorablement le *head up display* qui les maintenait dans la boucle de pilotage jusqu'au sol.

Le concept d'un pilote automatique unique associé à un HUD a été une réussite pendant toute l'exploitation du Mercure à Air Inter. Ce sera plus difficile de l'imposer sur Airbus, compte tenu de la primauté donnée par le constructeur aux automatismes ; ce sera néanmoins une exigence d'Air Inter pour ses A 320 et ses A 330. Alain Roland-Billecart : *« Le père du collimateur tête haute, c'est Gilbert Klopfstein… c'est l'homme qui est à l'origine de tous les collimateurs de pilotage qui existent à ce jour. D'abord avec une figuration mise au point par Flight Dynamics, ce qui m'a d'ailleurs donné l'occasion de voler sur le B 727 qu'ils utilisaient, pour la certification par la FAA des B 737 d'Air Alaska qui a été la première compagnie au monde à faire ainsi de la catégorie III A manuelle avec collimateur.*

Ce qu'on a monté sur Mercure, c'était important pour nous qui recherchions la régularité, c'était pour faire des décollages par PVP minimale de 100 m, et aussi pour faire de la catégorie III avec hauteur de décision : c'est-à-dire que si on perdait le PA à 50 ft, on pouvait quand même poser l'avion en utilisant le

1. Alain Roland-Billecart, commandant de bord instructeur-cadre à Air Inter entre 1975 et 1996 et interlocuteur de la DGAC a commencé sa carrière de cadre dans la compagnie comme adjoint de Paul Boudier, ancien chef PN de Dassault, chef PN matériel, et c'est ainsi qu'il a été chargé de la réception des avions, du suivi technique opérationnel du Mercure, avant de devenir chef PN matériel puis patron du pôle technique et conseiller de développement. *« Le pôle technique au départ était petit, certains vous diront que c'était une bulle. Quand j'ai commencé, en 1975, on était deux, mon adjoint Michel Sentin et moi-même. Ensuite on a été trois… ça a grossi sous l'impulsion du directeur technique Daniel Cauvin et, à la fin, on n'était pas loin de 80 parce qu'on avait regroupé tout ce qui était opérations, analyse des vols, calcul des performances et documentation. »*. A ce titre il s'est occupé de l'A 300, puis de l'A 320 et enfin de l'A 330, y compris des aménagements commerciaux.

HUD à la manière d'un indicateur de pente, et s'affranchir des problèmes de Caravelle III, des flashes qui apparaissaient en cas de panne sur la chaîne automatique et qui nous obligeaient à remettre les gaz.

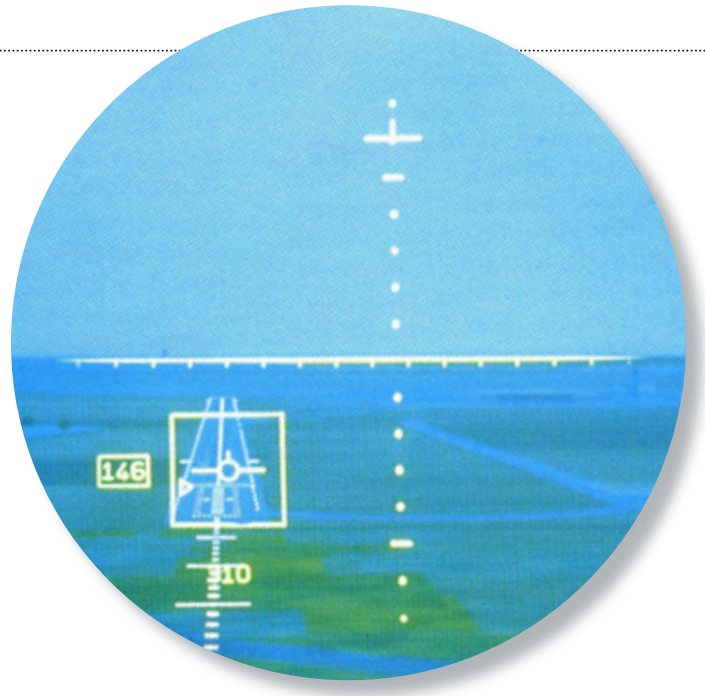
Ensuite il y a eu l'A 300, mais l'avion était déjà défini, donc pas question de mettre autre chose qu'une espèce d'indicateur peu attrayant permettant cependant de faire des décollages par faible visibilité. Aucun règlement de certification n'existait pour développer et certifier un HUD capable des opérations de CAT III en pilotage manuel. De ce fait, l'objectif opérationnel était limité. Seuls les systèmes d'atterrissage automatique disposaient d'un cadre règlementaire permettant leur développement. Toutefois, nous avons pu justifier le coût très élevé de cet équipement.

Sur A 320, je me suis battu, pour finalement obtenir avec énormément moins d'essais que ceux prédits par le constructeur, une espèce de condensé du primary flight display[1] *en tête haute, analogue à ce qu'on avait sur Mercure, c'est-à-dire un indicateur de pente, les assiettes avion, le vecteur vitesse et un indicateur qui permettait de faire des décollages avec des visibilités inférieures à 100 m. Une figuration du type Mirage 2000 était mon souhait, mais ce n'avait pas été possible.*

On a équipé tous nos avions de la famille A 320 avec ce HUD, et ensuite nous avons poursuivi non sans mal sur A 330. Air Inter, à l'époque, a été la seule compagnie aérienne cliente d'Airbus à réclamer l'installation d'un tel système. La présentation de la pente et des assiettes avion avait son utilité, particulièrement en cas d'atterrissage de nuit sur un terrain, sans repère extérieur, par exemple à Nîmes, face au nord (c'est un peu comme arriver sur un porte-avions) ; à Biarritz ou à Toulon, en venant de la mer, c'est la même chose, autrement dit on a beaucoup d'approches qui sont utilisables facilement avec un simple indicateur de pente qui vous permet d'éviter soit d'arriver trop haut, de vous poser à mi-piste et donc de sortir de piste, soit d'arriver trop bas et de heurter le sol avant le seuil de piste. Le collimateur nous a beaucoup aidés sur A 330 sur des terrains pas très longs pour avoir une pente bien régulière et poser comme on doit se poser c'est-à-dire dans les 300 premiers mètres de la piste.

Disposer d'un HUD est également très utile en procédure à vue, la nuit. Certains accidents dans les premières années auraient probablement pu être évités avec un HUD… »

1. Présentation des informations essentielles de vol.



Le collimateur tête haute permet au pilote de voir les informations essentielles de pilotage à travers le parebrise de l'avion. Il s'agit ici d'une approche réalisée à bord d'un simulateur de vol. Le nombre encadré à gauche représente la vitesse de l'avion (146 kt) et celui en bas le cap (310°).

Le 30 septembre 1974, l'avion Mercure 100 de chez Dassault est certifié catégorie III A et, un an plus tard, il effectue son premier ATT commercial à Blagnac. Jacques Unvoas, qui a été chef PN, responsable du centre de vol PNT d'Air Inter, raconte comment le hasard l'a amené, un jour d'octobre 1975 à effectuer cette première : *«… 6 h 30 du matin, banlieue sud Orly à quelques km de l'aéroport. Coup de fil du chef de quart opérations qui m'annonce que le Mercure à destination de Toulouse est bloqué à Orly cause brouillard à Toulouse et commandant de bord non encore qualifié… pas le temps de finir le café ni de me changer pour revêtir l'uniforme… la répartition des tâches à bord de chaque membre d'équipage ne laisse aucune place à l'improvisation… décollage à l'heure prévue avec un "civil" en place gauche… vol sans histoire jusqu'à l'arrivée à Toulouse. Nous préparons notre approche comme à l'entraînement : C/L land mise en place et vérification du collimateur tête haute, etc., vers 500 ft nous entrons dans la couche et le contrôle de Blagnac nous confirme une visibilité balise de 150 m… nous continuons l'approche, et grâce au collimateur, tout en regardant à l'extérieur, j'ai des informations de guidage, vitesse, altitude, ma tâche est simplifiée par rapport aux approches sur Caravelle où il n'y a pas de collimateur…*

Le Mercure.

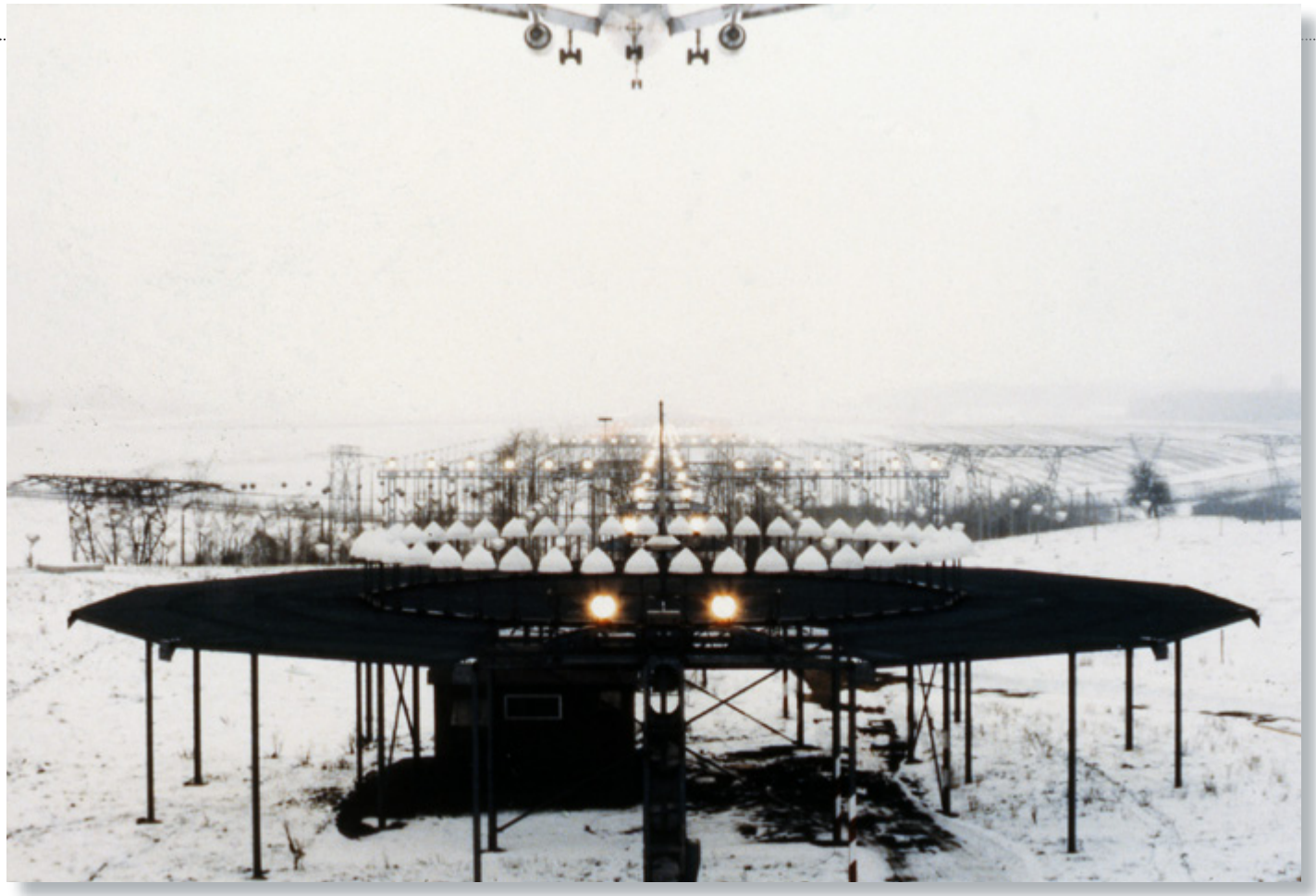
le mécanicien égrène les hauteurs du radioaltimètre et, en arrivant à 50 pieds, j'aperçois la ligne axiale de la piste, puis les feux latéraux à haute intensité. Les automatismes continuent leur tâche jusqu'au toucher des roues. Ensuite j'interviens : réduction des gaz, reverse moteurs, freinage… C'est fait, le premier atterrissage Mercure en conditions réelles de visibilité s'est accompli sans aucun problème. »

La première expérience d'atterrissage en catégorie III est toujours un évènement marquant dans la carrière d'un pilote. Michel Millet, copilote Mercure à Air Inter, raconte : *« Ma première expérience d'atterrissage tout temps en conditions réelles a eu lieu lors d'une arrivée au petit matin en Mercure à Orly. C'est arrivé peu après le stage de qualification à ce type d'approche au simulateur ; au cours de ce stage on apprend les procédures normales spécifiques ainsi que les procédures de secours en cas d'anomalie survenant durant l'approche. La remise de gaz à la hauteur de décision est un grand moment car on a peu de marge par rapport au sol. Ayant obtenu ma qualification, c'est donc un peu ému mais totalement confiant que je me suis préparé à cette approche "pour de vrai" dans le respect de la répartition des tâches, le commandant de bord effectuant l'arrivée à l'aide du dispositif de pilotage tête haute dont Air Inter peut s'enorgueillir.*

L'approche s'est déroulée normalement, nous approchions des minima, chacun étant très concentré. A la hauteur de décision, il faut voir la piste ou remettre les gaz. Je devais surveiller la position de l'avion au moment du passage à vue. Cela s'est passé à la hauteur requise et bien sûr avec une visibilité très réduite ; j'ai eu alors l'impression très fugitive que nous étions trop décalés à droite de l'axe central et risquions de "mordre" les balises latérales : dilemme ; puis je me suis souvenu des cours au sol : le HUD ne pouvait pas avoir un tel taux de dispersion, sinon le commandant de bord aurait reçu l'information avant moi et interrompu l'approche. Je me suis abstenu d'annoncer : "remise de gaz", d'autant que c'est au commandant de bord d'en décider ; mais, dans une conception sécuritaire du fonctionnement de l'équipage, il appartient à chaque membre d'annoncer toute anomalie ; aussi ai-je vécu un instant de doute intense, victime d'une fausse appréciation visuelle… la qualité du système et de la formation reçue ont eu raison de mes doutes, mais que le temps imparti pour réagir est court ! Je venais d'avoir mon baptême du feu. »

Exemples de valeurs HD/PVP

Pays	Appareil	HD (en pieds)	PVP (en mètres)
France	Airbus A 300	25	125
	Mercure (HUD)	35	125
	Concorde	35	200
	Caravelle	50	150
Royaume Uni	Trident	12	100
	Bac 1-11/500	100	200
	L 1011	12	125



DC-10 en approche par conditions de visibilité réduite sur l'aéroport de Genève. Au premier plan, un VOR Doppler Thomson-CSF.

Toujours plus bas !

Les approches de précision sont exécutées par les compagnies aériennes autorisées depuis plus de quarante ans déjà et les gains sur le plan économique ne sont plus à démontrer. Le club à l'origine très fermé des compagnies CAT II/CAT III regroupe maintenant la majorité des compagnies internationales.

Pour atteindre cette situation de croisière, des « standardisations » ont été nécessaires entre les Etats concernés, tant au plan européen qu'international. Des groupes d'experts ont travaillé pour harmoniser les équipements embarqués ainsi que les équipements au sol au sein de l'OACI (AWOP et OPSP), de la CEAC (AWOP), des JAA et de la FAA. Côté industrie, il faut citer les groupes de la RTCA[1] et d'EUROCAE.

La règlementation évolue toujours. Depuis les années quatre-vingts, les principales avancées concernent :

- la CAT III B sans hauteur de décision (depuis 2010, les terrains français sont homologués CAT III B sans restriction sur la HD) ;
- les CAT I inférieures aux normes et CAT II hors normes qui permettent sur des terrains qui ne répondraient pas aux critères d'homologation CAT II de bénéficier de la technologie bord et du savoir-faire (entraînement, qualification) des équipages pour réduire les minimums opérationnels ;
- l'*enhanced visual system* (EVS), système d'imagerie infrarouge qui permet de réduire les RVR des approches de non précision.

1. Radio technical commission for aeronautics.

Le MLS, ou l'enfer est pavé de bonnes intentions

par Henri-Georges Baudry

Des expérimentations d'atterrissage sans visibilité ont été faites dans les années trente aux États-Unis à l'aide de moyens radioélectriques. Après la guerre, c'est le système ILS qui a émergé comme moyen le plus apte à permettre des opérations d'atterrissage tout temps. L'OACI l'a normalisé comme standard international en 1948.

L'OACI lance le remplacement de l'ILS

Dès la fin des années quarante, d'aucuns n'hésitaient pas à dire que l'ILS était trop limité et qu'il ne s'agissait là que d'un moyen intérimaire. Il présentait en effet plusieurs handicaps :

- le système balise un axe fixe ;
- la gamme de fréquence choisie oblige à disposer de grandes antennes au sol qui entraînent un coût important d'installation ;
- le signal émis est perturbé par les obstacles environnants et en particulier par les avions attendant de décoller ;
- le nombre de canaux disponible est limité à 40, ce qui est insuffisant pour éviter les interférences dans les régions pourvues de nombreux aérodromes.

Pour pallier ces défauts, l'ILS a fait l'objet de nombreuses améliorations qui lui ont permis, couplé au radioaltimètre et au pilote automatique, de servir de support à des opérations d'atterrissage sans aucune visibilité[1].

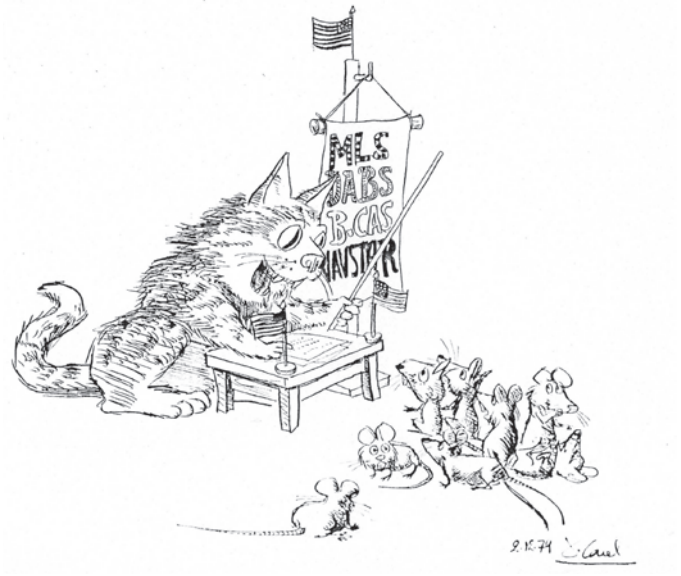
Il faut citer en particulier, pour la France, Michel Peyron qui a développé au service de la navigation aérienne les antennes directives et toute la philosophie de précision et de la fiabilité de l'ILS (rôle des monitors, de la maintenance, des essais en vol, du doublage des matériels, systèmes d'émission mono-fréquence et bi-fréquence, réseaux directifs de diverses envergures, simulation de la formation des réflexions parasites, etc.). Il a formé tous les autres spécialistes français de la radionavigation.

En 1968, les États-Unis ne possédaient que 200 ILS pour 600 terrains fréquentés par des lignes régulières, et ceci pour diverses raisons, météorologiques, commerciales et industrielles. Pour rattraper ce retard, la FAA a estimé qu'il serait plus facile de mettre en œuvre un petit système à balayage mécanique, en bande C (5 GHz), comme celui qui équipait à cette époque les porte-avions américains. L'idée était d'avoir un système facile à installer, à fixer sur un socle en béton et ne nécessitant pas un travail d'expert chevronné pour sa mise au point. L'idée avait aussi germé en France où un système SYDAC a été développé. Il s'agissait grosso modo d'un ILS utilisant une fréquence plus élevée (5 000 MHz au lieu de 100 MHz) qui permettait d'avoir des installations réduites. Il n'a pas prospéré au-delà d'un ou deux prototypes, notamment en montagne, à Méribel : la question du remplacement de l'ILS restait entière.

Mais d'autres besoins ont aussi été pris en considération, comme la nécessité de couvrir un secteur plus large que le seul voisinage de l'axe de piste, afin de pouvoir envisager des trajectoires courbes pour l'approche finale, ainsi qu'un secteur en aval de la piste pour baliser les trajectoires de départ. La commission RTCA qui regroupe aux Etats-Unis les industriels et l'Administration a commencé à travailler sur les spécifications d'un nouveau moyen à la fin des années soixante et a mis en place en 1968 un comité dédié. L'OACI, pour sa part, a demandé à son groupe AWOP de proposer au plan mondial un nouveau standard parmi les solutions présentées. Les études ont débuté lentement ; la liste des « besoins opérationnels » n'a été rédigée qu'en 1972. On n'imaginait pas encore l'arrivée du GPS, des multiprocesseurs, des FMS[2], etc.

1. Voir chapitre précédent sur l'atterrissage tout temps.
2. *Flight management system*, système de gestion du vol qui permet grâce à des calculateurs de fournir à l'équipage des informations évoluées sur la navigation, le pilotage, la gestion du carburant, etc. Le FMS permet par exemple de déterminer et de piloter une trajectoire quelconque à partir des informations VOR, DME et inertielles.

Essai à Méribel de l'antenne glide du SYDAC avec un Breguet 941.



L'Administration américaine « propose » au monde aéronautique de nouveaux systèmes. Dessin d'Olivier Carel.

Le système SYDAC

L'installation des antennes ILS demande beaucoup de place en bout de piste et un environnement libre d'obstacles réfléchissants. A partir du même principe que l'ILS, mais en utilisant une fréquence plus élevée (5 000 MHz au lieu de 100 MHz), on diminue considérablement l'emprise des antennes, ce qui permet d'installer cet équipement dans des sites difficiles, comme en montagne, ou d'économiser considérablement les investissements d'installation. Le SYDAC (système d'atterrissage en bande C) a été réalisé initialement pour des besoins militaires. Une version aviation civile a été développée, qui a intéressé les gestionnaires d'aéroports de taille moyenne. Pour l'équipement de bord, il suffisait de placer derrière le récepteur un composant pour transposer la fréquence et transmettre le signal dans la chaîne de traitement du signal ILS classique.

Des essais ont eu lieu à Angoulême et en montagne, à Méribel. Si, sur le plan technique, le SYDAC ne présentait pas de difficultés insurmontables pour des opérations ATT de catégorie I, il est apparu très vite qu'il ne pouvait prétendre au remplacement de l'ILS et que les futurs utilisateurs devraient équiper leurs avions des deux systèmes. Cette obligation était rédhibitoire au plan économique pour les compagnies régionales, concernées par les aérodromes sur lesquels le SYDAC aurait été implanté.

Le positionnement de l'administration française

En 1971, Olivier Carel, poussé par Jacques Villiers, prend la tête du département radiocommunication et radioguidage du STNA, chargé des aides à la radionavigation et constitué :

- de la division équipements sol, chargée notamment de la mise en œuvre des ILS avec Michel Peyron, Bernard Presle étant plus particulièrement chargé du domaine de la catégorie III;
- de la division installations et équipements de bord, en charge d'un domaine plus prospectif et de la gestion des crédits de « l'enveloppe recherche » qui subventionne l'industrie (TRT, Thomson-CSF, SFENA) pour le développement de l'innovation, notamment dans les équipements de bord.

Jacques Villiers : *« Je me suis lancé dans une bagarre affreuse à l'intérieur de l'Administration. Ou l'ILS est suffisant, ou il ne l'est pas. S'il ne l'est pas, il faut bâtir un système qui fasse ILS-VOR-DME et tout sur la même fréquence... et avec un récepteur de bord qui peut tout gérer, même les communications. »*

Au STNA, en 1972, une petite équipe de trois ingénieurs fraîchement émoulus de l'ENAC, Luc Deneufchatel, Jacques Louet et Alban Michel, est constituée pour travailler sur le nouveau

moyen d'atterrissage. Elle dispose d'une grande autonomie. Sans s'en tenir strictement aux « besoins opérationnels » tels qu'ils se dessinent, l'équipe conçoit un système plus universel, l'AGDLS. *« C'était un truc où on s'est fait plaisir et qui de plus tenait la route techniquement »*, se souvient Luc Deneufchatel.

Dans l'AGDLS, on retrouvait des concepts du GPS avec des mesures de distance par corrélation de code numérique ; il comportait une fonction d'échanges de données interactives entre le sol et le bord. Il y avait un positionnement azimut/distance qu'on pouvait utiliser au sol pour faire de la surveillance et alimenter les outils de contrôle, et le renvoyer à bord pour la navigation. Il a été présenté à l'OACI face à deux autres contributions, celle du Royaume Uni qui utilisait une technique Doppler et celle de l'Australie, basée sur une technique de faisceau battant sans antenne mobile mais à balayage électronique.

L'AGDLS était assez révolutionnaire par rapport au système ILS qui est un dispositif statique. Avec des moyens limités, un démonstrateur avait été construit et installé à Brétigny. Des essais en vol furent menés avec le Potez 840 - conservé aujourd'hui au Musée de l'air et de l'espace du Bourget - et le système fut présenté à des experts mondiaux.

Des industriels étaient impliqués, notamment une petite entreprise située à Caen, rachetée par la suite par Intertechnique, devenu aujourd'hui Zodiac. Elle était spécialisée dans la télémétrie avec les satellites dans la bande L. C'était un investissement limité, mais qui donnait des résultats. Le démonstrateur a bien fonctionné et, lors de la présentation, les observateurs ont été bluffés, le système était très précis, avec des mesures de distance à 10 m près et des mesures d'angle satisfaisantes. Néanmoins, dans la configuration installée, lorsque l'avion passait sous l'horizon, il n'y avait plus de signal. Le démonstrateur était spectaculaire, mais sa mise en œuvre était irréaliste, le moyen de le déployer n'avait pas été abordé. Il n'y avait aucune continuité entre ce qui existait et le projet d'AGDLS, c'était une rupture. Ce sera d'ailleurs la même chose pour le MLS.

En fait, l'AGDLS que le STNA avait conçu n'était pas seulement un moyen d'atterrissage censé répondre aux spécifications du MLS : c'était un système multifonctions qui pouvait être étendu. La boîte supplémentaire à bord permettait de faire ensuite de la transmission de données et d'aller jusqu'au remplacement de la phonie, bref de récupérer toutes les fonctions CNS (communications, navigation et surveillance).

Luc Deneufchatel poursuit : *« Cela avait séduit les jeunes ingénieurs que nous étions. Rétrospectivement, je constate que dans notre enthousiasme, nous n'avions pas intégré la problématique des coûts et du déploiement. De plus, techniquement, à mesure qu'on avançait, on découvrait des problèmes sous-jacents. C'était séduisant sur le plan fonctionnel, mais il y avait un problème d'intégrité et de robustesse difficile à résoudre avec des ressources limitées. »*

Sur le plan conceptuel, il n'y avait pas que l'atterrissage, y compris avec des trajectoires courbes, à considérer : il fallait aussi traiter la prise en compte des aéronefs en amont, en approche initiale et leur séquencement vers la piste. Dans cette optique, la portée de 30 NM du MLS en bande C était insuffisante. L'idée de traiter les trajectoires pas seulement aux abords de la piste mais dans un volume plus large avait conduit à envisager une portée de 100 NM et donc à choisir la bande L. Il avait été démontré que cela marchait sur un site, mais il fallait aussi regarder l'implantation généralisée ; or la question du passage de la couverture d'un site à un autre n'avait pas été abordée, difficulté rencontrée aussi par le DABS américain. Par ailleurs, le concept du système français était un peu fragile en ce qui concerne les réflexions parasites du signal sur les obstacles environnants. Ce point allait devenir un critère central et discriminatoire pour la sélection des candidats à la succession de l'ILS.

En définitive, l'AGDLS répondait aux spécifications opérationnelles du MLS, mais il était plus qu'un moyen d'atterrissage. Il ouvrait des perspectives que la communauté de l'aviation civile internationale n'avait pas considérées lorsqu'elle s'était attaquée au remplacement de l'ILS. La proposition n'a pas été comprise par les Etats-Unis, elle était trop révolutionnaire. En outre, comme le marché des ILS était monopolisé au plan mondial par Thomson et ses filiales, l'intérêt des industriels américains allait vers un système qui puisse le remplacer...

Le choix douloureux

En 1974, le groupe de la RTCA organise une compétition pour choisir en quatre mois la meilleure solution technique au remplacement de l'LS. Ce choix, qui devait être une affaire consensuelle entre techniciens objectifs, se transforme en définitive en une lutte féroce autour de quatre options, d'une part entre des systèmes à balayage mécanique et des systèmes à balayage électronique et, d'autre part, entre un système dit à « faisceau battant », concept américain amélioré par les

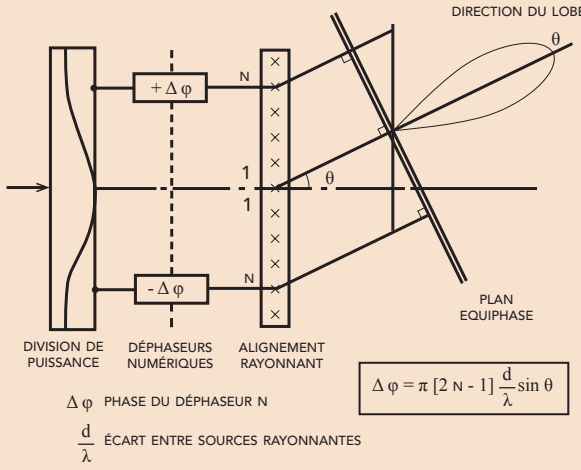
Défilé des solutions MLS proposées devant les experts à la réunion AWOP 5. Dessin d'Olivier Carel.

Australiens du CSIRO (Commonwealth scientific and technical research organisation) et une idée anglaise, le « balayage Doppler ». A l'expiration des quatre mois, après un vote houleux (les Britanniques ont essayé de faire intervenir une commission du Congrès américain) le « faisceau battant » à balayage électronique remporte la victoire. Thomson-CSF, associé à Texas Instrument, a participé à la compétition. L'idée française et l'idée allemande de systèmes répondant à des besoins opérationnels plus larges n'avaient pas du tout retenu l'attention de la RTCA.

En définitive, au cours des travaux au sein du groupe RTCA et du groupe AWOP de l'OACI, il y eu une confrontation d'idées. Une convergence est apparue sur la solution australienne. Les Américains se la sont appropriée et, avec leur poids, y compris politique, ils ont fait ce qu'il fallait pour que cette solution soit retenue en 1978 par l'OACI ; la France n'avait pas les moyens de pousser sa proposition face à la machine américaine qui s'était mise en route. Les débats ont été très sérieux et avec un énorme travail, auquel les experts français ont participé, d'élaboration des normes OACI et EUROCAE. Pour la première fois, en 1978, le choix d'une technique par les États membres de l'OACI était fait à bulletin secret. Ensuite, un plan mondial de transition de migration de l'ILS vers le MLS a été élaboré. Selon ce plan, les normes de l'ILS ne devaient plus être protégées à partir de 1998.

Le MLS, comment ça marche

L'aéronef détermine sa position en azimut et en site par rapport à la piste d'atterrissage en écoutant le signal émis par la station sol. Celle-ci émet successivement par balayage électronique un faisceau battant en azimut et un faisceau battant en site. L'aéronef calcule sa position à partir du temps qui sépare les détections du faisceau aller et du faisceau retour. Une information distance précise est fournie par le P/DME *(precision distance measurement equipement)*, l'aéronef émet une interrogation vers la station sol et détermine sa position/distance en fonction du temps de réponse.



Principe de la fonction balayage du MLS.

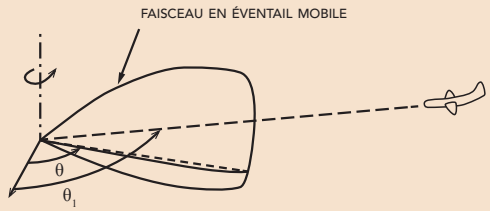
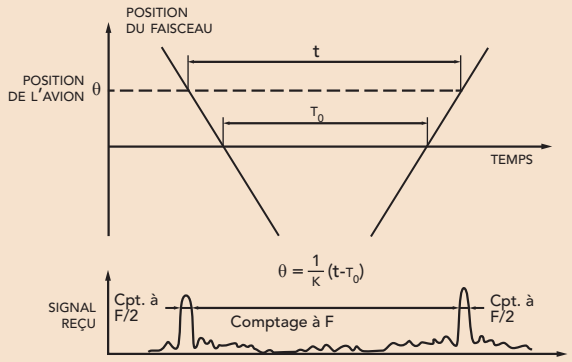
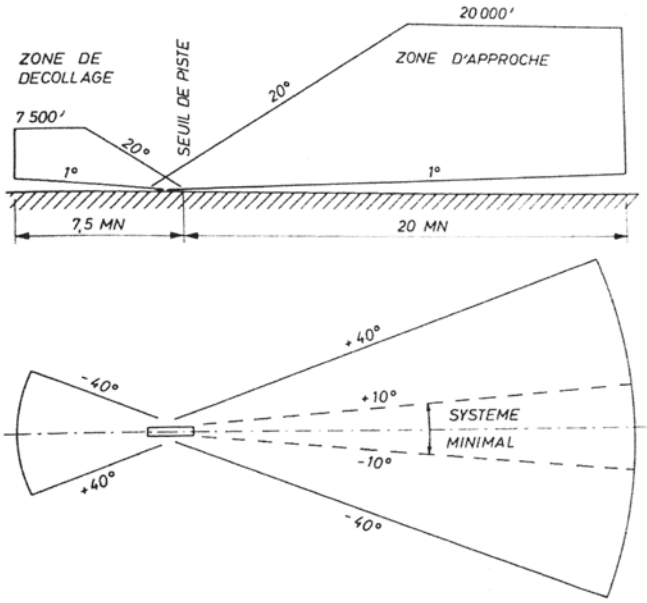


Schéma du balayage du faisceau pour la mesure d'azimut.



Principe de la mesure d'azimut.



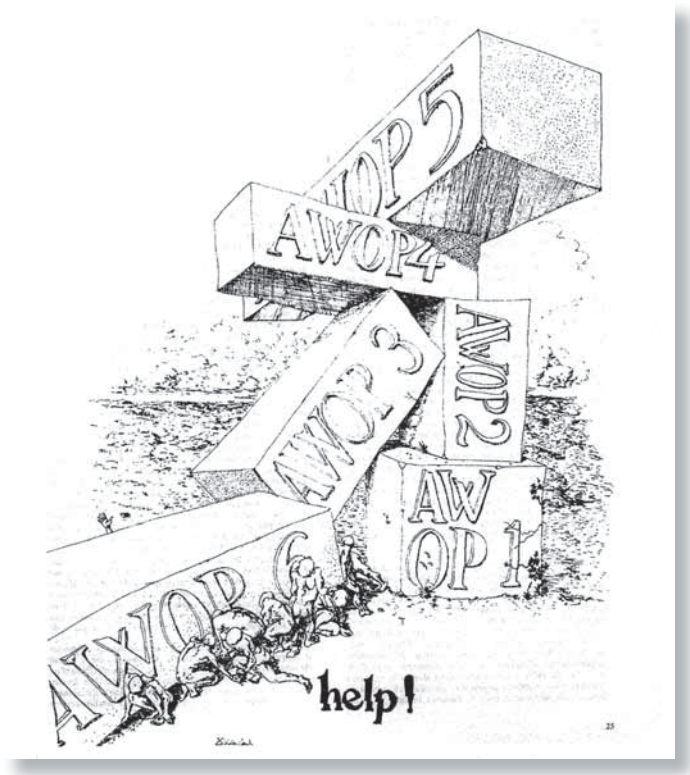
Couverture spécifiée pour une station MLS.

Le remède MLS ne semble pas convaincre la communauté des pilotes. Dessin d'Olivier Carel.

La proposition française ne correspondait pas à l'objectif initial d'un nouveau moyen d'atterrissage moins coûteux à installer, et elle a rencontré une certaine incompréhension. Au passage, on peut remarquer que cet objectif qui se voulait limité s'est néanmoins traduit par des dépenses colossales au plan mondial pour aboutir au choix du système par l'OACI en 1978, en termes d'études, de moyens d'essais, de documentation et de temps de déplacement.

La DNA n'a pas donné de consignes pour se retirer de la compétition. Par contre, les représentants de Thomson-CSF ont laissé entendre qu'il ne fallait pas gêner Texas Instruments qui était dans la compétition et avec lequel ils avaient un contrat de coopération. Au moment du choix, en 1978, la position soutenue par la France était d'argumenter que l'ILS restait un moyen tout à fait performant, que les coûts d'installation étaient certes importants au vu de ceux du MLS vantés par les promoteurs, mais que les avantages apportés par le MLS devaient être mis en regard du coût de la transition, à savoir la mise en place dans des délais limités d'un nouveau système sur l'ensemble des terrains déjà équipés en ILS et l'abandon des ILS existants.

En fait, la France n'avait aucun intérêt à favoriser le MLS : tous les aérodromes commerciaux étaient équipés d'ILS, l'ATT était opérationnel sur de nombreux aérodromes et Thomson-CSF vendait des ILS à la terre entière.



Le Groupe AWOP croule sous l'amoncellement de ses travaux. Dessin d'Olivier Carel.

Antenne azimutale du MLS.

Thomson s'est donc lancé dans le développement et la production du MLS. Le prototype du MLS sol a été développé après l'adoption de la norme en 1978 par l'OACI, avec l'appui de la DNA via l'enveloppe recherche afin de mettre Thomson en position de garder son leadership dans le domaine de la radionavigation. Cet appui s'est poursuivi pour le développement de l'équipement de bord (le MMR[1]), qui permet de présenter la même information de position, que ce soit à partir de l'ILS ou du MLS.

1. *Multi mode receiver*, récepteur de bord qui permet de recevoir différents signaux de navigation, en particulier l'ILS et le MLS.

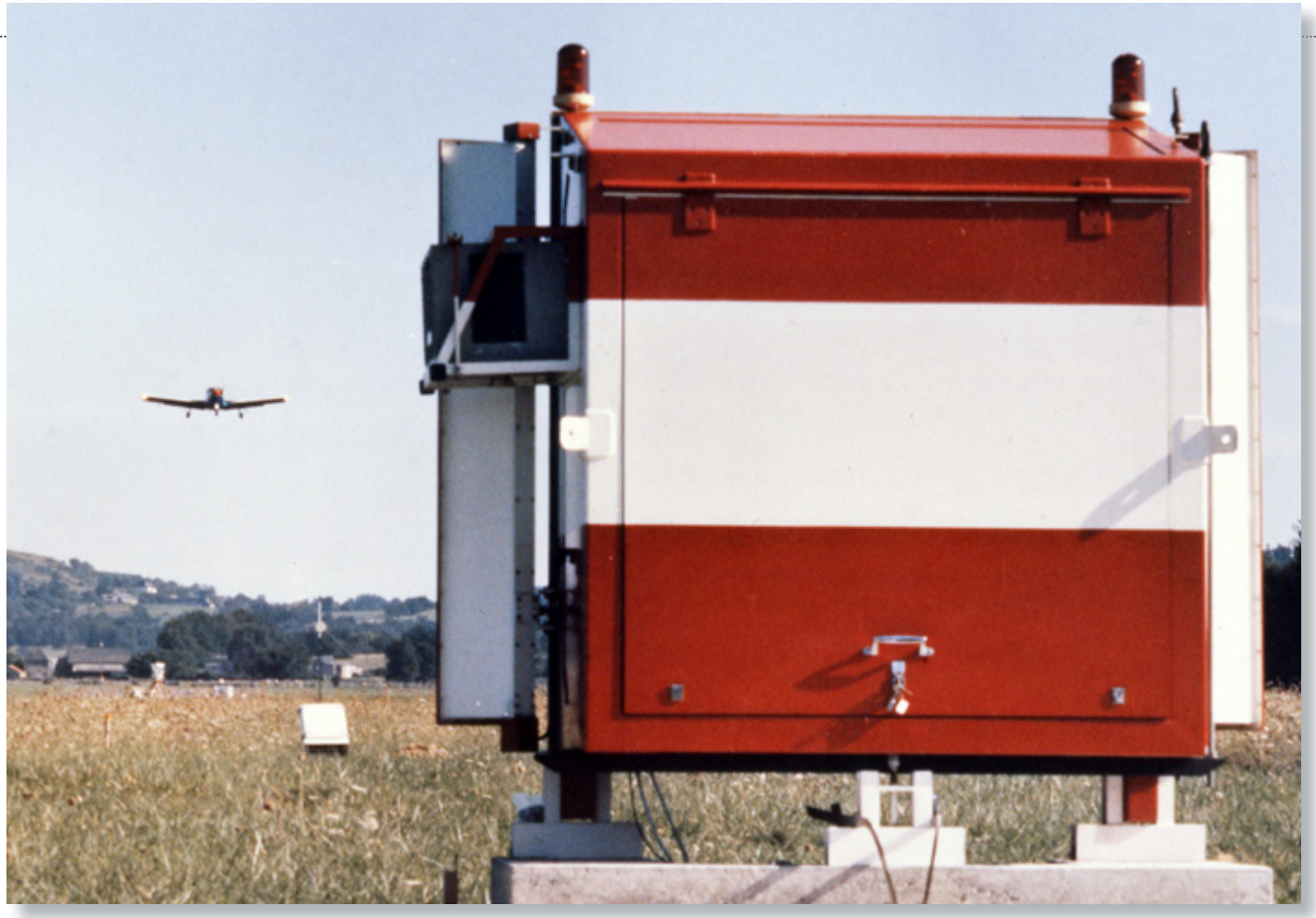
En définitive, qu'est devenu le MLS ?

Dans les années soixante-dix, la recherche d'un nouveau moyen d'atterrissage suscitait l'enthousiasme du monde de la navigation aérienne. D'importants efforts d'études, de développement et d'essais ont été déployés, chaque pays ayant son champion. Le MLS a été « vendu » sur la promesse de nouvelles fonctionnalités, mais elles ne se sont pas révélées déterminantes, ce qui abouti au retour pur et simple à l'ILS. Ainsi, l'arrivée des FMS performants rendait obsolète la trajectographie à partir du sol : l'on pouvait disposer de trajectoires adaptées aux considérations environnementales sans l'aide du MLS.

Bien que les compagnies aériennes, américaines notamment, aient soutenu le projet au départ, l'investissement était lourd. En outre, les États voulaient conserver un doublon d'équipement pendant une vingtaine d'années. Le MLS devait *a priori* permettre de s'affranchir des limitations des opérations ATT avec l'ILS. En fait, si la limitation de l'ILS, interdisant d'avoir plusieurs aéronefs alignés simultanément à cause des réflexions, peut être levée avec le MLS, il reste qu'un aéronef ne peut être autorisé à atterrir tant que l'avion précédent est encore à moins de 75 m de l'axe de piste, ce qui diminue sensiblement l'avantage apporté par le nouveau système.

Ce qui a probablement été décisif, c'est d'une part l'arrivée du GPS, qui ouvrait la perspective d'une navigation gratuite et, d'autre part, l'échec de la société Hazeltyne d'honorer la

Essai du MLS à Brétigny avec un Nord 262.



Essai du MLS avec un HR 100 à Brive, terrain difficile.

commande de 150 MLS passée par l'Administration américaine. Quand la nouvelle a été connue, la DNA s'est empressée de renouveler le parc d'une cinquantaine d'ILS vieillissants ! Si le MLS avait pu être fourni rapidement et dans des conditions financières raisonnables, peut-être cela aurait-il permis d'amorcer le processus de déploiement… Toutefois, lorsque peu après le choix de l'OACI, les Néerlandais ont voulu acheter quatre MLS, il s'est avéré que par rapport à l'estimation de coût faite par les industriels en début d'étude, le prix demandé avait triplé, alors qu'un des arguments développés au cours des travaux jusqu'au choix final était le moindre coût du nouveau moyen. Ce projet a donc été abandonné.

Dans la mesure où le MLS avait de grandes difficultés à s'imposer, on a commencé à penser en Europe, où la garantie de disposer de l'ATT en catégorie III est un point majeur, qu'il faudrait vivre encore un certain temps avec l'ILS. Le MLS fut définitivement mis au placard et l'on se doit de souligner que toutes les dépenses faites pour ce nouveau système auraient permis d'équiper des centaines d'aéroports en ILS…

Compte tenu des conditions particulières de Londres-Heathrow, des MLS y ont été installés, après pas mal de difficultés d'ailleurs pour les certifier comme moyen opérationnel, et pour un gain de cinq mouvements par heure en conditions LVP[1] en spécialisant une piste pour les opérations MLS. A CDG, spécialiser une piste aurait perturbé complètement l'organisation du trafic dans la zone terminale de Paris.

En définitive, l'ILS reste inscrit dans les normes OACI, alors que sa fin était programmée pour 1998 ; mais le MLS, lui aussi, figure toujours dans ces normes comme moyen d'atterrissage…

1. *Low visibility procedure.*

Le MLS est utilisé très marginalement par les avions de transport.

A propos de DIOSCURES

entretien retranscrit par Henri-Georges Baudry

André Lebeau, ancien élève de l'Ecole normale supérieure, agrégé de sciences physiques et docteur ès sciences, créateur et directeur du groupe de recherches ionosphériques (1961-1964), a été directeur des programmes et du plan puis directeur général adjoint chargé des programmes et de la politique industrielle au CNES (1965-1975).

Directeur général adjoint et directeur des programmes futurs et des plans à l'Agence spatiale européenne (1975-1980), il dirige ensuite la mission du Musée des sciences et de l'industrie de la Villette (1980-1983).

Détenteur de la chaire techniques et programmes spatiaux au CNAM depuis 1980 et président du département économie et gestion du CNAM à partir de 1985, il est nommé directeur de la météorologie nationale en 1986, puis directeur général de Météo-France en 1994 et termine sa carrière comme président du CNES de 1995 à 1996. André Lebeau a présidé la Société météorologique de France de 1997 à 2001.

A la fin des années soixante, le projet DIOSCURES fut une première tentative d'application des satellites à la navigation aérienne, alors qu'à l'époque les applications étaient essentiellement du domaine des télécommunications, secteur dominé par les Etats-Unis qui avaient en outre le monopole des lanceurs. Ce projet, conçu initialement au moyen d'une coopération entre le CNES et la DNA, prit au milieu des années soixante-dix une dimension européenne, avec le projet AEROSAT[1], puis mondiale au terme d'un accord entre l'Europe et les Etats-Unis. La dénonciation de cet accord par ces derniers en 1974 mit fin au projet.

Pour évoquer DIOSCURES, Henri-Georges Baudry a réuni autour de Jacques Villiers trois hommes qui ont participé au projet : André Lebeau, alors directeur des programmes et du plan au CNES, Bertrand Manuali, ingénieur chargé du programme DIOSCURES au CNES avant de suivre le programme AEROSAT à l'ESRO[2] et, enfin, Jean-Marie Giraud qui, en tant que chef du bureau télécommunications à la DNA, participa au lancement du projet DIOSCURES et à son soutien à l'OACI.

A. Lebeau : L'histoire des satellites de télécommunications est une histoire en soi et DIOSCURES a suivi une logique différente. Je vais tenter de vous dire dans les grandes lignes comment s'est déroulé le programme AEROSAT.

Je suis arrivé au CNES en 1964-1965 comme directeur des programmes, dans un établissement qui n'avait pas la maîtrise des lanceurs - elle était chez les militaires, et ça été le grand travail de Robert Aubinière, directeur général du CNES, de la récupérer - et qui ne s'intéressait qu'à la science fondamentale, l'astronomie, la géophysique, etc.

1. Nom donné par l'ESRO au projet DIOSCURES.
2. *European space research organization*.

La fusée américaine Thor-Delta, qui a constamment évolué depuis les premières versions, a dominé le marché des lanceurs de satellites commerciaux dans les années soixante-dix. C'est une fusée de ce type qui a lancé les deux satellites Symphonie, les 19 décembre 1974 et 27 août 1975.

Je venais du CNET, où je n'entendais parler que de satellites de télécommunications. Je me suis demandé très rapidement pourquoi le CNES ne faisait pas de satellites d'application. Je suis allé voir Robert Aubinière pour lui faire part de mes interrogations. Il m'a dit : *« allez-y ! »*

Nous sommes partis dans deux directions. Tout d'abord un projet de satellite de télécommunications national, Symphonie, avec des étapes majeures : en premier lieu l'acceptation du projet par le gouvernement français, puis son injonction de rechercher une coopération 50/50 avec les Allemands, avec l'autorisation de leur dire que s'ils ne coopéraient pas, nous ferions le satellite tout seuls. En définitive, l'opération a été engagée dans un cadre paritaire franco-allemand, avec une équipe de projet constituée par les deux pays.

Le programme de lanceurs était mené en parallèle, et nous devions aboutir à Europa 2 pour pouvoir faire une mise en orbite stationnaire. Symphonie était adapté à Europa 2.

Comme le projet Europa 2 a échoué, il a fallu se tourner vers les Etats-Unis pour acheter deux lanceurs Thor-Delta. Les Américains ont imposé des restrictions draconiennes, en interdisant tout usage opérationnel ou commercial, et en limitant Symphonie à un satellite purement expérimental.

La délégation française n'a pas insisté outre mesure. Elle est revenue en disant : *« Voyez, il faut absolument développer un lanceur, sinon nous sommes entre les mains des Américains. »* En fait, ces derniers avaient placé la barre un peu haut, ils s'attendaient probablement à ce que les Français négocient durement. Ils ont fait là une erreur tactique majeure : s'ils nous avaient livré les lanceurs Thor-Delta sans conditions, il n'y aurait probablement pas eu de programme Ariane…

Cela dit, Symphonie a été finalement lancé par Thor-Delta, et les satellites sont restés en service très longtemps, beaucoup plus longtemps que prévu, et que ce que nous prédisait Hughes Aircraft, major américain dans les domaines aérospatial et de défense.

Symphonie était expérimental, mais la différence entre un satellite opérationnel et un satellite expérimental, c'est l'usage qu'on en fait. Il y a eu une quantité d'usages dits expérimentaux, dont quelques-uns étaient en fait opérationnels, par exemple une liaison avec l'île de la Réunion. On a développé beaucoup plus de projets exploratoires d'utilisation qu'on aurait pu le faire si les satellites avaient été déclarés opérationnels et avaient été pris en charge par la direction générale des télécommunications.

La deuxième direction que j'ai prise a consisté à demander aux équipes de la direction des programmes de rechercher les domaines dans lesquels les satellites pourraient s'employer utilement, en dehors de la science. La base de la réflexion sur ce sujet consistait à se dire : il y a deux domaines où le satellite a une supériorité intrinsèque, c'est lorsqu'on veut couvrir de grands espaces et lorsqu'on a affaire à des mobiles qu'on ne peut pas relier avec un fil. Ça nous a amené à penser à l'aviation civile.

Maquette du satellite expérimental de télécommunications Symphonie, exposée au Musée de l'air et de l'espace du Bourget.

La première démarche a été d'établir des contacts avec nos collègues du SGAC pour voir ce que l'on pourrait faire avec les satellites. La seconde a été de regarder de façon interne au CNES quels étaient les problèmes potentiels de l'aviation civile. Nous avons constaté en particulier qu'il y avait un problème de réduction d'espacement sur l'Atlantique nord, car il n'existait pas à l'époque de centrales inertielles de navigation dans les avions, et la sécurité faisait qu'il fallait espacer les avions de 120 NM en longitudinal et en latéral. Avec la croissance du trafic, on ne pouvait pas attribuer des trajectoires optimales.

Nous nous sommes dit aussi : et le Concorde, dans tout ça ? On pouvait peut-être moduler l'heure d'arrivée à l'approche et le faire arriver à une heure donnée pour lui éviter des attentes, en utilisant le fait qu'il consommait autant en subsonique qu'en supersonique. Nos collègues de l'Aviation civile ont réagi : *« Ça, c'est une révolution ! »*

Jean-Marie Giraud : En effet, cela venait à l'encontre de la règle du premier arrivé/premier servi à l'approche.

Jacques Villiers : En outre, c'était demander une priorité, alors qu'on ne voulait déjà pas du Concorde ! A l'époque, on s'attendait à avoir beaucoup de supersoniques sur l'Atlantique nord, avec des trajectoires ascendantes.

André Lebeau : Une raison qui nous rendait optimiste était que les Américains auraient le même problème avec leur supersonique. En fait, ce qui a coulé en définitive AEROSAT, mis à part le coup de poignard final de la Maison Blanche, ce sont trois événements qui ont sapé la logique économique du projet. Le premier, c'est l'arrivée des centrales à inertie, qui a permis de réduire les espacements ; le deuxième, l'arrivée des jumbos ; le troisième, l'abandon du supersonique par les Américains, avec en plus la crise du pétrole de 1973.

Mais je voudrais maintenant aborder un autre aspect du sujet, la façon dont le programme a été élaboré, puisqu'il est allé jusqu'à l'appel d'offres.

Nous avons pensé assez vite que c'était plutôt un projet pour l'Europe qu'un projet pour la France. L'élaboration technique du CNES a abouti à l'idée de deux satellites géostationnaires, ce qui permettait de faire de la localisation, d'où le nom de DIOSCURES, proposé par mon épouse qui est helléniste. Le projet a donc été élaboré.

Je me souviens qu'il y avait un problème de choix VHF/UHF. Avec la VHF, on pouvait faire des télécommunications, avec l'UHF c'était bien meilleur pour la localisation. Les deux voies ont été explorées, mais le CNES était favorable à l'UHF, qui demandait d'ailleurs des antennes plus petites sur les avions.

Bertrand Manuali : De plus, l'UHF procurait une meilleure précision de localisation et une plus grande fiabilité. Nous avions fait une expérimentation quasiment en vrai grandeur pour nous assurer des bonnes performances en UHF.

André Lebeau : Le CNES a fait une proposition d'européanisation, qui a été acceptée par les Européens, le projet est passé du coté de l'ESRO et on a mis Manuali à sa disposition pour suivre le projet. Ça ne s'est pas très bien passé.

Page de garde du rapport d'expérimentation de la liaison satellite-avion. En photo, le ballon stratosphérique transportant le système satellite.

Bertrand Manuali : Oui, la situation était difficile, j'étais l'électron libre, vu comme le Français qui venait vendre son projet. Et à l'ESRO, ça tirait à hue et à dia.

André Lebeau : Le débat UHF /VHF est resté ouvert à l'ESRO. Par ailleurs, la discussion avait été ouverte avec les Américains sur la possibilité de faire un projet commun entre l'ESRO et la NASA. La question UHF/VHF est restée un sujet de tension.

Bertrand Manuali : En fait, le désaccord n'était pas avec la NASA, qui était très moderne, très en faveur de l'UHF, mais avec la COMSAT[1] qui agissait par en-dessous.

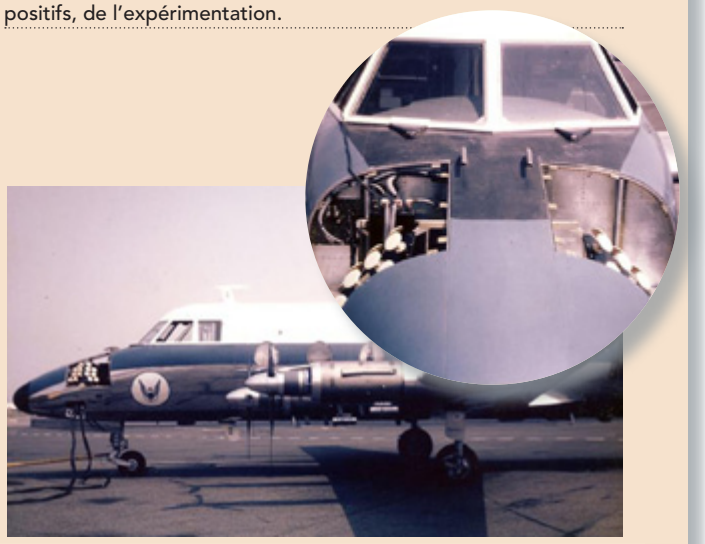
Jacques Villiers : La difficulté, c'était surtout avec les Anglais. Ils ont dit : *« Nous, on a un amplificateur VHF, on va mettre des kilowatts derrière le système VHF actuel et cela marchera très bien. »* Ils ont dit également : *« S'il n'y a pas la VHF, on n'y va pas. »* Ils ont imposé la VHF jusqu'à la fin. Normalement le projet n'était qu'expérimental, et l'UHF aurait suffi, mais ils ont demandé qu'il y ait la VHF et l'UHF à parts égales.

André Lebeau : A propos de la VHF, c'est l'un des rares sujets de conflit que j'ai eu avec Roy Gibson, qui était à l'époque directeur de l'administration à l'ESRO. Il disait qu'il n'y avait pas de difficultés, il n'y avait qu'à faire les deux, UHF et VHF sur le même satellite. Je lui ai dit : *« C'est une proposition qui va couler le projet, vous ne vous rendez pas compte, vous avez rendu le projet non viable. »*

1. *Communication satellite corporation*, chargée aux Etats-Unis de promouvoir les applications satellitaires commerciales..

Expérimentation de la liaison satellite-avion

Au cours du développement du projet DIOSCURES, un point de passage obligé était la validation du concept de la liaison satellite-avion. En l'absence de satellite, il a fallu la simuler à l'aide d'un dispositif utilisant un ballon stratosphérique qui se gonflait à 40 km d'altitude avec une nacelle contenant le système satellite. Cette expérimentation a eu lieu en 1971 à Aire-sur-Adour ; elle a utilisé deux radars militaires de précision *Aquitaine* du Centre d'essais des Landes et de Mont-de-Marsan. Un avion Potez 840 était équipé des antennes avion. Les Américains sont venus observer les résultats, positifs, de l'expérimentation.



Potez 840 avec les antennes dans le nez.

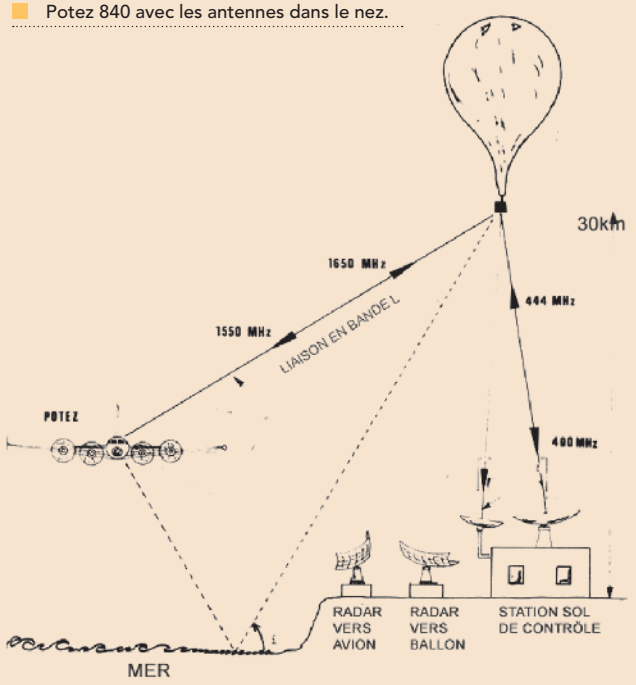
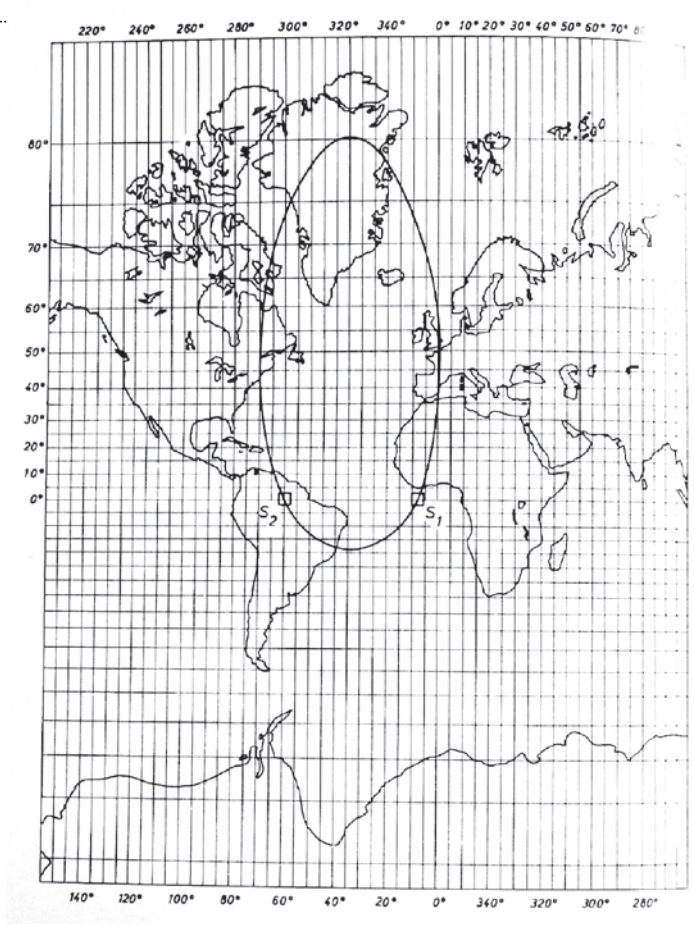


Schéma de l'expérimentation simulant la liaison satellite-avion.



Zone de couverture de DIOSCURES.

DIOSCURES, comment ça aurait fonctionné…

La fonction essentielle de DIOSCURES est la localisation de mobiles, aéronefs ou bateaux. Elle s'appuie sur un système de deux satellites jumeaux géostationnaires (dénommé DIOSCURES par référence aux jumeaux Castor et Pollux de la constellation des Gémeaux) et d'une station au sol. La station interroge le mobile coopératif via un satellite ; le mobile répond via les deux satellites. Les temps de réponse reçus au sol permettent de calculer les distances du mobile aux satellites. En outre, via la liaison de données intégrée au système, le mobile transmet son altitude. A partir de ces données, la station sol calcule la position du mobile et la lui transmet.

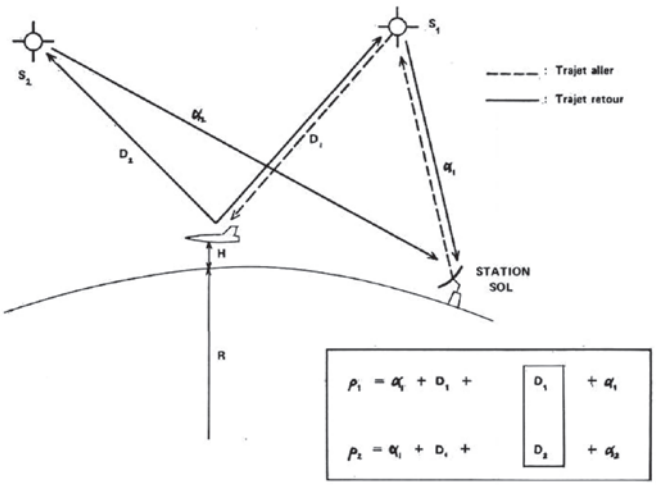
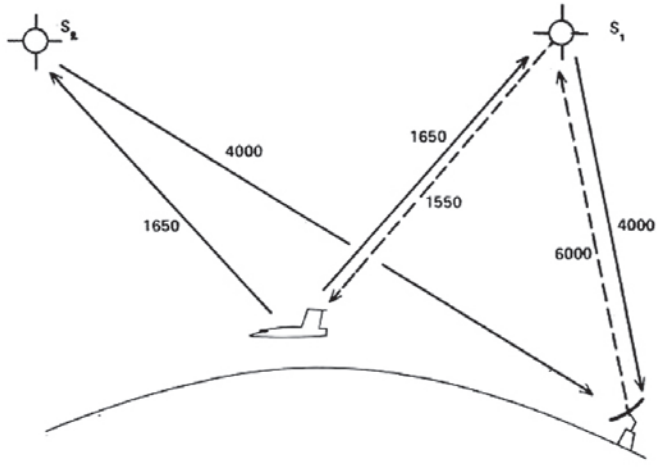


Schéma de localisation d'un avion par les satellites DIOSCURES.



Fréquences radioélectriques utilisées par DIOSCURES.

Le projet est allé jusqu'à l'appel d'offres. Les Américains ont accepté que les Européens choisissent le contractant américain, il y avait une concurrence entre General Electric et COMSAT. On a choisi cette dernière, et puis, en 1972, est arrivé le premier veto américain sur le projet NASA/ESRO.

Il y a un dernier élément que je voudrais ajouter. L'européanisation de DIOSCURES a été proposée en même temps que l'européanisation de METEOSAT. Le projet franco-allemand Symphonie avait suscité un dynamisme en Europe pour l'utilisation des satellites. Trois projets européens avaient été élaborés, MAROTS, METEOSAT et DIOSCURES. Mais ceci posait un problème particulier, car l'ESRO n'avait pas mandat pour travailler sur les satellites d'application.

C'est ça qui a infléchi l'ESRO vers les applications et qui a conduit à modifier la convention ESRO pour créer l'Agence spatiale européenne, avec des programmes optionnels. C'est un outil qui a permis de lancer les programmes européens au-delà des programmes scientifiques.

Henri-Georges Baudry : Peut-on revenir sur le veto américain de 1972 ? Le projet a quand même continué après ?

Bertrand Manuali : En fait, il y a eu deux appels d'offres. Le premier a été lancé et a été interrompu en 1972. Il était uniquement en UHF. Après le refus de Kissinger, un nouveau projet est né quelques mois après, avec l'UHF et la VHF.

Jacques Villiers : Je me souviens d'une discussion avec le président de la commission des télécommunications auprès du président américain. Il m'a dit : *« Vous pouvez vous amuser tant que vous voulez, mais tant que les compagnies aériennes ne le réclameront pas, vous ne pourrez pas le vendre. »*

J'ai été convaincu à ce moment-là qu'on avait accepté une dérive du projet, qui était expérimental, pour montrer que cela pouvait marcher ; en fait, il était devenu un programme opérationnel non seulement sur l'Atlantique mais aussi sur le Pacifique, sans qu'aucun avion n'en soit équipé. On avait lancé un projet dans la nature, mais dès qu'on a commencé à dire que c'était un système opérationnel, le programme qui était excellent était devenu absurde… C'était devenu une machine monstrueuse, on mettait sur l'Atlantique et sur le Pacifique en UHF et en VHF des systèmes satellitaires dont on ne savait même pas si les compagnies aériennes accepteraient de s'équiper. J'ai été soulagé de l'arrêt par les Américains, car je ne me sentais pas la force de le faire échouer moi-même, même si j'étais convaincu qu'on ne pouvait pas continuer. Il n'y avait pas encore le GPS, mais on sentait poindre le fait qu'AEROSAT était un système trop spécialisé sur l'Atlantique nord. L'argent prévu pour AEROSAT a été récupéré et ça a donné METEOSAT.

Il y a un autre aspect des choses que je voudrais souligner, c'est que nous avons vécu une époque formidable, chacun aidait l'autre. Nous n'étions pas enfermés dans un cadre, nous étions libres. Grâce aux contacts, l'argent est arrivé quand il fallait… on travaillait comme une bande de copains, il n'y avait pas d'ego, ou alors c'était un ego collectif. Mais cela n'a pas été le cas avec les Anglais, on a eu des problèmes avec eux.

Ce qui m'avait intéressé au départ, c'était le veto américain pour tout ce qui pouvait se passer en dehors de la COMSAT. Quand on a dit qu'on pouvait lancer DIOSCURES avec Europa, c'était avant l'échec du lanceur, les Américains ont été interloqués, ils ont demandé : « C'est quoi, Europa ? »

André Lebeau : Les Américains ont sous-estimé ce dont l'Europe est capable lorsqu'elle se réveille. Par exemple, lors d'une réunion au CNES avec l'administrateur général de la NASA, Ariane a été évoqué. Il a demandé : *« C'est quoi Ariane ? Ah oui, ce projet de lanceur obsolète ! »* Il y a deux choses que les Américains n'arrivent pas à comprendre, c'est Airbus et Ariane, comment un GIE peut fonctionner avec des langues différentes, sans capital et, de plus, sans bénéfices !

Jacques Villiers : Pour les Américains, c'était très clair, au départ ils n'avaient pas tellement pensé aux satellites d'application, mais tout ce qui était commercial devait passer par la COMSAT. Or, il y avait une idée forte chez les politiques, en France et même chez certains Européens, celle de ne pas accepter la tutelle de la COMSAT, car elle nous interdirait finalement tout développement. On avait trouvé dans les satellites d'application la possibilité d'un projet autonome, en démontrant que la COMSAT ne couvrait que les télécommunications. D'où l'idée avancée qu'AEROSAT, c'était de la communication par satellite et surtout de la localisation, et qu'on n'était pas contraint de passer par la COMSAT.

André Lebeau : Il faut dire aussi que nous étions couverts par une très bonne entente entre Lansalot-Basou, directeur de la navigation aérienne, et Aubinière, patron du CNES. Ils s'étaient concertés pour savoir comment soutenir leurs collaborateurs…

La promotion des idées et des équipements

Les cinq années de guerre ont fait perdre à la France la place de premier plan qu'elle occupait dans l'aviation. A la Libération, les efforts consentis pour acquérir les dernières technologies, innover, reconstruire et moderniser les infrastructures vont donner aux jeunes ingénieurs formés aux nouvelles techniques dans la toute récente Ecole nationale de l'aviation civile un champ d'expérience qui va leur permettre de faire entendre de nouveau la voix de la France dans les réunions internationales. De leur côté, les industriels vont proposer des produits de plus en plus compétitifs tant au niveau de la qualité que des prix.

Les ingénieurs en poste dans les services techniques participent activement aux groupes de travail internationaux, à l'OACI tout d'abord, à Eurocontrol et à EUROCAE ensuite. Ils vont apporter un concours précieux et souvent novateur à l'élaboration des normes et de la réglementation dans les domaines du contrôle et des équipements de navigation aérienne.

Au cours des années soixante, le service technique de la navigation aérienne et ses partenaires de l'industrie prennent conscience que la qualité des produits ne suffit pas à assurer des débouchés commerciaux, tant la concurrence est forte et la suprématie des Etats-Unis réelle. Les colloques de l'ACTIM, réunissant à partir de 1968 experts de l'Administration et fabricants, et la création en 1976 de Proavia, association regroupant le STNA et des industriels, permettront de promouvoir la technique et les équipements français de sécurité aéroportuaire à travers le monde. Parallèlement, avec la création en 1969 de Sofréavia, l'Aviation civile française qui détient un réel savoir-faire dans l'ingénierie de la navigation aérienne se dote d'un outil pour exporter à la fois son expertise et les matériels de fabrication nationale vers les pays en développement.

Chicago, 7 décembre 1944, signature de la convention relative à l'aviation civile internationale fondant l'OPACI. De gauche à droite Kia-Ngau Chang (Chine), Lord Swinton (Royaume Uni), Adolf A. Berle (Etats-Unis), H.J. Symington (Canada) et Max Hymans (France).

Les ingénieurs français à l'OACI

par Yves Lambert

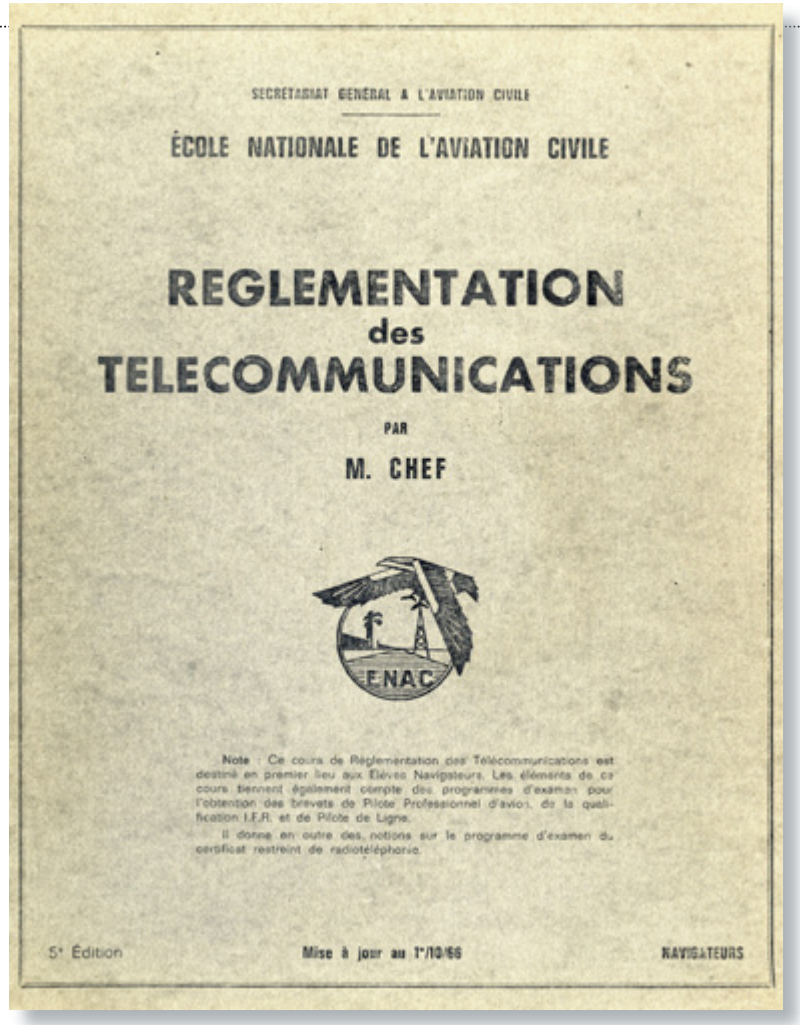
Ancien élève de Polytechnique et INA 59, Yves Lambert est affecté en 1961 à la direction de l'aéronautique civile en Algérie, puis nommé en 1965 à la tête de l'Organisation de gestion et de sécurité aéronautiques de l'Algérie et du Sahara (OGSA) dont il reste le directeur jusqu'à la dissolution de l'organisme en 1968. Rentré en France, il est en poste au STNA puis au cabinet du ministère des Transports de 1969 à 1972. Il représente la France à l'OACI de 1973 à 1976, avant de devenir secrétaire général de l'organisation jusqu'en 1988. Il est ensuite directeur de la navigation aérienne de 1988 à 1994, puis directeur général d'Eurocontrol de 1994 à 2001.

La participation des Français aux travaux de l'OACI a été remarquable : trois secrétaires généraux, Albert Roper de 1944 à 1951 (OPACI puis OACI), Yves Lambert de 1976 à 1988 et Raymond Benjamin depuis 2009, deux présidents de la commission de navigation aérienne, Claude Costantini et Daniel Galibert, ainsi que des représentants exceptionnels de la France au conseil, comme Michel Wachenheim, ancien directeur général de l'Aviation civile, depuis 2009. Mais ne sera évoqué ici que le rôle des experts et plus particulièrement de quelques experts français.

Depuis 1944, la normalisation aéronautique s'est effectuée avec succès grâce aux travaux discrets mais efficaces des comités techniques, des groupes d'experts (*panels*) et des groupes d'étude de l'OACI. On notera d'ailleurs que les experts français ont souvent été aidés par divers spécialistes provenant des services de l'Aviation civile, d'autres Administrations, des compagnies aériennes, des aéroports et de l'industrie. La tradition française du rôle privilégié du représentant de l'Etat, appelé à coordonner les divers points de vue et à faire la synthèse des intérêts en jeu, a donné à ces experts une autorité qu'ils ont su utiliser avec souplesse, discernement et esprit d'équipe, à telle enseigne que les partenaires de la France ont parfois exprimé ouvertement leur regret de ne pas disposer d'une telle organisation ; ils devaient souvent improviser l'arti-

Au siège de l'OACI, à Montréal, les délégués peuvent puiser leur inspiration dans une tapisserie des Gobelins offerte par la France. Cette tapisserie, qui évoque Icare, Aladin ou encore Léonard de Vinci a pour nom *Histoire du vol* ; elle a été réalisée dans les années trente d'après des cartons d'Albert Gleizes et Jacques Villon.

culation entre leur rôle d'expert indépendant et la position des différentes parties prenantes de leurs pays d'origine, risquant ainsi d'affaiblir leur image en apparaissant comme des représentants trop zélés de leur nation. Enfin, les experts français ont su construire des réseaux entre pairs qui allaient bien au-delà de relations uniquement professionnelles, réseaux très utiles pour que les différentes administrations de l'aviation civile puissent négocier et faire avancer rapidement et efficacement les dossiers techniques.



SECRETARIAT GENERAL A L'AVIATION CIVILE

ÉCOLE NATIONALE DE L'AVIATION CIVILE

REGLEMENTATION des TELECOMMUNICATIONS

PAR

M. CHEF

ENAC

Note : Ce cours de Réglementation des Télécommunications est destiné en premier lieu aux Elèves Navigateurs. Les éléments de ce cours tiennent également compte des programmes d'examen pour l'obtention des brevets de Pilote Professionnel d'avion, de la qualification I.F.R. et de Pilote de Ligne.

Il donne en outre des notions sur le programme d'examen du certificat restreint de radiotéléphonie.

5e Édition — Mise à jour au 1er/10/66 — NAVIGATEURS

Maurice Chef a été professeur à l'ENAC et a publié de nombreux cours sur la réglementation des télécommunications.

Pendant une trentaine d'années, Maurice Chef a conduit les groupes responsables de la distribution des fréquences radioélectriques. Sa forte personnalité, son charme et sa diplomatie, alliés à une compétence hors pair, lui donnaient un prestige élevé dans son cercle d'experts. Ses homologues étrangers étaient étonnés lors de leurs visites à Paris de la modestie de son bureau et du peu de reconnaissance que lui témoignait son administration nationale, alors qu'il avait à plusieurs reprises « sauvé » certaines bandes de fréquences aéronautiques de la voracité d'autres utilisateurs en orchestrant une position raisonnable et argumentée de l'OACI au nom des parties prenantes de l'aviation.

Les aspects environnementaux du transport aérien ont été abordés à l'OACI dans les années soixante-dix au sein de l'éphémère comité du bang sonique et surtout du comité du bruit (qui a changé de titre au fil du temps). Au sein de ce dernier, Claude Abraham, alors directeur adjoint des transports aériens, a joué un rôle capital pour l'avenir de la construction et du transport aérien en refusant la fatalité des *« avions qui font du bruit »*. En développant la politique des chapitres de l'annexe 16, il a permis que les recherches des avionneurs et motoristes soient encadrées par une stratégie internationale coordonnée, dans un esprit gagnant-gagnant. La dénomination entrée dans le langage courant *« d'avions chapitre tant »* est un hommage permanent à son action ainsi qu'à celle de l'équipe pluridisciplinaire qui l'assistait.

L'automatisation du contrôle de la circulation aérienne est par nature un domaine exigeant une stricte normalisation internationale : on ne peut imaginer un format informatique de messages laissant des choix. Il fallait par ailleurs élaborer une stratégie d'échange et de coopération entre Etats voisins pour assurer des transferts efficaces de trafic. Dès le début des années soixante, Jacques Villiers a joué un rôle éminent dans le groupe d'experts chargé de l'automatisation ; sa vision et sa maîtrise des concepts en cours d'élaboration, son attitude scientifique excluant tout *a priori* et sa force de persuasion lui donnaient une autorité reconnue. Elle a servi les intérêts français et engendré certaines retombées industrielles qui auraient pu être encore plus larges si la France avait mieux utilisé ses atouts dans ce domaine.

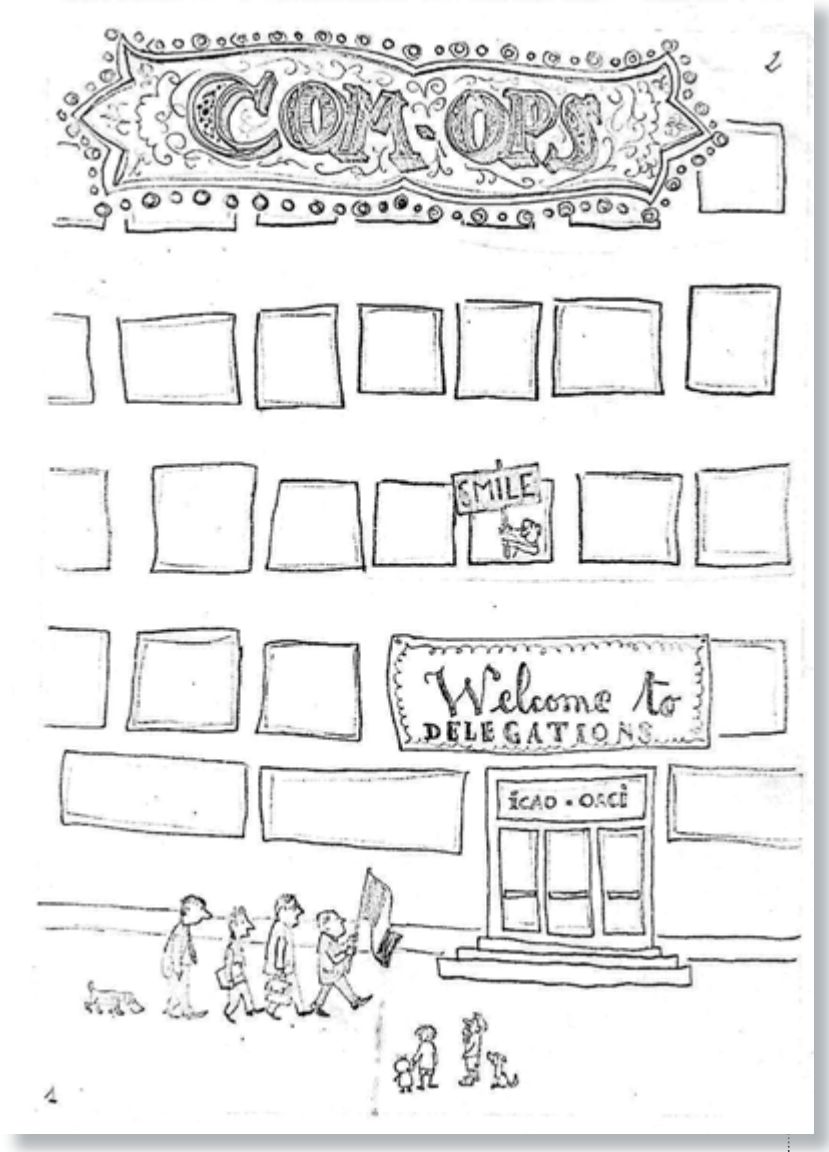
Mes débuts à l'OACI, par Jacques Villiers

« Je me souviens de mes premières participations au groupe ASTRA de l'OACI, qui avait pour but de normaliser le plan de vol. Avec le recul, je me rends compte que j'étais maladroit, j'étais franchement franchouillard. Je croyais que dans un groupe international, on pouvait parler comme à Dominique Alvarez. Quand je suis arrivé là dedans, c'était un peu rugueux. Les usages veulent qu'on ne dise pas non mais… peut être ! Par la suite, je me suis fait des copains que j'ai toujours.

Il me prenaient pour un ringard, parce qu'on n'appelait pas technique et opérationnel les mêmes choses. C'était un problème de compréhension à un moment donné. Vraiment je n'ai pas été habile, c'était la première fois que j'allais dans un truc comme çà. Après, on apprend à faire et on apprend à les rouler comme ils essayent de vous rouler. Je me suis battu et on a réussi à obtenir les normes que nous voulions pour le plan de vol, mais c'est tout. »

Olivier Carel a été un membre très actif de divers organes chargés à l'OACI de faire évoluer les systèmes de radionavigation. Mais on retiendra surtout sa participation au comité FANS chargé d'élaborer les futurs systèmes de navigation aérienne. La segmentation CNS (communications, navigation, surveillance) lui doit beaucoup, tout comme les applications aéronautiques des techniques spatiales (il avait travaillé quelques années au CNES). Outre sa capacité à nouer des relations avec des collègues de toutes origines et cultures, son talent artistique de dessinateur et peintre - souvent exercé au cours des réunions - lui a donné une aura particulière au sein de l'OACI.

Dernier des experts évoqués, Jacques Dopagne participait au groupe chargé de redéfinir l'utilisation de l'espace aérien. Ses collègues ont si bien apprécié sa connaissance de ce sujet complexe et épineux qu'ils lui ont confié la présidence du groupe. Leur choix s'est révélé judicieux, puisque ce groupe a su créer les classes d'espace OACI, bien reçues et mises en œuvre dans le monde entier sans grandes difficultés. La croissance du trafic, la diversité de ses utilisations et la prise en compte d'objectifs de sécurité nationale ont pu ainsi être mieux maîtrisées et il est certain que le niveau de sécurité atteint par l'aviation civile internationale malgré l'importance du nombre de vols doit beaucoup à cette ségrégation des trafics par classes d'espace de l'OACI. ■



Arrivée à l'OACI, par Olivier Carel.

Débuts à Eurocontrol

par Georges Maignan

Georges Maignan, polytechnicien et INA 55, est affecté à la direction de la navigation aérienne en 1958, à sa sortie de l'ENAC. Il participe à la création d'Eurocontrol, tout d'abord à Orly, puis à Bruxelles. Il dirige ensuite la division E2 de l'agence, en charge des ordinateurs et des techniques numériques. Il rejoint en 1967 le centre expérimental de Brétigny comme chef de la division scientifique et logiciel avant d'en devenir le directeur. Au cours de sa carrière à Eurocontrol, Georges Maignan a participé à la conception et à la réalisation des systèmes informatiques des centres de Maastricht, Karlsruhe et Shannon. Il a publié *Le contrôle de la circulation aérienne* dans la collection « Que sais-je ? » (PUF).

Le texte ci-dessous est extrait d'une publication réalisée à l'occasion du cinquantenaire d'Eurocontrol.

Quand l'idée d'Eurocontrol est apparue, en 1957, le directeur de la navigation aérienne française était René Bulin. J'étais alors jeune ingénieur de la navigation aérienne, avec une expérience aéronautique limitée mais assez pratique (navigateur militaire en France et au Sahara, pilote privé). Je travaillais au bureau télécommunications de la DNA ; j'étais principalement intéressé par le vol proprement dit et par le traitement numérique de l'information sur les calculateurs, d'ailleurs encore assez primitifs.

Le bureau télécommunications était impliqué, entre autres choses, dans le transfert des images des radars vers les centres de contrôle. Je me souviens que j'étais consterné par le « gâchis » de bande passante radio nécessaire pour le transfert des images alors que la quantité d'information utile à la réception n'était que de quelques milliers de bits, représentant les positions de quelques dizaines (à cette époque) d'avions. Je contactai donc les services militaires français afin d'obtenir des informations sur le système de transmission de renseignements intéressant la défense aérienne, le STRIDA.

René Bulin fut probablement suffisamment intéressé par ces idées pour me choisir lorsqu'il rechercha un secrétaire pour le « groupe technique Eurocontrol » dont il était président. Et, comme une certaine liberté était laissée au secrétaire dans la rédaction des rubriques techniques du rapport, j'en profitai pour insister sur les points qui me tenaient à cœur.

Ainsi, grâce à René Bulin, j'ai participé aux débuts d'Eurocontrol. Mais je dois admettre que c'est plus le fruit du hasard que celui d'une « grande vision » de ce qu'aurait dû être le futur système européen de contrôle de la circulation aérienne…

Après l'époque du groupe technique vint le temps du « bureau d'étude » à Orly, puis celui de « l'Association ». Les locaux de l'un comme de l'autre étaient proches du centre de contrôle

régional d'Athis-Mons, où était installé un système d'impression de strips sur calculateurs IBM 650. Le système était bien sûr doublé et nous avions un accès libre au calculateur de secours. Je développai sur cet ordinateur un prototype du logiciel du futur simulateur digital du centre expérimental de Brétigny sur lequel je travaillais avec P. Whicher et G.W. Taylor. Le chef de notre division était alors Jacques Nouhant.

Je me souviens avoir commencé à travailler à Bruxelles le jour de l'assassinat du président John Kennedy ; j'en fus informé par Roland Soward dans l'ascenseur !

Je devins un peu plus tard chef de la division E2 d'Eurocontrol, grâce à René Bulin, Fritz Hentschel et Roger de Foresta qui appuyèrent ma candidature. La division E2, avec A. Bulfon, Georges Roumajon, Pierre Sondt, R. Ehrmantraut, E. Hölscher, H. von Villiez et O. Warns, travaillait dans le domaine des ordinateurs et des techniques numériques pour le centre expérimental ainsi que pour le futur centre de Maastricht. Je me rendis un certain nombre de fois au RRE[1] à Malvern avec le chef de la division E1, Brian Martin, qui était un *« scientist »* britannique. Je me rendis également aux Etats-Unis avec le directeur technique Fritz Hentschel pour voir le *« NAS stage A »* à Jacksonville (Floride) et l'usine IBM près de New York où étaient assemblés les calculateurs 9020 du NAS. Je visitai le centre de la NASA de Houston et je me rappelle de la recette donnée par le chef du développement du logiciel d'Apollo pour produire des programmes sans erreur : *« Do the job twice. »* Quoi qu'il en soit, nous apprîmes beaucoup lors de ces visites. Je fus également convaincu par un ingénieur français du STRIDA que pour effectuer une poursuite multiradar de qualité il était préférable de combiner les pistes plutôt que les plots parce que l'on dispose de beaucoup plus d'informations sur ces dernières que sur les plots pour le processus de fusion. Nous insistâmes avec un certain succès pour que ces idées soient appliquées à *« l'Experimental data processor »* de Brétigny et au MADAP[2] de Maastricht.

En 1967, après des ennuis de santé, je posai ma candidature comme chef de la division scientifique et logiciel d'Eurocontrol à Brétigny. Au centre expérimental, je continuai tout d'abord les activités commencées à Bruxelles : j'étais président du groupe de travail technico-opérationnel chargé de rédiger les spécifications fonctionnelles détaillées du logiciel du système

1. RRE : *Royal radar establishment,* implanté à Great Malvern (Royaume Uni), devenu par la suite le RSRE, *Royal signal and radar establishment.*

2. MADAP : *Maastricht automatic data processing and* display system.

La naissance d'Eurocontrol

Quatre étapes ont jalonné la création de l'agence Eurocontrol.

Etape 1, préparation de la convention : le texte de la convention fut élaboré sur la base des rapports de deux groupes de travail, l'un technique, l'autre juridique.

Etape 2, avant la signature de la convention : un « bureau d'étude » installé sur l'aéroport d'Orly avait pris le relais des groupes de travail : il était constitué de trois personnes, Roland Soward (chef du groupe), Yves Forgeot et Georges Maignan, assistés d'une secrétaire, Josette Fortin, partagée avec le CENA nouvellement créé et dirigé par Roger de Foresta.

Etape 3, avant la ratification de la convention : après la signature de la convention par l'Allemagne, la Belgique, la France, les Pays-Bas et le Royaume Uni le 13 décembre 1960, une association de droit français (loi de 1901) fut créée, qui prit le nom d'*Association pour le perfectionnement des méthodes de contrôle de la circulation aérienne* (APERMECA), plus couramment appelée « l'association Eurocontrol ». Elle s'installa dans l'aérogare sud d'Orly, avec René Bulin pour directeur. Son but était de préparer les premières réalisations d'Eurocontrol, en particulier le centre expérimental de Brétigny et son simulateur.

Etape 4, après la ratification par les pays fondateurs : l'association fut transformée en agence et Eurocontrol s'installa en mars 1963 au 72 rue de la Loi, à Bruxelles.

MADAP. Le groupe s'efforçait de combiner les demandes opérationnelles, très avancées pour l'époque et vigoureusement soutenues par Horst Gunther, avec une architecture d'ordinateur (matériel et logiciel) de taille raisonnable et très fiable. La programmation modulaire (une version primitive de l'architecture client-serveur) fut choisie ; et je ne serais pas surpris si quelques reliques des noms d'origine des « modules »[1] pouvaient encore être trouvées dans le logiciel actuel du centre de Maastricht… ■

1. Terme issu de la programmation modulaire développée par Pierre Thellier (X 52, ingénieur GM) qui préconisait que le logiciel soit décomposé en unités indépendantes - les modules - entre lesquelles les échanges d'information se feraient par des messages formalisés. Ces messages portaient un nom constitué de quatre lettres.

■ Georges Maignan, à droite sur la photo, présente le centre expérimental de Brétigny au ministre anglais des Transports en 1969. En arrière-plan, Donald Lipman, directeur du centre.

■ Déjeuner de clôture d'une réunion, présidée par René Bulin, avec les autorités militaires à l'occasion de la première simulation C 19 portant sur les coordinations civils/militaires (1969/1970). Bernard Palayret, troisième en partant de la gauche ; René Bulin de face au fond ; en partant de la droite, de face, Jean-Robert Bauchet et Georges Maignan.

EUROCAE ou le combat des normes

par Claude Labbé

Au début des années soixante, le marché mondial des équipements électroniques embarqués est dominé par les Etats-Unis. Leur industrie bénéficie d'un marché intérieur important et influe en outre sur la définition des normes au sein d'organismes comme la Radio technical commission for aeronautics ; association à but non lucratif constituée d'une centaine de membres (industriels, services officiels, utilisateurs) et associés internationaux, la RTCA élabore et publie des normes que l'administration américaine de l'aviation civile, la FAA, reprend ensuite dans sa réglementation.

« Les industriels français avaient de la peine à faire entendre leur voix au sein de la RTCA, l'organisme américain de normalisation des matériels aéronautiques en particulier pour les équipements de bord, se souvient Bernard Palayret *: nous avons contribué alors à créer EUROCAE. Bien que ce soit une activité essentiellement STNA, Léonce Lansalot-Basou, le directeur de la navigation aérienne de l'époque, a beaucoup contribué à son développement ».*

La création, le 24 avril 1963, d'EUROCAE (Organisation européenne pour l'équipement électronique de l'aviation civile), association française de la loi de 1901, traduit ainsi la volonté des Européens de se donner les moyens d'accéder au marché mondial des équipements de bord en proposant des produits compatibles entre eux. Bien que les motivations soient économiques, le travail de l'association va s'exercer essentiellement dans le domaine technique. Les industriels français sont largement représentés dans l'organisation et le STNA délègue des experts dans les groupes de travail tels que ceux sur les équipements de radionavigation et de contrôle.

En faisant la preuve de sa compétence technique, EUROCAE a pu engager un dialogue sur un pied d'égalité avec la RTCA. Bernard Palayret ajoute : *« Lorsque les Américains se sont aperçus que les Européens se lançaient dans l'élaboration de normes, ils ont réalisé que s'ils y travaillaient ensemble, ces normes deviendraient mondiales. »*

L'objectif d'EUROCAE en Europe était identique à celui de la RTCA pour les Etats-Unis : faire reconnaître ses normes par les services officiels européens. Cependant la tâche était plus compliquée du fait du nombre d'Etats à convaincre, qui restaient d'ailleurs libres de définir leur politique en ce domaine. Néanmoins, de réels progrès ont été enregistrés dans l'harmonisation des textes réglementaires des deux pays d'Europe les plus concernés par les équipements de bord, la Grande-Bretagne et la France.

Jean-François Buffat, chef du département STNA/2, pouvait ainsi conclure dans un article publié en 1978 par *France Transports Aviation Civile* que *« Le plus grand mérite d'EUROCAE, au bout de ses quinze années d'existence, est d'avoir prouvé que le dialogue est possible, entre les industriels européens et américains, sur un pied d'égalité. »* ■

Léonce Lansalot-Basou, issu de l'Ecole de l'air de Salon-de-Provence, commandant d'aérodrome puis ingénieur de la navigation aérienne, fut tout d'abord chef du CCR d'Orly, puis directeur adjoint de l'aviation civile en AEF et directeur adjoint de la société internationale de télécommunications aéronautiques. Premier chef du STNA, puis directeur de la navigation aérienne de 1961 à 1971, il facilita le soutien à l'industrie française des équipements de radionavigation ainsi que la création d'organismes de promotion tels qu'EUROCAE et Sofréavia. Il fut aussi le premier conseiller aux transports auprès de l'ambassadeur de France à Washington.

Sofréavia ou l'exportation de l'ingénierie française

par Claude Labbé, d'après les mémoires de Charles Melchior

Charles Melchior (1925-2009), polytechnicien et INA 48, débute sa carrière en Afrique, d'abord à Brazzaville, puis au Cameroun en tant que délégué de l'aéronautique civile. Après un retour en France où il occupe divers postes au SGACC, il repart en 1958 à Alger comme adjoint au directeur de l'aéronautique civile. En 1962, il met en place l'Organisation de gestion et de sécurité aéronautiques de l'Algérie et du Sahara (OGSA) créée lors de l'indépendance du pays. Il quitte l'Algérie en 1965 pour devenir adjoint au directeur de la navigation aérienne, Léonce Lansalot-Basou. Il favorise alors la création de Sofréavia dont il deviendra directeur général puis président.

« Après avoir fait le tour des différents secteurs d'activité du SGAC et pris conscience de la position prépondérante de notre pays dans le domaine de l'aviation civile, juste derrière les Etats-Unis et à peu près sur le même plan que la Grande-Bretagne, j'estimais qu'il serait souhaitable de faire bénéficier les pays en développement de notre expertise et de favoriser aussi l'exportation de nos techniques et de nos équipements. »

Ainsi s'exprime Charles Melchior dans le recueil de souvenirs qu'il a consacré à Sofréavia et Sofréavia-Service. C'est vrai qu'à la fin des années soixante, l'aviation civile française occupe une place enviable sur la scène internationale. Elle dispose à l'évidence de tout un savoir faire qui peut intéresser les étrangers.

Le secrétaire général à l'Aviation civile de l'époque (1966-1970), Jacques Boitreaud, a compris la nécessité d'adapter les moyens de l'aviation civile à cette demande extérieure pour faciliter l'exportation des matériels français. D'autres Administrations ou sociétés nationales françaises, confrontées aux mêmes enjeux, ont créé des structures spécifiques, les *sofré*[1], sociétés d'économie mixte, pour exporter leurs techniques en associant l'Etat ou la maison mère à des banques et des organismes privés en principe indépendants de l'industrie du domaine concerné. Treize sofré[2] ont ainsi vu le jour entre 1957 et 1980, couvrant des domaines aussi variés que le rail ou les hôpitaux.

Les principaux obstacles levés au ministère des Finances, Charles Melchior est chargé en septembre 1968 d'étudier la constitution d'une société de ce type pour l'aviation civile. La première réunion constitutive de Sofréavia se tient le 1er août 1969 au 75 rue La Boétie (Paris 8e), dans les locaux de l'ASECNA, qui deviendront le siège de la société. A cette réunion, présidée par Louis Sanmarco, qui va devenir président de Sofréavia pour une durée de trois ans, participent Léonce Lansalot-Basou, directeur de la navigation aérienne et ardent

1. Société française d'études et de réalisation d'équipements.
2. Sofrérail, Sofrélec, Sofrégaz, Sofrétu, Sofrécom, Sofréavia, Sofréposte, Sofratev, Sofremer, Sofratome, Sofréavia-Service, Hôpitaux de France, Sofrémi.

Le capital de Sofréavia

40 %	Etat
10 %	ADP
5 %	CCCE[1]
7,5 %	BNP
7,5 %	Indosuez
7,5 %	Crédit Lyonnais
7,5 %	Paribas
7,5 %	Société Générale
7,5 %	BFCE[2]

1. Caisse centrale de coopération économique.
2. Banque française du commerce extérieur.

défenseur du projet, Charles Melchior, futur directeur général, ainsi que différents représentants de l'Etat et des banques qui participent au capital de la société, fixé à 1 MF.

Entouré de Jean-Paul Servant, Gilles Dillard et du général Victor Gueguen, Charles Melchior assure le démarrage de Sofréavia. Celui-ci est largement facilité par l'appui actif du SGAC, qui met des fonctionnaires à la disposition de la société, et par celui de l'ASECNA. C'est le temps de la prospection tous azimuts.

Tout naturellement, Sofréavia prend la suite d'activités du SGAC et de l'ASECNA hors de l'Afrique francophone, en particulier le contrat de mise en service de l'aéroport de Damas que lui cède l'ASECNA. En dehors de la Syrie, les premiers contrats sont signés avec le Maroc (études portant sur divers aménagements aéroportuaires et de contrôle), l'Algérie (fournitures de pièces pour les équipements de navigation aérienne et de météorologie, assistance pour la création d'un centre de secours et de recherche, étude d'alimentation électrique de l'aéroport d'Alger) et le Portugal (étude pour l'implantation d'un T ILS pour l'Angola et le Mozambique). La coopération avec l'Algérie s'annonce prometteuse, compte tenu des relations qui existent avec les responsables de l'organisme de navigation aérienne qui a pris la suite de l'OGSA : assistance pour la création d'un service de contrôle en vol, étude d'un plan directeur de transports aériens et d'infrastructures aéronautiques. Des discussions sont également en cours avec la Tunisie (fourniture et assistance pour des travaux d'équipement d'un centre de contrôle régional), Eurocontrol (prestations pour l'expérimentation pour un nouvel équipement de contrôle), le Laos (modernisation de l'aérodrome de Vientiane), la Colombie (modernisation de l'aéroport de Medellin et avant-projet d'un nouvel aéroport) et l'Argentine (assistance pour la création d'un service de contrôle en vol).

A l'occasion d'un voyage avec Antoine Pinay et les présidents des sofré, des contacts à haut niveau sont établis en Inde, au Pakistan et au Népal. A cette liste de contacts, déjà longue, il faut ajouter le Mexique et le Cambodge. Enfin, l'avion du SGAC utilisé pour la calibration des aides radio à la navigation et à l'atterrissage est également un bon moyen pour amorcer des contacts en République Arabe Unie, au Yémen du Sud, à l'île Maurice, etc. De plus, la participation aux conférences sur l'aéronautique française organisées à l'étranger par l'ACTIM va permettre à Sofréavia de présenter ses produits et de rencontrer, en un temps très court, les principaux décideurs économiques du marché des pays visités.

L'ACTIM et l'aéronautique

L'Agence pour la coopération technique, industrielle et économique (ACTIM), née en 1968 de la fusion de l'Association pour l'organisation de stages en France (ASTEF) et de l'Association pour l'organisation des missions de coopération technique (ASMIC), a pour objectif la promotion des technologies et du savoir-faire français à l'étranger et l'aide à l'implantation des entreprises françaises. Elle regroupait dans les années soixante-dix plus de 1 700 entreprises et organismes professionnels français.

Le STNA, épaulé par le CENA et la DNA, a participé régulièrement aux missions organisées par l'ACTIM en envoyant des experts aux côtés des industriels et en apportant ainsi à la fois la caution de l'administration française et son point de vue d'utilisateur des technologies et équipements présentés. Bernard Palayret se souvient avoir participé à certains de ces colloques, dont le premier organisé en Chine, sous la présidence de Mao Tsé-Toung, alors que le pays était encore fermé aux touristes. Charles Melchior, pour Sofréavia, et Bernard Cambier, pour Thomson-CSF, ont eux aussi fréquenté les colloques de l'ACTIM[1].

Le secteur aéronautique a été un des secteurs les plus actifs de l'ACTIM. Des présentations ont eu lieu dans de nombreux pays, comme par exemple en Amérique du Sud, au Mexique, aux Philippines, en Indonésie et dans quelques pays européens. La politique de coopération du SGAC avec l'ACTIM a été très valorisante pour ses personnels et a permis à un grand nombre de collaborateurs du STNA et d'autres services de sillonner le monde pour aller présenter, aux côtés des industriels, les matériels de contrôle et de navigation aérienne en exploitation en France.

1. Pour participer à un colloque ACTIM en Grèce, Bernard Palayret et Charles Melchior ont manqué le dîner offert par le président Giscard d'Estaing pour le trentième anniversaire de la promotion de l'Ecole polytechnique dont il faisait partie, 1945.

Le centre de contrôle du Caire en cours de construction.

Les résultats des prospections entreprises au cours de la première année d'existence de Sofréavia sont révélateurs des zones de coopération future : Afrique du Nord, Amérique latine, Moyen-Orient, Asie du Sud-Est et Afrique noire.

Dès 1970, Sofréavia s'intéresse aux aéroports domestiques français, en ce qui concerne les équipements qui sont de la responsabilité des chambres de commerce. Les installations de balisage, de radiobalises, d'ILS, d'équipements de tour de contrôle et météo d'un grand nombre d'aéroports régionaux ou locaux, de Mende à Saint-Brieuc en passant par Belfort et Albi, vont représenter une part significative de l'activité de Sofréavia, de telle sorte que la société est amenée à créer le Groupement pour l'aménagement des infrastructures aéronautiques (GAIAL) afin de réaliser l'ensemble des opérations d'aménagement aéroportuaire en métropole qui ne relèvent pas du SGAC. Les syndicats réagiront, voyant là un *« risque de démantèlement de l'Administration »*. Cette activité disparaît finalement à la fin des années soixante-dix.

L'année 1973 voit la concrétisation des premiers projets étudiés par la société, la réalisation du complexe de navigation aérienne de Tunis et la mise au point des bancs de calibration en vol en Argentine. Les prospections se poursuivent : Brésil, Amérique latine, Caraïbes, Djibouti.

Charles Melchior souligne qu'il faut beaucoup de tentatives pour déboucher sur une réalisation concrète : cependant l'improbable se produit quelquefois, comme la réalisation d'un aéroport au Togo, à Niamtougou. Parfois aussi se concrétisent des opportunités que l'ancien directeur général qualifie *« d'éléphants roses »*, comme l'étude d'une base gigantesque au Qatar. Ce projet, disproportionné par rapport aux capacités de Sofréavia, nécessita une adaptation dans l'urgence de Sofréavia et faillit d'ailleurs provoquer sa disparition… Certains éléphants roses se révèlent d'ailleurs n'être que des mirages ; ce fut notamment le cas en Arabie Saoudite, où la sollicitation de Sofréavia pour la maintenance de toutes les installations aéronautiques avait comme seul but de faire pression sur Lockheed.

Il convient de souligner que les zones d'action de Sofréavia ont été en expansion continue depuis sa création. Certaines opérations importantes qui se sont inscrites dans la durée ont nécessité la mise en place de représentations permanentes :

Le radar longue portée LP 23 de Thomson-CSF et le CCR du Caire.

ainsi, en 1980, 4 agents en Indonésie, 2 au Nigéria, 2 en Algérie, 2 au Togo, 1 au Kenya et 1 au Gabon.

Au nombre des pays où des opérations de grande envergure ont eu lieu, en plus de ceux déjà mentionnés, il faut citer l'Egypte (centre de contrôle du Caire), l'Irak (aéroport de Bagdad), la Lybie dans le sillage de la vente de 100 Mirage au colonel Kadhafi et l'Indonésie où la société aura jusqu'à 7 représentants.

La liste des pays clients a évolué au gré des fluctuations politiques ou de l'évolution de la coopération de la France ; cependant Sofréavia a toujours ciblé ses actions, à l'exception des aéroports nationaux, vers les pays en développement tels que l'Afrique du Nord, le Moyen-Orient, l'Asie du Sud-Est, l'Amérique du Sud et l'Amérique centrale, les Caraïbes et bien sûr l'Afrique noire, à partir de 1976.

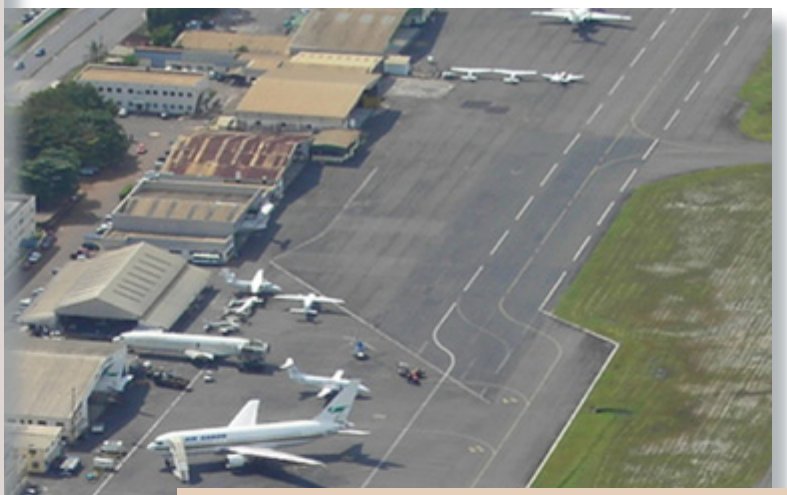
La reprise de l'équipe de coopérants en place au Burundi et au Zaïre que le ministère de la Coopération ne souhaitait plus gérer a donné l'idée de créer un organisme distinct pour mener des actions de service ; elle s'est concrétisée en décembre 1975 avec la création de la filiale Sofréavia-Service, dont Sofréavia prenait 60 % du capital, fixé à 250 000 F. Cette filiale va prendre en charge les activités de coopération, de formation et d'exploitation alors que les activités d'ingénierie et de réalisations clés en main restent du ressort de Sofréavia. Dirigée par Maurice Faunières et forte de 434 agents lors de sa création, Sofréavia-Service va œuvrer dans trois secteurs :

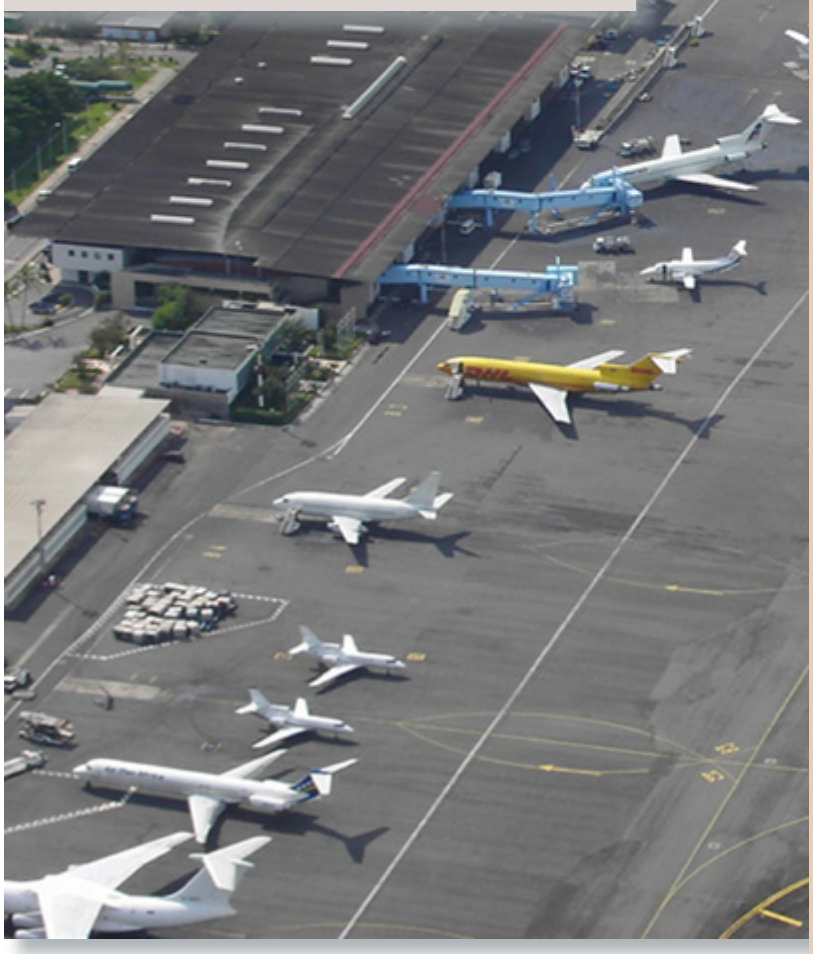
- l'assistance à l'ASECNA, dont provient la très grande majorité des personnels ;
- la coopération hors ASECNA ;
- les opérations commerciales ne relevant pas des budgets français, comme par exemple les calibrations en vol ou l'assistance météo.

Sofréavia, émanation du SGAC, s'est intéressée tout naturellement au domaine déjà très large de la navigation aérienne, centres de contrôle, aides à la navigation, bases aériennes, etc., mais la société a très vite étendu son action à d'autres secteurs. Tout d'abord la météorologie, domaine indissociable de la navigation aérienne ; les liens historiques étroits entre le SGAC et la météorologie nationale ont d'ailleurs favorisé la conclusion de contrats qui ont pris une place de plus en plus importante dans le chiffre d'affaires de la société. La diversification des

Pierre Collet, IAC 71, a effectué la majeure partie de sa carrière en Afrique. De 1977 à fin 1981, il dirige la mission Sofréavia-Service de Djibouti devenu indépendant, puis celle du Zaïre de 1981 à 1988. Directeur de la DRAC/Antilles-Guyane de 1988 à 1993, il est nommé dans le cadre d'un accord de coopération avec les autorités gabonaises directeur général de l'aéroport de Libreville, premier aéroport africain privatisé[1] et exerce les fonctions correspondantes jusqu'en 2007.

1. Le premier actionnaire de l'aéroport de Libreville étant la SEGAP (Société d'exploitation et de gestion aéroportuaire, 50 % Sofréavia-Service, 50 % aéroport de Marseille).





L'aéroport de Libreville.

Sofréavia-Service à Djibouti et au Zaïre, par Pierre Collet

« Sofréavia-Service a été chargée lors de l'indépendance de Djibouti en juin 1977 d'assurer dans le cadre de la coopération franco-djiboutienne la continuité des services de l'aviation civile dans ce pays. Dès janvier 1978 était mis en place l'établissement public "Aéroport de Djibouti", reprenant les services de la navigation aérienne, des bases aériennes et de la météorologie plus la gestion commerciale déléguée depuis quelques années à Sofréavia. Une équipe de plus de quarante expatriés constituait la "mission Sofréavia-Service".

L'africanisation a été immédiatement engagée avec la formation de techniciens djiboutiens, en étroite coopération avec l'ENAC, selon un programme spécifique et accéléré. Les équipements français ont été maintenus et renouvelés. Le premier IAC djiboutien, après avoir passé quelques années au cabinet du ministre en charge des transports, prendra la direction générale d'Aéroport de Djibouti à la fin des années quatre-vingts, alors que l'africanisation des postes était quasiment terminée.

Une autre opération déjà engagée au Zaïre auprès de la Régie des voies aériennes fut démultipliée dès 1981 avec la mise à disposition de la RVA de plus de quarante experts dans tous les domaines : direction générale, aéroport de N'Djili, aéroports de Goma, Kisangali et Lubumbashi. Avec un support financier conséquent du ministère français de la Coopération, l'exploitation technique et la sécurité aérienne furent mieux assurées tout au long des années quatre-vingts, tout comme la formation des personnels zaïrois sur place et à l'ENAC et la promotion des équipements techniques français. Cette opération se terminera malheureusement avec les événements de 1991 ou la plupart des expatriés durent quitter le Zaïre.

Il faut également citer dans la région et pour la même période des opérations significatives de Sofréavia et Sofréavia-Service sur les aéroports de Goma (Zaïre), Kigali (Rwanda), Bujumbura (Burundi), Dar-es-Salaam (Tanzanie) et auprès de l'Aviation civile kenyane, sans oublier les calibrations radio avec l'assistance de l'ASECNA. »

	Effectifs		Chiffre d'affaires (en MF)	
Années	Sofréavia	Sofréavia-Service	Sofréavia	Sofréavia-Service
1969-70	10		40,6	
1971	16		9,3	
1972	23		12,5	
1973	25		12	
1974	29		16,7	
1975	50	434	23,7	
1976	70	455	33,9	73,5
1977	75	437	52	85,2
1978	72	468	49	94
1979	86	442	46,3	101,6
1980	83	423	57,7	107,5
1981	90	409	79,6	123,8
1982	109	395	126	146,2
1983	108	375	126	170

Publicité Sofréavia et Sofréavia-Service en 1985.

activités a conduit Sofréavia à s'intéresser à des affaires militaires, en Algérie, en Libye et à Abou Dhabi, et même à l'étude de la construction d'un hôpital militaire à Ryad, qui toutefois ne débouchera pas. Sofréavia a eu également des activités dans la gestion d'aéroport (Djibouti) et a été impliquée dans la création de la compagnie aérienne Air Gabon.

Créée en vue d'exporter les techniques et l'expérience de l'Aviation civile française et de promouvoir le savoir-faire et les moyens mis en œuvre par le SGAC, Sofréavia d'abord, Sofréavia-Service ensuite, ont rapidement été confrontées à un environnement concurrentiel. Si, au plan international, il paraissait logique que Sofréavia affronte la concurrence, principalement des Etats-Unis ou de la Grande-Bretagne, il s'est avéré aussi que des partenaires français pouvaient dans certains projets devenir des rivaux (ADP, Thomson-CSF) et que des « prédateurs », pour reprendre l'expression de Charles Melchior, pouvaient arriver sur des marchés où Sofréavia aurait pu se croire à l'abri de concurrents français (formation, équipements météo).

En une dizaine d'années d'existence, Sofréavia a beaucoup progressé. Pour faire face à l'augmentation des activités, son capital a été porté à 4 MF en 1983 ; ses effectifs atteignaient alors 109 personnes et ses locaux se sont étendus de 200 m² rue La Boétie.

Pour le bilan, il suffit de se reporter au rapport d'enquête de décembre 1980 sur les sofré réalisé par Pierre Mayer, inspecteur général des finances. Le rapporteur se montre sévère envers les sofré, qui *« ne sont pas des alternatives viables et efficaces »*, à deux exceptions près : Sofréavia, qu'il juge la plus performante, et Sofrégaz. Pierre Mayer considère que Sofréavia et Sofréavia-Service sont *« un net succès, y compris quant aux retombées sur l'industrie française des équipements (le coefficient d'entraînement, c'est-à-dire le coefficient multiplicateur des opérations, est de 9, spécialement élevé). La réussite de Sofréavia est le résultat d'un savoir faire indéniable et d'une gestion rigoureuse avec une progression mesurée des effectifs en relation avec l'augmentation du chiffre d'affaires. »*

Si l'on ajoute que la Cour des comptes s'est montrée également élogieuse à l'égard de Sofréavia et de Sofréavia-Service pour leur gestion entre 1977 et 1980, on peut affirmer qu'il s'agit là de deux belles réussites françaises. ■

Proavia ou la promotion des équipements aéroportuaires

par Claude Labbé

CSEE, membre fondateur de PROAVIA.

Dès la fin des années soixante, l'industrie des équipements de contrôle commence à se restructurer sous l'impulsion du STNA. Le rachat de CSF par Thomson en septembre 1967 constitue une étape majeure, à partir de laquelle va se constituer un groupe capable de proposer tous les équipements de contrôle (radar, visualisation, traitement de l'information) et de navigation (VOR, ILS, DME) dont ont besoin les organismes chargés d'assurer les services de navigation aérienne. Grâce à sa dimension et à la qualité de ses produits, Thomson-CSF pourra répondre avec succès aux appels d'offres internationaux et devenir un des leaders mondiaux dans les domaines des systèmes de contrôle de la navigation aérienne, des radars et des aides à la navigation et à l'atterrissage.

En revanche, pour tous les autres équipements (sécurité incendie, balisage, génération électrique, etc.) que l'on retrouve sur les aéroports ou en support dans les centres de contrôle, le STNA dispose d'un grand nombre de fournisseurs, de taille plus modeste mais dont la qualité des produits, conformes aux recommandations de l'OACI et économiquement compétitifs, les rend aptes à conquérir des marchés internationaux.

Conscient à la fois du fort potentiel que ces entreprises ont à l'export et du handicap que constitue leur dimension modeste, Bernard Palayret a l'idée de créer une association qui regrouperait les industriels et dont le champ d'action couvrirait le domaine des équipements de sécurité des aéroports :

- l'ingénierie,
- les télécommunications,
- les aides radioélectriques à la navigation et à l'atterrissage,
- les radars,
- les aides visuelles,
- la sécurité incendie,
- l'alimentation électrique,
- la météorologie aéronautique.

C'est ainsi qu'en 1976 Proavia, Association pour la promotion des équipements de sécurité aérienne aéroportuaire (association de la loi de 1901), est créée à l'initiative conjointe de la direction générale de l'Aviation civile et de quelques industriels avec pour objectif de promouvoir, ensemble, le savoir-faire et la technologie des entreprises françaises à l'étranger dans le domaine aéroportuaire. On retrouve autour du STNA Sofréavia, Thomson-CSF, CSEE, UGEC, partenaires ou fournisseurs du service technique. Ces membres fondateurs sont rejoints rapidement par d'autres industriels pour couvrir l'ensemble du domaine d'action de l'association qui va compter une quarantaine de membres.

La première présidence de Proavia est assurée par Bernard Palayret, fonction qu'il a conservera après son départ du STNA et jusqu'au début des années quatre-vingts. Le STNA met à la disposition de l'association des moyens matériels, en particulier un bureau, à la cité de la Convention, et humains en la personne de Charles Lataillade qui occupera le poste de délégué général pendant de très nombreuses années. Après son démarrage, l'association bénéficie du soutien du ministère de l'Industrie qui lui alloue une subvention de 500 000 F.

Interrogé en 1978 par Jean-Yves Savina sur la genèse de Proavia, Bernard Palayret précisait : *« Proavia, comme son nom ne l'indique pas forcément, est une association pour la promotion à l'exportation des équipements de sécurité aérienne aéroportuaire. Il est très utile d'insister sur ce dernier adjectif, qui définit clairement les limites de Proavia.*

Le domaine de sécurité aéroportuaire est, de façon simpliste, celui qui complète la partie génie civil et commerciale de l'aéroport mais aussi la circulation aérienne « en route » : s'il fallait caractériser, toujours de manière schématique, le domaine des équipements aéroportuaires, on pourrait dire que c'est un domaine beaucoup plus diversifié que l'en route, qui va

La couverture du catalogue 1978 de Proavia.

de la voiture de pompiers au véhicule d'effarouchement acoustique des oiseaux, en passant par le balisage haute intensité et la manche à vent.

Il est bien connu d'ailleurs que pour le grand public, qui dit «en route» dit radars, et il s'agit effectivement d'un domaine plus homogène qui est mieux traité globalement par un industriel.

Pour ne prendre qu'un exemple, celui de Lyon-Satolas, qui est la réalisation de grande envergure la plus récente sur le territoire métropolitain en matière de construction d'aéroport, la répartition des équipements s'y est avérée extrêmement distribuée, au point que les dépenses pour le balisage y ont été de trois à quatre fois plus élevées que les dépenses pour les aides radioélectriques. »

Les premières actions de Proavia vont consister en des actions de communication externe sur l'association et les équipements développés par les industriels français. Des plaquettes et des catalogues bilingues (français-anglais) des produits sont adressés aux attachés de l'Air auprès des ambassades étrangères à Paris, aux Administrations ou aux organismes de tutelle de l'aviation civile à l'étranger, à la presse spécialisée aéronautique où seront insérés des encarts publicitaires. Enfin, lors de la création, une conférence de presse a permis de commenter de vive voix le contenu de ces documents. Proavia va poursuivre ses opérations de relations publiques en participant à de grandes manifestations aéronautiques telles que les salons du Bourget, de Farnborough ou de Singapour. Un autre axe a été également mis en œuvre, celui consistant à coopérer avec les organismes officiels de promotion de l'industrie française à l'exportation : DREE[1], CFCE[2], ACTIM[3] (aujourd'hui appelés DGTPE[4]) et UBIFRANCE[5].

La communication interne est également développée au profit des industriels eux-mêmes (publication de bulletins, informations sur les projets en cours, carnet d'adresses, etc.). L'association assure le soutien, lorsqu'ils le souhaitent, des industriels pour la soumission d'offres ou des démarches de promotion.

La question s'est rapidement posée de savoir si les équipements de météorologie avaient leur place ou non dans le champ de compétences de l'association ; en les considérant comme des matériels de sécurité, une réponse positive a été apportée sans nécessité de modifier le périmètre d'action de Proavia. Marie Carru, actuelle déléguée générale, précise toutefois que l'activité de l'association, centrée à l'origine sur la sécurité aérienne, s'est étendue à partir de 1984 au domaine aéroportuaire au sens large.

Structure légère au fonctionnement souple, financée par des cotisations modestes et soutenue en permanence par la DGAC, Proavia a apporté une aide appréciable à l'exportation du matériel aéroportuaire français. Elle dispose désormais d'un bureau permanent en Chine. ■

1. DREE : direction des relations économiques extérieures.
2. CFCE : centre français du commerce extérieur.
3. ACTIM : voir le hors texte en page 219.
4. DGTPE : direction générale du trésor et de la politique économique.
5. UBIFRANCE : Agence française pour le développement international des entreprises.

Reims, ou l'état de l'art en 1985

Au milieu des années quatre-vingts, les moyens de radionavigation ont atteint un niveau de performances élevé. Certes, leurs principes de fonctionnement remontent à la fin des années quarante, mais les perfectionnements successifs, dûs aux nouvelles technologies, les ont rendus fiables et précis et leur nombre n'a cessé d'augmenter, facilitant la navigation et l'atterrissage sur tous les aérodromes commerciaux français.

Il en est de même pour le système de contrôle de la circulation aérienne, qui a tiré le meilleur parti d'équipements de base datant des années cinquante. Les progrès de la détection radar et de la visualisation et, surtout, l'automatisation progressive du contrôle ont doté la direction de la navigation aérienne d'un outil de qualité au service de l'usager aérien.

Pour faire face à la reprise d'une forte croissance du trafic, l'Aviation civile dispose désormais de cinq centres de contrôle : les trois anciens, Athis-Mons, Bordeaux et Aix-en Provence sont maintenant épaulés par Brest, créé en 1976 et Reims, ouvert en 1983. Reims, c'est le dernier centre, à la genèse à la fois difficile et remarquable ; c'est aussi la vitrine de toutes les évolutions techniques des quarante années écoulées et de l'état de l'art en 1985 ; c'est enfin le visage nouveau de l'Aviation civile, contemporain de l'Airbus 310 et des terminaux 2A et 2B de Roissy.

Le CRNA/Est, construit en périphérie de la ville de Reims, est situé au premier plan sur la photo.

Le CRNA/Est, vitrine du STNA et de l'industrie française

par Claude Labbé, avec le concours de l'équipe de Reims

L'accroissement du trafic aérien, au début des années soixante-dix, se traduit par la nécessité d'augmenter de façon importante la capacité des centres de contrôle français, notamment celui du CRNA/Nord, implanté à Athis-Mons, en région parisienne. La délégation de contrôle au centre radar de Bretagne, à Brest, précurseur du futur CRNA/Ouest, de même que les aménagements des salles de contrôle et technique en cours sur le site d'Athis-Mons, ne sont pas en mesure d'absorber les prévisions d'augmentation du trafic attendu pour les décennies à venir.

Jean-Lévêque évoque son temps à la tête de la DNA, marqué par la décision de créer un cinquième centre à Reims.

« Quand j'ai été nommé directeur de la navigation aérienne, il y avait trois centres de contrôle régional, Paris, Aix-en-Provence et Bordeaux, une station radar à Brest et rien d'autre. Manifestement, cela ne convenait pas, il n'y avait pas assez de postes de contrôleur, il fallait faire quelque chose sur le plan des centres de contrôle. Il y avait toutefois une solution toute prête. A cette époque, les centres Eurocontrol de Maastricht et de Karlsruhe fonctionnaient. Karlsruhe était tout proche de la frontière française, et il aurait été très facile de contrôler l'espace nord-est de la France depuis ce centre. Malheureusement ou heureusement, je ne sais pas, c'était un sujet politiquement tabou[1]*. Il n'était pas question de déléguer, même à un organisme international, le contrôle d'un espace aérien en France. Il fallait une solution purement nationale.*

Il y avait un choix à faire, on a hésité, on a fait des études. La position de beaucoup de gens, notamment du côté des personnels, était en faveur d'un énorme centre de contrôle à Paris. Je n'ai jamais pensé que c'était la bonne solution, il y a en effet une taille critique dans un centre de contrôle, il y a un moment où cela devient difficile à gérer. A partir de là, je me suis dit qu'il fallait faire quelque chose d'autre, commencer par développer la station de Brest et la transformer en véritable centre de contrôle.

Ensuite, une des choses les plus intéressantes de mon passage à la DNA est d'avoir pris la décision de construire le centre de Reims, après pas mal de difficultés. Je ne sais pas pourquoi, mais les syndicats préféraient Orléans. Pour contrôler le nord-est de la France, préférer Orléans m'a toujours étonné, j'ai donc maintenu ma position. Mais il est vrai que Reims a eu du mal à recruter ses contrôleurs.

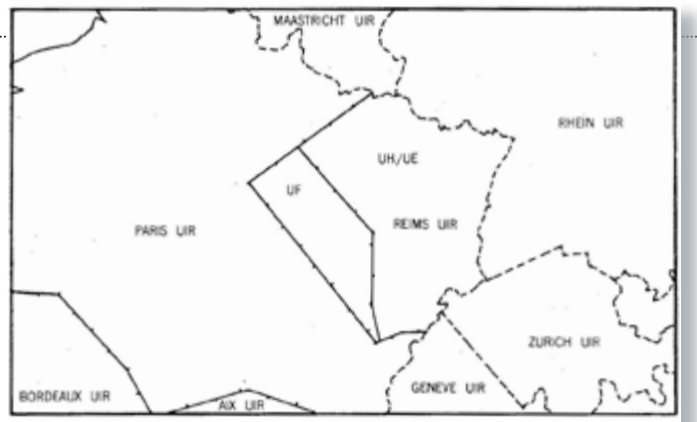
En tout cas, on a fait de gros efforts pour ce centre, pas seulement sur le plan technique, mais aussi côté vie des personnels, avec la municipalité. On avait réussi à obtenir des logements, un centre sportif, toute une série de choses pour faciliter la vie des gens et les inciter à venir. »

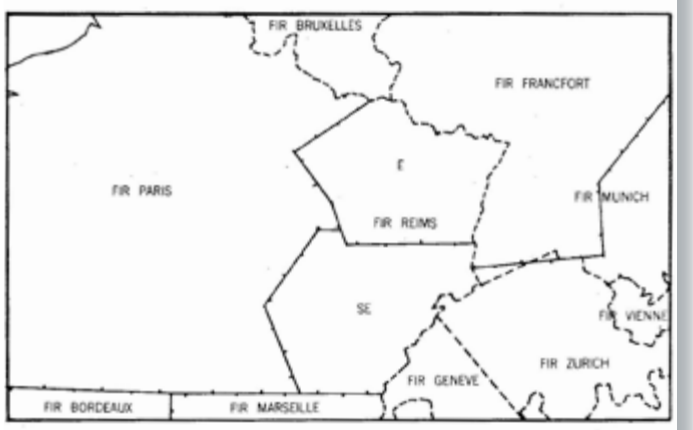
L'étude de faisabilité sur la déconcentration du système de contrôle en route que lance la direction de la navigation aérienne doit prendre en compte les objectifs suivants :

- amélioration des conditions de vie et de travail des personnels,
- limitation de l'impact des pannes partielles ou totales dans le centre,
- recherche d'une meilleure fiabilité de l'ensemble.

Après évaluation de plusieurs sites, la décision est prise en juin 1976 de créer à Reims, sur un terrain de 10 ha en périphérie de la ville, un nouveau centre de contrôle en route : le CRNA/Est, qui aura à gérer le trafic aérien du nord-est de la France en espace supérieur (UIR) et dans la zone d'information de vol (FIR) sous-jacente.

1. Eurocontrol, créé en 1963, avait pour ambition de gérer le trafic aérien en espace supérieur (UIR) des pays membres. Cet objectif, concrétisé par la création du centre de Maastricht, a été contrecarré, peu de temps après la ratification de la convention, par les gouvernements français et britannique qui ont décidé de reprendre l'entière responsabilité de la gestion de leur espace aérien pour des raisons de souveraineté nationale.





A sa mise en service, le CRNA/Est contrôle 3 secteurs en espace supérieur et 2 en espace inférieur.

Un programme ambitieux

La direction générale de l'Aviation civile a voulu que ce nouveau centre soit une référence aussi bien en matière technique qu'architecturale et faire en sorte que les conditions de travail y soient les meilleures possibles. A cette fin, l'Administration s'est assurée le concours de Jean-Louis Roubert, architecte, premier Grand prix de Rome, pour bénéficier d'idées nouvelles tout en faisant en sorte que le projet immobilier intègre toutes les contraintes humaines et techniques propres à un centre de contrôle.

Le programme de construction a été basé sur un dimensionnement du centre à 30 secteurs de contrôle pour un effectif de 900 personnes avec, au démarrage, 5 secteurs de contrôle (3 en espace supérieur, 2 en espace inférieur) et 1 secteur d'information de vol transférés du CRNA/Nord et, ensuite, une montée en charge progressive.

Dans la conception du nouveau centre, les conditions de travail et de vie des personnels ont fait l'objet d'une attention toute particulière, ce qui s'est traduit par un niveau de confort jamais atteint dans un CCR. D'autre part, les impératifs de sécurité ont été abordés avec le souci de tout mettre en œuvre pour que le centre puisse poursuivre sa mission de façon ininterrompue, en imaginant les pires scénarios, tout en essayant de minimiser les coûts d'entretien.

Reims a été conçu de telle sorte que les locaux et les équipements puissent évoluer sans perturbation pour le fonctionnement du centre, et après une étude détaillée des liaisons fonctionnelles qui a permis d'optimiser les trajets internes et de faciliter la circulation des matériels. Enfin, les mesures pour assurer la protection contre l'incendie, les intrusions et autres menaces ont été renforcées.

Une gestion exemplaire et rigoureuse du projet

Dès que la décision de créer le nouveau CRNA à Reims a été prise, la DGAC a constitué une équipe restreinte et disposant d'une grande autonomie pour piloter le projet, sous l'autorité du directeur de la navigation aérienne, Jean Lévêque.

Pour constituer cette équipe, la DNA a fait appel à des ingénieurs et des contrôleurs de grande expérience. Paul Angélini, nommé chef de projet en juillet 1976 avant de devenir le premier chef de centre, s'est s'entouré de Claude Pinchinat, adjoint au chef du service exploitation du CRNA/Sud-Ouest et de Jean-Michel Goupil, chef du service technique du CRNA/Ouest, futurs responsables des services exploitation et technique. L'équipe, d'abord installée à Athis-Mons, puis à Reims, a eu pour mission première de mettre au point les spécifications générales définissant le projet dans ses grandes lignes pour les aspects opérationnels, techniques et architecturaux. Ce travail a donné lieu à de multiples allers et retours entre les concepteurs et le futur utilisateur, représenté par l'équipe projet. Puis l'équipe a assuré la coordination et le suivi des études ainsi que la supervision sur place du chantier.

Pour ce qui est des bâtiments, Paul Angélini souligne la démarche nouvelle mise en place par la DGAC : *« L'opération a été conduite en appliquant la toute récente réforme de l'ingénierie, c'est-à-dire en plaçant à côté du service constructeur traditionnel, le service des bases aériennes, un cabinet d'architectes extérieur et, surtout, en confiant la maîtrise d'œuvre*

L'équipe projet de Reims. En haut, de gauche à droite Claude Pinchinat, Hervé Renouf, Gilles Guérizec, Guy Duty, Jean-Marc Pomeret, Isabelle Louis, Pierre Alasluquetas, Alain Bouteille ; en bas, de gauche à droite Sylvie Chambon, Emmanuèle Poulain, Jean-Michel Goupil, Paul Angélini, Ulric Guggenbühl.

des bâtiments et des espaces extérieurs à des cabinets privés, la maîtrise d'œuvre générale restant naturellement assurée par les Bases aériennes. Cette méthode a permis de respecter des délais et surtout les coûts. »

L'équipe projet s'est vue également investir du démarrage opérationnel du centre et du début de son fonctionnement. Dans ce cadre, elle a été amenée à suivre les pré-affectations des personnels d'exploitation afin que, lors du basculement, les contrôleurs du trafic aérien formés et qualifiés au CRNA/Nord sur les premiers secteurs de contrôle à transférer soient déjà installés à Reims.

C'est, à l'évidence, cette mise en place progressive du personnel qui fut la plus difficile à réaliser, du fait de ses implications sociales et professionnelles. D'ailleurs, l'armement des positions de contrôle, pendant les premiers mois d'exploitation, n'a pu être assuré que grâce au soutien de l'encadrement du service exploitation du CRNA/Nord et de contrôleurs de ce centre.

La définition et la réalisation des équipements du centre a suivi un processus impliquant en totalité l'exploitant pour la définition du besoin opérationnel et l'approbation du cahier des charges rédigé par le STNA en vue de la réalisation du matériel par un industriel. Cela a donné lieu à une coordination étroite entre l'équipe projet et les ingénieurs du STNA. Cette démarche, certes pas nouvelle, mais plus et mieux formalisée que d'habitude, avait pour objectif de garantir à l'utilisateur des matériels présentant une adéquation optimale entre les besoins exprimés et les possibilités techniques, tout en tenant compte des impératifs économiques. Le processus s'est poursuivi pendant la phase de fabrication, où toutes les modifications par rapport au cahier des charges ont été soumises pour approbation aux parties concernées.

La plupart des matériels mis en service à Reims ont été conçus et réalisés en appliquant strictement cette méthode.

Une architecture compacte

L'étude préliminaire a été menée par deux équipes d'architectes qui ont présenté deux projets totalement différents. Le projet compact, plus fonctionnel et tenant mieux compte des proximités et des contiguïtés exprimées dans le programme, a été préféré au projet linéaire prévoyant que chaque fonction (contrôle, administration, servitudes, vie) soit assurée dans des bâtiments séparés, articulés autour d'un axe de liaison.

Le CRNA/Est : une architecture compacte.

Dans le projet compact, l'architecte a imaginé un bâtiment radioconcentrique centré aussi bien en plan que dans l'espace sur la vaste salle de contrôle surplombant la salle technique. Ce parti pris s'est traduit par une salle de contrôle en forme de croix dont les branches se prolongent sur des patios ouverts en attente d'éventuelles extensions.

L'ensemble des services du centre est réparti sur deux niveaux superposés : au premier le service technique, au second le service exploitation. Une circulation primaire, rapide, entoure cet ensemble de deux niveaux.

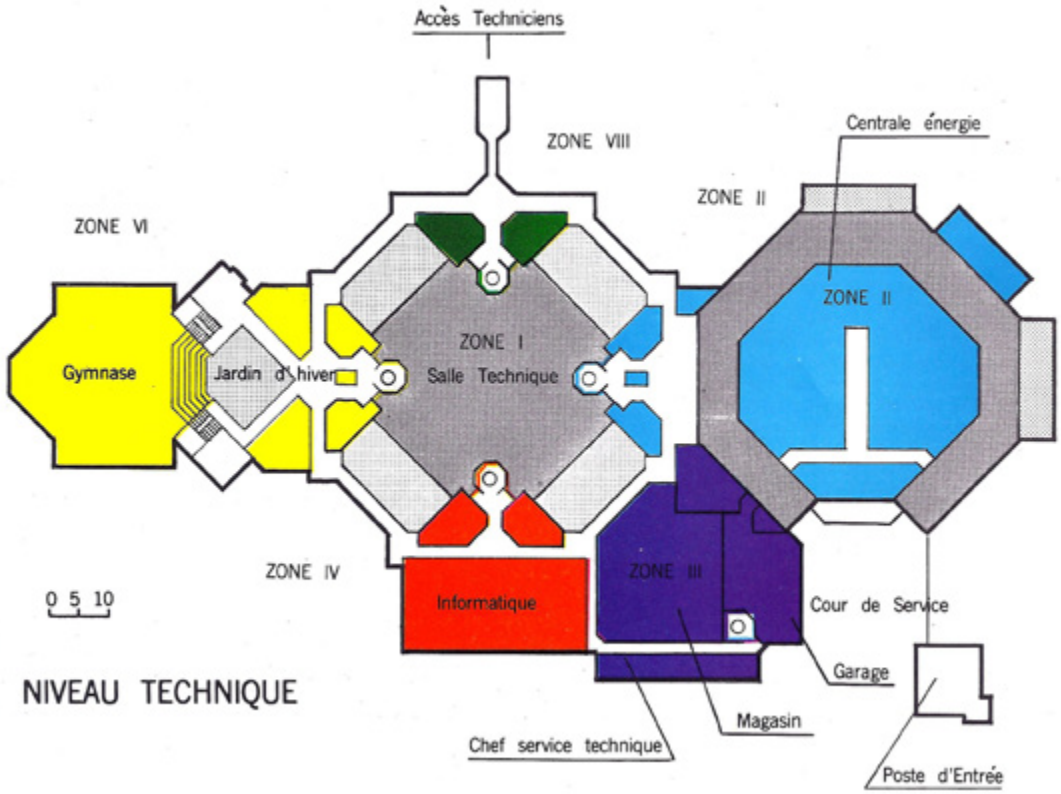
A proximité immédiate des salles de contrôle et technique sont placés l'ensemble des locaux devant être contigus à ces salles : bureau des télécommunications et de l'information en vol, détachement militaire de coordination, ingénieur de permanence opérationnelle, dépannage, maintenance opérationnelle, salle d'énergie, etc. Cette architecture a permis de conserver des distances minimales entre les différents locaux et l'ensemble salle de contrôle / salle technique.

Un soin tout particulier a été porté à la conception de la salle de contrôle, du point de vue du volume, de l'éclairage, de l'insonorisation, de la climatisation et de la protection contre l'incendie (faux plancher technique protégé par du halon). La surface des planchers a été fixée à environ 18 000 m^2 utiles.

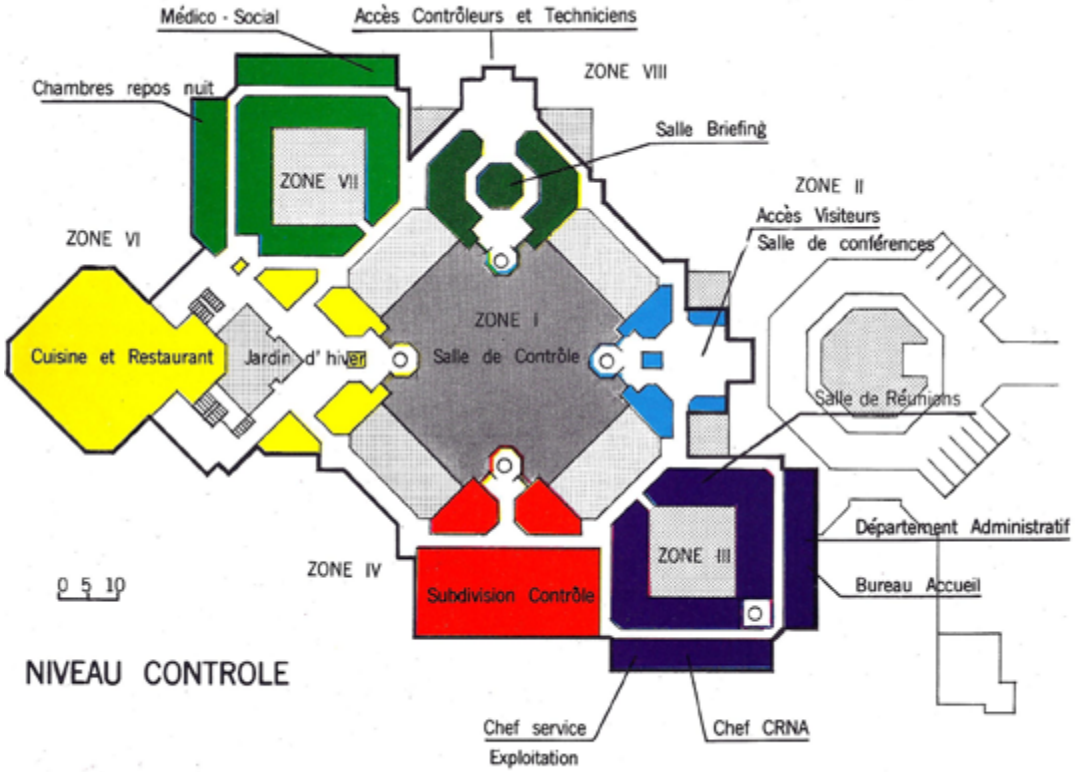
En périphérie de ce bloc compact, dans les axes de la croix, quatre blocs ont été prévus, dont deux seulement ont été construits en première tranche. Ces bâtiments abritent les bureaux pour l'encadrement, le service médico-social et les chambres de repos des contrôleurs.

Entre ces blocs de bureaux ont été intercalés les principaux services qui concourent au bon fonctionnement du centre :

- au nord, l'entrée du personnel du contrôle et technique, la salle de briefing et les vestiaires des contrôleurs ;
- à l'est, le bloc énergie et climatisation avec ses centrales thermique et frigorifique. Ce bloc est ceinturé, au premier niveau, par une route périphérique qui permet l'accès du matériel aux différents locaux de cette zone et au quai de déchargement vers la salle technique et le magasin technique. Au deuxième niveau se trouve l'accès des visiteurs ;
- au sud : au premier niveau, la salle technique et les bureaux de l'informatique ; au deuxième, les salles d'instruction pour les contrôleurs et les bureaux du service exploitation ;
- à l'ouest, le groupe vie, qui s'organise à partir d'un jardin d'hiver et abrite, au niveau supérieur, le restaurant et ses services et, au niveau inférieur, le gymnase.



NIVEAU TECHNIQUE



NIVEAU CONTROLE

L'éclairage, l'insonorisation et la climatisation de la salle de contrôle ont été particulièrement soignés.

Des conditions de vie prises en compte dans le projet.

L'environnement a été particulièrement bien traité. La partie sud, boisée, est aménagée pour les loisirs : promenades, terrains de sport. La partie nord comprend les parkings-voitures, le relais faisceau hertzien avec la station principale des liaisons radio-téléphoniques de Trigny, située à une quinzaine de kilomètres du centre et, à l'ouest de Reims, les logements des gendarmes. Enfin, la partie ouest abrite le poste de garde de la gendarmerie, chargée du contrôle des accès.

Le meilleur de la technique

La feuille de route pour la construction du centre comportait des objectifs ambitieux en termes de fiabilité des équipements et de continuité de fonctionnement du CRNA.

Pour l'énergie électrique, un raccordement au réseau EDF par deux artères à partir de deux postes source différents a été mis en place, complété par un premier secours assuré par plusieurs groupes électrogènes et par un secours ultime, basé sur des batteries permettant à elles seules le fonctionnement du centre pendant plus d'une heure.

Les liaisons filaires spécialisées longue distance ont été réparties en deux artères, complétées par une artère de raccordement au réseau téléphonique général. Par ailleurs une station

Meuble de contrôle UCE 80 : au centre le module radar, à gauche le module assistant radar et à droite le module organique. Le module assistant organique apparaît partiellement à droite du module organique.

locale émission/réception radio a été installée à Trigny, non loin du CRNA/Est, reliée au centre par faisceau hertzien assurant une très grande autonomie en ce qui concerne les communications radio.

L'installation d'une climatisation, indispensable à la fois pour la salle de contrôle et pour les équipements centraux, a été doublée et les circuits réfrigérants ont été protégés afin de garantir le fonctionnement des équipements du centre en cas de fuite hydraulique.

En ce qui concerne les équipements, il a été décidé que l'on ferait appel aux dernières technologies et qu'en matière d'automation le CAUTRA IV, radar et plan de vol (en cours de développement), serait installé.

Enfin, à l'heure où la visualisation du trafic aérien est basée sur la couverture multiradar réalisée à partir d'informations digitales en provenance de plusieurs radars déportés qui assurent la redondance des informations, il n'était plus nécessaire d'implanter un radar local, à moins de vouloir fournir aux contrôleurs l'image analogique à laquelle ils étaient habitués. Le centre de contrôle surmonté de sa traditionnelle antenne avait vécu : le CRNA/Est n'a pas eu SON radar !

Toutefois, le pas n'a pas été franchi de supprimer totalement les informations analogiques présentées sur les écrans avec un balayage tournant dévoilant progressivement les traces des avions, symbole du contrôle radar avant l'arrivée du numérique. Aussi, en l'absence de radar local, le STNA a développé un système pour reconstituer l'analogique, dénommé pseudo-analogique.

Les meubles de contrôle

Tous les meubles de contrôle sont de dernière génération UCE 80 (unité contrôle espace). Chaque unité est prévue pour être exploitée en armement complet par quatre contrôleurs (un contrôleur radar et son assistant, un contrôleur organique et son assistant) et comporte donc quatre modules sur lesquels sont répartis les matériels de façon à assurer l'exploitation la plus rationnelle possible des tâches incombant à l'équipe.

Dessin de Noël Calzaroni.

Autour des deux écrans graphique (21 " pour le module radar et 16 " pour le module organique) et des plans porte-strips, on trouve les platines radio, téléphones et alarmes ainsi que les équipements de commande (digitatron, boule roulante et clavier de fonctions, etc.) et d'affichage (téléviseur de 38 cm, diapositives, etc.).

La disposition des équipements sur le meuble résulte de la recherche de visibilité et d'accessibilité optimales des outils mis à la disposition des contrôleurs. En outre, le meuble type a été adapté pour tenir compte de l'architecture de la salle et de la solution d'éclairage retenue. Une casquette a été fixée à la partie haute de l'avant du meuble, dont le but est d'uniformiser et réduire l'intensité d'éclairement au niveau du plan de travail, des strips et des écrans.

En addition des six UCE 80 prévues pour la première phase d'équipement du centre, six autres meubles spécialisés seront mis en place : secteur d'information de vol (SIV), détachement militaire de coordination (DMC), centre d'essais en vol (DER), responsable de zone (RDZ), chef de salle (CDS) et position simulation-pilote.

Les UCE-SIV, DMC, DER et simulation sont dérivées des unités de contrôle et composées de deux à quatre modules suivant les positions. L'équipement de ces positions est adapté à leurs fonctions.

Les positions responsable de zone et chef de salle ont fait l'objet d'une étude particulière afin de concilier l'ergonomie du poste de travail et le design. Elles sont composées respectivement de six et huit modules et ont une instrumentation constituée de moniteurs TV avec poste d'entrée, de platines téléphoniques de sécurité et d'un poste d'entrée CAUTRA IV.

La chaîne radio

La chaîne radio du CRNA/Est a une capacité de 80 postes opérateurs et 80 fréquences. Cet équipement d'une nouvelle génération, géré par microprocesseur, a comme particularité de permettre au contrôleur de sélectionner 8 fréquences de sa position (16 sur les positions de regroupement), l'affichage des fréquences sélectionnées se faisant en clair sur la position. L'affectation des fréquences aux postes opérateurs est dynamique.

Associé à la chaîne radio, un système de télécommande centralisé des stations d'émission-réception radio permet au service technique de surveiller ou télécommander les équipements des stations principales, normale et secours.

La station principale normale du CRNA/Est est située sur la colline de Trigny, à 12 km au nord-ouest. Elle est reliée au centre par un faisceau hertzien. Elle est constituée de deux sous-stations, une station émission intégrée pour l'UHF et la VHF pour laquelle un bâtiment a été construit, et une station réception intégrée située à 1 100 m de la station émission. Les pylônes émission et réception ont une hauteur de 55 m.

La station radio principale implantée à Trigny.

Vue générale de la salle technique.

Le téléphone de sécurité

Le téléphone de sécurité est une version modifiée des nouveaux équipements (SIGPHONE) mis en place dans les CRNA/Nord et Ouest. Il a une capacité de 100 postes et 90 lignes (extensibles à 150 postes et 120 lignes). Les améliorations portent à la fois sur l'utilisation par les opérateurs et sur l'exploitation du système rendu plus performante et plus souple.

L'automatisation et ses périphériques

Le centre de Reims a été le premier centre français fonctionnant sans radar local, donc sans l'image analogique habituelle disponible dans les centres, image locale qui constituait un secours ultime. L'image radar de Reims, entièrement synthétique, dépend donc totalement des radars déportés et des traitements locaux. Redondance et fiabilité ont été au centre de la conception des systèmes et des choix des équipements.

Les calculateurs

Le système de nouvelle génération CAUTRA IV est composé de cinq calculateurs Mitra 525. La fonction traitement radar (STR) est assurée par trois calculateurs qui traitent, dans la première phase, les radars d'Athis-Mons, Contrexéville, La Dôle et Drachenbronn. Deux calculateurs assurent la fonction traitement plan de vol (STPV) ; ils sont reliés aux CRNA/Nord et CRNA/Sud-Est, au système de traitement initial des plans de vols (STIP) ainsi qu'aux centres militaires et étrangers concernés.

Les périphériques

Les périphériques du STPV sont issus des dernières générations qui équipent les centres de contrôle français :

- digitatrons TVT 6500,
- imprimantes de strips IS 1501,
- imprimantes LX 1010.

Ceux du STR sont d'un type nouveau, VISU 670 A. Ils sont dérivés de la génération 670 et présentent des améliorations dans les domaines suivants :

- écran haute définition, affichage d'informations digitales et analogiques,

- capacité de dialogue avec le calculateur par clavier de fonctions et boule roulante,
- gestion de deux écrans par la même unité centrale (GS),
- affichage possible d'informations analogiques et digitales,
- secours ultime assuré par l'unité centrale. En cas de panne du CAUTRA, ou à la demande du contrôleur, il est possible de visualiser sur l'écran les informations en provenance directe d'un radar choisi par le contrôleur, avec un traitement simplifié (sans corrélation plan de vol, mais avec l'affichage du code transpondeur et du niveau de vol).

La chaine de distribution des informations par télévision

Cet équipement, de nouvelle génération, a été conçu autour de deux calculateurs Philips, en redondance active pour la génération d'images télévision, et d'une baie de distribution.

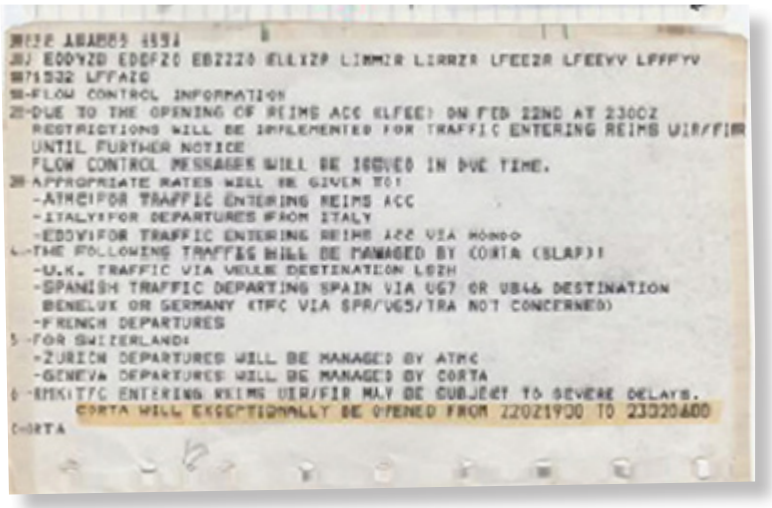
Il permet de générer 19 images différentes, 16 images synthétiques et 3 images analogiques (caméra), le contrôleur ayant à sa disposition le choix entre 12 images pré-affectées. Des claviers et des caméras permettent aux différents responsables opérationnels d'entrer des informations utiles.

Des claviers et des caméras permettent également aux différents responsables opérationnels et au superviseur technique d'entrer des informations. Ce matériel présente la particularité, outre une exploitation aisée, de donner automatiquement certaines informations de météo aéronautique.

La supervision technique

La supervision technique d'un centre de contrôle est un élément clé pour obtenir une vision claire et précise de l'état de fonctionnement de tous les équipements nécessaires aux contrôleurs pour assurer leurs missions et, lorsque nécessaire, en cas de panne ou dysfonctionnement, pour prendre instantanément les dispositions adéquates afin d'assurer la continuité du service de contrôle.

La position de supervision technique du CRNA/Est a été particulièrement étudiée pour fournir à l'ingénieur de la sécurité aérienne, en charge de la supervision, toutes les informations dont il a besoin pour assurer sa mission. Il dispose pour cela de tous les déports et alarmes des chaînes à surveiller (radar/visualisation, radio, téléphone, énergie, etc.) et des calculateurs CAUTRA. Des platines de reconfiguration et de télécommande permettent de faire les basculements normal/secours.



Message de régulation émis par la CORTA pour protéger le centre lors de son ouverture.

On trouve également sur cette position les terminaux implantés sur les positions de contrôle (écran de visualisation radar, platines radio et téléphone de sécurité, écran de télévision, etc.).

Cette position de supervision a été implantée en salle technique de façon à avoir une vue sur l'ensemble des matériels et à proximité de la salle des calculateurs. En outre, elle est entourée de cloisons vitrées lui procurant une bonne isolation phonique.

L'évaluation opérationnelle et la mise en service

Bien que seulement cinq secteurs de contrôle aient été prévus au démarrage, l'évaluation opérationnelle des équipements et des systèmes, souvent de nouvelle génération et utilisant les derniers progrès de la technique et de la micro-informatique, a revêtu une importance primordiale pour garantir à l'exploitant un produit final fiable et performant. La difficulté est venue de la complexité et de la quantité de matériels à évaluer dans un laps de temps relativement court.

Le système de visualisation radar, apportant des fonctions nouvelles comme le secours ultime (visualisation à la volée de plots radar avec le code transpondeur et le niveau de vol) ou la pseudo-analogique (visualisation de type analogique d'un radar déporté sur ligne téléphonique) a nécessité des interventions fréquentes et des reprises de programmes importantes, le tout avec des temps de réaction très rapides.

L'évaluation opérationnelle du CRNA/Est

Chaque système avait été testé indépendamment des autres ; aussi, pour évaluer le fonctionnement du centre dans son ensemble après mise en service de tous les matériels, il a été imaginé que le CRNA/Est fonctionnerait en « miroir » du CRNA/Nord pendant une période de 48 heures consécutives.

Pendant l'expérimentation, les contrôleurs de Reims ont pris fictivement le contrôle de cinq secteurs du CRNA/Nord et ont effectué les mêmes actions que leurs collègues.

La principale difficulté de l'opération a résidé dans l'intégration momentanée du centre de Reims dans le réseau CAUTRA sans gêner le contrôle du trafic aérien sur l'ensemble du territoire, tout en simulant ses relations avec les centres adjacents CRNA/Nord et CRNA/Sud-Est et le système de traitement initial des plans de vol. Ce fonctionnement en miroir a été possible grâce à l'utilisation de CLEOTRAP et aux calculateurs d'essai des autres centres.

Le basculement du centre

La continuité du service de contrôle et ses obligations de sécurité nécessitaient qu'à un instant donné la prise en charge des avions des secteurs transférés soit assurée par le centre de Reims et abandonnée par le centre de Paris.

Cela impliquait que le transfert de responsabilité soit accompagné du basculement simultané des moyens techniques mis en jeu pour assurer le contrôle : moyens radio, téléphoniques et systèmes automatisés.

Pour ce qui est de la radio, le basculement s'est effectué à l'heure H par simple transfert des lignes téléphoniques dans les antennes avancées. La station principale de Trigny assurant l'essentiel de la couverture radio étant totalement indépendante du CRNA/Nord, la mise en service s'est faite de façon classique.

En ce qui concerne les liaisons téléphoniques, il a été possible de relier le nouveau centre avec ses correspondants sans bouleverser l'infrastructure existante, et elles ont pu de ce fait être assurées avec un minimum de coordination.

En revanche, le processus concernant les systèmes informatiques a été le plus délicat. Il a fallu en effet, au moment du basculement, intervenir sur les CAUTRA des centres adjacents pour prendre en compte le CAUTRA de Reims qui assurait dorénavant la gestion des plans de vol des secteurs transférés du CRNA/Nord.

Paul Angélini se souvient particulièrement de ce basculement, car peu de temps avant la date fatidique tout faillit être remis en question :

« La mise en service du centre avait fait l'objet d'une préparation minutieuse reposant à la fois sur un protocole de vérification (recette opérationnelle) des différentes chaînes, élaboré par les services du CRNA/Est, et sur un processus de traitement du trafic aérien géré en liaison étroite avec la cellule d'organisation et de régulation du trafic aérien (CORTA).

Lors de la fixation de la date de mise en service du centre au 22 février 1983, des craintes et des réticences apparurent ici et là. A l'occasion d'une visite du directeur de cabinet du ministre des Transports, Charles Fiterman, les représentants des personnels proposèrent un moratoire visant à reculer cette date. Des doutes gagnaient aussi certaines personnes de notre hiérarchie, qui envisagèrent le transfert d'un nombre très réduit de secteurs de contrôle.

Estimant que tout était prêt, la direction du centre s'opposa fermement à cette option restrictive et sans réelle signification opérationnelle lors d'une réunion d'arbitrage dans le bureau de Louis Pailhas, directeur de la navigation aérienne. Notre cause fut entendue et la date de basculement maintenue.

L'ouverture du CRNA/Est a donc eu lieu le 22 février. Elle a débuté dès 11 heures par des essais sur quelques avions après activation des fréquences du centre émission/réception de Trigny, puis de Lyon et de Nancy. Après une dernière concertation avec les chefs d'équipe de contrôle, à minuit, les systèmes de traitement plan de vol et radar CAUTRA ont été activés.

Le vol Air France AF 1919 a été le premier avion en contact avec Reims-contrôle à 22 h 20. L'équipe de Bernard Riffault opérait cette nuit-là et celle de Pierre Grand a pris la relève. Toute l'équipe des ingénieurs de Reims était bien sûr aux commandes sur tous les postes de responsabilité, avec celles du STNA, du SCTA et du CRNA/Nord qui ont contribué à la mise en œuvre de Reims.

L'opération a été un franc succès, tout s'étant déroulé selon la planification élaborée. Dans la matinée du 23 février, nous avons reçu les félicitations du directeur général de l'Aviation civile, Daniel Tenenbaum. »

L'Airbus A 310, contemporain du CRNA/Est

Lancé en 1978, l'Airbus A 310 a effectué son premier vol le 3 avril 1982 et a été mis en service un an plus tard chez Lufthansa. Dérivé de l'A 300 B dont il reprend le fuselage sous une forme raccourcie, il se distingue principalement par une nouvelle aile au profil supercritique[1] et une avionique modernisée qui autorise un pilotage avec deux membres d'équipage.

Dans le cockpit, les instruments à cadrans et aiguilles de pilotage et de navigation ainsi que ceux de gestion des systèmes ont été remplacés par des écrans cathodiques, ce qui fait de l'A 310 un des premiers avions *glass cockpit*.

Il est la réponse d'Airbus au B 767 de Boeing qui, profitant des nouvelles normes pour le survol de l'eau et de son long rayon d'action, était seul sur le marché des avions bimoteurs transatlantiques.

Pour moderne qu'il soit, l'A 310 reste dans la continuité de la production Airbus ; il faudra attendre l'A 320 et ses commandes électriques pour assister à une rupture technologique.

1. Un profil supercritique permet de reculer l'apparition des écoulements supersoniques sur une voilure et en conséquence de voler à un Mach plus élevé. En outre, une aile avec ce profil a une plus grande épaisseur, ce qui se traduit par un gain de rigidité et des volumes plus importants pour l'emport de carburant.

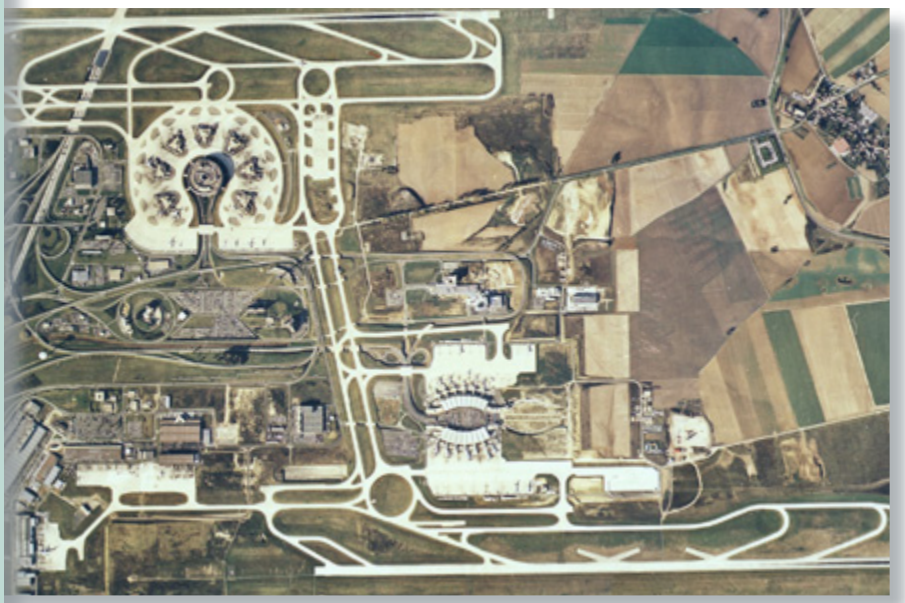
Les terminaux 2A et 2B de Roissy, contemporains du CRNA/Est

Inaugurés en 1982, les terminaux 2A et 2B accompagnent le développement de l'aéroport de Paris-Charles de Gaulle. Pour cette deuxième aérogare, l'Aéroport de Paris a choisi une conception modulaire dont les deux premiers modules sont le 2A et le 2B.

Cette nouvelle aérogare va corriger plusieurs défauts identifiés lors des premières années d'exploitation de l'aérogare 1 et dus à l'originalité du bâtiment. En effet, l'absence de grand hall au sein du bâtiment CDG 1, contrairement à d'autres aéroports plus classiques, rend son exploitation plus compliquée lors de vols en correspondance. De plus, l'embarquement à partir de satellites oblige les passagers à d'importants parcours à pied pour monter dans l'appareil, en descendre et récupérer les bagages. Enfin, cette conception ne permet aucune extension.

Cela a donc ouvert la voie à une nouvelle aérogare de conception plus traditionnelle pour les premiers terminaux 2A et 2B. De forme arrondie, séparés par une zone de parking et de voies de circulation mais reliés entre eux, les modules 2A et 2B offrent des circuits courts aux passagers pour rejoindre leurs avions. Les deux suivants, 2C et 2D, seront construits sur le même modèle et mis en service en 1993 et 1989.

Les terminaux qui suivront seront d'une conception différente, pour répondre à de nouveaux impératifs comme la sûreté ou une meilleure adaptation à la création de hubs par les compagnies aériennes.



Le général Chassey, commandant de la zone aérienne de défense nord-est et son état-major visitent le CRNA/Est.

Plaquette de présentation du CRNA/Est pour les visiteurs.

Une opération réussie

45 mois se sont écoulés entre le premier coup de pioche et la mise en service du CRNA/Est. 45 mois bien remplis où se sont étroitement imbriqués, dans un planning serré, construction du bâtiment, spécifications et réalisations des équipements techniques, installations et évaluation opérationnelle et enfin basculement des secteurs de contrôle du CRNA/Nord.

Pour Paul Angélini, *« La mise en service réussie du nouveau centre de Reims, créé intégralement sur un site géographique nouveau, est l'aboutissement d'une aventure humaine et technique qui n'a été possible que par la latitude qui a été laissée au chef de projet par le directeur général de l'Aviation civile de constituer son équipe par affinités réciproques de ses membres.*

Ainsi, avec un effectif réduit et compact mais hautement qualifié et très motivé, il a été possible de réussir les défis successifs qui se sont présentés, qu'ils aient été techniques ou humains, en réalisant pour la date de mise en service choisie la mise en place de la totalité des personnels qualifiés nécessaires[1] *et la validation opérationnelle et technique du centre.*

Il va de soi que cette opération n'avait de chance de se concrétiser qu'avec l'intervention particulièrement active de tous les services concernés de l'Aviation civile, qui avaient tous à cœur d'aboutir.

Cette opération a été aussi déterminante pour la promotion de tous les matériels fournis par nos entreprises, la plupart nouveaux, et particulièrement avancés au plan technologique.

Ainsi, le CRNA/Est a constitué une magnifique vitrine de l'industrie française des équipements de contrôle que la direction générale de l'Aviation civile, appuyée par l'équipe sur place et avec le concours de la ville de Reims, a pu présenter avec fierté aux délégations étrangères ainsi qu'aux professionnels du secteur aéronautique. »

1. L'effectif était constitué de contrôleurs affectés au CRNA/Est, mais également de contrôleurs du CRNA/Nord qualifiés sur les secteurs transférés et en mission à Reims.

Fournisseurs de l'Aviation civile cités dans l'ouvrage

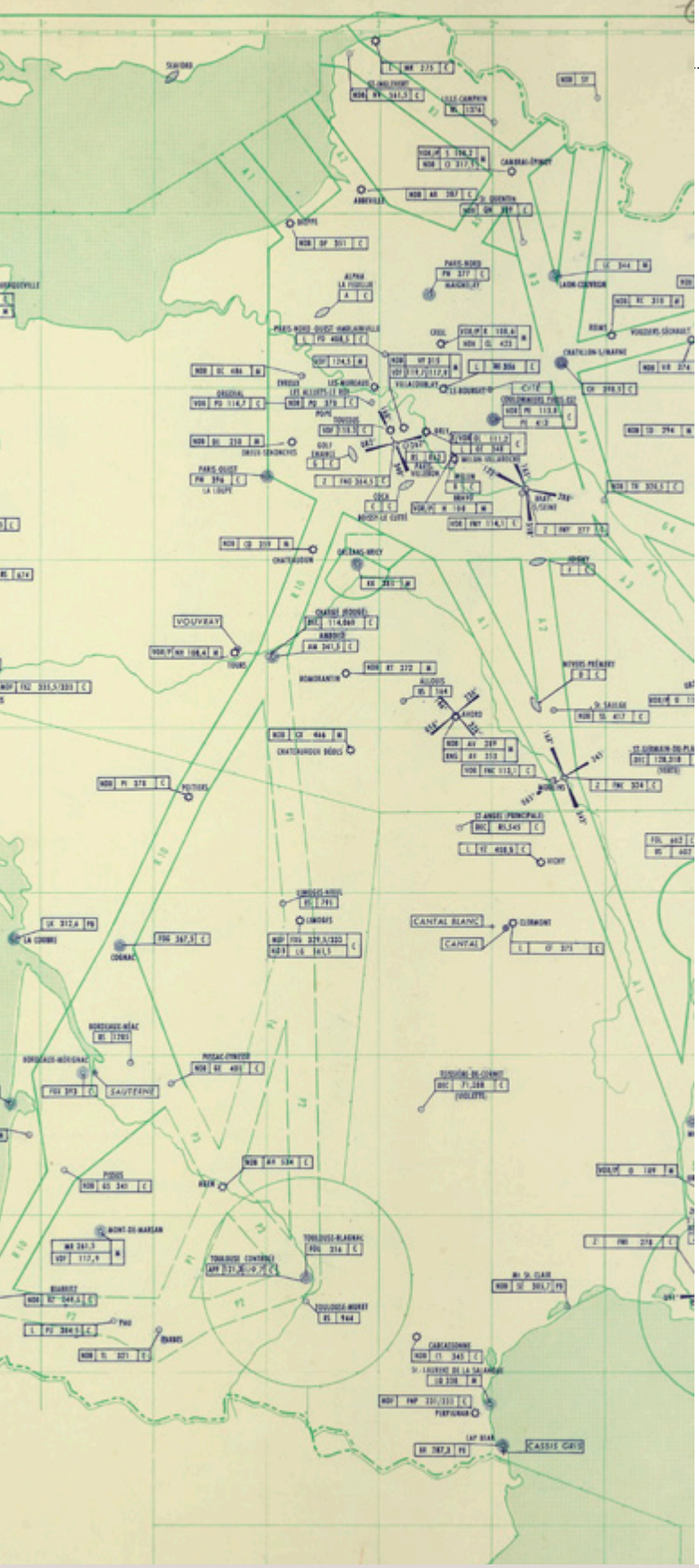
Nom	Appellation détaillée ou type d'activité	Produits ou services pour l'Aviation civile
Alcatel	Alsacienne de constructions atomiques, de télécommunications et d'électronique	Commutateurs de messages
AME	Ateliers de montages électriques (groupe CGE)	Radio, VOR, DME
BSD	Branche systèmes de détection (Thomson-CSF)	Radar
BSDCC	Branche systèmes de détection, communications et informatique (Thomson-CSF)	Radar, communication
Bull	Société française de mécanographie (puis d'informatique) Bull	Calculateur
CDC	Compagnie des compteurs	Codeur numérique pour le contrôle en vol
CFTH	Compagnie française Thomson-Houston	Radar
CGCT	Compagnie générale de constructions téléphoniques	Commutateur téléphonique
CGE	Compagnie générale pour l'équipement aéronautique	Voir AME
CII	Compagnie internationale pour l'informatique	Calculateur CAUTRA
CLES	Centre Lebel d'études scientifiques	Etudes pour le contrôle en vol
COSSOR	Société anglaise d'électronique	Radar (secondaire expérimental du CCR/Nord)
CSEE	Compagnie des signaux et d'entreprises électriques	Système téléphonique de sécurité, équipement électrique
CSF	Compagnie générale de télégraphie sans fil	Radar, visualisation radar, ILS
DECCA	Société anglaise d'électronique	Radar, système de navigation hyperbolique
DIGIDATA	Société américaine d'électronique	Enregistreur magnétique digital
DRS	Division radar-sol (Thomson-CSF)	Radar
ECA Automation	Société de développement de logiciel (rachat par Thomson-CSF en 1970)	Développement logiciel radar (CAUTRA IV)
EGET	Entreprise générale d'équipement et de travaux	Installation banc de contrôle en vol
Etablissements J. Graniou	Equipements électroniques et électriques, installation	Installation, meubles de contrôle Alvarez
FTR	Federal telephone and radio corporation	ILS
Gilfillan Brothers Inc.	Société américaine d'électronique	Radar (Orly, 1946)
HP	Hewlett-Packard	Calculateur (contrôle en vol)
IBM	International business machines corporation	Calculateur CAUTRA
LMT	Le matériel téléphonique	Radioélectricité, téléphone
Lorenz	Société allemande de radioélectricité	Système d'atterrissage sans visibilité « type Lorenz »
Nardeux	Société d'électronique	Radio
OMERA-SEGID	Optique, mécanique, électricité, radio pour l'aéronautique	Digitatron (première génération)
Philips	Société néerlandaise d'électronique	Commutateur de messages
Radio LL	Radio Lucien Lévy	Radio
RADIOSCIL	Société sous-traitante de SIPL (absorbée par SIPL en 1950)	Radio
RCA	Radio corporation of America	Radio
SADIR	Société anonyme des industries radioélectriques	Radio
SARAM	Société d'applications radioélectriques à l'aéronautique et à la marine	Radios de bord, VHF/UHF
SAT	Société anonyme de télécommunications	Théodolite automatique MINILIR
SEMA	Société d'économie et de mathématiques appliquées	Conseil, études
SESA	Société d'études et de systèmes d'automation	Conseil, études
SETE	Equipements électriques et électroniques, installation	Installation, meuble de contrôle Alvarez
SFENA	Société française d'équipements pour la navigation aérienne	Etudes dans le domaine des équipements de bord (horizon artificiel de secours)
SFIM	Société française d'instruments de mesure	Electronique (système multifonction de contrôle en vol)
SFR	Société française de radioélectricité (absorbée par CSF en 1957)	Radio, radar, chaîne DECCA

SINTRA	Société industrielle des nouvelles techniques radioélectriques et de l'électronique française	Visualisation radar
SIPL	Société industrielle des procédés Loth (devenue TRT en 1952)	Emetteurs/récepteurs radio
SNERI	Société nouvelle d'électronique et de la radio-industrie (filiale Thomson)	Visualisation radar
SODERN	Société d'études et de réalisations nucléaires	Imprimante de strips
STERELA	Société toulousaine d'électronique	Participation au développement du panneau d'état de l'ILS
TELERAD	Société de systèmes de télécommunication aéronautique et de radionavigation	Emetteurs/récepteurs radio, balises moyennes fréquences
Thomson	Société française d'électronique	Voir CFTH
Thomson-CSF	Société d'électronique née de la fusion de CFTH et CSF	Tous équipements de contrôle et de navigation
TRT	Télécommunications radioélectriques et téléphoniques (vendue à Thomson-CSF)	Modem, faisceau hertzien, ILM, récepteur DIOSCURES
TVT	Thomson visualisation traitement (filiale Thomson)	Visualisation radar, périphérique CAUTRA
UGEC	Entreprise spécialisée dans les équipements aéroportuaires	Balisage de piste
Wilcox	Société américaine d'électronique (rachetée par Thomson-CSF en 1988)	VOR

Principaux fournisseurs d'équipements techniques du CRNA/Est

Fournisseurs	Equipements techniques
AMAN CREUSOT-LOIRE	Groupes électrogènes
ASMAN	Enregistreurs de communication
CERME	Distribution horaire
CGCT	Autocommutateur
CSEE	Téléphone de sécurité
DATA SYSTEME	Pylône/antennes radio
DELLE ALSTHOM	Poste HT
Etablissements J. Graniou	Meubles de contrôle, installation générale
FULMEN	Batteries
MERLIN GERIN	Onduleur/automate
SAGEM	Téléimprimeurs
SEEE	Commutateurs
SEMS/CIMSA	Calculateurs CAUTRA IV
SODERN	Imprimantes
Sofréavia	Equipements
SYSECA	Logiciel
SYSTELEC	Télécommandes radio
TELERAD	Emetteurs/récepteurs VHF/UHF
Thomson-CSF (division DRS-TVT)	Visu radar et digitatrons
Thomson-CSF (division TEX)	Chaîne radio
TRT	Modems, faisceau hertzien
TVT-AGELEC	Chaîne TV

Le CRNA/Est a été équipé sous la responsabilité du service technique de la navigation aérienne, en liaison avec l'équipe projet et les sociétés industrielles concernées. L'opération s'est déroulée en trois grandes étapes : les études détaillées de 1976 à 1979, l'approvisionnement de 1979 à 1981 et l'installation de 1981 à fin 1982.



Index

A

Abraham Claude 212
Acquaviva (lieutenant) 30
Ader Clément 29
Adès Bernard 182, 183
Alasluquetas Pierre 230
Alvarez Dominique 75, 80, 148, 156, 158, 160, 166, 168, 169, 170, 212
Angélini Paul 229, 230, 238, 241
Anodina Tatiana 98
Antmann Maurice 130, 131, 133
Atzel Georges 92, 135
Aubinière Robert 202, 203, 207
Averroès Ibn Rushd 37
Azema Daniel 167

B

Baby Maurice 66
Baldino Antoine 47, 48
Barbara Georges 110, 112
Bargain Gérard 70
Barré Michel 88
Bauchet Jean-Robert 216
Baudry Henri-Georges 26, 73, 84, 154, 160, 169, 176, 178, 194, 202, 207
Benjamin Raymond 210
Bergeret (général) 43
Berle Adolf A. 209
Bidault-Caffery (accords) 17
Biancardini Pierre 62
Bisch (colonel) 123
Bisseret André 167
Blondel la Rougery Edouard 31
Blum-Byrnes (accords) 17
Boitreaud Jacques 218
Bonny Jean 65
Boubila Pierre 145
Boudier Paul 186, 188, 190
Bouteille Alain 230
Bouyssonnie Jean-Pierre 91, 93
Brenot (capitaine) 30
Brunner Gilbert 77
Buffat Jean-François 217
Bulfon A. 215
Bulin René 72, 73, 75, 77, 78, 93, 166, 168, 214, 215, 216

C

Cahuzac Robert 126
Caillet Daniel 63
Calzaroni Noël 36, 176, 235
Cambier Bernard 78, 83, 88, 92, 94, 98, 99, 219
Camhy Armand 166
Carel Olivier 28, 47, 62, 106,110, 166, 179, 195, 197, 198, 213
Carru Marie 225
Cauvin Daniel 190
Chaban-Delmas Jacques 127
Chambon Sylvie 230
Chang Kia-Ngau 209
Chanute Octave 28
Charbonnier Pierre 70
Chartier Robert 104
Chassey (général) 241
Chef Maurice 106, 212
Cheminant Roger 90, 95
Clémenceau Georges 40, 89
Collet M. 123
Collet Pierre 222
Collin Guy 120, 123, 124
Costantini Claude 210
Couzinet René 29
Crevits Pierre 166
Cronier Alain 159

D

Daurat Didier 121
Davadant Jacques-Paul 110, 114
David M. 84
Dedryvère Arnaud 102
Dekobra Maurice 142
Delol Jacques 28, 135, 137
Deneufchatel Luc 195, 196
Desindes jean-Marie 186
Dillard Gilles 219
Dixmier Raymond 160
Dopagne Jacques 213
Dubois Bernard 66, 83, 84, 85, 87, 97
Dubreuil Albert 188
Dujardin Christiane 167
Durgeat Robert 186
Duty Guy 230

E

Ehrmantraut R. 215
Emery André 89
Escarpit Robert 160
Espérou Robert 12

F

Farman Henry 12, 29
Faunières Maurice 221
Ferry Vital 40, 44, 46, 47, 48, 60
Fiterman Charles 238
Fombonne M. 166
Foresta Roger de 166, 215
Forgeot Yves 166, 215

G

Gabriel Ange-Jacques (architecte) 142
Galibert Daniel 210
Gallois Louis 77
Garnier Jean-Luc 167
Garot Jean-Marc 82, 167
Garric Jean-Pierre 104
Gaudillière 63
Gaulle Charles de (général) 13, 85
Gautier Pierre 46r
Gayffier Antonin 88, 91
Gentry Richard 17
Gibson Roy 205
Girardot Marcel 43, 47
Giraud Jean-Marie 84, 202, 204
Giscard d'Estaing Valéry 219
Gleizes Albert 210
Goldwater Barry M. 190
Gomez Alain 85, 91, 99
Goupil Jean-Michel 229, 230
Grand Pierre 238
Gras Auguste 77
Grenier Joseph 47, 49, 63, 65
Grimaud Maurice 75
Griveau Marcel 73
Gueguen Victor (général) 219
Guéna Yves 142
Guérizec Gilles 230
Guettier Michel 172
Gufflet Philippe 156, 158, 170
Guggenbühl Ulric 230
Gunther Horst 216

H

Henstchel Frttz 215
Hœrter Georges 53, 55
Hölscher E. 215
Hubert Jean 44, 45
Hymans Max 13, 14, 17, 18, 31, 209

J

Jacquot Gilbert 16

K

Kelly (général) 96
Kennedy John 215
Kadhafi (colonel) 221
Kissinger Henry 207
Klopfstein Gilbert 190

L

Labbé Claude 9, 44, 60 76, 88, 99, 120, 169, 217, 218, 224, 228
Lacombe Robert 186
Lambert Yves 26, 73, 84, 210
Lansalot-Basou Léonce 77, 81, 98, 207, 217, 218
Larribière Paul 186, 188
Latallaide Charles 224
Lauroua Pierre 40, 75, 142
Lebeau André 202, 204, 205, 207
Lemaire René 19
Leprêtre Robert 45
Lévêque Jean 84, 228, 229
Lewden Louis 126, 144
Lilienthal Otto 28, 29
Lipman Donald 93, 216
Loth William 66
Louet Jacques 195
Louis Isabelle 230
Lureau François 85

M

Maignan Georges 92, 166, 214, 215, 216
Maigret Jean 167
Maldent M. 142
Manuali Bertrand 202, 204, 205, 207
Mao Tsé-Toung 95, 219
Marey Etienne Jules 28
Martin Brian 215
Mayer Pierre 223
Mazen Henri 73
Mazier Pierre 116
Melchior Charles 65, 218, 219, 220, 223
Ménard (lieutenant) 30
Mercey Jean de 88
Mermoz Jean 29
Meunier Clément 68
Meynard Jacques 145
Michel Alban 172, 195
Millet Michel 192
Moch Jules 13, 16, 46, 47, 48
Monnier Alain 82, 83
Montel Gilbert 166
Moroni Paul 73, 75
Muller Eric 170, 172

N

N'Guyen Kim 88, 99,182, 183, 190
Nobel Jean 167
Nouhant Jacques 93, 215

O

Ollagnon Jean-François 166

P

Pailhas Louis 17, 238
Palayret Bernard 46, 67, 75, 77, 78, 79, 82, 83, 84, 86, 87, 89, 92, 95, 98, 99, 109, 216, 217, 219, 224
Parayre Jean-Paul 81
Paszkiewicz Henri 43
Peudecœur Jean 140
Peyron Michel 62, 65, 77, 78, 182, 194, 195
Pinay Antoine 219
Pinchinat Claude 229, 230
Poirot-Delpech Sophie 12
Pomeret Jean-Marc 230
Portier Henri 47
Poulain Emmanuelle 230
Presle Bernard 81, 99, 195
Printemps Alain 167

R

Redon Serge 166
Reine Marcel 13
Renouf Hervé 230
Renvoisé Ange 43, 47
Rieunier Philippe 158, 159
Riffault Bernard 238
Roland-Billecart Alain 190
Roper Albert 32, 210
Roubert Jean-Louis 229
Roumajon Georges 215

S

Saconney Jacques 41
Saint-Denis Marc de 91
Saint-Exupéry Antoine de 30, 101
Sajus Pierre 70
Sand George 142
Sanmarco Louis 218
Santos-Dumont Alberto 29
Sapin Jean-François 159
Savina Jean-Yves 142, 224
Schwartz Harvey 92
Sentein Lazare 186
Sentin Michel 190
Servant Jean-Paul 219
Sichez Paul 46
Sondt Pierre 63, 78, 215
Soward Roland 166, 215
Stern Jacques 169, 170
Swinton (Lord) 209
Symington H. J. 209

T

Taylor G. W. 215
Tenenbaum Daniel 238
Thellier Pierre 93, 216
Tirebois Raymond 123
Tissandier Maurice 142
Tricquet Jean-Bernard 166, 174

U

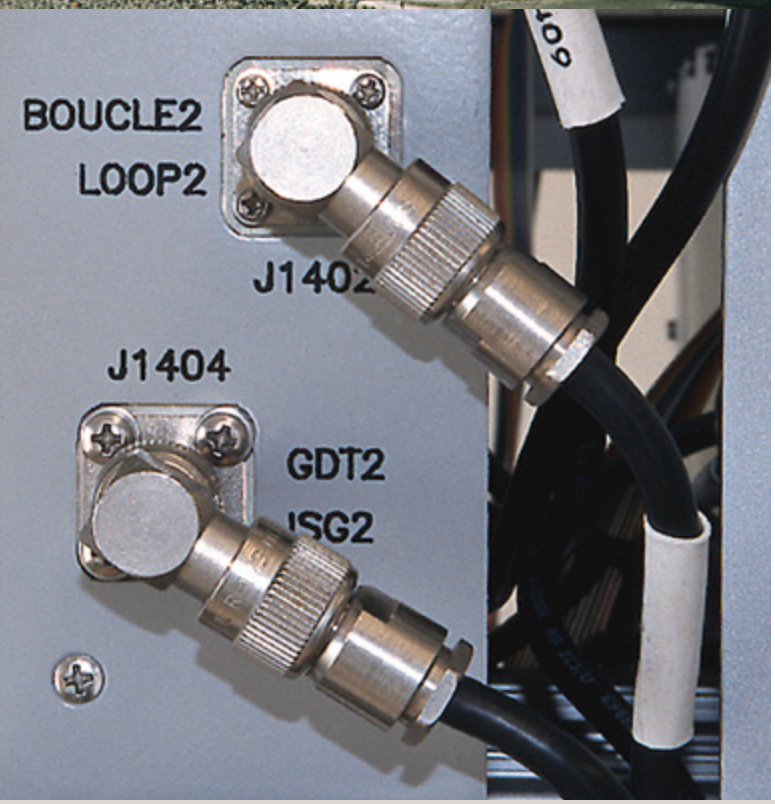
Unvoas Jacques 191

V

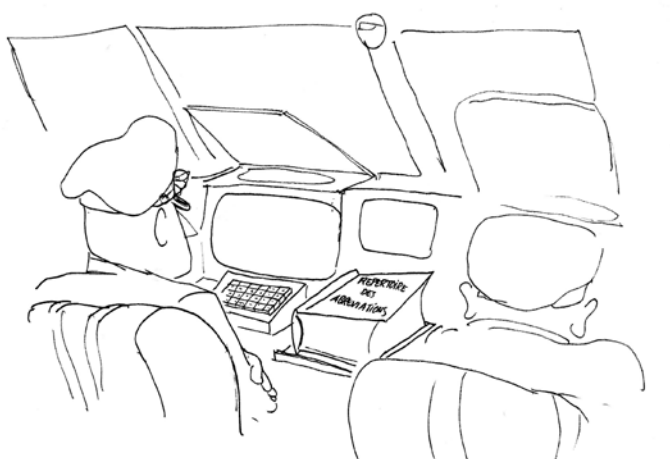
Valin Yves 167
Vanier Raymond 121
Verne Jules 28
Vienne Jacques de 18
Villa Georges 41
Villermet Georges 46
Villiers Jacques 46, 47, 60, 62, 63, 65, 75, 78, 95, 148, 156, 160, 166, 168, 169, 170, 182, 184, 195, 202, 204, 205, 207, 212
Villiez H. von 215
Villon Jacques 211
Vinci Léonard de 28, 211
Vivier Jean-François 96, 158
Vuillemot Bernard 157, 161

W

Wachenheim Michel 210
Warns O. 215
Weishaupt Gabriel 73
Whicher P. 215
Wright (Frères) 29



Glossaire



ACARS	Aircraft communications addressing and reporting system
ACTIM	Agence pour la coopération technique, industrielle et économique
ACT	Message d'activation
ACT AUTO	Activation automatique
ADISP	Aeronautical data interchange systems panel
ADP	L'Aéroport de Paris (Aéroports de Paris à partir de 1989)
ADS	Automatic dependent surveillance
AEF	Afrique Equatoriale française
AESA	Agence européenne de la sécurité aérienne
AFTN	Aeronautical fixed telecommunication network
AGDLS	Air ground data link system
AMCP	Aeronautical mobile communications panel
AOF	Afrique Occidentale française
ARINC	Aeronautical radio, incorporated
ASECNA	Agence pour la sécurité de la navigation aérienne en Afrique et à Madagascar
ASMIC	Association pour l'organisation des missions de coopération technique
ASTEF	Association pour l'organisation de stages en France
ASTRA	Application of space technic relative to aviation
ASTRE	Adapté spécialement au temps réel (langage informatique)
ASV	Atterrissage sans visibilité
ATC	Air traffic control
ATCAP	Air traffic control automation panel
ATM	Air traffic management
ATNA	Agent technique de la navigation aérienne
ATNP	Aeronautical telecommunications network panel
ATT	Atterrissage tout temps
AWO	All weather operations
AWOP	All weather operations panel
BABS	Blind approach beacon system

BCT	Bureau central des télécommunications
BDA	Banque de données aéronautiques
BPM	Batch process monitoring
C/L	Check list
CAAC	Civil aviation administration of China
CAG	Circulation aérienne générale
CAM	Circulation aérienne militaire
CARNAC	Calibration des aides radio à la navigation, à l'atterrissage et aux communications
CAUTRA	Coordinateur automatique du trafic aérien
CCITT	Comité consultatif international téléphonique et télégraphique
CCR	Centre de contrôle régional
CDG	Aéroport Charles de Gaulle
CEAC	Conférence européenne de l'aviation civile
CENA	Centre d'expérimentation (puis d'études) de la navigation aérienne
CEV	Centre d'essais en vol
CFCE	Centre de formation du commerce extérieur
CFMU	Central flow management unit
CGEDD	Conseil général de l'environnement et du développement durable
CINA	Convention internationale de la navigation aérienne
CLEOTRAP	Configuration en ligne d'évaluation opérationnelle en temps réel et de recherche d'anomalies pénalisantes
CNAM	Conservatoire national des arts et métiers
CNES	Centre national d'études spatiales
CNET	Centre national d'études des télécommunications
CNS	Communications, navigation et surveillance
COMSAT	Communication satellite corporation
CORTA	Cellule d'organisation et de régulation du trafic aérien
COT	Commission radiotechnique spéciale (OPACI)
CPL	Current flight plan
CRNA	Centre régional de la navigation aérienne
CSINA	Conseil supérieur de l'infrastructure et de la navigation aériennes
CSIRO	Commonwealth scientific and industrial organization
DACTA	Défense aérienne et contrôle du trafic aérien
DER	Détachement essais et réception
DGAC	Direction générale de l'aviation civile
DGTPE	Direction générale du trésor et de la politique économique
DH	Decision height
DMC	Détachement militaire de coordination
DME	Distance measuring equipment
DNA	Direction de la navigation aérienne
DPAG	Direction du personnel et des affaires générales
DREE	Direction des relations économiques extérieures
DTA	Direction des transports aérien
EADS	European aeronautic, defence and space company
EGNOS	European geostationary navigation overlay service
EMNAé	Etablissement métropolitain de la navigation aérienne
ENAC	Ecole nationale de l'aviation civile
E/R	Emetteur/récepteur
ESRO	European space research organization
EUROCAE	European organization for civil aviation equipment
EVS	Enhanced visual system
FAA	Federal aviation administration
FANS	Future aeronautical navigation system
FIR	Flight information region
FMS	Flight management system
FPL	Filled flight plan
FRUIT	False replies unsynchronized in time
GAIAL	Groupement pour l'aménagement des infrastructures aéronautiques
GCA	Ground control approach
GEPNA	Groupe européen de planification de la navigation aérienne
GIACRE	Groupement des ingénieurs de l'aviation civile retraités
GIFAS	Groupement des industries françaises aéronautiques et spatiales
GP	Générateur de plots
GPS	Global positioning system
GPWS	Ground proximity warning system
GS	Générateur synthétique
GSM	Global system for mobile communications
HAP	Heure d'approche prévue
HD	Hauteur de décision
HF	Haute fréquence
HSA	Holland signaal apparaten (filiale hollandaise du groupe Philips)
HUD	Head up display
IAC	Ingénieur de l'aviation civile
IEEAC	Ingénieur des études et de l'exploitation de l'aviation civile
IFF	Identification friend or foe
IGACEM	Inspection générale de l'aviation civile et de la météorologie
ILM	Independent landing monitoring
ILS	Instrument landing system
INA	Ingénieur de la navigation aérienne
INMARSAT	International maritime satellite system
INSEAD	Institut européen d'administration des affaires
ISO	International standard organization
ITNA	Ingénieur des travaux de la navigation aérienne
JADIS	Journal des aides isolées
KLM	Koninklijke luchtvaart maatschappij (Royal dutch airlines)
LAL	Lignes aériennes Latécoère
LORAN	Long range air navigation system

LTR	Langage en temps réel
LVP	Low visibility procedure
MADAP	Maastricht automatic data processing and display system
MF	Moyenne fréquence
MLS	Microwave landing system
MMR	Multi mode receiver
MNPS	Minimum navigation performance specifications
MTI	Moving target indicator
NAFEC	National aviation facilities experimental center
NAS	National airspace system
NASA	National aeronautics and space administration
NAVSEP	Navigation et separation panel
NDB	Non directional beacon
NOTAM	Notice to airmen
OACI	Organisation de l'aviation civile internationale
OCGAé	Organisme de coordination générale de l'aéronautique
OGSA	Organisation de gestion et de sécurité aéronautiques de l'Algérie et du Sahara
OPACI	Organisation provisoire de l'aviation civile internationale
OPSP	Operations panel
OTAN	Organisation du traité de l'Atlantique nord
PC	Personal computer
PLN	Plan de vol
PN	Personnel navigant
PNT	Personnel navigant technique
PPI	Plan position indicator
PROAVIA	Association française pour la promotion des équipements et des services aéroportuaires et de sécurité aérienne (ATC)
PVP	Portée visuelle de piste
RADAR	Radio detection and ranging
RITA	Réseau intégré de transmissions automatiques
RPL	Repetitive flight plan
RRC	Réseau radio de commandement
RRE	Royal radar establishment (devenu RSRE)
RSFTA	Réseau du service fixe des télécommunications aéronautiques
RSRE	Royal signal and radar establishment
RTCA	Radio technical commission for aeronautics
RVA	Régie des voies aériennes
RVR	Runway visual range
RVSM	Reduced vertical separation minimum
SAFI	Semi-automatic flight inspection
SAIRA	Système automatique d'inspection des radioalignements d'atterrissage
SAVVAN	Système automatique de vérification en vol des aides à la navigation
SCCAG	Section de coordination de la circulation aérienne générale
SCS	Signal corps set

SCTA	Service du contrôle du trafic aérien
SDEEP	Service des études économiques et du plan
SEGAP	Société d'exploitation et de gestion aéroportuaire
SFACT	Service de la formation aéronautique et du contrôle technique
SFAé	Service des fabrications aéronautiques
SGAC	Secrétariat général à l'aviation civile
SGACC	Secrétariat général à l'aviation civile et commerciale
SICASP	SSR improvement and collision avoidance system panel
SITA	Société internationale de télécommunications aéronautiques
SIV	Service d'information de vol
SMCV	Système multifonction de contrôle en vol
SNA	Service de la navigation aérienne
SNAé	Service de la navigation aérienne (avant-guerre)
SOAI	Service des organisations aéronautiques internationales
SODETRAF	Société pour le développement du transport aérien en Afrique
SOFREAVIA	Société française d'études et réalisations d'équipements aéronautiques
SPAé	Service des ports aériens
SSR	Secondary surveillance radar
STAé	Service technique de l'aéronautique
STNA	Service technique de la navigation aérienne
STPV	Système de traitement du plan de vol
STR	Système de traitement de l'information radar
STRIDA	Système de traitement et de représentation des informations de la défense aérienne
STS	Service des télécommunications et de la signalisation
STTA	Service technique des télécommunications de l'air
TACAN	Tactical air navigation
TAI	Transports aériens intercontinentaux
TCAS	Traffic alert and collision avoidance system
TEE	Trans Europe express
TSF	Télégraphie (puis téléphonie) sans fil
TWA	Trans world airlines
UAT	Union aéromaritime de transports
UCE	Unité de contrôle espace
UHF	Ultra high frequency
UIR	Upper information region
UIT	Union internationale des télécommunications
UTA	Union de transports aériens
VASIS	Visual approach slope indicator system
VCM	Visualisation de cibles mobiles
VHF	Very high frequency
VOR	VHF omnidirectional radio range
WAAS	Wide area augmentation system
X	Ecole polytechnique

Quelques définitions

Dans le texte consacré à la calibration radar (p. 137), Jacques Delol utilise un certain nombre de termes que « *les techniciens ont fait disparaître du langage des contrôleurs* ». Extraites de son *Dictionnaire de l'aéronautique*, à paraître aux éditions du Conseil international de la langue française, voici quelques définitions de ces termes désormais réservés aux techniciens.

écho mirage, ange l.m.
angel echo, angel
écho radar d'un phénomène non visible ou non identifiable.

fouillis d'échos, échos parasites, échos parasites de surface, fouillis l.m.
clutter
ensemble d'échos parasites qui apparaissent sur un écran radar en provenance de la surface terrestre ou maritime.

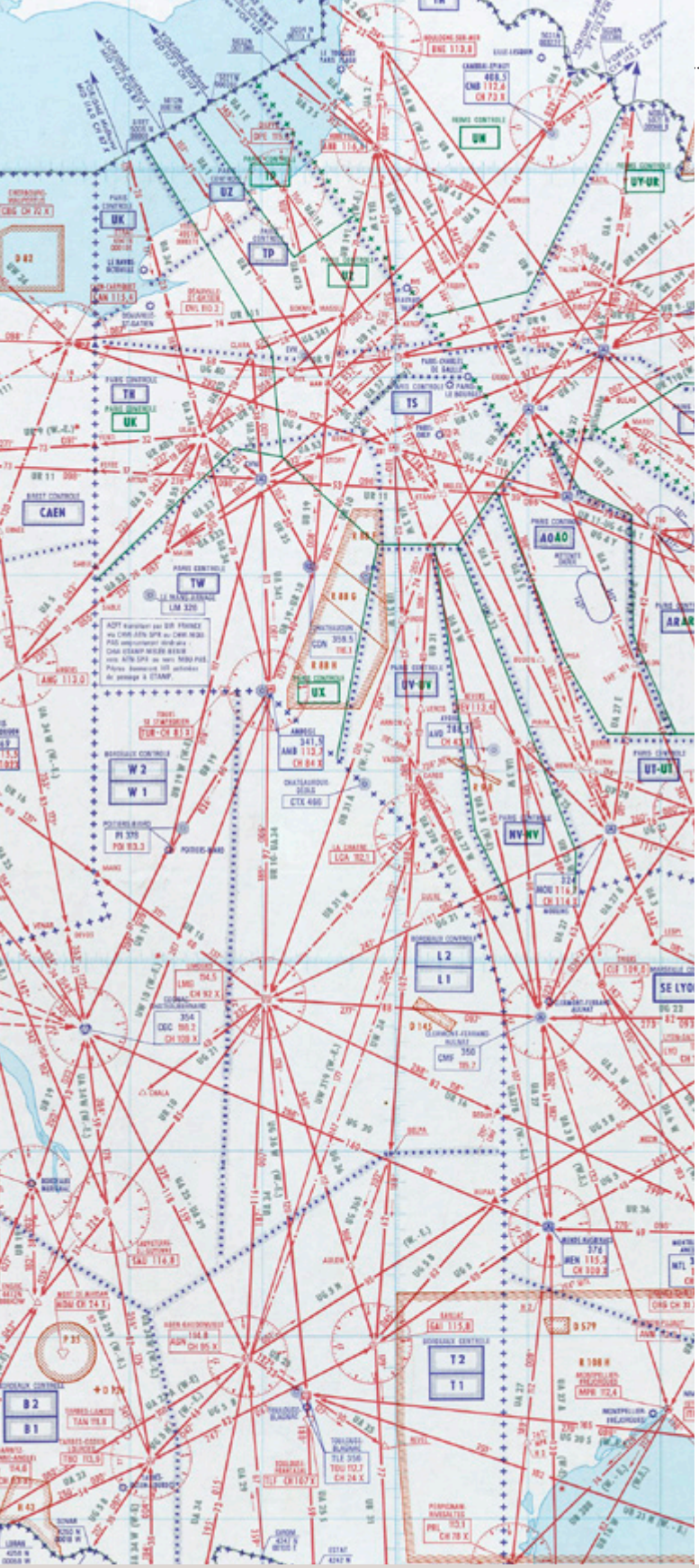
cône de silence, cône mort l.m.
cone of silence, silence cone
zone en forme de cône inversé dont le sommet est l'antenne, et dans lequel les signaux électromagnétiques émis par cette antenne sont absents. Le cône de silence est déterminé par le diagramme de rayonnement de l'antenne.

fruit, réponse asynchrone, fausse réponse n.m.
fruit, false reply uncorrelated in time, false reply from unsynchronized interrogator transmissions
dans le domaine du radar secondaire, réponse parasite de l'avion qui répond à plusieurs stations simultanément.

réponses enchevêtrées, enchevêtrement, chevauchement, chevauchement synchrone l.f.pl.
garble, garbling
réponses radar secondaire, mélangées et difficilement identifiables, de deux avions proches qui émettent simultanément.

neige n.f.
snow
brouillage d'origine électronique qui sur un écran cathodique donne l'aspect de la neige, une infinité de points blancs se mouvant sur un fond noir.

vitesse aveugle l.f.
blind speed, blind velocity
vitesse radiale d'une cible qui n'apparaît pas sur l'écran d'un radar primaire doté d'un système particulier d'élimination des échos fixes.



Bibliographie et sources

Ouvrages

Académie de l'air et de l'espace, *Les Français du ciel*, dictionnaire historique sous la direction de Lucien Robineau, le cherche midi, 2005

COMAERO, *Un demi-siècle d'aéronautique en France. L'électronique*, édité par le département d'histoire de l'armement du CHEAR, 2003

Coutaud Germain et Andlauer Louis, *La navigation aérienne*, collection « Que sais-je? », Presses universitaires de France, 1953

Ferry Vital et Lauroa Pierre, *Les ailes d'une administration*, BLEU CIEL Editions, 2011

GIFAS, *L'industrie aéronautique et spatiale française 1907-1982*, Réalisation PUBLI REAL, 1985

Gilotte Ariane, Husson Jean-Philippe, Lazerge Cyril, *50 ans d'ENAC au service de l'aviation*, SEEPP, 1999

Guirimand Raymond, *TRT 1921-1989*, réalisation ABD Le Plessis-Robinson, 1990

Hubert Jean, *Chronique de la navigation aérienne*, ENAC, 1987

La mémoire de Bordeaux-contrôle, *Les prémices et les cinq vies du CRNA Sud-Ouest*, LMBC, 2003

Lauroa Pierre, *L'aviation civile, une administration dans Paris, 1919-2009*, DGAC, 2013

Leprêtre Robert, *La radionavigation aérienne*, Charles Lavauzelle et Cie éditeurs, 1949

Maignan Georges, *Le contrôle de la circulation aérienne*, collection « Que sais-je? », Presses universitaires de France, 1991

Melchior Charles, *Bas et hauts d'une belle aventure, 30 ans de Sofréavia et Sofréavia-Service*, non publié, 2000

Mémoire de l'aviation civile/ GIACRE, *Le temps des ingénieurs de la navigation aérienne, mémoires d'outre-mer 1945-1968*, DGAC, 2010

Mémoire de l'aviation civile/LMBC/ Aérodoc, *Du morse à la souris, 60 ans de contrôle en-route*, DGAC, 2007

Meynard Jacques, *Centre régional de la navigation aérienne Sud-Ouest 1970-1990*, CRNA/Sud-Ouest, 1990

Poirot-Delpech Sophie, *Mémoire et histoires de l'automatisation du contrôle aérien*, L'Harmattan, 2009

Thirkell Philippe, *Les radars de Thalès*, volume 1, *Les radars de surface*, AICPRAT, Amicale des anciens de Thalès, 2002

Revues et périodiques

Air et Cosmos, n° 500, 1973

Air et Cosmos, nos 693 et 694, 1977

Annuaires du SGAC, 1955-1976

Aviation civile, 50 ans d'histoire, DGAC, 2001

Aviation civile, 60 ans de contrôle aérien «en-route», DGAC, 2007

Bulletin de liaison et de documentation du SGACC, nos 28, 38, 45, 48, 50, 53, 54, 56 et 64, 1947 à 1952

L'Air, « L'organisation en France du radio-guidage et de la radio-navigation », 1938

L'Air, n° 581, 1946

L'Air, n° 619, 1948

L'Air, numéro spécial du salon de l'aéronautique, 1953

Navigation (revue de l'Institut français de navigation)

Présence des retraités d'Air France, « Le réseau radio de commandement d'Air France »

Revue du SGAC, n°103, 1960

SGAC, *L'essor de l'aviation civile*, sous-secrétariat d'Etat à l'information, 1946

Fonds divers

Archives Air France

Archives de l'Aviation civile

Musée Air France

Crédits iconographiques

Tous droits réservés

Adès Bernard
183 droite.

Aéroports de Paris
127 haut, 240 (architecte Paul Andreu).

Air France
47, 180.

Air France (Archives)
16 haut gauche, 20 haut, 48, 51, 212.

Air Inter
21, 187, 191, 192.

Airbus
104 droite, 239.

Alvarez Dominique
148, 155 haut gauche et droite.

Angélini Paul
237.

Antmann Maurice
63 gauche, 130, 133, 139.

Archives DGAC
31, 42, 44 droite, 50, 53, 54, 60, 61, 71, 72, 128, 134, 141, 153, 157 droite, 205, 206.

ARINC
107 gauche.

Barbara Georges
112.

Baudry Henri-Georges
26, 150, 158, 159.

BNF/SIA
Couverture haut.

Calzaroni Noël
36, 176, 235 gauche.

Cambier Bernard
94 bas, 99.

Carel Olivier
179, 195 droite, 197 gauche, 198 droite haut et bas, 213, glossaire.

CENA
156.

Collet Pierre
222 (médaillon).

Collin Guy
120, 121 haut, 123, 124.

Coron Georges
111, 113 bas, 116.

Davadant Jacques-Paul
113 haut, 114, 115, 117.

Dedryvère Arnaud
102.

Delol Jacques
Couverture milieu centre, 28, 132, 135, 136, 137.

DGAC/Bascou Daniel
Préface.

Dubois Bernard
85.

ENAC
57.

Eurocontrol
93, 177.

Faber Dominique
75.

Ferry Vital
30 bas, 35, 40, 44 gauche.

GIFAS
10.

Goupil Jean-Michel
230, 241 haut.

Gufflet Philippe
170.

Henrard Roger/Musée Carnavalet/ Roger-Viollet
38.

Hubert Jean
78.

IGN
54.

IMMARSAT
107 droite.

La Poste
14, 30 haut.

Labbé Claude
2e et 3e de couverture, 9, 167.

Lambert Yves
210.

Lansalot-Basou Geneviève
217.

Lauroua Pierre
16 droite.

Leparoux Paul
92.

Leprêtre Robert
52 droite.

Lewden Louis
126.

Maignan Georges
214, 216.

Melchior Charles
218.

Météo-France
202.

Meynard Jacques
145.

Monnier Alain
83 haut.

Musée Air France
13, 15, 18, 24, 29 haut, 34, 45, 56 bas gauche et droite, 104 gauche, 122, 125.

Musée de l'air et de l'espace
121 bas, 204.

N'Guyen Kim
183 gauche, 190.

NASA
37, 203.

OACI
208.

Pelham Daniel
29 bas.

Peudecœur Jean
140.

Proavia
225.

Revue *airnav*
143.

Revue *Aviation Civile*
131.

Revue du SGAC
55, 65, 69.

Revue *France Transports Aviation civile*
178.

Revue *L'Air*
52 gauche haut et bas, 66, 74.

Sajus Pierre
70 haut.

SIA
81, 189.

Spotting aviation
222 (pleine page).

STAC
Couverture milieu gauche, 20 bas, 49, 77, 83 bas, 87, 100 (médaillon), 103, 110, 127 bas, 129 haut, 138, 146, 147 haut gauche, 151, 155 bas, 160, 172 droite, 174, 185, 201, 220, 226, 231, 233, 234, 235 droite, 236.

STAC/Bouvier Henri
Couverture milieu droite, 19, 67, 68, 73, 84, 100 pleine page, 129 bas, 149, 152.

STAC/Froissard Marie-Ange
98.

STAC/Maillard Jean
33.

STAC/Nëel Gilbert
70 bas, 86, 97, 188.

STAC/Paringaux Alexandre
23, 25 bas.

STNA
25 haut, 63 droite, 64, 80, 109, 118, 119, 147 haut droite, 147 bas, 153, 157 droite, 164, 173, 171, 172 gauche, 175, 195 gauche, 199, 200, 229, 232, 241 bas.

TELERAD
82.

Thomson-CSF
56 haut, 79, 89, 90, 96 droite, 193, 221.

Villa Georges
41.

Villiers Jacques
168.

Vivier Jean-François
96 gauche.

Vuillemot Bernard
157 gauche, 161, 165.

Wachenheim Michel
211.

Weygand Gérard
12.

Wikipédia
32, 58, 95.

Le temps des ingénieurs de la navigation aérienne

MÉMOIRES TECHNIQUES

1945-1985

est publié dans la collection mémoire de l'aviation civile à l'initiative du GIACRE

Coordinateur du projet

Claude Labbé

Comité de lecture

Jacques Dupaigne, Yves Lambert, Joël Vergne

Conseiller éditorial du GIACRE

Pierre Lauroa

Comité de rédaction

Bernard Adès, Dominique Alvarez, Paul Angélini, Henri-Georges Baudry, Michel Boutourlinsky, Michel Calvet, Olivier Carel, Arnaud Dedryvère, Jacques Delol, Jacques Dupaigne, Robert Espérou, Vital Ferry, René Gaudin, Philippe Gufflet, Claude Labbé, Yves Lambert, Pierre Lauroa, Jean-Pierre Leturcq, Louis Lewden, Yves Meusburger, Kim N'Guyen, Bernard Palayret, Joël Vergne, Jean-François Vivier

Auteurs

Bernard Adès, Dominique Alvarez, Paul Angélini, Maurice Antmann, Georges Barbara, Henri-Georges Baudry, Robert Cahuzac, Bernard Cambier, Olivier Carel, Pierre Collet, Jacques-Paul Davadant, Arnaud Dedryvère, Jacques Delol, Bernard Dubois, Robert Espérou, Vital Ferry, Philippe Gufflet, Claude Labbé, Yves Lambert, Pierre Lauroa, Louis Lewden, Georges Maignan, Charles Melchior, Eric Muller, Kim N'Guyen, Bernard Palayret, Jean Peudecœur, Pierre Sajus, Jean-Yves Savina, Jacques Villiers, Jean-François Vivier

Témoins

Dominique Alvarez, René Bulin, Bernard Cambier, Guy Collin, Luc Deneufchatel, Bernard Dubois, Jean-Marie Giraud, André Lebeau, Jean Lévêque, Bertrand Manuali, Alain Monnier, Louis Pailhas, Bernard Palayret, Alain Roland-Billecart, Pierre Sajus, Jacques Villiers

Collecte des témoignages oraux

Bernard Adès, Henri-Georges Baudry, René Gaudin, Claude Labbé, Yves Lambert, Kim N'Guyen, Jean-François Vivier

Recherches iconographiques

Bernard Adès, Henri-Georges Baudry, Jacques-Paul Davadant, Jacques Delol, Vital Ferry, Claude Labbé, Pierre Lauroa

Conception graphique

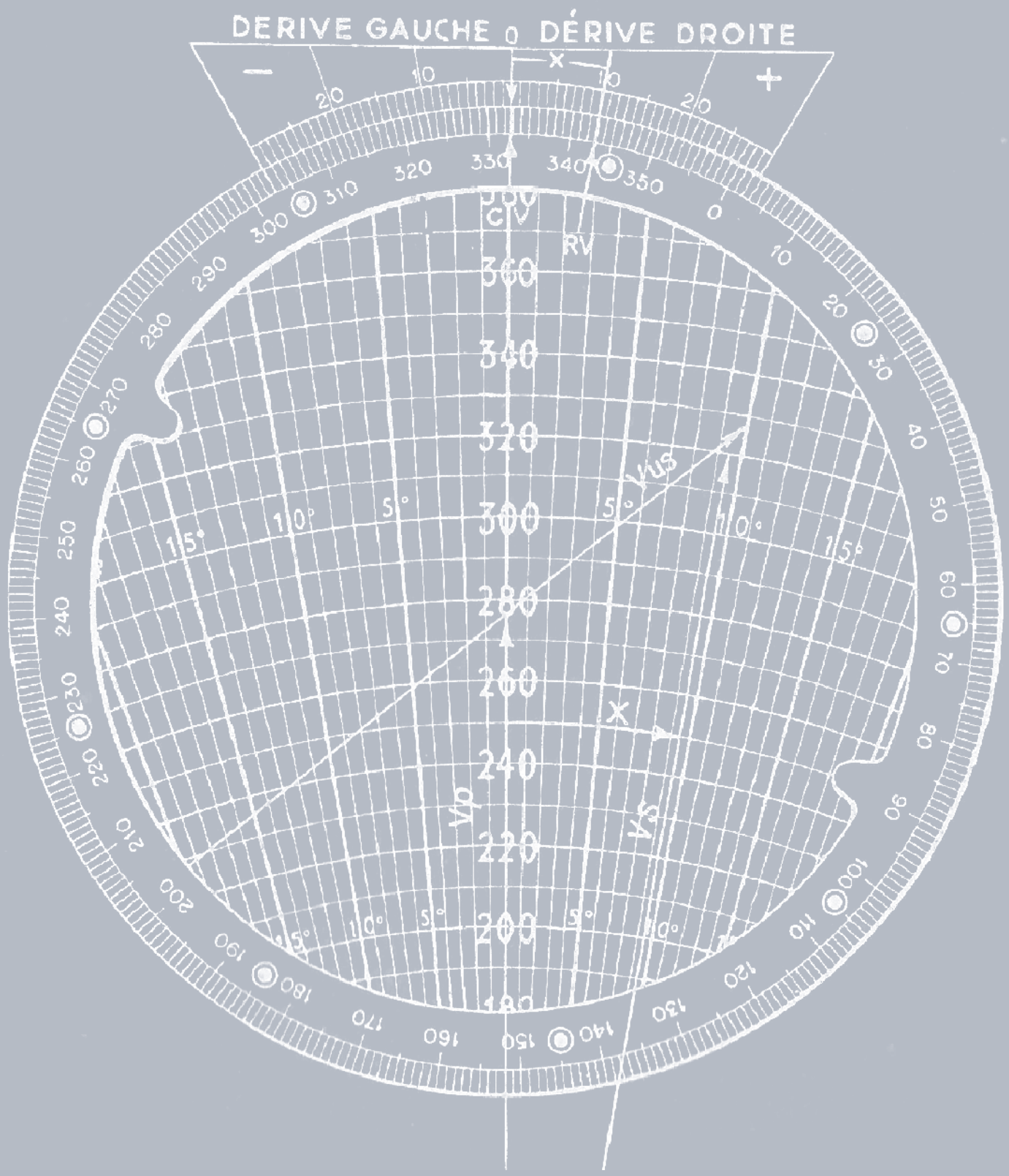
Caroline Richard

Remerciements

Aéroports de Paris
Groupement des industries françaises aéronautiques et spatiales
Institut géographique national
Mission archives de la DGAC
Musée Air France
Musée de l'air et de l'espace
Service archives d'Air France
Service de l'information aéronautique
Service reprographie de la DGAC
Service technique de l'aviation civile

Maurice Antmann, Stéfania Bator, Jean-Robert Bauchet, Robert Cahuzac, Noël Calzaroni, Liliane Capdevielle, Olivier Carel, Marie Carru, Patrick Cipriani, Luc Deneufchatel, Daniel Desormière, Dominique Faber, Marie-Ange Froissart, Maurice Georges, Ariane Gilotte, Geneviève Gléran, Jean-Michel Goupil, Bruno Grossières, Patrick Guérin, Daniel Jousse, Geneviève Lansalot-Basou, Anne Lebeau, Paul Leparoux, Roger Macé, Richard Metzger, Clément Meunier, Yves Meusburger, Jacques Meynard, Jean Napoli, Gilbert Nëel, François Paquet, Denis Parenteau, Bernard Pourchet, Ahmed Rachati, Philippe Renault, Isabelle Rossi, Raymond Rosso, Bruno Sablou, Pascal Senard, Christian Tilatti, Joël Vergne, Guy Vilquin, Bernard Vuillemot, Michel Wachenheim

Sommaire



Sommaire

Collection **mémoire de l'aviation civile**
© 2013 mission mémoire de l'aviation civile
50 rue Henry Farman 75720 Paris cedex 15
www.aviation-civile.gouv.fr

Achevé d'imprimer par
le service de l'information aéronautique

Dépôt légal : novembre 2013
ISSN : 1956-8746
ISBN : 978-2-11-138562-7
Tous droits de traduction, de reproduction
et d'adaptation réservés pour tous pays.

GIICRE
GROUPEMENT DES INGÉNIEURS DE L'AVIATION CIVILE RETRAITÉS

mémoire de l'aviation civile

Sommaire