

Panorama de la R&D dans l'ATM

Contexte national et international

Ce document ne représente que l'opinion de son rédacteur et ne saurait engager de quelque façon que ce soit la DGAC, la DSNA, la DTI ou l'ENAC, ou tout autre partie à laquelle l'auteur serait, ou serait réputé être, affilié.

Sommaire

Panorama de la R&D dans l'ATM.....	1
Contexte national et international	1
I. Un peu d'histoire	3
A) Introduction	3
B) Les débuts de l'ENAC	4
C) Le schéma directeur ENAC 2000 (1987-1991).....	5
D) Le rapport Guillaume et la réforme afférente (1991-1995).....	7
E) Une brève histoire du CENA d'avant 1990.	8
F) Le CENA et la recherche de 1987 à 1995	11
G) Les laboratoires communs ENAC-CENA et la recherche au CENA (1995-2004)	13
H) La recherche à l'ENAC (hors laboratoire commun) de 1995 à 2004	16
II. Le contexte national et international de la R&D dans l'ATM.....	17
A) La fusion CENA-STNA	17
1) Les projets développés avec (ou réutilisés par) les industriels.....	17
2) Les projets repris directement par le STNA	19
3) La fusion	21
B) La mise en place du programme SESAR	22
C) La réorganisation des opérateurs européens (hors France)	23
1) Le Royaume Uni.....	23
2) L'Allemagne.....	23
3) L'Espagne.....	23
4) Conclusion	24
D) Les Etats-Unis	24
E) La dispersion française.....	24
III. L'évolution de la structure de l'enseignement supérieur	25
A) Avant 1800	25
B) L'évolution allemande	26
C) La «révolution» française.....	26
D) «L'université impossible» (1896-1995).....	27
E) Une évolution prudente (1995-?)	27
F) Une analyse critique du système français.....	28
IV. L'organisation récente (2007-2009)	30
A) Organisation du domaine R&D de la DTI.....	30
B) Organisation de l'ENAC (2005-2009).....	33
V. Conclusion	34
A) L'ENAC.....	34
B) La DTI.....	36
Glossaire.....	38

I. Un peu d'histoire

«Le passé fournit des éléments utiles à la compréhension du présent ... Mais il n'a pas le droit de s'affirmer pour lui même.» (Georges Gursdof)

A) Introduction

Le secrétariat général à l'aviation civile et commerciale est créé dans l'immédiate après-guerre par Jules Moch, ministre des transports, et est confié à Max Hymans, qui deviendra une des grandes figures de l'aviation civile française. Le premier exemplaire du bulletin du SGACC est daté du 3 juin 1946 et les décrets sont publiés le 12 septembre 1946. Le secrétariat regroupe diverses activités liées à l'aviation civile, qui vont des bases aériennes à la météorologie. Au cours de l'année 1947, plusieurs accidents se produisent dont celui d'un Dakota qui ne parvient pas à atterrir faute de moyens de balisage adaptés. Jules Moch décide alors de la création de corps spécifiques à la Navigation Aérienne afin de mettre en place les moyens nécessaires à la sécurité du trafic.

Le décret 48-970 du 7 juin 1948 crée «*le personnel chargé de l'exploitation des aérodromes, de la navigation aérienne et des télécommunications aériennes*». Ce personnel comprend:

- *un personnel supérieur constituant le corps des ingénieurs de la navigation aérienne*
- *un personnel chargé plus particulièrement de l'exploitation constituant trois corps*
 - *Le corps des ingénieurs d'exploitation de la Navigation Aérienne*
 - *Le corps des contrôleurs de la navigation aérienne*
 - *Le corps des agents de la Navigation Aérienne*
- *Un personnel technique chargé plus particulièrement des installations des télécommunications aériennes constituant deux corps:*
 - *Le corps des ingénieurs des travaux des télécommunications aériennes*
 - *Le corps des contrôleurs des communications aériennes*

Dès le début, la Direction de la Navigation Aérienne n'a d'autre but que d'assurer la sécurité et le bon écoulement du trafic aérien. Alors qu'à la même époque les comptes rendus de la météorologie parlent dans les mêmes périodiques du nombre de publications scientifiques faites par les ingénieurs et des modèles de mécanique des fluides, la navigation aérienne ne se soucie absolument pas des problèmes scientifiques que peut poser cette activité. Elle s'en soucie d'autant moins qu'elle en ignore totalement la possible existence: quel peut-être le problème à faire circuler dans un espace immense quelques avions volant à des vitesses bien moins que soniques?

Enfin, dès l'origine, la gestion du trafic est un système monopolistique non soumis à la concurrence. La DNA est ainsi privée d'un moteur crucial pour l'innovation et la recherche.

Les problèmes qui se posent sont des problèmes d'organisation, d'équipement, de réglementations, mais là où le corps des Ponts et Chaussées doit connaître la mécanique de la résistance des matériaux, là où les premiers ingénieurs de l'armement doivent connaître la chimie des mélanges explosifs, l'ingénieur de la navigation aérienne se préoccupe exclusivement de savoir comment organiser et réglementer pour que l'on puisse «passer *demain* le trafic en toute sécurité». Tous les ingénieurs de la navigation aérienne seront formés suivant ce paradigme, au moins jusqu'au début des années 90, si ce n'est plus. En apparence, la science n'a pas sa place dans la navigation aérienne.

Il faut bien connaître ce «péché originel» pour comprendre l'évolution (ou plutôt la non-évolution) de la recherche dans la navigation aérienne au sens large.

B) Les débuts de l'ENAC

L'ENAC ouvre ses portes à Orly le 1/11/1948 mais elle est administrativement organisée par le décret 49-1205 du 28 août 1949. *«Elle a pour but d'assurer la formation du personnel navigant et sédentaire chargé de l'organisation et de l'exploitation de la navigation et de la sécurité aériennes. Elle donne deux sortes d'enseignement:*

- *Un enseignement de pratique aérienne;*
- *Un enseignement au sol.»*

Cet état de fait n'évoluera pas au cours des années. En 1960, un long article du directeur de l'école (Gilbert Manuel) publié dans le bulletin 106 du SGACC décrit dans le détail les missions de l'école. On y trouve déjà tout ce qui fait et continuera à faire la spécificité de l'école, avec la place fondamentale de la formation professionnelle, à la fois ab initio et continue. On y trouve aussi les trois axes majeurs de l'école (sic):

- *Electronique et techniques connexes: enseignement principalement orienté vers les radiocommunications et les aides à la navigation*
- *Contrôle de la circulation aérienne pris au sens large (...)*
- *Enfin navigation, opérations aériennes.*

Il faut aussi noter que le seul mot relevant du vocabulaire scientifique (dans un article d'une dizaine de pages) est celui de «laboratoire», que l'on rencontre dans la liste des moyens mis à disposition des enseignants de radiocommunication.

En 1963, une décision du premier ministre décide du transfert de l'ENAC à Toulouse, en même temps que le CNES et l'ENSA (future ENSAE). Dans le numéro 128 (1966) de la revue du SGACC, Louis Pailhas (directeur adjoint) écrit un long article décrivant la nouvelle école et en particulier les moyens:

«dans les salles de travaux pratiques seront installés des équipements techniques acquis pour aligner les moyens d'enseignement de l'école sur le Vème plan de la direction de la navigation aérienne». Plus loin: «les travaux préparatoires ont conduit à obtenir le concours de professeurs de la faculté des sciences, de l'ENSEEHT, ainsi que de certains laboratoires spécialisés, (...) la participation d'ingénieurs, de chercheurs ou de professeurs de l'ENSA et CNES».

Les pièces du puzzle sont déjà posés: à l'ENSA, à l'ENSEEHT, au CNES la recherche et les chercheurs, à l'ENAC la formation professionnelle.

En 1970, le décret 70-347 du 13 avril transforme l'école en Etablissement Public Administratif. L'article 2 fixe les missions de l'école:

Elle a pour mission principale d'assurer la formation de base et le perfectionnement des personnels des différents corps de la navigation aérienne et de différentes catégories de personnels navigants et sédentaires de l'aéronautique civile, dans les conditions précisées par arrêté du ministre des transports.

En outre, elle assure:

- *Le perfectionnement de personnels civils ou militaires relevant de différents départements ministériels appelés à mettre en œuvre des techniques d'exploitation similaires à celles de l'aéronautique civile.*
- *La formation de base et le perfectionnement de personnels français n'ayant pas la qualité de fonctionnaires, ainsi que de toutes personnes étrangères destinés à des carrières faisant appel aux mêmes techniques que celles mises en œuvre par les*

personnels des corps de la navigation aérienne.

- *Elle peut être chargée de l'organisation de certains examens et concours. Elle peut, avec l'accord du ministre des transports, entreprendre des études et des recherches.*

C'est la première mention du mot «recherche» dans les statuts de l'école.

C) Le schéma directeur ENAC 2000 (1987-1991)

En 1987, après une légère réorganisation (décret du 20 avril 1984), l'ENAC est une école de formation professionnelle pour la DGAC, les compagnies aériennes (agents d'exploitation et pilotes de ligne), les aéroports ainsi que les cadres étrangers (Afrique et Asie) de la navigation aérienne. Elle est organisée en 1987 autour de 4 départements, structurés en fonction des formations «principales» de l'école:

- Le département Circulation Aérienne (CA) forme les Officiers du Contrôle de la Circulation Aérienne (OCCA), fonctionnaires recrutés au niveau baccalauréat. Ils deviendront les Ingénieurs du Contrôle de la Navigation Aérienne en 1990, avec un nouveau recrutement niveau III (décret 90-998 du 08/11/90).
- Le département électronique (EL) forme les Electroniciens de la Sécurité Aérienne (ESA) fonctionnaires recrutés au niveau baccalauréat. Ils deviendront les Ingénieurs Electroniciens des Systèmes de la Sécurité Aérienne (décret 91-56 du 16 janvier 1991), avec un recrutement complexe (plusieurs recrutements à plusieurs niveaux).
- Le département Transport Aérien (TA) forme les Elèves Pilote de Ligne (EPL), destinés aux compagnies aériennes et recrutés au niveau mathématiques supérieures.
- Le département Enseignement Généraux s'occupe de l'enseignement des disciplines dites généralistes à l'ENAC (économie, langues vivantes, informatique, mathématiques,...), enseignements très majoritairement assurés par des vacataires.

La formation des IEEAC (Ingénieurs des Etudes et de l'Exploitation de l'Aviation Civile) est faite suivant trois spécialités qui reprennent la structure des trois départements principaux: l'option E (Exploitation Aéronautique) principalement assurée par le département CA, l'option L (électronique) assurée par le département EL et l'option T (techniques aéronautiques) assurée par le département TA. Les IEEAC sont pour partie des fonctionnaires formés pour la DGAC et pour partie des ingénieurs civils.

Les IAC (Ingénieurs de l'Aviation Civile, anciens ingénieurs de la Navigation Aérienne) recrutés à la sortie de l'Ecole Polytechnique ou de l'Ecole Normale Supérieure, suivent pendant deux ans des modules pris dans les cursus IEEAC.

Tous les départements sont sous la direction d'IAC n'ayant aucune expérience de l'enseignement universitaire ou de la recherche. On peut compter sur les doigts d'une main les enseignants permanents venant de l'enseignement supérieur, et ils sont cantonnés à des enseignements dits «généraux» de «base». Il n'y a pas de direction des études et encore moins de direction scientifique. Tout cela s'inscrit parfaitement dans l'histoire de l'école telle que nous venons de la décrire.

Mais en 1984 la loi 84-52 du 26 juillet (dite «loi Savary») introduit de nouveaux éléments. Elle stipule en effet que le service public de l'enseignement supérieur « *contribue au **développement de la recherche, support nécessaire des formations dispensées, et à l'élévation du niveau scientifique, culturel et professionnel de la nation et des individus qui la composent (...)** il comporte une activité de **recherche fondamentale ou appliquée**. L'habilitation à délivrer le titre d'ingénieur diplômé est accordée par le ministre de l'éducation nationale ou les ministres concernés après avis de la commission des titres d'ingénieurs instituée par la loi du 10 juillet 1934 relative aux conditions de*

délivrance et à l'usage du titre d'ingénieur diplômé. (...) Le service public de l'enseignement supérieur s'attache à développer et à valoriser, dans toutes les disciplines **la recherche fondamentale, la recherche appliquée et la technologie.**» Il ne s'agit là que d'un extrait. La loi Savary met un accent particulièrement fort sur la recherche, et sur la nécessité pour les écoles d'ingénieurs de mettre en œuvre une activité de recherche suffisante pour conserver leur titre d'ingénieur. Cette loi s'inscrit dans le cadre d'une évolution, voulue par le pouvoir politique, visant à rapprocher universités et grandes écoles, comme nous le verrons plus loin.

La première référence à la mise en place d'une véritable activité de recherche au sein de l'ENAC se trouve dans le projet de schéma directeur ENAC 1987-2000 (appelé aussi plan ENAC 2000), réalisé sous la direction de Jacques Villiers (ancien chef du CENA, président du conseil de perfectionnement) et avec la collaboration de Claude Frantzen (ingénieur de l'armement). La ligne d'action 4 est intitulée "Ouverture sur les activités de recherche". Il s'agit d'un plan ambitieux qui prévoit:

- 4.1 Création d'un conseil du développement scientifique et de la recherche: "*A côté du conseil d'administration, compétent en matière de gestion, et du conseil de perfectionnement, compétent en matière de formation, (...) il est nécessaire de mettre en place sur le modèle des conseils scientifiques des établissements de recherche un conseil très largement ouvert sur l'extérieur ayant pour mission d'orienter la politique de recherche de l'ENAC et d'en évaluer les résultats*". Avec comme calendrier: "*Création immédiate du conseil. Désignation d'une personnalité extérieure de premier plan pour en affiner la composition. Installation au premier semestre 1988*" (sic).
- 4.2 Mise en place d'un délégué à la recherche "*responsable global de cette politique auprès du directeur de l'établissement*"
- 4.3, 4.4 et 4.5 Identification d'une enveloppe recherche, création de bourses de recherche (calendrier "Rentrée 88: 4 bourses. Flux à la rentrée 90: 14 bourses") pour jeunes ingénieurs titulaires et fonctionnaires ("*2 affectations par an, reversées à l'issue de leur doctorat au SFACT, au CENA ou au STNA*"), affichage d'un objectif global recherche dans le plan de charge ("*La recherche est une activité à long terme et la tentation est toujours grande en cas d'insuffisance de moyens de sacrifier ce type d'activités aux urgences du quotidien*")
- 4.6 "Habilitation à diriger les recherches" (sic) Il s'agit en fait d'obtenir pour l'ENAC la possibilité de délivrer le DEA et le doctorat en sceau propre. Le vocable est mal choisi mais les rédacteurs dudit schéma directeur n'étaient pas eux-mêmes des spécialistes de la recherche.

Le 4.2 se traduit par l'affectation à l'ENAC d'un personnel de l'éducation nationale qui n'avait pas de doctorat ni d'expérience spécifique en matière de recherche (François Manneville). Les 4.1, 4.3, 4.4, 4.5 et 4.6 ne furent pas réalisés ; cependant, à compter de 1988 et jusqu'en 1994 (dates d'affectation), un certain nombre d'IAC eurent la possibilité de réaliser un doctorat en sortie d'école. Ces élèves furent recrutés à l'école polytechnique en leur expliquant la nécessité du développement de la recherche dans la DNA, et en leur indiquant explicitement la possibilité de poursuivre une carrière «orientée recherche» comme cela se faisait alors dans d'autres corps. On peut ainsi citer:

- IAC 86: Jean-Marc Alliot et Stéphane Chatty
- IAC 88: Nathalie Lenoir et Philippe Kerlirzin
- IAC 90: Frantz Dissler et Nicolas Durand
- IAC 92: Frédéric Médioni et Christian Bontemps

En ce qui concerne les IEEAC, les premières affectations pour effectuer une thèse furent tout aussi

rares.

D) Le rapport Guillaume et la réforme afférente (1991-1995)

En 1990, Gilbert Guillaume, conseiller d'État, est chargé d'une mission devant "évaluer les tâches de l'école pour les prochaines années et examiner les adaptations possibles des structures, des moyens et des méthodes de l'établissement ainsi que son statut". Le rapport Guillaume sera remis en juillet 91. En voici quelques extraits concernant la recherche à l'ENAC:

"Aucune évolution notable dans le domaine de la recherche n'a été observée depuis l'approbation du schéma directeur (...) La présence d'une activité de recherche dans une école d'ingénieurs est essentielle. (...) L'ENAC a lancé en 1987 douze opérations qui couvraient les orientations, l'organisation et les moyens de la recherche à l'école (...) Quelques travaux sont menés par des chercheurs isolés (...) Mais aucune stratégie ne peut être dégagée de ces actions (...) En outre le ministère de l'éducation nationale a refusé l'encadrement de jeunes candidats au doctorat car il n'y a pas d'enseignants chercheurs habilités à diriger les thèses. A cet égard on notera que les délibérations du conseil d'administration de 1988, 1989 et 1990, qui affirmaient la nécessité de créer de tels postes sont demeurés sans suite. (...) Le potentiel de l'école, qui est limité, ne devrait pas être dispersé. En conséquence, l'ENAC devrait d'abord identifier clairement ses domaines possibles de recherche et n'en retenir qu'un petit nombre, s'associer ensuite avec les meilleurs laboratoires ou centres d'études de ces secteurs (...) Le conseil de la recherche serait le cadre approprié pour définir cette stratégie. Sa première mission serait d'établir ou de faire établir par une équipe d'un organisme de recherche reconnu un état précis de la recherche de l'ENAC (...) la création d'une fonction de directeur de la recherche (...) devrait accompagner la mise en place du conseil de la recherche."

Le 23 décembre 91, le ministre (Paul Quilès) adresse une note au DGAC (P. H. Gourgeon). Extrait: *"La mission préconise le remplacement de l'actuel conseil de perfectionnement par deux organismes, un conseil des Études et un conseil de la Recherche."*

Le 9 juillet 92, le compte rendu du CTP DGAC note qu'il faut: *"Définir une stratégie de la recherche, en identifiant les domaines possibles de recherche et en constituant un réseau de contacts avec les laboratoires, les centres d'études, les universités, écoles et industriels concernés par ces domaines. La mise en place de structures (Directeur de la recherche, Conseil de la recherche) complèterait cette démarche."*

Le rapport Guillaume entrainera une réforme structurelle de l'ENAC (arrêté du 23 mars 1993), avec l'apparition d'une direction des études et la réorganisation des départements (disparition du département "Enseignements généraux", création des départements "Maths/info" et "Langues et sciences humaines"). Un poste d'adjoint au directeur des études, chargé de la recherche, des relations interuniversitaires et des relations internationales sera également créé. Le premier DE sera Arnaud Dedryvere (1993), et le premier DE/R, le rédacteur de ce texte. Mais on ne séparera pas direction des études et direction de la recherche comme le suggérait la lettre du ministre.

En janvier 1995, la nouvelle direction des études rédige un document **Recherche et enseignement à l'ENAC: État, situation et perspective** dont voici quelques extraits:

"Il faut admettre que rédiger un schéma directeur de la recherche à l'ENAC est une opération fort difficile. En effet, il existe dans la DGAC et à l'ENAC un nombre trop réduit de gens connaissant l'enseignement supérieur et la recherche. (...) Les différents responsables de l'école, du directeur aux enseignants en passant par les chefs de département n'ont que peu ou pas du tout de titre ou d'expérience universitaire, ni même d'expérience en matière de recherche (...) il y a des raisons historiques et pratiques à cela: une grande partie de l'activité de l'ENAC est d'assurer des enseignements à caractère professionnel très marqué (...) on peut également noter le caractère

"mono-culturel" des personnels permanents de l'ENAC qui sont issus dans leur immense majorité de l'ENAC et de la DGAC (...) Il semble indispensable de créer à l'instar d'autres organismes, un conseil scientifique. (...) Il faudrait le constituer à partir de personnalités extérieures du monde de la recherche. (...) Il faut absolument que l'ENAC dispose d'enseignants-chercheurs titulaires de l'habilitation à diriger les recherches (...) Il est beaucoup trop tôt pour que nous puissions nous permettre d'élever la voix sur la place de la recherche toulousaine. La recherche à l'ENAC passe par le partenariat avec d'autres laboratoires. (...) L'ENAC n'a ni les moyens humains ni les moyens financiers de se disperser. Il faudra savoir dans un premiers temps sacrifier certaines disciplines, malgré les efforts méritoires faits par certains dans ces domaines".

Une version "allégée" de ce texte fut présentée au conseil de perfectionnement de juillet 1995, mais aucune des propositions un peu "radicales" ne fut retenue. On ne se permit pas d'élaguer certaines branches défendues par des chefs de département, et il n'y eut pas de création d'un conseil scientifique. Les chefs de département restèrent des IAC issus de la filière professionnelle.

Fin 1995, la situation était bien différente de celle du début de la réforme prônée par le rapport Guillaume. La commission des titres d'ingénieurs était passée sans faire de remarque notable, le Directeur de la Navigation Aérienne, le chef du CENA et le responsable de la gestion du corps des IAC avaient tous changé. Les idées de la nouvelle équipe n'étaient pas nécessairement en phase avec celles de leurs prédécesseurs. Il n'y eut plus à partir de 1994 de jeunes IAC "sortie d'école" affectés pour faire des thèses.

En 1996, le DE puis le DE/R quittèrent l'ENAC, le premier pour devenir conseiller scientifique du DNA, le second pour se consacrer à plein temps au premier laboratoire commun ENAC-CENA.

La réforme structurelle des années 91-95 aurait pu et aurait dû être importante mais elle fit en fait peu évoluer l'école car on ne changea pas le personnel en place et on ne sépara pas enseignement professionnel et enseignement supérieur. Le DE, les chefs de département restèrent des agents de la DGAC revenant de poste en exploitation, n'ayant aucune expérience de l'enseignement supérieur ou de la recherche et continuant de considérer l'ENAC comme étant avant tout une école professionnelle. Les laboratoires restèrent dilués à l'intérieur de très grands départements professionnels, et restèrent ainsi marginalisés. L'intérêt de la recherche demeura, pour la majorité des responsables de l'école, de satisfaire la commission des titres d'ingénieurs, et les chercheurs restèrent pour beaucoup d'éternels étudiants incapables de «commencer à travailler» (sic).

Cette marginalisation de l'activité de recherche est certainement un des facteurs qui explique le fort taux de départ des personnels fonctionnaires formés à la recherche dans les années qui suivront. Elle explique sans doute aussi la quasi totale absence de soutenance d'HDR au sein de l'école, les structures et l'esprit y régnant ne l'encourageant pas.

La réforme qui suivit le rapport Guillaume fut une occasion manquée pour l'école, qui ne sut pas rendre ses laboratoires autonomes, ni modifier sa structure et la composition de son équipe dirigeante. Elle montre que l'augmentation du nombre d'enseignants chercheurs n'a pas forcément beaucoup d'influence sur l'état de la recherche si les structures ne sont pas adaptées.

E) Une brève histoire du CENA d'avant 1990.

La «recherche» dans l'ATM en France est indissociable de l'histoire du CENA. Le 20 janvier 1995, Sophie Poirot-Delpech soutient sa thèse de sociologie **Biographie du CAUTRA, naissance d'un système d'informations pour la circulation aérienne**. Cette biographie du CAUTRA est aussi une histoire fouillée du CENA de sa création jusqu'au milieu des années 80.

Le Centre d'Etudes et d'Expérimentations de la Navigation Aérienne (CEENA) est créé en Aout 1959 et rebaptisé derechef Centre d'Expérimentations de la Navigation Aérienne (CENA) en décembre 1959. C'est René Bulin, alors DNA, qui décide de sa création après une visite au centre

expérimental de la FAA à Atlantic City (le NAFEC, National Aviation Facilities Experimental Center, créé en 1958, devenu aujourd'hui le William J. Hughes technical center). Pour René Bulin, très investi dans la création d'Eurocontrol (dont il sera le premier directeur), le CENA doit devenir le grand centre d'expérimentations européen (l'histoire en décidera autrement). Durant l'année 59, le CENA n'a ni locaux, ni chef, ni projets à réaliser.

En 1960, la DNA connaît une réorganisation avec la disparition du Service de la Navigation Aérienne (SNAé) et la création d'une part d'entités régionales reprenant ses fonctions d'exploitation et d'autre part du Service Technique de la Navigation Aérienne (STNA) qui reprend ses attributions techniques. Le STNA est confié à Bernard Palayret et Jacques Villiers, autre grande figure du SNAé se voit confier le CENA. Suivant Sophie Poirot Delpech: *«Cette distribution correspond assez bien aux tempéraments des deux hommes mais l'inégalité du partage engendre une situation ambiguë qui n'en finira pas de se régler et suscitera périodiquement de nouveaux problèmes en réactivant la rivalité initiale avec ses composantes économique, politique, idéologique et personnelle»*. Un jeune IAC sorti de l'ENAC est affecté au CENA dès 1959. Il s'agit de Dominique Alvarez (X54) qui sera le véritable père technique du CAUTRA.

Jacques Villiers (X45) s'est intéressé très tôt à la «recherche» sur l'automatisation du contrôle qui se fait aux Etats-Unis. Dès 1957, il a exercé une action de lobbying pour que la DNA s'équipe de matériel informatique permettant de lancer le premier CAUTRA (Coordonnateur Automatique du TRafic Aérien).

La vision française de l'automatisation du contrôle est «human centered»: l'homme reste au centre du système de contrôle. Elle a aussi pour postulat de demander un minimum d'effort à l'opérateur pour informer le système. Ces deux postulats sont différents de ceux qui seront poursuivis aux Etats-Unis (où l'on demandera très tôt aux contrôleurs d'utiliser des claviers pour rentrer des informations) ou même par le centre expérimental Eurocontrol qui s'intéressera sous la direction de Georges Maignan à des projets d'automatisation complète (tel ARC2000). Ces deux postulats fondateurs théorisés très tôt par J. Villiers influenceront la totalité du développement des systèmes de navigation aérienne jusqu'à ce jour en France. Jacques Villiers introduira très tôt dans les centres des psychologues-cogniticiens tels Jacques Bisseret, et l'on peut voir dès les années 60-70 la mise en place du «modèle cognitif du contrôleur».

Le troisième postulat fondateur est l'expérimentation directe. Le système CAUTRA est branché «en direct» sur le centre de contrôle d'Athis-Mons où le CENA s'installe bientôt, et il sert tout d'abord à distribuer sur les positions de contrôle les strips papier en fonction des plans de vol. C'est le début du STPV (Système de Traitement Plan de Vol). De 1961 à 1965 les progrès sont considérables autour de Dominique Alvarez et en 1962 la revue américaine ATC quarterly leur rend hommage: *«Le CENA a progressé fort loin avec un très petit budget (...) Les résultats obtenus montrent à l'évidence que la réflexion profonde est plus efficace que la dépense de millions de dollars et prouvent qu'il existe une voie plus raisonnable que l'effort massif typique des Etats-Unis»*.

De 1965 à 1970 sera mis en place le CAUTRA II. C'est aussi l'époque de l'apparition des premiers radars secondaires qui vont remplacer les radars primaires. C'est le premier système de traitement radar (STR) et les premiers problèmes de visualisation de l'information sur un périphérique alimenté de façon «digitale» et non plus analogique. En 1970, les trois principaux éléments du système de contrôle sont en place: STPV, STR et balbutiements d'une IHM.

De 1970 à 1975, le CAUTRA III est mis en route. Il s'agit d'une évolution importante (traitement de l'ensemble des avions survolant l'espace français, poursuite multi-radars, etc.). Mais c'est aussi l'époque des difficultés: d'une part, le plan calcul français impose de réécrire la totalité du système sur des calculateurs CII 10070 au lieu des IBM utilisés jusque là. Les 10070 souffrent de problèmes récurrents de disque qui occasionnent des «plantages» du système. D'autre part la méthode expérimentale d'essais-erreurs qu'emploie le CENA dans les centres avec des modifications «en

direct» des programmes occasionne également quelques soucis. De plus, le manque de personnel affecté sur le CAUTRA est patent. La fiabilité du système est en cause. Enfin, le DNA de l'époque, Jean Lévêque, revendique des positions libérales en accord avec la fin du gaullisme et l'arrivée de la première vague libérale en France.

En 1973, le CENA perd son statut de centre d'expérimentations et devient le Centre d'Études de la Navigation Aérienne par arrêté du 1er Juin 1973. Le mot "recherche" apparaît explicitement dans ses missions:

"Art. 3. Le centre effectue les études et recherches dont il est chargé par le directeur de la navigation aérienne ou dont il prend l'initiative après accord de celui-ci." Sa structure est modifiée en conséquence suivant un rapport R72-009 de Dominique Alvarez: «La Direction de la Navigation Aérienne estimant qu'elle ne disposait pas des éléments permettant de définir une politique d'évolution à moyen et long terme du système, a décidé d'orienter plus particulièrement l'action du C.E.N.A sur l'étude des problèmes conditionnant cette évolution(...) L'organisation correspondante du CENA en quatre divisions d'inégales importances: la division "Études et Recherches", la division "Simulation", la division "CAUTRA Opérationnel", la division "Projet"»

Le DNA, Jean Lévêque, suivant l'avis du STNA, décide de faire effectuer un audit du travail du CENA sur le CAUTRA 3 par deux sociétés de service en informatique: la SESA et ECA automation. Les résultats de l'audit seront fort différents. Pour SESA les pannes sont «des erreurs de jeunesse et les efforts du CENA devraient déboucher sur une fiabilité correcte». Mais pour ECA «les incidents, proportionnels au trafic traité, relèvent de causes structurelles et de méthodes de travail discutables». Pour ECA enfin, le CAUTRA est «plein de verrues qui le gangrènent». Il est «sous-évolué», son langage est «sous-développé», «il mélange tout, sans objectifs précis à atteindre» et «la fiabilité ne peut-être obtenue que si chacun arrête de s'amuser».

A la suite de cet audit, et suivant les recommandations d'ECA, la responsabilité du développement opérationnel du CAUTRA est retiré au CENA et confié au STNA (décision DNA/SDT-803 du 2/12/1977 supprimant la division «CAUTRA opérationnel») et le projet CAUTRA 4 s'effectue dans un environnement totalement différent: la réalisation du STPV est confié au Centre Expérimental Eurocontrol à Brétigny, le STR est confié à une équipe de l'industriel ECA (celui-là même qui avait réalisé l'audit) «dirigée» par des personnels du STNA installé à Chevannes, tout cela dans une atmosphère empoisonnée entre les différents intervenants (Daniel Azéma, chef de la division CAUTRA opérationnel, écrira à propos d'ECA: «On aurait dit des gens de l'âge du fer venant parler à ceux de l'âge de pierre. Ils nous prenaient pour des imbéciles»).

Mais les équipes CAUTRA 3 continuent de travailler et viennent à bout des problèmes de fiabilité, essentiellement en remplaçant les disques défectueux des 10070. En deux ans, la durée d'indisponibilité du CAUTRA 3 tombe de 44h à 14h dont seulement 3h pour des raisons logicielles sur le centre de Paris. Ces problèmes réglés, les équipes CAUTRA 3 vont continuer à rajouter de nouvelles fonctionnalités, et les équipes du CAUTRA 4 vont avoir plus que du mal à rattraper un système qui continue à courir devant eux. En 1979, Alain Monnier est nommé chef du STNA. A la DNA, il a été un des artisans du transfert du CAUTRA 4 au STNA, mais il lui faut bien se rendre à l'évidence: «La DNA avait fait une analyse juste (il fallait passer du stade artisanal à un stade industriel) accompagnée d'un jugement totalement injuste de la situation car nous avons, tel le chevalier blanc, cherché un responsable (le CENA) alors que tout ce qui arrivait démontrait au contraire l'incontestable réussite du CAUTRA». Alain Monnier va d'ailleurs confier dès 1980 la responsabilité d'un projet CAUTRA 4 qui patine à un homme du CAUTRA 3, Jean-Marc Garot. Celui-ci, en charge du traitement radar CAUTRA 3, avait pourtant eu des mots particulièrement durs pour les équipes CAUTRA 4 quelques années auparavant...

Ce changement de politique va se faire rapidement sentir. Tout d'abord, la réalisation du STPV est retirée au Centre Expérimental Eurocontrol. Ensuite, Jean-Marc Garot crée une forme d'équipe de

développement mixte pour le STR puis le STPV qui ne satisfait pas vraiment non plus SYSECA qui perd la maîtrise d'œuvre complète du système. La pacification CENA/STNA qui s'ensuit permettra un basculement CAUTRA 3/CAUTRA 4 entre 1983 et 1987, même si, suivant l'expression de Dominique Alvarez (N84-078): *«On a l'impression, vue de l'extérieur, que le STNA se limite seulement à des replâtrages pour que le CAUTRA 4 arrive finalement à remplacer le CAUTRA 3»*.

Le CAUTRA 3 était un *«truc d'ingénieur»*; d'ailleurs, suivant l'expression même de la revue ATC quarterly *«il montre la preuve de l'ingéniosité française, comme la 2CV et la Caravelle»*. Il s'agit d'un projet français assez typique des années 60 et 70: une petite équipe de cinq à quinze personnes (Dominique Alvarez parlera de *«commandos»*), un chef de projet unique de 1960 à 1985 (Dominique Alvarez) qui maîtrise son système, des résultats remarquables (le meilleur système européen voire mondial) avec des budgets extrêmement réduits. Ce n'est pas un système utilisant des technologies *«innovantes»*, basées sur des travaux de recherche. Cela correspond exactement à l'analyse faite par Aghion et Cohen concernant le modèle français, comme nous le verrons plus loin.

Le passage au CAUTRA 4 était inévitable en raison de la fin des calculateurs 10070 du CAUTRA 3, mais le mode de passage (dessaisissement immédiat du CENA au bénéfice de l'industriel) est un choix politique fait sans considération des éléments techniques: il a aussi comme but de mettre en place un pôle industriel français dans le domaine des systèmes ATM comme le STNA a aidé à le faire par exemple pour Thomson dans le domaine des radars. Mais on a sacrifié une compétence technique rare acquise au fil des années et on a mal évalué la difficulté de réalisation de ce type de système. La DNA tombe ici pour la première fois (mais pas la dernière) dans une illusion redoutable: croire qu'il suffit de spécifier un système informatique puis de le commander à un industriel pour résoudre un problème scientifique et technique. Il s'agit là encore de la conséquence de la primauté systématique dans la DSNA de l'opérationnel sur le technique: une fois le problème opérationnel cerné et les besoins définis, l'intendance (technique et informatique) n'a qu'à suivre. Malheureusement, si l'on demande à un homme du XV^{ème} siècle de définir le moyen de transport du futur, on a de fortes chances d'obtenir soit un luxueux carrosse à chevaux (alors que nous avons l'automobile, voire l'avion en stock), soit un système de télétransportation que nous ne sommes pas près de savoir faire. La dichotomie entre opérationnel et technique que le CENA avait essayé d'éviter de 1960 à 1975 est dès lors inscrite dans le marbre. L'échec qui en résulte ne servira malheureusement pas de leçon.

Au demeurant, la situation n'est sauvée qu'au prix de lourds compromis sur le développement du CAUTRA 4 dont personne n'est particulièrement satisfait: au final, l'industriel ne récupère pas la maîtrise du système comme il le souhaitait, et, vingt ans après, le système de la DSNA et le système ECA->SYSECA->Thomson->Thalès n'ont pas grand chose en commun. De son côté l'administration a dû maîtriser pendant 25 ans un mode de développement CAUTRA 4 *«en régie»* soumis au code des marchés publics, qui peut amener à devoir remplacer totalement une équipe de développement par une autre au gré d'un marché gagné ou perdu: on devine aisément les pertes de compétence répétées, la lourdeur de gestion de projet, et les coûts qui en résultent.

F) Le CENA et la recherche de 1987 à 1995

Après avoir perdu le développement du CAUTRA, le CENA est un peu orphelin. Il doit se trouver d'autres tâches et d'autres méthodes d'expérimentation, puisque le lien avec le centre de contrôle d'Athis a été aussi en partie coupé. Dominique Alvarez sait que le nouveau CENA sera différent de l'ancien. Mais en 1987 la DGAC est dans une situation relativement unique en matière de recherche, puisqu'il n'existe aucun IAC et aucun IEEAC ayant suivi une formation par la recherche dans le cadre de son activité professionnelle. A la même époque, les maisons d'emploi que sont la météo, le GREF, l'IGN ou les Ponts ont déjà une réelle activité de recherche universitaire (doctorats) alors que parallèlement le CENA (qui est présenté comme l'organisme de la DNA faisant de la recherche) ne

compte aucun docteur. Cette problématique va se combiner avec celle de l'ENAC et du schéma directeur ENAC-2000.

Le 10 juin 1987, le président du conseil de perfectionnement de l'ENAC (Jacques Villiers) envoyait un courrier au Directeur de la Navigation Aérienne (Louis Pailhas) indiquant: *"il apparait par ailleurs que la constitution au sein de l'ENAC d'une équipe du CENA entrerait parfaitement dans l'esprit du schéma directeur 1987-2000"*. Le 19 octobre 1987, Louis Pailhas (DNA) indiquait par courrier (328 DNA/D) au Directeur Général son souhait de décentraliser à Toulouse une partie du CENA *"le surcoût étant largement compensé par l'apport de la synergie entre l'ENAC et le CENA que cette co-localisation génèrera"*.

Après deux ans passés à la FAA comme conseiller spécial auprès du directeur du projet "Advanced Automation System" après avoir mené le projet CAUTRA 4, Jean-Marc Garot est nommé chef du CENA cette même année. Connaissant bien l'organisation américaine, en particulier les relations entre la FAA, la MITRE et les universités, il mène une politique extrêmement volontariste pour apporter des ressources au CENA; avec l'aide de François Cousin, alors gestionnaire du corps des IAC, il parvient à envoyer en thèse plusieurs IAC, mais aussi quelques IEEAC, de 1988 à 1994.

Il reçoit également le soutien de Michel de Vriès, IAC en poste à la DGRT où il s'occupe du PCRD IV, qui écrit par exemple, en poussant le raisonnement plus loin, dans un courrier adressé à Alain Monnier (ancien chef du STNA et nouveau président du conseil de perfectionnement de l'ENAC) que:

"Pour la navigation aérienne, il faut un Centre d'Études et de Recherche de la Navigation Aérienne (CERNA) doté d'un bon statut, d'un bon budget abondé par le BAAC (pour le service public et la régularité), l'État (pour ce qui est de la responsabilité de la puissance publique), peut-être le BCRD délégué à la DNA, comme le SFACT et la DPAC, des contrats à aller chercher là où il y a des ressources et d'une bonne tutelle scientifique et technique (conseil scientifique, évaluation, thésards, etc.)"

Michel de Vries complétait son point de vue dans un courrier envoyé à Dominique Colin de Verdière, chef adjoint du CENA:

"Le CENA serait doté d'un conseil scientifique et technique où pourraient siéger les membres éminents de la communauté scientifique et technique dont le concours bénéficierait aussi à la DNA. De même il serait soumis à l'évaluation externe qui est de règle en recherche. Il convient de toute urgence de contractualiser la position du CENA (...) afin qu'il puisse porter l'excellence des couleurs françaises en navigation aérienne qu'il est seul à posséder dans le jeu de la recherche communautaire, faute de quoi il risque d'en être exclu, et avec lui l'industrie française"

La position de Jean-Marc Garot fut de pousser les gens à faire des thèses directement dans les laboratoires scientifiques universitaires (loin de la DGAC) afin d'enrichir au maximum leur culture avant de revenir dans la DGAC. Il tenait particulièrement à ce que les candidats thésards de la DGAC soient soumis au même niveau d'exigence scientifique que leurs collègues destinés à une carrière universitaire et craignait que des labos d'accueil acceptent des sujets trop appliqués et le financement qui l'accompagne.

Sans lui, et sans son adjoint, il n'y aurait jamais eu d'activités de recherche pérennes dans la DGAC, car les personnels nécessaires n'auraient jamais été formés. Mais à partir de 1992, les premiers fonctionnaires formés dans ce cadre terminèrent leur doctorat et leur réintégration au sein de la DGAC ne fut pas nécessairement simple et ce pour plusieurs raisons:

- Certains "nouveaux docteurs" avaient eu la chance de travailler sur des sujets connexes aux préoccupations de la DGAC et du CENA (par exemple les IHM). Mais pour d'autres, partis faire des thèses en mathématiques, en logique modale et autres sujets théoriques, il n'y eut au retour que trois options: changer de thème de recherche,

abandonner la recherche, ou quitter la DGAC.

- La direction du CENA souhaitait disséminer les chercheurs de retour de thèse à l'intérieur de différentes divisions du CENA afin de faire perferuser la recherche. La position de certains des "revenants" était que la survie d'une activité de recherche ne pouvait se faire qu'au sein d'une entité dédiée à ce type d'activité pour, d'une part, éviter un "phagocytage" par les études à court et moyen terme et, d'autre part, créer des structures d'accueil **internes** pour de nouveaux thésards afin d'éviter les problèmes de "retour" depuis les laboratoires externes. La position de la direction du CENA, réaffirmée par la note N94-623 intitulée **Le CENA dans la Recherche**, était que *"la plupart des personnels du CENA ont une activité de recherche (...) toutes les équipes du CENA participent à un certain type de recherche qui n'est donc pas le privilège ou le jardin privé de quelques uns, c'est pourquoi on ne parlera pas de la recherche au CENA mais du CENA dans la recherche"*. On retrouve également dans les courriers échangés à cette époque des références à un risque de *"ghettoisation de la recherche"*.

En fait, le problème majeur du CENA par rapport à la recherche apparaît pleinement dans une note rédigée par le chef du CENA en 92 (N92-707) **Pour une stratégie de la recherche dans le domaine de l'automatisation de l'ATM**. La première partie de cette note est une analyse très lucide et très documentée sur l'ATM. Mais la seconde partie reprend à l'identique les poncifs habituels (homme au centre du système, modèle cognitif du contrôleur) sans aucune analyse de type scientifique, ni sur la complexité des problèmes, ni sur les méthodes à mettre en œuvre, ni sur la pertinence scientifique des solutions envisagées. Or, en 1992 on sait déjà par exemple dans la communauté scientifique que le temps des espoirs placés dans les systèmes experts et les modèles cognitifs est fini. La grande querelle qui a agité la communauté scientifique de l'intelligence artificielle dans les années 80 est terminée et en quelques années le mot même de «modèle cognitif» disparaîtra du vocabulaire. Cette information ne parviendra jamais à franchir la barrière «métier» du CENA: malgré la volonté affichée et certainement réelle, la structure résiste aux «perfusions» scientifiques quand elles sont en conflit avec l'idéologie du système.

Ce débat ne fut jamais tranché et il aboutit à deux types de structures séparées qui survécurent côte à côte jusqu'au début des années 2000: d'un côté une recherche intégrée au CENA dans une structure traditionnelle (division/département) qui respecte le «dogme», et d'un autre côté des structures semi-autonomes qui furent les laboratoires communs ENAC-CENA, qui disposent d'une réelle indépendance, mais au détriment de leurs budgets.

G) Les laboratoires communs ENAC-CENA et la recherche au CENA (1995-2004)

L'idée de laboratoires communs ENAC/CENA "semi-autonomes" apparut sous l'impulsion de la Direction des Études de l'ENAC et du chef du département Mathématiques/Informatique de l'ENAC. Le premier document encore disponible référençant ce sujet au CENA est un projet de note CENA/PII/93.XXXX rédigé par Stéphane Chatty et daté du mois de décembre 93, intitulé **Document de travail en vue de la création d'un laboratoire mixte ENAC-CENA**. Le projet initial est ambitieux; il prévoit "la création d'un laboratoire de recherche en mathématique et informatique commun au CENA et à l'ENAC" qui serait constitué de *"trois unités de recherche: interactions homme-machines, optimisation globale, mathématiques"*. Cette note pose d'emblée un problème majeur qui ne sera jamais résolu de façon satisfaisante *"Comment assure-t-on l'équilibre des pouvoirs entre ENAC, CENA et direction du laboratoire?"*

Le projet d'unité commune de recherche n'aboutira jamais sous cette forme. La convention portant création d'une *"Unité commune de recherche ENAC-CENA"* est signée le 13/10/94, mais elle reste muette sur les moyens de gouvernance (de fait, cette unité n'aura jamais d'existence en propre, et

encore moins de direction) et elle est extrêmement générale sur les sujets susceptibles de s'inscrire dans le cadre de la collaboration (tous les sujets de recherche existants à l'ENAC et au CENA sont cités). Elle renvoie à des avenants pour ce qui concerne la création effective des laboratoires communs. Le premier avenant à cette convention portant création du "*laboratoire d'optimisation globale appliquée au trafic aérien*" sera signé en 1996. Il sera suivi d'un avenant portant création d'un laboratoire d'économie et d'économétrie de l'aérien, puis d'un laboratoire de mathématiques appliquées. Les Interactions Homme-Machine ne s'inscriront jamais dans le cadre des laboratoires communs.

En 1997, une intéressante réunion amènera autour de la table la direction du CENA et l'ensemble des membres du CENA titulaires d'un doctorat (le CR est disponible dans la note CENA/NA97648). Cette réunion porte sur "*les activités et les fonctions des ingénieurs IEEAC et IAC possédant une thèse de doctorat*". Plusieurs décisions sont prises; "*Un comité scientifique devra être créé au CENA (...) Un consensus est obtenu pour essayer de recruter chaque année un ingénieur fonctionnaire qui fera ou a fait une thèse (...) Le problème du financement d'étudiants pour les docteurs fonctionnaires du CENA souhaitant obtenir une habilitation à diriger des recherches est soulevé et le chef du CENA en prend note (...)*"

Il faut noter que, pour diverses raisons, aucune de ces décisions ne sera suivie d'effets tangibles:

- Un premier projet rédigé par l'adjoint du chef du CENA portant création d'un comité de recherche du CENA (CRCENA) est fait par mail le 3 Octobre 97. Le mandat du CRCENA est de "*donner son avis sur les programmes et les résultats de recherche et de proposer des orientations, d'examiner et de sélectionner les projets de thèse les plus pertinents, de servir de relais des activités du COSPAR et de la DRAST, de proposer des évaluations par des experts des chercheurs et des équipes de recherche qui le souhaitent*". Il est composé "*d'un représentant de la DNA, d'un représentant du SCTA, d'un représentant de l'ENAC, du chef du CENA, d'un représentant de chaque équipe de recherche et d'une personnalité extérieure*". Ce projet de décision rencontre l'opposition d'un certain nombre de personnels du CENA qui se sentent exclus ou peu à l'aise avec la mise en place de procédures d'évaluation systématiques, pourtant classiques dans le monde de la recherche. On peut en trouver l'écho dans le mail suivant: "*Vu sa composition, cela paraît un bon moyen de créer un ghetto recherche au CENA auto-entretenu et je souhaite bien du plaisir aux chefs de division non recherche pour lancer des thèses*" (Leroux/97). Un nouveau projet de décision portant création d'un comité de recherche du CENA (CRCENA) est fait le 3 Novembre 97. La référence aux représentants des équipes de recherche est supprimée. Le CRCENA ne sera jamais opérationnel.
- De 1995 à 2005, un IEEAC et un IAC seront affectés au CENA pour faire une thèse, loin de l'objectif de dix.
- Un seul des personnels présents au CENA à cette époque soutiendra son HDR.

Sur les quinze docteurs ou doctorants fonctionnaires présents au CENA en 97, il n'y en a plus que quatre qui font encore de la recherche aujourd'hui dans la DGAC. Ce taux de départ serait parfaitement raisonnable s'il y avait eu remplacement, ce qui ne fut pas le cas. Enfin, le bilan des équipes de recherche de 97 montre un bien trop grand morcellement, semblable à celui de l'ENAC: IHM, optimisation, ergonomie, facteurs humains, mathématiques appliquées, automatique, économie et économétrie.

En 1999, le CENA se rapprocha de la DRAST et du MESR afin de permettre en particulier au CENA d'accueillir des membres des corps des chercheurs du ministère de l'équipement. La note référencée NA99-752 conclut ainsi: "*nous proposons d'étendre le domaine des missions des corps*

des chercheurs de l'équipement au CENA (...) de créer un conseil scientifique pour la DNA ou pour la DGAC et l'ENAC ". Plusieurs réunions eurent lieu, dont le sujet s'étendit progressivement. Un "groupe recherche" regroupant l'ENAC et le CENA fut mis en place pour tenter de dégager les problèmes communs aux deux services. Par la suite, un courrier (21/10/99, réf 99028/CENA/D) envoyé conjointement par le directeur de l'ENAC et le chef du CENA, invitera à ce groupe tous les services de la DGAC susceptibles de s'intéresser à la recherche. Une première réunion du groupe élargi eut lieu le 26/11/99 à Toulouse, regroupant le SFACT, la DNA, la DPAC, la DTA, le STBA, avec la participation de la DRAST. On peut d'ailleurs remarquer que le STNA était absent de cette réflexion, soit parce qu'il se sentait peu concerné, soit parce que pour la DNA, le CENA était l'entité en charge des activités de recherche.

Une seconde réunion fut programmée le 30/03/00. A la suite de cette réunion, plusieurs notes furent rédigées, dont une concerne la recherche dans la DGAC et l'autre la recherche à l'ENAC et au CENA. Il semble que ces actions n'aient été suivies d'aucun effet puisqu'il n'y eut ni création d'un conseil scientifique, ni ouverture de la DGAC aux membres des corps des chercheurs du ministère de l'équipement. Les archives que j'ai pu trouver semblent muettes quant à la suite qui fut donnée à ces réunions au sein du CENA. L'ENAC en revanche put bénéficier de l'accès aux corps des chercheurs du ministère de l'équipement mais n'en fit pas usage.

A partir de 2001, Stéphane Chatty et la division PII envisagèrent la création d'un laboratoire commun avec l'Institut de Recherche en Informatique de Toulouse (IRIT). Le projet atteignit un stade extrêmement avancé puisqu'il existe un document de près de 40 pages intitulé **Convention de création, d'organisation et de fonctionnement du laboratoire commun**, référencé à l'IRIT, à l'INPT, au CNRS, et au CENA en date du 07/04/03. Près de vingt personnes (IRIT+CENA+contractuels) devaient être affectées dans ce laboratoire. Le projet capota à la suite du départ de Stéphane Chatty pour fonder la société **Intuilab**. Cela ne signifia pas pour autant la fin de la collaboration entre la division PII et l'IRIT comme nous le verrons plus loin.

En ce qui concerne les laboratoires communs ENAC-CENA, la période 2003-2005 marqua la fin de leur existence, pour plusieurs raisons:

- La création de l'École Doctorale Aéronautique et Astronautique mit à jour de réels problèmes de gouvernance ENAC/CENA/directeur des laboratoires. La mise en place de cette école doctorale "atypique" suivant la description même de son directeur ne se fit pas sans difficulté, certaines écoles doctorales toulousaines, comme l'EDMIT (École Doctorale Maths Info et Télécom) étant réticente quant à sa création, et refusant la double inscription comme en témoigne divers courriers échangés entre René Caubet (directeur de l'EDMIT) et Manola Romero (ONERA), alors en charge de la création de l'école doctorale ED-AA. Les chercheurs et la direction du LOG (membres de l'EDMIT) souhaitaient rester à l'intérieur de l'EDMIT, car celle-ci était la seule pouvant délivrer l'Habilitation à Diriger les Recherches. La direction de l'ENAC passa outre et inscrivit tous les chercheurs des laboratoires communs au sein de l'ED-AA. La situation se résolut d'elle-même par la disparition des laboratoires communs et la réintégration des chercheurs dans l'EDMIT.
- Le départ d'un des principaux chercheurs (CENA - IPC/docteur) du laboratoire d'économie et d'économétrie pour l'Université de Toulouse se fit sans concertation avec l'ENAC

Une note du 19 février 2004 rédigée par Jean-Marc Alliot intitulée **Bilan de quinze ans de recherche et de dix ans de laboratoires communs ENAC/CENA** propose diverses pistes quant à l'évolution de la collaboration entre l'ENAC et le CENA, et quant à l'évolution des activités de recherche. Le CENA propose finalement de créer une véritable entité commune autonome (Note **Réflexions sur l'évolution des équipes de recherche communes**), semblable à ce qui était

initialement prévu dans le projet de convention d'unité commune de recherche ENAC-CENA. Cette piste, acceptée dans son principe par le chef du CENA, sera refusée par le DE/R de l'ENAC.

Dans le même temps, l'ENAC avait créé un GT recherche suite à une décision du Directeur de l'ENAC (décision 174/ENAC-DG/2003) en date du 17 décembre 2003: dans ce cadre, diverses pistes sont également proposées. Les réunions du GT recherche seront parfois difficiles, certains membres chercheurs en démissionneront (Stéphane Puechmorel le 23/02/04, puis plus tard Lionel Banège) et le CENA cessera d'y participer. Le 15 Septembre 2005, le DE de l'ENAC enverra un courrier au DSNA intitulé **Laboratoires communs ENAC/SDER**; elle indique le souhait de l'ENAC de poursuivre les activités de recherche commune avec "*un renforcement des structures de pilotage de ces laboratoires*" ou d'aller vers "*un schéma consistant à transférer totalement à l'ENAC les laboratoires de recherche aujourd'hui communs*". Ces solutions, examinées par la SDER, puis la DTI/R&D, en collaboration avec les membres des équipes de recherche, furent jugées peu intéressantes. Le problème de la gouvernance n'était pas traité dans le cas de maintien d'équipes communes et d'autre part les équipes ne souhaitaient pas un transfert pur et simple à l'ENAC, estimant que les structures alors en place au sein de l'école ne permettaient pas de faire de la recherche dans les meilleures conditions. Enfin, la mission de l'ENAC, en tant qu'école d'ingénieurs, n'était pas d'effectuer les missions de recherche de la DSNA.

Le CENA et le STNA furent fusionnés au sein de la DTI entre 2005 et 2007, ce qui entraîna de fait la fin de la convention liant l'ENAC et le CENA.

Il n'est pas nécessairement facile de faire un bilan quantitatif des activités de recherche du CENA sur la période 1995-2004, car de nombreux documents sont difficiles à retrouver à la suite de la disparition du CENA en 2004/2005:

- Pour le laboratoire d'optimisation globale, il y a eu de 1995 à 2004 douze thèses de doctorats soutenues et deux HDR
- Pour la division PII (équipe de recherche en IHM), on compte quatre thèses
- Pour le Laboratoire d'Économie et d'Économétrie de l'Aérien, on compte deux thèses
- D'autres thèses furent soutenus au CENA dans le cadre d'autres projets non reliés aux équipes dites "de recherche" citées ci-dessus. Il est extrêmement difficile d'en retrouver la trace aujourd'hui (sauf à fouiller intensivement dans les archives) et d'en connaître le nombre exact.

H) La recherche à l'ENAC (hors laboratoire commun) de 1995 à 2004

Suivant une note de la DE de l'ENAC de 2000, la recherche à l'ENAC hors des laboratoires communs suscités (mathématiques, informatique et économie du transport aérien) se limite à deux autres groupes:

- Une équipe d'automatique (LARA) dirigée par Félix Mora-Camino (titulaire Dun doctorat d'état ancien régime, donc automatique HDR). Cette équipe de petite taille travaille en liaison étroite avec le LAAS. Ses thématiques de recherche sont extrêmement dispersées si l'on regarde les thèses dirigées par son responsable. Les sujets vont des réseaux de neurones à l'économie. La DE de l'ENAC avait envisagé de fermer cette activité de recherche en 1994, estimant les thématiques floues et l'adéquation aux priorités de la DGAC faibles, alors qu'elle souhaitait aller vers une rationalisation des ressources.
- Une unité Communication-Navigation-Surveillance, travaillant sur deux sujets distincts: les hyper-fréquences (équipe LETA dirigée par Bernard Souny, IEEAC, doctorat mais

non titulaire de l'HDR) et le traitement du signal (équipe LTST dirigée par Christophe Macabiau, titularisé IEEAC via la loi Sapin, en cours d'HDR). Ces deux équipes disposent en 2000 d'effectifs extrêmement réduits en termes de chercheurs. Elles s'appuient sur le TéSA (Télécommunications Spatiales et Aéronautiques), un gros laboratoire toulousain créé par Francis Castanié (ancien directeur du laboratoire d'électronique de l'ENSEEIH, puis chef du groupe signal et communication à l'IRIT). Assez paradoxalement, les chercheurs ENAC effectuent souvent leurs recherches dans les locaux du TéSA, ce qui amènera plusieurs interrogations (parfois même de leur chef de département), que l'on peut en particulier noter dans les comptes rendus du conseil de perfectionnement de l'ENAC. Il faut cependant remarquer que cette équipe avait déjà une productivité honorable, en particulier si l'on regarde le nombre de doctorats soutenus, et une bonne organisation.

L'ENAC en 2000 dispose donc d'effectifs réduits en terme d'enseignants-chercheurs (une dizaine suivant la note suscitée) répartis dans six laboratoires différents en comptant les laboratoires communs ENAC-CENA.

II. Le contexte national et international de la R&D dans l'ATM

A) La fusion CENA-STNA

Pour comprendre les événements du début des années 2000, il faut d'abord faire un bilan de l'activité du CENA en termes de projets de la fin du CAUTRA (milieu des années 80) au début des années 2000.

Après la nomination de Jean-Marc Garot à sa tête, le CENA connaît un développement extrêmement rapide en termes de personnels et de budgets. Il connaîtra son apogée en 1995, avec un budget de plus de 100MF, soit en euros de 2009 environ 20M€. Le budget baissera par la suite pour se stabiliser autour de 10 à 12M€.

Le CENA va lancer au cours des années 1990-2000 de nombreux projets qui connaîtront des fortunes diverses. Les examiner tous serait trop long et n'est pas le but de ce document, mais il est cependant utile de regarder avec le recul quels sont ceux qui ont eu «un avenir» et sous quelle forme.

1) Les projets développés avec (ou réutilisés par) les industriels

Nous ne citerons que les projets les plus marquants et les plus symptomatiques.

- MAESTRO: MAESTRO est un outil de séquençage des approches. Développé dès la fin des années 80 au CENA, il est dans un premier temps transféré au STNA qui en installe une version à Orly, version qui ne sera jamais utilisée. Un an plus tard, le projet est repris au CENA. Il aboutira à un logiciel industriel vendu par la société SOFREAVIA qui est installé dans un premier temps au Danemark. Le DNA découvre MAESTRO à Copenhague et MAESTRO sera finalement installé en France, mais dans une version différente de la version de SOFREAVIA. Depuis 2007, la DTI a signé un accord avec SOFREAVIA pour l'installation d'un produit unique de convergence. MAESTRO a été vendu dans plus d'une dizaine de pays.
- DIGISTRIP: DIGISTRIP est basé sur les travaux de l'équipe PII. Il s'agit d'un système de stripping électronique extrêmement innovant dont le développement se termine au début des années 2000. Certains choix sont alors faits par la DNA, DIGISTRIP est abandonné, et une licence est cédée à la société Frequentis contre quelques hommes-mois. Depuis, DIGISTRIP a été repris sous le nom de SMARTSTRIP par Frequentis, et vendu dans plusieurs pays, dont tout récemment en Angleterre où il équipera la plus

grande salle de contrôle d'Europe (Swanwick).

- OPAS: OPAS est un simulateur arithmétique de trafic développé au début par l'équipe du LOG. Il est repris au CENA par la division RFM. Il est utilisé régulièrement par Egis-Avia pour des études réalisées à l'étranger (Irlande, etc) Il s'agit d'un des simulateurs arithmétiques les meilleurs du monde, permettant même de réaliser des simulations de trafic contrôlé grâce à ses modules de détection/résolution de conflits.
- Le TCAS: le TCAS n'est pas un projet CENA, mais l'équipe TCAS du CENA participe activement au développement du TCAS au côté de SOFREAVIA dans le cadre d'une équipe commune, sanctifiée par une convention de coopération.
- PATN/EURATN/ATNP/ProATN : le CENA fut un des acteurs majeurs de la réalisation du serveur air pour le nouveau système ATN (data-link). Les travaux, faits en collaboration avec Sofreavia, ont été repris dans le produit ProATN très largement vendu et en service par exemple en Norvège depuis plus de 10 ans.
- STCA: Short Term Conflict Avoidance, ou filet de sauvegarde. Un des derniers services installés sur le Cautra III, il fut ensuite développé conjointement par Thalès et le CENA dans les années 80/90. En 1995, le STNA passa un marché à Thalès pour disposer des fonctionnalités du produit. Cependant, comme dans le cas de Maestro, le produit fut redéveloppé par Thalès pour le système CAUTRA.
- MSAW: Minimum Safe Altitude Warning. Cette fonctionnalité de sauvegarde est maintenant en cours d'installation sur de nombreux terrains. Elle a été développée en coopération directe entre le CENA et Thalès. L'industriel en terminera le développement qui est aujourd'hui revendu largement.
- ARTAS/DACOTA: la poursuite radar ARTAS, développé à la base par le NLR sera amélioré conjointement avec Thalès. En ce qui concerne DACOTA, il s'agit d'un produit Thalès (ancienne poursuite militaire mixte primaire et secondaire) qui sera là aussi redéveloppé conjointement.
- ERCOS/ERASMUS/GENESE: le projet En Route Optimizing Solver remonte au milieu des années 90, avec le doctorat de Nicolas Durand. Pour plusieurs raisons, le projet restera peu médiatisé au sein du CENA, au moins jusqu'au départ d'ERATO pour le STNA. En 2003, Jacques Villiers servira, avec l'aide de Jean-Marc Garot, de caisse de résonance au projet, en inventant le concept de «contrôle subliminal», qui s'appuie sur les techniques développées dans ERCOS. Cela aboutira au projet européen ERASMUS. Aujourd'hui, ERCOS est développé avec Thalès dans le cadre de la convention GENESE.

Plusieurs de ces développements communs se sont fait suivant des schémas relativement identiques: équipes mixtes entre l'industriel et l'administration, à la fois pour les spécifications opérationnelles **et** pour le développement et le codage, bénéfiques pour l'administration sous la forme soit de retours financiers (convention MAESTRO), soit de retours en nature.

Curieusement ces développements industriels n'ont jamais été réellement valorisés au sein du CENA. Pourtant, il semble que ce mode de développement soit à la fois le digne héritier de la tradition CAUTRA 3 en ce qui concerne le maintien de compétences techniques et le développement interne, et le précurseur de ce qui devrait être un mode de fonctionnement moderne entre une administration et l'industrie nationale. A l'époque, il semble que le CENA ait souffert d'une forme de presbytie qui l'empêchait de voir une activité pourtant particulièrement importante puisqu'elle a abouti à la mise en service rapide de produits innovants. Par exemple, ils n'apparaissent jamais au niveau des «chapeaux» rédigés par le chef du CENA lors des comptes

rendus d'activité. La raison en est probablement que ces collaborations eurent lieu directement au niveau des équipes, à la fois chez l'industriel et au CENA, et ce pour plusieurs raisons:

- La première est que le CENA ne cherchait pas de financements annexes, dans la mesure où il était généreusement financé par la DSNA depuis le début des années 90, et ce contrairement, par exemple, à l'ONERA qui souffre depuis le milieu des années 80 d'une sérieuse crise au niveau des financements, crise qui a amené nombre des ingénieurs ONERA à se transformer en commerciaux. Dans ce cadre, les équipes du CENA travaillaient sur des problèmes techniques et ignoraient les aspects financiers et les problèmes de communication: nul besoin de grandes conventions de coopération quand le but est seulement de réaliser un travail technique.
- La seconde raison est que le CENA était surtout évalué à cette époque par la DSNA, et ses résultats ne valaient surtout qu'en fonction de l'opinion que la DSNA pouvait en avoir. Or la DSNA était fort peu concernée par l'apport que le CENA pouvait avoir pour l'industrie. On lit parfaitement cette préoccupation dans la présentation du rapport d'activité faite par le chef du CENA en 2000 (R00-005): *«Au sein de la DSNA, il faut effacer l'image (totalement fausse) d'un service composé de "savants" coupés du monde réel».*

Cela est d'autant plus dommage que la récupération par les industriels de produits développés par le CENA constituait une validation de facto de la qualité des travaux et de leur intérêt pour la Navigation Aérienne et rendait radicalement caduque la vision de «savants» travaillant sur des sujets «coupés du monde réel»...

Le STNA était de son côté, de l'avis du chef du département 7 de l'époque, bien conscient de l'existence de ces développements et de leur intérêt. Il n'est pas clair qu'il ait contribué à les valoriser aux yeux de la DSNA.

2) Les projets repris directement par le STNA

Nous ne parlerons pas ici des projets développés par certains industriels puis intégrés par le STNA dans le système opérationnel, comme ce fut le cas pour DACOTA, ARTAS, le MSAW, etc. (et comme cela devrait être le cas à terme pour le data-link...)

Nous allons ici parler des projets lancés par le CENA puis repris par le STNA pour la partie développement:

- HEGIAS/PHIDIAS/ODS: à la fin des années 80, il apparaît indispensable de développer une nouvelle visualisation radar et un nouveau poste de travail avec la disparition des anciennes visus. Ce projet sera appelé PHIDIAS. Le CENA travaille déjà sur ces nouvelles visualisations, et défend l'utilisation de produits standards pour le développement (Unix, Xwindows, etc.) Il développe en interne un premier prototype: HEGIAS (Host for Experimental Graphical Interfaces of Advanced Automation Systems). De son côté le STNA lance la version industrielle qui deviendra ODS France. Le projet ODS connaîtra de nombreux retards, et la première version de PHIDIAS, dite PHIMAT, est en fait l'image radar HEGIAS intégré au CAUTRA. Elle est d'ailleurs toujours utilisée aujourd'hui en secours ODS. De son côté, ODS connaîtra des fortunes diverses. Développé au forfait par Thomson, puis Astrium, le logiciel est complexe, hautement paramétrable, et il souffre du mode de développement choisi, hérité du CAUTRA 4. Il montre là aussi les limites de ce modèle, particulièrement dans la partie consistant à définir et recetter les unités élémentaires à exécuter, mais aussi dans les problèmes de maintenance d'un code développé par un prestataire externe qui ne conserve pas d'équipes compétentes en son sein une fois le projet «terminé» au sens du code des marchés publics.

- DAARWIN/COFLIGHT: Dès le début des années 90 le CENA lance une étude sur un modèle de distribution client/serveur pour les informations plan de vol. Les études sont lancées dans le cadre du projet DAARWIN, et vont déboucher sur un ensemble comprenant en plus du serveur plan de vol, un environnement de simulation. Au milieu des années 90, le projet est transféré au STNA, afin de servir de base au remplacement du STPV CAUTRA 4. Il s'inscrit dans le cadre d'un projet de politique industrielle liant les ANSP français et italien, et les industriels français et italiens que sont Thalès et Selex. Il ne s'agit pas d'un simple projet de réalisation au forfait, puisque le but est que Coflight devienne un des deux standards européens en matière de STPV, que Thalès et Selex pourraient se réappropriier, même si actuellement Thalès dispose au sein de son système Eurocat de son propre STPV. Le projet souffre aussi des relations difficiles entre Thalès et Selex, et de tous les problèmes de coordination multinationaux qui font que l'on dit souvent qu'un système développé pour deux pays coûte trois fois plus cher.
- EPOQUE: EPOQUE est, relativement à DAARWIN, ERATO ou PHIDIAS, un petit projet, mais son histoire est instructive sur bien des points. EPOQUE avait pour but de permettre le rejeu des incidents susceptibles de s'être produits, et cela à partir des données enregistrées. Un prototype est développé au CENA, en collaboration avec les CRNA. Le projet est jugé par tous mûrs pour une industrialisation, et la responsable du projet quitte le CENA pour le STNA afin de réaliser la dite industrialisation. Le développement est confié à la société COFRAMI dans le cadre d'un développement au forfait, et très vite les problèmes s'enchainent. COFRAMI est incapable de redévelopper le prototype fait au CENA à la fois au niveau de l'image radar (qui sera finalement récupérée par COFRAMI auprès de la division PII du CENA) mais également pour la lecture des enregistrements au format ASTERIX, dont les routines seront finalement fournies par la division CENA/SUR. La qualité du code produit est tellement mauvaise que l'on parle encore aujourd'hui à R&D de «coframisation» pour désigner un processus consistant à dégrader un prototype en un produit soi-disant «industriel» de qualité inférieure. Il ne faut pourtant pas chercher de responsables à cette situation: c'est le mode de développement lui-même qui est en cause.
- ERATO: ERATO est un projet qui aura une importance toute particulière pour le CENA puis le STNA. Lancé en 1987 à l'ENAC par un contrôleur aérien (Marcel Leroux), il est basé sur un système expert développé par une méthode d'ingénierie cognitive encore en vogue au milieu des années 80. Le projet restera au CENA pendant environ 10 ans, et une analyse très fine du travail du contrôleur sera réalisée, ainsi qu'une réflexion poussée sur l'introduction de nouveaux outils pour le contrôle aérien. Il deviendra le projet phare du CENA, qui va baser une grande partie de sa communication sur l'aspect original et novateur du projet. Mais le projet n'est pas mené correctement sur le plan informatique. Dès le début des années 90, on sait que les systèmes experts n'ont pas d'avenir et les départements d'intelligence artificielle disparaissent des universités. Pourtant, au sein du CENA, toute critique contre ERATO et ses modèles informatiques est strictement proscrite, à tel point que certains autres projets en seront les victimes (VIZIR, ERCOS, MSP,...). On trouve d'ailleurs dans les archives des courriers surprenants du chef du CENA comme celui (98.9200.MAR du 20/03/98) menaçant un directeur de recherche du CNRS à la suite d'une publication effectuée par un étudiant qui travailla quelques temps sur ERATO et osa remettre en cause (de façon bien anodine au demeurant) certains des dogmes du projet. Sur les dix ans de développement au CENA, il n'existe en revanche qu'une seule courte note de quelques pages décrivant de façon plus que sommaire les algorithmes déterminant les interactions entre avions, rédigée par un ingénieur de société de service, alors qu'il s'agit du cœur indispensable au développement du système. Le transfert au STNA à la fin des années 90 se fit dans des circonstances particulièrement

difficiles pour des raisons multiples qu'il n'est pas loisible de décrire ici. Mais le contexte ERATO eut une influence certainement non négligeable sur les décisions qui s'en suivirent concernant l'avenir du CENA.

3) La fusion

Entre 2005 et 2007, la DSNA fusionnera le Centre d'Etudes de la Navigation Aérienne et le Service Technique de la Navigation Aérienne en un seul service: la Direction de la Technique et de l'Innovation. Les raisons qui ont entraîné cette fusion sont multiples, mais celle avancée le plus souvent se trouve bien résumée dans un rapport de l'inspection générale: «*Actuellement, la difficulté principale résulte de l'absence d'intégration entre les études et les maquettes de l'un, le CENA, et les programmes de l'autre, le STNA (...) Ainsi la mise en œuvre des maquettes expérimentées par le CENA est vécue comme source de difficultés par le STNA.*»

Cette fusion, qui entre dans le cadre de la réorganisation de la DGAC et la séparation opérateur/régulateur, se fit en deux phases: dans un premier temps, STNA et CENA furent regroupés "à l'identique" au sein de la DTI, sous le nom de Sous-Direction des Systèmes Opérationnels (SDSO) et Sous-Direction des Etudes et de la Recherche (SDER). Il est à noter que l'arrêté du 3 mars 2005 (article 4) précise que la DTI est toujours "*chargée de conduire des études, des recherches appliquées et des expérimentations dans le domaine de la navigation aérienne*". Cet arrêté fixant les missions de la DTI n'a pas été modifié lors de la seconde phase de la réorganisation. Les discussions furent vives entre l'administration et les personnels autour du mot "*appliquées*" qui faisait son apparition dans l'arrêté de création, alors qu'il n'existait pas dans celui du CENA. De plus, à l'origine, la SDER devait s'appeler SDERA le A signifiant "*appliquée*". Le compromis trouvé fut de conserver "*appliquées*" dans l'arrêté et d'appeler la sous-direction SDER sans le A.

Lors de la seconde phase, un Groupe Technique présidé par Raymond Rosso fut créé pour préparer une réforme plus en profondeur des deux services. Les réunions du GT Rosso furent parfois difficiles; comme en témoignent les comptes rendus, les personnels de l'ex-CENA voyaient dans la fusion avec le STNA le moyen pour celui-ci de récupérer des ressources humaines et financières au détriment des études moyen et long terme ainsi qu'au détriment des activités de recherche. Plusieurs pistes furent évoquées dans le groupe Rosso:

1. Rattachement d'une partie du CENA à la Sous-Direction de la Prospective et de la Stratégie (SDPS), donc hors de la DTI, voire rattachement à un organisme du ministère comme l'INRETS, donc hors de la DGAC.
2. Intégration complète des activités et personnels du CENA à l'intérieur des nouveaux domaines de la DTI sans création de domaine spécifique, chaque domaine ayant une action transverse allant de la R&D à l'implantation
3. Création d'un domaine R&D qui regrouperait la totalité des activités de R&D de l'ancien CENA et de l'ancien STNA

La solution finalement retenue dans le rapport final du GT Rosso en date du 06/04/2006 se trouva à l'intersection des options (2) et (3). Un domaine R&D fut créé qui reprenait une partie des activités de l'ancien CENA, mais certains domaines de la DTI conservaient leurs propres activités de R&D (ce fut par exemple le cas du domaine Communication-Navigation-Surveillance qui couvre de façon transverse la totalité des activités CNS de la R&D à l'implantation).

La structure définitive fut fixée par la décision DSNA/DIR 17-0140 du 12/02/2007, et la première mise en place eut donc lieu pour l'année civile 2007 en termes de budget et de répartition des ressources humaines.

L'arrêté du 3 mars 2005 (article 4) précise que la DTI est toujours "*chargée de conduire des études, des recherches appliquées et des expérimentations dans le domaine de la navigation aérienne*",

comme le défunt CENA et la défunte SDER.

La SDER (ex CENA) en 2006 comptait 150 fonctionnaires dont 130 ingénieurs ou techniciens chargés d'activité d'études, de recherche, ou de support répartis sur les sites de Toulouse/Rangueil et d'Athis-Mons. Son budget d'investissement était de l'ordre de 11 M€ et il accueillait une soixantaine d'ingénieurs/ergonomes/psychologues de société de service.

Le domaine R&D après la réorganisation comptait environ 65 personnes dont 60 ingénieurs ou techniciens pour un budget de 4.5M€. Les autres membres de la SDER furent répartis principalement au sein du domaine EOS (Exigences Opérationnelles des Systèmes), et certains d'entre eux partirent au sein des domaines ATM (Air Traffic Management) et DSO (Déploiement et Support Opérationnel).

B) La mise en place du programme SESAR

Pendant de nombreuses années, la R&D en matière d'Air Traffic Management fut pilotée par Eurocontrol et le Centre Expérimental Eurocontrol de Brétigny. De très nombreux programmes européens se succédèrent à partir de la fin des années 80: ATLAS, EASIE, EATCHIP, EATMP, ATM2000 puis ATM2000+, etc. Le but était d'aller vers une unification des systèmes et des procédures de contrôle afin de réduire les coûts de développement. Le CENA participa largement à tous ces programmes, et en retira une solide expérience des projets européens. Les bénéfices en matière d'ATM furent moins évidents. Sans totalement cautionner la formule lapidaire de Jean-Marc Garot (ancien chef du CENA et ancien chef du centre expérimental Eurocontrol) "*un élément important a été l'échec d'Eurocontrol dont l'Agence et les états membres portent la responsabilité partagée*" (in **SESAR: une faute...d'orthographe**, Gazette de la 3AF, février-mars 2009) il faut reconnaître que les résultats en matière d'unification des systèmes européens furent relativement minimes.

En 1999, la guerre du Kosovo bloqua une partie de l'espace européen et entraîna de nombreux retards. La commissaire aux transports de la commission, Mme de Palacio décida alors de lancer le processus du ciel unique européen. Cette réforme très libérale allait, dans son premier paquet, mettre en place un processus de certification et séparer opérateur et régulateur, avec pour but la création de quelques grands opérateurs transnationaux et la disparition des petits opérateurs.

En 2003, le **numéro 29** de la revue **Skyway** est consacré à "**Europe's air transport system**" avec un article de Lionel Wonneberger, président de l'Air Traffic Alliance, qui regroupe Thalès, Airbus et EADS. On note en particulier: "*Developing global interoperable solutions starts with the Air Traffic Alliance's aim of a pragmatic ATM improvement program to meet the challenging capacity and security needs over the next 20 years in Europe*". Le programme DEPLOY que met en avant l'Air Traffic Alliance est en effet, au départ, un programme pragmatique de déploiement d'un système ATC moderne et unifié, assez semblable dans l'idée à ce que Thalès avait installé en Australie. Proposé à la commission, concurrencé par un programme similaire de Selenia, DEPLOY devient SESAME (Single European Sky and Air Traffic Management), qui doit être un programme unique de déploiement industriel européen, semblable pour l'ATM à ce qu'Airbus fut pour la construction aéronautique.

SESAME est transformé en SESAR (où le R signifie Research) pour pouvoir s'appuyer sur certains articles du traité de Maastricht relatifs à la recherche qui permettent la mise en place d'une entreprise commune (Joint Undertaking) semblable à celle qui a été utilisée dans Galileo.

Aujourd'hui SESAR regroupe 16 membres fondateurs autour d'un programme de 7 ans pour la phase dite de développement, avec un budget de l'ordre de 2000M€. Le chiffre peut paraître important, mais 1/3 est amené par l'agence Eurocontrol en nature, 1/3 est amené par les membres principalement en nature et la commission ajoute 700M€ dont une partie est consommée par les

frais de fonctionnement de la JU et par son support industriel. Le programme est organisé en une vingtaine de Work Packages dont un seul, le WP E (intitulé **Innovative Research**), traite réellement de recherche au sens communément employé dans la communauté scientifique. Les autres Work Packages sont essentiellement des Work Packages de "développement", ce qui est d'ailleurs le nom de la phase actuelle de SESAR. Le montant du WP E est de l'ordre de 20M€ sur 7 ans, soit environ 3M€ par an. Comme le fait remarquer un rapport de AirTn (**AirTn WP5 Bottom Up R&T**): "*The funding is less than in the previous years*".

La mise en place de SESAR, qui est donc un programme presque exclusivement court-terme, a entraîné une baisse des financements de recherche stricto-sensu dans l'ATM, ce qui a eu des conséquences sur les différents acteurs du domaine, en France et à l'étranger.

C) La réorganisation des opérateurs européens (hors France)

Les fournisseurs nationaux de service ATM ont du se réorganiser d'abord dans le cadre de la séparation opérateur-régulateur, puis dans le domaine R&D, dans le cadre SESAR. Ce bref paragraphe montre trois exemples significatifs de ces réorganisations.

1) Le Royaume Uni

La Grande-Bretagne a commencé la privatisation de ses services de navigation aérienne dès 1992. Il n'existait jusque là que la Civil Aviation Authority (CAA) qui contrôlait le National Air Traffic Control Services (NATCS). En 1996, le NATS fut réorganisé en une compagnie appartenant à la CAA. En 2000, le Transport Act décide d'un partenariat public-privé. En Juillet 2001, 46% du NATS sont vendus à Airline Group et 5% cédés aux employés, l'état conservant 49%. A la suite du 11 septembre 2001, la baisse du trafic nécessite une restructuration financière du NATS, avec un investissement complémentaire du gouvernement de 65M de livres et un autre d'un montant identique de BAA (la société contrôlant les majeurs aéroports britanniques) qui prend 4% du capital (réduisant la part de AG à 42%).

La R&D dans le domaine ATM était effectuée par le DERA (Defence Evaluation and Research Agency) qui disparut en 2001 pour laisser la place à une compagnie privée (QinetiQ) et une structure étatique, le DSTL (Defence Science and Technology Laboratory). QinetiQ possède toujours un groupe ATM, mais ses sujets de travail ne concernent que le court terme.

2) L'Allemagne

La DFS a été créée en 1993, pour prendre la place de l'administration fédérale des services de la navigation aérienne (fondée en 1953). Il s'agit d'une compagnie de droit privé mais qui appartient à 100% à l'état fédéral.

La recherche dans le domaine ATM est essentiellement effectuée par le DLR. Il s'agit d'une énorme agence qui regrouperait l'ONERA, le CNES, la R&D dans l'ATM, etc... Le DLR n'a pas été retenu par la JU SESAR lors de l'appel d'offre initial. Il tente de revenir dans la JU à travers le groupement AT-ONE, un groupement avec le NLR (l'équivalent néerlandais du DLR), dont l'ONERA s'est d'ailleurs rapproché.

Le fait que la JU ait retenu la DFS et pas le DLR montre clairement l'orientation plus "développement" que "recherche" de SESAR.

3) L'Espagne

L'AENA a été créé en 1990. Il s'agit d'une structure ayant une personnalité à la fois privée et publique, disposant d'un patrimoine propre, mais dépendant du ministère des transports espagnols (la structure française la plus proche serait probablement un EPIC).

L'AENA a créé le 27 février 2008 un centre de recherche, le CRIDA (**Centro de Referencia**

I+D+iATM, ou **Centre de Référence pour l'Innovation et la R&D dans l'ATM**), en partenariat avec l'université de Madrid (80% AENA, 20% université). A terme, INECO devrait entrer pour 10% dans le CRIDA.

Les activités du CRIDA sont: la recherche innovante, la validation des nouveaux concepts ATM, l'évaluation de la performance des futurs systèmes ATM etc.

Selon son directeur, Nicolas Suarez, le but du CRIDA est en particulier de préparer l'après-SESAR. Le CRIDA compte actuellement 30 membres de l'AENA, et atteindra 60 membres d'ici deux ans. Le travail du CRIDA correspond à celui d'un centre de recherche appliquée assez proche, dans son principe, à un fonctionnement de type LCPC ou INRETS. Le CRIDA a pris de fait le leadership du WP-E (innovating research) de SESAR pour les ANSP, les espagnols étant parmi les seuls à pouvoir fournir des ressources au niveau européen. Il s'agit là d'un rôle que le CENA avait toujours joué dans le passé (consortium Phare), mais que la DTI serait bien en peine de jouer aujourd'hui.

4) Conclusion

Il n'y a pas en Europe de solution unique, imposée par le statut d'opérateur, comme on l'entend trop souvent. Les différences flagrantes entre les trois exemples cités montrent que toutes les solutions sont envisageables, et dépendent seulement d'une volonté d'implication ou de non-implication de l'opérateur dans la définition et l'évolution de la recherche dans l'ATM.

D) Les Etats-Unis

La FAA s'est appuyée sur des structures internes (le William J. Hughes technical center d'Atlantic City, ancien NAFEC, qui servit de modèle lors de la création du CENA) et des structures externes pour assurer sa R&D. Parmi celles-ci on trouve aussi bien le centre de recherche AMES de la NASA que la MITRE corporation.

Depuis 1996, la FAA a souhaité de plus construire un partenariat privilégié avec les universités à travers NEXTOR (National Center of Excellence for Aviation Operations Research). Les cinq membres fondateurs sont l'université Georges Mason, le MIT, l'UC Berkeley, l'université du Maryland et l'institut polytechnique de Virginie. Il s'agit d'un mécanisme de distributions de bourses de recherche sur des sujets connexes au transport aérien, impliquant la FAA, des industriels et les universités. Le nombre de doctorats soutenus dépasse la centaine depuis la création de NEXTOR. Un certain nombre d'entre eux est disponible en ligne sur le site NEXTOR.

Ce modèle est celui qu'a déjà tenté de promouvoir l'agence Eurocontrol et qu'elle va tenter de promouvoir à nouveau dans le cadre du WP-E de SESAR. Il n'est pas du tout clair que ce mécanisme spécifiquement américain ou à la limite anglo-saxon, avec des universités habituées à travailler avec des partenaires industriels, ait un sens en Europe et encore moins en France, où les structures de recherche publiques ou parapubliques (LCPC, CNRM, etc.) non universitaires sont traditionnellement celles qui traitent ce type de problème en assurant la liaison entre partie "opérationnelle" et thématique de recherche. On a vu trop souvent des thèses sponsorisées par le CEE se retrouver vidées de tout sens, l'équipe de recherche tentant à toute force de faire cadrer le seul outil qu'elle maîtrise avec le problème qu'on lui pose sans comprendre le problème opérationnel (avions qui doivent s'arrêter en l'air, avions qui changent vingt fois de niveaux de vol pendant un vol, hypothèses irréalistes sur les prévisions météo ou les tenues de trajectoire, etc.).

E) La dispersion française

Le cas français est particulièrement intéressant car plusieurs organismes travaillent sur la recherche dans l'ATM, de façon souvent peu concertée. On peut à minima indiquer:

– la DSNA/DTI/R&D

- l'ENAC
- l'ONERA (tutelle DGA) a commencé à s'intéresser à l'ATM au début des années 90, au moment de la grande restructuration qui a suivi la non-reconduction d'un certain nombre de contrats militaires. Il s'est impliqué dans plusieurs projets ATM, comme IFATS, qui n'ont pas toujours été bien reçus par la communauté aéronautique. Depuis 2005, l'ONERA a utilisé un financement de la région (initialement destiné à la décentralisation d'une partie de ses équipes parisiennes) pour développer la plate-forme de validation IESTA, créant un nouveau bâtiment pour abriter le simulateur et recrutant une quinzaine de personnes. Aujourd'hui l'avenir d'IESTA semble plus sombre, la région ne souhaitant pas poursuivre ses versements. ONERA participe en tant qu' "affiliate" au programme SESAR au côté de la DSNA, en particulier pour les aspects environnementaux.
- L'INRETS s'intéresse à la recherche dans l'ATM à travers l'équipe LICIT. Cette équipe de recherche mixte INRETS-ENTPE est implanté sur les deux sites de Lyon-Bron et de Vaulx en Velin. Elle s'intéresse avant tout à la modélisation et à la régulation de l'écoulement du trafic dans les réseaux de transport. L'une des quatre thématiques de recherche (**Systemes de circulation aérienne et régulation**) s'intéresse à l'application de méthodes d'optimisation à la régulation « temps réel » ou « court terme » du trafic aérien. Cette thématique recouvre exactement celle d'un des pôles de la DTI. Cette équipe a été créée en 1992, avec le détachement d'un IEEAC de la DGAC (Rémy Fondacci) auprès de l'INRETS.

Il est relativement difficile de trouver une logique dans cette organisation assez française. Il existe certes de vraies complémentarités, par exemple, entre l'ONERA et la DSNA. L'ONERA est par exemple tout à fait compétent dans des domaines environnementaux (propagation des sons, modèles d'émissions de gaz) alors que la DSNA ne l'est absolument pas. Mais les complémentarités ne sont pas toujours utilisées au mieux et il est assez facile de trouver quelques exemples moins heureux.

Par exemple, l'initiative IESTA de l'ONERA (13M€ en financement régional) s'est faite sans concertation avec la DSNA, qui, en collaboration avec d'autres partenaires (Airbus, ENAC, Steria, plusieurs PME locales) soutient de son côté le projet GAIA, qui est une plate-forme de simulation hors les murs permettant de réaliser des expérimentations regroupant des simulateurs situés sur plusieurs sites et appartenant à des entreprises différentes, projet auquel ne participe pas l'ONERA.

Cette dispersion à la mode des "villages gaulois" n'a jamais été traitée sérieusement. S'il peut être profitable de maintenir plusieurs équipes de recherche différentes lorsque celles-ci ont des tailles suffisantes, afin de maintenir une saine concurrence et une véritable émulation, cela semble moins utile lorsque les équipes sont aussi réduites. La faible taille des équipes, les problèmes budgétaires rencontrés par les uns et les autres, et les problèmes de disponibilité des données militeraient donc vers un regroupement et une rationalisation que rend difficile la multiplicité des structures et des tutelles.

III. L'évolution de la structure de l'enseignement supérieur

A) Avant 1800

Les universités sont nées en Europe au XIIIème siècle sur un grand principe fondateur: celui suivant lequel la formation au savoir (que l'on appellera «enseignement») et la production de ce savoir (que l'on appellera plus tard «recherche») étaient inséparables. Elles s'organisent suivant quatre corps: la faculté des arts libéraux, qui dispense d'abord un enseignement général, puis une spécialisation dans un des trois grands domaines que sont le droit, la médecine et la théologie.

Mais, à la fin du XVIIIème siècle, l'Europe connaît une grave crise de ses universités. Ainsi, en Allemagne, de 1792 à 1818, 22 universités vont fermer. En France, il ne reste que 30 étudiants en

droit à Angers ou 18 étudiants en médecine à Caen. Les raisons sont multiples mais s'organisent principalement suivant deux axes: d'une part, l'enseignement scholastique diffusé par des universités dominées par l'église s'est sclérosé au fil des années et s'est fermé aux savoirs nouveaux, principalement dans la tradition romaine. D'autre part le frémissement de la révolution industrielle demande une éducation apportant aussi des savoirs «productifs» à côté de savoirs «fondamentaux». C'est ainsi que vont apparaître des «écoles spéciales» ou des «écoles supérieures professionnelles» de l'un et l'autre côté du Rhin.

L'ancien régime amorcera ce mouvement en France: Louis XV créera l'École des ingénieurs-constructeurs des vaisseaux royaux (1741, future ENSTA), l'école royale des Ponts et Chaussées (1747) et Louis XVI l'école nationale supérieure des poudres (1775), ou l'école des mines (1783). Mais les réponses vont par la suite différer en Allemagne et France, pour des raisons essentiellement politiques.

B) L'évolution allemande

Wilhelm Von Humboldt est un linguiste et fonctionnaire du gouvernement prussien dont il est ministre de l'éducation de 1809 à 1810. Il voyage et connaît les travaux de Rousseau, Pestalozzi, Fichte, Wolf et Schleiermacher. Il réforme profondément le système éducatif prussien et organise un nouveau modèle d'université qui sera matérialisé par l'ouverture en 1810 de l'université de Berlin. Celle-ci rompt totalement avec le système universitaire du moyen-âge mais refuse également le côté strictement utilitariste des écoles spécialisées. *«Le coup de génie de Humboldt aura été de comprendre que l'éclatement entre recherche utile et recherche pure eût correspondu à un désastre non seulement pour l'institution universitaire, qui, amputée sur ses deux flancs, fût devenue un corps vide, mais pour la recherche et la science elle-même, à travers la double menace d'une théorie coupée de toute perspective pratique et d'une pratique coupée de toute réflexion théorique.»* (Alain Renaut, **Que faire des universités?**). La réforme Humboldtienne tend à la fois vers un savoir globalisant, regroupant en un même lieu la totalité des savoirs, mais aussi vers une recherche libre individuelle, et ainsi une formation au savoir, une formation du savoir et une formation par le savoir combinés en un même lieu et en un même temps. *«Il faut réinterpréter le terme d'université comme désignant une institution capable d'assurer une organisation unitaire et totalisante des divers champs du savoir dont il appartient à la philosophie de fournir et maintenir l'idée, c'est-à-dire l'exigence.»* (Humboldt) L'université d'Humboldt est formatrice alors que l'école spécialisée est formatrice.

Le pensée Humboldtienne est méconnue en France (même si la IIIème république s'en est aussi inspiré lors de sa reformation de l'université française), alors qu'elle a contribué à créer un véritable âge d'or de l'université allemande au XIXème siècle, et qu'elle a par la suite servi de modèle à nombre de pays qui viendront à moderniser ou créer un système universitaire, et en particulier les Etats-Unis, dont les universités sont organisées suivant le modèle Humboldtien.

C) La «révolution» française

Le premier corps de l'état (les Ponts et Chaussées) ne fut pas créé par les instances révolutionnaires, mais lors de la régence (1715). Le système de recrutement par concours et le système des corps de l'état trouvent leurs racines dans les examens impériaux chinois et le système méritocratique de la haute fonction publique chinoise (le mandarinat suivant le nom donné par les occidentaux). Ce système fut décrit par les mathématiciens jésuites envoyés en Chine en 1685 par Louis XIV et popularisé auprès des philosophes des lumières par le travail de l'historien jésuite Jean-Baptiste du Halde qui publia les **Lettres édifiantes et curieuses, écrites des Missions étrangères, par quelques missionnaires de la Compagnie de Jésus** puis la **Description géographique, historique, chronologique, politique et physique de l'empire de la Chine et de la Tartarie**

chinoise en 1735. On retrouve par exemple comme héritage direct le principe du «3 ans par poste et par région», qui remonte aux règles de l'administration territoriale chinoise, et qui était destiné à réduire au maximum le risque de corruption de fonctionnaire.

La grande rupture française qu'est la révolution de 1789 aura une influence profonde sur le fonctionnement de l'enseignement supérieur français. Le 15 septembre 1793 une loi de la convention ferme les universités. L'école polytechnique est créée par la commission des travaux publics du comité de salut public au lendemain de la révolution (1794). Ainsi commence à se pérenniser le système français, qui montre une double césure université / écoles d'ingénieurs et universités / grands centres de recherche (CNRS, CEA, CNES...).

La loi du 10 mai 1806 fixe la création d'une université impériale et établit que «*Il sera formé, sous le nom d'Université impériale, un corps chargé exclusivement de l'enseignement et de l'éducation publiques dans tout l'Empire*». Il ne s'agit plus là d'un système d'enseignement supérieur, et cette université deviendra successivement sous la restauration un comité d'instruction publique puis un conseil royal de l'instruction publique. Il faut cependant noter que le décret impérial du 17 mars 1808 fixe le fonctionnement de l'Université Impériale, et en particulier les trois grades que sont le baccalauréat, la licence et le doctorat.

D) «L'université impossible» (1896-1995)

En 1875 les décrets Goblet ont créé ou recréé les facultés. La loi du 18 mars 1880 leur confèrera le monopole de l'Etat en matière d'attributions des grades, repris du décret du 17 mars 1808. La loi du 10 Juillet 1896 regroupera ces facultés en universités. La France commence alors une recréation de son système universitaire. Mais, suivant l'expression d'Alain Renaut, nous aurons de 1896 à 1995 «*L'université impossible* ». Les écoles d'ingénieur sont déjà bien implantées et le rôle des universités déjà défini en creux de celui des grandes écoles. Une analyse faite par un «persan» japonais est tout aussi claire: «*Autrement dit, sur le plan historique, les Grandes écoles (en tant qu'établissements supérieurs) ne faisaient pas de recherche, et les universités participaient peu à la formation des cadres des différents secteurs économiques (à l'exception de la médecine et du droit, et de la formation des enseignants).*» (Chihiro Tagawa (2007), **Qu'entend-on par « professionnalisation » de la formation universitaire? l'analyse comparative entre la France et le Japon**).

Privée de moyens, subissant de plus à partir du milieu des années 50 le phénomène de «massification» de l'enseignement supérieur, qui la contraint à traiter un nombre toujours plus important d'étudiants, l'université française se perd.

Il est difficile de ne pas adhérer à l'analyse suivante: «*La France n'a pas d'université au sens où il en existe dans d'autres sociétés démocratiques, qui les identifient comme des lieux irremplaçables où les savoirs se transmettent tout en se transformant et tout en formant les étudiants aux plus hautes exigences intellectuelles et éthiques de ces savoirs* » (Alain Renaut (2002), ***Que faire de l'université?***)

E) Une évolution prudente (1995-?)

A partir de 1995, l'université française accélère, grâce aux contrats universités-état, une évolution commencée par la création des IUT en 1966 par la loi Fouchet. Cette évolution est poursuivie par le décret Fontanet du 16 Avril 1974 portant création du DESS. Elle aboutit à la suite du processus de Bologne à la disparition des DEA et DESS, remplacés par le degré de Master, créé par le décret du 30 Aout 1999. Cette évolution est encore complétée actuellement par la disparition des deux types de master (master recherche et master spécialisé, qui reprenaient les DEA et DESS) et l'apparition d'un degré indifférencié de master. Les universités françaises disposent donc d'un arsenal de

diplôme leur permettant, au moins dans le principe, de faire le pendant aux grandes écoles en matière de diplôme « professionnalisant », tout en s'inscrivant exactement dans le cadre de la déclaration de Bologne du 19 juin 1999, et dans le cadre de l'évolution du cycle universitaire en un format 3-5-8 (licence-master-doctorat) déclinée en France par le décret 2002-482 du 8 avril 2002 « portant application au système français d'enseignement supérieur de la construction de l'Espace européen de l'enseignement supérieur ».

Il faut cependant aussi noter que le décret 2002-604 du 25 avril 2002 modifie l'article du 30 Aout 1999 et décide que « *Le grade de master est conféré de plein droit aux titulaires : 1° D'un diplôme de master ; 2° D'un diplôme d'études approfondies ou d'un diplôme d'études supérieures spécialisées ; 3° D'un diplôme d'ingénieur délivré par un établissement habilité en application de l'article L. 642-1 du code de l'éducation ; 4° De diplômes délivrés au nom de l'Etat, de niveau analogue, figurant sur une liste fixée par arrêté du ministre chargé de l'enseignement supérieur après avis conforme du ou des ministres chargés de la tutelle des établissements concernés et après avis du Conseil national de l'enseignement supérieur et de la recherche.* » Ce décret, pris sans l'avis du conseil d'état, modifie pourtant un principe fondamental, celui du monopole de la collation des grades universitaires par l'université. Cela est d'autant plus curieux qu'une première tentative faite dans le cadre de la loi Savary en 1984, s'était heurté à l'opposition du dit conseil: « *le conseil d'Etat a estimé que le principe suivant lequel la collation des grades est réservée aux établissements publics d'enseignement qui remonte à la loi du 16 fructidor an V et que les lois de la République n'ont jamais transgressé depuis 1880 s'impose désormais au législateur ; aussi a-t-il disjoint du projet de loi sur l'enseignement supérieur un titre autorisant le ministre chargé de l'enseignement supérieur à accréditer des établissements privés à délivrer des diplômes nationaux* ». La légalité de ce décret est d'ailleurs disputé (voir Y. Gaudemet et P.H. Prélot).

La normalisation européenne 3-5-8 pose également aux grandes écoles de sérieux problèmes, puisqu'elles sont organisées suivant un système 2-5, qui ne s'intègre pas au format européen. En revanche le rapprochement du niveau 5 entre grandes écoles et universités permet aux élèves des grandes écoles de s'inscrire directement en thèse à la suite de leur scolarité sans avoir à effectuer, comme dans le passé, un DEA (à condition de justifier d'une formation d'un niveau suffisant, qui est évalué lors de la demande d'inscription).

F) Une analyse critique du système français

Aghion et Cohen (rapport **Education et croissance**, 2004) vont plus loin à travers une analyse macro-économique de l'efficacité de l'enseignement supérieur; « *Un niveau élevé d'éducation permet ainsi d'adapter plus facilement des technologies développées par d'autres ou de développer de nouvelles technologies. De ce point de vue toutefois, les différents étages du système éducatif ne jouent pas le même rôle : imiter les technologies existantes nécessite des individus disposant d'une bonne compétence technique et professionnelle, que procure l'enseignement secondaire ou supérieur spécialisé ; innover est en revanche le fait de chercheurs. Pour la France, qui est aujourd'hui proche de la frontière technologique, cette analyse montre l'importance d'un enseignement supérieur performant. Son bon fonctionnement est même d'autant plus crucial que, lorsque s'amorce une nouvelle vague technologique, comme cela semble être le cas aujourd'hui avec l'émergence des nouvelles technologies de l'information, les possibilités d'imiter ou de mettre au point des innovations incrémentales sont plus limitées. Ce constat invite à se demander si la perte de vitesse de notre économie et de sa capacité à innover ne renverrait pas au fonctionnement de notre enseignement supérieur.*»

L'analyse d'Aghion et Cohen semble parfaitement être illustrée par l'histoire. Le système éducatif français qui a été sacralisé par les grandes écoles a fait ses preuves quand à sa capacité à former des ingénieurs technologues. Suivant l'expression consacrée, les polytechniciens ont fait la SNCF,

France Télécom, EDF et les centrales atomiques françaises (et aussi le CAUTRA comme nous l'avons vu...). Ils ont permis à la France de l'après guerre de rattraper son retard sur les nations les plus en avance technologiquement, et notamment les Etats-Unis.

Mais il a aussi de lourdes conséquences sur la recherche et l'innovation. Le système des classes préparatoires et des grandes écoles apprend à résoudre des problèmes bien posés qui ont toujours des solutions. Le travail du scientifique est bien souvent de découvrir quel est le problème à poser, et est aussi bien souvent d'admettre que le dit problème peut ne pas avoir de solution. Cette approche est rare voire impossible dans le système français.

Si l'on regarde de près la liste des grands savants français, fort peu sont passés par les grandes écoles d'ingénieurs (excluons l'école normale supérieure qui impose à ses élèves une formation universitaire traditionnelle). L'école polytechnique en particulier aurait bien du mal à mettre en avant une personnalité susceptible d'avoir effectué une rupture paradigmatique dans la science contemporaine. Un Ampère, un Louis De Broglie furent des esprits indépendants, et même si Benoit Mandelbrot passa par l'X ce fut par hasard: son éducation fut totalement atypique, et il quitta rapidement la France, en opposition avec son système scientifique. Pas de biologiste, ou de grands spécialistes de la mécanique quantique. Les grandes écoles apprennent plus l'obéissance que l'originalité et ce n'est pas par hasard que l'X fût dès l'origine une école militaire.

D'autre part, le système français n'accepte pas l'absence de résultats; tout problème est supposé avoir une solution puisque c'est ce que l'on rencontre en classes préparatoires et en écoles d'ingénieurs, et l'échec est ainsi «diabolisé». Un américain pourra créer plusieurs sociétés, échouer et recommencer. Une équipe complète de développement d'Intel pourra abandonner le développement de l'architecture NetBurst sans que cela soit considéré comme scandaleux malgré les coûts très élevés de développement. L'échec, s'il est accepté à temps, reconnu et analysé, est porteur d'informations; il peut y avoir des acteurs malheureux sans qu'il y ait nécessairement de coupables, de la même façon qu'une thèse peut ne pas avoir de résultats positifs sans que ce soit pour autant une mauvaise thèse. Apprendre qu'une voie ne peut pas aboutir, c'est déjà apprendre, à condition de l'accepter comme tel et d'en comprendre les raisons.

Le système français ne reconnaissant pas le sens de l'échec positif, il se prive ainsi d'une grande source d'information. De plus, il a mis en place tout un ensemble de manœuvres dilatoires pour l'éviter. Il est un exemple applicatif de la théorie de l'engagement: plus on a investi et plus on est prêt à continuer à investir pour faire disparaître l'impossible «erreur». Tels les Shadocks, nous sommes tentés de lancer à grands coûts 999999 fusées de guingois suite au non-succès de la première en espérant réussir un lancement même si la probabilité n'est que de 1 sur un million, car cela serait mieux vécu que d'admettre l'impossibilité de la construction. L'échec ressemble à une dilution lente, sans évaluation et sans analyse. Cet état de fait n'est pas une exclusivité française, car il est commun aux projets menés en l'absence de culture, d'évaluation et de direction scientifique au sens strict, mais nous en sommes malheureusement, du fait de notre système de formation, les champions incontestés, comme le font remarquer Aghion et Cohen.

Cet état de fait est encore renforcé par le hiatus entre le niveau scientifique réel des écoles d'ingénieurs et le statut prestigieux de ceux qui en sortent. Il ne s'agit pas de dire que les écoles d'ingénieurs offrent une mauvaise formation, bien au contraire, mais elles offrent avant tout (et c'est leur rôle) une formation scientifique généraliste et applicative, mais pas une formation fondamentale. Suivant l'adage, «l'X sait tout sur rien et rien sur tout», un ingénieur n'a pas de véritables connaissances fondamentales sur un sujet précis. Même les écoles dites de spécialisation n'ont longtemps dispensé que des formations pratiques. Le statut social et culturel de l'ingénieur issu d'une grande école l'amène à penser que sa formation lui permet d'aborder n'importe quel problème avec compétence sans formation complémentaire: c'est faux. Seule une formation scientifique spécialisée solide permet d'avoir les éléments permettant de faire les choix justes

lorsque l'on s'approche de la frontière technologique de l'innovation. Les exemples à citer seraient légion, le plus célèbre qui vient à l'esprit étant sûrement l'affaire des «avions renifleurs» qui aurait fait éclater de rire n'importe quel physicien compétent, et coûta à Elf et à l'état français, avec la bénédiction active de leurs deux présidents polytechniciens, la bagatelle de plus d'un milliard de francs. L'absence de compétence universelle est «normale» sachant que nul ne peut être compétent en tout dans un monde aussi spécialisé que le nôtre. Mais le véritable problème, c'est l'excès de confiance dans ses capacités à juger. On ne connaît pas un domaine scientifique parce que l'on en a effleuré la surface pendant un module de 16 heures d'enseignement et que l'on a lu quelques articles de vulgarisation dans quelques revues. La science s'apprend et l'apprentissage est long, quelles que soient les capacités intellectuelles de l'apprenant.

Enfin, le principal «péché» des grandes écoles, surtout depuis les années 80, est de recruter la «fine fleur» d'une génération en mathématiques, physiques et autres disciplines scientifiques, et d'en envoyer «*la majeure partie en sortie d'école travailler comme chef de bureau ou de business unit sur des tableurs Excel*» (Chartier). Le système commet ainsi deux erreurs successives: la première est de priver les universités et la science française de ses plus brillants éléments pendant les années les plus productives de leur vie, la seconde de nommer immédiatement à des postes de direction et de relations humaines des gens qui n'en ont pas la formation, et parfois pas l'aptitude, dans la mesure où on ne les a ni formés, ni recrutés suivant ces critères. La perte de crédibilité des humanités comme moyen de sélection au cours des années 70 a abouti à un système absurde où la sélection ne s'opère finalement que sur des disciplines scientifiques, même pour des postes où elles ne sont pas requises. La dévalorisation de la fonction technique par rapport à la fonction managériale a fait le reste.

L'analyse de Renault, Aghion, Cohen, Chartier et autres semble aujourd'hui peu discutable (voir en particulier les commentaires de Jean-Hervé Lorenzi et Michel Mongeot publiés par le Conseil d'Analyse et Economique sur le rapport Aghion/Cohen). Les solutions proposées font, en revanche, largement débat...

IV. L'organisation récente (2007-2009)

A) Organisation du domaine R&D de la DTI

La réorganisation CENA-STNA connut sa structure définitive en 2007, avec la disparition du CENA et de la SDER, et la création d'un domaine R&D de bien plus faible taille (passant de 150 à 65 personnes et voyant son budget réduit de 10M€ à 4.5M€) intégré au même niveau que les quatre autres domaines de la DTI.

Deux ans après (courant 2009), il faut remarquer que cette réorganisation ne se fit pas sans perte de compétence; certains personnels quittèrent la DTI, considérant que leur nouvelle mission ne correspondait pas à ce qu'ils attendaient (c'est le cas de l'ancienne division "Radar" du CENA dont la quasi-totalité des personnels quitta la DTI). Certains domaines d'activité s'éteignirent d'eux-mêmes comme les études sur le SWIM (System Wide Information Management), certains autres virent leur mission fortement réorientée vers la partie "Développement" plutôt que vers la partie "Recherche" (études sur les architectures de système par exemple), d'autres équipes furent réduites au point d'approcher le point d'extinction (équipe "aéroport") avant d'être finalement relancées dans le cadre SESAR.

Dans la même période (2007-2009), le budget du domaine R&D connut une nouvelle réduction de 4.5M€ en 2007 à 1.5M€ en 2009, ce qui entraîna à nouveau une forte réorganisation du fonctionnement du domaine par rapport à ce que le CENA avait pu être et faire dans la DSNA.

Cette réorganisation a cependant eu le mérite de renforcer la compacité du domaine. A la fin de son existence, le CENA, en raison de sa taille et de ses budgets, était composé de personnes ayant des

visions de la R&D et de la mission afférente dans la DSNA fort différentes les unes des autres. Le nouveau domaine R&D affiche une plus grande homogénéité.

Depuis 2007, le but a été de réduire au sein du domaine R&D le nombre de thématiques de recherche pour concentrer au maximum les chercheurs au sein d'équipe atteignant une taille viable. Cela a d'ailleurs entraîné le départ vers l'ENAC d'un certain nombre de chercheurs du domaine R&D dont les thématiques ne correspondaient pas aux buts du domaine.

Un autre objectif a été d'encourager à partir en doctorat les fonctionnaires qui en avaient la capacité afin de donner à ces équipes une véritable culture "recherche". En effet, si le CENA avait montré une grande compétence dans le domaine des études « métiers », son fonctionnement au niveau des projets plus innovants de type « recherche appliquée » semble bien, avec le recul, laisser à désirer : toute activité de recherche, qu'elle soit fondamentale ou appliquée, repose sur un certain nombre d'éléments fondamentaux (analyse préliminaire systématique de l'existant, publications des résultats, évaluation scientifique extérieure permanente, remise en cause périodique, etc). Or le CENA, parfois même de façon caricaturale comme nous l'avons vu, s'est trop souvent refusé à rentrer dans ce moule, prétextant parfois que son travail était de faire de l'innovation pour la DSNA et non de la recherche appliquée. Cette attitude montre à quel point l'importance des critères sus-cités était complètement sous-estimée par des gens qui les connaissaient trop mal ou trop peu, et nombre de reproches faits au CENA et à certains de ses projets auraient pu être évités si ces méthodes, pourtant reconnues universellement dans le monde de la recherche, avaient été appliquées correctement.

Le troisième axe a été de poursuivre un partenariat actif avec les grandes équipes de recherche toulousaine de façon à disposer d'une structure permettant une véritable évaluation scientifique (publications, rapport d'activité,...) sachant que le domaine R&D ne disposait pas des moyens permettant de créer ces structures en interne. Enfin, cette collaboration garantit la bienveillance de l'université et des écoles doctorales lors de la présentation des dossiers de soutenance d'HDR.

Ce type de partenariat entraîne inévitablement une forme de "vassalisation" vis à vis des équipes de l'université, mais cela ne pose aucune difficulté dans la mesure où l'objectif du domaine R&D n'est pas d'occuper de l'espace sur la place toulousaine de la recherche. De leur côté les grands laboratoires toulousains sollicitent régulièrement (et naturellement) les équipes du domaine R&D, en particulier sur des sujets applicatifs où ces dernières disposent d'une grande habitude quand il s'agit d'évaluer un problème réel et de trouver les algorithmes ou les méthodes permettant de le traiter.

Enfin, le dernier grand principe est de rechercher aussi tôt que possible des collaborations avec les industriels pour que les travaux réalisés puissent être testés en conditions réelles et que les contraintes « opérationnelles » soient rapidement prises en compte.

Le domaine R&D a aujourd'hui une lourde charge de travail de type "études", puisqu'il doit assurer en particulier 50% des activités de la DSNA au sein de SESAR, qui n'est pas un projet de recherche, malgré son nom.

Aujourd'hui le domaine R&D est composé de cinq pôles:

- Un pôle (EEE) de support logistique qui assure le support du site et le support au déploiement des prototypes pour les expérimentations
- Un pôle (SAS) spécialisé dans les activités sol-bord (filets de sauvegarde, ASAS, TCAS, etc.). Ce pôle est financé à plus de 80% sur contrats externes à travers une convention avec la société Egis Avia. Ce pôle assure également le maintien de la simulation de cockpit. Il n'a pas d'activités de recherche.
- Un pôle (MTC) qui assure la liaison des activités du domaine avec la partie

opérationnelle et la partie "métiers". Il s'occupe essentiellement des activités "sol", avec en particulier le travail sur les nouveaux outils pour le contrôle aérien. MTC n'a pas d'activité de recherche.

- Un pôle (PII) qui travaille sur toutes les modalités d'interface et d'interactions homme-machine et qui maintient la plate-forme de prototypage (EASY) du domaine R&D. Ce pôle est la suite de l'équipe créée par Stéphane Chatty dans les années 90. Il dispose d'excellents ingénieurs de recherche (une dizaine), et est membre de l'Institut de Recherche en Informatique de Toulouse (équipe IHCS) dans le cadre de la convention liant le domaine R&D à l'IRIT. Malheureusement, ce pôle n'a pas eu la chance jusqu'ici de disposer de suffisamment de chercheurs fonctionnaires titulaires d'un doctorat. Il n'y en a qu'un seul aujourd'hui et deux sont en train d'effectuer une thèse. Il y a cependant cinq thèses "extérieures" en cours à l'intérieur de ce pôle, soit en collaboration avec le pôle IHM de l'ENAC, soit en collaboration avec les équipes IHCS et RDMP de l'IRIT, soit en collaboration avec l'université du Mirail. On trouve également un post-doc financé par la région. PII accueille aussi à mi-temps un maître de conférences de l'IRIT dans ses locaux. L'équipe PII a toujours été très active et a développé, par exemple, au début des années 2000 le système DIGISTRIP de stripping électronique. Ce système, relativement révolutionnaire pour l'époque, n'a pas été retenu par la DSNA, et a été cédé à la société autrichienne Frequentis. Celle-ci le commercialise (avec quelques modifications) sous le nom de SMARTSTRIP, et il équipe par exemple le plus grand centre de contrôle d'Europe, celui de Swanwick. Cette équipe est aussi impliquée dans des collaborations avec Airbus pour le design des IHM des postes de contrôle et commence à travailler avec Thalès.
- Un pôle (POM) spécialisé dans les problèmes d'optimisation globale. Il s'agit de l'ancien LOG, laboratoire d'optimisation globale commun avec l'ENAC. C'est la seule équipe complètement structurée comme une équipe de recherche, avec deux HDR, un troisième HDR en "finale", trois docteurs (fonctionnaires), deux fonctionnaires inscrits en doctorats, un autre doctorat en cours. Le nombre de publications scientifiques de l'équipe dépasse largement la centaine. Elle est membre de l'équipe APO (Algorithmes Pour l'Optimisation) de l'IRIT. C'est au sein de cette équipe qu'ont été développés les nouveaux algorithmes de détection et de résolution de conflit (système ERCOS). Ces algorithmes ont été à la base du projet européen ERASMUS, et sont également au centre de la convention GENESE qui lie DTI/R&D et Thalès pour l'intégration d'algorithmes de détection et de résolution dans le produit Eurocat de Thalès. Ils seront également déployés pas la DTI à l'intérieur du WP 4 (tâche 4.7.2 de SESAR) dont la DSNA est leader.

Bien que les activités du domaine R&D ne soient que très partiellement de la recherche, et que cette recherche soit très appliquée, la survie de cette petite activité est loin d'être garantie. La doctrine de la Sous-Direction de la Prospective et de la Stratégie (SDPS) de la DSNA est qu'il ne doit pas y avoir de R&D dans la DSNA hors de SESAR, ce qui condamnerait toutes les activités au delà d'un horizon de déploiement de sept ans. C'est également la position défendue par certains au sein de la direction de la DTI.

Pour beaucoup, encore aujourd'hui, la seule évaluation de l'activité de R&D est l'évaluation faite en interne par la DSNA de l'utilité du domaine R&D pour atteindre les objectifs qu'elle se fixe à elle-même. On perpétue en cela les erreurs du passé : on sous-estime d'une part la nécessaire évaluation externe des travaux de recherche et d'innovation, la DSNA n'étant pas omnisciente dans ce domaine ; on oublie aussi que toute activité d'innovation ou de recherche, si elle doit être pilotée globalement, doit aussi et surtout être une activité émergente venant des gens effectuant le travail technique. OPAS, ERCOS ou même DIGISTRIP sont des projets qui ont été réalisés *contre* l'avis

du « management » de l'époque et qui ont montré depuis leur intérêt, même si la DSNA n'a pas forcément su les exploiter elle-même.

Si cette tendance au pilotage à court terme devait se renforcer, il serait quasiment impossible de réaliser des activités de recherche telles que le font aujourd'hui les pôles PII et POM. Ce contexte pose de nombreux problèmes en termes d'évaluation des chercheurs: il est par exemple difficile de recourir au programme d'évaluation CESAAR mis en place par la DRAST, puisque les personnels ne sont pas supposés effectuer des activités de recherche évaluables dans ce cadre.

Enfin, il est presque impossible de faire reconnaître par le SRH de la DGAC un statut spécifique pour les IPC ayant choisi une carrière de type recherche (statut qui existe dans toutes les autres maisons d'emploi et est explicitement prévu par le statut du corps), et les contraintes de mobilité à cinq ans sont incompatibles avec une activité de recherche.

B) Organisation de l'ENAC (2005-2009)

Entre 2000 et 2009, l'ENAC a connu une forte croissance de son potentiel de recherche. En 2000, la DE affichait six laboratoires et une dizaine d'enseignants chercheurs dont trois HDR. La DE en 2009 affiche: "*10 laboratoires ou équipes de recherche, 30 chercheurs dont 4 HDR*".

Dans ces dix laboratoires (que je n'ai pas tous réussis à identifier et dont le nombre varie suivant les documents), on retrouve les six équipes présentes en 2000, plus des créations nouvelles (les informations sous-citées sont extraites des différentes références disponibles, et ne sont pas nécessairement à jour. Seuls les personnels titulaires d'un doctorat sont cités):

- Le LTST (Laboratoire de Traitement du signal pour les Télécommunications Aéronautiques) dirigé par C. Macabiau (HDR), comprenant Bernard Collard, Anne-Christine Escher, Christophe Morlaas.
- Le LETA (Laboratoire d'Electromagnétisme pour les télécommunications aéronautiques) dirigé par Bernard Souny
- Le LEOPART (Laboratoire d'Etudes et d'Optimisation des Architectures des Réseaux de télécommunications) créé en 2006 comprenant Fabien Garcia, Nicolas Larrieu et Alain Pirovano.
- L'ERMA (Equipe de Recherche en Mathématiques Appliquées) comprenant Stéphane Puechmorel, Daniel Delahaye, Myriam Garrido.
- Le LEEA (Laboratoire d'Economie et d'Econométrie de l'Aérien) dirigé par Nathalie Lenoir et comprenant Estelle Malavolti, Nicolas Gruyer, Steve Lawford et Gilles Saint Paul (HDR)
- Le LARA (Laboratoire d'Automatique et de Recherche Opérationnelle) composé de Félix Mora-Camino (HDR)
- Le pole IHM (Interactions Homme Machine) composé de Stéphane Chatty et Stéphane Conversy (unité créé en 2006).
- Le LOTA, équipe issue de l'ancien laboratoire d'Optimisation Globale, comprenant Pascal Brisset et Nicolas Barnier.

Le quatrième HDR (Charles Rakotondrazafy) ne fait plus de recherche depuis la soutenance de son doctorat d'état il y a plus de trente d'ans.

Il faut également noter que certains des personnels qui apparaissent dans les équipes de recherche ENAC font leur recherche hors de l'ENAC. C'est par exemple le cas de Gilles Saint Paul (seul nouvel HDR à l'ENAC depuis 2002), dont les pages personnelles et professionnelles (à l'IDEI) ne

portaient même pas à ce jour de référence à l'ENAC, et dont aucune publication ne fait référence de près ou de loin à l'économie du transport aérien.

Les effectifs moyens des équipes de recherche de l'ENAC semblent aujourd'hui nettement trop faibles par rapport aux standards communément admis, ce qui peut s'expliquer par une augmentation du nombre de thématiques lors de ces dernières années, au lieu d'utiliser les effectifs supplémentaires pour renforcer les équipes existantes.

La production scientifique semble faible en comparaison avec d'autres écoles comme l'ENM par exemple. Le nombre d'HDR est beaucoup trop bas, surtout eut égard aux efforts consentis en terme de cadre d'emploi, et la soutenance de nouvelles HDR au sein des équipes de chercheurs de l'école est proche d'être nul.

En 2007, l'ENAC a connu une nouvelle réforme statutaire. Le décret 2007-651 du 30 avril 2007 modifie la structure de l'école de façon importante et fait apparaître explicitement la mission «*d'organiser des formations par la recherche*». On voit aussi apparaître dans l'article 3 le conseil scientifique déjà préconisé par le rapport Guillaume en 1991. En revanche, il n'y a toujours pas de séparation entre enseignement professionnel et enseignement supérieur, et on ne sépare pas non plus la direction scientifique de la direction des études comme le suggérait la lettre de mission de Paul Quilès en 1992.

De fait, le conseil scientifique semble garder un rôle faible par rapport au conseil des études et de la recherche et l'on peut se demander si, sans changement plus profond des structures et des hommes, cette réforme ne connaîtra pas le sort de la réforme induite par le rapport Guillaume de 1991: satisfaire en surface les exigences de la loi Savary et du processus de Bologne lors du passage de la commission des titres et laisser à la recherche un caractère de «*nice to have*» noyée dans les grands départements professionnels de l'école.

V. Conclusion

«Il faut une grande maturité pour comprendre que l'opinion que nous défendons n'est que notre hypothèse préférée, nécessairement imparfaite, probablement transitoire, que seuls les très bornés peuvent faire passer pour une certitude ou une vérité.» (Milan Kundera)

Le but de ce document n'était pas d'apporter des solutions simples à des problèmes complexes, à la fois pour des raisons sociologiques, historiques et techniques, qui intègrent, mais aussi dépassent largement dans leurs fondements le simple cadre de l'aviation civile, comme les paragraphes précédents tentent de le montrer.

Il s'agissait donc plutôt de montrer que la situation existante se situait précisément à l'intérieur de ce contexte complexe, qu'il fallait connaître, pour espérer chercher des solutions raisonnables et raisonnées qui s'appuient à la fois sur l'histoire et sur la réalité présente.

Il est cependant difficile de résister à l'envie de proposer certaines de ces solutions sachant que celles-ci sont toujours plus sujettes à discussion que la description d'un contexte, tant il est vrai que les faits ont une certaine forme d'objectivité, alors qu'une solution à un problème complexe ne saurait être qu'imparfaite.

A) L'ENAC

Au niveau national, la structure classiquement rencontrée dans la majorité des maisons d'emplois consiste à avoir une école comprenant un nombre raisonnable d'enseignants-chercheurs qui peut s'adosser à un centre de recherche de bonne taille (Sup Aero / ONERA, ENM / CNRM, ENGREF / AgroParisTech, ENSG / COGIT / LAREG / LOEMI / MATIS, ENPC / LCPC, ENTPE / INRETS). Au demeurant, il est parfois extrêmement difficile de faire la part entre l'école et certains laboratoires, les personnels appartenant parfois aux deux structures, avec par exemple le statut de

professeur associé à Sup Aéro.

Si l'on regarde de plus petites écoles, comme l'Ecole des Mines d'Albi et de Carmaux, elles s'appuient sur des équipes de recherche mixtes avec le CNRS, ce qui leur garantit un bon niveau d'évaluation scientifique et un potentiel de recherche suffisant pour justifier de leur titre d'ingénieur.

Dans le cadre actuel de l'évolution du paysage français et européen de l'enseignement supérieur, il faut aussi accepter de se demander quel est l'intérêt de conserver à l'ENAC son statut d'école d'ingénieur indépendante. On assiste actuellement à des regroupements de toutes natures entre diverses écoles aéronautiques (Sup Aéro/ENSICA). D'autre part, la DGAC/DSNA ne recrute qu'une demi-douzaine d'ingénieurs fonctionnaires par an, l'ENAC a déjà perdu son statut d'école d'application de l'école polytechnique et son rôle majeur aujourd'hui reste bien de former avant tout des ICNA, des IESSA, des TSEEAC et demain encore plus qu'aujourd'hui des EPL, sans compter l'énorme charge de formation continue qui lui est dévolue. D'autre part, l'évolution rapide du statut de la fonction publique peut laisser supposer que l'on pourra recruter les ingénieurs fonctionnaires en sortie d'école et non à l'entrée. Ne faudrait-il donc pas dans ce cadre songer à une fusion entre les activités d'enseignement supérieur et de recherche des trois écoles aéronautiques, surtout lorsqu'elles sont distantes de quelques centaines de mètres? Certes les tutelles sont différentes, mais l'enseignement supérieur français ne pourra pas éternellement maintenir sous perfusion ce morcellement. Il ne faut pas voir dans les PRES une solution à cet éclatement: ils peuvent fédérer dans une certaine mesure la vision externe que donne un campus universitaire, mais ils ne permettront jamais de véritable fusion et de rationalisation des moyens. Toute opération de ce type s'accompagne inévitablement de sang et de larmes et ce ne sont pas les PRES qui seront en mesure de l'imposer.

Si la décision était cependant prise de renforcer une activité de recherche à l'ENAC, une réforme en profondeur, passant par une modification des structures et des hommes est nécessaire. L'ENAC a, au cours des dix dernières années, déjà bénéficié d'une augmentation substantielle du nombre propre de ses enseignants-chercheurs, atteignant aujourd'hui, suivant les chiffres de la DE, une trentaine d'éléments. Pour que les moyens humains mis à disposition de l'école soient utilisés de façon rationnelle, il faudrait séparer direction des études, direction des enseignements et direction scientifique. Les laboratoires devraient être rendus autonomes par rapport aux départements d'enseignement et les gens choisis pour prendre la direction scientifique de l'école devraient être choisis à l'extérieur de la DGAC parmi des gens disposant de titres universitaires et d'une véritable expérience pratique de l'enseignement supérieur. Il faudrait aussi qu'ils puissent disposer d'une véritable autonomie en termes de recrutement et de gestion des laboratoires. Enfin, il faudrait redonner leur vraie place aux chercheurs et enseignants chercheurs dans le processus de définition des syllabus, place qu'ils ont toujours eu grand mal à occuper. D'autres idées pourraient être abordés comme la séparation des départements d'enseignement professionnel de l'enseignement supérieur, ou la séparation du support informatique d'avec le département chargé de l'enseignement de l'informatique. Le sujet est trop vaste pour être discuté sans la collaboration des personnels et des intéressés.

Si ces actions ne sont pas faites, la nouvelle réforme aura les mêmes effets que la réforme de 95: une augmentation des effectifs globaux «d'enseignants-chercheurs», parfois mal recrutés, tout cela s'accompagnant alors d'une dispersion dans des thématiques multiples, d'une stagnation des HDR et d'un niveau scientifique trop souvent médiocre si l'on regarde la quantité et la qualité des publications.

Il ne faudrait pas croire non plus que de simples mesures incitatives salariales suffiront à faire apparaître au sein de l'école de bons chercheurs soutenant leurs HDR. Les personnels de recherche ne sont pas seuls en cause. Pour pouvoir accomplir sereinement des activités de recherche, il faut se trouver dans un milieu favorable, et donc favorablement intégré à la fois dans l'école, mais aussi

dans le milieu universitaire qui l'entoure.

B) La DTI

Au niveau européen, les ANSP s'appuient en priorité sur des centres spécifiques correctement armés (DFS/DLR, LVNL/NLR, AENA/CRIDA). Suivant les pays et les cultures nationales, les personnalités juridiques sont différentes, mais l'exemple du CRIDA en Espagne montre qu'un ANSP peut parfaitement créer, financer et armer avec ses propres personnels un centre de recherche long terme, et ce de façon fort confortable, sans que cela ne gêne en quoi que ce soit les compagnies aériennes.

Il est logique pour une tutelle d'alimenter en priorité ses structures propres, qui lui garantissent une utilisation des ressources sur des sujets la concernant directement, plutôt qu'une école d'ingénieurs dont le but est, de façon, générale, de travailler pour l'ensemble de la recherche et de l'industrie, même si elle a une orientation thématique. Même lorsque la recherche "s'autofinance" dans les écoles d'ingénieurs, on ne parle généralement là que du coût marginal et fort rarement du coût réel, à l'exception rare en France de chaires plus largement financées par des industriels comme la chaire X-Thalès sur les systèmes complexes.

La DSNA a connu au cours de ces mêmes années une restructuration profonde qui a considérablement réduit ses capacités de recherche moyen et long terme. SESAR, qui est une activité court-terme (2015) mobilise aujourd'hui la majeure partie de ses forces vives, mais ne saurait être la "fin de l'histoire" en matière de recherche dans l'ATM. Comme l'AENA, le NLR ou le DLR l'ont compris, il y a un "après SESAR" et la DTI devrait aussi s'y préparer en maintenant un potentiel raisonnable en matière de recherche "innovante". Cependant, la culture de la DSNA qui est profondément et historiquement peu réceptive à la recherche laisse peu d'espérance quand à la capacité à maintenir un domaine R&D de haut niveau scientifique.

Il faudrait probablement imaginer alternativement une structure autonome, sous la forme d'un laboratoire central de l'aviation civile, ou d'un institut de recherche de l'aviation civile, qui regrouperait l'ensemble de ces activités, et serait directement sous le contrôle de la tutelle quant à ses missions de recherche. Cette structure récupérerait certains des personnels de l'ENAC et de la DSNA réalisant aujourd'hui des activités de recherche. Cette entité, qui serait de toute façon de petite taille en raison du faible nombre de personnels compétents, pourrait aussi être une antenne située à Toulouse dépendant d'un service existant déjà au sein du ministère de l'équipement (INRETS, etc) L'ENAC pourrait alors parfaitement s'adosser à cette structure comme le font un grand nombre d'écoles d'ingénieurs.

Cela permettrait également d'amener au sein de la DSNA et de la DGAC une culture "recherche" qui lui a trop souvent fait défaut, en choisissant par exemple pour organiser et diriger cet organisme quelqu'un d'extérieur à la DGAC et venant d'une maison d'emploi (Ponts, Météo, etc.) qui aurait déjà une solide habitude de ce mode de fonctionnement.

Là où le LCPC revendique 650 personnes dont 300 chercheurs, l'INRETS 700 personnes dont 170 chercheurs fonctionnaires, 159 contractuels de recherche et 80 doctorants, et le CNRM 240 personnes dont plus de 100 chercheurs, la DSNA aurait du mal à rassembler vingt personnes répondant aux critères usuels permettant de les reconnaître comme chercheurs.

Si la DGAC et la DSNA ne sont pas parvenus à mettre en place une structure de recherche digne de ce nom au cours des vingt-deux dernières années, c'est autant par manque de constance que de moyens. Les différentes tentatives furent individuelles et velléitaires, et montrent souvent la meilleure volonté combinée à un manque de culture en matière de recherche.

L'échec d'une évolution interne sur vingt ans tendrait à montrer qu'il est probablement utile (et peut-être indispensable) de modifier les structures et de réaliser une greffe externe afin d'insérer au cœur

même du système les éléments nécessaires à un développement pérenne des activités de recherche.

On pourrait alors peut-être espérer amener la DGAC au même niveau que les autres maisons d'emploi du ministère de l'équipement, mais cela suppose une volonté de changement au plus haut niveau qui n'a jamais existé jusqu'à présent.

Si aucune mesure n'est prise, il est à craindre que la DSNA poursuive l'illusion que la place de la recherche n'est pas en son sein et peut-être sous-traitée intégralement à des contractants universitaires extérieurs. Elle se priverait alors du lien entre nécessité d'innovation et recherche. Ce lien, c'est la recherche appliquée faite au sein d'un organisme public ou parapublic sous tutelle. S'il est parfois absent dans les pays anglo-saxons, il reste indispensable en France et est d'ailleurs présent dans toutes les autres maisons d'emploi. Je suis absolument persuadé que les conséquences de ce choix ne seront, sur le long, voire le moyen terme, favorables ni à la DSNA, ni à l'industrie française de l'ATM.

Il faudrait aussi que la DTI s'interroge sur son modèle de développement des systèmes, hérité du CAUTRA 4 hétérogène mis en place en début des années 80. La structure employée dans le cadre de développements de systèmes par des sociétés de service travaillant au forfait qui n'auront aucun intérêt à faire vivre le produit a montré certaines limites. La méthode consistant au contraire à faire intervenir très tôt une R&D de l'administration en collaboration avec un industriel qui pourra revendre le produit à ses fins propres semble garantir une plus grande rapidité de développement, une plus grande pérennité des produits et des coûts de développement et de maintenance plus faibles, tout en laissant à l'administration un produit qui répond à ses besoins. Ce point a été à mon avis très largement sous-estimé lors de la fusion STNA-CENA. La cause des délais du développement industriel par le STNA des maquettes du CENA ne me semble pas, comme cela a été dit, résulter principalement du manque d'intégration entre les services, mais bien plutôt de l'absence d'évolutivité d'un CAUTRA 4 en fin de course victime d'un modèle de développement ayant atteint ses limites, et soumis également à de très, et peut-être trop, lourdes contraintes, en matière de fiabilité, certification ou pilotage social.

De la même façon, il faudrait se reposer la question du développement interne quand le produit n'est pas disponible sur étagère, où n'est pas adaptable avec un bénéfice mutuel entre le prescripteur et le réalisateur. La FAA a déjà choisi pour le développement de certains de ses systèmes (NADIN) de faire appel directement à son Technical Center d'Atlantic City (celui-là même qui fut le modèle du CENA) plutôt que de faire appel à un contractant externe, et l'on peut difficilement soupçonner nos collègues américains d'être des défenseurs d'un état interventionniste ou omnipotent: il semble que leur choix soit le simple résultat d'une analyse coût-bénéfice qui aurait conclu à un bénéfice de l'ordre de 200M\$ (article du 19 Aout d'aviationweek.com **FAA data sharing work saves millions**).

D'autre part, il faudrait également se rappeler que la spécification d'un système ATM qui est, au fond, un système informatique nécessite de réelles connaissances techniques: de la même façon qu'il faut avoir de solides connaissances en résistance des matériaux pour être architecte, il faut de solides connaissances en informatique pour spécifier un système aussi complexe que les systèmes ATM modernes. En abandonnant l'aspect technique du problème, nous courrons le risque de spécifier des systèmes irréalisables dont le développement n'aboutit pas, ou n'aboutit que partiellement et avec des coûts excessivement élevés. De la même façon, nous sommes susceptibles d'ignorer l'existence de nouvelles technologies permettant de réaliser de nouvelles fonctionnalités, ou de réaliser plus simplement des fonctionnalités existantes.

La DTI, mais aussi la DSNA, se trouve aujourd'hui à un carrefour important de son histoire, entre systèmes européens et réalités industrielles. Des choix malheureux pourraient aboutir à la disparition de pans complets d'expertise, dont l'absence pourrait à terme nuire non seulement à l'influence de la DSNA sur la scène européenne, mais aussi à l'industrie française de l'ATM.

Glossaire

ACAS : Airborne Collision Avoidance System : concept fondateur du filet de sauvegarde court terme embarqué à bord des avions. Implanté dans le TCAS.

AENA: Aeropuertos Españoles y Navegación Aérea : équivalent espagnol de la DSNA.

ANSP: Air Navigation Service Provider: opérateur de services pour la navigation aérienne

ARC2000: Automatic Radar Control 2000: projet lancé par Georges Maignan, alors chef du CEE, qui fut un des premiers projets d'automatisation totale du contrôle. Les hypothèses du projet étaient fortes, puisqu'il supposait une navigation 4D parfaite.

ATC: Air Traffic Control : le contrôle du trafic aérien s'occupe du strict contrôle des avions.

ATM: Air Traffic Management : ensemble d'activités liées à la gestion du trafic aérien. L'**ATM** comprend l'**ATC** (Air Traffic Control) mais aussi l'organisation de l'espace aérien, la gestion des flux d'avion (**CFMU**), etc... A l'intérieur de la **DTI** le département **DTI/ATM** est chargé de l'acquisition, du développement et de la réalisation des évolutions et de la maintenance corrective des systèmes de gestion du trafic aérien.

AT-ONE: organisme regroupant le **DLR** et le **NLR**.

CAUTRA: Coordonnateur Automatique du Trafic Aérien. Nom du système français gérant les fonctions du système ATM.

CEE: Centre Expérimental Eurocontrol

CENA: Centre d'Etudes de la Navigation Aérienne: créé en 1973, il est chargé des études et des recherches de la Direction de la Navigation Aérienne. Il disparaît en 2005 à l'intérieur de la **DTI**.

CFMU : Central Flow Management Unit: unité située à Bruxelles chargée de gérer les flux de trafic européens. Elle affecte en particulier aux avions des créneaux de décollage de façon à ne pas saturer les secteurs de contrôle. Elle a remplacé les structures nationales qui assuraient ce service jusqu'au début des années 90 (en France, la CORTA).

CNS: Communication, Navigation et Surveillance : concept **OACI** et aussi domaine de la **DTI** traitant de ce concept. Il est chargé de la définition, de l'acquisition de l'intégration de la validation du contrôle en vol, de la maintenance et des évolutions des systèmes de communication, navigation et surveillance. C'est le seul domaine de la **DTI** qui traite de façon transverse (de la R&D au déploiement) la totalité des activités liées à un domaine d'activité.

COFLIGHT: projet commun franco-italien de remplacement des STPV, mené par Thalès et Selex.

CRIDA: Centro de Referencia I+D+iATM : Centre de référence pour l'innovation et la R&D dans l'ATM: organisme espagnol formé à partir des personnels d'AENA (80%) et de l'université de Madrid (20%), dont le but est de travailler sur la recherche ATM long terme.

DAARWIN: Distributed ATM Architecture based on RNAV Workstations Intelligent tools and Networks: Architecture Client/serveur pour Plan de vol.

DE: Direction des Etudes, ou Directeur des Etudes.

DEA: Diplôme d'Etudes Approfondies: diplôme de niveau bac+5 permettant l'inscription en doctorat, remplacé par le master recherche, puis le master simple.

DE/R: Adjoint au DE, chargé de la recherche.

DEPLOY: programme proposé par l'Air Traffic Alliance (Thalès, Airbus, EADS) à la commission européenne consistant à implanter un système ATM moderne et unique en Europe. Ancêtre de **SESAM** puis de **SESAR**.

DERA: Defence Evaluation and Research Agency : Agence britannique dépendant du ministère de la défense, la plus grande de Grande-Bretagne. Elle gérait jusqu'en 2001 un nombre très important de domaines recouvrant aussi bien l'aéronautique que le nucléaire ou la recherche biologique. Depuis 2001, elle a été scindé en deux entités: **QinetiQ** et le **Dstl**.

DESS: Diplôme d'Etudes Supérieures Spécialisées: diplôme de niveau Bac+5, de type plus professionnel que le DEA, remplacé par le master professionnel, puis le master indifférencié.

DFS: Deutsche Flugsicherung : équivalent allemand de la **DSNA**

DGA: Délégation Générale à l'Armement.

DGRT: Direction Générale de la recherche et de la Technologie.

DLR: Deutsches Zentrum für Luft und Raumfahrt : agence allemande regroupant la totalité de la recherche allemande en matière d'aéronautique, de management du trafic aérien et de l'espace.

DNA: Direction de la Navigation Aérienne : prestataire de service français en matière de navigation aérienne. Elle est devenue la **DSNA**.

DO : Direction des Opérations : elle est chargée "d'assurer l'écoulement sûr et régulier du trafic aérien en prenant en compte les objectifs fixés en termes de développement durable". Elle regroupe les quatre centres de contrôle en route, un échelon central, des services de la navigation aérienne de la région parisienne et des dix services de la navigation aérienne régionaux.

DSO: Déploiement et Support Opérationnel : domaine de la **DTI** chargé de déployer les systèmes acquis ou réalisés par les autres domaines de la **DTI**.

DSNA: Direction des Services de la Navigation Aérienne : nouveau nom de la **DNA** après la réorganisation de la **DGAC** (séparation opérateur/régulateur). Elle contient deux directions: la **DO** et la **DTI** et plusieurs sous-directions.

Dstl : Defence Science and Technology Laboratory : agence gouvernementale formée en 2001 à partir des départements du **DERA** qui géraient la recherche biologique, nucléaire et chimique.

DTA: Direction du Transport Aérien: elle comprend aujourd'hui plusieurs sous-directions. Historiquement, il s'agissait de la direction chargée de la tutelle des compagnies aériennes.

DTI: Direction de la Technique et de l'Innovation: structure créée en 2005 par le regroupement du **CENA** et du **STNA**. Dans un premier temps, elle sera composé de deux sous-directions, la **SDER** et la **SDSO**, qui reprenaient à l'identique la structure du CENA et celle du STNA. En 2007, elle est réorganisée en cinq domaines **R&D**, **ATM**, **DSO**, **EOS**, **CNS**. Elle est une des deux directions de la **DSNA**.

ERASMUS: projet (à ne pas confondre avec le projet d'échanges d'étudiants) lancé par Jacques Villiers (avec un brevet déposé en 2003) qui reprend les algorithmes d'ERCOS en les limitant à de la résolution en vitesse, de façon à rendre imperceptible pour le contrôleur l'opération effectuée par le calculateur. Ces hypothèses furent traités au sein d'un projet européen terminé début 2009.

ERATO: En Route Air Traffic Organizer: projet lancé en 1987 par Marcel Leroux (contrôleur aérien) à l'ENAC, basé sur une méthode d'ingénierie cognitive et de système expert, afin de réaliser des outils « coopératifs » pour le contrôleur organique.

ERCOS: En Route Conflict Optimising Solver: projet développé par le LOG dans les années 90 et qui a abouti au simulateur CATS/OPAS et à des algorithmes d'optimisation stochastique permettant de résoudre des conflits entre avions en tenant compte des incertitudes sur les trajectoires.

ESA: Electronicien de la sécurité aérienne. Ils deviendront IESSA en 1990.

EOS: Exigences Opérationnelles des Systèmes : domaine de la **DTI** chargé de contribuer au retour

d'expérience, à la consolidation des besoins opérationnels et des évolutions correspondantes des méthodes de travail et de la formation.

FAA: Federal Aviation Administration: équivalent américain de la **DGAC**.

GENESE: projet commun Thalès/DTI-R&D qui reprend les algorithmes d'ERCOS et les résultats d'ERASMUS, et réfléchit à une intégration de ces algorithmes dans le système EUROCAT de Thalès.

HEGIAS: Host for Experimental Graphical Interfaces of Advanced Automation Systems : maquette d'étude PHIDIAS réalisé au CENA.

IAC: Ingénieur de l'Aviation Civile. Ancienne appellation des IPC.

ICNA: Ingénieur du Contrôle de la Navigation Aérienne. Anciennement (<1990) OCCA. Plus simplement contrôleur aérien.

IEEAC: Ingénieur des Etudes et de l'Exploitation de l'Aviation Civile. Equivalent des ITM ou ITPE.

IESSA: Ingenieur Electronicien des Systèmes de la Sécurité Aérienne. Anciennement (<1990) ESA.

LEEA: Laboratoire d'Economie et d'Econométrie de l'Aérien. Laboratoire commun ENAC-CENA de 1998 à 2004.

LEOPART: Laboratoire d'Etude et d'Optimisation des Architectures des Réseaux de Télécommunication. Laboratoire de l'ENAC créé en 2006.

LOG: Laboratoire d'Optimisation Globale. Laboratoire commun ENAC-CENA de 1996 à 2004.

MAESTRO: Moyen d'Aide à l'Écoulement et au Séquencement du Trafic avec Recherche d'Optimisation

MSAW: Minimum Safe Altitude Warning: dispositif sol d'alerte d'altitude minimale

NATS: National Air Traffic Service : équivalent anglais de la **DSNA**.

NEXTOR: National Center of Excellence for Aviation Operations Research: structurée fondée par la **FAA** et cinq grandes universités américaines de façon à former un pôle d'excellence dans le domaine de la recherche aéronautique.

NLR: Nationaal Lucht- en Ruimtevaartlaboratorium: équivalent hollandais du **DLR** allemand.

OACI : Organisation de l'Aviation Civile Internationale

OCCA: Officier du Contrôle de la Circulation Aérienne, ou plus simplement contrôleur aérien. Devenus ICNA.

ODS France: Operational input and Display System : nom de l'implantation « industrielle » de PHIDIAS.

ONERA : Office National de Recherche en Aéronautique : organisme sous tutelle de la **DGA** s'occupant de la recherche aéronautique française.

PHIDIAS: Position Harmonisant et Intégrant les Dialogues Interactifs d'Assistance et de Secours : position de contrôle équipé de stations de travail avec multi-fenêtres et dialogue souris/clavier.

PRES: Pôles de Recherche et d'Enseignement Supérieur: les PRES sont conçus comme un instrument de promotion des établissements membres et un moyen, pour eux, de prendre place dans la compétition scientifique internationale.

QinetiQ: compagnie privée fondée à partir des départements du **DERA** qui n'ont pas été transférés au **Dstl**. **QinetiQ** gère en particulier la recherche dans l'**ATM** pour le royaume-Uni.

SBA: Service des Bases Aériennes

SDER: Sous-Direction des Etudes et de la Recherche: nom porté par le **CENA** dans la période 2005-2007, juste après la fusion **STNA-CENA** pour former la première **DTI**.

SDSO: Sous-Direction des Systèmes Opérationnels: nom porté par le **STNA** dans la période 2005-2007, juste après la fusion **STNA-CENA** pour former la première **DTI**.

SESAM: Single European Sky and Air Traffic Management. Ancêtre de **SESAR**.

SESAR: Single European Sky ATM Research. Programme européen de "R&D" devant réaliser le volet technique du ciel unique.

SFACT: Service de la Formation Aéronautique et du Contrôle Technique: service de la DGAC ayant vocation à intervenir dans tous les aspects de la formation aéronautique.

STBA: Service Technique des bases Aériennes.

STCA: Short Term Conflict Avoidance: dispositif de type « filet de sauvegarde ».

STPV: Système de Traitement Plan de Vol. Un des éléments du CAUTRA français.

STR: Système de Traitement Radar. Un des éléments du CAUTRA français.

TCAS : Traffic Avoidance and Collision Alert System : implantation du concept ACAS

TéSA: Télécommunications Spatiales et Aéronautiques. Structure toulousaine regroupant neuf laboratoires, deux industriels et trois institutions, dirigé par Francis Castanié. Le TESA est le plus gros pôle toulousain en matière de recherche en traitement du signal.