

Ministère de l'équipement,
des transports et du tourisme
Direction générale
de l'aviation civile
Direction de la navigation aérienne
Centre d'études de la navigation aérienne

Ecole nationale
de l'aviation civile

Convention "recherche" ENAC-CENA

entre

Le Ministre de l'équipement, des transports et du tourisme, Centre d'études de la navigation aérienne, ci-après désigné par CENA, représenté par Monsieur Jean-Marc GAROT, Chef du CENA stipulant au nom de l'Etat, ci-après désigné par le CENA

et

l'Ecole nationale de l'aviation civile, dont le siège social est à 7 avenue Edouard-Belin, BP 4005, 31055 TOULOUSE CEDEX, représenté par Monsieur Alain SOUCHELEAU, Directeur de l'ENAC, ci-après désignée l'ENAC,

il a été convenu et arrêté ce qui suit :

Article 1 - Objet de la convention

L'Enac et le Cena sont convenus de créer une "unité commune de recherche Enac-Cena" et de mettre en commun leurs moyens pour effectuer des études, des recherches et des expérimentations désignées ci-après par les ETUDES.

Les domaines couverts par cette convention sont tous les domaines scientifiques et techniques concernés par la gestion du trafic aérien, les moyens de communication, navigation et surveillance ainsi que l'assistance automatisée à la gestion du trafic aérien.

Les départements d'enseignements de l'Enac et les divisions d'études du Cena sont les partenaires concernés par cette coopération.

Les objectifs de cette convention sont de :

- développer la recherche à l'Enac et au Cena pour la formation des ingénieurs à la recherche et par la recherche, afin d'assurer aux élèves un enseignement de haut niveau scientifique et technique,
- faciliter l'accueil, des stagiaires, des étudiants-chercheurs et des enseignants-chercheurs en leur fournissant des thèmes de recherche, un encadrement et des moyens,
- développer la coopération avec les universités, les écoles d'ingénieur, les laboratoires et centres d'études notamment dans le domaine de l'aviation civile tant en France qu'à l'étranger,

- mettre en commun des moyens,
- préparer et constituer un cadre pour des contrats communs, en particulier européens

La contribution de l'Enac est constituée essentiellement par la participation des personnels enseignants, enseignants-chercheurs et usagers (étudiants-chercheurs, élèves et stagiaires) aux travaux communs, et par ses installations techniques, en particulier les simulateurs, et ses laboratoires ainsi que par sa bibliothèque et son centre de documentation.

La contribution du Cena est constituée essentiellement par la participation de personnels du Cena ou sous contrat du Cena, par l'utilisation des installations du Cena et éventuellement par une contribution financière au travers de conventions spécifiques.

Cette convention a pour but de fixer les règles, devoirs et obligations des partenaires.

Article 2 - Durée de la convention

La convention est d'un an renouvelable par tacite reconduction et n'est pas limitée dans le temps. Elle sera renouvelée chaque année à la date anniversaire de celle-ci sauf dénonciation par l'une ou l'autre des parties 3 mois avant cette date. Cependant les dispositions prévues aux articles 4, 5, 6 et 7 resteront en vigueur nonobstant l'échéance du contrat.

Elle prendra effet à compter de la date de la signature de la présente convention.

Article 3 - Modalités de la collaboration

3.1 Domaines d'activités communes possibles

Les domaines de coopération possibles sont ceux qui résultent de la complémentarité des activités des départements d'enseignement de l'Enac et des divisions du Cena :

- pour le département Mathématiques et informatique : l'optimisation globale et la recherche opérationnelle, le génie logiciel, l'interaction homme-machine, les systèmes distribués,
- pour le département Transport aérien : les modèles de performances avions, les techniques d'utilisation des aéronefs, les simulateurs de vol, l'intégration sol-bord, l'automatique et les aéroports,
- pour le département Electronique : les télécommunications et les réseaux sol-sol et air-sol, le radar, les satellites, les moyens de radionavigation,
- pour le département Circulation aérienne : le contrôle de la circulation aérienne, l'assistance automatisée au contrôle, la formation des contrôleurs, et les simulateurs de contrôle.
- pour le département Langues et sciences humaines : les aspects linguistiques de la communication pilote-contrôleur, la psychopédagogie, l'économie

3.2 Programme d'activités communes

La collaboration se fera sur la base d'un programme d'activités communes élaboré chaque année pour des travaux effectués en commun par le Cena et l'Enac : les ETUDES. Ce programme pourra être modifié en cours d'année pour tenir compte de nouveaux contrats ou travaux et des résultats obtenus.

En annexe on trouvera le programme des activités communes de l'année en cours.

Des conventions spécifiques seront éventuellement passées pour les ETUDES faisant l'objet d'un financement ou d'une organisation particulière. Ces conventions partiront des principes de base de la présente convention.

3.3 Structure de coordination et gestion

La coordination et le suivi de cette convention seront assurés sous la responsabilité du directeur de l'Enac et du chef du Cena, par un groupe de coordination qui comprendra :

- pour l'Enac le directeur des études de l'Enac ou son représentant.
- le chef-adjoint du Cena, responsable du site de Toulouse ou son représentant.

Les chefs de département de l'Enac et les chefs de division du Cena, ainsi que toute personne concernée pourront participer à ce groupe en tant que de besoin.

Les affaires courantes seront traitées par le directeur des études et le chef-adjoint du Cena ou leur représentant.

Pour ces ETUDES la gestion des personnels et des moyens restent de la responsabilité de chacun des deux organismes.

3.4 Réunions et rapports

Les partenaires se réuniront deux fois par an : en mai pour préparer le programme de l'année suivante et en novembre pour préparer un bilan et finaliser le programme .

En mai sera préparé un document programme pour l'année suivante. Ce document fixera la liste des études et, pour chacune d'entre elles, une fiche précisera :

- l'objet
- le responsable et le correspondant de l'autre partie,
- l'encadrement scientifique (directeur de thèse) et son rôle,
- les participants et les moyens mis à disposition pour cette étude
- les financements nécessaires
- les résultats attendus et les échéances

En novembre sera élaboré un document bilan des études, qui précisera entre autres la liste des réalisations et des publications effectuées au cours de l'année passée dans le cadre des activités communes et le bilan de chacune des activités du programme.

Les activités listées dans ce programme sont celles pour lesquels les clauses suivantes de secret, publication et propriété industrielle s'appliquent.

Ces documents pourront être communiqués au conseil d'administration et au conseil de perfectionnement de l'Enac, ainsi qu'insérer dans les documents "Programme de travail" et "Bilan" du Cena.

Pour ces documents l'année sera l'année universitaire (octobre à septembre).

Le groupe de coordination pourra se réunir à la demande d'une des deux parties pour traiter les problèmes éventuels ou pour amender le programme. Les réunions feront l'objet d'un compte-rendu approuvé par les participants.

Article 4 - Secret et publication

4.1. Chaque partie s'engage à ne publier, ni divulguer de quelque façon que ce soit les informations scientifiques ou techniques appartenant à l'autre partie dont elle pourrait avoir connaissance à l'occasion de l'exécution de la présente convention et ce, tant que ces informations ne seront pas du domaine public.

4.2. Toute publication ou communication d'informations relatives à une des ETUDES, par l'une ou l'autre des parties devra recevoir pendant la durée de la présente convention et les 6 mois qui suivent son expiration, l'accord écrit de l'autre partie qui fera connaître sa décision dans un délai maximum de 1 SEMAINE : passé ce délai, l'accord sera réputé acquis.

En conséquence, tout projet de publication ou communication sera soumis à l'avis de l'autre partie qui pourra supprimer ou modifier certaines précisions dont la divulgation serait de nature à porter préjudice à l'exploitation d'une des ETUDES. De telles suppressions ou modifications ne porteront pas atteinte à la valeur scientifique de la publication.

De plus, l'autre partie pourra retarder la publication ou la communication d'une période maximale de 18 mois si des informations contenues dans la publication ou communication doivent faire l'objet d'une protection au titre de la propriété industrielle.

Ces publications et communications devront mentionner le concours apporté par chacune des parties à la réalisation d'une des ETUDES.

Elles seront publiées sous le nom d'un ou des auteurs, avec son organisme d'appartenance (Cena ou Enac selon le cas) et référence aux collaborations et financements éventuels.

4.3. Toutefois les dispositions du présent article ne pourront faire obstacle :

- ni à l'obligation qui incombe aux enseignants-chercheurs des établissements d'enseignement supérieur d'établir un rapport d'activité périodique,
- ni aux dispositions statutaires régissant l'Enac,
- ni à la soutenance de thèse des étudiants participant à ces ETUDES,

- ni à l'obligation faite au Cena de rendre compte de ses activités aux autorités dont il dépend,
- ni à l'échange d'informations entre le Cena et Eurocontrol dans le cadre d'une collaboration,
- ni à l'échange d'information avec d'autres partenaires participant à ces ETUDES ou à des activités complémentaires (voir article 8 Coopération avec des tiers).

Article 5 - Propriété industrielle

5.1. Les résultats portant sur le domaine des ETUDES tel que défini à l'article 1, mais non issus des travaux exécutés dans le cadre de la présente convention, appartiennent à la partie qui les a obtenus.

5.2. Sous réserve des stipulations des articles 6 "LOGICIELS" et 7 "EXPLOITATION DES RESULTATS", les RESULTATS des ETUDES, brevetables ou non, appartiennent en commun à l'Enac et au Cena.

En conséquence :

5.2.1. Le Cena et l'Enac pourront déposer ensemble un brevet sur les RESULTATS des ETUDES, à nom commun et à frais partagés.

5.2.2. Si l'une des deux parties renonce :

- à déposer un brevet prioritaire,
- et/ou à déposer les brevets étrangers correspondants,
- et/ou à poursuivre la procédure de délivrance des dits brevets,
- et/ou à maintenir en vigueur lesdits brevets,

elle doit en avertir l'autre partie dans les 3 mois après l'obtention des résultats ou dans les 9 mois après le premier dépôt, afin que celle-ci puisse, si elle le désire, accomplir les formalités de dépôts, de délivrance et de maintien en vigueur des brevets français ou étrangers à son propre nom.

5.2.3. Par ailleurs, l'Enac et le Cena s'engagent :

- à ce que les noms des inventeurs ou co-inventeurs soient associés, (à moins qu'ils ne s'y opposent) à la mention de l'Enac et du Cena en accord avec les dispositions légales en vigueur dans les demandes de brevet que l'un ou l'autre déposera,
- à ce que leurs chercheurs respectifs cités comme inventeurs donnent toutes signatures et accomplissent toutes les formalités nécessaires pour le dépôt et extensions de brevet effectués, ainsi que des projets de cession,
- à se tenir mutuellement informés des dépôts et extensions de brevet effectués, ainsi que des projets de cession.

5.2.4. Chaque partie pourra utiliser les RESULTATS des ETUDES pour ses besoins propres de recherche.

Article 6 - Logiciels

6.1. L'Enac et le Cena auront la propriété commune des logiciels développés dans le cadre de ces ETUDES.

6.2 Les usagers de l'Enac et les personnels du Cena et de l'Enac n'ont pas la propriété des logiciels développés avec les moyens du Cena ou de l'Enac ou dans le cadre d'une des ETUDES.

6.3. Pour les autres logiciels venant d'autres organismes ou sociétés, les parties se conformeront au droit en vigueur les concernant et acquerront les droits d'usage nécessaires.

Article 7 - Exploitation des résultats

Sous réserve des stipulations de l'article 6 "LOGICIELS", la Dgac et l'Enac pourront utiliser librement les RESULTATS des ETUDES et auront le droit d'usage des logiciels développés dans le cadre de cette convention. Il pourront les utiliser pour leurs besoins propres, ou bien dans le cadre d'une coopération avec Eurocontrol, et éventuellement dans le cadre d'un contrat de développement passé avec une société.

La cession des droits d'utilisation à un tiers se fera par accord entre les deux parties au cas par cas par analyse du produit et des valeurs ajoutées des partenaires.

Article 8 - Coopération avec des tiers

Dans le cas où les stagiaires ou étudiants-chercheurs sont encadrés par un directeur de stage ou de thèse d'un autre organisme et/ou que le stage ou la thèse est effectué en collaboration avec un autre laboratoire, il conviendra de veiller à ce que les articles 5,6 et 7 soient étendus de façon à préserver les droits des signataires de la présente convention.

Tout contrat de l'une des parties avec un organisme tiers liée à une des ETUDES devra être explicitement approuvée et signée par l'autre.

En général les publications seront signées par les personnels y ayant participé avec mention de leur organisme d'appartenance, de collaborations et de financements éventuels. Ce sera le cas du responsable d'une des ETUDES, du directeur de stage ou de thèse, du stagiaire, de l'étudiant-chercheur.

Article 9 - Résiliation

La présente convention pourra être résiliée de plein droit par l'une des parties en cas d'inexécution par l'autre d'une ou plusieurs des obligations contenues dans ses diverses clauses. Cette résiliation ne deviendra effective que trois mois après l'envoi par la partie plaignante d'une lettre recommandée avec accusé de réception exposant les motifs de la plainte, à moins que dans ce délai la partie défaillante n'ait satisfait à ses obligations ou n'ait apporté la preuve d'un empêchement consécutif à un cas de force majeure. L'exercice de cette faculté de résiliation ne dispense pas la partie défaillante de remplir les obligations contractées jusqu'à la date de prise d'effet de la résiliation et ce sous réserve

des dommages éventuellement subis par la partie plaignante du fait de la résiliation anticipée du contrat.

Cependant, les dispositions prévues aux articles 4, 5, 6 et 7 resteront valables nonobstant l'échéance du contrat.

Article 10 - Amendement

Cette convention pourra être amendée par avenant pour tenir compte de l'expérience acquise durant les premiers temps et sur les premières ETUDES. Ceci se fera par accord et signature des parties d'un avenant.

Article 11 - Litiges

En cas de difficulté sur l'interprétation ou l'exécution du présent contrat, les parties s'efforceront de résoudre leur différend à l'amiable. En cas de désaccord persistant, l'arbitrage de la Dgac sera requis.

En foi de quoi les parties ont approuvé les clauses de la présente convention.

Fait en trois exemplaires originaux

A Paris, le
Le chef du Centre d'études
de la navigation aérienne

A Toulouse, le
Le directeur de l'Ecole nationale
de l'aviation civile

Jean-Marc GAROT

Alain SOUCHELEAU

Annexe

Programme d'activités communes

1. Algorithmes d'évitement (voir fiche CENA/PII/94/01)

Objet : Développer des algorithmes d'évitement entre avions

Responsable : Nicolas Durand, CENA/PII

Correspondant : Jean-Marc Alliot, ENAC

Encadrement scientifique : Professeur Noailles, ENSEEIHT, directeur de thèse

Participants :

- Olivier Chansou, DEA informatique, IAC/93 élève
- Jean-Baptiste Gotteland, DEA informatique, IENAC/S92 élève

Moyens : stations de travail ENAC, Bureau ENAC

2. OSMOSE : Sectorisation et affectation de flux (voir fiche CENA/PII/94/02)

Objet : Définir et développer des outils et des algorithmes pour l'assistance à la définition de secteurs de contrôle et l'affectation des flux sur les routes aériennes.

Responsable : Daniel Delahaye, CENA/PII

Correspondant : Jean-Marc Alliot, ENAC

Responsables scientifiques :

- Nicole Imbert ONERA/CERT directeur de thèse,
- Marc Schoenauer CMAPX

Participants : Michèle Jacomi, Cisi

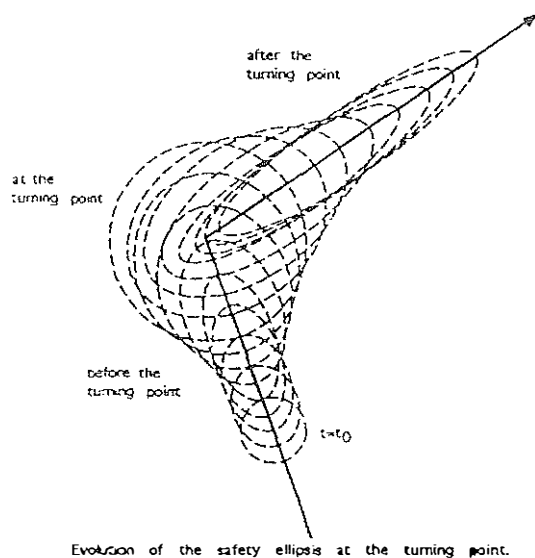
Collaboration : CERT, CMAPX, ENSEEIHT

Moyens : Stations de travail et bureaux CENA, CERT et CMAPX

Financement :

- Convention CENA/Cert,
- Bon de commande sur marché CISI

ALGORITHMES D'EVITEMENTS



Même s'il est peu raisonnable de penser automatiser dès aujourd'hui le monde du trafic aérien, il est temps cependant de réfléchir, dans le cadre du futur système EATMS, à ce que pourrait être un système ATC automatique, comme ont essayé de le faire la MITRE dans AERA3, ou EUROCONTROL dans ARC2000.

On se trouve alors confronté à deux difficultés principales. D'une part, il faut définir des algorithmes permettant de calculer des trajectoires sans conflit pour un ensemble d'avions (appelé *cluster* dans la terminologie AERA-3). La résolution d'éventuels conflits à l'intérieur d'un cluster ne doit en aucun cas influencer sur les avions situés dans les autres clusters. D'autre part, il faut définir des méthodes permettant de construire ces clusters de façon à ce que la résolution à l'intérieur d'un cluster soit faisable en un temps admissible, et fiable pour la sécurité.

On peut envisager plusieurs méthodes permettant de définir des clusters : fermeture transitive sur les paires d'avions en conflits, ou utilisation de secteurs (géométriques) fixes, etc. En ce qui concerne les algorithmes d'évitement, il existe également diverses possibilités : techniques mathématiques d'optimisation (commande optimale par exemple), algorithmes stochastiques (recuit simulé ou algorithmes génétiques), etc. Les techniques mathématiques d'optimisation sont étudiées par Nicolas Durand dans le cadre d'une thèse de mathématiques appliquées effectuée à l'ENSEEIH sous la direction de Monsieur Noailles. Les techniques s'appuyant sur les algorithmes génétiques sont actuellement étudiées à l'ENAC par Nicolas Alech dans le cadre d'un DEA d'informatique.

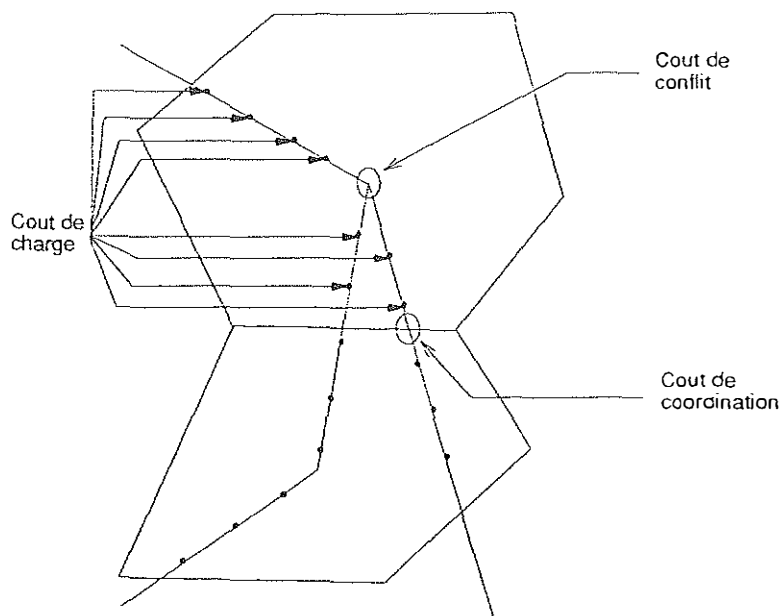
Ce projet a vu le jour en Septembre 92. Les algorithmes d'évitement permettent actuellement de résoudre dans le plan horizontal des conflits complexes à cinq avions. Un premier prototype opérationnel du banc de test a été codé. Le départ de Jean-Marc Alliot a entraîné le transfert de ce prototype à l'ENAC, les activités du CENA en la matière reposant actuellement sur la thèse de Nicolas Durand. Cette thèse se terminera en 1995 ou 1996. On peut alors envisager une croissance de l'activité, sous la forme de stages de DEA et de thèses, et éventuellement de développements informatiques associés.

Intervenants : CENA/PII, ENAC, ENSEEIHT

Coûts (extérieurs au CENA) :

Année	1993	1994	1995	1996
Coût(MF)	0,2	0	0,1	0,5
Cumul	0,2	0,2	0,3	0,8

OSMOSE : CONSTRUCTION D'UNE SECTORISATION ET AFFECTATION DE FLUX



Le problème de l'Air Space Management est crucial dans la mesure où il détermine l'ensemble de la chaîne de contrôle. Il est donc important de disposer d'outils efficaces permettant par exemple :

- De déterminer une affectation optimale des flux sur les routes.
- De construire une sectorisation permettant d'équilibrer la charge de travail dans chacun des secteurs.

En ce qui concerne l'affectation de flux, il existe des techniques classiques de recherche opérationnelle (algorithme de Dijkstra, algorithme de Dafermoss, etc.), qu'il faut essayer d'adapter au cas particulier du contrôle aérien.

Ce travail est effectué en collaboration avec le CERT/DERA (équipe de Madame Nicole Imbert) par Daniel Delahaye dans le cadre d'une thèse en informatique. Il est accompagné par le développement d'un prototype par une SSII.

Pour la construction d'une sectorisation, les méthodes mathématiques traditionnelles (nuées dynamiques par exemple), ne peuvent s'appliquer, et il faut utiliser des algorithmes stochastiques

pour trouver un optimum à la fonction de coût. On s'intéresse principalement aux algorithmes génétiques et au recuit simulé. Ce travail est effectué en collaboration avec l'équipe de Marc Schoenauer, au Centre de Mathématiques appliqués de l'Ecole Polytechnique (CMAPX), et avec Jean-Marc Alliot, de l'ENAC.

La fonction de coût est évalué en fonction de trois termes :

- la charge, proportionnelle au nombre d'avions dans le secteur
- le coût de coordination proportionnel au nombre d'avions franchissant les frontières du secteur
- le coût de conflit proportionnel au produit des flux se croisant sur un point.

Ce projet a vu le jour en Septembre 92. Les algorithmes de Dijkstra et Daffertnoss ont été codés dans une version simplifiée, et une première évaluation de l'utilisation d'algorithmes génétiques sur des cas fictifs a donné d'excellents résultats : l'écart de charge entre le secteur le plus chargé et le secteur le moins chargé est de l'ordre de 0,2%.

Cependant, il est prévisible que les sectorisations et les affectations de flux obtenus par de tels algorithmes ne seront jamais acceptables tels quels. L'option la plus raisonnable consiste donc à intégrer les algorithmes dans un outil graphique interactif, l'utilisateur ayant la possibilité de modifier lui-même les résultats obtenus. Par ailleurs, un outil de ce type permettra une évaluation plus facile des résultats. Cet outil d'optimisation de sectorisation est développé par une personne de CISI Ingénierie : c'est le projet OSMOSE.

L'année 94 sera consacrée à :

- Tester les algorithmes génétiques sur des données réelles de trafic.
- Améliorer le modèle de charge de travail utilisé, en affinant les coefficients de la fonction de coût.
- Intégrer les algorithmes d'affectation de flux avec ceux de sectorisation.
- Développer un prototype d'outil graphique de sectorisation.
- En fonction des résultats, faire évaluer les sectorisations obtenues par des experts.

Les années suivantes seront consacrées à raffiner les algorithmes et les modèles, à évaluer l'utilité et l'efficacité opérationnelle du prototype OSMOSE, et à l'améliorer si nécessaire.

Intervenants : CENA/PII, CERT, CMAPX, ENAC, CISI Ingénierie

Coûts (extérieurs au CENA) :

Année	1993	1994	1995	1996
Coût(MF)	0,2	0,9	0,9	1,3
Cumul	0,2	1,1	2,0	3,3