

EUROPEAN ORGANISATION
FOR THE SAFETY OF AIR NAVIGATION
EUROCONTROL



EUROCONTROL EXPERIMENTAL CENTRE

**AIRSPACE MODEL SIMULATION OF
SANTA MARIA OACC**

EXECUTIVE SUMMARY
of EEC Report N° 287
EEC TASK AF59
EATCHIP TASK SPECIFICATION ASM.ET1.ST01

Approved for publication by:
Head of Division B1

Issued: September 1995

Executive Summary of EEC Report N° 287
EEC Task AF59
EATCHIP Task Specification ASM.ET1.ST01
Issued September 1995

**AIRSPACE MODEL SIMULATION
OF
SANTA MARIA OACC**

by

D. Houlihan & L. Sillard

EXECUTIVE SUMMARY

1. INTRODUCTION

This document is the executive summary of a report describing the main results obtained from a fast time simulation study conducted using the EUROCONTROL Airspace Model (EAM) on behalf of the Portuguese Civil Aviation Authority (ANA-EP) and registered under the EEC work programme AF59. The report including the complete description of the objectives of the study, the analysis of the different organisations and the main findings of the simulation may be obtained from the EUROCONTROL Experimental Centre Model-based Sub-Division B1.3.

2. OBJECTIVES OF THE STUDY

The main objectives of the study were as follows:

To assess the effects of:

- ◆ The implementation of the CAE system equipment at expected traffic levels for November 1995 (i.e. system delivery time) and at 2005 forecast traffic levels (i.e. 50% higher).
- ◆ The sector manning combinations prescribed for the proposed sectorisation plans.

3. DESCRIPTION OF THE STUDY

The study examined the effects of the implementation of the CAE Electronics Ltd. equipment system in the Santa Maria OACC at traffic levels expected for system delivery time (November 1995) and 2005 forecast traffic levels (50% higher). The study also evaluated the sector manning combinations prescribed for the proposed sectorisation plans.

Four principal organisations, reference and proposed were simulated. Three traffic samples representing the three distinct diurnal NAT traffic flows experienced (West, East and Mixed), were tested at November 1995 (system delivery time) and 2005 forecast traffic levels (50% higher). The organisation of the study included twenty six simulation exercises. In addition, five extra exercises were tested in order to further facilitate the finding of the optimum sector manning combination.

The following paragraphs summarise the exercises tested in each organisation as well as those tested outside the pre-defined organisation of the study. The characteristics of each exercise include the traffic levels, NAT flow, working methods, sectorisation and manning configurations simulated. Exercises involving West and East NAT flows simulated a six hour time period whereas those involving a Mixed NAT flow simulated a four hour time period.

Reference Organisation A

Six exercises.

Three traffic samples representing the three distinct diurnal NAT traffic flows (West, East and Mixed) at 1995 (i.e. CAE system delivery time) traffic levels.

Vertically super-imposed sectorisation plan using five sectors West, four sectors East and two sectors Mixed.

Manning configuration of one Executive Controller (EC) per sector.

Current system (i.e. 1994) working methods.

Proposed Organisation B

Nine exercises.

Three traffic samples representing the three distinct diurnal NAT traffic flows (West, East and Mixed) at 1995 (i.e. CAE system delivery time) and 2005 forecast traffic levels (i.e. 50% higher).

Vertically super-imposed sectorisation plan using four sectors West, three sectors East and one sector Mixed.

Manning configuration of one Executive Controller (EC) per sector with the optional allocation of a Support Controller (SC) to one sector or shared between a number of sectors.

CAE system working methods.

Proposed Organisation C

Five exercises.

Three traffic samples representing the three distinct diurnal NAT traffic flows (West, East and Mixed) at 1995 (i.e. CAE system delivery time) and 2005 forecast traffic levels (i.e. 50% higher).

Combination of horizontal and vertically super-imposed sectorisation plan using four sectors West, three sectors East and two sectors Mixed.

Manning configuration of one Executive Controller (EC) per sector with the optional allocation of a Support Controller (SC) to one sector or shared between a number of sectors.

CAE system working methods.

Proposed Organisation D

Six exercises.

Three traffic samples representing the three distinct diurnal NAT traffic flows (West, East and Mixed) at 1995 (i.e. CAE system delivery time) and 2005 forecast traffic levels (i.e. 50% higher).

Vertically super-imposed sectorisation plan which examined the effects of utilising the envisaged minimum and maximum sectorisation configurations. These were three sectors West, two sectors East and one sector Mixed for the former as opposed to six sectors West, five sectors East and two sectors Mixed for the latter.

Manning configuration of one Executive Controller (EC) per sector with the optional allocation of a Support Controller (SC) to one sector or shared between a number of sectors.

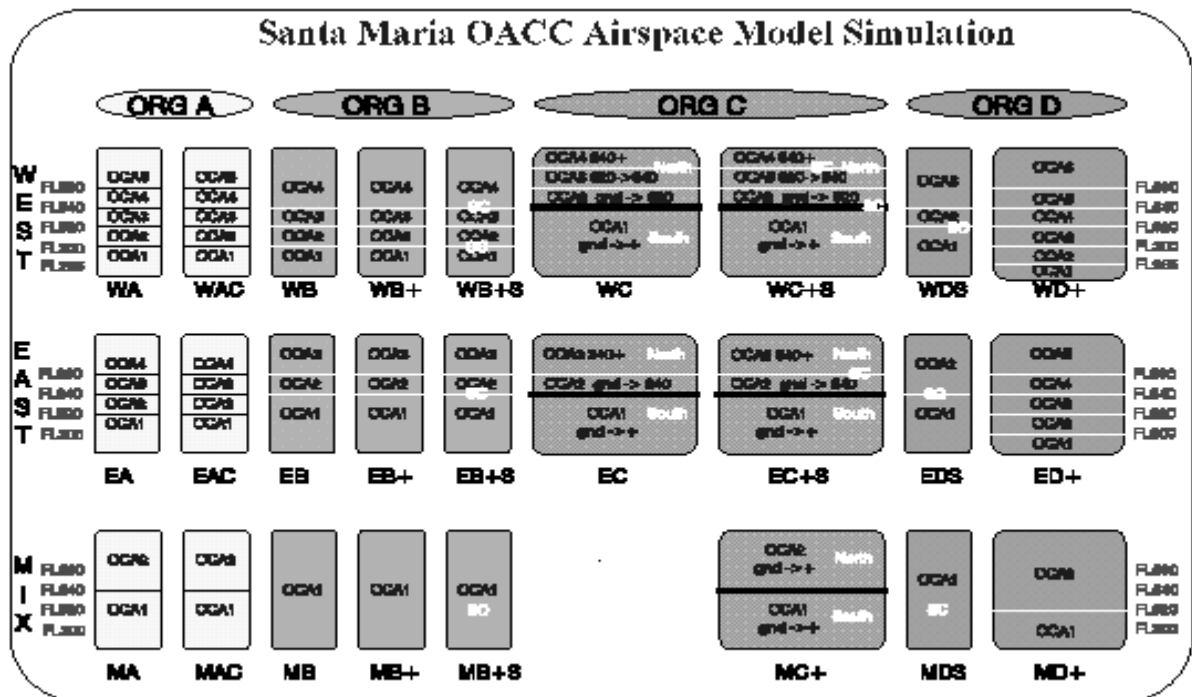
CAE system working methods.

Additional Exercises

Five exercises tested at 2005 forecast traffic levels.

These exercises had various goals. These ranged from evaluating expected controller workloads for 2005 in the reference organisation using the CAE system, to further examining the strategic allocation of Support Controllers (SC) to sectors, with re-definition of the task sharing between EC and SC in order to further facilitate the finding of the optimum sector manning combination.

The diagram on the following page summarises the organisations and exercises which were simulated in the Santa Maria OACC study. Simplified maps of the three distinct NAT flows simulated are attached to this document.



The chart above outlines the organisation of the Santa Maria OACC Airspace Model Simulation Study. The organisations simulated are colour coded as follows:

- Yellow Reference Organisation A.
- Blue Proposed Organisation B.
- Red Proposed Organisation C.
- Green Proposed Organisation D.

In each organisation the narrow horizontal lines indicate the vertical limits of the sectors. In ORG. C the thick black horizontal line indicates the north/south division of the airspace at the 40°N parallel.

The exercise names are coded as follows:

- First letter W/E/M indicates the west/east or mixed flow of NAT traffic.
- Second letter A/B/C/D indicates the name of the organisation.
- + indicates all exercises tested at 2005 forecast traffic levels.
- S indicates the use of a support controller.
- In ORG. A use of the letter C refers to the implementation of CAE system tasks.
- SC (white) shows how the support controller was applied to the sectorisation plan.

4. CONCLUSIONS AND RECOMMENDATIONS

The first objective of this Airspace Model simulation was to evaluate the impact on Santa Maria OACC controller workloads of the implementation of the CAE system due for delivery by 1995 year end. The second objective was to assess the sector manning combination prescribed for the three proposed sectorisation plans.

ORG. A

In reference organisation A, the simulation of the new CAE system in Santa Maria OACC using the current sectorisation led to a global workload decrease of 44% with the East NAT traffic sample and 31% with the West NAT traffic sample. The reasons for these decreases were:

1. A flight progress strip distribution of 2 strips per sector as opposed to 1 strip per sector for each 10° of longitude in the current system.
2. Reduction in the execution time required for co-ordinations to adjacent centres. The reductions applied were not the same for all centres. This partly explains the higher reduction recorded for the East NAT traffic.
3. Reduction in the execution time required for handling of position reports.
4. The conflict search, performed by the system, was automated.

Three proposed organisations simulated 1995 and forecast 2005 (1995 + 50%) traffic levels using CAE system tasks.

ORG. B

Proposed organisation B, simulated a vertically superimposed sectorisation plan with 3 sectors for the East NAT traffic and 4 sectors for the West. This reduction by one in the number of sectors compared to reference organisation A was obtained by amalgamating the 2 lower sectors for the East NAT traffic and the 2 upper sectors for the West. In organisation B, each sector was manned by one executive controller with, in some cases, the additional allocation of a support controller, applied solely to one sector or shared between two sectors. This organisation was recorded to be successful with the East NAT traffic sample where even with a 50% increase in traffic, the workload of the amalgamated sector did not rise to very high levels. On the other hand, the amalgamation of the 2 upper sectors for the West NAT traffic sample, led to very high workloads at forecast 2005 (1995 + 50%) traffic levels. The amalgamation of the 2 lower sectors was not tested for the West NAT traffic sample. A four sector configuration with one EC per sector and a SC for OCA4 (FL 350 and above, as tested in exercise WB+S) resulted in an excellent balance of workloads at forecast 2005 traffic levels.

ORG. C

Proposed organisation C, simulated a combined horizontal and vertically superimposed sectorisation plan with 3 sectors for the East NAT traffic and 4 sectors for the West. This led to a reduction in the number of skipped flights (i.e. those flights which transit a sector or sectors in climb or descent, but remain under the control of another), which were recorded in the intermediate levels of the vertical sectorisation. This sectorisation was not assessed with use of the graphical display which will be included in the CAE system. Indeed, this kind of geographical division of the airspace, would be far more accurately evaluated with a graphical display which gives visual

assistance to determine the limits of the sectors. This could be achieved in either a Fast Time (using RAMS) or Real Time Simulation. In the study, in terms of workload recorded, a small advantage was shown with use of a vertical rather than a combined horizontal/vertical sectorisation plan.

ORG. D

Proposed organisation D, primarily assessed the minimum number of sectors required to handle 1995 traffic levels using the CAE system. Two sectors for the East and three sectors for the West, each manned by one executive controller, and with the assistance of one support controller in each orientation of traffic flow, never recorded workloads higher than those of the reference organisation with current working methods. In terms of manning, this was a reduction of one controller position. The simulation of a single sector, manned by one executive and one support controller, for the East and two vertically superimposed sectors, each manned by one executive controller with one shared support controller for the West, was not tested by the study but the probable results should not record workloads higher than those recorded in the current system.

Findings

In the various proposed organisations simulated, the strategic allocation of a support controller to a sector or combination of sectors, using well defined 'shared-duty' parameters with the executive controller, was always preferable to the opening of an extra sector manned solely by an executive controller. This was because the vertically superimposed sectorisation plan of the Santa Maria OACC by nature, requires traffic to transit each sector in a 'top-down' or 'bottom-up' climb or descent profile. This tends to induce the performance of a high number of conflict search, flight data management and internal co-ordination tasks. In sectors with greater vertical dimensions, these tasks do not occur as often and the workload triggered by the handling of a higher number of aircraft can be balanced by the sharing of duties between an executive and support controller.

The study showed a high potential improvement with implementation of the CAE system at 1995 traffic levels. A 50% higher level of traffic would also have to be considered at a time when reduced vertical separation minima (RVSM) would be applied in oceanic airspace. New sectorisations plans would have to be considered taking into account the way airline companies might react to the availability of additional flight levels. That concept, including the optimum positioning of the RVSM transition area, will be the objective of the AF61 model-based simulation study.

Finally, it must be stressed that this simulation of the CAE system was a first approach to the use of this new tool. The capacity of the airspace controlled with it will also be determined by experience with it's use and the confidence that controllers will put in the system.

Résumé du rapport du CEE N° 287
Tâche CEE AF59
Tâche EATCHIP ASM.ET1.ST01
Paru en Septembre 1995

**SIMULATION MODÈLE ESPACE
DE
SANTA MARIA OACC**

par

D. Houlihan & L. Sillard

RÉSUMÉ

1. INTRODUCTION

Ce document est le résumé d'un rapport décrivant les principaux résultats obtenus d'une simulation en temps accéléré conduite avec le Modèle Espace EUROCONTROL (EAM) à la demande de l'Aviation Civile Portugaise (ANA-EP), enregistrée sous la tâche AF59 du programme de travail du CEE. Le rapport comprenant la description complète des objectifs de l'étude, l'analyse des différentes organisations et les principales conclusions de cette simulation peut être obtenu auprès de la Sous-Division Simulation par modèle B1.3, du Centre Expérimental EUROCONTROL.

2. OBJECTIFS DE L'ETUDE

Les principaux objectifs de l'étude étaient les suivants :

Estimer les effets de :

- ◆ La mise en service de l'équipement CAE aux niveaux de trafic attendus pour Novembre 1995 (date de livraison du système), et pour 2005 (50% en plus).
- ◆ Les différentes combinaisons de répartition des effectifs recommandées dans les sectorisations proposées.

3. DESCRIPTION DE L'ETUDE

L'étude examinait les effets de la mise en service de l'équipement CAE Electronics Ltd. dans l'OACC de Santa Maria avec des niveaux de trafic prévus à la date de livraison du système (Novembre 1995) et avec des niveaux de trafic estimés pour 2005 (50% en plus). L'étude a également évalué les différentes possibilités recommandées de répartition des effectifs entre les secteurs dans les organisations proposées.

Quatre organisations principales, de référence et proposées ont été simulées. Trois échantillons de trafic représentant les trois flux journaliers distincts de trafic NAT identifiés (ouest, est et combinés), ont été testés avec les niveaux de trafic de Novembre 1995 (date de livraison du système) et ceux prévus en 2005 (50% en plus). L'organisation de l'étude comprenait vingt six exercices de simulation. Cinq exercices supplémentaires ont été testés afin d'aider à déterminer la meilleure répartition des effectifs entre les secteurs.

Les paragraphes suivants décrivent les exercices de chaque organisation aussi bien que ceux testés en dehors du cadre initial de l'organisation de l'étude. Les caractéristiques de chaque exercice comprennent les niveaux de trafic, le flux NAT, les méthodes de travail, la sectorisation et la répartition des effectifs simulés. Les exercices impliquant les flux de NAT ouest et est ont été simulés sur une période de six heures, tandis que ceux concernant le flux combiné ouest-est ont été simulés sur une période de quatre heures.

Organisation de Référence A

Six exercices.

Trois échantillons de trafic représentant les trois différents flux journaliers de trafic NAT (ouest, est et combinés) aux niveaux de trafic 1995 (à la date de livraison du système CAE).

Plans de sectorisations verticales utilisant cinq secteurs superposés en ouest, quatre en est et deux secteurs en mixte.

Armement des secteurs : un Contrôleur Exécutif (EC) par secteur.

Méthodes de travail de actuelles (1994).

Organisation B Proposée

Neuf exercices.

Trois échantillons de trafic représentant les trois différents flux journaliers de trafic NAT (ouest, est et combinés) aux niveaux de trafic 1995 (date de livraison du système CAE) et à ceux prévus pour 2005 (50% en plus).

Plans de sectorisations verticales utilisant quatre secteurs superposés en ouest, trois en est et un secteur en mixte.

Armement des secteurs : un Contrôleur Exécutif (EC) par secteur avec la possibilité d'allouer un Contrôleur Support (SC) à un secteur donné ou bien partagé entre plusieurs secteurs.

Méthodes de travail du système CAE.

Organisation C Proposée

Cinq exercices.

Trois échantillons de trafic représentant les trois flux journaliers distincts de trafic NAT (ouest, est et mixte) aux niveaux de trafic de 1995 (date de livraison du système CAE) et aux niveaux prévus pour 2005 (50% en plus).

Sectorisations à la fois horizontales et verticales (quatre secteurs en ouest, trois secteurs en est et deux secteurs en mixte).

Armement des secteurs : un Contrôleur Exécutif (EC) par secteur avec la possibilité d'allouer un Contrôleur Support (SC) à un secteur donné ou bien partagé entre plusieurs secteurs.

Méthodes de travail du système CAE.

Organisation D Proposée

Six exercices.

Trois échantillons de trafic représentant les trois flux NAT journaliers (ouest, est et mixte) aux niveaux de trafic de 1995 (date de livraison du système CAE) et aux niveaux prévus pour 2005 (50% en plus).

Plans de sectorisations verticales superposées pour examiner des plans de sectorisations minimale (3 secteurs ouest, 2 secteurs est et 1 secteur mixte) ou maximale (6 secteurs ouest, 5 secteurs est, et 2 secteurs mixte).

Armement des secteurs : un Contrôleur Exécutif (EC) par secteur avec la possibilité d'allouer un Contrôleur Support (SC) à un secteur donné ou bien partagé entre plusieurs secteurs.

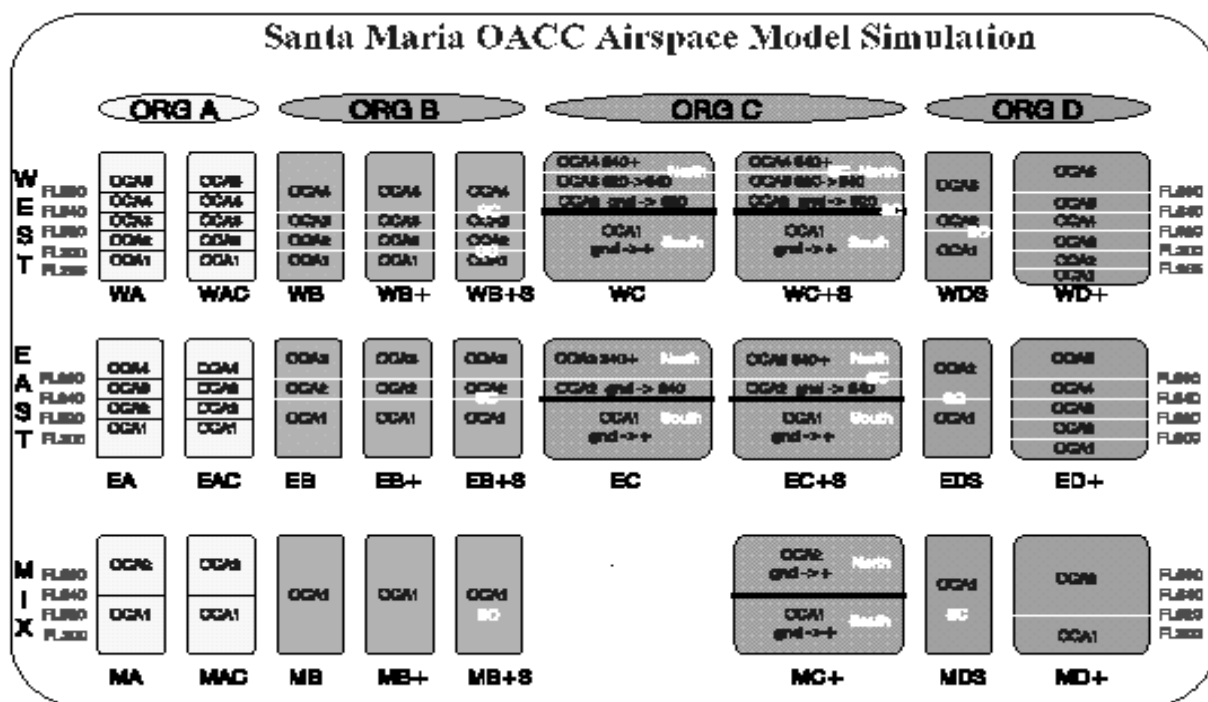
Méthodes de travail du système CAE.

Exercices supplémentaires

Cinq exercices simulés des niveaux de trafic prévus pour 2005.

Ces exercices avaient des buts différents, qui allaient de l'évaluation de la charge de travail à prévoir pour les contrôleurs en 2005 dans l'organisation de référence et le système CAE, à un examen plus approfondi de l'allocation stratégique de Contrôleurs Support (SC) aux secteurs, avec la re-définition du partage des tâches entre Contrôleur Exécutif (EC) et Contrôleur Support (SC), afin de pouvoir élaborer un armement optimal des secteurs.

Le graphique en page suivante résume les organisations et les exercices qui ont été simulés lors de l'étude de l'OACC de Santa Maria. Des cartes simplifiées des trois flux distincts de NAT simulés sont jointes à ce document.



Le graphique ci-dessus présente l'organisation de la simulation en temps accéléré de Santa Maria OACC. Les organisations simulées sont codées comme suit :

- jaune Organisation de référence A.
- Bleu Organisation proposée B.
- Rouge Organisation proposée C.
- Vert Organisation proposée D.

Dans chaque organisation les fines lignes horizontales indiquent les limites verticales des secteurs. Dans l'Organisation C, l'épaisse ligne noire horizontale indique la division nord/sud de l'espace au parallèle 40°N.

Les codes pour les noms des exercices cités sont les suivants :

Première lettre	W/E/M	indique le flux de trafic NAT ouest/est ou combiné.
Deuxième lettre	A/B/C/D	indique le nom de l'organisation.
+		indique tous les exercices testés aux niveaux de trafic prévus en 2005.
S		indique la présence d'un Contrôleur Support.
Dans l'ORG. A l'usage de la lettre C		fait référence à l'implémentation des tâches du système CAE
SC (blanc)		montre comment le Contrôleur Support est employé sur le plan de sectorisation.

4. CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS

Le premier objectif de cette simulation réalisée avec le Modèle Espace était d'évaluer l'impact de la mise en œuvre du système CAE, prévue pour la fin de 1995, sur la charge de travail des contrôleurs de Santa Maria. Le second objectif était d'évaluer l'armement proposé des secteurs dans les 3 plans de sectorisation qui étaient soumis.

ORG. A

Dans l'organisation de référence A, la simulation du nouvel équipement CAE dans le centre de Santa Maria avec la sectorisation en vigueur a conduit à une réduction globale de la charge de travail de 44% avec l'échantillon de trafic Est et de 31% avec l'échantillon de trafic Ouest. Les raisons de ces réductions sont les suivantes:

1. Distribution de 2 strips par secteur au lieu de 1 strip par secteur pour chaque tranche de 10° de longitude.
2. Réduction du temps nécessaire pour effectuer les coordinations vers les centres de contrôle adjacents, ces réductions n'étaient pas les mêmes pour tous les centres. Ceci explique partiellement la plus grande réduction enregistrée pour le flux de trafic Est que pour le flux de trafic Ouest.
3. Réduction du temps de vérification des points de report.
4. Automatisation de la recherche de conflits, faite par le système.

Trois organisations proposées simulaient des niveaux de trafic de 1995 (1994+10%) et 2005 (1995 + 50%) en utilisant les méthodes de travail du système CAE.

ORG. B

L'organisation proposée B simulait une sectorisation verticale de 3 secteurs superposés pour le flux Est et 4 pour le flux Ouest. Cette réduction de une unité du nombre de secteurs par rapport à l'organisation de référence A était obtenue en regroupant les 2 secteurs inférieurs avec le flux Est et les 2 secteurs supérieurs avec le flux Ouest. Dans l'organisation B, chaque secteur était armé d'un contrôleur exécutif avec, dans certains cas, un contrôleur organique assistant un secteur ou 2 secteurs simultanément. Cette organisation s'est montrée très performante avec le flux de trafic Est où, même avec une augmentation de 50% du trafic, la charge de travail du secteur groupé n'a pas atteint des niveaux très élevés. Par contre, le groupement des 2 secteurs supérieurs pour le flux Ouest a conduit à de très importantes charges de travail pour le niveau de trafic prévu pour 2005 (1995 + 50%). Le groupement des 2 secteurs inférieurs n'a pas été simulé pour le flux transatlantique Ouest. Une configuration à 4 secteurs, comme dans l'exercice WB+S, avec un contrôleur exécutif par secteur et un contrôleur organique aidant le secteur OCA4 (contrôlant FL350 et +) a donné un très bon équilibre entre les secteurs, avec le trafic prévu pour 2005.

ORG. C

L'organisation proposée C simulait un plan de sectorisation à la fois horizontal et vertical, comprenant 3 secteurs pour le flux de trafic Est et 4 secteurs pour le flux de trafic Ouest. Cela a conduit à une réduction du nombre de vols « skippés » (vols traversant un secteur sous le contrôle d'un autre secteur), dans les secteurs intermédiaires de la sectorisation. Cette sectorisation n'a pas été évaluée avec l'usage de la présentation graphique prévue dans le système CAE. En effet, ce genre de division géographique de l'espace serait évaluée beaucoup plus précisément avec une

présentation graphique qui donnerait une assistance visuelle des limites des secteurs. Ceci pourrait être fait avec une simulation par modèle utilisant RAMS ou dans le cadre d'une simulation en temps réel. Dans l'étude, en termes de charge de travail enregistrée, il s'est révélé un léger avantage pour une sectorisation verticale plutôt que pour une combinaison verticale/horizontale.

ORG.D

L'organisation proposée D évaluait principalement le nombre minimum de secteurs nécessaires pour traiter le trafic de 1995 avec le système CAE. Avec deux secteurs pour le flux Est et 3 secteurs pour le flux Ouest, chacun armé d'un contrôleur exécutif, et avec l'assistance d'un contrôleur organique pour chaque orientation de flux, il n'a jamais été enregistré de charges de travail supérieures à celles de l'organisation de référence et les méthodes de travail 1994. En termes d'armement, cela correspondait à une réduction d'une position de contrôle. La simulation, pour le flux Est, d'un secteur unique armé d'un contrôleur exécutif et d'un contrôleur organique, et, pour le flux Ouest, de 2 secteurs superposés armés d'un contrôleur exécutif chacun et d'un contrôleur organique commun, n'a pas été faite dans cette étude, mais le résultat probable ne devrait pas donner de charges de travail supérieures à celles de 1994.

Recommandations

Dans les sectorisations proposées, l'adjonction stratégique d'un contrôleur organique pour un ou deux secteurs, avec un partage de tâches soigneusement défini entre les contrôleurs exécutifs et organiques, s'est toujours montré plus performante que l'ouverture d'un secteur supplémentaire armé par un seul contrôleur exécutif. Cela est dû, dans une sectorisation verticale, à la nécessité de croisement de plusieurs secteurs intermédiaires pour le trafic qui a un profil de montée ou de descente. Cette pénétration de plusieurs secteurs intermédiaires engendre un grand nombre de recherches de conflits, management de strips et coordinations. Avec des secteurs d'une plus grande épaisseur, ces tâches arrivent moins fréquemment et la charge de travail générée par le traitement d'un plus grand nombre d'avions peut être équilibrée par un partage équitable des tâches à accomplir entre le contrôleur exécutif et le contrôleur organique.

L'étude a montré que, pour le niveau de trafic de 1995, on peut attendre une nette amélioration de la mise en place du système CAE. L'augmentation de 50% du niveau de trafic devrait être considérée à une échéance où les séparations verticales réduites auront été mises en place sur l'espace océanique. De nouveaux plans de sectorisation devraient être évalués en tenant compte de la façon dont les compagnies aériennes voudront utiliser les niveaux de vols supplémentaires. Ce concept, comprenant l'étude de la position optimale de la zone de transition sera l'objectif de la simulation par modèle AF61.

Enfin, il faut souligner que cette simulation du système CAE était la toute première approche de l'utilisation de ce nouvel outil. La capacité de l'espace contrôlé à l'aide de ce système dépendra aussi de l'expérience des utilisateurs et de la confiance que les contrôleurs mettront dans le système.

APPENDIX I

AIRSPACE MODEL SIMULATION

of

SANTA MARIA OACC

EEC TASK AF59

SIMULATION MAPS

General Description

This appendix contains simulation maps of the traffic samples simulated.

Simulation Maps

The function of the simulation maps is the definition of the airspace according to the requirements of the Model. Therefore, simulation maps do not correspond to official publications since they show only those routes and sectors required by the traffic sample and project objectives.

In addition, the simulation maps may contain several route adjustments required by the Airspace Model to detect and resolve conflicts adequately. Therefore, these simulation maps do not reflect the official airspace structure within the Santa Maria Oceanic FIR.

Within the Model, flights are navigated along the routes (lines) which are defined by an entry point, an exit point, and a list of intermediate route points. These points may represent navigation aids, route intersections, ATC centre or sector boundaries or intermediate way points required by the Model for flight profile calculations. When routes are close together or converging, and ATC separation does not exist, the routes are shown as a single line to allow the Model to detect conflicts correctly.

For the sake of clarity, some of the routes and points have been slightly offset on the maps although the data input to the Model to describe the simulated environment was derived from the correct position of points.

Finally, the boundaries as depicted on the simulation maps have also been adjusted in certain cases for the sake of clarity and as a result may not represent the official limits of the sectors' responsibilities.

