

ONZIÈME CONFÉRENCE DE NAVIGATION AÉRIENNE

Montréal, 22 septembre – 3 octobre 2003

Point 1 : Présentation et évaluation d'un concept opérationnel de gestion du trafic aérien (ATM) mondiale

1.4 : Rôle des systèmes anticollision embarqués (ACAS)

EXPERIMENTATIONS CONDUITES PAR LA FRANCE AVEC DES PLANEURS EQUIPES DE TRANSPONDEURS AU VOISINAGE D'UN AVION EQUIPE D'ACAS

(Présenté par la France)

RESUME

Chaque année, plusieurs pertes de séparations, pouvant aller jusqu'à la collision, sont enregistrées, en France, entre des avions de transport commercial et des planeurs. Afin de bien comprendre l'impact potentiel de nombreux transpondeurs sur l'ACAS II, des expérimentations ont été conduites en 2001 avec des planeurs équipés de transpondeurs mode A/C au voisinage d'un avion équipé d'ACAS II.

La préparation des expérimentations a mis en évidence plusieurs difficultés techniques, opérationnelles et réglementaires.

On constate que l'installation de transpondeurs mode A/C à bord des planeurs s'avère satisfaisante pour des planeurs isolés et permet leur surveillance par les équipements sol et embarqués. Par contre, l'ACAS est incapable de poursuivre correctement les intrus dans des configurations de vol en essaim. Dans l'attente du mode S (expérimentations prévues en 2003), la mise en place de classes d'espaces adaptées, ou d'espaces aériens spécifiques, assurant la protection des itinéraires IFR publiés demeure la solution la plus sûre.

1. INTRODUCTION

1.1 Chaque année, plusieurs pertes de séparations sont enregistrées, en France, entre des avions de transport commercial et des planeurs. A titre indicatif, 22 procédures airprox impliquant ce type d'aéronefs ont été traitées entre 1993 et 1997. En l'absence de tout équipement embarqué permettant de faciliter la détection des planeurs, ce type d'événement démontre toute la difficulté d'appliquer, conformément aux règles de l'air, la procédure "Voir et Eviter".

1.2 Suite à un abordage survenu le 12 février 1999 entre un A320 et un planeur, le Bureau Enquêtes Accident français recommandait, entre autres, dans son rapport d'accident que dans les délais les plus courts, la Direction Générale de l'Aviation Civile française prenne des dispositions pour que l'équipage de tout aéronef de transport public de passagers, en IFR, puisse avoir connaissance de tout aéronef représentant un risque potentiel d'abordage. Trois axes complémentaires étaient définis :

- 1) la mise en place de classes d'espaces adaptées, ou d'espaces aériens spécifiques, assurant la protection des itinéraires IFR publiés ;
- 2) l'équipement en ACAS des aéronefs effectuant du transport public de passagers, sans attendre la date limite fixée par la réglementation ;
- 3) l'obligation d'utilisation du transpondeur avec report d'altitude pour tout aéronef évoluant au-dessus de niveaux de référence adaptés.

1.3 Afin de prendre en compte ces recommandations, les services de la navigation aérienne français ont entrepris entre 2000 et 2001 des expérimentations visant à étudier l'impact d'un essaim de planeurs équipés de transpondeurs mode A/C sur les systèmes de surveillance sol et embarqués.

1.4 Seule la partie relative à l'impact sur l'ACAS sera développée ici. Le rapport présentant à la fois les résultats sur la surveillance sol et sur la surveillance embarquée est cependant disponible (Voir <http://www.stna.aviation-civile.gouv.fr/actualites/revues/revue62>)

2. INSTALLATION DE TRANSPONDEUR A BORD DES PLANEURS

2.1 Une première série d'expérimentations a été entreprise afin de s'assurer de la faisabilité d'une installation de transpondeur à bord de planeur. En effet, compte tenu du peu de volume disponible à l'intérieur des planeurs, dresser un état des contraintes d'installation et de certification sur ce type d'aéronef constituait une première étape nécessaire. En particulier, l'ajout du transpondeur ne devait pas requérir l'utilisation de nouvelles batteries. Un autre point essentiel était lié au positionnement de l'antenne. Différentes configurations (interne, externe) ont été évaluées ainsi que l'impact des rayonnements sur le pilote, dans le cas d'une installation d'antenne interne à la structure. L'intégrité du bilan de liaison, en particulier en situation d'évolutions serrées ainsi que le respect des normes de protection des personnes au rayonnement électromagnétique ont été plus précisément examinées pour cette configuration d'antenne.

2.2 Résultats :

- Seule l'installation d'antenne extérieure a permis d'avoir un bon bilan de liaison.
- L'autonomie des batteries est suffisante.
- Les normes de protection des personnes au rayonnement électromagnétique sont tout à fait respectées.
- Seuls des transpondeurs mode A/C étaient disponibles à l'époque. (pas de mode S).

3. PREPARATION DE L'EXPERIMENTATION ACAS

3.1 Cette expérimentation avait pour objectif de vérifier l'impact d'une forte densité de transpondeurs sur le système ACAS. Les principaux problèmes prévisibles dans ce domaine avaient été identifiés afin de préparer les scénarii à effectuer par les planeurs :

3.1.1 Problèmes de surveillance

3.1.1.1 Problème de garbling : Les réponses d'avions se situant à des distances voisines (à 1.6 Nm près) de l'ACAS s'enchevêtrent et rendent leur décodage très difficile. Il s'ensuit une dégradation de la probabilité de détection et une augmentation du nombre de faux mode C. Les antennes du TCAS ont une directivité beaucoup plus faible que celle d'un radar de surveillance sol : 4 quadrants en émission seulement. Ceci rend donc le TCAS relativement sensible à ce phénomène. Cependant, le processeur de détection est capable, en théorie, de décoder efficacement jusqu'à trois réponses enchevêtrées. De plus, la mise en œuvre de la technique « Whisper-Shout » contribue à améliorer les performances de la détection dans ces conditions. L'expérimentation devait montrer ce qu'il en était réellement dans une telle situation. (Au moins cinq avions en situation de garbling)

3.1.1.2 Problème de FRUIT (chevauchement asynchrone) qui fait suite à la réception de réponses transpondeur non désirées dues à une interrogation émise par un autre TCAS ou par un radar de surveillance.

3.1.2 Problèmes de poursuite

La poursuite des transpondeurs Mode A/C est basée uniquement sur des interrogations « appel général mode C seulement ». Contrairement à une poursuite radar, il n'y a pas d'interrogation Mode A du transpondeur, ce qui augmente la difficulté pour associer un nouveau plot avec une piste existante. A l'évidence, la poursuite risque d'être mise davantage en difficulté avec des avions étant tous à la même altitude. Ceci a justifié l'introduction de scénarii avec les planeurs à des altitudes voisines et d'autres où ils sont étagés.

3.1.3 Problème dans la logique anti-collision multi intrus

Des simulations effectuées sur la logique avaient permis de détecter quelques géométries de rencontre piégeant la logique multi intrus. La résolution n'était alors pas très adaptée à la situation. Bien qu'il paraissait difficile de reproduire exactement ces configurations, un scénario y a été dédié.

3.1.4 Problème au niveau de l'affichage des trafics et au niveau du pilote.

Il était aussi nécessaire d'évaluer si la présentation d'un trafic important était lisible et si la rencontre avec un essaim de planeurs ne risquait pas de générer une surcharge de travail et un stress qui pénaliseraient la sécurité.

3.2 Des scénarii, reflétant des évolutions opérationnelles de planeurs, ont donc été définis afin d'évaluer ces différents points.

- Enfilade de 5 planeurs : L'aéronef équipé d'ACAS ayant une trajectoire perpendiculaire ou parallèle aux planeurs.
- Empilage de 5 planeurs en spirale : L'aéronef équipé d'ACAS manœuvrant au-dessus, et deux des planeurs quittant le groupe.
- Empilage de 3 planeurs : L'aéronef équipé d'ACAS arrivant face aux planeurs avec un décalage latéral faible afin de rechercher une alerte de type avis de résolution « Resolution Advisory (RA) ».

3.3 Afin de réaliser ces expérimentations, différents moyens d'essais avaient été mis en place dont un ATR 42, équipé ACAS II, ainsi que des planeurs disposant de transpondeurs mode A/C (aucun transpondeur mode S n'étant alors disponible pour l'aviation légère). Finalement, pour des raisons de

sécurité et de facilité, des aéronefs légers ont été utilisés et ont effectué des trajectoires typiques de planeurs avec des vitesses d'évolution lente.

4. RESULTATS DE L'EXPERIMENTATION POUR L'ACAS

4.1 Les données principales utilisées pour cette analyse proviennent de l'enregistrement bord des données que le TCAS envoie vers son affichage (IVSI). Celui-ci contient la liste des trafics après détection, poursuite et traitement par le TCAS. Ces données ont permis un rejeu complet des informations présentées aux pilotes sur l'IVSI. L'analyse détaillée de ces données a également permis d'évaluer la qualité de la surveillance, sans toutefois pouvoir faire la séparation entre la détection et la poursuite. L'enregistrement des données de trois radars mono-pulse et le témoignage des pilotes ont également été exploités pour confirmer le positionnement des avions.

4.2 Pour le trafic en groupe, l'ACAS détecte toujours des intrus, mais n'en voit jamais le nombre exact. Globalement, on peut noter que la probabilité de visualisation des trafics est voisine de 65% lorsque les aéronefs sont étagés verticalement. Elle tombe malheureusement à 30% lorsque ceux-ci sont tous à la même altitude. Dans ce dernier cas, l'on ne voit que deux pistes sur cinq sans savoir si ces pistes correspondent toujours aux deux mêmes aéronefs. Il est fort probable que ces pistes ont été générées à partir des mesures de différents trafics, vu l'existence de nombreuses pistes très courtes.

4.3 Durant la période de l'expérimentation, la présence involontaire de deux autres trafics a permis de tirer des conclusions intéressantes. Le premier a traversé la zone (normalement protégée) de l'expérimentation et a généré un avis de trafic (TA) alors que le second se trouvait sous cette zone. Dans ces deux cas, le TCAS les a parfaitement détectés même quand ceux-ci entraient en situation de garbling avec le groupe. Le scénario où deux avions sortent de l'essaim a également confirmé que la détection est excellente pour des trafics ayant des trajectoires différentes du groupe, même quand ceux-ci sont géométriquement en situation de garbling intense.

4.4 Lors des derniers essais, une succession de RA inappropriés a été observée et a donné lieu à des ordres de manœuvres contradictoires. L'analyse détaillée des données a montré que la cause principale de la génération inadéquate des RA provient du manque de fiabilité des informations d'altitude des pistes fournies à la logique. Les profils verticaux de ces pistes présentent de nombreuses déviations lesquelles ont faussé la logique anticollision. La poursuite semble ici être plus en cause que la détection car ces profils s'expliquent plus facilement par des permutations de plots que par des erreurs de décodage du mode C. Les cas de bonne visualisation des trafics impromptus interceptant le groupe tendent à confirmer cette hypothèse.

4.5 Il y a eu plusieurs pertes subites de visualisation de trafics alors que ceux-ci étaient en TA et même en RA. Ce dernier type de perte est très perturbant car l'avis de résolution en cours et le trafic en cause disparaissent sans aucune information de type « Clear of Conflict » pour le pilote.

4.6 Etant donné que la logique anticollision a été alimentée par des pistes erronées, aucune conclusion ne peut être tirée sur son comportement lors de rencontre multi intrus.

5. CONCLUSIONS DE L'ETUDE

5.1 Du fait du fort garbling généré par la forte densité de transpondeurs, l'ACAS s'avère incapable de générer des pistes correctes. Celles-ci sont bâties autour de plots générés par des trafics différents faisant ainsi apparaître des trajectoires erratiques avec des altitudes fausses. Cela se traduit par

des alertes intempestives, sans que cela puisse être détecté par le pilote, voire des RAs inexploitable avec des ordres à manœuvrer sur des intrus qui disparaissent ensuite subitement. De telles situations pourront s'avérer dangereuses en situation opérationnelle.

5.2 Bien qu'imparfait, l'affichage du trafic permet néanmoins au pilote de détecter la présence d'une zone à forte concentration, mais les données fournies ne permettent pas de fournir aux pilotes des informations propres à conduire une surveillance efficace et à acquérir visuellement les aéronefs concernés. Ils ne visualisent jamais le nombre total de trafics environnants et peuvent constater des sauts soudains dans le plan vertical des trajectoires.

5.3 Pour les trafics présents en dehors de la zone à forte concentration, les conclusions sont bien meilleures. La surveillance n'est aucunement affectée et permet une excellente détection, ainsi qu'une réaction tout à fait adaptée à ces intrus.

5.4 Les résultats des analyses de l'expérimentation radar (mono-radar et multi-radar) s'avèrent également pessimistes et tout à fait cohérents avec ceux de l'expérimentation ACAS.

5.5 En résumé, l'installation de transpondeurs mode A/C à bord des planeurs s'avérera satisfaisante pour des planeurs isolés et permettra leur surveillance par les équipements sol et embarqués. Dans cette configuration, la situation sera donc améliorée comparativement à aujourd'hui. Concernant les essaims de planeurs, les conclusions sont beaucoup plus contrastées puisque même si les transpondeurs permettent d'identifier une zone d'activité, ils peuvent aussi contribuer, du fait du garbling, à dégrader la qualité de la surveillance. Par contre, celle-ci n'est pas affectée dans les secteurs contigus.

6. ACTIVITES FUTURES

6.1 Une première amélioration envisageable serait d'utiliser des transpondeurs mode S, qui, a priori, donneront de bien meilleurs résultats dans ces situations de fort garbling. En effet, ils permettraient de visualiser tous les trafics et éviteraient les erreurs d'altitude constatées. La situation en terme de surveillance serait donc bien meilleure tant pour le radar mode S que pour l'ACAS. Par contre, on estime que la logique de l'ACAS serait sollicitée de manière intensive du fait du grand nombre d'intrus et pourrait alors être mise en défaut.

6.2 Une seconde solution, à plus long terme, serait l'ADS-B mais son utilisation dans ce contexte doit auparavant atteindre sa maturité technique et réglementaire. Une telle application nécessiterait en effet l'installation et la certification à bord des aéronefs, d'un écran (CDTI) permettant de visualiser tous les aéronefs équipés ADS-B, ainsi que de définir les règles d'opérations vis à vis de l'ACAS.

6.3 En 2003, de nouvelles expérimentations sont prévues avec un aéronef équipé ACAS II et plusieurs aéronefs d'aviation générale équipés mode S afin de valider les hypothèses relatives aux transpondeurs mode S. Les résultats ne pourront pas être disponibles pour la conférence mais seront communiqués dès que possible.

6.4 Si les contraintes d'installation ne sont pas rédhibitoires, des transpondeurs ayant aussi la capacité ADS-B (1090 Squitter Long) seront utilisés afin de tester cette technique pour ce type d'opération.

7. **ACTION PROPOSEE**

7.1 La conférence est invitée à noter l'information présentée.

— FIN —