



NOTE DE TRAVAIL

DOUZIÈME CONFÉRENCE DE NAVIGATION AÉRIENNE

Montréal, 19 – 30 novembre 2012

Point 4 : Capacité et efficacité optimales – par une ATM mondiale collaborative

4.1 : Gestion efficace de l'espace aérien et meilleures performances d'écoulement du trafic grâce à la prise de décisions en collaboration (CDM)

CONSIDÉRATIONS DES ÉTATS-UNIS SUR LES MODULES DE MISE À NIVEAU PAR BLOCS DU SYSTÈME DE L'AVIATION POUR LES SYSTÈMES ANTICOLLISION EMBARQUÉS

(Note présentée par les États-Unis)

SOMMAIRE

La présente note expose les considérations des États-Unis relatives à la mise en œuvre des modules de mise à niveau par blocs du système de l'aviation (ASBU) se rapportant aux systèmes anticollision embarqués (ACAS). Répondant à une directive de la 37^e session de l'Assemblée de l'OACI, l'Organisation a mis en place le système ASBU afin de faciliter l'harmonisation et l'interopérabilité mondiales de l'espace aérien.

Deux modules ASBU se rapportent aux systèmes anticollision embarqués, le Module B0-101 : Améliorations de l'ACAS et le Module B2-101 : Nouveau système anticollision embarqué. L'Administration de l'aviation fédérale des États-Unis (FAA) a fait des recherches sur les avantages et la faisabilité des deux modules. Il ressort de ces recherches que des améliorations progressives de l'ACAS actuel n'offriront pas d'avantages substantiels dans l'espace aérien des États-Unis. Toutefois, ces recherches indiquent que la mise au point d'un nouveau système anticollision embarqué apporterait d'importants avantages en termes d'exploitation et de sécurité. La FAA développe un nouveau système anticollision embarqué (ACAS X) qui utilise les nouveaux progrès de la programmation dynamique pour produire des avis de résolution de menace qui réduisent les taux d'alerte et améliorent la sécurité. Sur cette base, et compte tenu de contraintes budgétaires, la FAA donnera la priorité au développement de l'ACAS X pour appuyer le Module ASBU B2-101.

Suite à donner : la Conférence est invitée à convenir de la recommandation formulée au paragraphe 3.2.

1. INTRODUCTION

1.1 La Conférence a été informée, dans la note AN-Conf/12-WP/3, du *Plan mondial de navigation aérienne actualisé* (Doc 9750) et du concept de mise à niveau par blocs du système de l'aviation (ASBU). Les ASBU sont un cadre de modules individuels qui décrivent des solutions ou des améliorations du système mondial de gestion du trafic aérien (ATM) ainsi que les répercussions sur l'équipement et des plans de transition. Le Bloc 0 représente des améliorations à court terme de l'équipement actuel ; le Bloc 1 comprend des améliorations à échéance 2018 ; le Bloc 2 vise l'échéance 2023 ; et le Bloc 3 au-delà de 2028.

1.2 La Conférence a en outre été informée, dans la note AN-Conf/12-WP/12, des modules proposés qui se rapportent directement à l' ACAS. Le Module B0-101 : Améliorations de l'ACAS décrit les améliorations potentielles de la capacité de l' ACAS actuel, et le Module B2-101 : Nouveau système anticollision embarqué décrit l'élaboration d'un futur système de remplacement.

1.3 La présente note décrit les travaux en cours aux États-Unis sur les Modules B0-101 et B2-101 et fournit des renseignements sur les plans futurs des États-Unis visant à obtenir les augmentations souhaitées de la capacité opérationnelle.

2. MODULES SE RAPPORTANT À L'ACAS

2.1 **Historique.** Le système anticollision embarqué (ACAS II) a été rendu obligatoire à l'échelle internationale par l'OACI dès 2003, sur les gros avions à turbines et est un système éprouvé. Le système d'alerte de trafic et d'évitement de collision (TCAS) v6.04a a été introduit au début des années 90. Sur la base de changements de l'espace aérien, comme le minimum de séparation verticale réduit (RVSM) et la nécessité d'améliorations opérationnelles, des normes révisées pour le TCAS v7.0 (ACAS II) ont été approuvées en 1997. En réponse à des problèmes constatés dans la logique d'inversion du TCAS et de la confusion créée chez les pilotes dans les annonces verbales, des normes pour le TCAS v7.1 ont été approuvées en 2009 et, après adoption, intégrées dans les normes et pratiques recommandées de l'OACI (SARP) en 2010.

2.1.1 *Expérience opérationnelle de l'ACAS.* L'ACAS II est un système de sécurité efficace ; toutefois, des améliorations supplémentaires allant au-delà du TCAS v7.1 sont souhaitées par la communauté opérationnelle. Des études de sécurité indiquent que l'ACAS II réduit le risque de collision en vol de 80 à 95 % et la surveillance opérationnelle des avis de résolution de l'ACAS (RA) indique que l' ACAS fonctionne largement comme prévu. Toutefois, de nombreux RA peuvent être considérés "inutiles", car ils représentent des interactions entre les procédures normales d'un espace aérien sûr et la logique d'alerte ACAS et ne sont pas nécessairement représentatifs de conflits potentiels. Par exemple, les données de surveillance du TCAS aux États-Unis indiquent que plus de 75 % des RA aux États-Unis sont le résultat de telles interactions et que 50 % de tous les RA sont associés à la séparation verticale de 500 pieds règles de vol aux instruments (IFR)/ règles de vol à vue (VFR) ; ~7 % des RA sont associés à des géométries de 1 000 pieds en stabilisation IFR/IFR; 12 % surviennent lors d'approches visuelles sur pistes parallèles ; et 15 % dans le circuit de trafic VFR. L'espace aérien européen enregistre une interaction nettement inférieure entre le trafic IFR et VFR ; en effet des données de surveillance indiquent que plus de 50 % des RA dans l'espace aérien européen sont dus à des géométries de 1 000 pieds en stabilisation. La communauté opérationnelle a exprimé le souhait de réduire l'interaction négative entre les critères d'alerte de l'ACAS et les procédures actuelles ou futures de l'espace aérien.

2.1.2 *L'ACAS dans le système futur d'espace aérien.* Il ressort de recherches que le système d'alerte de l'ACAS ne pourra prendre en compte certaines procédures de l'espace aérien futur qui entraînent une réduction de la séparation et/ou des géométries problématiques. En particulier, l'ACAS actuel n'appuiera pas la séparation de 3 NM en route, ni des procédures de dépassement dans le sillage, ni des opérations sur pistes parallèles rapprochées. En outre, il faut étendre les moyens d'évitement des collisions aux nouveaux utilisateurs de l'espace aérien. Les systèmes d'avions non habités (UAS) ne disposent actuellement pas de moyen anticollision certifié alors que celui-ci sera vraisemblablement requis pour faciliter l'accès non restreint à l'espace aérien. Au-delà des UAS, la sécurité de l'aviation générale sera renforcée par un dispositif anticollision rentable. Toutefois, de nombreuses performances des UAS et des avions de l'aviation générale ne satisfont pas aux exigences de l'ACAS. Enfin, afin d'offrir à ces utilisateurs un moyen anticollision et d'améliorer les performances globales du système, le futur système anticollision devra intégrer les données de surveillance de la surveillance dépendante automatique – en mode diffusion (ADS-B) – et devra offrir un moyen d'utiliser des sources de surveillance comme l'électro-optique ou l'infrarouge, qui peuvent être employés sur les UAS. En résumé, le futur système anticollision doit être facilement adaptable (c'est-à-dire "synthétisable") afin de prendre en compte les nouvelles

procédures de l'espace aérien à mesure qu'elles seront mises en place, offrir une capacité aux nouvelles classes d'utilisateurs et intégrer l'information supplémentaire de surveillance.

2.2 Module B0-101. Ce module décrit les améliorations à court terme à apporter à l'actuel ACAS II afin de réduire le nombre d'"alertes intempestives" tout en maintenant ou en améliorant le niveau actuel de sécurité.

2.2.1 Pour étudier ces problèmes, une série d'initiatives en cours et proposées a été lancée. Les travaux dans ce domaine sont axés sur une réduction du taux de RA "inutiles" pendant les procédures normales de l'espace aérien.

2.2.2 Travaux en cours. Airbus procède actuellement à la mise au point et à la certification de l'intégration de l'information TA/RA du TCAS dans le pilote automatique/directeur de vol. Ces efforts incluent l'intégration de l'information des avis de résolution de l'ACAS dans les systèmes pilote automatique/directeur de vol afin de permettre une réponse automatique de l'ACAS sous forme de RA. Airbus élabore également des méthodes visant à réduire la vitesse verticale de l'aéronef commandée dès réception d'un avis de circulation dans certaines circonstances afin d'éviter la réception d'un RA (prévention de l'alerte TCAP - TCAS). Des évaluations de la sécurité au moyen des modèles européens de rencontres et d'espace aérien indiquent que ces fonctions peuvent assurer la sécurité et réduire les taux d'alerte. Le TCAP est censé réduire les RA inutilés dans les rencontres à 1 000 pieds. Les données de surveillance indiquent que ces rencontres à 1 000 pieds constituent environ 7 % seulement des RA dans l'espace aérien des États-Unis.

2.2.3 Travaux proposés. Le programme de recherche-développement ATM pour le projet Ciel unique européen (le programme SESAR) a commencé des recherches afin d'étudier les changements des paramètres d'alerte du TCAS afin de réduire les RA "inutiles". Des études initiales indiquent que le changement d'un sous-ensemble de paramètres de l'ACAS peut réduire les taux d'alerte dans l'espace aérien européen ; toutefois, des études utilisant des modèles de l'espace aérien des États-Unis ont indiqué que le changement des seuils d'alerte verticale de l'ACAS pour passer à des seuils d'alerte réduits dans la séparation de 500 pieds IFR/VFR compromet la sécurité (c'est-à-dire augmente le taux de risque). Des analyses initiales de la proposition SESAR spécifique indiquent qu'elle offrira des avantages limités aux États-Unis et concernera principalement une proportion plus faible de RA préventifs dans les rencontres IFR/VFR à 500 pieds. L'élimination de ces RA aura très peu d'incidence sur la capacité et l'efficacité de l'espace aérien, car ils n'exigent pas une modification du profil vertical de l'aéronef.

2.3 Module B2-101. Ce module décrit la nécessité d'un nouveau moyen anticollision afin de permettre l'évitement efficace des collisions dans l'environnement futur de l'espace aérien. En plus des alertes "intempestives" dans l'espace aérien existant, des études indiquent que les critères d'alerte du TCAS actuel interagissent de manière négative sur les procédures futures de l'espace aérien. En particulier, il s'est révélé que les opérations sur pistes parallèles rapprochées (CSPO) ou l'utilisation d'une séparation de 3 NM en route donnent lieu à un nombre excessif de RA inutilés. Un avantage supplémentaire que pourra offrir un futur système anticollision est qu'il pourra utiliser des informations supplémentaires de surveillance comme l'ADS-B et qu'on pourra plus facilement l'étendre à des classes d'utilisateurs comme l'aviation générale et les UAS qui peuvent être pris en compte avec le TCAS II.

2.3.1 Recherche-développement du futur ACAS. Depuis 2009, la FAA des États-Unis finance des travaux de recherche-développement sur un futur système anticollision appelé ACAS X. Ce système repose sur une nouvelle approche de l'évitement des collisions qui considère explicitement les incertitudes des données mesurées de surveillance, la réaction des pilotes aux alertes et l'état futur de la propriété et des intrus. L'ACAS X utilise des techniques avancées de programmation dynamique afin d'optimiser l'action anticollision requise sur la base de ces probabilités et une fonction de coût qui explique clairement la sécurité requise et les considérations opérationnelles. L'ACAS X intègre également une architecture de surveillance à capteurs agnostiques et permet l'utilisation de l'ADS-B ou d'autres sources de surveillance. Cette approche peut être adaptée pour une vaste

gamme de performances et de dynamiques d'aéronefs et peut ainsi être utilisée pour étendre la capacité anticollision aux aéronefs de l'aviation générale et aux UAS. En outre, l'ACAS X offre également la possibilité de fournir des alertes spécifiques à certaines procédures par rapport au trafic sélectionné qui participe aux procédures de l'espace aérien, comme les opérations sur pistes parallèles rapprochées (CSPO), tout en gardant la protection anticollision globale contre des aéronefs non sélectionnés. Des études de modélisation et de simulation montrent que l'ACAS X réduit la fréquence de RA de plus de 30 % tout en améliorant le taux de risque d'environ 50 %. L'ACAS X est également compatible avec la séparation de 3 NM en route, et l'élaboration d'une variante spécifique à des procédures est au stade du développement afin de permettre les opérations CSPO par utilisation d'un système d'alerte spécifique à des procédures.

2.4 Analyse du RTCA. Le RTCA SC-147, conjointement avec l'EUROCAE WG-75, a évalué les lacunes actuelles et lacunes futures projetées de l'ACAS existant et évalué les atténuations potentielles à long et court termes. Cette analyse a été publiée sous la cote RTCA DO-337 en mars 2012. À l'appui de cette étude, la FAA a évalué des modifications du seuil actuel d'alerte verticale de l'ACAS et constaté que ces modifications produisaient de modestes réductions des taux d'alerte, mais qu'elles augmenteraient le taux de risque et qu'elles n'offriront qu'un avantage opérationnel limité. Ce rapport parvient à la conclusion consensuelle que des modifications de l'ACAS existant ne suffiront pas à remédier aux lacunes actuelles ou projetées. En conséquence, ce rapport recommande le développement d'un futur moyen anticollision.

2.5 Plans des États-Unis concernant l'ACAS. La FAA des États-Unis a évalué deux possibilités: améliorer l'ACAS actuel et mettre au point un futur moyen anticollision. Compte tenu des ressources limitées disponibles pour la recherche-développement et des avantages limités que l'on obtiendrait de modifications de l'ACAS actuel, la FAA a décidé de poursuivre les travaux sur un futur système anticollision – ACAS X –, afin de réduire les taux d'alertes intempestives, d'améliorer l'interopérabilité avec les procédures actuelles et futures de l'espace aérien et d'étendre les moyens anticollision à de nouvelles classes d'utilisateurs comme l'aviation générale et les UAS.

2.5.1 Raisons de poursuivre l'étude d'un futur système anticollision. Sur la base d'une étude et d'une évaluation du choix entre une modification de l'ACAS actuel et le développement d'un nouveau système, la FAA a choisi de se concentrer sur le développement de l'ACAS X. L'analyse de la FAA a déterminé qu'une modification de l'ACAS actuel pour offrir la capacité souhaitée exigerait d'importants efforts et que le futur système pourrait être livré dans un délai analogue.

2.5.1.1 Des études utilisant des modèles de l'espace aérien des États-Unis et des modèles de rencontres montrent qu'il y a un avantage minime et, dans certains cas, un taux de risque accru (réduction de la sécurité) associés à des améliorations progressives de l'ACAS actuel comme le propose le SESAR. Cela est dû aux différences marquées entre les espaces aériens des États-Unis et européen. Par contre, il a été montré que l'ACAS X réduit les alertes intempestives et améliore la sécurité aussi bien dans l'espace aérien des États-Unis que dans l'espace aérien mondial. En outre, l'ACAS X est compatible avec la séparation de 3 NM en route et autres procédures de l'espace aérien.

2.5.1.2 L'ACAS actuel ne peut pas facilement intégrer la surveillance ADS-B ou d'autres sources de surveillance. Étant donné le couplage étroit avec la surveillance actuelle par transpondeur, l'adaptation de l'ACAS actuel pour utiliser la surveillance ADS-B ou d'autres sources de surveillance exigera vraisemblablement un gros travail d'étude et d'analyse.

2.5.1.3 La logique ACAS n'appuie pas facilement le système anticollision pour les UAS ou autres aéronefs qui ne satisfont pas aux hypothèses de conception de l'ACAS. Il faudrait énormément de travaux pour modifier l'ACAS afin qu'il appuie les nouvelles classes d'utilisateurs.

2.5.1.4 L'ACAS X offre la possibilité de générer des alertes spécifiques à des opérations pour les procédures de l'espace aérien comme les opérations sur pistes parallèles rapprochées où des seuils d'alerte

différents peuvent être établis par rapport aux avions participants tout en préservant la protection globale contre tous les autres aéronefs. L'ACAS existant devrait être substantiellement modifié pour offrir cette possibilité.

2.5.1.5 Une seule amélioration supplémentaire de l'ACAS sera vraisemblablement supportée par la communauté des utilisateurs au cours des 10 prochaines années. Puisque l'ACAS X pourra être déployé dans les 10 ans à venir, la FAA préférerait se concentrer sur ses efforts sur le développement d'un système plus robuste et plus performant.

2.5.2 *Plan du programme ACAS X.* La FAA prévoit un essai en vol de la logique de résolution de la menace de l'ACAS X pour 2013 et les travaux sur le module surveillance et poursuite sont en cours. L'élaboration des normes au sein du RTCA commencera peut-être dès 2014 et sera achevée d'ici 2018. À la suite d'une évaluation opérationnelle à bord d'aéronefs partenaires participants, les premières unités certifiées pourraient être embarquées dès 2020.

3. CONCLUSION

3.1 Pour qu'il soit plus compatible avec les procédures actuelles et futures de l'espace aérien, il faut apporter des modifications à l'ACAS actuel. La FAA a conclu que les modifications proposées de l'ACAS actuel offrent des avantages minimes aux États-Unis. La recherche-développement d'un futur système anticollision, l'ACAS X, se poursuit depuis 2009. L'ACAS X, par sa souplesse, permet de réduire les alertes intempestives, d'appuyer l'utilisation d'autres sources de surveillance, il s'accorde avec les futures procédures de l'espace aérien et offre un système anticollision pour de nouvelles classes d'utilisateurs. Par conséquent, les États-Unis ont choisi de se concentrer exclusivement sur le développement d'un futur système anticollision. L'ACAS X a atteint un état de maturité suffisant, de sorte que la participation internationale aux activités de recherche-développement facilitera l'accélération du déploiement d'un futur système anticollision.

3.2 La Conférence est invitée à convenir de ce qui suit :

- a) que l'OACI intègre l'ACAS X dans son programme de travail sur les systèmes anticollision embarqués ;
- b) que les États envisagent de participer avec la FAA des États-Unis au développement de l'ACAS X.