dgac

DSAC

Les symposiums

JEUDI 29 NOVEMBRE 2018

TCAS & MIXITÉ DE TRAFIC | ÊTRE VU, VOIR ET ÉVITER

DOCUMENT DE SYNTHÈSE

direction générale de l'Aviation civile

direction de la sécurité de l'Aviation civile

Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

MINISTÈRE DE LA TRANSITION ÉCOLOGIQUE ET SOLIDAIRE

BEA Bureau d'Enquêtes et d'Analyses pour la sécurité de l'aviation civile

dgac DSNA

DSAÉ

CNFAS

HOP!

LUXAIR

Ministère de la Transition Écologique et Solidaire

www.écologique-solidaire.gouv.fr

SOMMAIRE

1. AVANT-PROPOS 5
1.1. Symposium DSAC 5
1.2. TCAS et Mixité de trafic 5

2. TCAS : BARRIÈRE TECHNOLOGIQUE AU SERVICE DE LA PRÉVENTION DES ABORDAGES 7
2.1. Développement du standard ACAS 7
2.2. Fonctionnement du système TCAS 8
2.3. Interopérabilité entre le TCAS et les équipements certifiés 10
2.4. Limitations de la technologie TCAS 10

3. AMÉLIORER LA CONSCIENCE DES TRAFICS À PROXIMITÉ 14
3.1. Mixité de trafic et conscience de la situation 14
3.2. Informations sur les fonctionnements du TCAS auprès des usagers 16
3.3. Apports technologiques pour les usagers 16

4. COORDINATION DES TRAFICS MIXTES DANS L'ESPACE AÉRIEN 18
4.1. Les services rendus dans les classes d'espace 18
4.2. Information auprès des usagers sur les trajectoires d'approches 19
4.3. Bonnes pratiques de gestion de trafic pour limiter les risques induits 21

5. AMÉLIORER LA CONDUITE DE LA TRAJECTOIRE D'ÉVITEMENT 22
5.1. Prévention des déclenchements des alarmes TCAS 22
5.2. Suivi des procédures et exécution de la manœuvre d'évitement 23
5.3. Gestion du retour à une situation nominale et poursuite du projet d'action 26

6. CONCLUSIONS 27
6.1. Etre vu : améliorer sa visibilité 27
6.2. Voir : détecter les potentiels conflits plus efficacement 27
6.3. Eviter : effectuer une manœuvre d'évitement 27

7. RÉFÉRENCES 28

8. CRÉDITS 29

NOTES 30

1. AVANT-PROPOS

1.1. SYMPOSIUM DSAC

Outre la réglementation et la surveillance, la promotion de la sécurité constitue l'un des trois piliers du programme de sécurité de l'Etat mis en œuvre par la DSAC. Pour faire vivre « la promotion de la sécurité » et diffuser une culture positive de la sécurité, la DSAC a construit au cours des 13 dernières années, une politique de communication externe active dont le point d'orgue est le symposium annuel sur la sécurité du transport aérien qui fédère et rassemble les parties prenantes autour d'une thématique à forts enjeux de sécurité. Chaque symposium constitue une occasion unique et privilégiée de partage d'informations et d'échanges entre les partenaires intéressés, et permet à chacun de communiquer sur sa vision du thème proposé.

1.2. TCAS ET MIXITÉ DE TRAFIC

Cette année le thème retenu pour le symposium est « TCAS et Mixité de trafic : être vu, voir et éviter». Ce choix est motivé par le fait que de nombreux événements de rapprochement entre trafic sous régimes de vol différents, équipés de systèmes de surveillance différents, étaient rapportés chaque année à l'Autorité. De plus les axes d'améliorations identifiés localement par les acteurs de la sécurité aérienne sont d'intérêt pour l'ensemble de la communauté aéronautique afin d'établir des bonnes pratiques. Ainsi le retour d'expérience attendu doit permettre d'alimenter la réflexion des acteurs afin d'améliorer l'exercice de la séparation entre les différents usagers de l'espace aérien.

Une réflexion transverse faisant intervenir les compagnies aériennes, les fédérations d'utilisateurs aéronautiques, les prestataires de services de la navigation aérienne et les Autorités a permis de dégager plusieurs axes de réflexion sur l'amélioration de la sécurité.

La journée du symposium s'articule donc autour de ces axes :

- Prévenir les abordages en utilisant la barrière technologique TCAS,
- Améliorer la conscience des trafics à proximité,
- Améliorer la coordination de la mixité de trafic dans l'espace aérien,
- Améliorer la mise en œuvre du « voir et éviter ».

La première partie constituera un rappel sur le fonctionnement et les limitations du système anti-abordage équipant la majorité des avions en transport public, dans un contexte de mixité de trafic.

Une réflexion sur les moyens de prévention des abordages auprès de l'ensemble des utilisateurs de plateformes et d'espace sera proposée afin de contribuer à un renforcement de la conscience de la présence des trafics.

Le thème de l'utilisation de l'espace aérien et de la coordination entre trafic de différentes natures sera l'occasion d'identifier des bonnes pratiques côté sol et côté bord afin de limiter le déclenchement d'alarme dans les cockpits.

Enfin un rappel sur les moyens de prévention des abordages et de la réalisation des manœuvres d'évitement par les équipages, le cas échéant, contribuera à une amélioration de la gestion de ces situations.

42,000 LBS
TAKE-OFF DATA
LANDING DATA
FLAPS
YAW DAMPER
COM2
TCAS
AUTO REL
ATC

2. TCAS : BARRIÈRE TECHNOLOGIQUE AU SERVICE DE LA PRÉVENTION DES ABORDAGES

L'ACAS est un système d'anti-abordage embarqué dont les normes ont été définies par l'OACI au travers du document DOC9863. Il permet de fournir aux pilotes des informations sur les aéronefs se situant dans l'espace proche et de proposer des manœuvres d'évitement.

2.1. DÉVELOPPEMENT DU STANDARD ACAS

Trois standards d'ACAS ont été définis à travers le temps et les enseignements tirés à la suite d'accidents

- l'ACAS I fournit des avis de trafic uniquement, c'est-à-dire la position des aéronefs intrus ;
- l'ACAS II fournit des avis de trafic et des avis de résolution, qui sont des manœuvres d'évitement proposées au pilote dans le plan vertical uniquement ;
- l'ACAS III fournit des avis de trafic et des avis de résolution dans le plan vertical et dans le plan horizontal.

Il n'existe actuellement qu'un seul équipement répondant aux normes ACAS I et II, il s'agit du TCAS. Le standard ACAS II correspond à la version 7 du TCAS. Par convention, le terme ACAS désigne la norme du système et le terme TCAS désigne l'équipement. Les standards de performances de cet équipement sont le DO-185B et le ED-143 et sont reconnus par la certification au travers de l'ETSO C119d.

Aucun équipement correspondant à l'ACAS III n'existe actuellement et ne devrait voir le jour dans un futur proche, en raison de difficultés techniques et opérationnelles.

Au début des années 50, l'identification d'un besoin d'une barrière technologique afin de prévenir les abordages notamment en condition de faible visibilité et avec des vitesses d'aéronefs en hausse a été faite. A l'instar du GPWS quelques années plus tard, l'introduction du système ACAS puis des différentes fonctionnalités et standards se sont faits principalement à la suite de différents accidents. Les accidents du Grand Canyon en 1956 et de Uberlingen en 2002 sont les deux principaux accidents qui ont permis de développer le standard actuel de l'ACAS.

L'événement en Arizona a impliqué deux avions en transport public (un Lockheed Constellation de TWA et un DC-7 de United Airlines) en IFR, par report de position. Les conditions nuageuses impliquant des changements de niveau ainsi que les détours touristiques de l'un des deux conduisent à un abordage en vol. En effet, en raison du faible temps de réaction après détection visuelle du conflit, le besoin d'un système d'avertisseur de trafic se fait alors sentir bien que des propositions techniques avaient déjà été faites. Le standard ACAS est défini et la solution technique TCAS est la seule à ce jour à y répondre.

A partir de cette époque les standards ACAS I et II sont définis avec des fonctionnalités d'alerte de trafic et de proposition des manœuvres d'évitement.

L'événement au-dessus de Uberlingen a permis l'introduction du dernier standard désormais en vigueur dans le transport public. Un Tupolev Tu-154 et un B757 cargo de DHL entrent en collision en vol au-dessus de Uberlingen. L'ATC ayant reconnu la situation de conflit en amont a délivré des consignes de montée et de descente contraires à celles générées par les systèmes TCAS II des deux appareils. Un équipage a suivi les ordres du TCAS, l'autre ceux de l'ATC. Les deux avions se sont percutés en effectuant une manœuvre de descente.

Cet accident a permis de définir la réversion d'ordre en cas de non suivi des manœuvres d'évitement par l'un des deux intrus. Des précisions supplémentaires sur les ordres de vitesse verticale affichés au variomètre ont également fait partie du standard TCAS II 7.1. Le suivi des ordres de l'ATC a également été précisé en cas de clairance contraire aux consignes du système TCAS. Une priorisation des ordres du système TCAS et du contrôle ATC a donc été faite.

2.2. FONCTIONNEMENT DU SYSTÈME TCAS

Le TCAS est conçu pour fonctionner de manière autonome et indépendante des équipements de navigation des aéronefs et des systèmes sol utilisés par les services de contrôle. Il interroge les transpondeurs des aéronefs situés dans l'espace proche et détermine, à partir des réponses reçues, la distance, le gisement et l'altitude (lorsqu'elle est transmise) des trafics voisins. Un calculateur détermine lesquels de ceux-ci représentent une menace de collision et affiche des indications (avis) appropriées à l'intention de l'équipage de conduite. Si l'intrus n'est pas équipé d'un transpondeur, ou si celui-ci est inactif, le TCAS ne peut pas générer d'alerte. Le TCAS peut surveiller simultanément jusqu'à trente aéronefs avec une portée nominale de 14 NM pour les cibles Mode A/C et 30 NM pour les cibles Mode S.

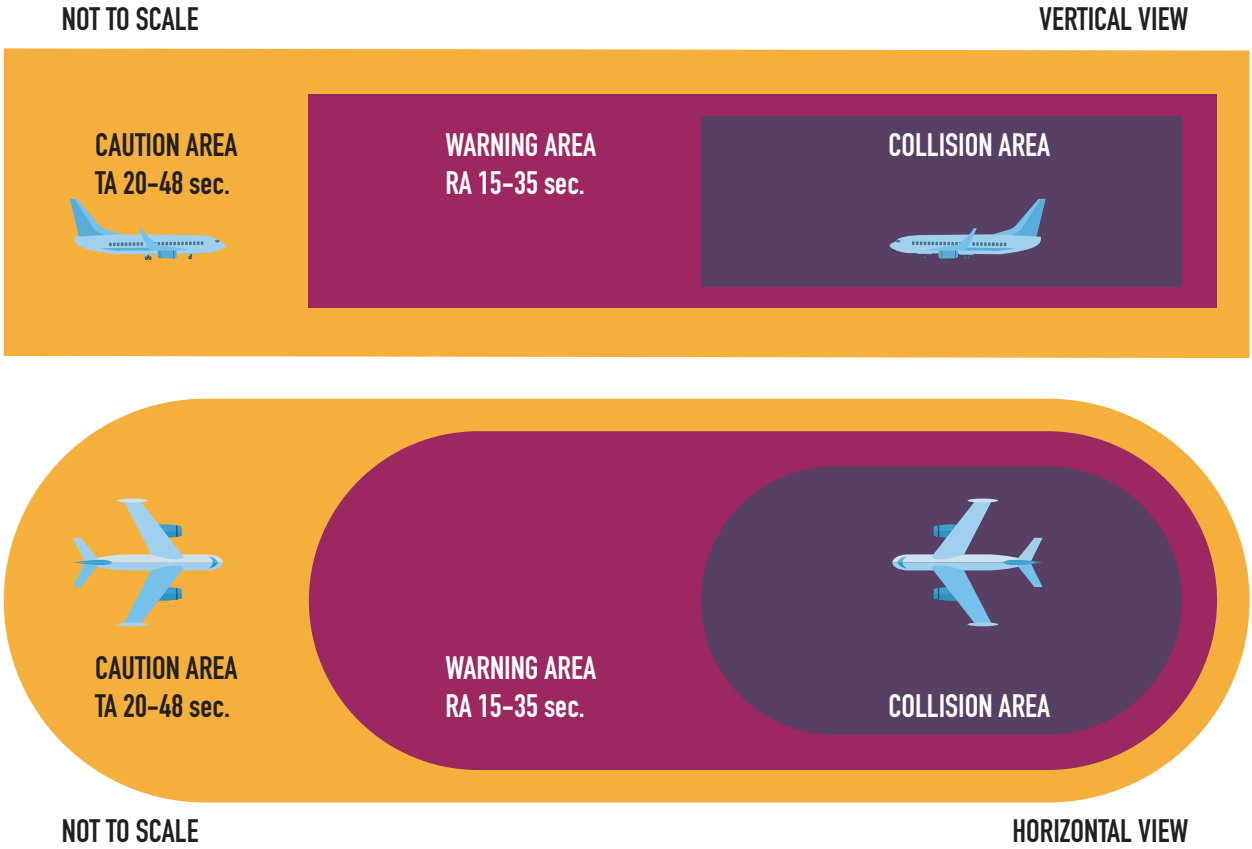
La logique de l'anti-abordage est une logique prédictive. La théorie du TCAS est basée sur des critères de temps et non de distance. A partir de plusieurs réponses successives, le TCAS calcule le temps jusqu'au point de rapprochement maximal, ou CPA (closest point of approach). Ce temps est le paramètre principal pour la génération des alarmes. Les seuils d'alerte varient en fonction de l'altitude. La logique TCAS travaille sur un cycle d'une seconde.

Le test principal du système TCAS est basé sur le temps restant jusqu'au CPA avec des seuils déterminant un TA (Traffic Advisory), un RA (Resolution Advisory), selon la tranche d'altitude de l'avion.

Si le CPA d'un trafic est calculé en "caution area", un TA sera déclenché ; en "warning area", ce sera un RA. Un 2e test est effectué sur une protection de volume (test en distance) qu'on représente par la "collision area" dans le cas où un rapprochement trop lent n'impacterait pas suffisamment les seuils de temps.

La "collision area" varie entre 0.2 NM/600 ft et 1.1 NM/800 ft et la "warning area" entre 0.3 NM/850 ft et 1.3 NM/1200 ft autour de la trajectoire, elle aussi calculée, sur une durée variable avec l'altitude.

Les figures suivantes illustrent les « zones » de déclenchement des alarmes TA et RA du TCAS.



Logique de détection du système TCAS

Les informations de trafic présentées sur les écrans TCAS visent à aider l'équipage à repérer visuellement les aéronefs évoluant à proximité. Les avis de trafic (TA) signalent la position des aéronefs considérés comme intrus. Ils alertent l'équipage sur l'émission éventuelle d'un avis de résolution (RA) ultérieur. Les RA sont des propositions de manœuvre d'évitement dans le plan vertical émises par le TCAS lorsqu'une menace est déclarée. Le délai entre un TA et un RA est compris généralement entre cinq et vingt secondes. Un RA peut néanmoins ne pas être précédé d'un TA. Le délai entre l'émission d'un RA et le rapprochement maximal est compris entre quinze et trente-cinq secondes.

Le tableau ci-dessous détaille les différents ordres pouvant être donnés à l'équipage par le système TCAS et les taux de montée ou de descente à atteindre.

Un ordre de taux de descente ou de montée est alors présenté sur les instruments de l'aéronef sous la forme de bande de vitesse verticale à atteindre et à éviter. Cet ordre est associé à une alerte sonore différente pour chaque gamme de vitesse verticale.

La manœuvre proposée est celle qui perturbe le moins la vitesse verticale de l'avion tout en assurant la distance verticale de sécurité. Des avis ne modifiant pas la vitesse verticale de l'avion (avis préventifs) peuvent être générés si les critères de séparation verticale sont déjà satisfaits. Durant tout le conflit, l'intensité de l'avis est évaluée et peut être modifiée soit par renforcement si le conflit le nécessite, soit par affaiblissement si la menace s'éloigne. Il peut arriver que l'avion intrus effectue une manœuvre verticale qui déjoue la solution proposée. L'avion de référence devra alors soit accroître son taux de montée/descente (typiquement, de 1 500 ft/min à 2 500 ft/min), soit inverser le sens de la manœuvre. Une seule inversion de sens est autorisée au cours d'un même conflit. Dès que l'intrus n'est plus une menace, le RA est annulé et l'annonce vocale Clear of Conflict est transmise à l'équipage. Celui-ci doit alors retourner à sa clairance initiale.

Il est mathématiquement établi qu'un changement sur le plan horizontal écarte davantage les CPA qu'un changement sur le plan vertical. Il est donc plus efficace, pour éviter un RA, de modifier son cap plutôt que sa vitesse verticale.

MONTÉE			DESCENTE		
Ordre de Résolution	**Taux de montée (ft/min)**	**Alarme sonore**	**Ordre de Résolution**	**Taux de descente (ft/min)**	**Alarme sonore**
Climb	1500	*Climb, climb*	**Descend**	1500	*Descend, descend*
Crossing Climb	1500	*Climb, crossing climb (X2)*	**Crossing Descend**	1500	*Descend, crossing descend (X2)*
Maintain Climb	1500 à 4400	*Maintain vertical speed, maintain*	**Maintain Descend**	1500 à 4400	*Maintain vertical speed, maintain*
Maintain Crossing Climb	1500 à 4400	*Maintain vertical speed, crossing maintain*	**Maintain Crossing Descend**	1500 à 4400	*Maintain vertical speed, crossing maintain*
Level Off	0	*Level off, level off*	**Level Off**	0	*Level off, level off*
Reversal Climb	1500	*Climb, climb, NOW (X2)*	**Reversal Descent**	1500	*Descend, descend, NOW (X2)*
Increase Climb	2500	*Increase climb (X2)*	**Increase Descend**	2500	*Increase descent (X2)*
Preventive RA	Pas de modification	*Monitor vertical speed*	**Preventive RA**	Pas de modification	*Monitor vertical speed*
RA Removed	--	*Clear of conflict*	**RA Removed**	--	*Clear of conflict*

Liste des RA TCAS (Version 7.1)

2.3. INTEROPÉRABILITÉ ENTRE LE TCAS ET LES ÉQUIPEMENTS CERTIFIÉS

Le tableau suivant détaille les modes de fonctionnement entre un équipement TCAS répondant au standard ACAS II et différents équipements certifiés pouvant équiper les aéronefs.

Les différents modes de transpondeurs sont parcourus et différentes utilisations envisagées (standby, avec ou sans transmission d'information d'altitude).

EQUIPEMENT APPAREIL EN CONFLIT	MODE DE FONCTIONNEMENT TCAS II (VERSION 7.1)
Pas de transpondeur	Pas de détection
Transpondeur Mode A	Pas de détection
Transpondeur Mode C sans information d'altitude disponible	TA
Transpondeur Mode C ou S	TA et RA
TCAS I	TA et RA
TCAS II	TA et RA coordonnées (possibilité de reverse RA)

Mode de fonctionnement du système TCAS (version 7.1)

Ainsi l'utilisation des modes C et S des transpondeurs permet l'activation de la barrière de protection d'anticollision que constitue le TCAS.

2.4. LIMITATIONS DE LA TECHNOLOGIE TCAS

Différentes limitations liées à la performance des aéronefs, à la réglementation, à la définition du standard et à son interopérabilité sont aussi à prendre en compte afin de mieux comprendre le contexte d'utilisation du système TCAS.

La première limitation dans l'équipement du système TCAS des aéronefs découle du besoin d'adéquation entre les performances de ceux-ci et les requis déterminés par le standard ACAS défini par l'OACI. En effet il est nécessaire que l'aéronef puisse évoluer à des vitesses ascensionnelles au-dessus de 1500 ft/min en valeur absolue afin que l'ensemble des RA qui serait calculé par le TCAS puisse être suivi. Ainsi un grand nombre d'aéronefs le plus souvent utilisé en aviation générale n'est pas en mesure de respecter ce standard du fait de leur performance insuffisante.

L'utilisation de la technologie TCAS repose également sur les obligations d'emport pour les différents aéronefs. Ces obligations d'emport d'équipement répondant au standard ACAS sont détaillées dans l'annexe 6 de l'OACI au niveau international. Une distinction en fonction du mode d'exploitation est présente dans les standards applicables de l'OACI. En transport commercial, seuls les avions turbopropulseurs ou à réaction, de plus de 5,7t ou pouvant transporter plus de 19 passagers sont redevables d'un emport d'équipement ACAS. Néanmoins la recommandation associée est un équipement de l'ensemble des avions exerçant en transport commercial.

En aviation générale, en faisant abstraction des considérations liées à la date d'émission des certificats de navigabilité, seuls les avions lourds de plus de 15t ou pouvant transporter plus de 30 passagers sont assujettis à cette obligation d'emport. La recommandation associée invite à étendre l'équipement aux avions de plus de 5,7t ou pouvant transporter plus de 19 passagers.

Les exigences européennes simplifient cette distinction. Elles sont détaillées au travers de deux règlements à savoir le règlement (UE) N°1331/2011 AUR relatif aux règles d'emport et aux procédures d'anticollision et le règlement (UE) N°965/2012 AirOps relatif aux opérations aériennes.

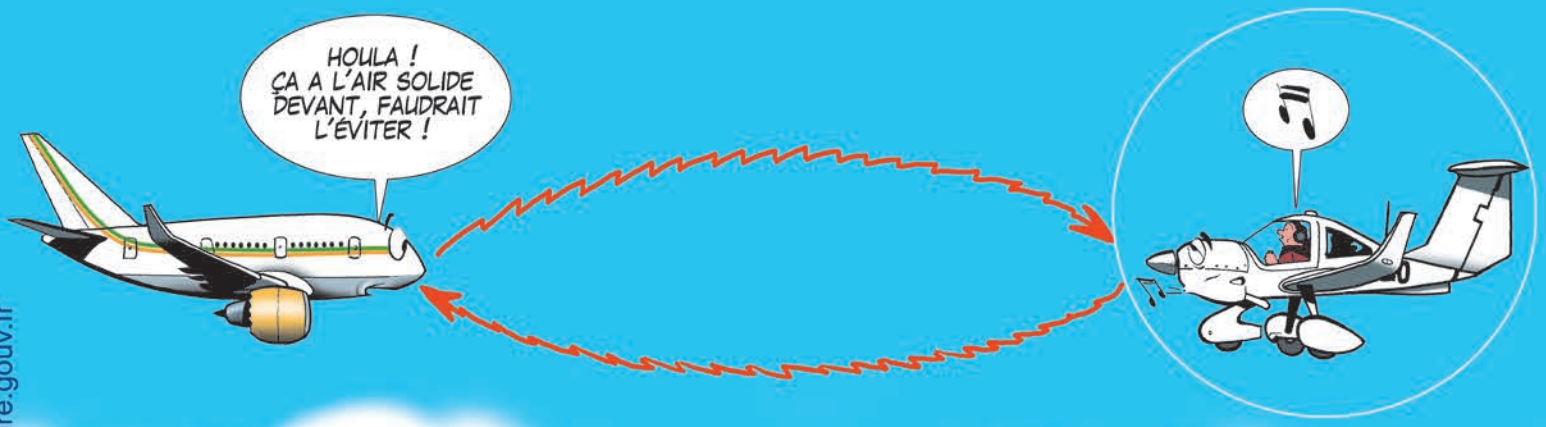
Ainsi ces règlements imposent l'emport de cet équipement uniquement sur avion de plus de 5,7t ou pouvant transporter plus de 19 passagers. Cette exigence d'emport n'est pas corrélée au mode d'exploitation des avions à savoir en transport public, en travail aérien ou en activité non commerciale. Elle est de plus rappelée dans chaque annexe de l'AirOps spécifique au mode d'exploitation.

dgac DSAC

TCAS & MIXITÉ DU TRAFIC

être vu, voir et éviter

Activation transpondeur



Transpondeur activé = avion détecté

www.ecologique-solidaire.gouv.fr

Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
MINISTÈRE DE LA TRANSITION ÉCOLOGIQUE ET SOLIDAIRE

TYPE D'EXPLOITATION	ANNEXE 6 OACI	(UE) N°1331/2011	(UE) N°965/2014
AVION		AUR.ACAS.1005 Turbomachine MTOW>5.7t ou MOPSC>19	
TRANSPORT COMMERCIAL	Partie I §6.19 Turbomachine MTOW>5,7t ou MOPSC>19		CAT.IDE.A.155 : Turbomachine MTOW>5.7t ou MOPSC>19
TRAVAIL AÉRIEN	Hors périmètre		SPO.IDE.A.131 : Turbomachine MTOW >5,7t
AVIATION GÉNÉRALE	Partie II §3.6.9 Turbomachines MTOW>15t ou MOPSC>30		NCC.IDE.A.140 : Turbomachine MTOW>5,7t ou MOPSC>19
HÉLICOPTÈRE	Pas d'exigence	Pas d'exigence	Pas d'exigence

Réglementations applicables sur les exigences d'emport du système TCAS

D'un point de vue opérationnel, le standard ACAS définit des inhibitions de fonctionnalité qui sont appliquées par le système TCAS.

A proximité du sol, la logique TCAS est modifiée afin de prendre en compte le risque de rapprochement avec le sol.

Le standard ACAS définit des plages de hauteur de l'avion dans lesquelles l'avion évolue sans utiliser l'ensemble des possibilités offertes par le TCAS. A titre d'illustration, en montée, toutes les alarmes vocales sont inhibées jusqu'à 600ft sol et seulement des alertes de trafic seront présentées à l'équipage jusqu'à 1100ft sol. En descente, à partir de 1450ft sol, les résolutions entraînant des vitesses de descente trop importantes ne sont plus retenues, les résolutions ne sont plus calculées à partir de 900ft sol et les alarmes sonores sont désactivées sous 400ft sol.

En complément à partir de certains niveaux d'altitude, les résolutions demandant des vitesses ascensionnelles positives trop importantes vis-à-vis des performances limitées de l'avion ne sont plus retenues.

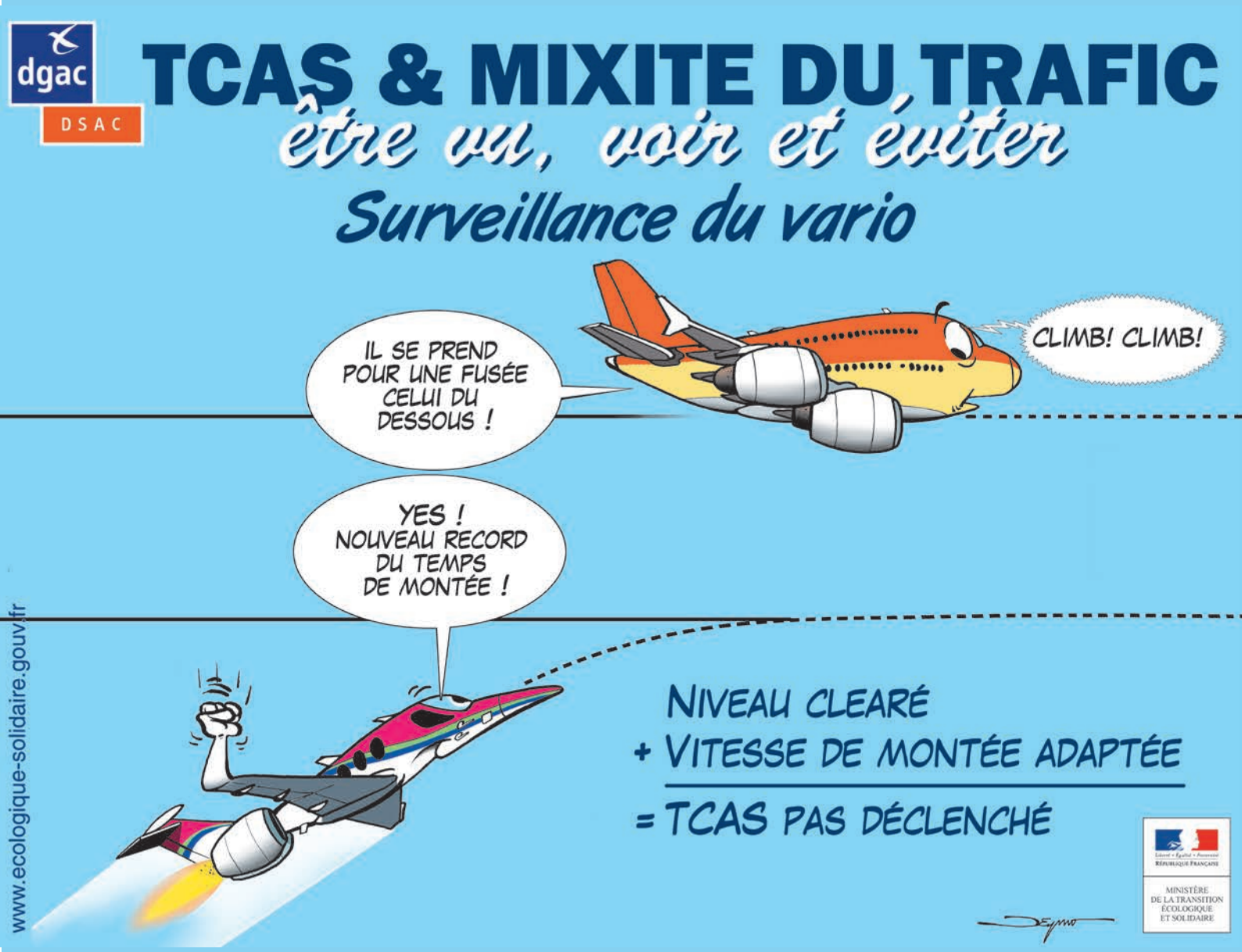
Le TCAS n'est pas l'équipement de surveillance prioritaire dans la gestion des alarmes au cockpit. En effet deux autres systèmes inhibent les fonctionnalités de calcul de résolution de conflit du TCAS. Ainsi le système d'avertissement et d'alarme d'impact (TAWS), qui détecte la proximité du sol, et le système de prévision et de détection d'un cisaillement de vent à proximité du sol fournissent des alarmes prioritaires sur le TCAS. De plus l'inhibition du calcul des résolutions se poursuit pendant 10 secondes après la désactivation des alarmes des systèmes mentionnés précédemment.

Le standard ACAS a été établi afin de minimiser les déclenchements d'alertes dans un contexte de séparation de niveau de 1000ft entre les appareils. Ainsi des déclenchements sont possibles en espace contrôlé avec des séparations par rapport aux trafics VFR de seulement 500ft. Dès lors la séparation réglementaire peut être perçue comme non suffisante pour le standard ACAS et conduire à l'émission d'une résolution de conflit pour l'équipage.

Pour des raisons de difficulté de prédiction de trajectoire et donc de calcul du temps estimé au point de rencontre le plus proche, le standard ACAS définit une vitesse ascensionnelle de coupure pour l'émission de résolution de conflit. La valeur de cette vitesse a été fixée à 10000ft/min. Néanmoins ces appareils sont détectés par le système TCAS. Cette limitation est notamment importante vis-à-vis de la gestion du trafic des appareils militaires dotés de performances importantes.

Du point de vue de la résolution des conflits, le standard ACAS II, qui est actuellement le standard le plus évolué auquel répond la technologie TCAS, n'utilise qu'un seul degré de liberté à savoir une modification de la trajectoire par l'émission de consignes de vitesse verticale. La définition d'un standard de performance ACAS III avait été envisagée dans le but d'établir des trajectoires de manœuvre d'évitement à la fois dans le plan vertical et horizontal. En effet il est mathématiquement établi qu'un changement sur le plan horizontal écarte davantage les CPA qu'un changement sur le plan vertical. Il serait donc plus efficace, pour réaliser une manœuvre d'évitement, de modifier son cap plutôt que sa vitesse verticale. Cependant aucune technologie n'a été proposée pour répondre à ce standard.

En dehors des modes de fonctionnement détaillés au point précédent, le système TCAS ne peut pas fonctionner avec d'autres équipements non certifiés, équipant les aéronefs d'aviation générale et améliorant leur visibilité. En effet la problématique de l'interopérabilité d'un système certifié utilisant des données non certifiées (typiquement la position de l'appareil non équipé de TCAS) est complexe.


dgac
DSAC
TCAS & MIXITE DU TRAFIC
être vu, voir et éviter
Surveillance du vario
IL SE PREND POUR UNE FUSÉE CELUI DU DESSOUS !
CLIMB! CLIMB!
YES ! NOUVEAU RECORD DU TEMPS DE MONTÉE !
NIVEAU CLEARÉ
+ VITESSE DE MONTÉE ADAPTÉE
= TCAS PAS DÉCLENCHÉ
www.ecologique-solidaire.gouv.fr
MINISTÈRE DE LA TRANSITION ÉCOLOGIQUE ET SOLIDAIRE

3. AMÉLIORER LA CONSCIENCE DES TRAFICS À PROXIMITÉ

La première étape afin de réduire la possibilité de déclenchement des alarmes TCAS est de travailler sur la prévention des rapprochements entre aéronefs. Ainsi un meilleure visualisation des trafics dans l'espace aérien par l'ensemble des utilisateurs contribue à développer la conscience de la situation et améliore la sécurité.

3.1. MIXITÉ DE TRAFIC ET CONSCIENCE DE LA SITUATION

La mixité de trafic évoqué dans ce symposium illustre les différences d'équipements des aéronefs des utilisateurs en barrière technologiques de prévention et de récupération de situation de potentiels abordages. De manière simple, cette dichotomie peut se résumer entre le trafic IFR commercial d'un côté et le trafic VFR de l'autre. Cette mixité est le plus souvent présente aux abords des terrains commerciaux situés en classe D ou G, contrôlés ou non.

De nombreuses remontées d'événements font état de risque de collision dans ces zones de forte mixité de trafic. Le déroulé de ces événements présente ou non des déclenchements TCAS en fonction de la présence d'un transpondeur à bord d'un des intrus.

Ainsi un travail ciblé d'amélioration de la conscience du trafic sur les acteurs des plateformes se trouvant dans ce cadre d'exploitation semble pertinent à mettre en place afin de limiter les risques d'abordages.

Cette amélioration peut passer par une identification visuelle plus efficace des potentiels conflits et donc un renforcement de la fonction voir. Cette augmentation de l'efficacité peut être fournie par une plus grande prédictibilité des trajectoires IFR permettant aux VFR de plus focaliser leur attention sur un secteur d'approche par exemple. L'augmentation technique de la fonction voir au travers de l'équipement des aéronefs non munis de TCAS par des technologies d' « electronic conspicuity » peut également contribuer à ce gain d'efficacité.

La mixité de trafic peut également s'entendre comme la proximité géographique de deux appareils dans des phases de vol différentes. Ainsi lors des changements de niveau, les équipages mettent en œuvre des trajectoires dans le plan vertical potentiellement convergentes avec un trafic selon le fonctionnement du standard ACAS tout en étant parfaitement séparé de celui-ci par le contrôle aérien. Différents cas peuvent être recensés dans la base de données ECCAIRS, deux sont donnés à titre d'exemples.

RAPPORT D'ÉVÉNEMENT N°1 :

« Lors de notre descente sur XXX, autorisé vers le niveau 310 par le contrôle, j'augmente le taux de descente afin de traverser une couche turbulente au plus vite.

Non conscient d'un trafic stable au niveau 300, un Trafic Advisory survient et je me précipite au FCU (Flight Control Unit) pour passer en mode vertical speed afin de casser le taux de descente. Malheureusement nous sommes déjà en ALT (mode de capture de niveau du pilote automatique) et mon action n'a aucun effet. S'en suit rapidement un RA LEVEL OFF, normalement effectué. »*

RAPPORT D'ÉVÉNEMENT N°2 :

« En passant au niveau 370 afin de rejoindre le niveau 380 pour lequel une clairance avait été reçue, une alarme TCAS RA LEVEL OFF se déclenche.

Le taux de montée était voisin des 1200ft/min mais celui-ci est passé brusquement à 2500ft/min aux alentours du niveau 370. Il n'y a pas le temps d'intervenir sur la vitesse ascensionnelle avant l'alarme TA puis RA LEVEL OFF. La stabilisation s'effectue au niveau 376, le trafic opposé évoluant au niveau 390. »

COMMENTAIRES :

L'analyse de ces événements permet de mettre en évidence l'impact de la vitesse ascensionnelle sur le calcul des points de rapprochement minimum de la technologie TCAS. Bien que les appareils et les trafics rencontrés soient séparés de manière réglementaire par le contrôle et suivent les clairances délivrées, le mode de calcul du TCAS détecte un conflit potentiel qui requiert une manœuvre d'évitement à effecteur de manière immédiate par l'équipage à savoir ramener la vitesse ascensionnelle à zéro.

L'introduction de la nouvelle résolution « RA LEVEL OFF » au travers de la version 7.1 a également permis de limiter les déclenchements des alarmes TCAS des trafics établis de manière stationnaire à un niveau et détectés comme conflictuel par un appareil évoluant dans le plan vertical. En effet l'annonce et le domaine du variomètre à rejoindre sont plus contraignants que l'annonce « Adjust vertical speed, Adjust ». Les hauteurs minimales de séparation atteintes sont ainsi augmentées et limitent le déclenchement d'un RA TCAS de l'appareil rencontré.

ENSEIGNEMENT :

Une bonne pratique de prévention d'alarme TCAS entre deux appareils séparés de manière réglementaire est ainsi exprimée par les recommandations faites par les acteurs du système de gestion de la sécurité des exploitants aériens à savoir un réglage de la vitesse ascensionnelle lors des phases de changement de niveau.

Un rapport d'enquête du BEA à la suite d'un événement en 2003 de quasi collision illustre parfaitement la problématique des déclenchements malgré les respects de clairance de niveau par les équipages. L'adoption d'un taux de montée important associé à la relative nouveauté pour l'équipage du nouveau standard 7.1 du système TCAS ont conduit à un déclenchement d'alarmes de résolutions de conflit.

3.2. INFORMATIONS SUR LES FONCTIONNEMENTS DU TCAS AUPRÈS DES USAGERS

D'un point de vue réglementaire, la remontée des événements TCAS RA en vol commercial est prescrite au travers du paragraphe CAT.GEN.MPA.105(c). Ces rapports viennent notamment nourrir des analyses de risque sur différentes plateformes à partir desquelles des mesures de prévention peuvent être mises en œuvre.

Ainsi l'information des capacités de la technologie ACAS auprès des usagers de l'espace aérien, notamment en basse couche, semble une pratique à développer. Une transmission vers les différentes populations apparaît de plus nécessaire.

Auprès des équipages utilisant le système TCAS, il est intéressant de rappeler les limites de fonctionnement du système et les règles de déclenchement. A titre d'exemple en basses couches, sous 2350ft, les ordres de grandeurs de déclenchement d'une alarme RA sont de 15 secondes avant le CPA. Ainsi des trajectoires conduisant à un rapprochement de 0,2Nm en latéral et de 600ft en vertical, déclencheront probablement un RA.

Pour le reste des utilisateurs non équipés de TCAS, le transpondeur demeure l'unique barrière efficace d'identification par l'aviation commerciale.

Un point spécifique peut également intéresser la circulation militaire. Du fait des performances de certains aéronefs, les taux de montée et de descente seuils de déclenchement du système TCAS peuvent être atteints. Cela n'assure donc plus un fonctionnement nominal pour les appareils civils équipés de la technologie ACAS.

3.3. APPORTS TECHNOLOGIQUES POUR LES USAGERS

Les équipements de perceptibilité électronique ou « electronic conspicuity devices » permettent à un aéronef de détecter et/ou d'être détecté par un autre aéronef et améliorent ainsi les fonctions « être vu » et « voir ». Bien que certains de ces équipements soient associés à l'aviation générale, ils peuvent également contribuer dans certaines conditions à une meilleure conscience du trafic à proximité dans un environnement mixte d'aéronefs de transport aérien et d'aéronefs d'aviation générale.

Ces équipements sont multiples mais leur interopérabilité, telle qu'illustrée dans le tableau suivant, est parfois limitée ou inexistante. Elle peut toutefois être accrue via le développement d'infrastructures d'échange de données au sol ou encore l'intégration de modules GPS et de liaisons de données air/air ayant des standards adéquats.

RÉCEPTEUR / ÉMETTEUR	ATC ☑	Réseau ouvert ou privé	TCAS ☑	ADS-B (in) ☑	"Light aircraft ADS-B" (in)	Autres technologies
Transpondeur SSR mode A/C/S ☑						*
ADS-B (1090 out) ☑						*
"Light aircraft ADS-B" (1090 out)	*			*		*
Autres technologies (non ADS-B, non 1090 out)						*

☑ Systèmes certifiés
* Réception du signal dépendante des spécifications matérielles

Interopérabilité des équipements de perceptibilité électronique

Ainsi ces outils d'aide et d'assistance présentent eux-mêmes des limites qu'il convient de garder à l'esprit pour réduire les risques liés à leur mauvaise utilisation.

Leur usage est par ailleurs lié au cadre réglementaire, en particulier concernant le niveau de certification acceptable et leur installation à bord des aéronefs.

La question de l'interopérabilité entre l'ensemble des utilisateurs reste cependant centrale dans le développement de ces technologies. En effet, il apparaît que les seuls moyens de voir ou d'être vu sont un échange de données entre équipements équivalents, ou entre équipements différents mais partageant des spécifications communes.

Néanmoins différents événements illustrent déjà les possibilités qu'offrent ces technologies notamment dans le cadre d'une prévention entre utilisateurs communautaires sur une même plateforme ou pratiquant des activités similaires.

RAPPORT D'ÉVÉNEMENT N°3 :

« Départ de LFXX pour un vol d'instruction dans le sud de l'aérodrome.

L'élève annonce son alignement en piste 32, puis son décollage.

Après la rentrée des volets l'élève vire à gauche en vent traversier.

A une hauteur estimée de 1000ft, toujours en vent traversier, l'élève s'écrie « un planeur » et il effectue une manœuvre d'évitement manche à gauche et vers le bas.

L'instructeur n'a pas vu le planeur.

L'élève ainsi que le pilote du planeur estiment que le croisement s'est effectué à environ 5 m verticalement et route inverse.

Le pilote du planeur a vu l'avion au moment où le croisement s'effectuait. »

ANALYSES DE L'INSTRUCTEUR :

« Le planeur était équipé d'un FLARM en fonctionnement. La trajectoire du planeur, éditée à partir des données du FLARM, montre une interférence avec la branche de vent traversier du circuit d'aérodrome avion. Le planeur ne s'est pas manifesté à la radio.

Il ne fait aucun doute que si l'avion avait été également équipé d'un FLARM cet événement n'aurait pas eu lieu. »

MESURES CORRECTIVES ET PRÉVENTIVES :

Une demande sera adressée au centre de vol à voile afin qu'un rappel des trajectoires des circuits d'aérodrome avion et planeur soit effectué.

L'installation de FLARM ou POWER FLARM est envisagée pour l'ensemble des avions de l'aéroclub.

4. COORDINATION DES TRAFICS MIXTES DANS L'ESPACE AÉRIEN

4.1. LES SERVICES RENDUS DANS LES CLASSES D'ESPACE

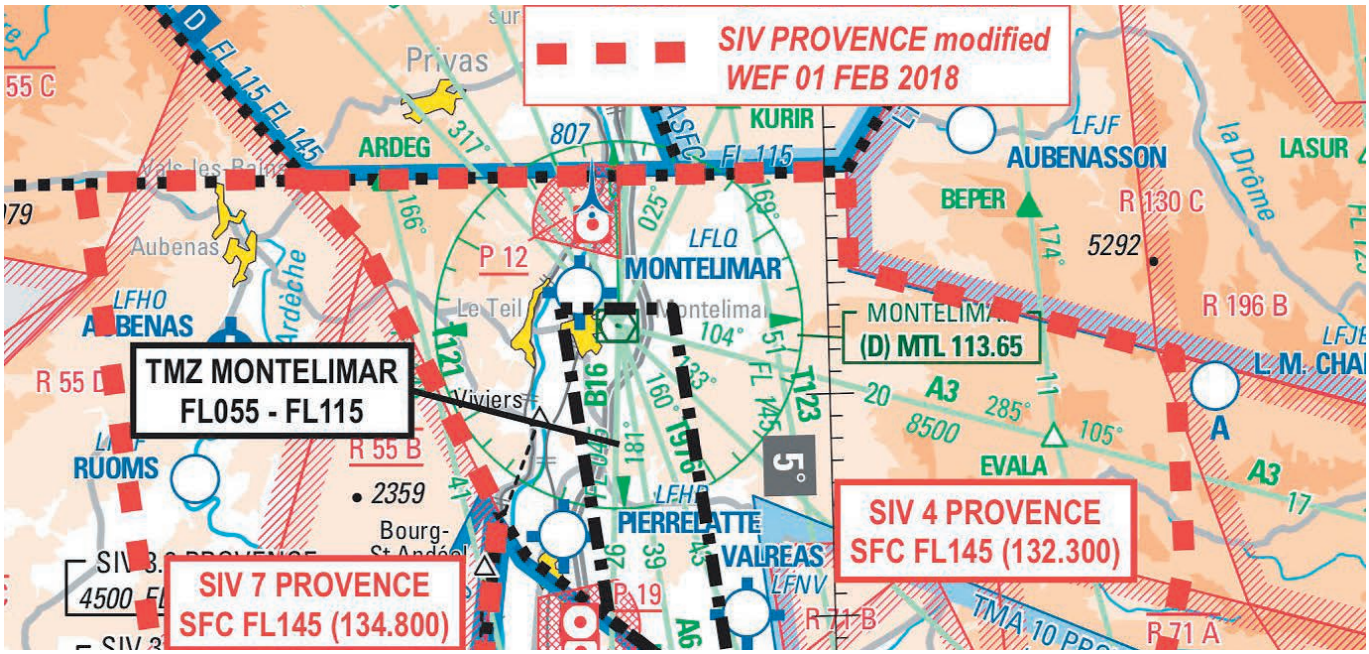
En France, le transpondeur est obligatoire pour les vols VFR évoluant dans les espaces aériens de classe A, C et D. Il s'agit d'une disposition réglementaire incluse dans l'arrêté du 21 juin 2001 relatif aux équipements de communication, de navigation, de surveillance et d'anti-abordage installés à bord des aéronefs. Les VFR de nuit non « locaux » sont également soumis par ce même arrêté à l'emport d'un transpondeur.

La plupart des CTR des principaux aéroports français sont des espaces aériens de classe D. A ce titre, l'obligation d'emport transpondeur est de rigueur dans ces espaces. En revanche, plusieurs TMA en France sont des espaces de classe E. A l'intérieur de cette classe d'espace, la vigilance est de mise pour les vols IFR qui ne sont donc plus systématiquement « protégés » par leurs équipements TCAS.

ESPACE AÉRIEN	CLASSE D'ESPACE	SERVICE DU CONTRÔLE			CONTACT RADIO OBLIGATOIRE POUR
		IFR/IFR	IFR/VFR	VFR/VFR	
CONTRÔLÉ	A	Séparation	VFR interdit	VFR interdit	Tous
	C	Séparation	Séparation	Information	Tous
	D	Séparation	Information	Information	Tous
	E	Séparation	VFR non contrôlé	VFR non contrôlé	IFR
NON CONTRÔLÉ	G	/	/	/	Aucun

Classes d'espace et services associés

Enfin, la direction du Transport aérien (DTA) a mis en place une politique particulière afin de protéger les arrivées IFR sur certains aéroports non contrôlés. Il s'agit de définir des zones aux alentours de ces aérodromes où tout aéronef doit être équipé d'un transpondeur pour y pénétrer. Ces zones appelées TMZ (transponder mandatory zones) sont portées à la connaissance de l'usager de l'espace aérien par la voie de l'information aéronautique. Les dispositions relatives à la mise en place de TMZ sont introduites dans l'AIC France A09/18 du 15 février 2018. L'extrait de carte ci-dessous, montre un exemple de TMZ publiée dans l'information aéronautique au sud de l'aérodrome de Montélimar.



Exemple d'une TMZ

4.2. INFORMATION AUPRÈS DES USAGERS SUR LES TRAJECTOIRES D'APPROCHES

La diffusion de l'information des trajectoires d'approches auprès des usagers peut être appréhendée selon deux approches complémentaires.

Une meilleure prédictibilité des trajectoires des trafics IFR en espace non contrôlé peut contribuer à une efficacité accrue de la fonction voir.

A titre d'exemple dans le cadre d'un espace où un service d'information de trafic est fourni, une stabilisation précoce sur un plan établi dans l'axe de la piste des trafics IFR, permettrait la matérialisation de secteur d'approche IFR. Ce secteur identifié par les usagers de la plateforme au moyen d'une communication locale sur son existence, permettrait d'améliorer les capacités de détection des équipages tout en invitant les utilisateurs VFR à éviter de pénétrer dans ces secteurs lorsqu'un trafic IFR est annoncé.

Du côté IFR, l'établissement sur une trajectoire stabilisée conduirait à une plus grande disponibilité de l'équipage afin d'exercer une veille à l'extérieur de l'appareil. Du côté VFR, l'identification des secteurs d'approche IFR permettrait de concentrer le périmètre d'attention des équipages VFR afin d'identifier les trafics IFR réputés à l'approche. De plus les échanges d'informations de trafic entre le sol et le bord apparaissent comme un moyen efficace de se représenter la situation du trafic pour l'ensemble des acteurs autour des terrains. Que cela soit en classe D pour les trafics VFR, sur les terrains AFIS ou en auto-information pour l'ensemble des trafics, le report de sa situation et de l'identification visuelle des autres appareils du secteur semble concourir à une meilleure conscience de la situation.

Dans son rapport d'enquête sur un abordage survenu en 2017 dans le circuit de l'aérodrome de Chambéry (73), le BEA aborde les aspects communications sol/bord. Les deux appareils, engagés dans une série de posé-décollé, se sont percutés en fin de branche vent arrière pour le numéro 2 et début d'étape de base pour le numéro 1. Une manœuvre d'évitement vers la droite par l'appareil en fin de vent arrière n'a pas permis d'éviter la collision.

Dans cet espace de classe D, le numéro 2 était équipé d'un transpondeur Mode S sans ADS-B tandis que le numéro 1 disposait d'un système d'aide à la détection de collision de type TRX-1500, équipé des modules ADS-B et Flarm. La combinaison de ces deux équipements ne permettait pas le positionnement précis du numéro 2 sur les écrans d'affichage (PFD et MFD) du numéro 1. Par ailleurs, les nuisances sonores liées aux nombreuses alertes dans le circuit d'aérodrome avaient conduit les pilotes de l'aéroclub à inhiber les alertes sonores de l'avion (dont celle associée à la détection de proximité) à l'exception de l'avertisseur de décrochage.

Concernant les communications sol-bord, l'information de trafic a été délivrée par le contrôle conformément aux attendus dans cet espace aérien pour les aéronefs sous régime VFR. Néanmoins, la perte d'identification visuelle du trafic numéro 1 par le trafic numéro 2 n'a pas été communiquée au contrôle ce qui n'a pas permis d'alerter à la fois le contrôleur et le second appareil suffisamment en amont pour éviter l'abordage. Ainsi la manœuvre d'évitement entamée à la suite de l'identification visuelle deux secondes avant l'impact et conformément aux règles de l'air, n'a pas permis d'éviter la collision.

dgac
DSAC
TCAS & MIXITÉ DU TRAFIC
être vu, voir et éviter
PAPA ZOULOU RESTEZ BIEN AU MILIEU DE LA ROUTE.
J'AI L'IMPRESSION QUE NOUS NE SOMMES PAS TOUT SEULS. TÂCHONS DE NOUS FONDRE DANS LE TRAFIC.
BIENVENUE À D-TOWN
CLASSES D'ESPACE OUVERT À TOUS LES TRANSPONDEURS
www.ecologique-solidaire.gouv.fr
Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
MINISTÈRE DE LA TRANSITION ÉCOLOGIQUE ET SOLIDAIRE

4.3. BONNES PRATIQUES DE GESTION DE TRAFIC POUR LIMITER LES RISQUES INDUITS

La prévention des déclenchements des alertes TCAS et plus généralement des risques d'abordage apparait comme une thématique impliquant tous les usagers et acteurs de l'espace aérien. Cette amélioration de la sécurité passe ainsi par l'identification de bonnes pratiques en complément des règles du voir et éviter.

Des bonnes pratiques de gestion de trafic ont été détaillées au sein d'une Info Sécurité publiée par la DSAC en 2017. L'objectif de cette publication est de limiter les événements TCAS RA en basses couches dans un contexte de mixité de trafic IFR/VFR.

Les recommandations contenues dans cette publication sont illustrées par huit scénarios différents dans des situations de mixité de trafic. Les différentes situations de conflits dans le plan horizontal et vertical y sont ainsi détaillées. Elles permettent de traiter à la fois les problématiques au décollage, en approche et en transit ainsi que les entrées en espace de classe D par les trafics IFR. Au regard de ces situations, des préconisations d'actions pour l'ensemble des acteurs à savoir pilote IFR, pilote VFR, contrôleur ou agent AFIS sont évoquées.

Localement il est intéressant de faire participer l'ensemble des acteurs d'une plateforme à l'identification de bonnes pratiques communes afin de prévenir les risques d'abordages. Ces actions peuvent donc regrouper les usagers des espaces aériens autour des plateformes en régime d'aviation générale ou d'aviation militaire, des transporteurs commerciaux desservant ces terrains et des organismes de contrôle ou d'information de trafic, en collaboration avec l'Autorité. L'objectif pourra être d'identifier les meilleures solutions locales pour réduire les risques de collision en vol. Plusieurs thématiques pourront ainsi être abordées. Des solutions technologiques comme les équipements améliorant la visibilité et la détection, dans un premier temps entre communautés d'utilisateurs pourraient être envisagées.

De bonnes pratiques opérationnelles du côté à la fois du transport commercial et de l'aviation générale pourraient être définies en collaboration avec les organismes de contrôle et d'information de trafic. En effet l'identification de trajectoires préconisées pour les trafics IFR associée à leur partage auprès des utilisateurs de la plateforme pourrait contribuer à une identification plus efficace des potentiels conflits.

Enfin une réflexion sur l'espace aérien pourrait être entreprise, notamment sur l'opportunité de la création d'une TMZ en espace non contrôlé et l'accueil de trafic commercial uniquement sur des horaires de contrôle sur les plateformes concernées par une alternance de niveau de service rendu.

5. AMÉLIORER LA CONDUITE DE LA TRAJECTOIRE D'ÉVITEMENT

Un travail sur la gestion des trajectoires par les équipages peut également être mené afin de limiter dans un premier temps les déclenchements des alarmes TCAS et donc augmenter les distances de séparation. Puis en cas de manœuvre d'évitement nécessaire, les attendus en termes de pilotage et au niveau de la réglementation permettent d'effectuer une séparation et un retour à une trajectoire initiale de la manière la plus sûre possible.

5.1. PRÉVENTION DES DÉCLENCHEMENTS DES ALARMES TCAS

Les recommandations et les bonnes pratiques détaillées tout au long de ce symposium contribuent à la prévention des déclenchements des alarmes TCAS.

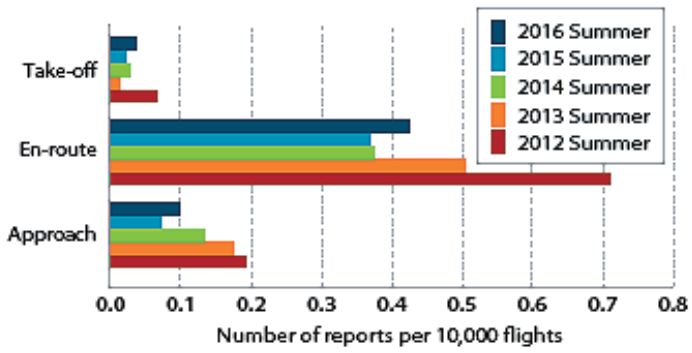
La connaissance du fonctionnement du système TCAS et surtout de ses limites doit permettre aux acteurs d'anticiper leur trajectoire en fonction du trafic dont ils ont connaissance. Néanmoins une augmentation de la visibilité du trafic peut être atteinte par une aide technologique sur les aéronefs non équipés de TCAS et par une plus grande prédictibilité des trajectoires IFR sur les terrains où de nombreuses activités sont présentes. Cette connaissance du terrain par l'ensemble des acteurs suppose donc une préparation du vol intégrant le contexte opérationnel d'une zone aux activités aéronautiques mixtes.

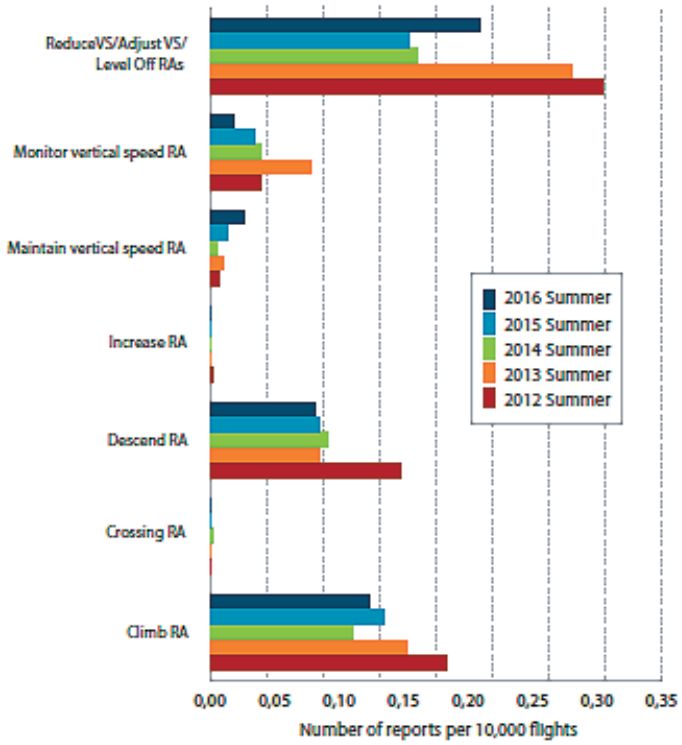
Enfin l'établissement de bonnes pratiques de la part du contrôle ou des prestataire AFIS dans la communication des informations de trafic et des propositions de manœuvre d'évitement tactique semblent être des opportunités afin de prévenir les alarmes TCAS des trafics IFR.

L'ensemble de ces pistes d'améliorations pourrait donc contribuer à réduire les alarmes TCAS.

L'analyse des vols des exploitants aériens indique qu'une part importante des déclenchements des alarmes TCAS est générée par l'identification d'un potentiel conflit lors de phases de capture de niveau en espace supérieur. Ce constat est de plus mis en évidence dans les études d'Eurocontrol sur les données issues des organismes de contrôles. En effet l'étude d'Eurocontrol sur les comptes-rendus d'événement TCAS RA par les équipages auprès du contrôle illustre qu'une majorité des résolutions survient lors de la phase de croisière et met en œuvre l'annonce « LEVEL OFF » qui répond en général aux potentiels conflits lors des captures de niveaux.

Les événements concernent majoritairement deux aéronefs équipés de TCAS, dans un espace contrôlé et soumis à des clairances leur assurant une séparation réglementaire qui est de 1000ft en espace RVSM. Néanmoins les vitesses ascensionnelles relatives pouvant découler d'une montée ou d'une descente à fort taux de variations d'altitude peuvent engendrer des situations calculées comme conflictuelles par la technologie TCAS et





Données Eurocontrol sur les déclenchements TCAS rapportés

déclencher des alarmes TA voire RA. Ainsi des recommandations adressant des consignes de réglage de la vitesse ascensionnelle notamment à l'approche de capture de niveau sont émises dans le cadre du système de gestion de la sécurité des exploitants aériens afin de limiter les déclenchements d'alarmes TCAS RA dans ces phases de changements de niveau. Les recommandations de l'OACI (détaillées au paragraphe 4.4.10 de l'annexe 6) afin de limiter le déclenchement d'alarme TCAS « nuisible » sont d'adopter une vitesse ascensionnelle au maximum de 1500ft/min dans les derniers 1000ft de changement de niveau.

5.2. SUIVI DES PROCÉDURES ET EXÉCUTION DE LA MANŒUVRE D'ÉVITEMENT

Les manœuvres afin de prévenir les risques d'abordages s'intègrent au sein des fondamentaux du pilotage, l'exercice de l'anticollision relevant de l'équipage. Néanmoins la conduite de celles-ci diffère en fonction de l'équipement présent ou non sur les aéronefs ainsi que du régime de vol.

Lorsque les aéronefs sont équipés du système TCAS, la réponse des équipages aux différentes alarmes TCAS est définie dans les manuels de vol des appareils. Comme vu précédemment il y a trois sortes d'alarmes à savoir les TA, les RA préventifs et les RA.

Lors du déclenchement des alarmes TA et RA préventif, aucune action de modification de trajectoire n'est requise de la part de l'équipage. Une recherche visuelle du conflit en cas de TA et le suivi de la trajectoire actuelle en cas de RA préventif sont les actions associées à ces alarmes.

En cas de sollicitation par un RA, la modification de la trajectoire verticale, afin d'atteindre la plage de vitesse ascensionnelle requise, s'exécute en manuel par l'équipage en coupant les directeurs de vol et le pilote automatique.

Il est à noter que dans certaines configurations, l'alarme RA se déclenche sans passer par le stade TA ce qui peut contribuer à une réponse différée ou trop abrupte selon la réaction au stress de l'équipage décrit au travers du concept de « Startle Effect ». Cependant le standard ACAS définit un temps de réponse de 5 secondes pour un équipage à une première sollicitation via un RA puis de 2 secondes et demi pour les suivants en cas d'évolutions de trajectoire supplémentaires.

Il arrive qu'un pilote ne suive pas une résolution TCAS, estimant que le croisement peut se faire à vue de manière sûre et voulant éviter les conséquences d'une remise de gaz. Ceci doit être évité absolument. En effet, le stress généré par un RA-TCAS est source de focalisation de l'attention (sur l'appareil conflictuel supposé) et augmente les biais de confirmation (le pilote retient les informations qui confortent son opinion). Ceci dégrade la conscience de la situation. Un trafic plus conflictuel que celui observé directement a peu de chance d'être pris en compte, d'autant plus que le relèvement sur l'écran de visualisation est loin d'être précis. Enfin, cette focalisation peut causer des oublis dans les tâches essentielles de la gestion du vol.

A la suite du développement par les constructeurs aéronautiques des couplages entre le pilote automatique des avions et le système TCAS, un nombre croissant d'appareils en est équipé notamment au travers de rétrofit. En effet un couplage des résolutions de conflit TCAS avec les automatismes des appareils concoure à un plus grand taux de suivi des procédures. Les procédures opérationnelles confèrent alors la priorité dans le suivi de la trajectoire aux automatismes de l'appareil. Ainsi ceux-ci calculent la trajectoire à suivre, la présentent aux pilotes au travers des directeurs de vol et la conduisent si le pilote automatique est engagé. La procédure de base de reprise de la gestion de la trajectoire en manuel est ainsi uniquement à mettre en œuvre en cas de panne constatée du couplage entre le TCAS et les automatismes avions.

Les apports en termes de sécurité envisagés par les constructeurs par l'utilisation du couplage du TCAS et des automatismes des appareils sont de deux ordres. Comme mentionné précédemment, le suivi des résolutions est amélioré par la conduite de la trajectoire avec les automatismes, et la simplification des actions du pilote. Ainsi les manœuvres soit trop tardives soit trop abruptes soit opposées à la résolution du TCAS sont réduites en nombre par la conduite de la trajectoire sous automatisme. Enfin la gestion du retour à la trajectoire nominale après résolution du conflit est également facilitée par les automatismes.

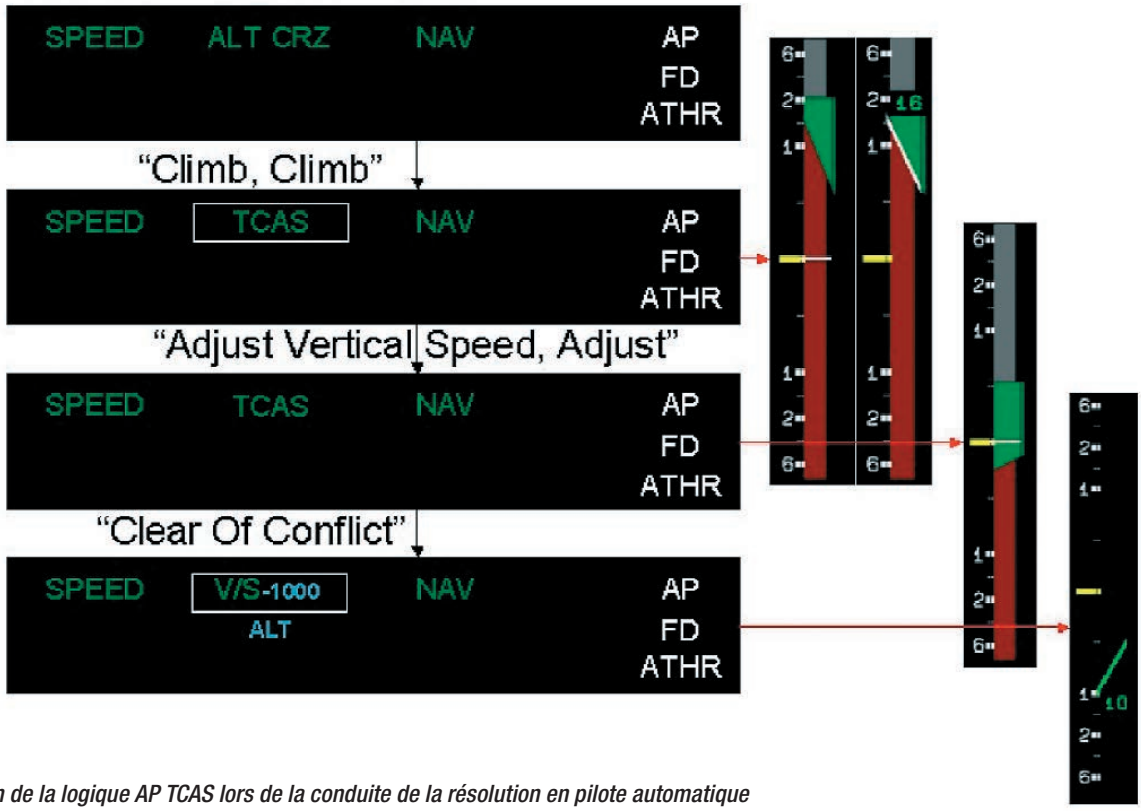


Illustration de la logique AP TCAS lors de la conduite de la résolution en pilote automatique

L'automatisation du suivi des résolutions TCAS fait partie des recommandations du BEA à la suite de l'enquête sur un incident grave en 2009 à Bâle-Mulhouse. La succession de réversions des alarmes RA à la suite d'une réaction de l'équipage à une alarme RA préventive ne nécessitant pas d'altération de trajectoire permet d'illustrer un potentiel gain à coupler les pilotes automatiques et les systèmes TCAS des flottes.

Lorsque les aéronefs ne sont pas équipés du système TCAS, la prévention contre les abordages, coté bord, est seulement conditionnée, réglementairement, à la réalisation des fonctions « voir et éviter ». Cette application est détaillée au niveau européen par le règlement (UE) N°923/2012 SERA.

La fonction « voir » se traduit par la détection d'un potentiel conflit avec un trafic. Cette détection repose sur une identification visuelle d'une possible convergence de trajectoire avec ce trafic. Le but de cette détection est d'anticiper suffisamment en amont une perte de séparation avec un trafic afin d'envisager une éventuelle modification de la trajectoire. Cette modification de trajectoire est différente d'une manœuvre d'évitement par son caractère non abrupt et anticipé.

Comme vu précédemment les aides technologiques à la visualisation peuvent constituer un moyen additionnel d'améliorer la conscience du trafic pour les équipages. La signalisation technologique supplémentaire permet en effet aux autres trafics d'identifier l'appareil étant équipé. De plus la visualisation de la situation de trafic en plus des aptitudes oculaires permet d'anticiper les trajectoires en enrichissant les paramètres lors de l'élaboration d'un projet d'action.

Néanmoins dans la plupart des cas cette visibilité augmentée ne l'est qu'entre utilisateurs des mêmes aides technologiques.

De manière concrète, différents moyens de prévention peuvent exister afin d'augmenter les distances de séparation en cas de détection tardive d'un potentiel conflit avec un trafic.

En dessous de 3000ft de hauteur, selon SERA .5005(g), un vol VFR n'a pas l'obligation de suivre une altitude de croisière fixée. Le choix d'une altitude non multiple de 500ft peut être une barrière de prévention supplémentaire afin d'assurer une séparation en hauteur entre deux trafics VFR. En effet il est moins probable de rencontrer sur une trajectoire stabilisée à une altitude non canonique un trafic convergent.

La fonction « éviter » se traduit par l'exécution de manœuvres d'évitement. L'application des règles de l'air a pour objectif d'effectuer des manœuvres d'évitement coordonnées entre les appareils en conflit à partir de leur connaissance des équipages. Néanmoins le règlement SERA introduit au paragraphe SERA.3201 les possibilités de réponse de l'équipage selon les résolutions des équipements TCAS.

Le paragraphe SERA.3210 décrit les différentes règles de priorité. Le trois premiers cas s'intéressent à des scénarios de trajectoire convergente en vol à savoir des aéronefs se rapprochant de face, des aéronefs sur des trajectoires convergentes à un même niveau de vol et le dépassement d'un aéronef par un autre.

Le premier scénario (figure 1) envisagé présente un risque d'abordage de face entre deux appareils. La manœuvre d'évitement à mettre en œuvre par chacune des parties est une modification de la trajectoire vers la droite afin d'assurer une séparation dans le plan horizontal.

Cette deuxième configuration (figure 2) apparait comme la plus complexe à identifier et à résoudre. D'une part la détection requiert un effort plus prononcé de la part des équipages, les appareils n'étant pas dans leur champ de vision direct. Puis une fois le trafic identifié la manœuvre d'évitement est seulement effectuée par le trafic non prioritaire ce qui peut réduire la distance de séparation.

Enfin le dernier cas (figure 3) s'intéresse au dépassement d'un aéronef par un autre plus rapide arrivant dans un secteur angulaire de 70° centré sur les six heures de l'appareil dépassé. La priorité est bien évidemment dévolue au trafic dépassé. La manœuvre de dépassement s'effectue donc par la droite.

Ainsi une recherche d'une modification de la trajectoire vers la droite correspond à la manœuvre de prévention des abordages pour les appareils non équipés de TCAS.

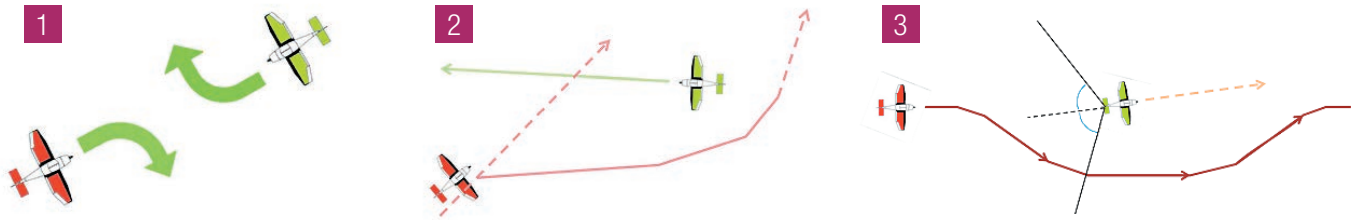
Il est intéressant de noter que d'un point de vue pratique, ces modifications de trajectoires plus ou moins soudaines peuvent s'accompagner d'une variation de l'altitude.

Dans un contexte de conflit entre deux trafics dont l'un est équipé de la technologie TCAS et dont l'interopérabilité avec le transpondeur de l'intrus assure le calcul et l'émission d'une résolution, une séparation selon deux degrés de liberté pourrait ainsi s'opérer par l'application du règlement SERA. En effet dans les cas du premier et du second scénario, le trafic non équipé TCAS pourra être amené à infléchir sa trajectoire vers la droite tandis que la résolution TCAS modifiera la trajectoire verticale de l'appareil équipé.

Néanmoins ces scénarios s'inscrivent dans le cadre de trajectoires initiales déjà établies et faiblement évolutives. Ainsi l'introduction d'une dynamique dans ces scénarios réglementaires comme une évolution dans le plan vertical ou une modification de trajectoire avant la détection du conflit peuvent rendre difficile l'exécution de ces manœuvres.

En effet les scénarios réglementaires ne sont pas souvent rencontrés lors des conflits entre trafic IFR en descente (respectivement en montée), en quittant (respectivement en rejoignant) un airway vers (respectivement au départ) de terrains avec un trafic VFR évoluant dans ses environs. La détection repose le plus souvent uniquement sur l'utilisation du TCAS par le trafic qui en est équipé. Cela s'explique notamment par une conscience de la situation de l'équipage améliorée par un apport technologique, la portée de détection et l'anticipation de la trajectoire par cette technologie. Cet appareil sera donc probablement le seul à assurer la séparation en l'absence de détection par second trafic.

Dans le cas des modifications de trajectoires amenant à un conflit non anticipé et potentiellement rapproché, l'inflexion vers la droite de la trajectoire peut ne pas être la trajectoire de résolution du conflit la plus efficace. En effet comme l'illustre l'événement de quasi collision entre un planeur et un avion (cf rapport d'événement n°3 page 17) lors du circuit de piste de l'avion partagé précédemment, la modification de trajectoire s'est effectuée vers la gauche et sur le plan vertical dans la continuité du plan d'action initial du suivi du tour de piste main gauche.



Scénarios d'évitement à vue envisagés par la réglementation

5.3. GESTION DU RETOUR À UNE SITUATION NOMINALE ET POURSUITE DU PROJET D'ACTION

Les modifications de trajectoires non prévues suite à une résolution TCAS peuvent également conduire à des situations où le risque n'est plus seulement lié à la possibilité d'un abordage mais peut être également lié aux conséquences de la manœuvre d'évitement. Les conséquences potentielles des manœuvres d'évitement sont des risques de pertes de contrôle en vol liées à des vitesses plus faibles en phase d'approche par exemple, des risques de non stabilisation de l'approche et donc, de sortie de piste. Ainsi les risques induits par les manœuvres d'évitement se retrouvent en basse couche dans un contexte de mixité de trafic autour des plateformes.

L'accident de juillet 2015 impliquant un Embraer Phenom 300 sur l'aéroport de Blackbushe, près de Londres, un service AFIS délivrant les informations de trafic uniquement, est particulièrement révélateur des risques induits par les manœuvres d'évitement. Exploité en monopilote dans le cadre d'un vol privé, l'appareil est sorti de piste à l'atterrissage à la suite d'une approche non stabilisée. L'élément contributif principal à cette absence de stabilisation est la succession de résolutions TCAS afin de prévenir des abordages avec deux autres appareils lors de son intégration dans le circuit de piste. Le rapprochement avec le premier, un ULM qui était également en circuit de piste lors de l'intégration du Phenom, a conduit à l'émission d'un ordre à descendre. Le pilote, par une remise de puissance moteur a néanmoins repris une vitesse ascensionnelle positive. La modification de l'ordre du TCAS par la résolution du conflit avec l'ULM ainsi que la détection d'un nouvel intrus, un avion en transit 500ft au-dessus, a stoppé la montée. La résolution des conflits obtenue, la poursuite de l'approche dans des conditions de vitesse élevée et à partir d'une position haute sur le plan de descente n'a pas permis de stabiliser l'appareil en finale. Ainsi il est important que la décision complexe, notamment en monopilote, de la poursuite du projet d'action une fois le risque d'abordage écarté par une manœuvre d'évitement, prenne en considération les nouveaux paramètres introduits par l'altération de trajectoire.

Afin de limiter les expositions aux risques induits par une manœuvre d'évitement, il est important de sensibiliser sur la gestion du retour à une situation nominale à la suite d'une manœuvre d'évitement et en particulier dans les phases de fortes charges d'activité.

6. CONCLUSIONS

Les différents enseignements de ce symposium reposent sur l'identification de bonnes pratiques pouvant être mises en œuvre localement par l'ensemble des acteurs de la sécurité des vols. Elles sont résumées ci-dessous sous la forme des trois fonctions qui accompagnent ce symposium : être vu, voir et éviter.

6.1. ETRE VU : AMÉLIORER SA VISIBILITÉ

- Allumer son transpondeur en toute circonstance si l'appareil en est équipé.
- S'informer du fonctionnement du système TCAS.
- Etablir localement des trajectoires préférentielles avec l'ensemble des utilisateurs d'une plateforme.

6.2. VOIR : DÉTECTER LES POTENTIELS CONFLITS PLUS EFFICACEMENT

- Respecter les recommandations de vitesse de capture de niveau.
- Identifier en briefing les classes d'espace traversées et les potentiels trafics présents.
- Echanger des informations de trafic afin d'anticiper les trajectoires autour des plateformes.
- Mettre à profit les technologies de « electronic conspicuity » afin d'améliorer la détection des trafics.

6.3. EVITER : EFFECTUER UNE MANŒUVRE D'ÉVITEMENT

- Respecter les consignes de résolution de conflit : TCAS ou règles de l'air.
- Reconsidérer son projet d'action une fois le conflit écarté en prenant en compte la nouvelle situation de vol.

7. RÉFÉRENCES

- OACI Annexe 6
- Règlement (UE) N°965/2014 AirOps
- Règlement (UE) N°1332/2011 AUR
- Règlement (UE) N° N°923/2012 SERA
- Plan d'action stratégique d'amélioration de la sécurité « Horizon 2018 » de la DGAC
- IS2017-03 RA-TCAS IFR VFR en basses couches : https://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/sites/default/files/IS2017_03_RA-TCAS_basses_couches.pdf
- Rapports BEA :
  - *Taux de montée et TCAS RA : https://www.bea.aero/docspa/2003/f-mf030323/pdf/f-mf030323.pdf*
  - *Gestion des trajectoires en approches et déclenchements TCAS RA multiples : https://www.bea.aero/fileadmin/documents/docspa/2010/f-ha100629/pdf/f-ha100629.pdf*
  - *Information de trafic en circuit de piste : https://www.bea.aero/uploads/tx_elydbrapports/BEA2017-0264.pdf*
- Rapport AAIB :
  - *Poursuite du projet d'action suite à une alarme TCAS : https://reports.aviation-safety.net/2015/20150731-0_E55P_HZ-IBN.pdf*
- EVAIR Safety Bulletin N°18 Summer season 2012-2016, Eurocontrol, August 2017
- Airbus AP/FD TCAS Mode: A new step towards safety improvement, Hindsight N°6, January 2008
- EASA SIA Deconfliction with IFR/VFR traffic

8. CRÉDITS

- La direction des services de la Navigation aérienne (DSNA), notamment la direction des opérations (DO), la mission du management de la sécurité, de la qualité et de la sûreté (MSQS).
- La direction de la sécurité de l'Aviation civile (DSAC), notamment la mission d'évaluation et d'amélioration de la sécurité (MEAS), les directions techniques coopération Européenne et Réglementation de Sécurité (ERS), Aéroports et Navigation aérienne (ANA), Navigabilité et Opérations (NO).
- Le Bureau d'enquêtes et d'analyses pour la sécurité de l'Aviation civile (BEA).
- La direction de la circulation aérienne militaire (DIRCAM).
- La mission ciel unique de la direction du Transport aérien.
- Le réseau sécurité des vols France (RSVF).

Directeur de la publication
Patrick Cipriani, directeur de la sécurité de l'Aviation civile

Communication et Relations publiques DSAC
Yannick Robert

Rédaction et coordination
Geoffroy Chevalier
Andy Dufour
Yannick Robert

Édition Novembre 2018

Illustrations
René Deymonaz

Photos
DSAC, www.istockphoto.com

Conception maquette / PAO
Raptrad Imagine

Impression
SharePrint

NOTES

dgac

DSAC

DIRECTION GÉNÉRALE
DE L'AVIATION CIVILE

DIRECTION
DE LA SÉCURITÉ
DE L'AVIATION CIVILE

50 RUE HENRY FARMAN
75720 PARIS CEDEX 15

TÉLÉPHONE : 01 58 09 43 21
TÉLÉCOPIE : 01 58 09 43 38

www.ecologique-solidaire.gouv.fr

Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

MINISTÈRE
DE LA TRANSITION
ÉCOLOGIQUE
ET SOLIDAIRE