

Doc 9574
AN/934



Manuel sur un minimum de séparation verticale de 300 m (1 000 ft) entre les niveaux de vol 290 et 410 inclus

Approuvé par le Secrétaire général
et publié sous son autorité

Troisième édition — 2012

Organisation de l'aviation civile internationale

Doc 9574
AN/934



Manuel sur un minimum de séparation verticale de 300 m (1 000 ft) entre les niveaux de vol 290 et 410 inclus

Approuvé par le Secrétaire général
et publié sous son autorité

Troisième édition — 2012

Organisation de l'aviation civile internationale

Publié séparément en français, en anglais, en arabe, en chinois, en espagnol et en russe par l'ORGANISATION DE L'AVIATION CIVILE INTERNATIONALE
999, rue University, Montréal (Québec) H3C 5H7 Canada

Les formalités de commande et la liste complète des distributeurs officiels et des librairies dépositaires sont affichées sur le site web de l'OACI (www.icao.int).

Première édition, 1992
Deuxième édition, 2002
Troisième édition, 2012

**Doc 9574, Manuel sur un minimum de séparation verticale de 300 m
(1 000 ft) entre les niveaux de vol 290 et 410 inclus**

N° de commande : 9574
ISBN 978-92-9249-190-1

© OACI 2013

Tous droits réservés. Il est interdit de reproduire, de stocker dans un système de recherche de données ou de transmettre sous quelque forme ou par quelque moyen que ce soit un passage quelconque de la présente publication, sans avoir obtenu au préalable l'autorisation écrite de l'Organisation de l'aviation civile internationale.

TABLE DES MATIÈRES

	<i>Page</i>
Glossaire	VII
Chapitre 1. Introduction	1-1
1.1 Historique	1-1
1.2 Objet du manuel	1-3
1.3 Contenu et présentation	1-3
Chapitre 2. Prescriptions générales	2-1
2.1 Objectifs de sécurité	2-1
2.2 Spécification mondiale de performances du système.....	2-2
2.3 Spécification mondiale de performances de maintien d'altitude	2-4
Chapitre 3. Prescriptions applicables aux aéronefs et homologation	3-1
3.1 Performances de maintien d'altitude en environnement RVSM	3-1
3.2 Homologation de navigabilité	3-1
3.3 Homologation RVSM officielle	3-2
Chapitre 4. Procédures	4-1
4.1 Procédures générales	4-1
4.2 Procédures d'exploitation à suivre par les équipages de conduite	4-1
4.3 Procédures ATC	4-3
Chapitre 5. Surveillance des performances du système	5-1
5.1 Nécessité d'une surveillance	5-1
5.2 Surveillance des performances techniques	5-1
5.3 Analyse et évaluation des erreurs opérationnelles et des imprévus en vol	5-5
5.4 Responsabilités des autorités.....	5-6
Appendice A. Aspects quantitatifs de la surveillance des performances du système	App A-1
Appendice B. Documentation de référence	App B-1

GLOSSAIRE

SIGLES

AAD	écart par rapport à l'altitude assignée
ACAS	système anticollision embarqué
ACC	centre de contrôle régional
ADS-B	surveillance dépendante automatique en mode diffusion
ASE	erreur de système altimétrique
ATC	contrôle de la circulation aérienne
ATS	services de la circulation aérienne
CFL	niveau de vol autorisé
CMA	organisme central de surveillance
CRM	modèle de risque de collision
FAA	Federal Aviation Administration
FL	niveau de vol
FTE	erreur technique de vol
GMS	système de surveillance fondé sur le GPS
GMU	dispositif de surveillance fondé sur le GPS
GPS	système mondial de localisation
GSPS	spécification mondiale de performances du système
HMU	dispositif de surveillance du maintien d'altitude
JAA	Autorités conjointes de l'aviation
LHD	grand écart d'altitude
MASPS	norme de performances minimales de système d'aviation
MNPS	spécifications de performances minimales de navigation
NAT	Atlantique Nord
NAT SPG	Groupe de planification coordonnée Atlantique Nord
NOTAM	NOTAM (avis aux navigants)
PDF	fonction de densité de probabilité
RGCSP	Groupe d'experts sur l'examen de la notion générale d'espacement
RMA	agence de surveillance régionale
RNAV	navigation de surface
RPG	groupe de planification régionale
RVSM	minimum de séparation verticale réduit
SGS	système de gestion de la sécurité
SSE	erreur de source statique
SSR	radar secondaire de surveillance
TLS	niveau de sécurité visé
TVE	erreur verticale totale
VSM	minimum de séparation verticale

DÉFINITIONS

Les définitions suivantes sont destinées à clarifier certains termes spécialisés employés dans le présent manuel.

Aéronef atypique. Aéronef dont les performances de maintien d'altitude mesurées s'écartent sensiblement de la moyenne des performances de maintien d'altitude mesurées de l'ensemble des aéronefs volant dans l'espace aérien RVSM.

Aéronef non conforme. Aéronef configuré pour satisfaire aux prescriptions de la MASPS pour l'exploitation RVSM mais dont la surveillance au titre du maintien de l'altitude révèle une erreur verticale totale (TVE) ou un écart par rapport à l'altitude assignée (AAD) égal ou supérieur à 90 m (300 ft) ou une erreur de système altimétrique (ASE) égale ou supérieure à 75 m (245 ft).

Dispositif de maintien d'altitude. Tout équipement destiné à assurer automatiquement le maintien de l'aéronef à une altitude-pression déterminée.

Dispositif de maintien d'altitude automatique. Tout équipement destiné à assurer automatiquement le maintien de l'aéronef à une altitude-pression déterminée.

Écart par rapport à l'altitude assignée (AAD). Différence entre l'altitude mode C communiquée par le transpondeur et l'altitude assignée/le niveau de vol assigné.

Erreur de système altimétrique (ASE). Différence entre l'altitude indiquée sur l'affichage de l'altimètre, en supposant que le calage altimétrique soit correct, et l'altitude-pression correspondant à la pression ambiante non perturbée.

Erreur opérationnelle. Tout écart vertical d'un aéronef par rapport au bon niveau de vol attribuable à une action inopportune de l'ATC ou de l'équipage.

Erreur technique de vol (FTE). Différence entre l'altitude indiquée sur l'affichage de l'altimètre dont l'équipage se sert pour piloter l'aéronef et l'altitude assignée/le niveau de vol assigné.

Erreur verticale totale (TVE). Différence géométrique verticale entre l'altitude-pression réelle à laquelle se trouve un aéronef et l'altitude-pression (niveau de vol) qui lui est assignée.

Fréquence des croisements/dépassements. Fréquence des situations dans lesquelles deux aéronefs volant sur la même route dans le même sens ou en sens opposés, à des niveaux de vol adjacents et avec la séparation verticale planifiée, sont en chevauchement longitudinal.

Groupe de types d'aéronef. On considère que des aéronefs appartiennent au même groupe s'ils ont été conçus et assemblés par un même constructeur et si leur conception et leur construction sont explicitement identiques en ce qui concerne l'ensemble des détails pouvant influencer sur la précision des performances de maintien d'altitude.

Homologation de navigabilité. Processus visant à donner à l'autorité nationale l'assurance qu'un aéronef est conforme à la MASPS pour l'exploitation RVSM. Ce processus concerne normalement le travail qu'un exploitant effectue pour se conformer aux prescriptions du bulletin de service du constructeur pour l'aéronef en question et la vérification par l'autorité nationale que ce travail a été mené à bien.

Homologation RVSM. Terme utilisé pour décrire l'obtention de l'homologation de navigabilité et de l'homologation opérationnelle (le cas échéant).

Minimum de séparation verticale (VSM). Le VSM est défini dans les *Procédures pour les services de navigation aérienne — Gestion du trafic aérien* (PANS-ATM, Doc 4444) de l'OACI comme étant une distance nominale de 300 m (1 000 ft) au-dessous du FL 290 et de 600 m (2 000 ft) au-dessus du FL 290, sauf lorsque, par accord régional, une distance de moins de 600 m (2 000 ft) mais non inférieure à 300 m (1000 ft) est prescrite pour les aéronefs volant au-dessus du FL 290 dans des portions désignées de l'espace aérien.

Niveau de sécurité visé (TLS). Terme générique représentant le niveau de risque jugé acceptable dans certaines conditions.

NOTAM. Avis diffusé par télécommunication et donnant, sur l'établissement, l'état ou la modification d'une installation, d'un service, d'une procédure aéronautiques ou d'un danger pour la navigation aérienne, des renseignements qu'il est essentiel de communiquer à temps au personnel chargé des opérations aériennes.

Occupation. Paramètre du modèle de risque de collision, égal à deux fois le quotient du nombre de paires d'aéronefs rapprochés, déterminé suivant un seul axe, par le nombre total d'aéronefs volant sur les trajectoires considérées pendant le même intervalle de temps.

Performances de maintien d'altitude. Performances observées d'un aéronef en ce qui concerne le respect du niveau de vol autorisé.

Possibilités de maintien d'altitude. Performances de maintien d'altitude que l'on peut prévoir d'un aéronef dans des conditions environnementales d'exploitation nominales et lorsque les pratiques d'exploitation et de maintenance de l'aéronef sont appropriées.

Risque de collision. Nombre prévu d'accidents survenant à des aéronefs en vol dans un volume déterminé d'espace aérien, au cours d'un nombre déterminé d'heures de vol, du fait d'une perte de la séparation planifiée.

Note.— On considère qu'une collision produit deux accidents.

Risque global. Risque de collision attribuable à l'ensemble des causes, ce qui comprend le risque technique (voir la définition) et le risque associé aux erreurs opérationnelles et aux imprévus en vol.

Risque technique. Risque de collision associé aux performances de maintien d'altitude de l'aéronef.

Route. Projection à la surface de la terre de la trajectoire d'un aéronef, trajectoire dont l'orientation, en un point quelconque, est généralement exprimée en degrés par rapport au nord (vrai, magnétique ou grille).

Séparation verticale. Espacement assuré entre aéronefs dans le plan vertical pour éviter les collisions.

Stabilité de l'erreur du système altimétrique. L'erreur du système altimétrique d'un aéronef donné est jugée stable quand sa distribution statistique se situe à l'intérieur de limites convenues sur une période de temps convenue.

Chapitre 1

INTRODUCTION

1.1 HISTORIQUE

1.1.1 Vers la fin des années 50, il a été reconnu que, du fait de la réduction de la précision des altimètres barométriques à mesure que l'altitude augmente, il était nécessaire au-dessus d'un certain niveau de vol (FL) d'accroître le minimum de séparation verticale (VSM) prescrit, qui était alors de 300 m (1 000 ft). En 1960, il a été décidé de porter le VSM à 600 m (2 000 ft) entre les aéronefs qui volent au-dessus du FL 290, sauf dans les cas où, par accord régional de navigation aérienne, ce nouveau minimum s'appliquerait à partir d'un niveau de vol inférieur. Le choix du FL 290 comme limite verticale pour le VSM de 300 m (1 000 ft) était, plutôt qu'une décision prise sur une base empirique, fonction des limitations propres au plafond opérationnel des aéronefs en service à l'époque. En 1966, le FL 290 a été retenu comme niveau de transition mondial. Parallèlement, il a été estimé que l'application d'un VSM réduit au-dessus du FL 290, à l'échelon régional et dans des conditions rigoureusement prescrites, constituait une nette possibilité dans un avenir pas très éloigné. Les dispositions de l'OACI ont donc précisé qu'un tel VSM réduit pourrait, par accord régional de navigation aérienne, être appliqué dans des conditions spécifiées à l'intérieur de portions désignées de l'espace aérien.

1.1.2 Il est depuis longtemps admis que toute décision concernant la faisabilité de réduction du VSM au-dessus du FL 290 ne peut être fondée sur un jugement opérationnel seulement, mais devrait nécessairement être étayée par une analyse rigoureuse du risque associé à une telle réduction. L'absence d'une méthode bien définie de réalisation d'une telle analyse a été la cause première de l'échec de diverses tentatives visant à établir la faisabilité d'un VSM réduit.

1.1.3 Vers le milieu des années 70, la série de pénuries de carburant survenues dans le monde et la rapide escalade des coûts qu'il en est résulté, parallèlement à une demande croissante d'utilisation plus efficace de l'espace aérien disponible, ont mis en évidence la nécessité d'un examen approfondi de la proposition de réduire le VSM au-dessus du FL 290. C'est ainsi que le Groupe d'experts de l'OACI sur l'examen de la notion générale d'espacement (RGCSF), à sa quatrième réunion (en 1980), est parvenu à la conclusion que, même si cela impliquait des coûts et demandait du temps, les avantages que pourrait apporter la réduction du VSM à 300 m (1 000 ft) au-dessus du FL 290 seraient si grands que les États devaient être encouragés à procéder aux évaluations majeures nécessaires.

1.1.4 En 1982, des États ont lancé des programmes dont la coordination a été assurée par le Groupe RGCSF et qui visaient à réaliser une étude exhaustive de la question d'une réduction du VSM au-dessus du FL 290. Des études ont été effectuées par le Canada, des États membres d'EUROCONTROL (République fédérale d'Allemagne, France, Royaume des Pays-Bas et Royaume-Uni), les États-Unis, le Japon et l'Union des Républiques socialistes soviétiques ; les résultats ont été examinés en décembre 1988 par le Groupe RGCSF à sa sixième réunion (RGCSF/6).

1.1.5 Pour ces études, des méthodes quantitatives d'analyse du risque ont été employées pour appuyer les décisions opérationnelles concernant la faisabilité de la réduction du VSM. L'analyse du risque était constituée de deux éléments : en premier lieu, l'estimation du risque, qui concerne l'élaboration et l'utilisation de méthodes et techniques permettant d'estimer le niveau de risque réel d'une activité ; en second lieu, l'évaluation du risque, qui concerne le niveau de risque considéré comme représentant la valeur maximale tolérable pour la sécurité du système. Le niveau de risque jugé acceptable a été appelé niveau de sécurité visé (TLS).

1.1.6 Le processus d'estimation du risque dans le plan vertical utilisant le modèle de risque de collision (CRM) supposait que des collisions résulteraient uniquement d'erreurs de navigation verticale d'aéronefs auxquels une séparation aux procédures aurait été correctement appliquée. Le TLS était calculé pour s'appliquer à cette seule source de risque de collision, sans qu'il soit tenu compte de risques d'autres sources, par exemple écarts d'altitude dus à la turbulence, à des manœuvres effectuées en réponse à des alertes du système anticollision embarqué, à des descentes d'urgence ou à des erreurs opérationnelles dans l'émission ou l'application d'instructions du contrôle de la circulation aérienne (ATC).

1.1.7 La reconnaissance de l'existence de plusieurs sources de risque, en plus des erreurs de navigation verticale, a joué un rôle dans le choix des valeurs du TLS fait par les divers États au cours de leurs études. Plusieurs méthodes ont été suivies pour établir une plage de valeurs appropriée, en incluant toutes les collisions aériennes en route et la période implicite entre collisions et en ajustant le TLS jusqu'à ce que le laps de temps devienne acceptable. Néanmoins, l'approche principale, et la façon de faire traditionnelle, a été d'utiliser des données historiques de sources mondiales, de les extrapoler à l'horizon 2000 de manière à assurer une amélioration de la sécurité, et de répartir les budgets de risque en résultant pour obtenir l'élément de risque de collision dans le plan vertical.

1.1.8 Les valeurs calculées pour le TLS se situaient entre 1×10^{-8} et 1×10^{-9} accident mortel par heure de vol. Sur la base de ces chiffres, il a été convenu d'utiliser un TLS de $2,5 \times 10^{-9}$ accident mortel par heure de vol pour évaluer la faisabilité technique d'un VSM de 300 m (1 000 ft) au-dessus du FL 290, et aussi pour mettre au point les prescriptions relatives aux moyens de maintien d'altitude pour l'exploitation en environnement à VSM de 300 m (1 000 ft).

1.1.9 En utilisant le TLS d'évaluation de $2,5 \times 10^{-9}$ accident mortel par heure de vol, la réunion RGCSP/6 a conclu qu'un VSM de 300 m (1 000 ft) au-dessus du FL 290 était techniquement faisable. Cette faisabilité technique se rapporte aux possibilités fondamentales des systèmes de maintien d'altitude de bord, qui pourraient être construits, entretenus et utilisés de telle façon que les performances prévues, ou typiques, soient compatibles avec la mise en œuvre et l'utilisation sans danger d'un VSM de 300 m (1 000 ft) au-dessus du FL 290. En parvenant à cette conclusion sur la faisabilité technique, le groupe a jugé nécessaire d'établir :

- a) des prescriptions de performances de navigabilité intégrées dans une norme de performances minimales de système d'aviation (MASPS) complète, applicable à tous les aéronefs utilisant la séparation réduite ;
- b) de nouvelles procédures d'exploitation ;
- c) un moyen complet de surveillance de la sécurité de fonctionnement du système.

1.1.10 Il est à souligner que le TLS d'évaluation ne tenait pas compte de toutes les causes de risque de collision dans le plan vertical. Dans la première édition des présents éléments indicatifs, l'attention des services de planification régionale était appelée sur la nécessité de mettre en place des mesures visant à garantir que les risques associés à des erreurs opérationnelles et à des manœuvres d'urgence ne seraient pas accrus dans l'environnement à VSM de 300 m (1 000 ft). Dans la Région Atlantique Nord (NAT), devenue le 27 mars 1997 la première région OACI à mettre en œuvre le minimum de séparation verticale réduit (RVSM), il a été convenu qu'une méthode plus formelle était nécessaire pour analyser toutes les causes de risque dans le plan vertical. Sur la base de l'expérience acquise grâce à la surveillance et à l'analyse des causes d'erreurs opérationnelles survenues dans l'espace aérien à spécifications de performances minimales de navigation (MNPS) NAT, le Groupe de planification coordonnée NAT (NAT SPG) est convenu que la limitation du risque de collision associé à une perte de la séparation verticale planifiée due à de tels événements devrait recevoir au moins autant d'attention que la limitation des effets d'erreurs techniques (erreurs de systèmes embarqués de maintien d'altitude). C'est pourquoi, en plus du TLS lié aux erreurs techniques, soit $2,5 \times 10^{-9}$ accident mortel par heure de vol, un TLS global de 5×10^{-9} accident mortel par heure de vol résultant d'une perte de la séparation verticale quelle qu'en soit la cause a été adopté.

1.2 OBJET DU MANUEL

1.2.1 L'objet fondamental du présent manuel est de servir de base aux groupes de planification régionale (RPG) pour la révision de documents, procédures et programmes afin de permettre le maintien d'un VSM de 300 m (1 000 ft) entre les FL 290 et FL 410 inclus dans leur région respective, conformément aux critères et prescriptions établis par l'OACI.

1.2.2 Ce manuel fournit également :

- a) des indications aux autorités aéronautiques sur les mesures à prendre pour assurer la conformité aux critères et prescriptions dans leur zone de responsabilité ;
- b) des renseignements généraux destinés à aider les exploitants à élaborer des manuels d'exploitation et des procédures à suivre par leurs équipages de conduite.

1.3 CONTENU ET PRÉSENTATION

1.3.1 Le titre du présent manuel et l'ordre des éléments dans cette troisième édition tiennent compte d'un contenu et d'une présentation modifiés, axés sur la poursuite des opérations RVSM, alors que la première et la deuxième édition étaient axées sur la mise en œuvre. Ces modifications ont été apportées sur la base du fait que le RVSM a été mis en œuvre avec succès à l'échelle mondiale. Le Chapitre 2 énonce les prescriptions générales à respecter en matière de RVSM, notamment en ce qui concerne la sécurité, les performances requises de maintien d'altitude et les aspects opérationnels. Le Chapitre 3 décrit les spécifications RVSM pour des aéronefs spécifiques et les aspects relatifs à l'homologation. Le Chapitre 4 donne des indications générales sur les procédures à suivre par l'ATC et les équipages de conduite, et le Chapitre 5 donne des renseignements sur la surveillance du système, notamment les responsabilités et les tâches des autorités dans la surveillance des performances RVSM. L'Appendice A contient des indications sur les aspects quantitatifs de cette surveillance et l'Appendice B donne une liste de documents de référence, tels que les documents régionaux produits dans le cadre de projets régionaux de mise en œuvre du RVSM.

1.3.2 Dans ce manuel, l'expression « minimum de séparation verticale réduit (RVSM) » désigne un minimum de séparation verticale de 300 m (1 000 ft) appliqué entre les niveaux de vol 290 et 410 inclusivement.

Chapitre 2

PRESCRIPTIONS GÉNÉRALES

2.1 OBJECTIFS DE SÉCURITÉ

2.1.1 La continuité des opérations RVSM peut être basée sur des analyses de la sécurité réalisées au moins annuellement, démontrant que les objectifs de sécurité du RVSM sont maintenus. Là où c'est possible, les analyses peuvent être réalisées plus fréquemment, pour assurer que toute modification du risque systémique soit mise en évidence et contrôlée dès que possible. L'analyse de la sécurité peut comprendre l'utilisation d'un modèle de risque de collision (CRM) pour l'espace aérien considéré, en conformité avec les indications du présent manuel (les documents cités à l'Appendice B donnent des renseignements plus détaillés sur les méthodes utilisant un CRM). En alternative, les analyses de la sécurité peuvent faire partie d'un processus de surveillance continue basé sur une approche de la surveillance de la sécurité du type système de gestion de la sécurité (SGS). Un tel processus cherche à capter les données en continu et vise à identifier le risque systémique à ses stades les plus précoces. Ce processus SGS vise à capter des indicateurs de performance de sécurité pour en mesurer les niveaux de sécurité en les comparant à des cibles de performance de sécurité, fixées en accord avec les autorités de supervision afin d'atteindre des niveaux de sécurité acceptables plus élevés.

2.1.2 Des objectifs de sécurité pour la mise en œuvre du RVSM ont été établis pour le risque technique et pour le risque global. Ces objectifs sont définis ci-après.

Objectif de sécurité pour le risque technique

2.1.3 Le risque technique est le risque de collision associé aux performances de maintien d'altitude des aéronefs. Il ne tient pas compte du risque lié aux erreurs opérationnelles (p. ex. erreurs de contrôleurs ou de pilotes) et aux imprévus en vol.

2.1.4 L'objectif de sécurité correspondant au risque technique est un TLS de $2,5 \times 10^{-9}$ accident mortel par heure de vol. Cette valeur du risque technique a servi à élaborer la spécification mondiale de performances du système et la spécification mondiale de performances de maintien d'altitude, expliquées plus en détail aux § 2.2 et 2.3 respectivement.

Objectif de sécurité pour le risque global

2.1.5 Le risque global est le risque de collision attribuable à l'ensemble des causes, ce qui comprend le risque technique (voir ci-dessus) et le risque associé aux erreurs opérationnelles et aux imprévus en vol, tels les erreurs de contrôleurs et de pilotes, les écarts de hauteur liés à des manœuvres d'urgence et la turbulence.

2.1.6 L'objectif de sécurité du RVSM pour le risque global devrait être fixé par accord régional en tenant dûment compte des éléments indicatifs de l'OACI sur les objectifs de sécurité ainsi que des objectifs de sécurité établis dans les autres régions. À ce sujet, l'attention est appelée sur ce qui suit :

- a) les éléments indicatifs figurant dans le *Manuel de la navigation fondée sur les performances (PBN)* (Doc 9613), qui, en ce qui concerne l'espacement entre routes parallèles ou entre axes de routes

RNAV parallèles fondé sur un type de RNP, recommandent, pour la mise en œuvre de systèmes en route après l'an 2000, l'application d'un TLS de 5×10^{-9} accident mortel par heure de vol par dimension ;

- b) des paramètres basés sur SGS et des méthodes d'analyse qualitative assurant un niveau acceptable de performances de sécurité peuvent être établis par les États et, selon le cas, être mis en œuvre par accord régional ;
- c) l'objectif général de sécurité établi pour le RVSM à l'échelle mondiale, qui est un TLS de 5×10^{-9} accident mortel par heure de vol résultant d'une perte de la séparation verticale, quelle qu'en soit la cause (voir § 1.1.10) ;
- d) la liste de documents de référence figurant à l'Appendice B du présent manuel.

2.1.7 Des éléments indicatifs sur les méthodes d'estimation du risque associé au RVSM figurent au Chapitre 5 — Surveillance des performances du système.

2.1.8 Les autorités régionales devraient tenir compte de tous les moyens possibles de quantifier et réduire le niveau de risque de collision associé aux erreurs opérationnelles et aux imprévus en vol dans l'espace aérien RVSM. Même si la fréquence des événements liés à ces causes n'est pas considérée être fonction du minimum de séparation appliqué, il sera indispensable que les RPG prennent des mesures pour assurer que le risque associé à de telles causes n'augmente pas. Des éléments indicatifs sur les types de mesures à prendre par les RPG, l'ATC et les équipages de conduite figurent aux Chapitres 5 et 6.

2.1.9 La comparaison des résultats des analyses de sécurité et du TLS accepté fournira aux RPG une indication du risque présent dans l'espace aérien où une analyse a été effectuée. Dans le cas où ce risque dépasse le TLS accepté, le RPG devrait prendre des mesures correctives pour tenter de ramener le niveau de risque au moins au TLS. Pour ce faire, un RPG devra avoir une compréhension claire des raisons entraînant l'augmentation du risque. Il importe donc que toute analyse de sécurité effectuée soit suffisamment détaillée pour identifier les causes de risque sous-jacentes dans l'espace aérien. Une analyse qualitative des erreurs opérationnelles et des grands écarts d'altitude est donc une activité importante à inclure dans le processus d'analyse de la sécurité.

2.2 SPÉCIFICATION MONDIALE DE PERFORMANCES DU SYSTÈME

2.2.1 La spécification mondiale de performances du système est un énoncé des paramètres qui serviront de base pour définir l'ensemble intégré de conditions à respecter en ce qui concerne le maintien de l'altitude, les systèmes de bord, les procédures d'exploitation des aéronefs, les procédures ATC et les pratiques de surveillance exposées dans le présent manuel. Elle définit les performances de maintien d'altitude nécessaires à la réalisation de l'objectif de sécurité pour le risque technique du RVSM (voir § 2.1). Ce niveau de performances de maintien d'altitude dépend de valeurs précises des paramètres importants de l'espace aérien qui influent sur le risque de collision en cas de perte de la séparation verticale. Les performances de maintien d'altitude prévues dans la spécification de performances du système sont exprimées sous forme de valeur maximale de la probabilité, $P_2(1\ 000)$, que des aéronefs perdent une séparation verticale égale à la valeur du RVSM. Les paramètres importants de l'espace aérien concernent la fréquence avec laquelle des aéronefs se dépassent ou se croisent en ayant une séparation verticale aux procédures égale au RVSM et une séparation horizontale réelle inférieure à la dimension horizontale d'un aéronef. Ces paramètres importants de l'espace aérien peuvent être exprimés de différentes façons, selon la structure de routes de l'espace aérien.

2.2.2 La spécification mondiale de performances du système a été établie à l'origine pour un trafic en sens opposés. Dans ce cas, les paramètres importants de l'espace aérien sont la fréquence avec laquelle les aéronefs se croisent en ayant une séparation verticale aux procédures égale au RVSM et sans séparation horizontale nominale, et

l'écart type de l'erreur avec laquelle les aéronefs tiennent la route qui leur est assignée dans la dimension latérale. Les valeurs quantitatives de la spécification mondiale de performances du système sont les suivantes :

- a) une fréquence des croisements égale à 2,5 croisements (sens opposés) par heure de vol ;
- b) un écart type de l'erreur latérale de maintien de trajectoire égal à 550 m (0,3 NM) ;
- c) une probabilité, $P_z(1\ 000)$, que deux aéronefs perdent une séparation verticale aux procédures correspondant au RVSM égale à $1,7 \times 10^{-8}$.

Les valeurs pour la fréquence des croisements et l'écart type de l'erreur latérale de maintien de trajectoire ont été choisies en prévision des conditions qui régneront dans l'espace aérien mondial de l'avenir. Ces choix reflètent l'intention de garantir que le TLS continue d'être respecté avec l'accroissement prévu du volume du trafic mondial et les améliorations technologiques prévues dans le domaine de la navigation.

2.2.3 La spécification mondiale de performances du système décrite au § 2.2.2 est fondée sur la décomposition, en un élément longitudinal et un élément latéral, de la fréquence à laquelle des aéronefs se croisent, avec une séparation horizontale réelle inférieure à la dimension horizontale d'un aéronef. Un écart type de l'erreur latérale de maintien de trajectoire égal à 550 m (0,3 NM) donne une probabilité de chevauchement latéral de 0,058 pour des aéronefs sur la même route. L'effet combiné des valeurs des alinéas a) et b) du § 2.2.2 sur le risque de collision dans le plan vertical est égal à $2,5 \times 0,058 = 0,145$. Un énoncé quantitatif équivalent mais plus généralement applicable de la spécification mondiale de performances du système serait donc :

- a) une fréquence des croisements avec chevauchement latéral égale à 0,145 croisement par heure de vol ;
- b) une probabilité, $P_z(1\ 000)$, que deux aéronefs perdent une séparation verticale aux procédures correspondant au RVSM égale à $1,7 \times 10^{-8}$.

2.2.4 Même si la spécification mondiale de performances du système a été élaborée et formulée en termes de trafic en sens opposés, elle s'applique aussi à d'autres structures de routes, par exemple trafic dans le même sens, trafic sécant ou combinaison de ces cas. Pour chaque type de structure de routes, il existe une forme équivalente de la spécification mondiale de performances du système (pour plus de précisions, voir Chapitre 5, § 5.2.5 et Appendice A).

Compromis entre paramètres de la spécification mondiale de performances du système

2.2.5 Les paramètres de la spécification mondiale de performances du système comprennent la performance de maintien d'altitude, d'une part, et les paramètres d'espace aérien spécifiés, d'autre part. Cela autorise deux types de compromis entre ces paramètres, selon la valeur de la probabilité de chevauchement vertical, $P_z(1\ 000)$, c'est-à-dire selon que $P_z(1\ 000)$ est égale ou nettement inférieure à la valeur de $1,7 \times 10^{-8}$, définie dans la spécification mondiale de performances du système. Cependant, $P_z(1\ 000)$ ne pourra jamais excéder $1,7 \times 10^{-8}$.

2.2.6 Le premier type de compromis utilisable met en jeu les paramètres d'espace aérien que sont la fréquence des croisements et l'écart type de l'erreur latérale de maintien de trajectoire, pourvu que la probabilité de chevauchement vertical n'excède pas $1,7 \times 10^{-8}$. Il peut être procédé à des compromis entre les valeurs de ces deux paramètres de l'espace aérien pourvu que leur effet combiné sur le risque de collision à la verticale ne soit pas supérieur à celui que donneraient une fréquence des croisements de 2,5 croisements par heure de vol et un écart type de l'erreur latérale de maintien de trajectoire de 550 m (0,3 NM). La limite numérique de cet effet combiné est de 0,145 (voir aussi § 2.2.3). Ainsi, on pourrait admettre soit une fréquence des croisements plus grande combinée à un maintien latéral de trajectoire moins précis, soit une moindre fréquence des croisements avec un maintien latéral de trajectoire

plus précis, pourvu que la limite de 0,145 ne soit pas dépassée. À noter que ce compromis, pour un trafic en sens opposés, est implicite dans la forme plus générale de la spécification mondiale de performances du système, au § 2.2.3.

2.2.7 Le second type de compromis est réalisé entre la probabilité de chevauchement vertical, $P_z(1\ 000)$, et les paramètres d'espace aérien, pourvu que la probabilité de chevauchement vertical soit nettement inférieure à $1,7 \times 10^{-8}$. La marge procurée par $P_z(1\ 000)$ peut alors être utilisée pour accroître la limite supérieure de 0,145 fixée pour l'effet combiné de la fréquence des croisements et de l'écart type de l'erreur latérale de maintien de trajectoire. Cette limite plus élevée permet de faire varier les deux paramètres d'espace aérien comme indiqué au § 2.2.6. Ce second type de compromis devrait être effectué avec grande prudence car les performances de maintien d'altitude de la population d'aéronefs peuvent changer avec le temps. Par exemple, les aéronefs nouveaux venus dans l'espace aérien considéré sont tenus seulement de respecter la valeur $P_z(1\ 000)$ globale de $1,7 \times 10^{-8}$ et non une valeur inférieure.

2.2.8 Il est à noter que le processus de compromis est plus complexe qu'une simple vérification par rapport à une limite supérieure fixée. L'avantage, cependant, est une plus grande souplesse en ce qui concerne les valeurs admissibles des paramètres.

2.3 SPÉCIFICATION MONDIALE DE PERFORMANCES DE MAINTIEN D'ALTITUDE

2.3.1 Afin d'assurer une transition sans danger entre régions, une spécification mondiale de performances de maintien d'altitude a été établie, dont le respect garantira aussi celui de la valeur $P_z(1\ 000)$ de la spécification mondiale de performances du système. La spécification mondiale de performances de maintien d'altitude s'applique à l'ensemble des erreurs de maintien d'altitude de chaque aéronef et remplit simultanément les quatre conditions suivantes :

- a) proportion d'erreurs de maintien d'altitude de plus de 90 m (300 ft) inférieure à $2,0 \times 10^{-3}$;
- b) proportion d'erreurs de maintien d'altitude de plus de 150 m (500 ft) inférieure à $3,5 \times 10^{-6}$;
- c) proportion d'erreurs de maintien d'altitude de plus de 200 m (650 ft) inférieure à $1,6 \times 10^{-7}$;
- d) proportion d'erreurs de maintien d'altitude comprises entre 290 m et 320 m (950 ft et 1 050 ft) inférieure à $1,7 \times 10^{-8}$.

2.3.2 Les prescriptions ci-dessus ont servi de base à l'établissement de la norme de performances minimales de système d'aviation (MASPS) pour le RVSM (voir Chapitre 3, § 3.1). La spécification mondiale de performances de maintien d'altitude est aussi appliquée dans le processus de surveillance de $P_z(1\ 000)$ (voir Chapitre 5, § 5.2).

Chapitre 3

PRESCRIPTIONS APPLICABLES AUX AÉRONEFS ET HOMOLOGATION

3.1 PERFORMANCES DE MAINTIEN D'ALTITUDE EN ENVIRONNEMENT RVSM

3.1.1 Des caractéristiques pour le système altimétrique et le maintien d'altitude ont été mises au point en vue du respect de la spécification mondiale de performances de maintien d'altitude, comme indiqué au § 2.3. Elles décrivent le niveau de performances dont les aéronefs doivent être capables en service, à l'exception des facteurs humains et des influences environnementales extrêmes, pour satisfaire aux exigences en matière de TVE dans le système d'espace aérien.

3.1.2 Des organismes techniques ont traduit les caractéristiques mentionnées ci-dessus en normes de navigabilité, au moyen de l'évaluation des caractéristiques de l'ASE et de la commande automatique d'altitude. Ces normes comprennent les prescriptions de maintien d'altitude en service pour l'exploitation RVSM et font partie de la MASPS pour le RVSM. Celle-ci contient des spécifications et des procédures pour les aspects distincts de l'homologation de type, de la sortie de production et du maintien de la navigabilité, et figure dans les documents d'application mondiale suivants :

- a) Note provisoire d'information (TGL) n° 6 (ou toute version plus récente) des Autorités conjointes de l'aviation (JAA), contenant des éléments indicatifs sur l'homologation des aéronefs et l'agrément des exploitants pour les vols au-dessus du FL 290 dans les espaces aériens où est appliqué un minimum de séparation verticale de 300 m (1 000 ft) ; ou
- b) Document 91-RVSM de la Federal Aviation Administration (FAA), contenant des éléments indicatifs sur l'homologation des aéronefs et l'agrément des exploitants pour l'exploitation RVSM.

Ces documents, qui peuvent être utilisés pour l'homologation RVSM, ont été élaborés en conformité avec les indications du présent manuel.

3.2 HOMOLOGATION DE NAVIGABILITÉ

Introduction

3.2.1 L'homologation de navigabilité doit dans tous les cas être conforme aux critères de la MASPS pour l'exploitation RVSM. Comme il est indiqué au § 3.1.2, en plus de définir les conditions à remplir en ce qui concerne l'ASE et les moyens automatiques de maintien de l'altitude, cette MASPS contient des spécifications et procédures pour l'homologation de type et le maintien de la navigabilité.

3.2.2 Toutes les homologations s'appliqueront à un aéronef ou à un groupe d'aéronefs (voir définition au § 3.2.3) nominalement identiques dans la conception aérodynamique et les éléments d'équipement qui contribuent à la précision du maintien d'altitude.

Définition des groupes de types d'aéronef

3.2.3 Pour que des aéronefs soient classés dans un même groupe aux fins de l'homologation de navigabilité, ils doivent remplir les conditions suivantes :

- a) les aéronefs devraient avoir été construits selon un design nominaleme nt identique et être visés par le même certificat de type (TC), amendement de TC ou TC complémentaire, selon le cas ;

Note.— Dans le cas d'aéronefs dérivés, il peut être permis d'utiliser les données de la configuration d'origine, afin de réduire la quantité de données supplémentaires à produire pour démontrer la conformité. Cette quantité dépendra de la nature des différences entre l'aéronef d'origine et les versions dérivées.

- b) les aéronefs devraient être équipés de circuits de pression statique nominaleme nt identiques. La correction de l'erreur de source statique (SSE) devrait être la même pour tous les aéronefs du groupe ;

- c) les dispositifs d'avionique installés à bord de chaque aéronef pour répondre aux critères d'équipement minimum pour l'exploitation RVSM devraient être conformes à la même spécification du constructeur et avoir le même numéro de pièce.

Note.— Des aéronefs dotés de dispositifs d'avionique provenant d'un autre fabricant ou ayant un numéro de pièce différent peuvent être considérés comme faisant partie du même groupe s'il peut être démontré que ces dispositifs permettent des performances équivalentes.

3.2.4 Un aéronef qui ne satisfait pas aux conditions du § 3.2.3, alinéas a) à c), et qui est soumis à l'homologation à titre individuel sera considéré comme aéronef hors groupe. Ce détail a son importance car le processus de certification est différent selon que l'aéronef fait partie ou non d'un groupe.

Maintien de la navigabilité

3.2.5 Il est impératif que tous les aéronefs respectent en permanence au cours de leur vie utile les critères de la MASPS pour l'exploitation RVSM. Des données de surveillance de maintien d'altitude provenant de sources indépendantes, comme l'OACI le recommande, devraient aider à déceler toute dégradation à long terme des performances des systèmes altimétriques, mais il est néanmoins essentiel que les autorités de certification veillent à ce que, dans le cadre du processus d'homologation, les pratiques d'entretien et d'inspection des exploitants soient examinées et actualisées compte tenu des prescriptions de navigabilité spécifiques concernant l'exploitation RVSM.

3.3 HOMOLOGATION RVSM OFFICIELLE

Processus d'homologation

3.3.1 En espace aérien RVSM, les types d'aéronefs spécifiques qu'un exploitant envisage d'utiliser devront être homologués par l'État d'immatriculation de l'aéronef ou l'État de l'exploitant. L'homologation RVSM comprendra les éléments suivants :

- a) *Homologation de navigabilité (y compris le maintien de la navigabilité).* L'aéronef sera homologué comme répondant aux critères du document de navigabilité national approprié, établis à partir des prescriptions relatives aux moyens de maintien d'altitude définies dans la MASPS pour l'exploitation RVSM. De plus, le système altimétrique et l'équipement de maintien d'altitude doivent être entretenus conformément aux procédures et aux calendriers d'entretien approuvés.

- b) *Homologation opérationnelle.* Selon ce que prévoient les accords régionaux OACI de navigation aérienne, il peut être nécessaire pour un exploitant de détenir une homologation opérationnelle en plus d'une homologation de navigabilité pour pouvoir utiliser un espace aérien RVSM. Le § 4.2 contient des éléments indicatifs sur les procédures opérationnelles qu'un exploitant pourra devoir adopter pour un tel espace aérien en exploitation RVSM, ainsi que des indications sur les éléments qu'il faudra peut-être soumettre à l'examen de l'autorité compétente.

Validité de l'homologation

3.3.2 Une homologation RVSM délivrée pour une région sera toujours valide pour l'exploitation RVSM dans une autre région pourvu que des restrictions particulières n'aient pas été imposées à l'exploitant par l'État de l'exploitant ou l'État d'immatriculation.

Confirmation du statut d'homologation

3.3.3 La continuité de l'exploitation RVSM est conditionnelle à l'établissement d'un processus de confirmation de l'homologation des aéronefs destiné à empêcher que des aéronefs non homologués et des exploitants non agréés n'opèrent en espace aérien RVSM à moins que la séparation appropriée ne soit appliquée. Il peut exister des variantes régionales à ce processus, mais la responsabilité primaire de confirmer le statut d'homologation d'un aéronef ou d'agrément d'un exploitant incombe à l'État de l'exploitant/État d'immatriculation. Le processus de confirmation sera facilité par l'application des mesures ci-après :

- a) tenue d'un registre détaillé de toutes les homologations accordées pour l'exploitation en espace aérien RVSM ;
- b) présentation du registre d'homologation mentionné à l'alinéa a) à l'agence de surveillance régionale (RMA) en vue de la saisie dans la base de données régionale des homologations ;
- c) vérification du statut d'homologation de l'aéronef/d'agrément de l'exploitant dans le cadre du programme d'inspections en vol régulières.

3.3.4 Les États prestataires de services de la circulation aérienne (ATS) devraient aussi avoir, au niveau approprié, la responsabilité secondaire d'instituer des vérifications régulières de l'homologation des aéronefs exploités dans leur zone de compétence et qui peuvent être appelés à voler en environnement RVSM. Outre les activités de contrôle menées par les RMA compétentes, cette responsabilité pourrait être exercée :

- a) en scrutant les plans de vol ATS ;
- b) en procédant à des contre-vérifications avec la base de données régionale des homologations RVSM, en tenant compte de l'actualité de son contenu ;
- c) en interrogeant les exploitants soupçonnés de ne pas être en conformité avec les conditions applicables dans l'espace aérien.

3.3.5 En fonction des réglementations nationales, les autorisations ATC pourront être refusées dans le cas d'opérations non conformes aux prescriptions applicables dans l'espace aérien.

3.3.6 Dans les régions où le RVSM est appliqué, la RMA d'une région peut assurer un niveau plus poussé de confirmation de l'homologation, conjointement avec le prestataire de services ATS, en effectuant, à la demande d'une autorité de contrôle, les démarches nécessaires pour obtenir confirmation, de la part de l'État de l'exploitant ou de l'État d'immatriculation intéressé, du statut d'homologation d'aéronefs ne figurant pas dans une base de données des homologations RVSM.

Note.— Le rôle de la RMA est traité en détail au § 5.4.4.

3.3.7 L'État de l'exploitant/État d'immatriculation devrait formuler des politiques et des lignes de conduite à suivre en ce qui concerne les aéronefs non homologués ou les exploitants non agréés dont il aura été constaté qu'ils utilisent l'espace aérien RVSM, ce qui pourrait compromettre la sécurité des autres utilisateurs de l'espace aérien.

Chapitre 4

PROCÉDURES

4.1 PROCÉDURES GÉNÉRALES

Niveaux de croisière

4.1.1 Dans l'espace aérien RVSM, il faut utiliser les tableaux des niveaux de croisière spécifiés à l'Appendice 3 de l'Annexe 2 à la Convention relative à l'aviation civile internationale.

4.2 PROCÉDURES D'EXPLOITATION À SUIVRE PAR LES ÉQUIPAGES DE CONDUITE

Procédures à suivre en vol

4.2.1 Dans l'ensemble, les procédures d'exploitation qu'un équipage de conduite doit suivre en espace aérien RVSM ne sont pas différentes des procédures applicables dans les autres espaces aériens. Cependant, la continuité des opérations RVSM exigera un examen périodique des procédures propres à une région, par exemple procédures en cas d'imprévu, qui devraient figurer dans la documentation régionale. Compte tenu des besoins de sécurité et de l'effet que des écarts d'altitude considérables pourraient avoir sur les niveaux de risque, il convient de rappeler aux équipages de conduite de faire preuve de vigilance pour éviter le plus possible les écarts par rapport au niveau de vol autorisé. Il convient à cette fin d'insister, durant la formation régulière, sur l'importance du respect des procédures en vol suivantes :

- a) en croisière en palier, il est indispensable de maintenir l'aéronef au niveau de vol autorisé (CFL). Cela exige de veiller avec un soin particulier à ce que les autorisations ATC soient parfaitement comprises et respectées. Sauf en cas d'urgence, l'aéronef ne devrait pas s'écarter intentionnellement du CFL sans autorisation de l'ATC ;
- b) pendant une transition autorisée entre deux niveaux de vol, il ne devrait pas être permis à l'aéronef de se placer à plus de 45 m (150 ft) au-dessus ou au-dessous du nouveau niveau de vol ;

Note.— La transition devrait être exécutée en utilisant l'élément de capture d'altitude du dispositif de maintien d'altitude automatique, si l'aéronef en est muni.

- c) un dispositif de maintien d'altitude automatique en bon état de fonctionnement devrait être embrayé pendant la croisière en palier, sauf si des conditions telles que des turbulences ou la nécessité de modifier la compensation exigent de le débrayer. De toute manière, le maintien de l'altitude de croisière devrait être réalisé par référence à l'un des deux altimètres prescrits par la MASPS pour l'exploitation RVSM ;
- d) le dispositif d'avertissement d'altitude devrait être en bon état de fonctionnement et embrayé ;

- e) des contre-vérifications régulières (horaires) des altimètres devraient être effectuées ; au moins deux systèmes conformes à la MASPS pour l'exploitation RVSM doivent concorder à moins de 60 m (200 ft) près. Si cette condition n'est pas remplie, il faudra considérer le système comme étant défectueux et en aviser l'ATC ;
- f) le transpondeur indicateur d'altitude en service devrait être relié au système altimétrique conforme à la MASPS pour l'exploitation RVSM qui est utilisé pour la conduite de l'aéronef ;
- g) avant d'entrer dans l'espace aérien RVSM, le pilote devrait vérifier l'état de fonctionnement de l'équipement requis. L'équipement ci-après devrait fonctionner normalement :

- 1) deux systèmes altimétriques conformes à la MASPS pour l'exploitation RVSM ;
- 2) un ou des dispositifs de maintien d'altitude automatiques ;

Note.— Dans le cas des dispositifs de maintien d'altitude, les besoins de redondance devraient être définis par accord régional après une évaluation de critères tels que la moyenne des temps de bon fonctionnement, la longueur des segments de vol et la disponibilité de communications directes pilote-contrôleur et d'une surveillance radar.

- 3) au moins un transpondeur indicateur d'altitude (s'il est exigé pour l'exploitation dans l'espace aérien RVSM considéré) pouvant être commuté pour fonctionner avec l'un ou l'autre des deux systèmes altimétriques requis par la MASPS pour le RVSM ;
- 4) un dispositif d'alerte d'altitude ;

Au cas où l'un de ces éléments tomberait en panne avant que l'aéronef ne pénètre dans l'espace aérien RVSM, le pilote devrait demander une nouvelle autorisation afin d'éviter de voler dans cet espace aérien.

- h) les procédures d'urgence suivantes devraient être respectées après l'entrée dans l'espace aérien RVSM :
 - 1) le pilote devrait signaler à l'ATC toute situation (défaillance de l'équipement, conditions météorologiques) qui l'empêche de maintenir le CFL, et coordonner un plan d'action (voir § 4.3.2) ;
 - 2) les défaillances d'équipement devraient être signalées à l'ATC. En voici quelques exemples :
 - i) panne de tous les dispositifs de maintien d'altitude automatiques de bord ;
 - ii) perte de redondance des systèmes altimétriques de bord ou d'une partie de ces systèmes ;
 - iii) panne de tous les transpondeurs indicateurs d'altitude ;
 - iv) perte de poussée d'un moteur, nécessitant une descente ;
 - v) toute autre défaillance de l'équipement affectant l'aptitude à maintenir le CFL ;
 - 3) le pilote devrait aviser l'ATC lorsqu'il rencontre une turbulence forte ;

- 4) s'il n'est pas en mesure d'aviser l'ATC et d'obtenir une autorisation ATC avant de s'écarter du CFL, le pilote devrait suivre les procédures en cas d'imprévu établies pour la région d'exploitation et obtenir dès que possible l'autorisation ATC.

Manuel d'exploitation

4.2.2 Au besoin, les exploitants devraient réviser leurs manuels d'exploitation afin de prendre en compte les différences que le vol en espace aérien RVSM impose par rapport aux procédures d'exploitation normales.

4.3 PROCÉDURES ATC

Généralités

4.3.1 La continuité d'opérations RVSM menées en toute sécurité en relation avec la fourniture des services de navigation aérienne exige que les procédures ATC soient périodiquement revues et qu'une formation périodique appropriée soit dispensée. Comme base pour la révision périodique de procédures régionales, il convient de tenir compte des mesures appropriées à prendre par les contrôleurs dans les situations suivantes, selon le cas :

- a) des aéronefs dont on sait qu'ils ne sont pas équipés de façon appropriée devraient, selon leur plan de vol, entrer en espace aérien RVSM ;
- b) un aéronef informe l'ATC d'une perte de son aptitude à maintenir le CFL conformément aux prescriptions RVSM ;
- c) le pilote signale l'arrêt du dispositif de maintien d'altitude automatique ;
- d) l'altitude indiquée diffère du CFL de 90 m (300 ft) ou plus.

Note 1.— Il n'est pas nécessaire de disposer d'un affichage d'altitude pour prendre en charge des opérations RVSM, mais un tel affichage serait utile.

Note 2.— Les systèmes de surveillance devraient pouvoir prendre en charge des opérations RVSM.

Procédures ATC en cas d'imprévu

4.3.2 En plus des cas d'urgence qui exigent une descente immédiate, comme une perte de poussée ou de pressurisation, l'ATC sera informé de toutes conditions pouvant empêcher un aéronef de maintenir son CFL. Les contrôleurs devraient recevoir une formation sur les mesures à prendre quand un pilote leur indique se trouver dans de telles conditions [voir § 4.2.1, alinéa h)]. Les mesures qu'il est suggéré de prendre en pareils cas sont les suivantes :

- a) obtenir les intentions du pilote ;
- b) évaluer l'état de la circulation pour déterminer s'il est possible d'assurer à l'aéronef une séparation latérale, une séparation longitudinale ou une séparation verticale accrue et, dans l'affirmative, appliquer le minimum approprié ;

- c) s'il n'est pas possible de prendre en charge l'aéronef comme indiqué à l'alinéa b), déterminer s'il peut maintenir son altitude conformément aux prescriptions applicables à l'espace aérien situé au-dessous de l'espace aérien RVSM. Dans l'affirmative, et si le pilote confirme que c'est possible du point de vue opérationnel, le contrôleur devrait délivrer une autorisation révisée pour rejoindre un niveau en dehors de l'espace aérien RVSM lorsque la circulation le permettra ;
- d) si ni la solution b) ni la solution c) ne peuvent être adoptées, traiter la situation comme un cas d'urgence et prendre toutes mesures nécessaires pour assurer une séparation appropriée.

Opérations militaires

4.3.3 Il est rappelé aux États la responsabilité reconnue en ce qui concerne les vols militaires, spécifiée au Chapitre 16 des *Procédures pour les services de navigation aérienne — Gestion du trafic aérien* (PANS-ATM, Doc 4444). À cet égard, il faut élaborer des procédures et les revoir périodiquement pour prendre en charge les vols militaires ne répondant pas aux prescriptions de la MASPS pour l'exploitation RVSM en ce qui concerne l'équipement de bord (voir Chapitre 3, § 3.1 et 3.2). Ces procédures doivent spécifier comment faire place aux opérations aériennes militaires dans l'espace aérien RVSM, en les séparant toutefois du trafic aérien pour lequel est assuré un VSM de 300 m (1 000 ft) au-dessus du FL 290. Des méthodes suggérées à cet effet consistent à accorder :

- a) des réservations temporaires d'espace aérien ;
- b) des blocs d'altitudes ;
- c) des routes spéciales réservées à titre temporaire au mouvement de masse d'aéronefs militaires.

Conditions météorologiques

4.3.4 Les phénomènes météorologiques pouvant causer une turbulence susceptible de nuire à la précision du maintien de l'altitude sont notamment les suivants :

- a) ondes de cisaillement de gravité ;
- b) orages ;
- c) ondes orographiques.

4.3.5 Il a été établi que les ondes orographiques, plus connues sous le terme « ondes de relief », nuisent particulièrement à la précision du maintien de l'altitude. Avant de mettre en œuvre le RVSM, les États dont l'espace aérien est notoirement susceptible d'être affecté par des ondes orographiques devraient :

- a) désigner un service responsable des prévisions de ce phénomène ;
- b) indiquer en détail les mesures que doit prendre l'ATC à la réception de ces prévisions.

4.3.6 Lorsqu'il reçoit des comptes rendus de turbulence forte, l'ATC doit s'assurer de l'aptitude des aéronefs à maintenir le CFL. S'il lui est confirmé que les conditions météorologiques nuisent ou sont susceptibles de nuire à la précision du maintien de l'altitude, l'ATC devrait être tenu d'assurer, dès que possible, une autre forme de séparation. En outre, lorsqu'il est prévu que l'un quelconque des phénomènes météorologiques énumérés au § 4.3.4 se manifesterait au-dessus d'une certaine région pendant une longue période, le service ATC compétent devrait envisager :

- a) d'émettre un NOTAM spécifiant les routes ou la région touchées ;
 - b) de suspendre temporairement l'application du VSM de 300 m (1 000 ft) dans la région touchée.
-

Chapitre 5

SURVEILLANCE DES PERFORMANCES DU SYSTÈME

5.1 NÉCESSITÉ D'UNE SURVEILLANCE

5.1.1 Il est nécessaire de surveiller les performances du système pour s'assurer que l'application du RVSM continue de respecter les objectifs de sécurité (voir § 2.1). À des fins pratiques, on peut faire une distinction au sujet du processus de surveillance dans le contexte :

- a) du risque lié aux performances techniques de maintien d'altitude (risque technique) ;
- b) du risque lié à l'ensemble des causes (risque global).

5.1.2 Dans le cas du § 5.1.1, alinéa a), les objectifs du processus de surveillance devraient être les suivants :

- a) donner l'assurance que le TLS technique de $2,5 \times 10^{-9}$ accident mortel par heure de vol est respecté ;
- b) donner des indications sur la pertinence de la MASPS pour le RVSM ainsi que sur l'efficacité des modifications du système altimétrique ;
- c) donner des éléments de preuve de la stabilité de l'ASE.

L'objectif de surveillance du § 5.1.2, alinéa a), peut être atteint par une méthode acceptée d'analyse du risque de collision lié à une perte de la séparation verticale, méthode faisant appel au CRM de Reich. Le § 5.2 donne de plus amples indications sur le processus et les méthodes de réalisation des objectifs de surveillance du § 5.1.2, alinéas a), b) et c).

5.1.3 Dans le cas du § 5.1.1, alinéa b), le processus de surveillance devrait prendre en compte le risque supplémentaire associé aux erreurs opérationnelles et aux imprévus en vol. Cette partie du processus vise en particulier à donner l'assurance que les objectifs de sécurité globaux convenus à l'échelle régionale sont respectés. Le § 5.3 donne des indications sur la surveillance des performances du système en ce qui concerne le risque attribuable aux erreurs opérationnelles et aux imprévus en vol.

5.2 SURVEILLANCE DES PERFORMANCES TECHNIQUES

Paramètres du modèle de risque de collision

5.2.1 Pour donner l'assurance que le TLS technique est respecté [objectif du § 5.1.2, alinéa a)], les valeurs de certains paramètres du CRM doivent être déterminées par une surveillance continue.

5.2.2 Les paramètres du CRM se répartissent en deux groupes du point de vue des besoins de la surveillance, comme le montre la Figure 5-1. Le premier groupe est constitué de deux paramètres qui sont critiques pour l'analyse de la sécurité. Le premier de ces paramètres [élément a) de la Figure 5-1] est une mesure de la performance de maintien

d'altitude de l'ensemble de la population d'aéronefs, appelée « probabilité de chevauchement vertical » et exprimée comme $P_z(1\ 000)$. Le second [élément b) de la Figure 5-1] est un paramètre de l'espace aérien qui représente l'exposition au risque de collision dans le plan vertical, c'est-à-dire une mesure du nombre de cas de croisement/dépassement avec chevauchement horizontal, par aéronef et par heure de vol. Pour les cas de trafic dans le même sens ou en sens opposés, ce paramètre peut être décomposé en deux parties : une partie étant une mesure du nombre de croisements/dépassements (avec chevauchement longitudinal) par heure de vol, appelée « fréquence des croisements/dépassements » ; l'autre, une mesure de la performance de maintien latéral de la trajectoire, appelée « probabilité de chevauchement latéral » et exprimée comme $P_y(0)$.

5.2.3 Le second groupe de paramètres CRM, constitué d'éléments tels que la vitesse et la longueur des aéronefs, est moins exigeant sur le plan des ressources à prévoir pour recueillir les données nécessaires. Cela s'explique par le fait que les valeurs de ces paramètres ont relativement peu d'effet sur le CRM, et aussi que ces valeurs ne devraient pas changer sensiblement à l'horizon de planification pris en compte dans ce manuel. Il convient de réévaluer périodiquement ces valeurs pour s'assurer qu'elles cadrent avec le système d'espace aérien RVSM en vigueur.

5.2.4 De nombreuses combinaisons différentes de valeurs des paramètres du premier groupe permettent de respecter le TLS technique. Une combinaison particulière est celle qui a servi à l'analyse initiale ayant mené à la première mise en œuvre du RVSM, à savoir les critères établis dans la spécification mondiale de performances du système (voir § 2.2). Ainsi, une façon commode d'obtenir l'assurance que le TLS technique est respecté consiste à vérifier que le système remplit les critères de la spécification mondiale de performances du système (GSPS). S'il n'est cependant pas possible que chacun des critères GSPS soit rempli, il faudra peut-être envisager un compromis entre les paramètres, comme indiqué aux § 2.2.5 à 2.2.8. Le processus est décrit ci-dessous, et l'Appendice A contient de plus amples renseignements techniques.

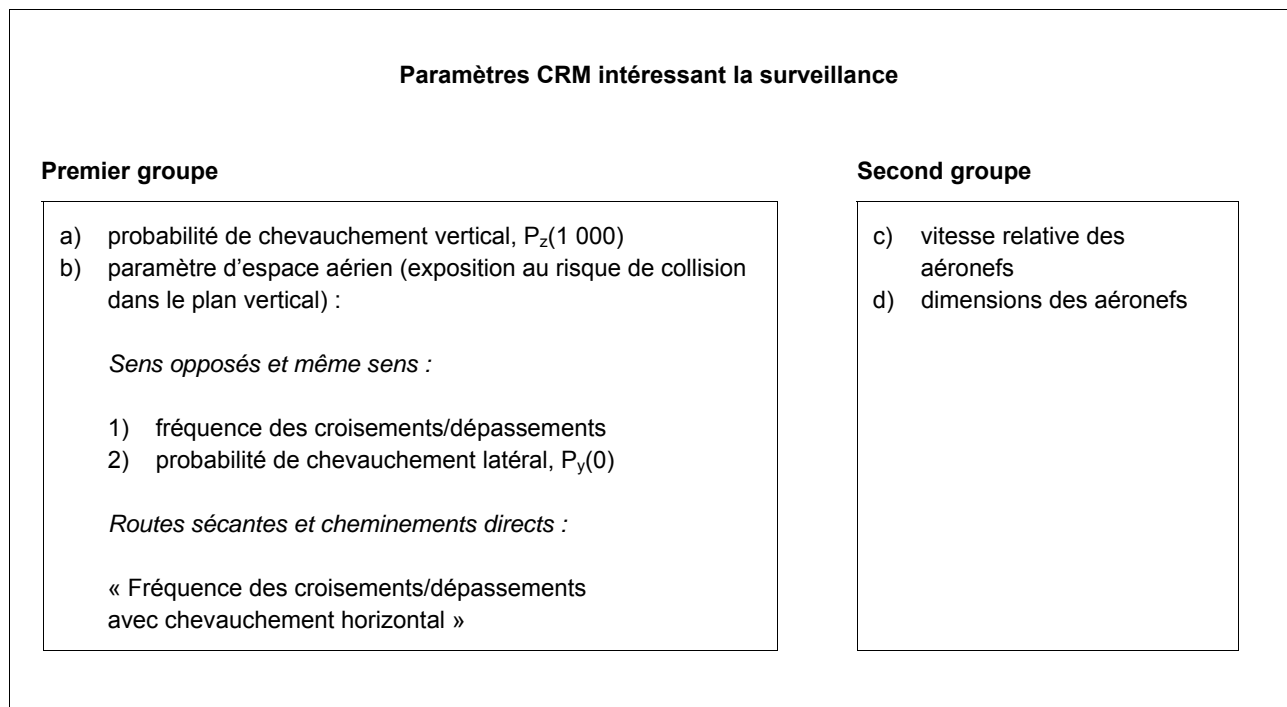


Figure 5-1. Répartition des paramètres CRM du point de vue des besoins de surveillance

Analyse et évaluation des erreurs techniques de maintien d'altitude

5.2.5 La surveillance du premier groupe de paramètres, décrit au § 5.2.2, constitue l'essentiel de l'activité de surveillance des performances du système. Étant donné que le calcul du risque varie en fonction de ces paramètres, il faut établir des procédures de surveillance pour s'assurer que les critères suivants ne sont pas dépassés en même temps :

- a) la combinaison de toutes les composantes de la fréquence des croisements/dépassements n'a pas plus d'effet défavorable sur le risque qu'une fréquence de 0,145 croisement (sens opposés) avec chevauchement horizontal par heure de vol ;
- b) la probabilité de chevauchement vertical, $P_z(1\ 000)$, n'est pas supérieure à $1,7 \times 10^{-8}$.

Si l'un ou l'autre de ces critères n'est pas satisfait, il faut réévaluer le risque de collision afin de s'assurer que le TLS technique n'est pas dépassé. Si le critère b) n'est pas rempli, il faut prendre des mesures correctives car cela signifie que la MASPS pour le RVSM n'est pas assez efficace. Si seul le critère a) n'est pas respecté, un compromis entre la probabilité de chevauchement vertical et la fréquence combinée de l'ensemble des cas de croisement/dépassement avec chevauchement horizontal peut être possible, comme il est indiqué au § 2.2.7, pourvu que le TLS technique ne soit pas dépassé. Si un tel compromis n'est pas possible, des mesures correctives devraient être prises concernant la fréquence des cas de croisement/dépassement avec chevauchement horizontal.

5.2.6 Dans les cas où il est possible de décomposer la fréquence des cas de croisement/dépassement avec chevauchement horizontal en un élément longitudinal et un élément latéral, la surveillance du premier groupe de paramètres peut être réalisée en s'assurant que les critères suivants ne sont pas dépassés en même temps :

- a) la probabilité de chevauchement vertical, $P_z(1\ 000)$, n'est pas supérieure à $1,7 \times 10^{-8}$;
- b) la combinaison de toutes les composantes de la fréquence des croisements/dépassements n'a pas plus d'effet défavorable sur le risque qu'une fréquence de 2,5 croisements (sens opposés) par heure de vol ;
- c) la probabilité de chevauchement latéral, $P_y(0)$, n'est pas supérieure à 0,058 (valeur fondée sur un écart type de maintien latéral de trajectoire de 550 m [0,3 NM]).

Si l'un quelconque de ces critères est dépassé, il faut réévaluer la probabilité de risque de collision pour s'assurer que le TLS technique n'est pas dépassé et prendre des mesures correctives.

5.2.7 L'évaluation de ces critères est examinée ci-après. L'Appendice A donne des précisions quantitatives sur le processus de compromis.

Surveillance de $P_z(1\ 000)$

5.2.8 L'évaluation de $P_z(1\ 000)$ est un processus mathématique difficile. Afin de déterminer continuellement si la valeur de $1,7 \times 10^{-8}$ est dépassée ou non, une spécification mondiale de performances de maintien d'altitude a été établie (voir ci-dessous). La spécification, qui doit être satisfaite pour l'ensemble des performances TVE dans l'espace aérien, correspond au respect simultané des quatre conditions suivantes :

- a) proportion de TVE dépassant 90 m (300 ft) inférieure à $2,0 \times 10^{-3}$;
- b) proportion de TVE dépassant 150 m (500 ft) inférieure à $3,5 \times 10^{-6}$;

- c) proportion de TVE dépassant 200 m (650 ft) inférieure à $1,6 \times 10^{-7}$;
- d) proportion de TVE entre 290 m et 320 m (950 ft et 1 050 ft) inférieure à $1,7 \times 10^{-8}$.

5.2.9 Il ressort de ce qui précède qu'une évaluation de la TVE est critique pour l'évaluation de $P_2(1\ 000)$. La précision avec laquelle la TVE peut être mesurée est donc un aspect important. La meilleure façon générale de mesurer la TVE consiste à comparer la hauteur géométrique d'un aéronef, mesurée au moyen d'un radar de précision ou d'une autre technologie appropriée, à la hauteur géométrique du niveau de vol qui lui a été assigné. Cette précision devrait être telle que l'erreur de mesure moyenne soit égale à 0 m (0 ft) et que l'écart type de l'erreur de mesure ne dépasse pas 15 m (50 ft).

5.2.10 Il faut de grandes quantités de données TVE pour pouvoir tirer des conclusions du processus de surveillance avec un haut degré de confiance, mais d'aussi grandes quantités de données peuvent être difficiles à obtenir. L'estimation de la TVE au moyen d'une analyse conjointe des données sur les écarts par rapport à l'altitude assignée et les erreurs du système altimétrique peut aider au processus. L'Appendice A expose la marche à suivre pour collecter les données et/ou calculer la TVE (à partir des composantes de l'erreur).

Surveillance de la fréquence des croisements/dépassements avec chevauchement horizontal

5.2.11 La forme généralisée de la spécification mondiale de performances du système, présentée au § 2.2.3, exige que la fréquence combinée de l'ensemble des cas de croisement/dépassement avec chevauchement horizontal n'ait pas plus d'effet défavorable sur le risque qu'une fréquence de 0,145 croisement (sens opposés) avec chevauchement horizontal par heure de vol. Cette valeur équivaut au produit des critères pour la fréquence des croisements (sens opposés) par la probabilité de chevauchement latéral indiquée dans la spécification mondiale de performances du système originale. L'arrière-plan de ces deux critères est indiqué au § 5.2.6 ; cependant, la forme généralisée convient mieux pour la circulation sécante et les cheminements directs.

Surveillance de la fréquence des croisements/dépassements

5.2.12 Comme on l'a vu au § 2.2, la spécification mondiale de performances du système impose que la fréquence des croisements/dépassements en espace aérien RVSM n'ait pas plus d'effet défavorable sur le risque de collision qu'une fréquence de 2,5 croisements (sens opposés) par heure de vol. Cette valeur a été convenue par le Groupe RGCSP sur la base d'une évaluation de la fréquence annuelle moyenne des croisements/dépassements dans l'espace aérien combiné de trois centres de contrôle régional (ACC) voisins couvrant les courants de trafic les plus denses ou les fréquences de croisement/dépassement les plus élevées de la région. L'idée d'utiliser les espaces aériens d'ACC voisins dans lesquels la fréquence des croisements/dépassements est la plus élevée était de traiter le problème des forts courants de trafic là où peut exister un risque de collision supérieur à la moyenne.

5.2.13 Les autorités ATC doivent procéder à un examen annuel de la fréquence des croisements/dépassements avec chevauchement horizontal ou chevauchement longitudinal, sur la base des données sur les mouvements de trafic dans l'espace aérien considéré. L'Appendice A donne des méthodes permettant d'estimer cette fréquence.

Surveillance de la probabilité de chevauchement latéral

5.2.14 Dans le cadre du processus d'évaluation de la probabilité de chevauchement latéral, la RMA devrait évaluer périodiquement les performances de maintien latéral de la trajectoire réalisées dans l'espace aérien considéré. En effet, les autres facteurs demeurant constants, un maintien latéral plus précis de la trajectoire augmente le risque de collision en cas de perte de la séparation verticale de 300 m (1 000 ft). Il importe aussi que les responsables de la

planification reconnaissent que des changements dans la précision du maintien latéral de la trajectoire influent directement sur le CRM, et ils devraient être conscients de l'effet que des modifications obligatoires, ou autres, de l'équipement de navigation des aéronefs peuvent avoir sur les niveaux de risque. L'Appendice A suggère des méthodes pour le faire.

Surveillance des autres paramètres du CRM

5.2.15 Les autres paramètres du CRM sont la vitesse moyenne des aéronefs, la vitesse relative entre aéronefs, ainsi que la longueur, l'envergure et la hauteur moyennes des aéronefs utilisant l'espace aérien RVSM. Comme on l'a déjà vu, ou bien le risque de collision est relativement insensible à ces paramètres, ou bien leurs valeurs ne devraient pas changer sensiblement. Une surveillance soutenue de ces paramètres ne devrait donc pas être nécessaire. La RMA devrait avoir conscience de leur importance relative dans le processus général visant à garantir le maintien de la sécurité du système, et elle devrait déterminer périodiquement leurs valeurs probables par les moyens jugés appropriés. L'Appendice A indique les valeurs de ces paramètres et de tous les autres paramètres sur lesquels est fondée la spécification mondiale de performances du système.

Autres aspects de la surveillance des performances techniques

5.2.16 Il ressort de ce qui précède que le risque lié aux seules performances techniques de maintien d'altitude des aéronefs peut être estimé en collectant des données appropriées en vue d'obtenir les valeurs d'un certain nombre de paramètres utilisés dans un modèle de risque de collision. Cela permet d'évaluer le risque en fonction du TLS, donc de remplir l'objectif du § 5.1.2, alinéa a). De plus, le processus, tel que décrit, exige de recueillir des données sur l'erreur du système altimétrique, et ces données peuvent servir aussi à évaluer la pertinence de la MASPS pour le RVSM et à fournir des éléments de preuve de la stabilité de l'ASE, ce qui permet de remplir les objectifs du § 5.1.2, alinéas b) et c). Pour atteindre l'objectif du § 5.1.3, il faut effectuer aussi une analyse et une évaluation des erreurs opérationnelles, ce que l'on verra au § 5.3.

5.2.17 Il est à noter que les prescriptions de surveillance, en particulier la mesure de la TVE, ont été établies à un niveau rigoureux. Du fait de ces critères, les données recueillies et l'expérience opérationnelle acquise pourraient contribuer à un certain assouplissement des prescriptions de surveillance. Par exemple, s'il pouvait être démontré qu'il n'y a pas de corrélation significative entre un exploitant et les capacités techniques de maintien d'altitude de ses aéronefs, il pourra être envisagé d'utiliser les données de TVE d'un certain type d'aéronef recueillies dans le cadre d'un programme RVSM régional pour estimer la probabilité $P_2(1\ 000)$ qui existe dans une autre région, éliminant ainsi la nécessité de collecter les données de TVE pour l'ensemble des aéronefs de ce type. Les groupes de planification régionale pourraient donc décider d'obtenir les données de surveillance des RMA de régions où la TVE est déjà calculée pour déterminer l'étendue de leurs propres programmes de surveillance. Des données sur les erreurs opérationnelles et les imprévus en vol devront cependant être recueillies pour l'évaluation du risque global, ces sortes d'erreurs étant spécifiques à chaque région.

5.3 ANALYSE ET ÉVALUATION DES ERREURS OPÉRATIONNELLES ET DES IMPRÉVUS EN VOL

5.3.1 Pour remplir l'objectif de surveillance exposé au § 5.1.1, alinéa b), les RPG devront constamment analyser et évaluer l'incidence du RVSM sur le risque lié aux erreurs opérationnelles et aux imprévus en vol. La fréquence d'occurrence de ces erreurs n'est pas considérée comme étant fonction des minimums de séparation appliqués, car elles sont communes à tout l'environnement de l'espace aérien et ne sont pas limitées aux opérations RVSM. Les RPG devraient prendre les mesures nécessaires pour faire en sorte que le niveau de risque de collision lié à ces événements ne compromette pas le niveau de sécurité mesuré par rapport au TLS ou à une autre cible convenue. Ces mesures sont exposées en détail au § 5.4.4, dans les tâches de la RMA.

5.3.2 Le processus de surveillance impliquera la collecte continue de données d'exploitation, et il faudra disposer de méthodes appropriées de traitement de ces données pour permettre la comparaison avec les objectifs généraux de sécurité convenus à l'échelle régionale. Les données d'exploitation peuvent provenir de sources telles que l'observation directe, l'enquête de sécurité sur les opérations normales (NOSS), les audits de sécurité en service de ligne (LOSA), les comptes rendus d'événement obligatoires ou les comptes rendus de quasi-collision, et autres. Les RPG et autres parties intéressées à l'examen de ces comptes rendus et aux suites qui leur sont données devraient être prêts à prendre les mesures qui s'imposent. En cas d'augmentation inacceptable du risque, les activités de suivi devraient être fondées sur une analyse approfondie de la cause de l'augmentation et sur la mise en œuvre de mesures d'atténuation s'il y a lieu. Il est nécessaire d'exercer une surveillance continue pour vérifier que les mesures de suivi produisent l'effet voulu de compensation ou réduction du risque.

5.3.3 L'Appendice A donne des précisions sur l'analyse du risque associé aux erreurs opérationnelles et aux imprévus en vol.

5.4 RESPONSABILITÉS DES AUTORITÉS

Introduction

5.4.1 La méthode d'évaluation des performances du système est décrite en rapport avec les tâches précises qui incombent aux divers organismes constituant une organisation régionale type :

- a) groupe de planification régionale ;
- b) agence de surveillance régionale ;
- c) contrôle de la circulation aérienne.

Responsabilités du groupe de planification régionale (RPG)

5.4.2 La responsabilité générale du maintien des performances du système RVSM incombe au RPG.

5.4.3 Le contrôle du système exige que le RPG procède à un examen annuel de tous les aspects de son fonctionnement. Tout examen devrait comprendre :

- a) une évaluation de la sécurité du système ;
- b) la vérification ou la modification des paramètres employés dans le CRM ;
- c) un examen minutieux des données et comptes rendus provenant de la RMA ;
- d) la recommandation de mesures visant à réduire le risque associé au système et à améliorer les performances de maintien d'altitude ;
- e) la recommandation d'améliorations du processus de surveillance.

Responsabilités de l'agence de surveillance régionale (RMA)

5.4.4 L'expérience acquise grâce à la surveillance des vols RVSM dans le monde appuie le principe d'avoir une RMA pour chaque région, ce qui s'est révélé essentiel pour la sécurité. La RMA a un rôle très important à jouer dans tous les aspects du processus de surveillance. Une de ses priorités est de tenir une base de données sur les aéronefs homologués par les autorités nationales compétentes pour les opérations aux niveaux RVSM dans la région. C'est un élément indispensable du processus de surveillance car cette information est d'importance capitale si l'on veut que les données sur les performances de maintien d'altitude recueillies par les systèmes de surveillance soient utiles à l'analyse du risque. Les RMA sont appelées à échanger les informations de bases de données avec les autres RMA, en ce qui concerne en particulier les données d'homologation et de surveillance du maintien d'altitude.

5.4.5 Comme suite au § 5.4.4, les fonctions types d'une RMA sont les suivantes :

a) recevoir les comptes rendus sur les écarts d'altitude d'aéronefs non conformes dont l'ampleur est égale ou supérieure aux critères suivants :

- 1) TVE \geq 90 m (300 ft) ;
- 2) ASE \geq 75 m (245 ft) ;
- 3) AAD \geq 90 m (300 ft) ;

Note.— Les chiffres ci-dessus sont des valeurs absolues et ne tiennent pas compte d'une éventuelle erreur de mesure du système de surveillance du maintien d'altitude utilisé. Le seuil auquel une action de suivi sera amorcée devrait tenir compte de l'imprécision inhérente du système de surveillance.

b) prendre, avec l'État et l'exploitant concernés, les mesures nécessaires pour :

- 1) déterminer la cause probable de l'écart d'altitude ;
- 2) vérifier le statut d'agrément de l'exploitant ;

c) recommander, lorsque c'est possible, des mesures correctives ;

d) analyser les données pour déceler les tendances à s'écarter de l'altitude autorisée et prendre les mesures évoquées à l'alinéa c) ;

e) procéder aux collectes de données demandées par le RPG afin de permettre :

- 1) l'étude des performances de maintien d'altitude des aéronefs dans la partie centrale de la distribution ;
- 2) la création d'une base de données ou l'ajout de données à une base existante sur les performances de maintien d'altitude :
 - i) de la population d'aéronefs ;
 - ii) des différents types ou catégories d'aéronefs ;
 - iii) de cellules individuelles ;

- f) surveiller le niveau de risque de collision lié aux erreurs opérationnelles et aux imprévus en vol, comme suit :
- 1) établir un mécanisme pour la collecte et l'analyse de tous les comptes rendus d'écart d'altitude de 90 m (300 ft) ou plus résultant des erreurs/actions ci-dessus ;
 - 2) déterminer, chaque fois que c'est possible, la cause fondamentale de chaque écart, ainsi que son ampleur et sa durée ;
 - 3) calculer la fréquence d'occurrence ;
 - 4) évaluer le risque global (risque technique combiné au risque lié aux erreurs opérationnelles et aux imprévus en vol) du système par rapport aux objectifs généraux de sécurité (voir § 2.1) ;
 - 5) prendre les mesures correctives nécessaires ;

Note.— Il importe de garder à l'esprit que les écarts d'altitude dus à des erreurs opérationnelles ou à des imprévus en vol se produisent dans tout espace aérien, indépendamment du minimum de séparation. L'objet du maintien de cette activité de surveillance est de veiller à ce que l'exploitation en espace aérien RVSM n'entraîne pas un accroissement du risque de collision lié à de telles causes et à ce que le risque vertical total ne dépasse pas les objectifs généraux de sécurité convenus (voir § 2.1). Les actions ou mesures proposées pour réduire le risque ne devraient pas concerner exclusivement l'espace aérien RVSM.

- g) procéder à des vérifications du « statut d'homologation » des aéronefs volant dans l'espace aérien RVSM considéré (voir § 3.3.3 à 3.3.6), identifier les exploitants non agréés et les aéronefs non homologués qui utilisent l'espace aérien RVSM et aviser en conséquence l'État d'immatriculation ou l'État de l'exploitant ;
- h) diffuser des comptes rendus réguliers sur tous les écarts d'altitude, avec les graphiques et tableaux nécessaires pour établir la relation entre l'estimation du risque du système et le TLS, en employant les critères exposés au § 5.2.8, des modèles étant proposés à l'Appendice A ;
- i) présenter des rapports annuels au RPG.

Responsabilités des autorités nationales de réglementation dans le processus de surveillance

5.4.6 Dans le cadre du processus mis en place pour surveiller que la spécification mondiale de performances du système et la spécification mondiale de performances de maintien d'altitude sont respectées, une surveillance indépendante des performances de maintien d'altitude des aéronefs dans une région donnée peut être instaurée. Il incombera à la RMA de rassembler et d'analyser les données de maintien d'altitude et, au cas où la surveillance révélerait qu'un aéronef homologué RVSM a une ASE ou une TVE qui excède les limites, après correction pour l'imprécision de mesure du système comme indiqué au § 5.4.5, d'en informer l'autorité nationale et l'exploitant concernés. L'autorité nationale sera invitée à prendre des mesures pour aider la RMA à déterminer la cause de l'erreur. Si l'enquête aboutit à une conclusion défavorable, l'autorité nationale pourra envisager de suspendre ou de révoquer l'agrément RVSM de l'exploitant. Après tout travail de rectification, l'exploitant serait appelé à nouveau à démontrer la conformité à la MASPS pour le RVSM, en veillant à ce que l'aéronef en cause ait été surveillé à la première occasion par un système indépendant de surveillance de l'altitude.

Rôle de l'autorité ATC compétente dans la surveillance des performances de maintien d'altitude

5.4.7 L'autorité ATC a un rôle vital à jouer dans le processus de surveillance, en ce sens qu'il faut collecter et communiquer des renseignements sur tout écart d'ampleur égale ou supérieure à 90 m (300 ft) par rapport au niveau autorisé, **quelle qu'en soit la cause**, et que l'écart ait provoqué un incident ou non. Ces renseignements aideront à l'analyse du niveau de risque global du système. Les renseignements dont la RMA a besoin pour l'analyse du risque pourraient comprendre les données suivantes, selon la région de mise en œuvre :

- a) organisme d'origine des données ;
 - b) lieu de l'écart, en latitude/longitude ou sous la forme d'un cap et d'une distance par rapport à un point significatif ;
 - c) date et heure d'un important écart d'altitude ;
 - d) subdivision de l'espace aérien, telle qu'un système de routes établi, le cas échéant ;
 - e) identification du vol et type d'aéronef ;
 - f) niveau de vol assigné ;
 - g) niveau de vol (ou altitude) final communiqué et base d'établissement (p. ex. compte rendu du pilote ou mode C) ;
 - h) durée du vol à l'écart du niveau (ou de l'altitude) autorisé ;
 - i) cause possible de l'écart ;
 - j) autre trafic en conflit possible pendant l'écart ;
 - k) observations de l'équipage lorsqu'il a été averti de l'écart ;
 - l) observations de l'organisme ATC qui établit le compte rendu.
-

Appendice A

ASPECTS QUANTITATIFS DE LA SURVEILLANCE DES PERFORMANCES DU SYSTÈME

1. INTRODUCTION

1.1 Le présent appendice donne des indications sur les aspects quantitatifs de la surveillance des performances du système indépendante associée aux opérations RVSM. Il porte sur la collecte, le traitement et l'emploi des données nécessaires pour démontrer que la conformité à la spécification mondiale de performances du système dont il a été question au Chapitre 2, § 2.2, est satisfaisante. Il donne des précisions sur la probabilité de chevauchement vertical, $P_z(1\ 000)$. Il présente aussi un processus de vérification des performances de maintien d'altitude pour les opérations RVSM et donne un exemple de calcul des exigences de taille des échantillons associées à l'analyse de la sécurité dans une région hypothétique.

1.2 On trouvera plus de précisions sur les questions abordées dans cet appendice dans des éléments indicatifs régionaux, tel le Supplément au Doc 002 NAT sur les aspects d'analyse du risque et de surveillance dans le contexte du RVSM NAT.

1.3 Il est à noter que les éléments indicatifs de cet appendice sont essentiellement axés sur l'analyse du risque lié aux écarts techniques de maintien d'altitude, mais qu'il convient aussi de prendre en compte le risque attribuable aux erreurs opérationnelles et aux imprévus en vol. Le § 5 de cet appendice contient des renseignements à ce sujet.

2. ANALYSE DU RISQUE DE COLLISION

Introduction

2.1 L'emploi de méthodes analytiques pour guider les décideurs au sujet de la sécurité d'une activité est ce que l'on appelle généralement analyse de risque. Une telle analyse comporte deux éléments : estimation du risque et évaluation du risque. On entend par estimation du risque le processus qui consiste à calculer le niveau de risque à prévoir qui résultera de l'activité ou de la proposition envisagée. On entend par évaluation du risque le processus qui consiste à décider si un tel niveau de risque est acceptable.

2.2 Le terme « risque » est employé pour un indice numérique de sécurité. Appliquée à un problème particulier, une définition formelle du risque exige que l'unité de mesure de ce risque soit spécifiée. Dans le cas de l'évaluation du risque de collision, l'unité adoptée ici est le nombre d'accidents mortels par heure de vol.

2.3 La méthode d'estimation du risque repose sur l'utilisation d'un modèle de risque de collision (CRM), qui exprime le risque de collision en vol dans un espace aérien en fonction d'un certain nombre de paramètres quantifiables. La méthode d'évaluation du risque vise à établir le niveau de risque jugé acceptable, désigné par l'expression « niveau de sécurité visé » (TLS). C'est au TLS que le risque estimé pourra être comparé, ce qui donnera une base quantitative pour juger de la sécurité des opérations dans un espace aérien.

Le modèle de risque de collision

2.4 Le risque de collision à modéliser est celui qui résulte de la perte de la séparation verticale aux procédures entre des aéronefs volant entre les niveaux de vol 290 et 410 inclus dans une portion donnée d'un espace aérien. Une collision entre deux aéronefs est comptée comme deux accidents. Le risque de collision dépend à la fois du nombre total et des types d'aéronefs en vol dans le système ainsi que des caractéristiques du système.

2.5 Le CRM fournit une estimation du nombre d'accidents susceptibles de se produire par heure de vol dans un système d'espace aérien du fait de collisions résultant de la perte de la séparation verticale aux procédures dans un environnement RVSM.

2.6 Le modèle de base, applicable indifféremment à l'analyse de la séparation verticale, latérale ou longitudinale, est exprimé au moyen de paramètres quantifiables. Dans la dimension verticale, le CRM peut être décomposé de façon à modéliser séparément une route sur laquelle des aéronefs volent dans le même sens ou en sens opposés à des niveaux de vol adjacents, des paires de routes sécantes et des combinaisons de routes individuelles et de routes sécantes.

2.7 Trois paramètres utilisés dans le modèle de base : la probabilité de chevauchement vertical, $P_z(1\ 000)$, la probabilité de chevauchement latéral, $P_y(0)$, et la fréquence des croisements/dépassements d'aéronefs, sont les quantités les plus importantes pour la détermination du risque de collision dans le plan vertical. Le paramètre le plus difficile à estimer est la probabilité de chevauchement vertical.

2.8 La spécification mondiale de performances du système, présentée au Chapitre 2, § 2.2, fixe une limite aux valeurs maximales associées à chacun de ces paramètres pour assurer un niveau acceptable du risque de collision dû à la perte de la séparation verticale aux procédures dans l'espace aérien mondial. La spécification mondiale de performances de maintien d'altitude, présentée au Chapitre 2, § 2.3, énonce les exigences en matière de performances de maintien d'altitude nécessaires pour satisfaire la probabilité $P_z(1\ 000)$ de la spécification mondiale de performances du système.

2.9 Dans le cas d'autorisations de trafic sécant et de « cheminement direct » (*direct-to*), la forme généralisée de la spécification mondiale de performances du système présentée au § 2.2.3 est plus appropriée. Elle limite les valeurs maximales pour la probabilité de chevauchement vertical et la fréquence des croisements/dépassements avec chevauchement horizontal pour assurer un niveau acceptable du risque de collision dû à la perte de la séparation verticale aux procédures, dans tout l'espace aérien mondial.

2.10 Le § 3 de cet appendice traite de la surveillance de la probabilité de chevauchement latéral et de la fréquence des croisements/dépassements. Le § 4 décrit brièvement des méthodes utilisables pour surveiller la probabilité de chevauchement vertical et déterminer si la spécification de performances de maintien d'altitude est respectée.

2.11 Les autres paramètres du CRM ne devraient pas varier sensiblement avec le temps. Néanmoins, les RMA devraient avoir conscience, comme indiqué au § 5.2.15, de leur importance relative dans le processus d'analyse du risque global, et en déterminer périodiquement les valeurs probables. Le Tableau A-1 indique les valeurs des paramètres du risque de collision utilisées pour obtenir une probabilité $P_z(1\ 000)$ de $1,7 \times 10^{-8}$, nécessaire pour atteindre l'objectif de sécurité pour le risque technique du RVSM (voir Chapitre 2, § 2.1).

Le niveau de sécurité visé

2.12 Le TLS représente le niveau acceptable de risque, dans la perspective de la décision envisagée. En aviation, le TLS est exprimé par un nombre d'accidents mortels par heure de vol, car c'est le nombre, plutôt que la gravité individuelle des accidents mortels, que les décideurs peuvent espérer maîtriser par le choix de valeurs normalisées de séparation.

Tableau A-1. Valeurs des paramètres utilisées pour définir la spécification mondiale de performances de maintien d'altitude

<i>Description</i>	<i>Valeur/unité</i>
Écart type de maintien latéral de trajectoire (s_y)	550 m (0,3 NM)
Probabilité de chevauchement latéral [$P_y(0)$]	0,058
Fréquence des croisements (sens opposés) [$N_x(\text{opp})$]	2,5 croisements/heure
Fréquence des dépassements (même sens) [$N_x(\text{même})$]	0 dépassement/heure
Fréquence des croisements (trafic sécant) [$N_{xy}(\text{sec})$]	0 croisement/heure
Longueur moyenne des aéronefs (λ_x)	45 m (148 ft)
Envergure moyenne des aéronefs (λ_y)	45 m (148 ft)
Hauteur moyenne des aéronefs (λ_z)	15 m (50 ft)
Vitesse relative moyenne des aéronefs (même sens) ($ \Delta V $)	37 km/h (20 kt)
Vitesse moyenne des aéronefs ($ V $)	870 km/h (470 kt)
Vitesse transversale relative moyenne des aéronefs ($ y $)	7 km/h (4 kt)
Vitesse verticale relative moyenne des aéronefs pendant la perte de séparation verticale ($ z $)	19 km/h (10 kt)

2.13 Le Groupe RGCSP a choisi un TLS de $2,5 \times 10^{-9}$ accident mortel par heure de vol comme limite supérieure pour le risque « attribuable à la perte de la séparation verticale aux procédures » pour guider l'élaboration de la spécification mondiale de performances du système.

Note.— Le TLS de $2,5 \times 10^{-9}$ accident mortel par heure de vol s'applique uniquement aux écarts techniques de maintien d'altitude.

3. SURVEILLANCE DE LA FRÉQUENCE DES CROISEMENTS/DÉPASSEMENTS ET DES PERFORMANCES DE NAVIGATION LATÉRALE

3.1 Veiller à ce que la fréquence des croisements/dépassements et les performances de navigation latérale dans un espace aérien respectent la spécification mondiale de performances du système est une exigence constante de la surveillance de la sécurité dans un espace aérien RVSM. Les paramètres de surveillance sont indiqués au Chapitre 5 de ce manuel. Le texte ci-après présente des procédures pour l'estimation et l'essai des paramètres conformément à ces prescriptions.

Surveillance de la fréquence des croisements/dépassements

Introduction

3.2 La proportion de temps pendant laquelle des aéronefs volant à des niveaux de vol adjacents sont exposés au risque de collision résultant de la perte de la séparation verticale aux procédures est prise en compte, dans la spécification mondiale de performances du système, par la définition d'une fréquence maximale des croisements/

dépassements d'aéronefs sur la même route. Cette valeur, soit 2,5 croisements/dépassements par heure de vol, a été choisie pour tenir compte de la croissance du trafic mondial à l'horizon de planification pris en compte dans ce manuel. Dans la pratique, il peut y avoir exposition lorsqu'un aéronef en dépasse (même sens) ou en croise (sens opposés) un autre qui suit la même route que lui à un niveau de vol adjacent ou lorsque deux aéronefs qui suivent des routes distinctes se croisent à un point d'intersection. (Un paramètre étroitement lié, souvent employé dans les réseaux de routes océaniques, est l'« occupation », à savoir une mesure du nombre d'aéronefs en vol à des niveaux adjacents, à l'intérieur d'une distance spécifiée par rapport à un aéronef de référence.) La surveillance des performances du système indépendante exige que l'effet combiné de la fréquence de ces divers types de croisement/dépassement soit estimé en utilisant des données sur les mouvements de trafic dans l'espace aérien RVSM. Ceci est à comparer à 2,5 croisements (sens opposés) par heure de vol. Ces opérations devraient être établies sur l'ensemble de l'espace aérien considéré si c'est possible de le faire. Si l'espace aérien couvre une zone régionale, l'estimation devrait porter sur l'espace aérien combiné de trois ACC voisins couvrant les courants de trafic les plus denses ou la fréquence de croisement/dépassement la plus élevée, pour permettre de traiter le problème des courants de trafic denses où le risque de collision peut être supérieur à la moyenne.

3.3 La méthode générale à suivre pour estimer la fréquence des différents types de croisement/dépassement est présentée ci-dessous aux § 3.4 à 3.13. Les procédures permettant de comparer l'effet combiné de la fréquence estimée à la valeur utilisée pour l'élaboration de la spécification mondiale de performances de maintien d'altitude sont présentées aux § 3.14 à 3.19 ci-dessous.

Estimation de la fréquence des croisements/dépassements

Données requises

3.4 Des données de vol sont nécessaires pour estimer la fréquence des croisements/dépassements (ou l'occupation, le cas échéant). Ces données devraient tenir compte de la variabilité des flux de trafic dans l'espace aérien RVSM, en accord avec les indications du § 2.2 du Chapitre 2, variabilité due aux fluctuations journalières, hebdomadaires et saisonnières de la demande. Dans la pratique, un tel échantillonnage a été réalisé en choisissant une certaine date ou une certaine semaine du mois et en rassemblant les données de trafic (réelles ou simulées) correspondant à cette période pour une année.

Types de données

3.5 Les données employées pour déterminer la fréquence des croisements/dépassements impliquant un chevauchement horizontal peuvent provenir de fiches de progression de vol sur papier ou de systèmes automatisés utilisant des entrées en provenance des systèmes de surveillance ATS. Le principe de base est de calculer le nombre total de croisements/dépassements, en multipliant par 2 et en divisant par le nombre total d'heures de vol entre les niveaux de vol 290 et 410 inclus, en vol rectiligne et en palier.

3.6 Il y a lieu d'obtenir les données suivantes relatives au temps et aux flux pour chaque secteur en route ACC en rapport avec l'espace aérien évalué :

- a) durée pendant laquelle les pistes radar du système de surveillance ATS ont été enregistrées ;
- b) nombre total d'aéronefs dans le secteur ;
- c) débit de la circulation (par heure à chaque niveau de vol) franchissant la limite du secteur ;
- d) nombre total d'heures de vol en palier, classé par niveau de vol le plus proche ;

- e) nombre total d'heures de vol en montée/descente, classé par niveaux de vol adjacents.

Estimation de la fréquence des croisements/dépassements pour aéronefs volant sur la même route, dans le même sens ou en sens opposés

3.7 Toutes les routes dans l'espace aérien considéré devraient être examinées individuellement lorsque l'on cherche à estimer la fréquence des croisements/dépassements ou de l'occupation. Si cela n'est pas réalisable, il faut veiller à ce que les routes analysées donnent des estimations représentatives. Chaque route devrait être divisée en segments, par exemple en fonction des points de compte rendu ou des emplacements des aides de navigation. Il faut ensuite examiner, manuellement ou automatiquement, les données sur les mouvements de trafic, par niveau de vol sur chaque segment, afin de déterminer le nombre de paires d'aéronefs en situation de dépassement (même sens) et de croisement (sens opposés) à des niveaux de vol adjacents. Le nombre de croisements (sens opposés) et de dépassements (même sens) devrait ensuite être combiné avec les comptages similaires provenant de tous les autres segments de route analysés. La somme de tous les croisements (sens opposés) et dépassements (même sens) devrait ensuite être multipliée par 2 et divisée par le nombre total d'heures de vol entre les niveaux de vol 290 et 410 inclus, en vol rectiligne et en palier, sur les segments de route pendant les périodes analysées, donnant les estimations des fréquences de dépassement (même sens) et de croisement (sens opposés). Si une analyse d'occupation est jugée appropriée, l'occupation dans le plan vertical pourra être estimée selon une méthode analogue à celle qui est indiquée pour estimer l'occupation dans le sens latéral dans le *Manuel de planification des services de la circulation aérienne* (Doc 9426), 2^e Partie, Section 2, Chapitre 4, Appendice C.

Estimation de la fréquence des croisements sur routes sécantes

3.8 Après avoir identifié les routes sécantes dans l'espace aérien analysé, il faut estimer la fréquence des croisements à tous les points d'intersection. Si cela n'est pas réalisable, il faut veiller à ce que les intersections analysées donnent des estimations représentatives. Le nombre de paires d'aéronefs avec chevauchement horizontal aux points d'intersection devrait être compté, multiplié par 2, et le produit divisé par le temps de vol total dans l'échantillon d'espace aérien RVSM pour obtenir une estimation de la fréquence des croisements aux points d'intersection.

3.9 Les croisements avec chevauchement horizontal aux points d'intersection de routes sont des événements rares et leur fréquence est difficile à estimer. Il est néanmoins possible d'estimer cette fréquence ; les flux de trafic représentatifs de routes sécantes peuvent être utilisés dans un modèle similaire à celui qui est présenté dans le Doc 9426.

3.10 En espace aérien continental à forte densité de circulation, les vols sont généralement sous surveillance du système ATS et sont soumis au contrôle ATC tactique. Cela donne lieu à des configurations de circulation très complexes et souvent très variables, les trajectoires réellement suivies s'écartant des routes ATS publiées et se croisant à des angles variés. Il n'est donc pas possible d'estimer avec précision une fréquence des croisements/dépassements sur la seule base de l'information concernant les flux de trafic sur les routes ATS.

3.11 On peut obtenir un tableau réaliste des configurations de circulation réelles à partir des données du système de surveillance ATS. Ces données permettent de déterminer d'abord si deux aéronefs se croisent/se dépassent à l'intérieur d'un volume spécifié d'espace aérien. Dans l'affirmative, cette paire d'aéronefs contribue à la fréquence des croisements/dépassements dans l'espace aérien considéré. On peut aussi estimer la vitesse relative réelle à partir des données du système de surveillance ATS. Cette information peut ensuite être traitée comme dans le cas d'un espace aérien avec routes sécantes.

3.12 De même que les croisements avec chevauchement horizontal aux intersections, les croisements/dépassements avec chevauchement horizontal dans le cas de cheminements directs sont rares et difficiles à estimer. On peut surmonter le problème en définissant de manière appropriée les événements de proximité verticale.

Vérification de la fréquence des croisements/dépassements

3.13 Dans un espace aérien consistant en une structure de routes sans routes sécantes, la vérification peut être faite en reportant les valeurs estimées des fréquences de dépassement $N_x(\text{même})$ et de croisement $N_x(\text{opp})$ sur la Figure A-1. Si ces valeurs se situent dans la zone ombrée, la fréquence des croisements/dépassements dans l'espace aérien considéré n'influence pas plus le risque que la fréquence qui a servi à élaborer la spécification mondiale de maintien d'altitude définie au Chapitre 2, § 2.3, du présent manuel. Si les valeurs se situent à l'extérieur de la zone ombrée, un compromis entre les paramètres de la spécification mondiale de performances du système sera peut-être possible, comme indiqué aux § 2.2.5 à 2.2.8 et expliqué plus amplement dans les paragraphes ci-après. Si le compromis est impossible, la fréquence des croisements/dépassements dans l'espace aérien est trop élevée pour répondre aux objectifs techniques de sécurité. Le RPG devrait peut-être envisager de recourir à une certaine forme de gestion du trafic aérien ou de restructuration de l'espace aérien.

3.14 En supposant une probabilité de chevauchement vertical, $P_z(1\ 000)$, égale à $1,7 \times 10^{-8}$, le premier type de compromis à envisager fait intervenir la fréquence des croisements/dépassements et la performance de navigation latérale (voir Figure A-2). Ce compromis exige que soit connue une estimation de la probabilité de chevauchement latéral, $P_y(0)$, et qu'elle soit inférieure à 0,058, valeur correspondant à un écart type de l'erreur latérale de maintien de trajectoire de 550 m (0,3 NM). Si l'estimation de la probabilité de chevauchement latéral est supérieure à la valeur de 0,058, ce type de compromis n'est pas possible. Si elle est inférieure, la vérification de l'effet combiné de la fréquence de dépassement (même sens) et de croisement (sens opposés) est donnée par l'inégalité suivante :

$$N_x(\text{opp}) + \frac{2,5}{0,96} N_x(\text{même}) \leq \left(\frac{0,058}{P_y(0)} \right) 2,5 \quad (1)$$

où $P_y(0)$ représente l'estimation de la probabilité de chevauchement latéral. La Figure A-3 montre la zone où la fréquence des croisements/dépassements est acceptable pour deux valeurs de $P_y(0)$, à savoir $P_y(0) = 0,058$ et $P_y(0) = 0,029$. La première valeur permet tout juste de remplir la condition correspondante de la spécification mondiale de performances du système [§ 2.2.2, alinéa b), de ce manuel] et reproduit le résultat figurant sur la Figure A-1. L'autre valeur, égale à la moitié de la première, représente un écart type deux fois plus grand de l'erreur de maintien latéral de trajectoire. La Figure A-2 montre que des combinaisons de valeurs plus grandes de la fréquence des croisements/dépassements sont alors permises.

Note.— Le produit des nombres figurant du côté droit de l'inégalité (1) représente 0,145 croisement avec chevauchement horizontal (voir § 2.2.3 de ce manuel).

3.15 Si les valeurs estimées de la fréquence des croisements/dépassements se situent dans la zone la plus grande de la Figure A-3, le compromis est favorable. Dans le cas contraire, un compromis différent est peut-être possible, cette fois entre les paramètres du domaine horizontal et ceux du domaine vertical, comme indiqué au § 2.2.7 de ce manuel. La vérification de l'effet combiné de la fréquence de dépassement (même sens) et de croisement (sens opposés) est alors donnée par l'inégalité :

$$N_x(\text{opp}) + \frac{2,5}{0,96} N_x(\text{même}) \leq \left(\frac{0,058}{P_y(0)} \right) \left(\frac{1,7 \times 10^{-8}}{P_z(1000)} \right) 2,5 \quad (2)$$

3.16 Pour l'espace aérien qui contient des routes sécantes, une méthode de vérification prudente tenant compte des angles d'intersection et des vitesses des aéronefs a été mise au point. Elle implique de déterminer si la fréquence combinée de tous les croisements/dépassements dans l'espace aérien respecte l'équation suivante :

$$\frac{2,5}{0,96} N_x(\text{même}) + N_x(\text{opp}) + 37,5 N_{xy}(\text{sec}) \leq 2,5 \quad (3)$$

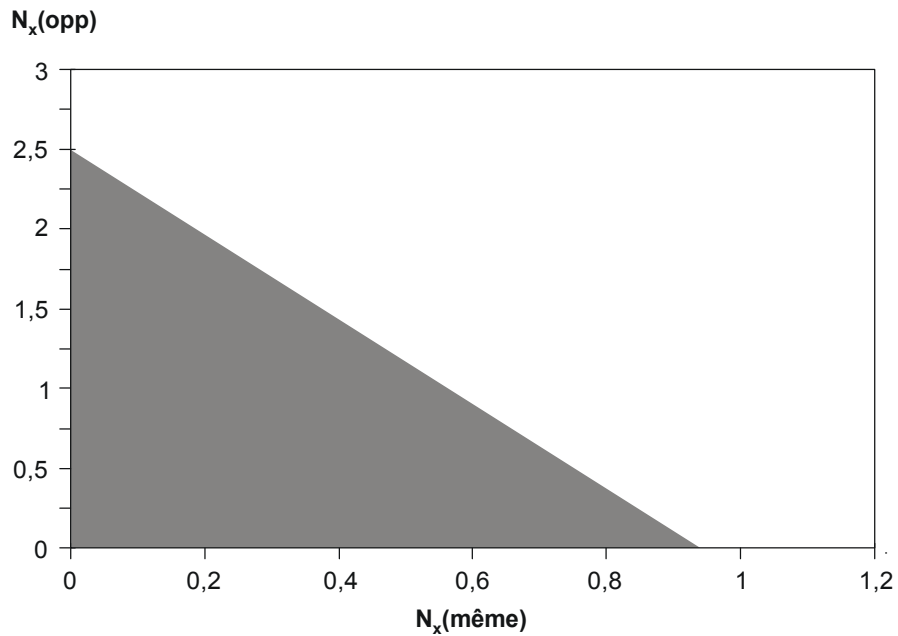


Figure A-1. Zone d'admissibilité de la fréquence des dépassements/croisements pour trafic dans le même sens et en sens opposés

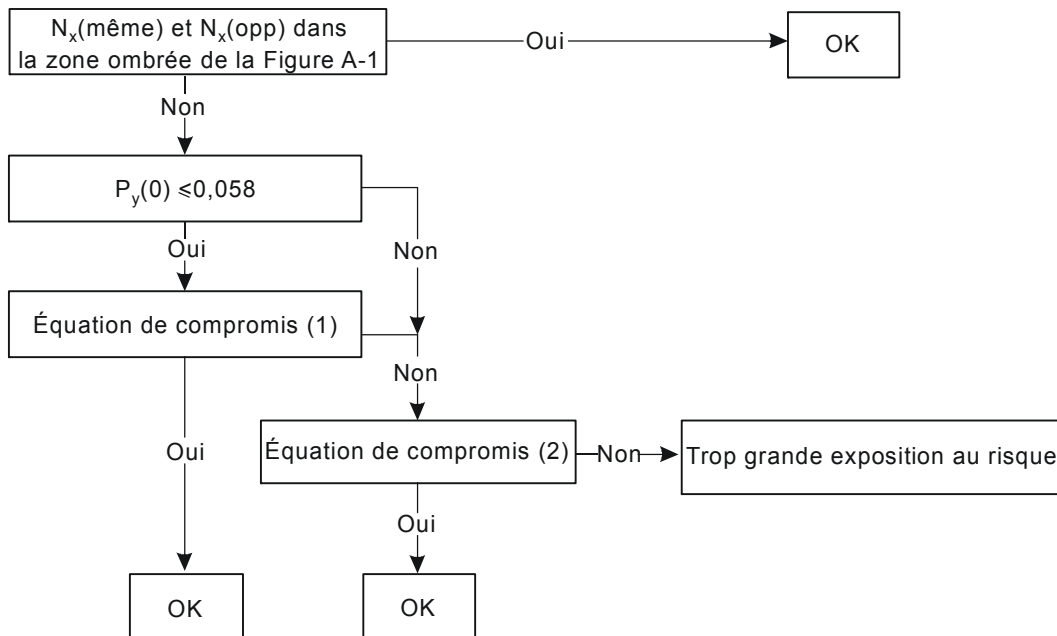


Figure A-2. Organigramme du compromis entre les paramètres de la spécification mondiale de performances du système pour trafic dans le même sens et en sens opposés, lorsque $P_y(0) \leq 0,058$ et en supposant une probabilité $P_z(1\ 000) \leq 1,7 \times 10^{-8}$

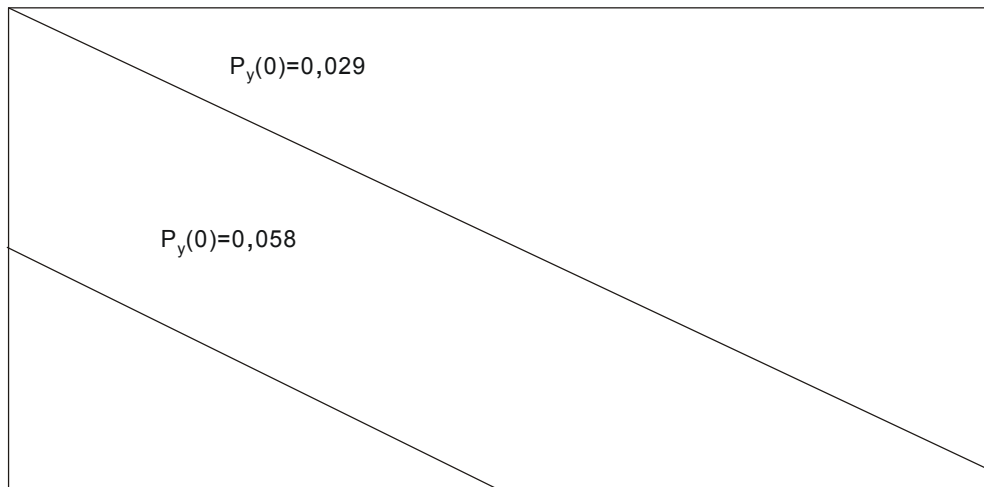


Figure A-3. Zone d'admissibilité de la fréquence des dépassements/croisements pour trafic dans le même sens et en sens opposés, fondée sur un compromis utilisant une probabilité de chevauchement latéral, $P_y(0)$, pour deux valeurs différentes de $P_y(0)$

Note.— Schéma seulement, non à l'échelle.

3.17 Une méthode quelque peu moins prudente peut être appliquée quand l'angle d'intersection minimum n'est pas inférieur à 10°, à savoir :

$$\frac{2,5}{0,96} N_x(\text{même}) + N_x(\text{opp}) + 21,4 N_{xy}(\text{sec}) \leq 2,5 \quad (4)$$

3.18 Si la partie gauche de l'équation (3) ou (4) est inférieure ou égale à 2,5, la vérification est favorable, et la fréquence des croisements/dépassements dans l'espace aérien analysé est inférieure ou égale à la valeur correspondante utilisée pour élaborer la spécification mondiale de performances de maintien d'altitude. Dans le cas contraire, la vérification est défavorable, ce qui signifie soit que la fréquence des croisements/dépassements dans l'espace aérien est trop élevée pour que la spécification puisse être respectée, soit que la combinaison d'angles d'intersection et de vitesses des aéronefs se situe en dehors des plages de valeurs prises en considération lors de l'élaboration de la vérification de l'inégalité. Si tel est le cas, on peut calculer la fréquence des croisements/dépassements au moyen de paramètres du modèle provenant de l'espace aérien considéré. L'inégalité ci-dessus peut aussi être utilisée à la place de la Figure A-1 lorsqu'il n'y a pas de routes sécantes, en donnant la valeur zéro à $N_{xy}(\text{sec})$.

Surveillance des performances de navigation latérale

3.19 À mesure que les performances de navigation latérale dans un espace aérien s'améliorent, le risque de collision due à la perte de séparation verticale aux procédures augmente. Cet effet paradoxal exige d'examiner les performances réelles de maintien latéral de la trajectoire dans l'espace aérien RVSM pour s'assurer que les hypothèses retenues dans l'élaboration de la spécification mondiale de performances de maintien d'altitude sont respectées.

3.20 Les performances de navigation latérale ont influencé la détermination de la spécification mondiale de performances de maintien d'altitude par le biais de l'écart type de maintien latéral de la trajectoire. En supposant une distribution « première de Laplace » du maintien latéral de la trajectoire, la probabilité de chevauchement latéral, $P_y(0)$, peut être représentée sous la forme symbolique :

$$P_y(0) = \lambda_y / (\sigma_y \sqrt{2}) \quad (5)$$

où λ_y correspond à l'envergure moyenne des aéronefs et σ_y à l'écart type de maintien latéral de la trajectoire. Comme le montre le Tableau A-1, on a pris pour hypothèse un écart type de 550 m (0,3 NM) représentant une population d'aéronefs tous équipés d'un système similaire de navigation de surface (RNAV) de précision.

3.21 Lorsque l'on se trouve en présence de différents types de systèmes de navigation, on obtient une estimation de la variance globale en pondérant les variances individuelles selon les proportions d'aéronefs dotés de chacun des types de systèmes. La vérification des performances de navigation latérale est une opération simple : la variation estimée de l'écart type devrait être supérieure à la valeur utilisée pour élaborer la spécification mondiale de performances de maintien d'altitude (soit 550 m [0,3 NM]).

3.22 Si la vérification de l'écart type n'est pas favorable, un compromis est peut-être possible entre la performance de navigation latérale, meilleure, et une fréquence de croisement/dépassement inférieure à celle qui a été prise comme hypothèse dans l'élaboration de la spécification mondiale de performances du système (voir Figure A-4). En supposant que la probabilité de chevauchement vertical, $P_z(1\ 000)$, est égale à $1,7 \times 10^{-8}$, le compromis décrit au § 2.2.6 du présent manuel est obtenu en inversant l'équation (1), soit :

$$\frac{P_y(0)}{0,058} \leq \frac{2,5}{N_x(opp) + \frac{2,73}{1,04} N_x(même)} \quad (6)$$

Le dénominateur de la partie droite de l'équation (6) sera inférieur à 2,5 si la fréquence combinée de l'ensemble des croisements/dépassements se situe dans la zone d'admissibilité illustrée sur la Figure A-1. La partie droite sera alors supérieure à 1, ce qui définit la marge avec laquelle $P_y(0)$ peut excéder la limite originale de 0,058 sans être incompatible avec la partie horizontale de la spécification mondiale de performances du système. La marge de $P_y(0)$ peut être traduite directement en marge applicable à l'écart type, σ_y , de la distribution de l'erreur de maintien latéral de la trajectoire au moyen de l'équation (5).

3.23 Si le compromis décrit au § 2.2.6 de ce manuel n'est pas possible, on peut en dernier lieu examiner la faisabilité d'un compromis entre les domaines vertical et horizontal, comme indiqué au § 2.2.7. Ainsi, en supposant que la probabilité de chevauchement vertical, $P_z(1\ 000)$, soit nettement inférieure à $1,7 \times 10^{-8}$, le compromis est obtenu en inversant l'équation (2), comme suit :

$$\frac{P_y(0)}{0,058} \leq \left(\frac{1,7 \times 10^{-8}}{P_z(1000)} \right) \frac{2,5}{N_x(opp) + \frac{2,5}{1,96} N_x(même)} \quad (7)$$

3.24 Le premier rapport figurant dans la partie droite de l'équation (7) fournit la marge due au fait que $P_z(1\ 000)$ soit nettement inférieure à la limite de $1,7 \times 10^{-8}$, par exemple $1,7 \times 10^{-9}$, ce qui donne un facteur de 10. La marge qui en résulte pour $P_y(0)$ dépend de la valeur de la fréquence des croisements/dépassements, comme le montre le second rapport dans la partie droite de l'équation (7). Si les valeurs estimées des deux composantes de la fréquence des croisements/dépassements se situent dans la zone d'admissibilité de la Figure A-1, on obtient alors une marge additionnelle (qui était en elle-même insuffisante pour la performance de navigation latérale supérieure décrite au § 3.20 pour le premier type de compromis). Si les valeurs estimées des deux composantes se situent en dehors de la zone d'admissibilité de la Figure A-1, le second rapport est alors inférieur à 1 et absorbe une partie (ou la totalité) de la marge donnée par la dimension verticale (ce qui aura déjà été trouvé indépendamment dans la vérification de la fréquence des croisements/dépassements, voir § 3.12 à 3.14). Ainsi, la marge ultime pour $P_y(0)$ est donnée par la partie droite complète de l'équation (7).

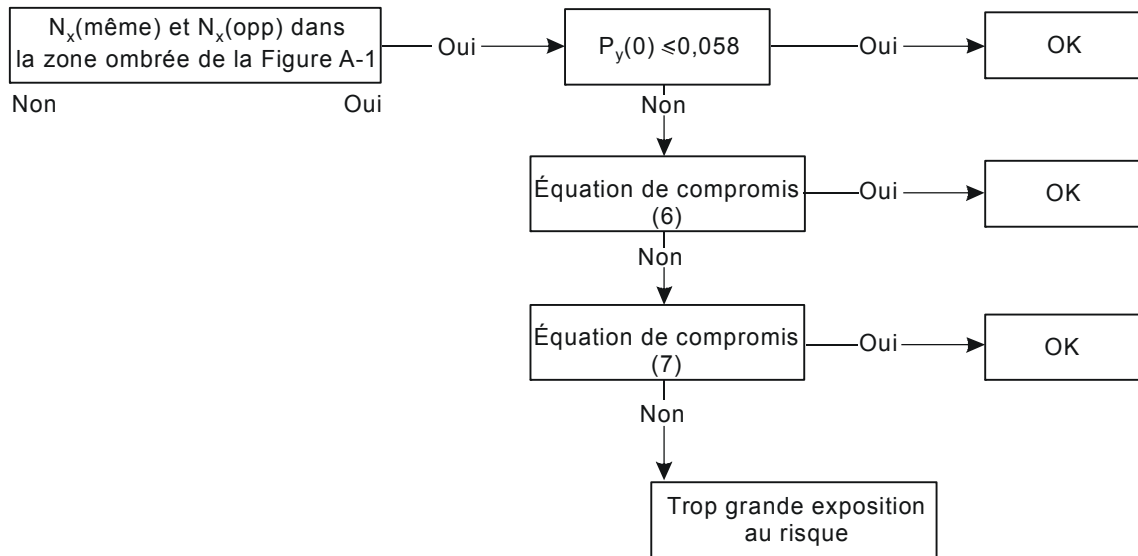


Figure A-4. Organigramme du compromis entre les paramètres de la spécification mondiale de performances du système pour trafic dans le même sens et en sens opposés, lorsque la combinaison de la fréquence des dépassements (même sens) et croisements (sens opposés) est située dans la zone ombrée de la Figure A-1 et en supposant une probabilité $P_z(1\ 000) \leq 1,7 \times 10^{-8}$

3.25 Les compromis illustrés par les Figures A-3 et A-4 peuvent être combinés en un organigramme unique, représenté sur la Figure A-5. Il y a lieu de noter la présence d'un élément supplémentaire pour tenir compte du cas où $N_x(\text{même})$ et $N_x(\text{opp})$ ne se situent pas dans la zone ombrée de la Figure A-1 et où $P_y(0)$ n'est pas inférieur ou égal à 0,058. Dans ce cas, le compromis décrit au § 2.2.7 de ce manuel, entre la probabilité de chevauchement vertical et les paramètres de l'espace aérien, peut encore être possible. L'équation correspondant à ce compromis est la suivante :

$$P_y(0) \leq \left\{ N_x(\text{opp}) + \frac{2,5}{0,96} N_x(\text{même}) \right\} \tag{8}$$

$$\left(\frac{1,7 \times 10^{-8}}{P_z(1000)} \right) (0,058)(2,5)$$

Application du processus de vérification à l'espace aérien étudié par le Groupe RGCSF

3.26 L'espace aérien étudié par le Groupe RGCSF a été examiné en vue de donner des exemples d'application du processus de vérification. Les écarts types de maintien latéral de la trajectoire et les valeurs de la fréquence des croisements/dépassements sont tirés du rapport de la réunion RGCSF/6.

3.27 À titre d'exemple d'espace aérien où prédominent des routes parallèles, on a reporté dans la Figure A-6 les valeurs de la fréquence des croisements/dépassements qui ont été estimées pour l'espace aérien NAT. On voit qu'elles sont nettement à l'intérieur de la zone d'admissibilité. On a aussi reporté sur cette figure les valeurs de la fréquence des croisements et dépassements établies pour les espaces aériens des États-Unis, de l'Europe et du Japon.

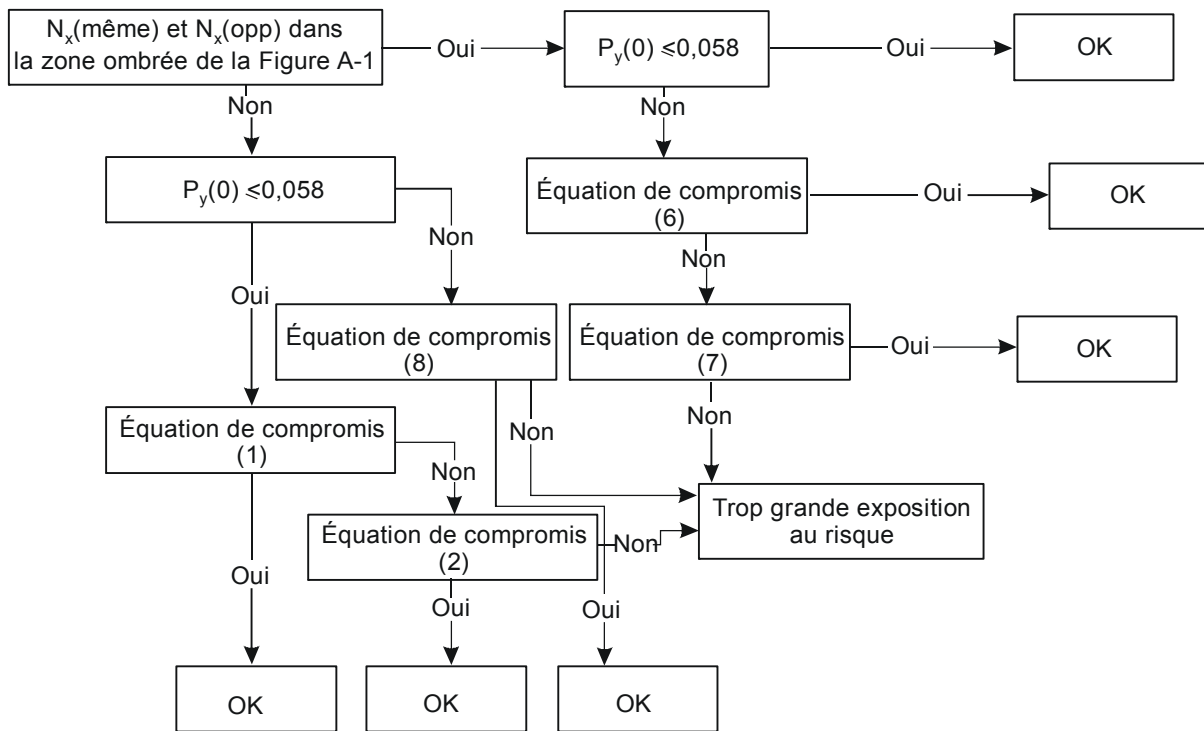


Figure A-5. Organigramme du compromis entre les paramètres de la spécification mondiale de performances du système pour trafic dans le même sens et en sens opposés, en supposant une probabilité $P_z(1\ 000) \leq 1,7 \times 10^{-8}$

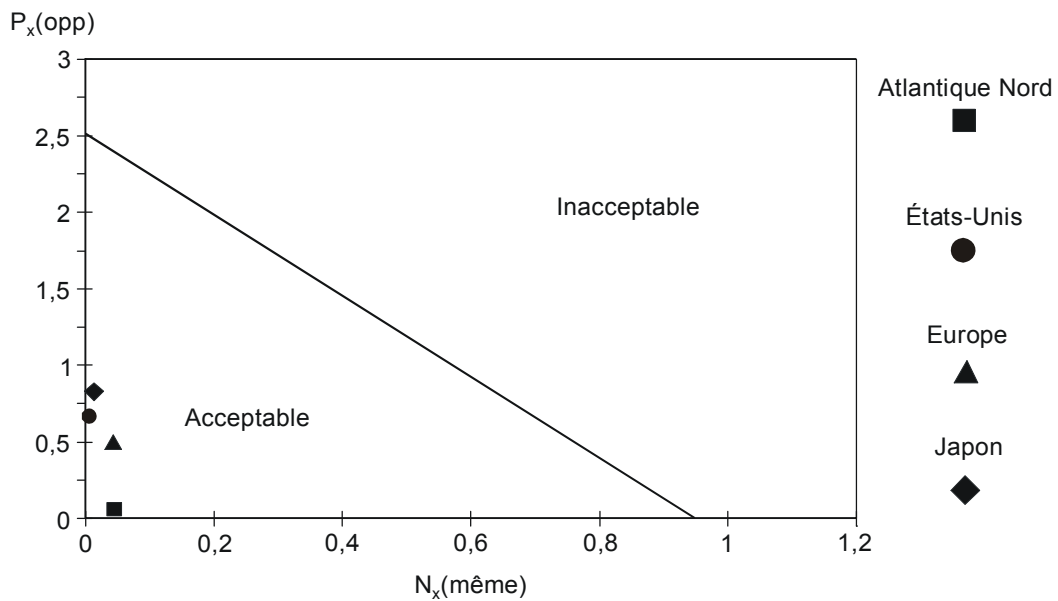


Figure A-6. Points correspondants dans la zone d'admissibilité de la fréquence des dépassements/croisements pour trafic dans le même sens et en sens opposés

3.28 L'application du processus de vérification à un espace aérien comprenant des routes sécantes est fondée sur l'équation (3). À titre d'exemple, on utilise les valeurs de la fréquence des croisements/dépassements dans l'espace aérien européen. Si l'on introduit ces valeurs dans l'équation (3), la partie gauche de l'équation est égale à 0,575. Cette valeur étant inférieure à 2,5, l'inégalité est maintenue et la fréquence combinée des croisements/dépassements en route et sur routes sécantes se situe à l'intérieur des limites prévues lors de l'élaboration de la spécification mondiale de performances de maintien d'altitude.

4. SURVEILLANCE DES PERFORMANCES DE MAINTIEN D'ALTITUDE

Introduction

4.1 Cette section décrit d'abord des méthodes qui permettent de mesurer la TVE en comparant la hauteur géométrique d'un aéronef suivi par des dispositifs de surveillance du maintien de l'altitude (HMU) ou par des systèmes de surveillance du maintien de l'altitude (GMS) utilisant des HMU fondés sur le GPS (GMU) à la hauteur géométrique du niveau de vol assigné. Elle décrit ensuite des méthodes permettant d'estimer la TVE par ses composantes ASE (erreur de système altimétrique) et AAD (écart par rapport à l'altitude assignée), où l'AAD est un substitut de l'erreur technique de vol (FTE). Comme le taux de collecte de données de TVE mesurée sera probablement assez faible, la TVE estimée sera utile en augmentant la taille de l'échantillon de données et en permettant d'avoir une plus grande confiance statistique que la spécification mondiale de performances de maintien d'altitude a été respectée. Il est à noter, cependant, que la méthode d'estimation de la TVE au moyen de ses erreurs composantes dépend de la disponibilité de données de TVE mesurée à partir desquelles une valeur peut être calculée pour l'ASE.

Note.— Avec les progrès de la technologie de surveillance (ADS-B par exemple) et la possibilité d'employer cette technologie pour la surveillance du maintien de l'altitude, cette section sera amendée pour inclure ces avancées technologiques lorsqu'il y a lieu.

Méthode générale

4.2 Une méthode à quatre éléments est proposée dans les quatre paragraphes qui suivent pour la collecte et l'analyse des données de performances de maintien d'altitude à la phase de vérification. Cette méthode pourra permettre au RPG d'acquérir une assurance statistique croissante que les objectifs de sécurité et de surveillance sont atteints pendant toute cette phase de vérification. Les quatre éléments seront menés simultanément, chacun progressant à partir des résultats de l'autre. À la première étape, l'examen des performances types inclura une estimation des valeurs de l'ASE. Les aéronefs qui présentent une ASE tout juste acceptable (aéronefs atypiques) ou ceux dont l'ASE est élevée (aéronefs non conformes) sont les plus préoccupants car la présence d'un petit nombre de ces aéronefs dégraderait la sécurité du système. Le deuxième élément du processus consiste à recenser les ASE pour examiner et éliminer, avec un haut degré de confiance, toutes ASE excessives. Le troisième élément consiste à compter le nombre d'erreurs importantes qui contribuent directement au risque ; il donne le niveau de confiance connexe pour les niveaux de sécurité visés. Le dernier élément du processus consiste à déterminer si la spécification mondiale de performances de maintien d'altitude est respectée.

4.3 Le premier élément de l'évaluation des données consiste à examiner les performances types de maintien d'altitude des aéronefs, avec un niveau de confiance donné, en déterminant le nombre de valeurs TVE, ASE et AAD qui dépassent les limites de tolérance données au Chapitre 5, § 5.4.5, et en comptant le nombre d'occurrences de chaque valeur. De plus, les performances de maintien d'altitude devraient être examinées pour détecter les tendances défavorables susceptibles d'aboutir, en fin de compte, à des performances inacceptables. Cet examen sera axé sur les performances réalisées par des types d'aéronefs et des exploitants individuels, et comprendra une analyse des performances TVE, ASE et AAD moyennes et de la variabilité autour de ces moyennes. Il devrait être répété périodiquement tout au cours du processus à quatre éléments.

4.4 Le deuxième élément du processus à quatre éléments est un recensement des ASE. Il prendra évidemment plus de temps que le premier, car son objectif primordial est d'obtenir des estimations de l'ASE de chaque aéronef et de déterminer les aéronefs qui dépassent la limite de tolérance indiquée pour l'ASE au § 5.4.5, alinéa a), en vue de l'application de mesures correctives de suivi. Si un tel recensement ne peut pas être fait, il faudra obtenir un échantillon représentatif contenant, au minimum, un recensement des types d'aéronefs homologués en fonction de la MASPS pour le RVSM ainsi que des données sur chaque combinaison aéronef/exploitant. Dans le programme RVSM NAT, par exemple, on a surveillé environ 80 % de la population prévue d'aéronefs dans le cadre de la phase de vérification. Vu la qualité des données collectées, elles ont été jugées représentatives pour cette population. Le présent appendice suggère une méthode de traitement des données ASE recueillies.

4.5 Le troisième élément de l'évaluation consiste à fournir une indication du niveau de sécurité actuellement réalisé et du niveau de confiance atteint dans le système. Une estimation du risque fondée sur un ajustement de la distribution des probabilités et/ou sur des graphiques de contrôle pour les ASE, TVE et AAD d'ampleur critique, similaires à ceux qui sont décrits pour les performances types de maintien d'altitude, sera appliquée. Cet élément devrait comprendre aussi une évaluation du niveau de risque attribuable aux erreurs opérationnelles et aux manœuvres d'urgence.

4.6 L'objectif du quatrième élément est de démontrer la conformité à la spécification mondiale de performances de maintien d'altitude. Cet objectif continuera d'être poursuivi après l'introduction du RVSM.

Erreurs composantes de la TVE

Introduction

4.7 On considère que la TVE d'un aéronef est le résultat des contributions, statistiquement indépendantes et cumulatives, d'erreurs simultanées dans les systèmes d'altimétrie et de maintien d'altitude de l'aéronef. Ces deux erreurs composantes de la TVE ont des caractéristiques différentes.

4.8 Il est possible d'estimer l'ASE et l'AAD d'un aéronef au cours d'opérations indépendantes de surveillance des performances du système. Ces estimations des erreurs composantes sont nécessaires pour atteindre l'objectif de la surveillance, qui est de réduire le risque, de manière que tout cas observé de TVE importante puisse être classé selon le sous-système de maintien d'altitude qui est probablement en défaut.

Estimation de l'ASE

4.9 Il est prévu que l'ASE d'un aéronef variera à l'intérieur de certaines limites autour d'une valeur moyenne caractéristique pour chaque aéronef, pour un ensemble donné de conditions d'exploitation. Cette moyenne caractéristique sera en principe essentiellement invariable pour de nombreux vols, à moins que quelque événement extérieur, tel qu'un dommage ou une réparation, ne vienne modifier les caractéristiques de l'erreur. L'intervalle de temps pendant lequel l'ASE demeurera relativement constante, en l'absence d'événement extérieur, n'est pas connu avec précision, mais les données et l'expérience indiquent une augmentation modérée de l'ampleur de l'ASE avec le vieillissement du système altimétrique. Elles indiquent aussi que les erreurs des systèmes altimétriques indépendants du pilote et du copilote ne sont pas nécessairement égales.

4.10 L'ASE réelle d'un aéronef à un moment quelconque est la différence entre sa TVE réelle et la FTE réelle simultanée. Si l'on considère une mesure de la TVE et un AAD simultané pour l'aéronef, la différence entre la TVE et l'AAD fournit une estimation de l'ASE. La précision de cette estimation est affectée par la granularité de la quantification par incréments de 30 m (100 ft) inhérente au mode C et par toute erreur de correspondance entre l'écho radar mode C et l'affichage d'altitude. Cependant, lorsque l'on établit une moyenne sur un certain nombre d'échantillons répétés, cette méthode devrait permettre d'obtenir une valeur représentative de l'ASE.

Estimation de l'AAD

4.11 Les erreurs de maintien d'altitude peuvent varier au cours d'un même vol. Les données sur ces erreurs, provenant de sources telles que les enregistreurs de données de vol et les systèmes de radar secondaire de surveillance (SSR), indiquent la prédominance d'ampleurs inférieures à 15 m (50 ft), mais révèlent aussi que, dans des cas relativement rares, des erreurs de 90 m (300 ft) ou davantage peuvent être observées. Les erreurs d'une telle ampleur sont généralement de courte durée, de l'ordre de 30 à 180 secondes. Il existe deux méthodes pour estimer les performances des systèmes de maintien d'altitude. Si l'on utilise des lectures directes d'altimètre ou les indications d'un enregistreur de données de vol concernant l'altitude-pression mesurée par le système altimétrique, la différence entre cette altitude et le niveau de vol autorisé de l'aéronef est désignée par l'abréviation FTE (erreur technique de vol). Si l'on utilise les échos radar SSR, la différence entre une lecture provenant du transpondeur mode C et le niveau de vol autorisé est l'AAD.

4.12 Lorsqu'elles sont disponibles et que c'est possible dans l'espace aérien RVSM, il convient de rassembler les données SSR mode C. Généralement, on disposera d'un écho radar d'altitude mode C toutes les 4 à 12 secondes si un seul radar SSR poursuit un aéronef. Chacun de ces échos fournit une estimation de l'AAD pour l'aéronef lorsque l'on soustrait le CFL. Ces estimations de l'AAD ne seront pas statistiquement indépendantes, mais permettront d'observer les plus grandes erreurs du système de maintien d'altitude qui peuvent se produire. Il y aurait également lieu d'envisager de prendre en compte les FTE de grande ampleur (dues à la turbulence, à des défaillances du pilote automatique, etc.) qui pourraient figurer dans des comptes rendus d'événement.

Procédures de surveillance des performances de maintien d'altitude

Introduction

4.13 Une surveillance indépendante des performances du système exige de mesurer les erreurs de maintien d'altitude des aéronefs. Actuellement, la mesure directe de la TVE d'un aéronef peut seulement être effectuée en déterminant la hauteur géométrique de l'aéronef à un moment donné et en estimant, simultanément et au même endroit, la hauteur géométrique du niveau de vol qui lui est assigné. La différence entre ces deux hauteurs donne la mesure de la TVE.

4.14 Étant donné la nature des erreurs composantes de la TVE, la surveillance indépendante des performances du système devrait consister en un ensemble intégré de procédures, visant à :

- a) surveiller la TVE dans l'espace aérien, au moyen d'un système possédant les caractéristiques d'erreur précisées au § 4.21 ci-dessous, de manière à obtenir un échantillon de types d'aéronefs et d'usagers à base aussi large que possible ;
- b) surveiller l'AAD au moyen d'une couverture en mode C ;
- c) produire une estimation connexe de l'ASE pour chaque mesure de TVE.

4.15 Pour assurer le maintien du niveau de sécurité dans l'espace aérien RVSM, il sera nécessaire de recueillir des données AAD représentatives qui, combinées aux données TVE précitées, seront utilisées dans l'estimation de la probabilité $P_z(1\ 000)$.

Précision de mesure pour la TVE

4.16 Les États qui fournissent des estimations de TVE pour les travaux du Groupe RGCSF ont déterminé indépendamment que l'écart type combiné de l'erreur de mesure pour les hauteurs géométriques des aéronefs et des niveaux de vol ne devrait pas être supérieur à 15 m (50 ft). L'erreur de mesure moyenne individuelle pour les hauteurs

géométriques des aéronefs et des niveaux de vol devrait être de 0 m (0 ft). Ces critères d'erreur de mesure devraient aussi être considérés comme étant applicables à tout programme de surveillance des performances du système. Les caractéristiques d'un système de surveillance de maintien d'altitude sont décrites au § 4.21.

Aéronefs atypiques et aéronefs non conformes

4.17 Les critères à appliquer par une RMA dans le cas des aéronefs non conformes sont les suivants :

- a) $TVE \geq 90$ m (300 ft) ;
- b) $ASE \geq 75$ m (245 ft) ;
- c) $AAD \geq 90$ m (300 ft).

Pour décider si un aéronef remplit ou non ces critères, il faut tenir compte de l'imprécision inhérente (erreur de mesure) du système de surveillance, ainsi que de la variation normale de l'ASE ou de la TVE de la cellule. Le processus de décision est influencé par deux types d'erreur statistique : erreur de type I et erreur de type II. Pour éviter que des mesures injustifiées ne soient prises sur la base d'un écart mesuré important (erreur de type I), les seuils d'intervention doivent être fixés à des valeurs légèrement supérieures aux critères ci-dessus. Une cellule est considérée non conforme si l'un quelconque des écarts surveillés dépasse ces seuils d'intervention. Cependant, il faut éviter aussi la situation où un aéronef qui ne remplit pas les critères serait considéré conforme (erreur de type II). À cette fin, les seuils d'intervention doivent être fixés à des valeurs légèrement inférieures aux valeurs ci-dessus. Un aéronef dont les écarts de maintien d'altitude mesurés dépassent l'un quelconque des seuils d'intervention les plus bas est dit « atypique ». Les aéronefs atypiques sont donc les aéronefs dont les performances de maintien d'altitude mesurées s'écartent sensiblement de la moyenne des performances de maintien d'altitude mesurées de l'ensemble de la population d'aéronefs.

4.18 À titre d'exemple, les seuils d'intervention actuellement utilisés sont les suivants :

- a) seuils d'intervention pour aéronefs atypiques : $|ASE| \geq 49$ m (160 ft) ou $|TVE| \geq 52$ m (170 ft) ;
- b) seuils d'intervention pour aéronefs non conformes : $|ASE| \geq 90$ m (300 ft) ou $|TVE| \geq 107$ m (350 ft) ou $|AAD| \geq 90$ m (300 ft).

Étant donné que la détermination de ces seuils d'intervention dépend d'une évaluation de la précision de mesure du système de surveillance ainsi que des performances de maintien d'altitude de l'ensemble de la population régionale d'aéronefs, les seuils d'intervention sont sujets à changement.

Stratégie de surveillance pour la TVE/ASE

4.19 En raison de la nature de certains des dispositifs spécialisés requis, la TVE ne peut être surveillée que dans des secteurs limités d'un espace aérien. Il convient donc de planifier et d'exécuter cette surveillance de manière à pouvoir observer un profil aussi large que possible de la population d'usagers et des types d'aéronefs. La surveillance de la TVE peut être utilisée pour mettre en évidence des cas de grandes ASE non détectables par d'autres moyens.

Stratégie de surveillance pour l'AAD

4.20 En raison de la durée généralement courte des AAD de grande ampleur, il convient de surveiller cette erreur composante, autant que possible, partout où une couverture par la surveillance ATS est assurée dans l'espace aérien RVSM. Le processus de surveillance proprement dit ne devrait cependant enregistrer que les cas d'AAD

d'ampleur égale ou supérieure à 90 m (300 ft), à la fois aux fins de réduction du risque, par un suivi des erreurs, et d'analyse du risque. Il faudra aussi, pour procéder à l'analyse du risque, estimer le temps total de vol en palier dans la zone de couverture de la surveillance ATS aux niveaux de vol 290 à 410 inclus et au-dessus. Avec le nombre de grands AAD et le temps de vol total, on pourra faire une estimation de la proportion du temps pendant laquelle peuvent se produire des erreurs AAD de grande ampleur.

Caractéristiques d'un système de surveillance de maintien d'altitude

4.21 Le rôle premier d'un système de surveillance de maintien d'altitude est de recueillir des données sur les performances techniques de maintien d'altitude des aéronefs en vol rectiligne et en palier entre les niveaux de vol 290 et 410 inclus. Les fonctions suivantes constituent la base du besoin opérationnel d'un tel système :

- a) il devrait être capable de fonctionner automatiquement, lorsque c'est possible ;
- b) il devrait être capable de mesurer la hauteur géométrique d'un aéronef en vol rectiligne et en palier entre les niveaux de vol 290 et 410 inclus pendant une période de 30 secondes ou plus ;
- c) il devrait être capable d'accepter des entrées sur la hauteur géométrique estimée des niveaux de vol utilisables entre les niveaux de vol 290 et 410 inclus ;
- d) il devrait enregistrer la hauteur géométrique de l'aéronef et le niveau de vol ;
- e) il devrait être capable d'accéder aux lectures d'identification des aéronefs et de SSR mode C au cours de la période de poursuite de la TVE ;
- f) il devrait être capable de calculer la TVE, l'AAD et l'ASE ;
- g) il devrait être capable d'émettre des « alertes » quand une valeur prédéterminée de TVE, d'ASE ou d'AAD a été dépassée ; cette information devrait être donnée sous une forme facile à reconnaître lors de l'examen initial des données ;
- h) il devrait enregistrer toutes les données sous une forme propre à faciliter leur analyse ultérieure.

Réduction du risque utilisant les données de performances de maintien d'altitude observées

4.22 En plus d'enquêter sur les aéronefs dont les performances de maintien d'altitude observées sont jugées non conformes à la MASPS pour le RVSM, chaque cas observé de TVE, d'AAD ou d'ASE atypique devrait aussi faire l'objet d'une enquête de suivi. Les erreurs de grande ampleur devraient être rares, vu les critères définis au Chapitre 3 pour les systèmes composants. Il importe d'analyser comme un groupe les enregistrements de ces erreurs de grande ampleur lors de la recherche de causes systématiques et de tendances défavorables dans les erreurs composants. Lorsque de telles causes sont identifiées, elles devraient faire l'objet de mesures correctives appropriées (applicables, par exemple, aux pratiques de maintenance de tous les utilisateurs d'un type particulier de système d'altimétrie, si des pratiques existantes sont impliquées dans les causes d'une erreur de grande ampleur de système altimétrique se produisant systématiquement). S'il peut être considéré que la cause d'une certaine erreur de grande ampleur a été éliminée, il serait bon de procéder à une autre analyse de risque après avoir écarté des résultats de la surveillance les cas observés de ce type d'erreur.

Note.— Les valeurs des TVE, AAD et ASE atypiques devraient être déterminées sur la base des performances typiques de l'ensemble de la population d'aéronefs, et devraient aussi prendre en compte l'erreur de mesure du système de surveillance de maintien d'altitude utilisé.

Composition des échantillons de TVE

4.23 La composition de l'échantillon de TVE utilisé pour l'analyse du risque est importante. La composante ASE de la TVE pour un aéronef étant considérée plutôt comme une erreur de longue durée, qui sera différente pour chaque type d'aéronef et peut-être même pour chaque cellule d'un même type d'aéronef, l'échantillon de TVE devrait provenir d'un recensement de l'ASE des systèmes altimétriques utilisés, ou susceptibles d'être utilisés, dans l'espace aérien RVSM (entre les niveaux de vol 290 et 410 inclus) car une grande ASE non détectée aura une incidence défavorable sur le risque. Ce recensement peut, dans la pratique, se révéler impossible. Il sera donc important, au cours de l'analyse du risque, de déterminer quelle peut être l'ASE de cellules qui ne sont pas comprises dans l'échantillon de TVE, compte tenu des ASE observées dans l'échantillon pour des types d'aéronefs identiques. Il a été observé que la composante AAD reflète les conditions opérationnelles ATC, telles que les régions où il y a passage d'un niveau de vol à un autre, et les conditions météorologiques, ainsi que les variations attribuables aux types d'aéronefs et aux utilisateurs de l'espace aérien. L'échantillon de TVE devrait donc, dans la mesure du possible, refléter ces conditions et ces environnements, mais l'idéal serait qu'il le fasse dans les proportions où ils interviennent dans l'espace aérien RVSM. Comme dans le cas des considérations qui s'appliquent aux observations de la composante ASE de la TVE, l'analyse du risque devrait tenir compte des proportions dans lesquelles toutes les conditions associées à une représentation adéquate de l'AAD sont présentes dans tout échantillon de TVE.

Estimation de la probabilité de chevauchement vertical, $P_z(1\ 000)$

4.24 Deux méthodes ont été adoptées dans l'analyse du Groupe RGCSF pour modéliser les erreurs de maintien d'altitude observées. Dans la première, une fonction de densité de probabilité (PDF) analytique est ajustée directement aux données de TVE puis « auto-convolutionnée » pour obtenir une évaluation de la probabilité de chevauchement vertical. Dans la seconde méthode, des PDF individuelles sont ajustées aux résultats ASE, décomposées par groupe d'aéronefs, puis recombinaison dans les proportions dans lesquelles ces groupes d'aéronefs traversent l'espace aérien RVSM considéré. La distribution ASE d'ensemble est ensuite numériquement convolutionnée avec la PDF pour les données AAD pour produire une distribution de la TVE, désignée TVE_{syn}. Une auto-convolution de cette distribution TVE_{syn} est effectuée pour obtenir la probabilité de chevauchement vertical.

4.25 La seconde méthode est plus compliquée à exécuter, mais sera sans doute plus précise car elle tient compte de la mesure dans laquelle l'échantillon de surveillance correspond bien à l'ensemble de la situation dans l'espace aérien considéré. Dans le cas de petits échantillons de surveillance, ceci est particulièrement important, bien qu'il soit alors difficile d'obtenir suffisamment de données pour ajuster les distributions aux données d'ASE pour des groupes individuels d'aéronefs. Dans le cas de grands échantillons de surveillance, il se peut que l'échantillon de surveillance soit suffisamment proche (s'agissant des proportions de types d'aéronefs) de la situation générale de l'espace aérien, ce qui permettra d'ajuster une PDF directement aux données de TVE.

5. ANALYSE ET ÉVALUATION DES ERREURS OPÉRATIONNELLES ET DES IMPRÉVUS EN VOL

5.1 Comme indiqué aux § 1.1.10 et 5.3.1 à 5.3.3 du texte principal de ce manuel, il faut analyser le niveau de risque de collision résultant d'erreurs dans les instructions de l'ATC et de procédures d'urgence dans l'espace aérien RVSM, en plus du risque découlant d'écarts techniques de maintien d'altitude. Les types d'erreurs et leurs conséquences possibles peuvent varier de région à région.

5.2 Pour aider à l'analyse des grands écarts d'altitude (LHD, *large height deviations*), il convient d'établir un groupe d'analyse (*scrutiny group*) régional ou national pour appuyer la fonction de surveillance de la RMA. Un groupe d'analyse est constitué d'experts opérationnels et techniques de la question qui appuient l'évaluation et la classification des LHD. Le groupe d'analyse est un élément important de la gestion de la sécurité car il permet une focalisation de l'expertise opérationnelle pour analyser les circonstances propres aux erreurs opérationnelles et relier les types d'événements survenant dans un espace aérien à des tendances de performance en rapport avec la sécurité. Pendant toute analyse des données et des tendances de performance dans une perspective opérationnelle, le groupe d'analyse devrait considérer l'effet des procédures et pratiques permanentes et examiner celles-ci en rapport avec les meilleures pratiques acceptées.

5.3 Les activités réalisées par un groupe d'analyse appuient directement les principes de gestion de la sécurité par « accomplissement du cycle de sécurité ». Ceci est accompli en synthétisant les données brutes relatives aux pratiques actuelles en matière de recommandations de modifications à apporter aux politiques, pratiques et procédures pour améliorer la sécurité de l'espace aérien. Les recommandations formulées par un groupe d'analyse établi à l'échelon régional sont généralement communiquées aux PIRG compétents en passant par la hiérarchie des groupes régionaux, pour que des mesures soient prises par les États. Lorsqu'un groupe d'analyse national est établi, les recommandations émanant de ce groupe seront normalement coordonnées directement avec les participants à l'utilisation de l'espace aérien, tels les exploitants et les autorités compétentes.

5.4 La ou les RMA responsables devraient agir en coordination avec le PIRG pour établir un groupe d'analyse régional, ou avec les organismes nationaux compétents pour établir un groupe d'analyse national. On trouvera de plus amples indications sur l'établissement d'un groupe d'analyse dans les *Procédures et pratiques opérationnelles des agences de surveillance régionale concernant l'utilisation d'un minimum de séparation verticale de 300 m (1 000 ft) entre les niveaux de vol 290 et 410 inclus* (Doc 9937).

5.5 Pour orientation, ce qui suit résume brièvement deux méthodes d'analyse des erreurs opérationnelles et des imprévus en vol qui ont été mises au point dans le contexte des Régions NAT et EUR.

Région NAT

5.6 La méthode NAT comprend les éléments suivants :

- a) définition des types d'erreurs sur la base de leur cause ;
- b) classification des erreurs aux fins de l'analyse du risque ;
- c) détermination de valeurs de paramètre appropriées pour chaque erreur ;
- d) estimation de la probabilité de chevauchement vertical ;
- e) estimation du risque de collision dans le plan vertical.

5.7 L'analyse débute par la détermination des types d'erreurs opérationnelles qui pourraient se produire dans l'espace aérien considéré. Dans la Région NAT, les erreurs d'altitude importantes recensées par l'organisme central de surveillance (CMA) sont réparties en quatre types principaux :

- a) erreurs de boucle ATC-pilote et autorisations erronées ;
- b) imprévus en vol ;
- c) écarts attribuables aux conditions météorologiques ;

d) écarts attribuables au système anticollision embarqué (ACAS).

Dans chaque type, une ou plusieurs classes d'erreurs, caractérisées par différents codes CMA, sont définies comme indiqué ci-dessous. (Il y a en outre une classe d'erreur O, Autre.) Voir le Supplément au Doc 002 NAT pour une description plus détaillée des différentes classes d'erreurs.

Erreurs de boucle ATC-pilote et autorisations erronées

- D : Omission de monter/descendre selon l'autorisation ;
- E : Montée/descente sans autorisation de l'ATC ;
- F : Entrée dans l'espace aérien RVSM à un niveau incorrect ;
- G : Nouvelle autorisation de niveau de vol ATC entraînant une perte de la séparation latérale ou longitudinale.

Imprévus en vol

- A : Mesure d'urgence due à une anomalie de moteur ;
- B : Mesure d'urgence due à une défaillance de la pressurisation ;
- C : Mesure d'urgence due à une autre cause.

Écarts attribuables aux conditions météorologiques

- I(W) : Incapacité de maintenir le niveau en raison des conditions météorologiques.

Écarts attribuables à l'ACAS

- H : Écart attribuable à un avis de résolution de l'ACAS.

5.8 L'étape suivante consiste à classer chaque LHD, aux fins de l'analyse de risque, comme un élément porteur de risque ou un élément non porteur de risque. Dans la Région NAT, un LHD est classé comme non porteur de risque lorsqu'il se produit entièrement en dehors de l'espace aérien MNPS ou lorsqu'il a été explicitement déclaré que des procédures d'urgence appropriées ont été suivies et que l'aéronef s'est écarté de la route avant de changer de niveau.

5.9 Les écarts d'altitude comportant des risques sont ensuite répartis selon qu'ils englobent ou non un nombre entier de niveaux de vol.

5.10 Au cours du développement d'un LHD englobant un nombre entier de niveaux de vol, un ou plusieurs niveaux de vol intermédiaires peuvent avoir été franchis. Cet aspect est pris en compte dans la méthode NAT au moyen des paramètres suivants :

- a) le temps passé au voisinage des niveaux franchis, le cas échéant ;
 - 1) le nombre de niveaux de vol franchis, le cas échéant ;
 - 2) la vitesse de montée/descente ;
- b) le temps passé en palier à des niveaux de vol non autorisés, le cas échéant.

L'élément b) est essentiellement lié à des erreurs de boucle ATC-pilote et à des autorisations erronées (erreurs des classes D, E, F, G) ; l'élément a) concerne principalement des imprévus en vol (erreurs des classes A, B, C) mais peut aussi jouer un rôle dans les erreurs de boucle ATC-pilote et les autorisations erronées.

5.11 Il a été constaté que la vitesse de montée/descente et le temps passé en palier à des niveaux non autorisés sont rarement indiqués dans les comptes rendus d'incident. Des estimations prudentes de ces paramètres ont été établies pour l'espace aérien NAT à partir de renseignements provenant, entre autres, des exploitants.

5.12 Des LHD de quelques centaines de pieds, mais n'englobant pas un nombre entier de niveaux de vol, peuvent se produire du fait de turbulences ou d'avis de résolution ACAS intempestifs. Les paramètres de ce type d'incident sont l'écart maximal et la durée totale de l'écart, depuis le début de l'écart jusqu'au retour au niveau de vol autorisé. Ce dernier paramètre a, lui aussi, fait l'objet d'estimations prudentes pour l'espace aérien NAT vu que la durée des écarts est rarement indiquée dans le compte rendu d'incident.

5.13 Des estimations de la probabilité de chevauchement vertical liée aux différents types d'écarts de hauteur importants porteurs de risque peuvent être établies en utilisant chacun des paramètres. La probabilité de chevauchement vertical dans le cas d'aéronefs en palier à des niveaux non autorisés est calculée comme étant le produit de la proportion du temps de vol total passée à des niveaux non autorisés par la probabilité que deux aéronefs volant théoriquement au même niveau soient en chevauchement vertical. Dans le cas d'un aéronef franchissant lentement un niveau de vol non autorisé, la probabilité de chevauchement vertical peut être estimée comme le rapport de la hauteur moyenne d'un aéronef au minimum de séparation verticale. (Le franchissement à plus grande vitesse d'un niveau de vol non autorisé implique une relation plus compliquée.)

5.14 La probabilité de chevauchement vertical dans le cas d'écarts importants n'englobant pas un nombre entier de niveaux de vol n'est pas estimée séparément. On estime plutôt la fréquence relative de l'ampleur de chaque écart (en divisant sa durée par le nombre total d'heures de vol dans le système MNPS) et on l'ajoute à la distribution de l'AAD (voir § 4.6 et 4.18 de cet appendice). Ce type de LHD est ainsi pris en compte dans la distribution des erreurs techniques de maintien d'altitude et dans l'estimation du risque technique.

5.15 Le risque de collision dans le plan vertical lié à chaque LHD impliquant soit le vol à un niveau non autorisé, soit le franchissement d'un niveau non autorisé, est calculé à l'aide du CRM de Reich, dans lequel la probabilité de chevauchement vertical et la vitesse verticale relative dépendent de l'erreur particulière. Les estimations individuelles du risque de collision dans le plan vertical sont ensuite combinées en une estimation globale du risque de collision dans le plan vertical attribuable à de tels LHD.

Région EUR

5.16 Outre la méthode NAT, une méthode basée sur une analyse du danger a été mise au point pour la Région EUR. Un processus d'identification a abouti à distinguer deux catégories de dangers :

- a) perte de la séparation verticale à la suite d'écarts d'altitude, le type principal de scénario étant un défaut de se mettre en palier à l'altitude assignée (« percée » du niveau), et les causes principales étant des erreurs du pilote et des erreurs de communication pilote-ATC ;
- b) perte de la séparation verticale due à une erreur d'appréciation de l'ATC, le principal scénario étant celui dans lequel l'ATC place deux aéronefs à proximité l'un de l'autre pendant une montée ou une descente, et les causes principales semblant être des décisions aberrantes de contrôleurs, des problèmes de coordination entre contrôleurs civils et militaires ou des difficultés de coordination entre contrôleurs de différents secteurs.

5.17 Un écart d'altitude donne généralement lieu à un ou plusieurs des événements suivants :

- a) franchissement d'un ou plusieurs niveaux de vol non autorisés ;
- b) interception d'un niveau de vol non autorisé ;
- c) mise en palier entre deux niveaux de vol.

La méthode consiste ensuite à déterminer la fréquence des écarts d'altitude et à calculer la probabilité de chevauchement vertical correspondante. Celle-ci dépend des effets particuliers et de la probabilité que l'ATC ne parvienne pas à intervenir avec succès.

5.18 Une erreur d'appréciation de l'ATC a été définie comme étant une perte de séparation verticale lorsque deux aéronefs suivent les profils de vol conformes aux instructions. Une différence importante par rapport à l'écart d'altitude est que l'erreur d'appréciation se produit toujours dans un contexte où un autre aéronef se trouve dans le voisinage immédiat. Le processus mis au point consiste tout d'abord à calculer la fréquence des erreurs d'appréciation de l'ATC entraînant la perte de séparation verticale et à la décomposer en éléments comportant l'interception ou le franchissement de niveaux et en éléments concernant différents sens du trafic. On détermine ensuite les probabilités d'intervention de l'ATC pour chaque élément et on combine les risques de collision en l'absence d'ATC avec les probabilités d'intervention ratée de l'ATC.

Appendice B

DOCUMENTATION DE RÉFÉRENCE

Liste de documents existants concernant les opérations et les besoins RVSM

1. NAT Doc 001, T13.5N (huitième édition), *Consolidated guidance material — North Atlantic Region*.
2. *Supplement to NAT Doc 002, Risk assessment and system monitoring for the verification and operation of a 300 m (1 000 ft) VSM in the MNPS airspace of the North Atlantic Region*.
3. *North Atlantic MNPS Airspace Operations Manual* (huitième édition).
4. Note provisoire d'information (TGL) n° 6, Révision 1, des Autorités conjointes de l'aviation, *Guidance material on the approval of aircraft operators for flight in airspace above flight level 290 where a 300 m (1 000 ft) vertical separation minimum is applied*.
5. Document 91-RVSM de la Federal Aviation Administration (FAA), *Guidance Material on the Approval of Operators/ Aircraft for RVSM Operations*.
6. *Manuel de gestion de la sécurité (MGS)* (Doc 9859).
7. *Procédures et pratiques opérationnelles des agences de surveillance régionale concernant l'utilisation d'un minimum de séparation verticale de 300 m (1 000 ft) entre les niveaux de vol 290 et 410 inclus* (Doc 9937).

— FIN —

ISBN 978-92-9249-190-1



9 7 8 9 2 9 2 4 9 1 9 0 1