

ONZIÈME CONFÉRENCE DE NAVIGATION AÉRIENNE

Montréal, 22 septembre – 3 octobre 2003

**RAPPORT DU COMITÉ B À LA CONFÉRENCE
SUR LE POINT 6**

Le rapport ci-joint a été approuvé par le Comité B en vue de sa présentation à la Plénière.

Peter Charles Marais
Président
Comité B

Note.— Prière d'insérer le texte dans le dossier de rapport, après avoir détaché la page de couverture.

Point 6 : Questions de navigation aérienne**6.1 ÉTAT D'AVANCEMENT DU SYSTÈME MONDIAL DE NAVIGATION PAR SATELLITE (GNSS), D'APRÈS DES RAPPORTS D'ÉTATS, DE PRESTATAIRES DE SERVICE ET D'ORGANISATIONS DE L'INDUSTRIE****6.1.1 Introduction**

6.1.1.1 Dans son invitation aux États et aux organisations internationales à participer à la onzième Conférence de navigation aérienne (voir la lettre ST 12/1-02/58), l'OACI attirait en particulier l'attention des États, des prestataires de services et des organisations qui interviennent dans l'élaboration du GNSS et de ses éléments sur la nécessité de fournir, au titre du point 6, des renseignements pertinents sur ces activités.

6.1.1.2 En réponse à la demande de l'OACI, plusieurs États et prestataires de services présentent à la réunion des renseignements sur la modernisation du système mondial de localisation (GPS) et du système mondial de satellites de navigation (GLONASS) ainsi que sur la mise au point de la nouvelle constellation satellitaire de base GALILEO. La réunion est informée aussi de la situation du système de renforcement satellitaire (SBAS) aux États-Unis, en Europe, au Japon et en Inde. Des rapports sur le système de renforcement au sol (GBAS) et le système d'augmentation régionale basé au sol (GRAS) sont aussi présentés.

6.1.1.3 La Conférence examine ces renseignements dans l'ordre suivant : constellations satellitaires de base, systèmes de renforcement satellitaire et systèmes de renforcement au sol.

6.1.2 Constellations satellitaires de base**GPS**

6.1.2.1 La Conférence note que le segment spatial GPS se compose de 24 satellites opérationnels. La Conférence est informée que les États-Unis ont élaboré un plan pour la modernisation du GPS. L'un des principaux objectifs de la modernisation est de fournir des signaux civils codés supplémentaires. Un deuxième signal civil, L2C, sera diffusé à la fréquence de 1227,6 MHz, et un troisième, L5, à 1176,45 MHz. Le nouveau signal civil codé, plus robuste sera diffusé sur L2, à partir de 2004. Un troisième signal civil (L5), conçu pour l'aviation et d'autres applications de sauvegarde de la vie sera disponible à partir de 2006. D'après le calendrier budgétaire 2004 courant, une capacité opérationnelle initiale pour la navigation bi-fréquence sera en place en 2010 (année civile), et assurée par une constellation de 18 satellites diffusant sur L2, le nouveau signal civil codé. De la même manière, le signal L5 devrait être disponible sur les 18 satellites GPS d'ici la fin de 2003.

GLONASS

6.1.2.2 Il est noté qu'à la date de la conférence, le segment spatial du GLONASS se compose de 11 satellites, dont huit fonctionnent sans aucune restriction. Il lui est signalé qu'en août 2001, le Gouvernement de la Fédération de Russie a adopté un programme fédéral décennal spécial pour maintenir le GLONASS et poursuivre son expansion. Le programme comprend la mise au point des satellites de nouvelle génération GLONASS-M, dont le premier sera lancé en même temps que deux satellites GLONASS au quatrième trimestre de 2003. L'évolution se poursuivra avec la mise au point d'un satellite

avancé, le GLONASS-K, qui aura une durée de vie de 10 à 12 ans, des performances de précision améliorées et un signal de navigation supplémentaire dans la bande 1164 – 1215 MHz. Ce satellite sera beaucoup plus léger que les versions existantes des satellites GLONASS, ce qui permettra de réduire plusieurs fois le coût du déploiement et du maintien du segment orbital du système.

6.1.2.3 Le calendrier de déploiement du segment orbital sera le suivant :

Phase 1 : En 2006, le segment orbital sera porté à 18 satellites, dont certains seront des satellites GLONASS-M dont la durée de vie sera accrue et les performances améliorées.

Phase 2 : Après 2006, le segment orbital sera déployé et maintenu au niveau de 24 satellites, qui sera atteint par le lancement des satellites GLONASS-K.

6.1.2.4 Il est signalé aussi que le transfert graduel du fonctionnement du système dans les plus basses fréquences des bandes actuellement occupées se poursuivra conformément aux accords existants pour assurer la compatibilité électromagnétique avec le service radioastronomique et satellitaire mobile.

GALILEO

6.1.2.5 Il est signalé à la conférence que les États européens, conscients de l'importance stratégique de la navigation par satellite, de ses applications potentielles et des lacunes actuelles du GNSS, ont décidé d'élaborer en deux phases des moyens GNSS européens en mettant en oeuvre un SBAS connu sous le nom de Complément géostationnaire européen de navigation (EGNOS) pour répondre aux besoins à court et moyen termes, et une constellation de satellites de navigation (GALILEO) à l'appui des besoins multimodaux des usagers à plus long terme. Le programme GALILEO consistera à déployer une constellation complète de satellites européens, sous contrôle civil, qui renforcera la robustesse de la navigation par satellite, dissipera certaines préoccupations institutionnelles et devrait continuer de faciliter la transition complète vers la navigation par satellite. Les parties prenantes du GALILEO ont déjà établi et appuient la participation internationale et bilatérale à la mise au point du système. Les services offerts par GALILEO pourront seulement être utilisés après l'adoption de normes appliquées par l'OACI.

6.1.2.6 En plus d'un service ouvert semblable au service de localisation standard du GPS, GALILEO mettra à disposition de nouvelles caractéristiques pour améliorer et garantir les services à l'appui des applications critiques, de sauvegarde de la vie, ou d'applications commerciales. Les services de GALILEO devraient être pleinement compatibles et interopérables au niveau des utilisateurs avec d'autres services GNSS, sans mode de défaillance commun à tous les systèmes. L'utilisation combinée de GALILEO et d'autres éléments du GNSS offrira à tous les utilisateurs du monde des performances améliorées.

6.1.2.7 Les services GALILEO par satellite seront fournis dans le monde entier et indépendamment des autres systèmes en combinant les signaux émis par les satellites GALILEO. Les applications possibles sont très nombreuses, chacune ayant des besoins opérationnels différents qui ont été groupés autour de 5 services de référence : service ouvert (OS), sauvegarde de la vie (SoL), service commercial (CS), service public réglementé (PRS) et appui aux recherches et au sauvetage (SAR).

6.1.2.8 La réunion note que la phase de conception préliminaire de GALILEO a été achevée et que l'Agence spatiale européenne (ASE) établit actuellement des contrats pour la mise en place de l'infrastructure, y compris le lancement des premiers satellites d'essai.

6.1.2.9 L'infrastructure GALILEO sera mise en œuvre en trois phases :

- a) phase de mise au point et de validation (2002-2005);
- b) phase de déploiement (2006-2007);
- c) phase opérationnelle (à partir de 2008).

6.1.3 **Système de renforcement satellitaires (SBAS)**

WAAS

6.1.3.1 La Conférence note avec satisfaction que, le 10 juillet 2003, le système de renforcement à couverture étendue (WAAS) est entré en service et qu'il peut être utilisé pendant toutes les phases de la navigation aérienne à l'intérieur du Système d'espace aérien national (NAS) des États-Unis, y compris pendant une des catégories d'approche aux instruments avec guidage latéral et vertical (navigation latérale [LNAV]/navigation verticale [VNAV]). La précision démontrée du WAAS a constamment été de 1 m dans le plan horizontal et de 1,5 m dans le plan vertical. Le moyen opérationnel initial (IOC) du WAAS donne aussi aux usagers la possibilité d'effectuer des approches avec guidage vertical dans l'ensemble du NAS. L'IOC du WAAS fournit aussi aux utilisateurs un meilleur guidage pendant les phases de croisière et de départ. Les LNAV/VNAV constituent une procédure d'approche avec guidage vertical et minimums nominaux de 105 m (350 ft) pour la hauteur de décision et de 1,25 mile pour la visibilité. Plus de 700 procédures LNAV/VNAV ont été publiées pour les opérations WAAS. La zone de service du WAAS est constituée par la partie continentale des États-Unis et des secteurs de l'Alaska.

6.1.3.2 La Federal Aviation Administration (FAA) a amélioré les performances du WAAS à l'approche en optimisant les procédures d'approche aux instruments en région terminale. Cette amélioration prend la forme d'une nouvelle procédure d'approche avec guidage vertical, appelée LPV, qui est conforme aux exigences de performances de l'Annexe 10 pour l'APV I¹. La LPV a des performances de guidage latéral à l'approche équivalentes à celles du radiophare d'alignement de piste du système d'approche aux instruments (ILS). Elles sont nettement supérieures à celles des LNAV/VNAV, si bien que les minimums d'approche sont plus bas pour la plupart des pistes. Les procédures LPV ont des minimums nominaux de 75 m (250 ft) pour la hauteur de décision et de 0,5 mile pour la visibilité avec un balisage approprié. La LPV mettra la sécurité accrue du guidage vertical à la disposition de l'aviation générale, ce qui améliorera directement la sécurité en vol des aéronefs de ce secteur de l'aviation et d'autres usagers du WAAS.

6.1.3.3 Il est prévu que le WAAS aura sa pleine capacité opérationnelle (FOC), avec capacité LPV, dans toute une zone de service élargie, d'ici décembre 2007. Le WAAS n'atteindra sa pleine capacité pour les approches de précision de catégorie I que lorsque la deuxième fréquence aéronautique GPS, L5 (1176.45 MHz) sera disponible. Selon les plans actuels, un nombre suffisant de satellites GPS dotés de la fréquence L5 seront placés en orbite d'ici 2013 et pourront être utilisés par l'aviation. La FAA envisage d'améliorer le WAAS pour que la fréquence L5 puisse être utilisée d'ici là.

¹ Annexe 10, Volume I, Chapitre 3, 2.7.2.4

Complément géostationnaire européen de navigation (EGNOS)

6.1.3.4 Il est signalé à la réunion que le projet EGNOS, mis en œuvre par le Groupe tripartite européen (ETG) composé de l'ASE, de la Commission Européenne et d'EUROCONTROL, représente la première contribution européenne au GNSS. L'EGNOS fournira et garantira des signaux de navigation pour application dans les réseaux trans-européens aéronautique, maritime et mobile terrestre. L'Agence spatiale européenne est chargée, au nom du groupe tripartite, de la conception du système, de la mise au point et de la validation technique d'un EGNOS de capacité opérationnelle avancée (AOC). La validation technique doit s'achever en 2004, pour permettre l'utilisation en exploitation, en 2005, des applications de sauvegarde de la vie du signal EGNOS. Des scénarios de l'évolution de l'EGNOS après 2004 sont en cours d'évaluation.

6.1.3.5 L'EGNOS permettra d'améliorer les services par rapport au GPS, en termes de précision (de 20 à 1-2 mètres), de garantie du service (grâce au signal d'intégrité) et de disponibilité (grâce à des signaux supplémentaires de mesures de distance). Il fonctionnera sur la fréquence L1 du GPS, sa zone de couverture initiale sera la région de la Conférence européenne de l'aviation civile et elle pourra être ultérieurement élargie à d'autres régions. En améliorant le GPS et le GLONASS, l'EGNOS répondra à de nombreux besoins actuels en matière de localisation, de vitesse et de synchronisation des modes de transport terrestres, maritimes et aéronautiques de la Région Europe.

6.1.3.6 Dans le domaine de l'aviation civile, EGNOS sera conforme aux spécifications RTCA DO 229C et aux SARP SBAS de l'OACI et il fournira à la CEAC un service aéronautique depuis la phase de croisière jusqu'à APV-2 (VAL = 20 m; HAL = 40 m).

6.1.3.7 Une évaluation du service EGNOS à l'extérieur de la région centrale de la CEAC est effectuée avec succès dans la Région AFI, initialement au moyen du déploiement par l'ASECNA (Agence pour la sécurité de la navigation aérienne en Afrique et à Madagascar) d'un banc d'essai EGNOS (ESTB) et de stations de mesure de distance et de contrôle d'intégrité (RIMS) dans les zones Afrique occidentale et Afrique centrale, en collaboration avec les États intéressés. La phase de suivi du plan de travail de la Région AFI comprend le déploiement d'un réseau de RIMS dans les autres zones de la Région AFI et les préparatifs de la mise en œuvre opérationnelle du système EGNOS.

6.1.3.8 Dans les Régions CAR/SAM, des essais de l'EGNOS sont en cours dans le cadre d'un projet de coopération technique de l'OACI. Pour effectuer ces essais fondés sur le signal ESTB, trois stations de référence ont été mises en place dans la région et reliées à l'ESTB. Les essais de type EGNOS ont fourni des renseignements utiles à l'appui des activités de définition de la stratégie GNSS pour la région menées par le GREPECAS. Les domaines de coopération avec les essais du WAAS ont été identifiés.

MSAS

6.1.3.9 Il est rappelé à la réunion que, conformément au concept du futur système de navigation aérienne (FANS), approuvé à la dixième Conférence de navigation aérienne (1991), la Direction de l'aviation civile japonaise (JCAB) a mis au point un satellite de transport multifonctions (MTSAT) et un système de renforcement satellitaire (MSAS) utilisant le MTSAT. Le MTSAT est un satellite géostationnaire ayant des fonctions météorologiques et une mission aéronautique.

6.1.3.10 La mission aéronautique comporte deux fonctions : le service mobile aéronautique par satellite (AMSS) et le système de renforcement satellitaire (SBAS) du GNSS pour fournir aux aéronefs des renseignements de renforcement du GPS transmis sur les liaisons montantes par des installations au sol. La fonction MSAS du MTSAT sera pleinement conforme aux SARP de l'OACI. Le Groupe de travail technique de l'interopérabilité (IWG) du SBAS a coordonné les détails techniques non spécifiés dans les SARP. Ainsi, le MSAS et les autres services SBAS sont pleinement interopérables.

6.1.3.11 Après l'échec du lancement du MTSAT-1 (le premier MTSAT), la JCAB a acquis un satellite de rechange, le MTSAT-1R, qui sera mis en orbite au début de 2004. Le deuxième MTSAT, MTSAT-2, sera lancé en 2005. Après la certification des deux MTSAT, le MSAS sera mis en service et deviendra opérationnel à partir de 2005 en utilisant uniquement le MTSAT-1R. Le MTSAT-1R et le MTSAT-2 seront tous deux utilisés en 2006.

6.1.3.12 Deux centres de contrôle des satellites aéronautiques contrôleront les MTSAT. Des stations centrales de contrôle du MSAS (MCS) ont été installées à ces deux centres. Pour assurer le service MSAS dans la FIR Japan, des stations de contrôle au sol (GMS) ont été installées à quatre centres de contrôle de la circulation aérienne en route. Afin d'obtenir une longue base pour la détermination précise de l'orbite des MTSAT, deux stations de contrôle et de mesure de distance (MRS) ont été installées à Hawaï (États-Unis) et à Canberra (Australie). Une MRS est aussi implantée dans chaque centre de contrôle des satellites aéronautiques.

6.1.3.13 En fonctionnement normal, les usagers pourront recevoir deux signaux SBAS à codes PRN différents. Chaque signal sera transmis en liaison montante par une MCS différente et par un satellite différent. En cas de défaillance d'un des satellites, la MCS transmettant en liaison montante par le satellite défaillant sera commutée à l'autre satellite. Ainsi, même dans ces conditions anormales, l'avionique de l'utilisateur pourra continuer de recevoir les deux signaux SBAS. La Conférence a noté que cette architecture donne l'assurance d'un service SBAS redondant et fiable.

6.1.3.14 Du fait que le signal MSAS sera émis par le MTSAT dans la majeure partie de la Région Asie/Pacifique, la zone de service MSAS pourra facilement être élargie en installant des GMS dans la zone de couverture du MTSAT et en connectant des lignes terrestres spécialisées aux MCS. À cet égard, la Conférence a noté avec satisfaction que la JCAB offre un service MSAS gratuit aux États de la Région Asie/Pacifique pour mettre en place dans cette région un système de navigation aérienne global, sans discontinuités, plus sûr et plus fiable.

GAGAN

6.1.3.15 L'Inde signale à la Conférence que l'Administration indienne des aéroports (AAI) et l'Organisation indienne de recherches spatiales (ISRO) ont entrepris conjointement un programme de mise au point et de mise en œuvre du système de navigation renforcée (GAGAN) du GPS et du GEO, pour répondre aux besoins de renforcement de la navigation des exploitants d'aéronefs et des prestataires de services de la circulation aérienne (ATS) dans l'espace aérien, y compris l'espace aérien océanique, indien, et dans de vastes secteurs de la Région Asie/Pacifique.

6.1.3.16 Le programme GAGAN sera mis en œuvre en trois phases :

- a) 1^{re} phase : **Systèmes de démonstration de la technologie (TDS)** : un système en configuration minimale démontrera que le système peut appuyer les approches de

précision jusqu'à celles de catégorie 1 dans un secteur limité de l'espace aérien indien et permettra de valider le concept. La phase TDS s'achèvera d'ici 2005.

- b) 2^e phase : **Phase expérimentale initiale (IEP)** : pendant cette phase, les TDS seront développés pour couvrir l'ensemble de l'espace aérien indien et les redondances nécessaires seront ajoutées au système. L'IEP s'achèvera un an après la mise au point des TDS.
- c) 3^e phase : **Phase opérationnelle finale (FOP)** : il est prévu que pendant cette phase le programme GAGAN aura mûri. Le système fera l'objet de vastes essais opérationnels et sa conformité avec les SARP de l'OACI sera validée avant que le système soit déclaré opérationnel. Il est prévu que cette phase s'achèvera un an après l'IEP.

6.1.3.17 Actuellement, après avoir achevé un examen détaillé de la conception de la charge payante, l'ISRO se procure les éléments critiques pour la fabrication de la charge payante installée à bord du satellite GSAT-4 qui sera lancé en 2005 et placé sur crâneau orbital à 82° Est.

6.1.3.18 Du fait que l'Inde est située près de l'Équateur, les activités ionosphériques auront un effet marqué sur les signaux GPS reçus dans l'espace aérien indien. Pour évaluer comme il convient les effets de l'ionosphère sur les signaux GPS et pour les minimiser, la mise au point d'un modèle ionosphérique a été entreprise, sur la base de données ionosphériques recueillies sur une longue période à un plus grand nombre d'emplacements. Ceci étant, il est planifié d'établir 20 stations de collecte de données ionosphériques disséminées dans tout le pays.

6.1.3.19 La Conférence note que le GAGAN a été conçu de manière à être conforme aux SARP de l'OACI et à être interopérable avec le WAAS, l'EGNOS et le MSAS.

6.1.4 **Système de renforcement au sol (GBAS)**

Système de renforcement à couverture locale (LAAS)

6.1.4.1 Il a été rappelé à la Conférence que le système de renforcement à couverture locale (LAAS) est le système de renforcement au sol (GBAS) mis au point par les États-Unis pour fournir une capacité d'approche de précision et des données précises de position, de vitesse et de temps (PVT) en région terminale (services de localisation du GBAS). L'objectif du LAAS est de permettre aux aéronefs dotés de l'équipement nécessaire d'effectuer des approches de précision de toutes catégories, et toutes les manœuvres d'atterrissage et à la surface.

6.1.4.2 La mise en œuvre initiale des installations sol du LAAS permettra les approches aux instruments de catégorie I et le service de localisation GBAS à certains aéroports. En 2003, la FAA a octroyé un contrat pour la conception, la mise au point et la production des installations sol du LAAS.

6.1.4.3 Après avoir validé la conception du système, la FAA envisage d'installer un nombre limité de systèmes sol dans tout l'espace aérien national des États-Unis. Le moyen opérationnel initial (IOC) est prévu pour septembre 2006. La FAA coordonne actuellement avec les exploitants aériens l'identification des procédures qui tireraient pleinement parti des possibilités du LAAS, pour améliorer l'utilisation de l'espace aérien et permettre les approches aux minimums de visibilité les plus bas.

6.1.4.4 À son état final, le LAAS fournira le service d'approche et d'atterrissage des catégories II et III, et la plupart des efforts de mise au point à long terme visent à réaliser cet objectif. Les efforts à court terme visent essentiellement à permettre les opérations de catégorie III sans le recours à une deuxième fréquence dans le récepteur de bord. Ils seront suivis par l'incorporation des bienfaits découlant de la modernisation du GPS, en particulier de la fréquence supplémentaire L5.

6.1.4.5 Il est prévu de plus que l'étude détaillée de la façon dont le LAAS améliorera l'efficacité des opérations en région terminale aboutira à de futures applications du LAAS telles que les départs guidés, les trajectoires d'approche complexes, les approches interrompues guidées ainsi que le guidage et le contrôle des mouvements de surface.

Système d'augmentation régionale basé au sol (GRAS)

6.1.4.6 Il est rappelé à la Conférence que le système d'augmentation régionale basé au sol (GRAS) a été présenté au Groupe d'experts GNSS de l'OACI en 1999 comme remplacement possible du SBAS et du GBAS et qu'il a été demandé à ce groupe d'experts de formuler des SARP pour le GRAS. Il est signalé que la validation du projet de SARP pour le GRAS est en cours, l'objectif étant de présenter le résultat de la validation au Groupe d'experts des systèmes de navigation (Groupe de travail plénier) en mai 2004.

6.1.4.7 L'Australie a construit un banc d'essai du GRAS pour faciliter la validation des SARP le concernant. Les données différentielles et d'intégrité du GRAS sont actuellement recueillies par application de la méthodologie SBAS mais elles sont transmises aux aéronefs dans le format d'un message GBAS, par un réseau de stations de diffusion en liaison montante VHF. Les essais au banc ont montré que le GPS renforcé par le GRAS permettra la navigation en route, en région terminale et à l'approche avec guidage vertical.

6.2 QUESTIONS DE POLITIQUE DE NAVIGATION EN FONCTION DES SERVICES ET ARCHITECTURES ACTUELS ET ENVISAGÉS DU GNSS, DE L'INTÉGRATION ET DES OPTIONS DE RECHANGE

6.2.1 Introduction

6.2.1.1 La stratégie actuelle de l'OACI pour la mise en place de systèmes de communication, de navigation, de surveillance et de gestion du trafic aérien (CNS/ATM) envisage de passer progressivement de l'infrastructure de navigation terrestre actuelle à une utilisation accrue d'une infrastructure de navigation par satellite. L'étape initiale de cette transition a été soutenue par l'élaboration de normes et de pratiques recommandées (SARP) de l'OACI pour le système mondial de navigation par satellite (GNSS) et par la publication de procédures et de critères pour les opérations faisant appel au récepteur GNSS de base².

6.2.1.2 Le GPS est déjà largement utilisé dans le monde entier pour la navigation aérienne. Cette utilisation inclut la navigation océanique et des moyens primaires en route pour la navigation intérieure, les approches de non-précision GPS, les normes de séparation et la navigation de surface (RNAV)

² L'expression «récepteur GNSS de base» désigne l'avionique GNSS qui répond au moins aux exigences relatives à un récepteur GPS de l'Annexe 10, Volume I, et aux spécifications des documents RTCA DO-208 ou EUROCAE ED-72A, amendées par les FAA TSO-C129A ou JAA TSO C129 (ou l'équivalent).

fondées sur le GPS ainsi que les opérations RNP (qualité de navigation requise). En Europe, il est utilisé comme moyen de répondre aux exigences de la navigation de surface de base (B-RNAV). Le SBAS est en train de s'installer avec la mise en place du système de renforcement à couverture étendue (WAAS) des États-Unis et la mise en service d'autres SBAS en Europe, au Japon et en Inde à l'échéance 2004-2006. Le développement du GBAS se poursuit, dans un premier temps pour appuyer l'approche de précision de catégorie I.

6.2.2 Rôle du GNSS dans la prestation des services de navigation aéronautique et considérations sur la stratégie de transition

6.2.2.1 La réunion est informée de l'évolution de la situation dans les États, qui indique le rôle croissant que joue la navigation par satellite dans la prestation des services de navigation aérienne. Un État fait part de ses plans concernant le retrait graduel de certains moyens terrestres, en commençant par la mise hors service des radiophares non directionnels (NDB) à mesure que progresse l'équipement des flottes commerciales et de l'aviation générale. Plusieurs autres États indiquent aussi leur projet de retirer graduellement les aides de navigation terrestre à mesure que l'on s'en remet davantage à la navigation par satellite.

6.2.2.2 La réunion est aussi informée d'une position aéronautique commune dans la Région Europe, que l'on est en train d'élaborer avec la participation des usagers de l'espace aérien et des prestataires de services de navigation aérienne. Le but ultime envisagé est un service de navigation unique à réaliser avec le GNSS, à condition que l'on démontre que ce service répond aux exigences de sécurité et de sûreté et qu'il constitue la solution la plus avantageuse sur le plan des coûts.

6.2.2.3 Ces renseignements sont complétés par la position des transporteurs aériens sur les questions de navigation aérienne, laquelle est en faveur du GNSS en tant que système de radionavigation primaire pour la position et le temps. Les usagers de l'espace aérien, agissant en étroite collaboration, invitent les États à passer rapidement du système terrestre actuel à un système de radionavigation spatiale interopérable, harmonisé et avantageux sur le plan des coûts, qui puisse être utilisé dans l'ensemble de l'espace aérien pendant toutes les phases de vol. Cette position des transporteurs préconise aussi une mise en œuvre coordonnée de procédures GNSS, de façon à permettre dès que possible une capacité de navigation mondiale de la phase en route jusqu'aux minimums de catégorie I au moins.

6.2.2.4 Partant du consensus général sur l'accélération du passage à la navigation par satellite, la réunion examine une proposition d'élaboration d'une stratégie qui fixe les bases de la transition vers un futur service de navigation mondial centré sur l'utilisation du GNSS. Il est reconnu cependant que le *Plan mondial de navigation aérienne pour les systèmes CNS/ATM* (Doc 9750) et les plans régionaux de navigation aérienne constituent des documents stratégiques qui répondent au but d'une telle proposition. La réunion convient de reconfirmer les objectifs de la transition et établit une série de conditions à respecter dans le cours de cette transition.

6.2.2.5 La réunion se penche ensuite sur les objectifs à court terme du processus de transition. Il est noté, des renseignements présentés sur l'évolution du GNSS, qu'un système de renforcement satellitaire, le WAAS des États-Unis, est devenu opérationnel à la mi-2003, et que trois autres SBAS devraient le devenir à l'horizon 2004-2006. Des opérations APV fondées sur le WAAS sont en train d'être introduites et des États projettent d'introduire ces opérations dès que les autres SBAS auront été mis en service.

6.2.2.6 La réunion examine les renseignements présentés sur les projets de mise en œuvre d'approches avec guidage vertical (APV) dans certains États. Le programme d'un État prévoit le déploiement de ces approches par étapes. Les travaux conduits dans une perspective de complément des aides classiques à l'approche et à l'atterrissage, notamment les systèmes d'atterrissage aux instruments (ILS), portent sur :

- a) l'approbation d'approches de non-précision basées sur l'utilisation de l'ABAS;
- b) l'évaluation de l'utilisation de procédures APV avec guidage vertical barométrique;
- c) enfin, les avantages opérationnels apportés par l'utilisation de procédures d'approche et d'atterrissage APV avec guidage vertical SBAS à l'ensemble des utilisateurs de l'espace aérien.

6.2.2.7 En outre, plusieurs États et organisations internationales rendent compte d'activités importantes dans les Régions Caraïbes (CAR), Amérique du Sud (SAM) et Afrique (AFI) dans le but d'évaluer les performances du SBAS en utilisant les bancs d'essai WAAS et EGNOS. La réunion note avec approbation l'appui que les prestataires de services ont apporté à ces essais ainsi que les résultats préliminaires et convient que ces activités doivent être encouragées.

6.2.2.8 Sur la base de ce qui précède, il est proposé d'encourager les usagers de l'espace aérien à s'équiper de récepteurs SBAS³ pour profiter de leurs performances supérieures par rapport à celles des récepteurs GNSS de base et de leur meilleure disponibilité en service. Il est aussi présenté une autre proposition préconisant d'adopter les opérations APV-1 fondées sur le SBAS en tant que spécification mondiale. L'objectif de ces propositions est appuyé et la réunion convient d'encourager les États et les prestataires de services, les usagers de l'espace aérien et l'industrie à collaborer à la réalisation de ces buts. En conséquence, la réunion formule la recommandation suivante :

Recommandation 6/1 — Transition vers la navigation aérienne par satellite

Il est recommandé que :

- a) l'OACI continue d'élaborer, selon les besoins, les dispositions qui permettent le guidage GNSS sans discontinuité pour toutes les phases de vol et facilite le passage au service de navigation unique par satellite en tenant dûment compte de la sécurité des vols et des facteurs techniques, opérationnels et économiques;
- b) en coordination avec les usagers de l'espace aérien, les prestataires de services de navigation aérienne agissent rapidement en vue de parvenir le plus tôt possible à une capacité de navigation mondiale au moins jusqu'à la performance APV I;

³ L'expression «récepteur SBAS» désigne l'avionique GNSS qui répond au moins aux exigences relatives à un récepteur SBAS de l'Annexe 10, Volume I, et aux spécifications du document RTCA DO-229C, amendées par le FAA TSO-C145A/146A (ou l'équivalent).

- c) les États et les usagers de l'espace aérien prennent note des services de navigation SBAS disponibles ou sur le point de l'être qui permettent les opérations APV et qu'ils prennent les mesures nécessaires à l'installation et à la certification de l'avionique capable de prendre en charge le SBAS.

6.2.3 **Vulnérabilités du GNSS et service unique de navigation**

6.2.3.1 Il est présenté à la réunion une stratégie de navigation pour la région formée par les États membres de la Conférence européenne de l'aviation civile (CEAC), stratégie qui définit une transition vers un environnement RNAV appuyé par le GNSS. Compte tenu des coûts de cette transition vers un tel environnement et de la nécessité de disposer de moyens de secours en cas de défaillance, il appert que, pour l'avenir prévisible, des aides de navigation au sol demeureront nécessaires et qu'il faudra, par conséquent, continuer à protéger le spectre de fréquences pour ces aides.

6.2.3.2 Après être convenue que les aspects de la stratégie relatifs à la disponibilité du spectre des fréquences seraient examinés, selon les besoins, au titre du point 5 de l'ordre du jour, la réunion examine le potentiel du GNSS en tant que service unique de navigation. Les débats sont centrés sur certaines incertitudes qui subsistent quant à ce potentiel du GNSS en raison de ses modes de défaillance possibles, à leur incidence sur les opérations ATM des États membres de la CEAC et aux possibilités d'atténuation.

6.2.3.3 La réunion est informée que le GPS sans complément de couverture a déjà été accepté comme moyen de fourniture d'une capacité RNAV de base en route dans l'ensemble de la région de la CEAC. Cette acceptation a été possible en raison du maintien de la possibilité de revenir à la navigation classique au moyen des aides au sol (VOR/NDB). La disponibilité de Galileo en tant que deuxième système orbital en complément du GPS, les deux ayant des signaux de navigation supplémentaires, devrait permettre de s'en remettre davantage au GNSS, ce qui rendrait possible le retrait du service des VOR/NDB, la navigation s'appuyant alors sur la RNAV, qui reposerait elle-même sur le GNSS et le DME.

6.2.3.4 Cependant, si le GPS complété par Galileo peut offrir la base sur laquelle pourrait s'appuyer un environnement totalement RNAV, il reste à prouver qu'une telle solution serait économiquement efficace à la lumière de la nécessité potentielle de l'import de systèmes RNAV doubles pour répondre aux impératifs de continuité et de disponibilité. Étant donné que beaucoup d'avions ne sont dotés que d'un équipement RNAV ou FMS (système de gestion de vol) unique, le délai de transition économiquement efficace vers un environnement totalement RNAV pourrait donc être considérablement étendu.

6.2.3.5 Des études réalisées dans la zone CEAC ont indiqué que, comme option de repli pour l'horizon intermédiaire 2010-2015, il pourrait se révéler plus économique d'assurer le niveau requis de continuité du service en conservant l'environnement VOR actuel pour appuyer le retour à la navigation utilisant une avionique VOR double que de doubler les équipements RNAV/FMS avec apport de capteurs doubles. Si ces premiers résultats sont confirmés, le retrait du service des VOR pendant cette période pourrait ne pas être possible.

6.2.3.6 Ayant examiné ces renseignements, la réunion reconnaît que des développements futurs sont susceptibles de réduire considérablement les risques associés à un environnement à service GNSS unique. Il est à prévoir que le GNSS sera utilisé pour toutes les phases du vol, mais il pourrait subsister

certaines modes de défaillance qui empêcheraient de s'en remettre totalement au GNSS. Il est noté que, dans le contexte des opérations menées au sein de la zone de la CEAC, des travaux sont en cours pour définir des moyens et une stratégie d'atténuation qui pourraient peut-être rendre possible une transition progressive vers le service unique. Cependant, la faisabilité de cet objectif ultime et le calendrier de sa réalisation demeurent incertains et il faut s'en occuper en urgence.

6.2.3.7 La réunion examine ensuite les résultats d'une étude de la vulnérabilité du GNSS réalisée par le Groupe d'experts du système mondial de navigation par satellite (GNSSP) à la demande de la Commission de navigation aérienne. Il est fait remarquer que des études ont été effectuées au cours des dernières années par plusieurs institutions hautement qualifiées qui étudient les vulnérabilités du GPS et que le rapport soumis à la réunion vise à examiner les mêmes questions dans le contexte du GNSS, le GPS étant un des éléments de base de GNSS. Plusieurs vulnérabilités du GNSS, l'évaluation des risques opérationnels, les moyens de prévenir les interruptions du système et des précisions sur l'atténuation de ces interruptions sont présentés et évalués.

6.2.3.8 La réunion note la conclusion de l'étude, soit qu'on n'a relevé jusqu'à maintenant aucune vulnérabilité qui compromet l'objectif final d'utiliser le GNSS comme système mondial pour toutes les phases du vol, étant entendu que l'évaluation des vulnérabilités du GNSS et des moyens d'atténuation doit continuer. Il est convenu que les États sont responsables de l'élaboration de techniques d'atténuation appropriées pour les interruptions du GNSS et que les résultats de l'étude présentés à la réunion pourraient constituer des indications utiles qui aideraient les États à évaluer la vulnérabilité du GNSS et à choisir les moyens d'atténuation appropriés. En conséquence, la réunion formule la recommandation suivante :

Recommandation 6/2 — Lignes directrices sur l'atténuation des vulnérabilités du GNSS

Il est recommandé que, lors de la planification et de l'introduction des services GNSS, les États :

- a) évaluent la probabilité et les effets des vulnérabilités du GNSS dans leur espace aérien et emploient, au besoin, les méthodes d'atténuation indiquées dans les lignes directrices figurant à l'Appendice A au rapport sur le point 6 de l'ordre du jour;
- b) gèrent et protègent efficacement les fréquences du GNSS pour réduire les risques de brouillage non intentionnel;
- c) tirent pleinement parti des techniques d'atténuation disponibles à bord des aéronefs, notamment de la navigation par inertie;
- d) donnent priorité, lorsqu'il est nécessaire de conserver des aides de navigation terrestres dans le cadre d'une transition évolutive au GNSS, à la conservation du DME pour les opérations en route et en région terminale utilisant l'INS/DME ou la RNAV DME/DME, et à l'ILS et au MLS pour les approches de précision sur des pistes choisies;

- e) tiennent compte de la contribution des nouveaux signaux et des nouvelles constellations du GNSS dans la réduction des défaillances et vulnérabilités.

6.2.3.9 Il est indiqué qu'il conviendrait d'examiner la possibilité d'incorporer les lignes directrices recommandées dans le Manuel du GNSS, dont le projet a été mis à la disposition de la réunion pour information. Le Secrétariat prend note de la proposition.

6.2.3.10 Pendant l'examen des vulnérabilités du GNSS, il est fait part à la réunion d'un certain nombre de préoccupations au sujet des effets ionosphériques dans les régions équatoriales. Plusieurs États signalent qu'ils ont mis sur pied des programmes de collecte des données et proposent que l'OACI évalue les résultats de ces études et donne des directives aux États. La réunion encourage la poursuite de ces efforts et l'échange de données entre les États et les régions, notant que certains groupes d'experts internationaux, comme le Groupe de travail sur l'interopérabilité du SBAS (IWG), s'échangent déjà des données. En conséquence, la réunion formule la recommandation suivante :

Recommandation 6/3 — Évaluation des effets atmosphériques sur les performances du SBAS dans les régions équatoriales

Il est recommandé que l'OACI évalue les résultats des collectes de données effectuées dans certains États et formule des éléments indicatifs appropriés afin de faciliter les travaux sur l'atténuation des effets ionosphériques sur les performances du SBAS dans les régions équatoriales.

6.2.3.11 La réunion examine également une proposition visant à évaluer la nécessité de normaliser un moyen automatique de signaler les interruptions du GNSS et de déterminer les incidences de ces interruptions sur les opérations GNSS. À cet égard, la réunion note les renseignements sur l'exemple de logiciel placé sur le site Web de l'OACI en vue de démontrer un outil de prévision applicable à la planification des vols et à la production de NOTAM. Après avoir noté cette initiative avec approbation, la réunion signale qu'il est essentiel que ces outils soient appliqués de façon uniforme et formule la recommandation suivante :

Recommandation 6/4 — Moyen automatique de signalisation et d'évaluation des incidences des interruptions sur les opérations GNSS

Il est recommandé que l'OACI examine la possibilité de normaliser un moyen automatique de surveiller et signaler les interruptions prévues et imprévues du GNSS et d'en évaluer les incidences sur les opérations GNSS et élabore, au besoin, les dispositions requises.

6.2.4 Questions relatives à la RNP et à la RNAV

6.2.4.1 La réunion est saisie d'un certain nombre de questions ouvertes concernant différentes définitions et différents concepts relatifs à la qualité de navigation requise (RNP) et à la navigation de surface (RNAV). Des préoccupations sont exprimées à propos du fait que, malgré les efforts consacrés à l'élaboration et à la mise en œuvre d'une définition globale économiquement efficace de la RNP, il est peu vraisemblable que l'harmonisation du concept et des spécifications dans ce domaine soit réalisable à brève échéance. Les raisons de ces préoccupations sont notamment le fait que la plupart des systèmes RNAV sont tributaires d'une infrastructure au sol qui dépend de l'emplacement, la possibilité que

plusieurs fonctions RNAV requises soient associées aux mêmes types de RNP dans divers environnements ATC et la polyvalence de l'avionique dictée par les considérations d'efficacité économique ou résultant du développement évolutif des systèmes RNAV/FMS. La réunion reconnaît la complexité de ces questions et partage ces préoccupations.

6.2.4.2 À ce propos, un État informe la réunion qu'il est en train de mettre en application des procédures RNAV fondées sur les performances et de restructurer son espace aérien afin de tirer parti des capacités de navigation des aéronefs pour suivre des trajectoires de vol plus précises et plus prévisibles dans son espace aérien. La RNAV fondée sur les performances aura pour effet d'améliorer la précision de navigation et la prévisibilité des trajectoires de vol, conduisant à une augmentation de l'efficacité et de la capacité. Cet État met également en œuvre des procédures d'approche basées sur la RNP et élabore une stratégie pour appliquer la RNP aux autres phases de vol. Cet État se dit également préoccupé par l'état des concepts RNP et RNAV.

6.2.4.3 La réunion est informée que lors de son examen du rapport de la quatrième réunion du Groupe d'experts du système mondial de navigation par satellite (GNSSP/4), le 10 juin 2003, la Commission de navigation aérienne était convenue, comme le proposait la Recommandation 1/1 de la réunion GNSSP/4, de prendre les mesures nécessaires pour créer un groupe coordonnateur afin de résoudre ces questions. Il a été noté pendant l'examen de ce point qu'il était important que ces questions soient étudiées sans plus attendre afin d'harmoniser le développement de la RNP et de la RNAV. En conséquence, un nouveau groupe d'étude de la navigation aérienne, appelé Groupe d'étude de la qualité de navigation requise (RNPSG), a été institué. Plusieurs États et organisations internationales participant à la réunion expriment leur engagement à appuyer les travaux du RNPSG.

6.2.4.4 La réunion appuie ces mesures et note également que les prestataires de services de navigation aérienne investissent dans leurs infrastructures de navigation lorsqu'ils mettent en œuvre de nouvelles procédures RNAV et RNP. À mesure que ces procédures sont élaborées et suivies, les États modifient les normes de séparation pour qu'elles reflètent les capacités de navigation améliorées des aéronefs et réaménagent l'espace aérien pour une meilleure utilisation de ces nouvelles procédures. Le calendrier d'application des nouveaux besoins devrait être organisé de manière à être coordonné avec les investissements dans les infrastructures et à laisser aux exploitants suffisamment de temps pour se doter des capacités nécessaires. À cet égard, la réunion souligne qu'il faut d'urgence harmoniser à l'échelle mondiale les concepts et les spécifications relatifs à la navigation fondée sur les performances et qu'il est important que l'OACI joue un rôle de chef de file dans les activités d'harmonisation. Il est indiqué qu'il faudrait élaborer, d'ici la fin de 2004, un cadre de travail pour résoudre les questions identifiées par la réunion GNSSP/4, en particulier les définitions et la terminologie RNP, et d'autres questions concernant la mise en œuvre des opérations de navigation fondées sur les performances et, d'ici la fin de 2005, définir et mettre à jour, au besoin, les critères d'approbation des opérations, les critères de franchissement des obstacles et les critères de séparation pour les opérations de navigation fondées sur les performances. En conséquence, la réunion formule la recommandation suivante :

Recommandation 6/5 — Résolution rapide des questions découlant de la mise en œuvre des opérations RNAV et RNP

Il est recommandé que l'OACI traite d'urgence, avec l'aide du Groupe d'étude sur la RNP, les questions relatives à l'introduction de la RNP et de la RNAV.

6.2.5 Fonctions évoluées du GNSS et nouvelles technologies

6.2.5.1 La réunion est informée de l'état de la mise en œuvre initiale du GNSS dans un État. Il est souligné que la principale raison qui a motivé l'introduction des services de navigation par satellite est la possibilité d'utiliser de nouveaux services pour résoudre les problèmes liés à l'espace aérien et augmenter la disponibilité des procédures de vol aux instruments. Plusieurs fonctions particulières du GNSS ont été mises au point pour améliorer l'accessibilité, la souplesse des opérations en région terminale et la couverture RNAV, en particulier dans les environnements montagneux (riches en obstacles) ou sous d'autres contraintes (exigences d'atténuation du bruit, par exemple). En conséquence, il est proposé à la réunion que l'OACI axe ses travaux sur l'actualisation et l'élaboration des normes et des procédures de manière à concrétiser les avantages du GNSS, tant sur le plan de l'exploitation que sur celui de la sécurité, notamment ceux qui sont associés aux fonctions évoluées du système.

6.2.5.2 L'attention de la réunion est appelée sur le fait que les normes techniques de l'OACI ne sont pas suffisamment avancées pour prendre en charge ces fonctions à brève échéance. Plus particulièrement, la réunion est informée que les spécifications relatives à la performance du GNSS élaborées actuellement par le Groupe d'experts des systèmes de navigation (NSP) seront terminées en 2007. Par conséquent, les SARP correspondantes sur le GNSS ne pourront être terminées qu'après 2007 et les procédures et les critères suivront. Des préoccupations sont également exprimées au sujet du fait que certains éléments additionnels proposés pourraient entraîner des coûts indirects importants pour les usagers. Toutefois, la réunion note que tous les éléments proposés ne sont pas nécessairement techniquement difficiles et que certains États ont déjà entamé des études sur les fonctions proposées. En conséquence, la réunion formule les recommandations suivantes :

Recommandation 6/6 — Conception de procédures GNSS avancées

Il est recommandé que l'OACI élabore des procédures RNAV s'appuyant sur le GNSS pour les aéronefs à voilure fixe et les aéronefs à voilure tournante, afin de permettre d'abaisser les minimums d'exploitation dans les environnements riches en obstacles ou comportant d'autres contraintes.

Recommandation 6/7 — Procédures RNAV pour les courbes

Il est recommandé que l'OACI élabore des procédures RNAV s'appuyant sur le GNSS pour les aéronefs à voilure fixe, de façon à assurer une grande précision de maintien de la route et de la vitesse pour maintenir la séparation dans les courbes et permettre plus de flexibilité dans la mise en séquence des aéronefs en approche.

6.2.5.3 À la suite de ces débats, l'attention de la Conférence est appelée sur les importantes capacités des systèmes inertiels des aéronefs actuels et des avantages qui peuvent être retirés des applications GNSS/INS intégrées. Il est rappelé que ces applications ont été considérées comme des moyens d'atténuation utiles lors des débats de la réunion sur les vulnérabilités du GNSS. Il est également noté que de nombreux aéronefs utilisent des données inertielles pour compléter les performances de l'ILS dans les opérations d'approche et d'atterrissage de précision et que l'intégration du GNSS et de l'INS peut améliorer les performances de navigation en ce qui concerne la précision, l'intégrité, la disponibilité et la continuité.

6.2.5.4 La réunion note cependant que la pleine réalisation des avantages de l'intégration du GNSS et de l'INS est limitée par le manque de normalisation des capacités du système et de ses caractéristiques, comme les temps de fonctionnement autonome, qui est un facteur essentiel de l'évaluation des risques et des stratégies d'atténuation. En conséquence, la réunion formule la recommandation suivante :

Recommandation 6/8 — Intégration GNSS/INS

Il est recommandé que l'OACI élabore des dispositions pour l'intégration du GNSS et de l'INS afin de réduire la vulnérabilité du GNSS à l'égard du brouillage radioélectrique et d'accélérer le développement des fonctions avancées du GBAS.

6.2.5.5 La réunion examine l'évaluation de la faisabilité de l'emploi du GNSS pour les opérations d'approche et d'atterrissage de catégories II et III et des opérations à la surface des aérodromes. Il est rappelé que les SARP actuelles du GBAS prévoient le renforcement des constellations satellitaires de base GLONASS et GPS et la prise en charge des opérations de précision de catégorie I. Le système Galileo sera ajouté aux constellations satellitaires de base et son composant local sera normalisé plus tard, dans le cadre d'un amendement des SARP sur le GBAS. Il est aussi noté qu'un des objectifs du développement du GBAS est de permettre l'évolution de l'architecture de la catégorie I (architecture de base) vers la catégorie III en apportant un minimum de changements au système de base et d'assurer la compatibilité amont avec l'avionique de catégorie I.

6.2.5.6 Les résultats de l'évaluation montrent que les catégories II et III pourraient être réalisées dans la période 2010-2015 selon l'architecture du GBAS et les prescriptions de performance. Le résultat final de l'élaboration actuelle des prescriptions et des normes de performance déterminera dans une large mesure la complexité de la future architecture du GBAS pour les approches et atterrissages des catégories II et III et le moment où elle sera généralement disponible. La réunion exprime des inquiétudes au sujet de la complexité éventuelle de la future architecture GBAS, mais appuie néanmoins la conclusion que les avantages potentiels d'avoir un système unique qui puisse assurer le guidage dans toutes les phases de vol justifient la poursuite des travaux en vue de répondre aux questions techniques et opérationnelles qui se posent.

6.2.5.7 La réunion est également informée des études effectuées actuellement dans certains États en vue d'appuyer le système perfectionné de guidage et de contrôle de la circulation de surface (A-SMGCS) et des travaux du Groupe NSP, qui portent principalement sur l'utilisation du GNSS comme capteur de position pour l'A-SMGCS.

6.2.6 Expériences pré-opérationnelles

6.2.6.1 La réunion reçoit des informations de plusieurs États et organisations internationales concernant les essais effectués dans les CAR, SAM et AFI, à l'échelle régionale et nationale, en vue de recueillir des données pour la définition des architectures du GNSS dans ces régions. Elle est également informée d'une stratégie de mise en œuvre du GNSS en trois étapes dans la Région AFI et des premiers résultats des essais effectués dans la région avec le banc d'essai EGNOS. Des renseignements sur les essais concernant le WAAS et le banc d'essai EGNOS dans les États des Régions CAR et SAM sont également présentés à la réunion.

6.2.6.2 Les enseignements tirés et les propositions découlant de l'expérience acquise sont examinés par la réunion. Cela concerne un large éventail de questions, notamment les ressources humaines, les capacités de formation régionales, le besoin d'intégrer les projets de coopération technique et les aspects financiers. La réunion est informée des activités de l'OACI dans ce domaine et des groupes qui étudient ces questions. Elle note également avec satisfaction l'appui que les États participant au développement du WAAS et de l'EGNOS fournissent dans le cadre des essais du SBAS. Pour encourager la poursuite de ces activités, la réunion formule la recommandation suivante :

Recommandation 6/9 — Appui et participation aux activités de mise en œuvre pré-opérationnelles du SBAS

Il est recommandé que :

- a) les États qui conçoivent et mettent en œuvre des systèmes de renforcement satellitaires, ainsi que les autres prestataires de services SBAS, commencent ou continuent à donner leur appui technique et financier et à participer aux activités conduisant à l'élargissement de leurs zones de service SBAS aux États et régions voisins;
- b) les États qui participent aux activités de mise en œuvre du SBAS coordonnent ces activités avec les autres États participants afin d'optimiser leurs efforts, de réduire les cas de services faisant double emploi et de faciliter la participation des prestataires de services.

6.2.7 Questions connexes

6.2.7.1 En ce qui concerne les aspects juridiques et institutionnels du GNSS indiqués dans les notes AN-Conf/11-WP/143, 153 et 160, la réunion convient que ni la portée ni l'ordre du jour de la réunion ne permettent d'examiner ces sujets. En conséquence, la réunion, avec le concours du Président du Conseil, M. Assad Kotaite, et du Directeur des affaires juridiques, convient de prendre acte des renseignements et des opinions contenus dans ces notes et de les renvoyer au Conseil de l'OACI pour qu'il les examine en urgence et leur donne la suite appropriée.

6.2.7.2 Concernant la question des aspects économiques du GNSS visée dans la note AN-Conf/11-WP/107, la réunion convient que ni sa portée ni son ordre du jour ne représentent une opportunité favorable pour des débats à ce propos. Après avoir reçu un rapport actualisé sur les travaux du Groupe d'experts sur l'économie des services de navigation aérienne (ANSEP) du secrétaire de ce groupe, la réunion note certains principes et hypothèses approuvés par le Groupe ANSEP à appliquer à la répartition des coûts entre l'aviation civile et les autres usagers, notamment que les services GNSS de base devraient être assurés sans redevances d'usage directes et que toute répartition des coûts des services GNSS devrait être faite au niveau régional. La réunion conclut que les informations et les vues exposées dans la note de référence mentionnée devraient être portées à l'attention du Groupe ANSEP.

6.3 AMENDEMENTS CONCERNANT DES SUJETS DE NAVIGATION AÉRIENNE TRAITÉS DANS LES DOCUMENTS PERTINENTS DE L'OACI, NOTAMMENT LE *PLAN MONDIAL DE NAVIGATION AÉRIENNE POUR LES SYSTÈMES CNS/ATM (DOC 9750)*, L'ANNEXE 10 — *TÉLÉCOMMUNICATIONS AÉRONAUTIQUES* ET D'AUTRES DOCUMENTS, SELON LES BESOINS

6.3.1 Proposition d'actualisation de la stratégie de l'OACI pour l'introduction et l'utilisation d'aides non visuelles d'approche et d'atterrissage (Annexe 10, Volume I)

6.3.1.1 La réunion est informée des mises à jour, élaborées par le Groupe d'experts du système mondial de navigation par satellite (GNSSP) à la demande de la Commission de navigation aérienne, de la stratégie de l'OACI pour l'introduction et l'utilisation d'aides non visuelles d'approche et d'atterrissage (Annexe 10, Volume I, Supplément B). Il est signalé à la réunion que les amendements proposés tiennent compte des progrès réalisés dans le domaine de la navigation aérienne depuis que la Réunion spéciale Télécommunications/Exploitation à l'échelon division a approuvé la stratégie en 1995. Il est rendu compte, en particulier, des progrès réalisés dans la mise au point du GNSS et l'introduction des opérations au GNSS.

6.3.1.2 Dans son examen des amendements proposés, la réunion convient que les objectifs généraux de la stratégie demeurent valides et ne sont pas touchés par les progrès réalisés depuis 1995. Ainsi, la réunion prolonge la validité de la stratégie actuelle jusqu'en 2020.

6.3.1.3 Il est rappelé que la stratégie actuelle a introduit un concept de critères génériques pour les opérations d'approche, d'atterrissage et de départ, qui avait pour but de faciliter l'application des technologies naissantes aux opérations d'approche et d'atterrissage de précision. L'élaboration de normes et pratiques recommandées (SARP) sur les approches de précision au GNSS a montré que le concept de qualité de navigation requise (RNP) n'a pas remplacé la nécessité d'avoir des SARP détaillées sur les systèmes. De telles SARP sur le GNSS pour les approches de précision de catégorie I ont été élaborées après l'introduction du concept, et des normes additionnelles pour les catégories II et III sont en cours d'élaboration. Ayant noté que l'adoption des SARP sur le GNSS met en place trois aides normalisées pouvant être utilisées dans toute la gamme d'approches et d'atterrissages de précision, la réunion convient qu'il n'est pas nécessaire de normaliser de nouveaux systèmes d'approche et d'atterrissage de précision. Les éléments sur les critères génériques RNP ne sont plus jugés nécessaires et sont donc supprimés de la proposition d'amendement de la stratégie.

6.3.1.4 La réunion passe en revue la stratégie en fonction des informations les plus récentes disponibles et de ses délibérations antérieures. Les changements les plus importants portent sur les aspects suivants :

- a) des progrès considérables ont été réalisés dans la mise en œuvre du MLS de catégorie III;
- b) l'approche avec guidage vertical (APV) avec renforcement satellitaire atteint le stade de la capacité opérationnelle;
- c) le GNSS avec renforcement au sol capable de prendre en charge les opérations de catégorie I n'est pas aussi avancé que prévu et il est envisagé qu'il deviendra opérationnel d'ici 2006. La définition des critères de performance et l'élaboration des

SARP sur le système de renforcement basé au sol (GBAS) du GNSS pour la prise en charge des opérations des catégories II et III sont en cours. Il est cependant impossible à l'heure actuelle de prévoir une date précise à laquelle une capacité opérationnelle deviendra disponible. Le calendrier de disponibilité de 2005-2015 a été remplacé par 2010-2015;

- d) des progrès importants ont été réalisés en ce qui concerne le récepteur multimode (MMR). Des normes de l'industrie sur le MMR ont été élaborées et des MMR ont été mis en service avec l'ILS et les fonctions GNSS de base. D'autres fonctions MMR telles que les fonctions MLS et GBAS sont en cours de mise au point et devraient être disponibles dans un proche avenir;
- e) puisque le MMR n'est qu'une application spécifique d'un moyen embarqué d'atterrissage, une notion plus générique a été introduite relativement au moyen multimode;
- f) puisque la transition au GNSS comme système mondial pour toutes les phases du vol est reconnue comme étant un objectif à long terme. Ainsi, les bandes de fréquences attribuées à l'ILS, au MLS et au GNSS doivent être protégées indéfiniment. Un énoncé en ce sens a été ajouté à la stratégie;
- g) les normes et les critères relatifs aux approches et aux atterrissages avec guidage vertical (APV) sont maintenant disponibles ou en cours d'élaboration. Les procédures APV, fondées sur diverses technologies, présentent des avantages opérationnels et une meilleure sécurité par rapport aux approches de non-précision, surtout en ce qui a trait à la prévention des incidents ou accidents CFIT. La stratégie a donc été étoffée pour incorporer des informations générales en ce sens.

6.3.1.5 Dans son examen de la proposition d'amendement de la stratégie, la réunion a pris connaissance de la position de l'IATA sur les aides non visuelles d'approche et d'atterrissage de CAT II/III. Tenant compte de la position de l'IATA, la réunion convient d'actualiser la stratégie comme il est indiqué dans l'Appendice B au rapport sur ce point de l'ordre du jour. Elle formule donc la recommandation suivante :

RSPP	Recommandation 6/10 — Amendement de l'Annexe 10, Volume I, Supplément B — Stratégie pour l'introduction et l'utilisation d'aides non visuelles d'approche et d'atterrissage Il est recommandé que l'Annexe 10, Volume I, Supplément B, soit amendée comme il est indiqué à l'Appendice B au rapport sur le point 6.
------	--

6.3.2 Amendements du Plan mondial

6.3.2.1 La réunion examine une proposition d'amendement émanant du Groupe d'experts GNSSP des parties du *Plan mondial de navigation aérienne pour les systèmes CNS/ATM* (Doc 9750) qui

concernent la navigation, notamment la mise à jour du document visant à prendre en compte l'évolution récente du système mondial de navigation par satellite (GNSS).

6.3.2.2 Les amendements proposés se fondent sur les éléments clés suivants :

- a) le concept d'utilisation du GNSS comme un moyen supplémentaire, principal ou unique de navigation (utilisation d'un seul système) évolue de plus en plus vers un concept d'utilisation de plusieurs capteurs pour les opérations d'approche, d'atterrissage et de départ, les éléments du GNSS étant considérés comme des capteurs distincts;
- b) le but de la transition au GNSS, qui supprime la nécessité de recourir aux aides de navigation au sol classiques, est conservé pour la navigation au GNSS et les futurs environnements ATM où cet objectif peut être réalisé en toute sécurité et économiquement;
- c) la nécessité de conserver les aides de navigation au sol classiques en tout ou en partie pendant la transition est maintenue jusqu'à ce que les opérations au GNSS répondent aux exigences de sécurité et d'efficacité économique;
- d) le besoin de conserver les aides de navigation au sol classiques pendant la transition ne signifie pas qu'il sera nécessaire, lors de l'introduction des opérations au GNSS, d'installer des aides de navigation au sol supplémentaires dans les régions moins développées, à moins qu'il ne soit démontré que ces aides sont requises pour assurer la sécurité de certaines opérations.

6.3.2.3 La réunion formule des éléments supplémentaires qui sont inclus dans la proposition pour tenir compte des délibérations antérieures concernant :

- a) la vulnérabilité du GNSS au brouillage et le besoin de moyens d'atténuation;
- b) le rôle renforcé du DME et de l'INS/IRS dans la fourniture des services de navigation;
- c) l'importance de la RNAV et de la RNP dans la concrétisation des avantages du GNSS.

6.3.2.4 La réunion examine aussi une proposition visant à amender les dates limites pour la mise en œuvre des systèmes CNS/ATM dans la Région AFI qui figurent dans la Partie II du Plan mondial. Il est indiqué que le rythme de mise en œuvre initialement envisagé n'a pas été réalisé, en particulier dans la Région AFI, du fait d'un certain nombre de facteurs tels que des retards dans la disponibilité et l'installation de l'avionique appropriée et le manque de financement.

6.3.2.5 De ce fait, les États AFI ont prorogé jusqu'en 2015 leur date limite pour la mise en œuvre des systèmes CNS/ATM. Néanmoins, l'objectif ultime de la région est un système de navigation fondé sur la navigation par satellite pour toutes les phases du vol. En ce qui concerne le renforcement, tout déploiement serait en accord avec la politique régionale définie et approuvée par le Groupe régional de planification et de mise en œuvre AFI (APIRG). Il est noté que la stratégie indique en détail une voie évolutive à partir des constellations existantes en passant par un SBAS minimal assurant sur toute la

Région AFI un moyen d'approche de non-précision avec guidage vertical d'une précision de 20 m et un seuil d'alarme vertical de 50 m (APV-I).

6.3.2.6 La réunion prend note des renseignements fournis sur les objectifs et les plans de mise en œuvre. En ce qui concerne les amendements proposés des dates limites de mise en œuvre, il est noté que des modifications similaires pourraient être proposées par d'autres régions OACI et que tous ces changements devraient être regroupés et pris en compte dans la prochaine édition du document.

6.3.2.7 En concluant son examen de la question, la réunion met à jour le Plan mondial de la façon indiquée dans l'Appendice C au rapport sur ce point de l'ordre du jour et formule la recommandation suivante :

Recommandation 6/11 — Amendement du Plan mondial — Navigation

Il est recommandé :

- a) que le *Plan mondial de navigation aérienne de navigation aérienne pour les systèmes CNS/ATM* (Doc 9750) soit amendé de la façon indiquée dans l'Appendice C au rapport sur le point 6 de l'ordre du jour;
- b) que les dates limites actualisées pour la mise en œuvre des systèmes CNS/ATM qui figurent dans la Partie II du Plan mondial soient revues par les Groupes de mise en œuvre régionaux et soient regroupées pour être introduites dans la prochaine édition du Plan mondial.

**6.4 DIRECTIVES POUR LE DÉVELOPPEMENT FUTUR DES SERVICES
DE NAVIGATION AÉRIENNE**

**6.4.1 Concept d'utilisation de combinaisons de systèmes de navigation par satellite
indépendants et de leurs renforcements**

6.4.1.1 La réunion est saisie des résultats d'une étude effectuée par le Groupe d'experts du système mondial de navigation par satellite (GNSSP) à la demande de la Commission de navigation aérienne de l'OACI. Cette étude indique que l'augmentation du nombre de signaux et de constellations GNSS présentera d'importants avantages pour l'aviation civile en améliorant la robustesse et les performances, en simplifiant l'architecture des éléments terrestres du GNSS et en atténuant les préoccupations institutionnelles. Elle prévient aussi que l'introduction de ces nouveaux éléments soulèvera certaines questions techniques, économiques et institutionnelles.

6.4.1.2 Il est rappelé que, selon les renseignements présentés au sujet de l'avancement du GNSS (section 6.1 du rapport), le GPS sera amélioré grâce à des signaux supplémentaires et à des satellites modernisés. Il est également indiqué que des satellites modernisés présentant des caractéristiques améliorées seront ajoutés à la constellation du GLONASS. En outre, une nouvelle constellation appelée Galileo, qui est actuellement mise au point par l'Europe, comportera trois signaux et une fonction d'intégrité mondiale. Il est entendu que, pour chaque nouveau signal ou chaque nouvelle constellation, les autorités de l'aviation civile auront probablement besoin d'une ou deux années supplémentaires pour la validation et la certification avant que les nouveaux éléments du GNSS puissent servir aux applications

liées à la sécurité de la vie humaine. Par conséquent, l'emploi opérationnel des nouveaux signaux et des services fondés sur une combinaison de constellations pourrait commencer à l'horizon 2010-2015.

6.4.1.3 La réunion est consciente que la mise en œuvre d'une multiplicité de combinaisons possibles d'éléments se traduirait par la complexité de l'ensemble du système et aurait des incidences économiques négatives en particulier pour les utilisateurs, et elle conclut que cela peut être évité par une évaluation complète et la sélection des combinaisons les plus prometteuses pour la mise en œuvre générale. En conséquence, la réunion formule la recommandation suivante :

Recommandation 6/12 — Élaboration d'éléments indicatifs sur les applications des nouveaux éléments du GNSS et de leurs combinaisons

Il est recommandé que, dans le cadre de l'élaboration des normes sur les nouveaux éléments et signaux du GNSS, l'OACI prenne en compte les questions relatives à l'emploi de signaux multiples et de leurs combinaisons et élabore des éléments d'orientation sur les combinaisons d'éléments GNSS les plus prometteuses.

6.4.1.4 La réunion est informée que l'avionique GNSS actuelle sélectionne automatiquement les satellites et les renforcements à utiliser. Elle note à cet égard que les réglementations nationales pourraient exiger ou interdire l'emploi de certains éléments futurs du GNSS ou de leurs combinaisons dans certaines parties de l'espace aérien. La réunion convient que cette situation pourrait entraîner pour les usagers des coûts considérables liés aux commandes et procédures de bord supplémentaires, à la formation des équipages et à la maintenance, ou devenir un problème de sécurité à cause de considérations relatives aux facteurs humains. Elle convient aussi qu'en raison de ces répercussions possibles, il faut que l'OACI encourage les États à éviter, dans leurs plans de mise en œuvre de services GNSS, de restreindre l'utilisation de certains éléments du GNSS pour des raisons institutionnelles. En conséquence, la réunion formule la recommandation suivante :

Recommandation 6/13 — Entraves éventuelles à l'utilisation de signaux GNSS multiples

Il est recommandé que, lorsqu'ils planifient la mise en œuvre des services GNSS, les États tirent pleinement parti des avantages qu'il y a à utiliser des constellations satellitaires de base indépendantes, d'autres éléments du GNSS et de leurs combinaisons, et évitent de restreindre l'utilisation de certains éléments du système.

6.4.1.5 Ayant examiné les résultats de l'étude qui lui était présentée, la réunion conclut que le document constitue un aperçu utile des avantages de l'introduction de nouveaux éléments du GNSS ainsi que des problèmes qu'elle pose. Elle convient en conséquence d'en faire l'Appendice D au rapport sur ce point de l'ordre du jour.

6.4.2 Services GNSS dans la bande 960 – 1 215 MHz

6.4.2.1 La réunion se souvient que lors des débats sur l'atténuation des vulnérabilités du GNSS et sur les avantages offerts par son développement futur, il a été fait état à plusieurs reprises de l'introduction et de l'utilisation de «deuxièmes fréquences civiles» additionnelles. À cet égard, elle note que les États-Unis ont décidé de mettre en œuvre une deuxième fréquence GPS civile, la fréquence L5, dans la bande 1 164,45 – 1 188,45 MHz. Parallèlement à cette décision, les signaux de Galileo utiliseront

aussi des fréquences dans la bande 1 164 – 1 215 MHz. La Fédération de Russie a elle aussi fait part de son intention d'ajouter un signal ou des signaux supplémentaires dans cette bande dans le cadre du programme de modernisation du GLONASS. Ces signaux seront introduits conformément à l'attribution par l'UIT de la bande 960 – 1 215 MHz au service de radionavigation par satellite (SRNS) aux conditions prévues dans le renvoi 5.328A (MOD-03) et dans la Résolution 609 (CMR-03) du Règlement des radiocommunications de l'UIT.

6.4.2.2 Il est rappelé à la réunion que la bande 960 – 1 215 MHz, qui continue à être attribuée au service de radionavigation aéronautique (ARNS), est lourdement utilisée par le dispositif de mesure de distance (DME) normalisé par l'OACI.

6.4.2.3 La réunion est avisée du risque du brouillage des récepteurs du GNSS dans la bande 1 164,45 – 1 188,45 MHz et, dans une moindre mesure (en raison de l'emploi des fréquences pour des attributions nationales spéciales) dans la bande 1 197,14 – 1 215 MHz. Le niveau du brouillage, et donc son incidence, dépend du nombre d'impulsions DME émises par les transpondeurs sol du DME dans ces parties de la bande qui peuvent brouiller l'antenne GNSS de l'aéronef (les interrogateurs embarqués ne fonctionnent pas à ces fréquences).

6.4.2.4 La réunion convient que, dans les cas où l'emploi du DME et du GNSS dans la même bande de fréquences risque d'entraîner un brouillage inacceptable, il faut étudier des façons d'atténuer le brouillage tout en maintenant les services de radionavigation aéronautiques. On pourrait y parvenir :

- a) en modifiant les futures installations DME de manière à réduire autant que possible la cadence d'émission du squitter au repos (Annexe 10, Volume I, Chapitre 3, paragraphe 3.5.4.1.5.6);
- b) en utilisant davantage les DME de canal Y;
- c) en réattribuant les fréquences actuelles lorsque c'est possible.

6.4.2.5 En conséquence, la réunion formule la recommandation suivante :

Recommandation 6/14 — Services GNSS dans la bande 960 – 1 215 MHz

Il est recommandé :

- a) que les États soient encouragés à tenir compte de la nécessité de réduire au minimum le risque de causer du brouillage aux services GNSS dans leur planification du déploiement des DME;
- b) qu'un organe approprié de l'OACI soit chargé d'examiner les questions énumérées au paragraphe 6.4.2.4 du rapport sur le point 6 de l'ordre du jour.

6.4.3 Examen des SARP de l'Annexe 10 relatives aux aides de radionavigation au sol à la lumière des services GNSS actuels et prévus

6.4.3.1 La réunion prend connaissance des résultats d'un examen préliminaire des normes et pratiques recommandées (SARP) de l'Annexe 10, Volume I, effectué par le Groupe GNSSP à la demande de la Commission de navigation aérienne dans le but de déterminer si ce document doit être actualisé à la

lumière des services GNSS actuels et prévus. Cet examen avait pour but de dégager les points qui devraient être étudiés plus avant afin d'évaluer les incidences des changements qui pourraient être apportés aux normes et d'élaborer un projet d'amendement de l'Annexe, s'il y a lieu.

6.4.3.2 La réunion note que le futur GNSS, capable d'assurer une couverture de navigation mondiale et de fournir des moyens de navigation de surface (RNAV) pour toutes les phases du vol viendra se superposer à plusieurs moyens et fonctions fournis par les aides de radionavigation actuelles définies dans l'Annexe 10, Volume I. Les parties désignées comme pouvant nécessiter des modifications comprennent généralement les normes qui pourraient devenir superflues consécutivement à l'introduction du GNSS et celles qui, dans leur forme actuelle, pourraient poser des problèmes dans la transition à la navigation par satellite.

6.4.3.3 La réunion note également que, bien que ces parties aient été identifiées en fonction des aspects liés au GNSS, plusieurs mises à jour potentielles résultent de l'application croissante des aides de navigation basées au sol pour les opérations RNAV.

6.4.3.4 La réunion convient que d'autres travaux sont nécessaires pour déterminer la faisabilité d'amender les SARP et les éléments indicatifs de l'Annexe 10, Volume I, compte tenu de la possibilité de réduire les fonctionnalités de navigation superflues et des considérations sur la protection, et pour élaborer les projets d'amendement au besoin. Les questions à étudier sont les suivantes :

- a) révision générale des dates de protection;
- b) modification des spécifications relatives au DME, compte tenu de l'emploi de plus en plus grand de ce système dans les opérations RNAV en région terminale et de l'emploi de la RNAV DME/DME comme système de secours pour le GNSS;
- c) spécifications relatives au DME/P;
- d) spécifications relatives aux opérations MLS/RNAV et actualisation des spécifications relatives au MLS;
- e) actualisations des éléments indicatifs sur les volumes de service du DME, de l'ILS et du VOR et planification des fréquences.

6.4.3.5 En se fondant sur ce qui précède, la Conférence formule la recommandation suivante :

Recommandation 6/15 — Mise à jour des SARP de l'Annexe 10, Volume I, relatives aux aides de radionavigation

Il est recommandé que l'OACI entreprenne l'examen des SARP et des éléments indicatifs de l'Annexe 10, Volume I, relatifs aux domaines indiqués au paragraphe 6.4.3.4 du rapport sur le point 6 de l'ordre du jour.

6.4.3.6 Notant la portée du Volume I de l'Annexe 10, la réunion constate qu'il y a une corrélation et un liens étroits entre les Recommandations 6/14 et 6/15.

6.4.4 **Intégrité des données améliorée pour la navigation de surface et la navigation par satellite**

6.4.4.1 La réunion est informée que les déficiences dans la qualité des données aéronautiques des systèmes embarqués révélées lors des premières expérimentations de mise en œuvre de procédures GNSS et RNAV comportaient aussi bien des données erronées à l'origine que des codages incorrects de données publiées dans l'AIP. Il est noté que les principales sources d'erreur sont la non-conformité de certains États avec les exigences de l'Annexe 15 concernant la qualité des données publiées et l'altération des données lors des différents traitements de la chaîne aéronautique.

6.4.4.2 La réunion note également que même si l'OACI a élaboré des SARP qui régissent différents aspects du traitement des données aéronautiques électroniques, elle ne peut pas empêcher le traitement manuel de données critiques pour le vol. Malgré les multiples initiatives visant à traiter le problème de l'intégrité des données, en particulier dans le contexte de la mise en œuvre de la RNAV, il n'existe pas de système coordonné ni de norme permettant de garantir que le niveau requis d'intégrité des données est assuré tout au long de la chaîne de traitement, de la création des données aéronautiques à leur utilisation finale. La réunion est aussi informée de certaines divergences qui existent entre les exigences de qualité, de précision, de résolution et d'intégrité édictées par l'industrie et celles édictées par l'OACI.

6.4.4.3 Au cours de l'examen des questions soulevées, de nombreux États et organisations internationales insistent sur l'aspect sécurité de la qualité des données aéronautiques, notamment l'intégrité des données pour les opérations RNAV et GNSS. À cet égard, la réunion souligne qu'il importe au plus haut point que l'OACI élabore des éléments indicatifs sur l'acquisition de données provenant de différentes sources, le traitement ainsi que l'évaluation de la qualité globale. Il est indiqué que ces éléments devraient également porter sur la détection des événements et facteurs d'altération des données (altération des données par un intervenant sans que les autres intervenants soient alertés) dans la chaîne de traitement de l'information aéronautique. Il est également suggéré d'entreprendre le plus tôt possible la tâche d'harmoniser les spécifications de l'Annexe 15 relatives à la qualité des données et les normes correspondantes de l'industrie.

6.4.4.4 Comme suite à ces suggestions, la réunion est informée des travaux en cours à l'OACI dans le but de remédier aux déficiences présentées à la réunion. La réunion note en particulier l'avancement de la tâche AIS-9401 du *Programme des travaux techniques (TWP) de l'Organisation dans le domaine de la navigation aérienne*, qui comprend notamment l'élaboration d'éléments indicatifs pour l'application par les services d'information aéronautique des normes de la série 9000 de l'ISO, qui permettront d'établir l'assurance de la qualité de l'information aéronautique. La réunion est informée que ces travaux tirent à leur fin et que le Manuel du système de gestion de la qualité pour les services AIS/MAP sera terminé d'ici la fin de 2003. La réunion note aussi que, conformément à la Recommandation 3/4 de la réunion GNSSP/4, il a été demandé au Groupe d'experts des systèmes de navigation (NSP) d'élaborer des propositions précises pour l'harmonisation des normes de l'OACI et de l'industrie sur les données aéronautiques utilisées pour les opérations GNSS.

6.4.4.5 Après avoir noté ce qui précède, la réunion formule la recommandation suivante :

Recommandation 6/16 — Achèvement des éléments indicatifs sur l'application des SARP de l'Annexe 15 relatives à la qualité des données

Il est recommandé que l'OACI accorde une priorité élevée à l'achèvement des éléments indicatifs pour l'assurance de la qualité des données, notamment le traitement des données depuis leur création jusqu'à leur utilisation finale.

6.4.5 Propositions concernant le développement des services de navigation GNSS dans les régions

6.4.5.1 Pour conclure ses délibérations sur les questions de navigation aérienne, la réunion examine des renseignements sur les stratégies de la Région Asie/Pacifique pour les services de navigation aérienne et les propositions pour le développement régional des services de navigation GNSS.

6.4.5.2 La réunion note la stratégie pour la fourniture de systèmes de guidage d'approche et d'atterrissage de précision et la stratégie pour la mise en œuvre de la navigation GNSS dans la Région Asie/Pacifique, qui ont été adoptées par la quatorzième réunion du Groupe régional Asie/Pacifique de planification et de mise en œuvre de la navigation aérienne (APANPIRG/14).

6.4.5.3 En ce qui concerne les informations et les propositions élaborées et présentées en application de la Conclusion 11/54 de la onzième réunion du Groupe régional Caraïbes/Amérique du Sud de planification et de mise en œuvre (GREPECAS/11), la réunion note avec approbation les progrès réalisés dans les essais et la planification des services de navigation basés sur le GNSS. Il est convenu que l'expérience acquise et les défis qui se présentent pourraient intéresser les autres régions, notamment les activités concernant le développement du service régional de navigation par satellite qui peuvent être avancées avec de faibles investissements grâce à des efforts régionaux coordonnés et à la participation engagée des États. Il est noté que la formation des ressources humaines et les questions financières sont des défis importants dans la mise en œuvre de systèmes complexes comme le GNSS.

6.4.5.4 La réunion est informée que l'OACI utilise trois mécanismes différents pour apporter son concours aux États dans la mise en œuvre des systèmes CNS/ATM. Ce sont les projets spéciaux de mise en œuvre, les projets de coopération technique et la facilité financière internationale pour la sécurité de l'aviation. En outre, l'OACI effectue des visites techniques périodiques auprès des États, élabore des éléments indicatifs régionaux et organise des ateliers régionaux.

6.4.5.5 En concluant ses délibérations sur les questions de navigation aérienne, la réunion, conformément à sa Recommandation 6/1, souligne qu'il est nécessaire que l'OACI, les États, les usagers de l'espace aérien et les autres parties intéressées continuent d'œuvrer pour un système de navigation mondial sûr et efficace dans toutes les phases des vols.

APPENDICE A

LIGNES DIRECTRICES CONCERNANT LA VULNÉRABILITÉ DU GNSS ET LES MÉTHODES D'ATTÉNUATION — SOLUTIONS TERRESTRES, EMBARQUÉES ET PROCÉDURALES

1. INTRODUCTION

1.1 Le GNSS est graduellement mis en œuvre à l'échelle planétaire et il a la capacité de satisfaire aux normes de performance de toutes les phases du vol, améliorant ainsi la sécurité et l'efficacité de la navigation. Il est indispensable, à mesure que le GNSS se généralise, que les fournisseurs de services déterminent les vulnérabilités du système et définissent des méthodes d'atténuation adéquates. La présente note donne un aperçu des vulnérabilités du GNSS et décrit les méthodes d'atténuation qui peuvent être appliquées au besoin. Elle a été élaborée sur la base des résultats de plusieurs autres études de vulnérabilité et tient compte des préoccupations et des recommandations formulées dans ces études. La plupart des vulnérabilités étudiées s'appliquent aussi à d'autres systèmes de radionavigation aéronautique, mais ces systèmes n'entrent pas dans le cadre de la présente note.

2. VULNÉRABILITÉS DU SIGNAL GNSS

2.1 Brouillage

2.1.1 Les signaux provenant des constellations satellitaires de base du GNSS et du système de renforcement satellitaire (SBAS) sont vulnérables en raison de la faible puissance relative du signal reçu; les signaux du GNSS sont en effet émis par des satellites et le signal de chaque satellite couvre une grande portion de la surface terrestre. Même si les données VHF diffusées par le système de renforcement au sol (GBAS) sont plus difficiles à brouiller (la puissance du signal du GBAS est semblable à celle des signaux des aides de navigation terrestres), le service GBAS dépend des signaux des satellites des constellations de base. Les signaux brouilleurs sont limités à la portée optique : pour une source de brouillage située au sol, par exemple, la zone de brouillage à 600 m (2 000 ft) au-dessus du sol est essentiellement limitée à environ 110 km (60 NM).

2.1.2 Les normes et pratiques recommandées (SARP) sur le GNSS spécifient la performance requise en présence des niveaux de brouillage définis par le gabarit de brouillage du récepteur. Ces niveaux de brouillage sont généralement conformes au Règlement de l'Union internationale des télécommunications (UIT). Il est acceptable que les niveaux de brouillage supérieurs au gabarit causent une perte de service, mais ils ne doivent en aucun cas produire des informations dangereuses ou trompeuses.

2.1.3 *Brouillage non intentionnel.* La plupart des phénomènes de brouillage du GNSS qui ont été signalés sont causés par les systèmes de bord et l'installation du GNSS a mis en évidence plusieurs sources de brouillage involontaire (rayonnements non essentiels ou harmoniques provenant de l'équipement VHF, et émissions hors bande et rayonnements non essentiels provenant de l'équipement de communication par satellite). Les appareils électroniques portables peuvent aussi causer du brouillage au GNSS et à d'autres systèmes de navigation.

2.1.3.1 Les sources de brouillage situées au sol comprennent actuellement les communications VHF fixes et mobiles, les liaisons radio point à point fonctionnant dans la bande de fréquences du GNSS, les harmoniques provenant de stations de télévision, certains systèmes radar, les systèmes de communication mobiles par satellite et les systèmes militaires. La probabilité de brouillage dépend de la réglementation nationale du spectre radioélectrique, de la gestion des fréquences et de l'application de la réglementation à l'intérieur de chaque État ou de chaque région.

2.1.4 *Brouillage intentionnel.* En raison de leur faible puissance, les signaux du GNSS peuvent être brouillés par des émetteurs de faible puissance. Bien qu'aucun cas de brouillage intentionnel d'un aéronef civil n'ait été enregistré, l'éventualité de ce type de brouillage doit être prise en compte et évaluée comme une menace.

2.2 **Leurrage**

2.2.1 Le leurrage est l'altération intentionnelle des signaux de navigation pour forcer un aéronef à dévier de sa route et à suivre une fausse trajectoire de vol. L'altération intentionnelle des signaux des satellites GNSS est techniquement beaucoup plus complexe que celle des signaux des aides de navigation classiques basées au sol. L'altération des signaux de diffusion des données du GBAS présente les mêmes difficultés que celle des aides d'atterrissage classiques.

2.2.2 Même si, en théorie, le leurrage peut fausser la navigation d'un aéronef en particulier, il est fort probable qu'il sera détecté par des procédures normales (surveillance de la trajectoire de vol et de la distance aux points de cheminement et surveillance radar). Les dispositifs avertisseurs de proximité du sol (GPWS) et les systèmes anticollision embarqués (ACAS) assurent une protection supplémentaire contre les collisions avec le sol et avec d'autres aéronefs. Vu qu'il est difficile d'altérer intentionnellement les signaux du GNSS et qu'il n'est pas estimé nécessaire d'appliquer des méthodes d'atténuation opérationnelles particulières, ce problème n'est pas traité plus avant dans la présente note.

2.3 **Effets ionosphériques et autres effets atmosphériques**

2.3.1 Les fortes précipitations n'atténuent les signaux des satellites du GNSS que d'une petite fraction de 1 dB et n'ont pas d'incidences sur les opérations. Les effets troposphériques sont pris en compte dans la conception du système et ne constituent pas une vulnérabilité du GNSS. Deux phénomènes ionosphériques peuvent cependant poser des problèmes : les perturbations ionosphériques brusques et étendues et la scintillation. Les perturbations ionosphériques entraînent des erreurs de distance qui doivent être prises en compte dans la conception du système. La scintillation peut causer une perte temporaire des signaux GNSS provenant d'un ou de plusieurs satellites.

2.4 **Autres vulnérabilités**

2.4.1 Les vulnérabilités du secteur terrien et du secteur spatial du GNSS doivent également être examinées. Une constellation peut contenir un nombre insuffisant de satellites à cause d'un manque de ressources pour assurer le maintien de la constellation, de problèmes de lancement ou de pannes des satellites. Une défaillance du secteur de contrôle d'une constellation ou une erreur humaine peuvent éventuellement causer la panne de plusieurs satellites d'une constellation.

2.4.2 Il y a aussi le risque d'une interruption ou d'une dégradation du service durant une situation d'urgence nationale, chaque État ayant liberté d'action comme l'autorise l'article 89 de la Convention relative à l'aviation civile internationale. Si les signaux sont bloqués dans une région, les

signaux GNSS civils pourraient être intentionnellement brouillés mais l'espace aérien touché serait de toute façon fermé à la circulation aérienne civile. Un autre problème moins probable est la dégradation ou le blocage des signaux des satellites de la constellation de base ou des signaux de renforcement satellitaires dans toute la zone de couverture.

3. ÉVALUATION DES RISQUES D'INTERRUPTION DU GNSS

3.1 Deux éléments doivent être pris en compte dans l'évaluation des risques opérationnels liés aux vulnérabilités du GNSS :

- a) la probabilité d'une interruption du GNSS;
- b) les incidences d'une interruption du GNSS.

3.2 En évaluant ces aspects en fonction de l'espace aérien, les fournisseurs de services de navigation aérienne peuvent déterminer s'il est nécessaire de prendre des mesures d'atténuation et, le cas échéant, à quel niveau. Des mesures d'atténuation doivent être appliquées lorsqu'il y a une probabilité moyenne ou forte d'interruptions ayant des incidences majeures.

3.3 Évaluation de la probabilité d'interruption du GNSS

Brouillage

3.3.1 *Brouillage non intentionnel.* L'expérience opérationnelle est la meilleure façon d'évaluer ce risque. La probabilité de brouillage non intentionnel est souvent fonction de la géographie. Ce type de brouillage est plus probable dans les grandes villes où existent d'importantes sources de brouillage radioélectrique, des industries, etc., que dans les régions éloignées, où la probabilité est très faible.

3.3.2 *Brouillage intentionnel.* Chaque État doit déterminer la probabilité de brouillage intentionnel en tenant compte de la motivation à brouiller le GNSS. Le brouillage intentionnel peut être motivé par la possibilité de causer des dommages à une région et par les incidences opérationnelles qu'il peut avoir sur les applications aéronautiques ou non aéronautiques. Si les incidences sont minimales, le risque de menace est faible puisqu'il n'y a pas de motivation à causer du brouillage. Les incidences éventuelles du brouillage intentionnel peuvent cependant augmenter à mesure que les applications GNSS se multiplient et que la dépendance envers le GNSS s'accroît.

Effets ionosphériques

3.3.3 Des perturbations brusques et étendues de l'ionosphère sont fréquemment observées près de l'équateur géomagnétique, mais leurs effets ne sont pas assez importants pour avoir une incidence sur les opérations en route et les approches de non-précision. Les incidences de ces perturbations sur les approches avec guidage vertical (APV) et les approches de précision (PA) peuvent être évaluées et les systèmes de renforcement peuvent être conçus de façon à les atténuer. La disponibilité des opérations APV et PA peut être limitée dans les régions équatoriales.

3.3.4 La scintillation ionosphérique est négligeable aux latitudes moyennes. Dans les régions équatoriales et, dans une moindre mesure, aux hautes latitudes, la scintillation peut causer la perte temporaire d'un ou de plusieurs signaux satellitaires. L'expérience opérationnelle dans les régions

équatoriales montre que la probabilité de perdre le service GNSS est actuellement faible en raison du grand nombre de satellites visibles. La scintillation peut interrompre la réception des signaux diffusés par les satellites géostationnaires du SBAS.

3.4 **Évaluation des incidences d'interruptions du GNSS**

3.4.1 Les incidences d'interruptions du GNSS sur les services de navigation dépendent des facteurs suivants :

- a) le type d'espace aérien : le moment où sont appliquées les mesures correctives est plus critique dans les régions terminales que dans l'espace aérien en route à haute altitude, et, pour l'espace aérien en route, il est plus critique dans les espaces aériens où sont établis des minimums de séparation plus stricts;
- b) la densité de la circulation aérienne : dans les régions à forte densité de circulation, la charge de travail peut rendre difficile le recours au guidage radar ou aux procédures des pilotes;
- c) le niveau de service : dans le cas d'opérations moins exigeantes, la navigation à l'estime sera peut-être suffisante pour atteindre une région où le service GNSS est disponible;
- d) la disponibilité et la présence d'autres systèmes de navigation : les aéronefs qui peuvent utiliser d'autres moyens de navigation ne seront pas touchés;
- e) la surveillance radar : si le radar primaire ou secondaire est disponible, il sera plus facile d'obtenir l'aide de l'ATC pour assurer la séparation et dérouter l'aéronef sur un aéroport de dégagement;
- f) l'étendue de l'interruption : l'étendue géographique et la durée de l'interruption de service;
- g) l'évaluation de l'interruption : la capacité du fournisseur du service de navigation aérienne d'évaluer rapidement l'étendue de l'interruption du service;
- h) les conditions météorologiques : même s'il est prudent d'évaluer les incidences d'une interruption de service en supposant des conditions météorologiques de vol aux instruments (IMC), l'étendue géographique des IMC et les paramètres météorologiques choisis pour l'analyse devraient être réalistes.

3.4.2 Il faut également évaluer les incidences d'interruptions du GNSS sur d'autres services. Le GNSS est souvent utilisé comme source d'informations de rythme précises dans les systèmes de communication et les systèmes radar, et peut être utilisé pour les services de surveillance dépendante automatique (ADS). Les vulnérabilités qui se rapportent à ces informations peuvent être atténuées dans le cadre de la conception du système et les applications ADS n'entrent pas dans le cadre de la présente note.

4. RÉDUCTION DU RISQUE D'INTERRUPTION DU GNSS

4.1 Installation et fonctionnement

4.1.1 Le brouillage causé à bord peut être évité par l'installation adéquate de l'équipement GNSS, l'intégration de cet équipement à d'autres systèmes de bord (blindage, séparation des antennes, filtrage hors bande) et la restriction de l'emploi d'appareils électroniques à bord de l'aéronef.

4.2 Gestion du spectre

4.2.1 *Gestion du spectre.* La gestion efficace du spectre est la principale façon d'atténuer le brouillage non intentionnel provenant des émetteurs artificiels. L'expérience opérationnelle montre que la menace posée par le brouillage non intentionnel peut être raréfiée si une gestion efficace du spectre est appliquée. Cette gestion comprend les éléments suivants :

- a) la création de règlements ou de lois qui régissent l'emploi du spectre;
- b) l'application effective de ces règlements ou lois;
- c) l'évaluation vigilante des nouvelles sources de radiofréquences (nouveaux systèmes) pour s'assurer qu'elles ne perturbent pas le GNSS.

4.2.2 *Localisation et arrêt du brouillage.* Il est essentiel de pouvoir localiser rapidement la source de brouillage du GNSS et de mettre fin au brouillage. Les comptes rendus des pilotes sont la principale façon de détecter le brouillage. Comme le brouillage peut, dès qu'il se produit, interrompre le service pour de nombreux aéronefs en même temps, l'emploi d'une méthode de signalisation automatique des interruptions (message automatique de liaison de données, par exemple) permettrait de réduire la charge de travail et faciliterait la définition de la zone touchée par l'interruption de service ainsi que la localisation du brouilleur. Les systèmes de détection du brouillage peuvent être installés à bord ou au sol.

4.3 Nouveaux signaux et nouvelles constellations

4.3.1 Les nouveaux signaux et les nouvelles constellations satellitaires de base réduiront sensiblement la vulnérabilité du GNSS. Les signaux plus forts et la diversité des fréquences qu'il est prévu d'utiliser pour le GPS, le GLONASS et Galileo élimineront effectivement le risque de brouillage non intentionnel, puisqu'il est très peu probable que ce type de brouillage perturbe plusieurs fréquences en même temps. Les satellites (y compris les constellations) additionnels supprimeront le risque de panne totale du GNSS causée par la scintillation et la diversité des fréquences atténuera l'incidence des perturbations ionosphériques. L'emploi de futurs satellites géostationnaires dont les lignes de visée seront séparées d'au moins 45° atténuera les effets de l'ionosphère sur le SBAS. Des signaux GNSS plus robustes et les nouvelles fréquences rendront plus difficile le brouillage intentionnel de tous les services du GNSS. Les constellations satellitaires de base additionnelles réduisent le risque de défaillance du système, d'erreurs opérationnelles ou de cessation du service. Elles peuvent aussi continuer à assurer un service mondial dans le cas peu probable où un fournisseur d'un élément du GNSS modifie le service ou y interdit l'accès en raison d'une situation d'urgence nationale.

4.3.2 Il est essentiel d'assurer une gestion robuste et un financement vigoureux pour maintenir la continuité des services GNSS et atténuer les vulnérabilités indiquées à la section 2.4, sauf en ce qui concerne le risque d'interruption mondiale du service en raison d'une urgence nationale. Un moyen

efficace de réduire ce risque est que les fournisseurs de service adoptent une politique d'interdiction régionale en cas d'urgence nationale.

5. ATTÉNUATION DES INCIDENCES DES INTERRUPTIONS DU GNSS

5.1 Introduction

5.1.1 Les principaux moyens disponibles actuellement pour atténuer les incidences des interruptions du GNSS sur les opérations aériennes sont :

- a) les systèmes de navigation par inertie (INS) et les technologies des récepteurs GNSS;
- b) les méthodes procédurales (pilote ou ATC);
- c) les aides de radionavigation terrestres, employées comme moyen de secours ou intégrées au GNSS.

5.1.2 En adoptant une stratégie efficace basée sur un ou plusieurs des moyens indiqués ci-dessus, un fournisseur de service peut non seulement assurer la sécurité des opérations aériennes en cas d'interruption du GNSS mais aussi décourager les tentatives de brouillage intentionnel en réduisant les incidences que pourraient avoir ces tentatives.

5.2 Systèmes INS et technologies des récepteurs

5.2.1 Les systèmes INS peuvent être utilisés comme moyen de navigation de surface à court terme après la perte du GNSS ou de toute autre fonction d'actualisation de la position. Ces systèmes sont déjà installés à bord de nombreux aéronefs de transport et ils sont de plus en plus abordables et accessibles pour les exploitants de petits aéronefs régionaux. Ces systèmes doivent donc être pris en compte dans l'évaluation de la nécessité d'employer des aides terrestres pour pallier les interruptions du GNSS.

5.2.2 Certaines technologies permettent également de contrer le brouillage en augmentant la robustesse des récepteurs du GNSS. Les techniques antibrouillage comprennent les antennes avancées (annulation spatiale) et les techniques de traitement du signal dans le récepteur. À mesure que leur coût diminue et qu'elles deviennent plus abordables, ces technologies peuvent être utilisées par les petits aéronefs comme solution de rechange aux systèmes INS.

5.3 Méthodes procédurales

5.3.1 Comme la plupart des nouveaux systèmes de navigation embarqués comportent une fonction automatique de navigation à l'estime, les aéronefs peuvent revenir à ce mode de navigation s'ils n'ont accès à aucun autre système de navigation pendant une interruption du GNSS. Lorsqu'ils le peuvent, les pilotes peuvent naviguer à vue, sortir de la zone touchée par l'interruption du service ou atterrir à un aéroport approprié. L'ATC peut évaluer les risques de perte de la séparation latérale et, lorsque c'est possible, appliquer une séparation verticale.

5.3.2 Les mêmes procédures peuvent être employées dans l'espace aérien contrôlé par radar; dans ce cas, l'ATC peut, selon sa charge de travail et le nombre d'aéronefs en cause, guider les aéronefs

pour leur permettre de traverser la zone touchée. Dans un grand nombre d'opérations en région terminale, les aéronefs bénéficient déjà du guidage radar pour intercepter la trajectoire d'approche de précision.

5.3.3 Dans un espace aérien non radar et non contrôlé, les pilotes peuvent communiquer entre eux sur une liaison air-air pour maintenir la séparation et essayer de déterminer l'étendue géographique de l'indisponibilité du service.

5.3.4 L'utilisation efficace des méthodes procédurales pour assurer la séparation et le déroutement dépend de tous les facteurs énumérés à la section 3.2. L'élément le plus important est le degré d'équipement des aéronefs en moyens de navigation autres que le GNSS, comme la navigation par inertie.

5.3.5 Les procédures et la formation des pilotes et des contrôleurs de la circulation aérienne doivent tenir compte de la vulnérabilité du GNSS, établir les mesures à prendre pour contrer efficacement le brouillage, mettre en place des procédures de repli et signaler les phénomènes de brouillage et leur emplacement.

5.4 Aides de radionavigation terrestres

5.4.1 Les systèmes de navigation terrestres constituent actuellement un des moyens les plus efficaces d'atténuer les effets d'une interruption du GNSS. Les autres méthodes d'atténuation prendront plus d'importance à mesure que s'accomplira la transition au GNSS et que l'infrastructure terrestre diminuera. La capacité opérationnelle exigée de l'infrastructure terrestre évoluera avec la prédominance du GNSS et l'utilisation accrue de la navigation de surface (RNAV) dans l'espace aérien et les procédures. Une infrastructure de DME peut être utilisée pour assurer un service de navigation de surface en route et en région terminale aux aéronefs équipés de systèmes de gestion de vol utilisant plusieurs DME. Cette capacité peut également être employée pour les approches RNAV si la couverture DME est suffisante.

5.4.2 Dans les cas où les moyens de navigation de repli ne prennent pas en charge la RNAV, il faut tenir compte de la charge de travail que représente la transition à d'autres routes et à d'autres procédures. Cependant, une fois que la transition est terminée et que la situation redevient normale, les opérations peuvent continuer sur ces autres routes aussi longtemps que nécessaire si le brouillage persiste.

5.4.3 Si le service de repli nécessaire est un service d'approche de précision, un système d'atterrissage aux instruments (ILS) ou un système d'atterrissage hyperfréquences (MLS) peut être utilisé. Il faudrait, dans ce cas, conserver un nombre minimal de ces systèmes à un aéroport ou à l'intérieur de la région considérée.

6. CONCLUSIONS

6.1 *Brouillage non intentionnel.* La probabilité du brouillage non intentionnel et son incidence sur les opérations dépendent de l'environnement. Ce type de brouillage ne constitue pas une menace importante si les États contrôlent et protègent adéquatement le spectre électromagnétique, autant en ce qui concerne les attributions de fréquences actuelles que les nouvelles attributions. En outre, l'introduction de nouvelles fréquences pour la transmission des signaux GNSS permettra d'éviter que le brouillage non intentionnel ne cause une perte complète du service GNSS.

6.2 *Brouillage intentionnel.* Le risque de brouillage intentionnel dépend d'éléments qui doivent être traités par les États. Les États qui déterminent que le risque est inacceptable dans certaines zones peuvent maintenir la sécurité et l'efficacité des opérations en adoptant une stratégie d'atténuation efficace, notamment une combinaison de techniques d'atténuation à bord des aéronefs (par ex., l'emploi de l'INS), de méthodes procédurales et d'aides de navigation terrestres.

6.3 *Ionosphère.* La scintillation peut causer la perte des signaux des satellites GNSS dans les régions équatoriale et aurorale, mais risque peu de causer une perte complète du service GNSS; l'addition de nouveaux signaux et de nouveaux satellites GNSS permettra d'atténuer ce risque. Les perturbations ionosphériques peuvent limiter les services SBAS et GBAS monofréquence qui peuvent être assurés dans la région équatoriale et doivent être prises en compte dans la conception des systèmes de renforcement.

6.4 *Autres vulnérabilités.* Une gestion indépendante des constellations, le financement et une conception robuste du système permettront d'atténuer sensiblement les défaillances du système, les erreurs opérationnelles et l'arrêt du service.

6.5 Les États doivent évaluer la vulnérabilité du GNSS dans leur espace aérien et choisir des méthodes d'atténuation appropriées en fonction de cet espace aérien et des opérations à prendre en charge. Ces méthodes doivent être capables d'assurer la sûreté des opérations pendant la transition au GNSS et permettre aux États de réduire l'infrastructure actuelle des aides de navigation terrestres, d'éviter d'avoir à installer de nouvelles aides de navigation terrestres et de retirer les aides dans certaines régions.

PIÈCE JOINTE

EXEMPLE D'ÉVALUATION DE LA VULNÉRABILITÉ DU GNSS

La section 3 de la présente note contient des lignes directrices pour l'évaluation de l'incidence et de la probabilité des interruptions du GNSS. Le présent appendice donne deux exemples d'application de cette méthode aux opérations GNSS actuelles. Ces exemples ne tiennent pas compte des futurs signaux ni des nouvelles constellations du GNSS.

1. **Espace aérien encombré — latitudes moyennes.** L'exemple suivant s'applique aux opérations GNSS actuelles dans un espace aérien à forte densité de circulation, situé aux latitudes moyennes et bénéficiant d'une gestion efficace du spectre.

1.1 *Brouillage non intentionnel.* Le brouillage non intentionnel s'est produit en Amérique du Nord et en Europe. En Amérique du Nord, il y a eu sept cas confirmés de brouillage du GPS au cours des quelques dernières années. L'expérience opérationnelle montre que le brouillage non intentionnel est improbable mais qu'il ne peut pas être négligé.

1.2 *Brouillage intentionnel.* Il n'existe aucun motif important de brouiller délibérément le GNSS dans le cadre des opérations actuelles. Aucun cas de brouillage intentionnel dans l'environnement civil n'a été signalé jusqu'ici. La probabilité de ce type de brouillage est négligeable dans les opérations existantes. La menace de brouillage intentionnel risque cependant d'augmenter au fur et à mesure que l'emploi du GNSS s'accroît.

1.3 Le brouillage a pour effet d'interrompre le service GNSS dans la ligne de visée du brouilleur. Les aéronefs de la plupart des transporteurs aériens de ces régions sont équipés de systèmes de navigation par inertie et/ou de systèmes de gestion de vol (FMS) dotés de la fonction RNAV DME/DME. Les DME sont disponibles dans la plupart des espaces aériens. Même si certains aéronefs n'ont pas de fonction RNAV indépendante, leur sécurité peut être assurée et les opérations peuvent continuer, peut-être avec une efficacité réduite. Les incidences du brouillage intentionnel et du brouillage non intentionnel sont donc modérées.

1.4 *Leurrage.* Le leurrage ne constitue pas une menace importante et son incidence serait modérée.

1.5 *Effets ionosphériques.* La scintillation ionosphérique n'a jamais provoqué de perte de la localisation GNSS aux latitudes moyennes; la probabilité que ce problème se produise est donc négligeable. Ce problème n'aurait aucune incidence opérationnelle vu la courte durée du phénomène, la disponibilité des aides de navigation terrestres et le nombre élevé d'aéronefs dotés de l'équipement nécessaire pour les utiliser.

1.6 *Résumé.* Le Tableau I résume la probabilité et l'incidence opérationnelle des vulnérabilités identifiées. Il indique la probabilité que le problème se produise en fonction de la gravité des incidences opérationnelles. Les États devraient prendre des mesures pour atténuer les vulnérabilités qui sont peu probables mais qui ont des incidences graves lorsqu'elles se produisent, ainsi que celles qui sont probables et qui ont des incidences. Les vulnérabilités qui ont une faible probabilité et des incidences modérées doivent également être prises en compte.

2. **Régions éloignées — zone équatoriale.** L'exemple suivant s'applique aux opérations GNSS actuelles dans un espace aérien éloigné, en zone équatoriale, caractérisé par une faible densité de circulation et une gestion efficace du spectre.

2.1 *Brouillage non intentionnel.* La probabilité de la plupart des cas de brouillage non intentionnel est moins élevée dans les régions éloignées. Avec une gestion efficace du spectre, le risque de brouillage dans ces régions peut être négligeable. En raison de l'absence de services radar, les interruptions du GNSS peuvent avoir des incidences allant de modérées à graves.

2.2 *Brouillage intentionnel.* Il ne s'est produit aucun cas de brouillage intentionnel et il n'y a aucun motif important de brouiller délibérément le GNSS vu la faible densité des opérations et l'éloignement des régions. La probabilité de ce type de brouillage est négligeable dans les opérations existantes. La menace de brouillage intentionnel risque cependant d'augmenter au fur et à mesure que l'emploi du GNSS s'accroît. L'incidence du brouillage intentionnel est la même que celle du brouillage non intentionnel.

2.3 *Leurrage.* Le leurrage ne constitue pas une menace importante et son incidence serait modérée.

2.4 *Effets ionosphériques.* Les phénomènes de scintillation ionosphérique capables de dégrader les performances du GNSS sont probables dans les zones équatoriales. Leur incidence opérationnelle est modérée puisque la scintillation provoque habituellement une dégradation de la performance mais non une perte totale de la capacité de navigation. Même en cas de perte totale de la fonction de localisation, l'interruption serait de courte durée et la faible densité de la circulation aérienne garantit le maintien de la sécurité.

2.5 *Résumé.* Le Tableau 2 résume la probabilité et l'incidence opérationnelle des vulnérabilités identifiées. Le problème le plus important est le risque de scintillation ionosphérique. Il est recommandé que les États prennent des mesures pour réduire les incidences de ce phénomène :

- a) en mettant en place des procédures opérationnelles qui assurent la continuité des opérations pendant les brèves interruptions du GNSS;
- b) en poursuivant la recherche sur la durée et la probabilité de scintillations graves.

Tableau 1. Espace aérien encombré — latitudes moyennes

		Incidences opérationnelles		
		Aucune incidence	Incidence modérée	Incidence grave
Probabilité	Négligeable	Effets ionosphériques	Brouillage intentionnel; leurrage	
	Faible		Brouillage non intentionnel	
	Probable			

Tableau 2. Régions éloignées — zones équatoriales

		Incidences opérationnelles		
		Aucune incidence	Incidence modérée	Incidence grave
Probabilité	Négligeable		Brouillage non intentionnel et intentionnel; leurrage	
	Faible			
	Probable		Effets ionosphériques	

3. Lorsque l’analyse indique qu’il n’y a pas de vulnérabilités critiques, la mise en œuvre de mesures de gestion du spectre reste essentielle pour réduire, le plus possible, le risque d’interruption de service.

APPENDICE B**PROPOSITION D'AMENDEMENT DE
L'ANNEXE 10, VOLUME I****NOTES RELATIVES À LA PRÉSENTATION
DE L'AMENDEMENT**

Le texte de l'amendement proposé est présenté de la manière suivante:

- | | |
|--|--------------|
| 1. Le texte à supprimer est rayé. | Suppression |
| 2. Le nouveau texte est présenté en grisé. | Addition |
| 3. Le texte à supprimer est rayé et suivi,
en grisé, du texte qui le remplace. | Remplacement |

**PROPOSITION D'AMENDEMENT DES
NORMES ET PRATIQUES RECOMMANDÉES
INTERNATIONALES
TÉLÉCOMMUNICATIONS
AÉRONAUTIQUES**

**ANNEXE 10
À LA CONVENTION RELATIVE À
L'AVIATION CIVILE INTERNATIONALE
VOLUME I
(AIDES RADIO À LA NAVIGATION)**

...

**SUPPLÉMENT B. STRATÉGIE POUR L'INTRODUCTION ET L'UTILISATION
D'AIDES NON VISUELLES D'APPROCHE ET D'ATERRISSAGE**
(Voir Chapitre 2, 2.1)

1. Introduction

1.1 Plusieurs éléments influent sur la sécurité, l'efficacité et la souplesse de l'exploitation tous temps. Pour tirer pleinement parti des avantages qu'offrent les progrès technologiques, il faut aborder le concept de l'exploitation tous temps en adoptant une méthode souple. Pour obtenir la souplesse nécessaire, il existe une stratégie à laquelle on peut, grâce à l'énoncé de ses objectifs et des considérations sur lesquelles elle s'appuie, intégrer les progrès techniques ou les nouvelles idées. Cette stratégie ne suppose pas une transition rapide à un système unique établi mondialement ou une sélection de systèmes pour appuyer les opérations d'approche et d'atterrissage.

1.2 ~~Cette stratégie ne suppose pas une transition rapide à un système unique établi mondialement ou une sélection de systèmes pour appuyer les opérations d'approche et d'atterrissage. Elle a pour but de permettre la normalisation et la certification de futurs systèmes ou architectures de système pour pouvoir les utiliser à l'échelle internationale en plus des aides non visuelles normalisées actuelles.~~

1.2 Cette stratégie porte sur l'application d'aides non visuelles d'approche et d'atterrissage avec guidage vertical (APV) et approches et atterrissages de précision.

2. Objectifs de la stratégie

La stratégie doit :

- a) maintenir au moins le niveau de sécurité réalisé actuellement en exploitation tous temps;
- b) maintenir au moins le niveau de service existant ou le niveau de service amélioré prévu;
- c) maintenir l'interopérabilité mondiale;
- d) offrir la latitude nécessaire aux régions, grâce à une planification régionale coordonnée;
- e) être valable au moins jusqu'à l'an 2015 2020;
- f) tenir compte des facteurs économiques, opérationnels et techniques.

3. Considérations

3.1 Généralités

Les considérations ci-après (~~à la réunion SP-COM/OPS/95~~) partent de l'hypothèse que le besoin opérationnel existe, que l'engagement nécessaire a été acquis et que l'effort voulu est déployé.

~~3.2 Considérations relatives à la normalisation~~

- ~~a) Un concept qui décrit en termes génériques les critères de performance pour les opérations d'approche, d'atterrissage et de départ est en cours d'établissement.~~
- ~~b) L'acceptation et l'introduction des critères de performance génériques sont censées faciliter l'utilisation de technologies nouvelles pour les opérations d'approche, d'atterrissage et de départ.~~
- ~~c) L'introduction du concept de critères de performance génériques pour les opérations d'approche, d'atterrissage et de départ ne supprimera pas la nécessité de SARPS relatives à la sécurité et à l'interopérabilité, et ces SARPS doivent être développées pour appuyer les critères de performance génériques.~~

~~3.3~~ 3.2 Considérations relatives à l'ILS

- a) On risque de ne pas pouvoir assurer avec sécurité les opérations ILS de catégorie II ou III à certains emplacements.

- b) ~~D'ici le 1^{er} janvier 1998, les~~ Comme il est prescrit, les exploitants ~~devront équiper~~ équipent leurs aéronefs de récepteurs ILS qui répondent aux normes d'insensibilité au brouillage énoncées dans l'Annexe 10, Volume I, Chapitre 3, 3.1.4.
- c) L'expansion de l'ILS est limitée par le nombre de canaux disponibles (quarante).
- d) Un grand nombre d'installations sol ILS vieillissantes devront être remplacées.
- e) Dans la plupart des régions du monde, l'ILS peut être maintenu dans l'avenir prévisible.

3.4 3.3 Considérations relatives au MLS

- a) Le MLS de catégorie I est opérationnel.
- b) ~~Il existe de l'équipement sol homologué pour l'exécution d'opérations de catégorie II~~ La certification de l'équipement sol et embarqué pour la catégorie IIIB est en cours et devrait en principe se terminer au début de 2004.
- c) ~~Il existe de l'équipement sol utilisable en catégorie III~~ Il est prévu de mettre en œuvre le MLS à certains endroits particuliers pour améliorer l'utilisation des pistes par faible visibilité.

3.5 3.4 Considérations relatives au GNSS

- a) Les normes et pratiques recommandées (SARP) relatives au GNSS renforcé pour permettre l'APV et l'approche de précision de catégorie I sont en place.
- b) Les SARP relatives au système d'augmentation régionale basé au sol (GRAS) pour l'exploitation avec APV sont en cours de formulation.
- c) Le GNSS avec système de renforcement satellitaire (SBAS) pour l'exploitation avec APV est opérationnel.
- a) d) ~~Pour au moins deux États, il a été démontré que le~~ Il est prévu que le GNSS utilisé avec le système de renforcement basé au sol (GBAS) répond aux exigences de précision, d'intégrité, de continuité et de disponibilité pour l'approche de précision de catégorie I sera opérationnel d'ici 2006.
- b) ~~Pour au moins deux États, il a été démontré que le~~ Le GNSS utilisé avec le système de renforcement différentiel satellitaire (SBAS) répond aux exigences de précision pour les opérations d'approche et d'atterrissage de catégories II et III et les exigences d'intégrité, de continuité et de disponibilité sont en cours d'évaluation pour ces pour les opérations d'approche et d'atterrissage avec guidage vertical est opérationnel.

- e) f) Les questions techniques et opérationnelles concernant les opérations d'approche, d'atterrissage et de départ à l'aide du GNSS doivent être résolues en temps opportun. ;
- d) g) Les questions institutionnelles concernant les opérations d'approche, d'atterrissage et de départ à l'aide du GNSS doivent être résolues en temps opportun.
- e) On prévoit qu'un GNSS accepté à l'échelle internationale, renforcé selon les besoins, pourrait être disponible pour les opérations de catégorie I pendant la période 2000-2005.
- f) e) On ne pense pas qu'un GNSS accepté à l'échelle internationale, renforcé selon les besoins, puisse être disponible pour les opérations de catégories II et III avant la période 2005 2010-2015.

3.6 Considérations relatives aux technologies nouvelles

On pense que les systèmes de nouvelle technologie contribueront à l'amélioration du service. Pour le moment, seuls les systèmes de base (ILS, MLS et GNSS renforcé, selon les besoins) sont envisagés pour jouer un rôle important dans l'appui de l'exploitation tous temps.

3.7 3.5 Considérations relatives au récepteur multimode (MMR) au moyen multimode embarqué d'approche et d'atterrissage

Le récepteur multimode (MMR) (également connu sous l'appellation «système d'avionique multimode pour l'atterrissage» [MMALS]) représente une solution de transition souple. Pour offrir un maximum de souplesse, le récepteur devrait regrouper sous un même boîtier toutes les fonctions critiques d'atterrissage. On pourrait également utiliser un moyen multimode embarqué. La réalisation de la stratégie exige l'utilisation d'un moyen multimode embarqué d'approche et d'atterrissage et il est prévu que ce moyen sera disponible.

- b) Le MMR est en cours de mise au point; on prévoit qu'il sera prêt à être mis en oeuvre de façon progressive pendant la période 1997-2002.
- c) Avec une liaison de données à haute intégrité, le MMR peut appuyer des opérations GNSS. Une liaison de données de GNSS différentiel pourrait être intégrée au MMR.

3.8 3.6 Considérations diverses

- a) La demande d'opérations de catégories II et III est en hausse.
- b) Le GNSS peut éventuellement offrir des avantages opérationnels incomparables pour les opérations par faible visibilité, notamment en ce qui concerne les procédures complexes, la souplesse d'implantation et le guidage à la surface des aéroports.

- c) On estime que les trois systèmes standard (ILS, MLS et GNSS avec renforcement au besoin) sont les seuls à jouer un rôle de premier plan dans la prise en charge des opérations tous temps. L'emploi de dispositifs de visualisation tête haute avec la visionique ou les systèmes de vision synthétique pourrait peut-être offrir des avantages opérationnels.
- d) Une des conséquences de la stratégie mondiale est que la transition de l'ILS aux nouveaux systèmes comme le GNSS ou le MLS ne se fera pas rapidement. Il est donc essentiel pour la mise en œuvre de la stratégie que les radiofréquences utilisées par tous ces systèmes soient adéquatement protégées.
- b) e) Il est préférable, dans la mesure du possible, de passer directement de l'ILS au GNSS. Bien qu'une transition en une seule étape soit préférable, elle n'est peut-être pas réalisable dans certains États. Cependant, il sera peut-être impossible dans certains États de réaliser cette transition sans perte du niveau actuel des opérations de catégories II ou III, dans le cas du passage à des systèmes de nouvelle technologie (par ex., GNSS catégories II/III).
- f) Tant que certains utilisateurs continueront à avoir recours à l'ILS sur une piste donnée, les avantages opérationnels éventuels de l'introduction de nouveaux systèmes d'atterrissage seront limités par les contraintes qu'impose l'emploi de systèmes mixtes.
- g) Les opérations avec APV peuvent être menées avec le GNSS renforcé comme il est nécessaire ou avec le guidage vertical barométrique, et avec le GNSS renforcé par l'ABAS ou avec guidage latéral RNAV au DME/DME.
- h) Comparées avec les approches classiques, les opérations avec APV améliorent la sécurité et elles permettent généralement de réduire les minimums d'exploitation.

4. Stratégie

Compte tenu des considérations exposées ci-dessus et de la nécessité de consulter les exploitants d'aéronef et les organisations internationales, selon le cas, pour assurer la sécurité, l'efficacité et l'économie des solutions proposées, la stratégie mondiale consiste à :

- a) continuer d'utiliser l'ILS au plus haut niveau de service tant qu'il est acceptable pour l'exploitation et économiquement avantageux;
- b) mettre le MLS en œuvre aux endroits où il est nécessaire pour l'exploitation et économiquement avantageux tout en faisant tout pour assurer que l'accès aux aéroports ne soit pas refusé aux aéronefs équipés ILS;
- c) mettre en œuvre le GNSS avec le renforcement nécessaire pour les opérations avec APV et de catégorie I aux endroits où il est nécessaire pour l'exploitation et économiquement avantageux;

-
- e) d) promouvoir l'emploi du MMR ou d'un équivalent embarqué pour préserver l'interopérabilité la mise au point et l'emploi d'un moyen multimode embarqué d'atterrissage;
- d) valider l'utilisation du GNSS, renforcé selon les besoins, pour appuyer les opérations d'approche et de départ, y compris les opérations de catégorie I, et mettre le GNSS en œuvre pour ces opérations, le cas échéant;
- e) encourager les opérations avec APV, en particulier celles qui comportent un guidage vertical GNSS, pour améliorer la sécurité et l'accessibilité ;
- e) f) résoudre les questions opérationnelles et techniques effectuer des études pour établir si un GNSS, renforcé selon les besoins, peut être utilisé pour appuyer pour que le GNSS renforcé par le GBAS prenne en charge des les opérations des catégories II et III. Dans l'affirmative, m Mettre le GNSS en œuvre pour ces opérations aux endroits où il est acceptable nécessaire pour l'exploitation et économiquement avantageux;
- f) g) faire en sorte que chaque région mette sur pied une stratégie de mise en œuvre vers les ces systèmes futurs, qui soit harmonisée avec la stratégie mondiale.
-

APPENDICE C**PROPOSITION D'AMENDEMENT DU *PLAN MONDIAL DE NAVIGATION AÉRIENNE POUR LES SYSTÈMES CNS/ATM (DOC 9750)*****NOTES RELATIVES À LA PRÉSENTATION
DE L'AMENDEMENT**

Le texte de l'amendement proposé est présenté de la manière suivante:

- | | |
|--|--------------|
| 1. Le texte à supprimer est rayé. | Suppression |
| 2. Le nouveau texte est présenté en grisé. | Addition |
| 3. Le texte à supprimer est rayé et suivi,
en grisé, du texte qui le remplace. | Remplacement |

PLAN MONDIAL DE NAVIGATION AÉRIENNE POUR LES SYSTÈMES CNS/ATM

...

Note rédactionnelle.— La table des matières est reproduite en partie pour mettre en évidence (en gras) les parties du document qui ont été amendées.

TABLE DES MATIÈRES

Page

...

PARTIE I. CONCEPT OPÉRATIONNEL ET PRINCIPES GÉNÉRAUX DE PLANIFICATION

Chapitre premier. Introduction aux systèmes CNS/ATM

...

Bref aperçu des systèmes CNS/ATM	I-1-3
Communications	
Navigation	
Surveillance	
Gestion du trafic aérien	

...

Chapitre 2. Planification des systèmes CNS/ATM — Structure prévue par l'OACI

...

APPENDICE A. Énoncé de politique de l'OACI sur la mise en œuvre et l'exploitation des systèmes CNS/ATM	I-2-8
1. Accessibilité universelle	
2. Souveraineté, autorité et responsabilité des États contractants	
3. Responsabilité et rôle de l'OACI	
4. Coopération technique	
5. Arrangements institutionnels et mise en œuvre	
6. Système mondial de navigation par satellite	

...

Chapitre 4. Gestion du trafic aérien

...

Chapitre 6. Systèmes de navigation

Objectifs	I-6-1
Qualité de navigation requise (RNP)	I-6-1
Système mondial de navigation par satellite (GNSS)	I-6-1
Renforcements GNSS	I-6-2
Avionique	I-6-3
Système de coordonnées WGS-84 et bases de données aéronautiques	I-6-3
Introduction progressive	I-6-3
Systèmes visant à appuyer les opérations d'approche, d'atterrissage et de départ .	I-6-4
Questions générales relatives à la transition	I-6-5

...

Chapitre 12. Organisation et coopération internationale

Introduction	I-12-1
Formes d'organisation au niveau international	I-12-1
Aspects spécifiques d'exploitation et d'organisation technique	I-12-2
Généralités	
Service mobile aéronautique par satellite (SMAS) — mise en œuvre et options	
Système mondial de navigation par satellite (GNSS)	
Gestion du trafic aérien (ATM)	

...

PARTIE I
Concept opérationnel et principes généraux de planification

Chapitre premier
INTRODUCTION AUX SYSTÈMES CNS/ATM

...

BREF APERÇU DES SYSTÈMES CNS/ATM

...

Navigation

1.20 Dans le domaine de la navigation, les améliorations concernent essentiellement la mise en place progressive ~~de moyens~~ de la navigation de surface (RNAV), assurée par une combinaison appropriée ~~ainsi que~~ du système mondial de navigation par satellite (GNSS), de systèmes de navigation autonomes (IRU/IRS) et d'aides de navigation au sol classiques. L'objectif final est une transition au GNSS qui éliminerait le besoin d'utiliser des aides de navigation au sol, quoique la vulnérabilité du GNSS au brouillage exigera peut-être de conserver quelques-unes de ces aides dans certaines régions. ~~Ces systèmes assurent une couverture de navigation mondiale et ils servent à la navigation en route ainsi qu'aux approches classiques (non-précision). Si l'on y ajoute des systèmes de renforcement appropriés, avec les procédures voulues, on escompte qu'ils se prêteront aussi à la plupart des approches de précision.~~

1.21 Le GNSS a une couverture mondiale et est utilisé pour la navigation en route, dans les régions océaniques, dans les régions terminales et pour les approches de non-précision. Conjugué aux systèmes de renforcement appropriés et à des procédures adéquates, le GNSS prend en charge les approches avec guidage vertical et les approches de précision. ~~Le GNSS spécifie~~ Les constellations satellitaires de base et leurs renforcements appropriés spécifiées dans l'Annexe 10 ~~assurera~~ assurent dans l'ensemble du monde un service de navigation de haute intégrité, de haute précision et tous temps. La mise en œuvre ~~réussie~~ intégrale du GNSS permettra aux aéronefs munis d'une avionique capable de recevoir et d'interpréter les signaux des satellites de naviguer dans tous les types d'espace aérien, dans toutes les régions du monde.

1.22 L'introduction du GNSS donne ~~, ce qui donnera~~ à de nombreux États la possibilité de démanteler tout ou partie de leur infrastructure de navigation actuelle basée au sol. Le retrait des aides de radionavigation traditionnelles devrait toutefois être envisagé avec prudence, après qu'une évaluation de la sécurité aura démontré qu'un niveau de sécurité acceptable peut être réalisé et après consultation des usagers dans le cadre du processus de planification régionale de la navigation aérienne.

1.23 Les principaux avantages de l'introduction de ces éléments de navigation sont résumés à la Figure I-1-2.

Note rédactionnelle.— Renuméroter les paragraphes suivants en conséquence.

...

Amender la partie «Navigation» de la Figure I-1-2 comme suit:

Navigation
• Services de navigation mondial tous temps d'un niveau élevé d'intégrité et de fiabilité, à l'échelle mondiale • Amélioration de la précision de la détermination de la position quadridimensionnelle de navigation quadridimensionnelle • Réduction Diminution éventuelle des coûts grâce à la réduction du nombre ou à la non-mise en œuvre d'aides de navigation au sol • Meilleure Utilisation plus efficace de l'espace aérien et des aéroports et des pistes • Possibilités améliorées d'approches classiques et d'approches de précision aux aéroports actuellement non équipés • Réduction possible de la charge de travail des pilotes • Réduction des incidences environnementales grâce à la flexibilité des routes

...

Chapitre 2
PLANIFICATION DES SYSTÈMES CNS/ATM —
STRUCTURE PRÉVUE PAR L'OACI

...

APPENDICE A AU CHAPITRE 2

ÉNONCÉ DE POLITIQUE DE L'OACI SUR LA MISE EN ŒUVRE
ET L'EXPLOITATION DES SYSTÈMES CNS/ATM

...

Approuvé par le Conseil (C 141/13), le 9 mars 1994

...

6. SYSTÈME MONDIAL DE NAVIGATION
PAR SATELLITE

Le système mondial de navigation par satellite (GNSS) ~~devrait être~~ est mis en œuvre de façon graduelle à partir des systèmes mondiaux de navigation par satellite existants, y compris le système mondial de localisation (GPS) des États-Unis et le système mondial de satellites de navigation (GLONASS) de la Fédération de Russie, ~~pour évoluer vers un GNSS intégré sur lequel les États contractants exerceront un niveau de contrôle suffisant en ce qui concerne les aspects liés à l'utilisation de ce système.~~ Les États peuvent exercer un meilleur contrôle sur l'emploi du GNSS en déployant des systèmes indépendants interopérables ou en mettant en œuvre des systèmes de renforcement (systèmes de renforcement satellitaires ou de renforcement au sol).

Le futur GNSS sera constitué de plusieurs constellations et offrira plusieurs signaux multifréquences provenant des constellations de base GPS, GLONASS et Galileo (actuellement mises au point par les États membres de l'Union européenne). Le GPS sera amélioré par l'addition d'un deuxième signal civil sur la fréquence L2 et, ce qui est plus important pour l'aviation, d'un troisième signal civil sur la fréquence L5 qui se trouve dans la bande de fréquences protégée du service de radionavigation aéronautique (ARNS). Le système GLONASS mettra également de nouvelles fréquences à la disposition de l'aviation civile avec l'arrivée des satellites GLONASS-M et GLONASS-K avec un deuxième signal civil sur L3 dans la bande de l'ARNS. Le système Galileo comprendra une autre constellation de satellites de navigation avec des signaux multifréquences pour ~~par~~ l'aviation civile. L'OACI continuera à étudier, en consultation avec les États contractants, les usagers de l'espace aérien et les fournisseurs de services, la possibilité ~~pratique de réaliser un GNSS civil soumis à un contrôle international~~ d'utiliser un GNSS constitué de plusieurs éléments interopérables.

...

Chapitre 4 GESTION DU TRAFIC AÉRIEN

...

Note.— Le Chapitre 4 est actuellement révisé en fonction d'éléments élaborés par le Groupe d'experts sur le concept opérationnel de gestion du trafic aérien (ATMCP). Les amendements proposés seront présentés séparément. Les Tableaux I-4 seront supprimés dans le chapitre révisé.

...

Chapitre 6 SYSTÈMES DE NAVIGATION

RÉFÉRENCES

Annexe 10 — *Télécommunications aéronautiques*
~~Lignes directrices pour l'introduction et l'emploi~~
~~opérationnel~~ Manuel du système mondial de
 navigation par satellite (GNSS) (~~Circulaire 267~~)
 (Doc . . .)
 Manuel sur la qualité de navigation requise (RNP)
 (Doc 9613)
 Annexe 11 — *Services de la circulation aérienne*
 Procédures pour les services de navigation
 aérienne — *Exploitation technique des aéronefs*
 (PANS-OPS, Doc 8168)

OBJECTIFS

6.1 L'élément navigation des systèmes CNS/ATM a pour objet d'assurer une capacité de navigation mondiale (localisation) ~~détermination~~ précise, fiable et sans discontinuité ~~fluide de la position des aéronefs,~~ à l'échelle mondiale, grâce à l'introduction de la navigation aéronautique par satellite. La position est déterminée au moyen d'une combinaison appropriée de fonctions assurées par des systèmes de navigation par satellite autonomes et/ou d'installations de navigation basées au sol.

QUALITÉ DE NAVIGATION REQUISE (RNP) ET NAVIGATION DE SURFACE (RNAV)

6.2 Les aéronefs modernes sont de plus en plus équipés pour la de systèmes RNAV, laquelle dont l'utilisation facilite la mise en place d'un réseau de routes souple. ~~De plus, en ayant recours au concept de RNP, on peut éviter d'avoir à choisir entre des réseaux concurrents. Cependant, il demeure nécessaire~~

d'assurer une normalisation internationale des techniques de navigation qui sont largement utilisées à l'échelle internationale. L'application de la RNAV dans différentes parties du monde montre que ce type de navigation présente plusieurs avantages, comme des routes plus directes, par rapport à la navigation classique à référence sur station.

6.3 En tant que concept, la RNP s'applique à la qualité de navigation à l'intérieur d'un espace aérien et elle concerne donc à la fois cet espace et les aéronefs. Le type de RNP se fonde sur une précision de navigation quantifiée qui est censée être obtenue pendant au moins 95 % du temps par la population d'aéronefs évoluant à l'intérieur de l'espace aérien. Le concept de RNP pour les opérations en route a été approuvé par l'OACI (Annexe 11, Chapitre 2) et a été étendu aux opérations d'approche, d'atterrissage et de départ. Les types de RNP sont décrits dans le *Manuel sur la qualité de navigation requise (RNP)* (Doc 9613).

6.4 La RNP est l'énoncé de la précision de qualité de navigation à l'intérieur d'un espace aérien défini, compte tenu de la combinaison de l'erreur de capteur de navigation, de l'erreur de récepteur embarqué, de l'erreur d'affichage et de l'erreur technique de vol. Le choix des minimums de séparation ne peut pas être fondé sur la RNP seulement et la décision d'établir des minimums d'espacement entre les routes et de séparation entre les aéronefs doit aussi tenir compte du niveau des services de communication, des services de surveillance et des services de la circulation aérienne dans l'espace aérien considéré.

6.5 Les types de RNP pour les opérations en route sont identifiés à l'aide d'une seule valeur de précision, définie comme étant la précision minimale de navigation requise pour un niveau de confinement spécifié. Les types de RNP en route sont décrits dans le Doc 9613.

6.6 Les types de RNP pour les opérations d'approche, d'atterrissage et de départ sont définis du point de vue de la précision, de l'intégrité, de la continuité et de la disponibilité de navigation requises. Bien que certains types de RNP prévoient une spécification de précision dans le plan latéral seulement (comme pour les phases en route), d'autres types prévoient des spécifications pour les plans latéral et vertical. Les types similaires à une spécification en route sont prévus pour les opérations tels des approches classiques ou des départs. La plupart des types de RNP pour les opérations d'approche et d'atterrissage exigent un confinement dans le plan vertical, fondé sur des renseignements produits par le système de navigation.

SYSTÈME MONDIAL DE NAVIGATION PAR SATELLITE (GNSS)

6.7 6.5 Le GNSS est un système mondial de détermination de la position et de l'heure, qui se compose d'une ou plusieurs constellations de satellites satellitaires de base, de récepteurs embarqués, et d'un contrôle de l'intégrité du système; et de systèmes de renforcement qui augmentent la performance des constellations de base renforcés selon les besoins afin d'appuyer la RNP pour la phase effective d'exploitation.

6.8 6.6 Les systèmes de navigation par satellite actuellement en exploitation sont le GPS (système mondial de localisation) des États-Unis et le GLONASS (système mondial de satellites de navigation) de la Fédération de Russie. Ces deux systèmes ont été présentés à l'OACI comme moyens pour appuyer le

développement évolutif du GNSS. En 1994, le Conseil de l'OACI a accepté la proposition des États-Unis concernant le GPS et, en 1996, il a accepté l'offre de la Fédération de Russie concernant le GLONASS.

~~6.9~~ 6.7 Le secteur spatial GPS nominal est composé de 24 satellites sur six plans d'orbite. Les satellites évoluent sur des orbites quasi circulaires à 20 200 km (10 900 NM), inclinées à 55° par rapport à l'équateur, et chaque satellite effectue une révolution en 12 heures approximativement.

~~6.10~~ 6.8 Le secteur spatial GLONASS nominal comporte 24 satellites opérationnels et plusieurs autres de rechange. Les satellites GLONASS évoluent à une altitude de 19 100 km et ont une durée de révolution de 11 heures 15 minutes. Huit satellites sont placés à distance égale sur chacun des trois plans d'orbite; l'inclinaison est de 64,8° et l'espacement de 120°.

RENFORCEMENTS GNSS

~~6.11~~ 6.9 Pour surmonter les limites inhérentes au système et répondre aux besoins de l'aviation en matière de performances (précision, intégrité, disponibilité et continuité du service) pour toutes les phases de vol et permettre un certain degré de contrôle autonome, le GPS et le GLONASS ont besoin de divers degrés niveaux de renforcement. Les renforcements sont classés en trois grandes catégories: sur aéronef, au sol et sur satellite (voir le Tableau I-6-1).

Renforcements sur aéronef

~~6.12~~ 6.10 L'un des types de Le systèmes de renforcement embarqué (ABAS) combine l'information provenant du GNSS et les informations des systèmes bord. est appelé Le contrôle autonome de l'intégrité par le récepteur (RAIM) et peut être utilisé s'il y a plus de quatre satellites en visibilité directe, disposés selon une géométrie adéquate. Si l'on dispose de cinq satellites en visibilité, cinq positions indépendantes peuvent être calculées. Si ces positions ne concordent pas, on peut en déduire qu'un ou plusieurs des satellites fournissent des renseignements inexacts. Si l'on dispose de six satellites ou plus en visibilité, on peut calculer un plus grand nombre de positions indépendantes et un récepteur peut alors être en mesure d'identifier un satellite défaillant et l'exclure des calculs pour la détermination des positions est une forme d'ABAS qui utilise seulement les caractéristiques inhérentes aux constellations GNSS de base. S'il reçoit des signaux de plus de quatre satellites présentant une géométrie appropriée, le RAIM utilise les informations redondantes pour effectuer un contrôle d'intégrité.

~~6.13~~ 6.11 D'autres renforcements sur aéronef peuvent aussi être mis en œuvre: on parle habituellement de contrôle autonome de l'intégrité par l'aéronef (AAIM). Par exemple, un système de navigation par inertie peut aider le GNSS durant de courtes périodes, lorsque les antennes de navigation par satellite sont masquées par l'aéronef à l'occasion de manœuvres, ou durant les périodes où le nombre de satellites en visibilité est insuffisant. Les techniques de renforcement, particulièrement utiles pour améliorer la disponibilité de la fonction navigation, comprennent aussi l'aide altimétrique, des sources d'indication de l'heure plus précises ou certaines combinaisons de données de capteur réunies à l'aide de techniques de filtrage.

Renforcements au sol

6.14 6.12 ~~Pour les~~ Le système de renforcement à base de stations au sol (GBAS), ~~un moniteur~~ est placé à l'aéroport ou à proximité de l'aéroport, prend en charge ~~où l'on souhaite effectuer des~~ les approches ~~opérations~~ de précision, ~~ou à proximité~~ et peut aussi, au besoin, assurer la navigation de surface dans les régions terminales. Il comprend au moins un récepteur de référence pour surveiller les signaux satellitaires. Les signaux diffusés par le GBAS sont envoyés directement aux aéronefs qui se trouvent dans le voisinage (environ 37 km, soit 20 NM). Ces signaux fournissent des rectifications pour augmenter la précision de la position localement, ainsi que des renseignements sur l'intégrité des satellites. Cette capacité exige ~~des liaisons de données entre surface et aéronefs~~ l'emploi d'un canal VHF pour la diffusion des données dans le sens sol-air. Les normes relatives à un système basé au sol qui puisse assurer un service de navigation de surface dans une région plus vaste (système d'augmentation régionale basé au sol [GRAS]) sont en cours d'élaboration.

Renforcements sur satellite

6.15 6.13 ~~Il n'est pas possible en pratique d'assurer une couverture à l'aide des systèmes au sol pour toutes les phases de vol. L'une des manières d'assurer une couverture de renforcement sur de vastes régions consiste à utiliser des satellites pour transmettre des renseignements de renforcement. C'est ce que l'on appelle le~~ Le système de renforcement satellitaire (SBAS) assure le renforcement sur de vastes zones. Grâce à un réseau de stations de surveillance, ce système collecte des informations sur les signaux de chaque satellite de navigation et diffuse des corrections différentielles et des données d'intégrité dans une vaste zone au moyen de satellites géostationnaires.

6.16 La fourniture d'un renforcement satellitaire par des satellites géostationnaires présente certaines limites qui font que l'on ne peut en attendre, dans bien des cas, un soutien pour toutes les phases de vol, notamment pour les approches de précision et les atterrissages ~~de plus hautes catégories~~. Étant donné que ces satellites évoluent sur une orbite équatoriale, leurs signaux ne seraient pas reçus dans les régions polaires et peuvent être masqués par la structure des aéronefs ou le relief. On en déduit que d'autres orbites de satellites de renforcement GNSS et/ou des renforcements au sol devront peut-être être envisagés pour combler ces failles ~~dans certaines régions ou pour certaines opérations~~.

FUTURS SIGNAUX DU GNSS ET LEUR COMBINAISON

6.14 La modernisation actuelle du GPS et du GLONASS permettra d'offrir des signaux additionnels sur des fréquences protégées. La nouvelle constellation de satellites de navigation Galileo, actuellement mise au point, utilisera aussi des signaux multifréquences. L'augmentation du nombre de signaux et de constellations du GNSS présente d'importants avantages pour l'aviation civile, notamment une amélioration des performances et de la robustesse, une simplification de l'architecture des éléments terrestres du GNSS et l'atténuation des préoccupations institutionnelles. L'introduction de ces nouveaux éléments soulève aussi certaines questions techniques et institutionnelles. L'OACI fournira aux États, au fur et à mesure que ces nouveaux signaux et éléments du système seront mis au point, des directives sur la meilleure façon de combiner les signaux et les éléments et de maximiser les possibilités des capacités offertes.

AVIONIQUE

~~6.17~~ 6.15 Les récepteurs ~~GPS ou GLONASS simples~~ GNSS qui n'ont pas de capacité ~~RAIM~~ ABAS, SBAS ou GBAS (ou ~~d'autres formes~~ des moyens futurs de contrôle d'intégrité) ne peuvent généralement pas répondre aux besoins ~~dans toutes les phases de vol~~ de l'aviation en matière de navigation.

~~6.18~~ 6.16 Des systèmes à capteurs multiples, utilisant le GNSS comme l'un des capteurs, devraient entrer en service prochainement. Ces systèmes de navigation ~~présentent généralement de meilleurs niveaux de~~ ont des performances plus fiables que les capteurs distincts ou les systèmes autonomes. Les aéronefs qui utilisent des systèmes de navigation à capteurs multiples, ~~tels les systèmes intégrés GNSS/IRS ou GNSS/IRS/FMS~~ comme des combinaisons intégrées du GNSS, de l'IRS et du DME, peuvent être certifiés ~~comme répondant à des niveaux de RNP~~ bénéficier d'une disponibilité de service supérieure à celle que pourrait offrir ~~qui ne pourraient être obtenus grâce au seul emploi du~~ le GPS ou ~~du~~ le GLONASS seulement.

SYSTÈME DE COORDONNÉES WGS-84 ET BASES DE DONNÉES AÉRONAUTIQUES SUR LES COORDONNÉES

~~6.19~~ 6.17 Le succès de la mise en œuvre mondiale de la navigation par satellite dépend de l'existence d'une base de données de coordonnées et de procédures d'une très haute ~~qualité~~ précision et intégrité. Il n'est possible d'obtenir une navigation ~~précise~~ par satellite fiable que lorsque les coordonnées obtenues de la base de données de navigation des points de cheminement ont la qualité requise ~~obtenues du sol, les coordonnées calculées et les coordonnées obtenues du système satellitaire ont le même système de référence géodésique.~~

~~6.20~~ 6.18 Pour appuyer ~~une technologie satellitaire~~ les techniques de navigation en pleine évolution, l'OACI a adopté le WGS-84 comme système de référence géodésique commun pour l'aviation civile, en fixant au 1^{er} janvier 1998 la date d'application (Annexe 15). La mise en œuvre du WGS-84 prévoit entre autres la possibilité de convertir les coordonnées des points non essentiels (par ex., les obstacles en route) au système WGS-84 et, de préférence, l'exécution de nouveaux relevés de tous les points essentiels (par ex., les seuils de piste) qui sont nécessaires pour obtenir des coordonnées de qualité supérieure ~~l'adaptation des coordonnées et des systèmes de référence existants au WGS-84.~~

~~6.21~~ 6.19 Les bases de données aéronautiques sont établies et mises à jour en ayant recours à des enquêtes concernant les aides de navigation, les repères de position et les seuils de piste existants, et en concevant de nouvelles routes ou procédures d'approche. Des systèmes doivent être mis en place pour garantir la ~~qualité~~ (précision, l'intégrité et la résolution) des données de position depuis le moment où l'enquête est menée jusqu'au moment où les renseignements sont transmis au prochain usager visé. Les bases de données aéronautiques doivent être mises à jour sur une base régulière.

INTRODUCTION PROGRESSIVE

~~6.22~~ 6.20 La mise en œuvre du GNSS s'effectuera de façon progressive, permettant ainsi d'apporter au système des améliorations graduelles. Les applications à court terme du GNSS devraient

permettre l'introduction rapide de la navigation ~~en route~~ de surface par satellite sans investissements d'infrastructure, en utilisant les ~~systèmes~~ constellations satellitaires de base existantes (~~GPS et GLONASS~~) et ~~essentiellement des renforcements sur aéronef~~ des systèmes embarqués de capteurs intégrés. L'emploi de ces systèmes permet déjà d'augmenter la fiabilité des approches de non-précision à certains aéroports.

~~6.23~~ 6.21 Les D'autres applications ~~à moyen terme~~ feront appel aux systèmes existants de navigation par satellite, complétés par un moyen quelconque de ~~à l'aide de tout~~ renforcement ou ~~toute~~ une combinaison de renforcements nécessaires pour l'exploitation dans une phase particulière de vol. Les applications à long terme se feront sur les futurs GNSS.

~~6.24~~ 6.22 Trois niveaux sont généralement acceptés pour l'introduction des opérations fondées sur le GNSS:

- a) ~~le GNSS comme moyen supplémentaire doit répondre aux exigences en matière de précision et d'intégrité pour une opération ou une phase de vol donnée, mais on admet que les exigences de disponibilité et de continuité ne soient pas respectées. D'autres systèmes de navigation servant à appuyer une opération ou une phase de vol donnée doivent se trouver à bord;~~
- b) ~~le GNSS comme moyen primaire doit répondre aux exigences en matière de précision et d'intégrité mais n'a pas besoin de répondre intégralement aux exigences de disponibilité et de continuité de service pour une opération ou une phase de vol donnée. La sécurité est assurée en limitant les opérations à des périodes spécifiques et en appliquant des restrictions appropriées en matière de procédures. D'autres systèmes de navigation peuvent se trouver à bord pour appuyer le GNSS;~~
- c) ~~le GNSS comme moyen unique doit permettre aux aéronefs de répondre, pour une opération ou une phase de vol donnée, aux quatre exigences que sont la précision, l'intégrité, la disponibilité et la continuité du service.~~

Les opérations basées sur le GNSS peuvent être approuvées avec diverses procédures opérationnelles selon le niveau de service du GNSS et les besoins opérationnels. Ces procédures peuvent être très spécifiques d'un type particulier d'aéronef (d'après l'équipement), du type d'opération (par ex., approche de non-précision), des caractéristiques particulières de l'opération (par ex., capacité d'effectuer des approches curvilignes) ou d'un emplacement particulier (par ex., espace aérien à faible densité de circulation). Les périodes de non-disponibilité du système doivent être gérées au moyen de NOTAM ou d'un moyen équivalent de notification des usagers. Certains États ont approuvé un emploi du GNSS où il incombe à l'usager de décider s'il y a une interruption importante du service.

**SYSTÈMES VISANT À APPUYER
LES OPÉRATIONS D'APPROCHE,
D'ATTERRISSAGE ET DE DÉPART**

Note rédactionnelle.— Le paragraphe 6.25 a été modifié et devient le paragraphe 6.28.

6.26 6.23 ~~La terminologie utilisée en 6.24 s'applique à l'équipement avionique requis et à la capacité de l'aéronef de répondre aux critères de RNP sans qu'il soit fait appel, dans le cas du «moyen unique», à d'autre dispositif de navigation de bord. Elle est aussi liée à l'opération (ou à la phase de vol) considérée. Les approbations opérationnelles sont donc délivrées aux aéronefs pour des opérations particulières; et, normalement, elles précisent les conditions ou les restrictions à respecter. À ce sujet, elles peuvent varier d'un État à un autre, et d'une opération à l'autre.~~

6.27 6.24 ~~L'approbation de naviguer en utilisant le GNSS comme «moyen unique» est donc une condition nécessaire, mais insuffisante, à la cessation~~ peut faciliter le retrait de certains des services de radionavigation terrestres actuels. ~~Un certain nombre d'aéronefs peuvent avoir reçu une telle approbation pour des opérations ou des phases de vol données, mais le~~ Le retrait des services de navigation terrestres devrait cependant être effectué en tenant dûment compte du besoin et des méthodes d'atténuation des vulnérabilités (voir 6.27). ~~Cependant, le~~ Le prestataire de services de la circulation navigation aérienne doit alors offrir un service de navigation à l'ensemble des usagers intéressés, pour toutes les phases de vol applicables, sans qu'ils aient à recourir à des moyens de navigation terrestres. Il faut donc coordonner le tout retrait des aides de navigation classiques avec l'introduction du service de navigation au GNSS. Ces considérations ne s'appliquent pas à l'espace aérien ~~non desservi par de telles aides~~ qui n'est pas actuellement desservi par des aides de navigation au sol classiques et où le seul GNSS peut être mis en œuvre à l'avantage des usagers dotés de l'équipement nécessaire.

6.28 6.25 Lors de l'introduction de services fondés sur le GNSS, chaque État indiquera les éléments GNSS disponibles qui doivent être approuvés (par exemple GPS, GLONASS, SBAS, GBAS et les systèmes de renforcement) et établira un plan de mise en œuvre. ~~Aux endroits où sont déjà offerts des services VOR, DME ou ILS, par exemple, les États pourraient créditer les économies réalisées grâce à la mise hors service des aides de navigation au sol.~~ Le coût de la mise en œuvre d'un SBAS ou d'un GBAS devrait être lié à la concrétisation d'avantages par les usagers et à une utilisation plus rationnelle de l'espace aérien découlant de la navigation de surface et de la possibilité de fixer des altitudes/hauteurs de décision plus basses pour un plus grand nombre de pistes. Aux endroits où sont déjà offerts des services VOR, DME ou ILS, par exemple, les États pourraient créditer les économies réalisées grâce à la mise hors service des aides de navigation au sol, quoique les coûts de la transition doivent être pleinement compris et pris en compte.

6.29 6.26 Les avantages ~~des services~~ du GNSS comprennent ~~l'utilisation du GPS/ABAS la~~ prestation de services de navigation pour ~~des les~~ opérations en route ~~et des~~ jusqu'aux approches classiques (de non-précision) dans les régions où il n'y a pas de couverture assurée par des aides de navigation au sol ou où cette couverture est limitée. Dans de telles régions, le GNSS ~~deviendrait~~ devient le seul service de navigation dès son introduction. ~~La possibilité d'effectuer des~~ Les approches de précision au SBAS au GNSS avec guidage vertical vers des pistes ne permettant actuellement que des approches classiques procurera d'autres avantages sur les plans de la sécurité et de l'efficacité opérationnelle.

6.30 Le recours à des services GNSS a soulevé plusieurs préoccupations d'ordre technique, la principale étant la possibilité de brouillage intentionnel susceptible de nuire à ces services sur une assez grande étendue. Les États et les prestataires de services de navigation aérienne devraient mettre sur pied des plans pour réduire la probabilité d'un tel brouillage, en découvrir et en éliminer les sources et faire en sorte que les aéronefs puissent poursuivre leur route en sécurité durant les périodes d'interruption du signal du GNSS. Selon la densité de la circulation dans l'espace aérien considéré ainsi que le degré d'intégration et d'automatisation du système de navigation aérienne, une évaluation de la sécurité pourrait démontrer qu'il est nécessaire d'utiliser des données de navigation provenant de diverses sources indépendantes pour faire face à certaines menaces comme le brouillage intentionnel.

6.31 On s'attend à ce que les autres risques soient atténués à mesure que le GNSS évoluera vers un moyen plus complet, par exemple suite à la mise en œuvre de signaux supplémentaires pour l'aviation dans les satellites GPS et GLONASS, à l'amélioration des systèmes de renforcement et à la mise sur orbite de satellites et systèmes satellitaires supplémentaires. Chaque État devra évaluer l'efficacité des techniques d'atténuation appliquées dans son espace aérien pour déterminer s'il est acceptable de s'en remettre au seul GNSS pour assurer un service de navigation.

ATTÉNUATION DES VULNÉRABILITÉS DU GNSS

6.27 Plusieurs vulnérabilités du GNSS ont été identifiées, notamment le risque de brouillage intentionnel, ainsi que des méthodes d'atténuation appropriées comme l'emploi de systèmes de navigation par inertie (INS), d'aides de navigation terrestres et de procédures. D'autres méthodes seront fournies lorsque les nouveaux signaux et les nouvelles constellations satellitaires du GNSS seront en place. Les États devraient évaluer la vulnérabilité du GNSS dans leur espace aérien et choisir des méthodes d'atténuation en fonction de la nature de la circulation aérienne dans cet espace aérien et des opérations qui doivent être prises en charge. L'emploi de méthodes d'atténuation adéquates assurera la sécurité des opérations pendant la transition au GNSS et permettra aux États de réduire les aides de navigation terrestres actuelles, d'éviter d'avoir à installer de nouvelles aides de navigation terrestres et de retirer les aides dans certaines régions. Jusqu'ici, on n'a relevé aucune vulnérabilité qui ne puisse être éliminée par des méthodes d'atténuation appropriées, ce qui confirme l'objectif final qui est d'utiliser le GNSS comme système mondial pour toutes les phases du vol.

SYSTÈMES VISANT À APPUYER LES OPÉRATIONS D'APPROCHE, D'ATTERRISSAGE ET DE DÉPART

6.25 6.28 Les aides non visuelles standard pour les approches de précision et les atterrissages sont définies dans l'Annexe 10, Volume I, Chapitre 2. Il est prévu que l'introduction et l'application de ces aides non visuelles se feront conformément à la stratégie mondiale énoncée dans l'Annexe 10, Volume I, Supplément B. Sur la base de toutes les considérations pertinentes, cette Cette stratégie consiste à:

- a) — continuer d'utiliser l'ILS au plus haut niveau de service tant qu'il est acceptable pour l'exploitation et économiquement avantageux;

-
- ~~b) mettre le MLS en œuvre aux endroits où il est nécessaire pour l'exploitation et économiquement avantageux;~~
 - ~~c) promouvoir l'emploi du récepteur multimode (MMR) ou d'un équivalent embarqué pour préserver l'interopérabilité;~~
 - ~~d) valider l'utilisation du GNSS, renforcé selon les besoins, pour appuyer les opérations d'approche et de départ, y compris les opérations de catégorie I, et mettre le GNSS en œuvre pour ces opérations, le cas échéant;~~
 - ~~e) effectuer des études pour établir si un GNSS, renforcé selon les besoins, peut être utilisé pour appuyer des opérations des catégories II et III;. Dans l'affirmative, mettre le GNSS en œuvre pour ces opérations aux endroits où il est acceptable pour l'exploitation et économiquement avantageux;~~
 - ~~f) faire en sorte que chaque région mette sur pied une stratégie de mise en œuvre vers les systèmes futurs, qui soit harmonisée avec la stratégie mondiale.~~
- a) continuer d'utiliser l'ILS au plus haut niveau de service tant qu'il est acceptable pour l'exploitation et économiquement avantageux tout en faisant tout pour assurer que l'accès aux aéroports ne soit pas refusé aux aéronefs équipés ILS;
 - b) mettre le MLS en œuvre aux endroits où il est nécessaire pour l'exploitation et économiquement avantageux tout en faisant tout pour assurer que l'accès aux aéroports ne soit pas refusé aux aéronefs équipés ILS;
 - c) mettre en œuvre le GNSS avec le renforcement nécessaire pour les opérations avec APV et de catégorie I aux endroits où il est nécessaire pour l'exploitation et économiquement avantageux;
 - d) promouvoir la mise au point et l'emploi d'un moyen multimode embarqué d'atterrissage;
 - e) encourager les opérations avec APV, en particulier celles qui comportent un guidage vertical GNSS, pour améliorer la sécurité et l'accessibilité;
 - f) résoudre les questions opérationnelles et techniques pour que le GNSS renforcé par le GBAS prenne en charge les opérations des catégories II et III. Mettre le GNSS en œuvre pour ces opérations aux endroits où il est nécessaire pour l'exploitation et économiquement avantageux;
 - g) faire en sorte que chaque région mette sur pied une stratégie de mise en œuvre vers ces systèmes, qui soit harmonisée avec la stratégie mondiale.

...

QUESTIONS GÉNÉRALES RELATIVES À LA TRANSITION

6.32 6.29 Les lignes directrices relatives à la transition aux systèmes futurs encouragent les usagers à s'équiper de manière à profiter le plus tôt possible des avantages des systèmes. La fourniture et l'import d'équipement permettant la navigation fondée sur des aides terrestres et la navigation par satellite seront nécessaires pendant la période de transition, durant laquelle il faut établir la fiabilité et la disponibilité de tout nouveau système. L'Appendice A au présent chapitre énumère les lignes directrices que les États, les régions, les usagers, les prestataires de services et les fabricants devraient suivre lors de l'élaboration du GNSS ou de la planification de sa mise en œuvre.

APPENDICE A AU CHAPITRE 6

LIGNES DIRECTRICES RELATIVES À LA TRANSITION AUX SYSTÈMES DE NAVIGATION

- Le GNSS devrait être introduit de façon graduelle, en procurant des pour que les améliorations apportées à ce système procurent des avantages croissants correspondant aux améliorations du service de navigation. Ces avantages devraient aboutir à l'exploitation du GNSS comme moyen unique et qu'elles conduisent à l'utilisation du GNSS dans toutes les phases du vol. La planification du retrait des aides de navigation au sol au fur et à mesure que le GNSS évolue doit tenir compte des points indiqués ci-après.
- L'infrastructure sol des systèmes actuels de navigation doit demeurer disponible durant la période de transition.
- Les États et les régions devraient peuvent envisager de distinguer le trafic selon la capacité de navigation et de prévoir des routes préférentielles pour les aéronefs qui ont de meilleures performances de navigation là où cela est possible sans réduire la capacité de l'espace aérien.
- Avant le retrait d'une infrastructure au sol quelconque, un délai de transition raisonnable doit être accordé aux usagers afin de leur permettre d'installer l'équipement GNSS nécessaire pour obtenir un niveau de service de navigation équivalent.
- Comme le GNSS est introduit pour les opérations en route, les États et les régions devraient prévoir une coordination pour veiller à ce que les des normes et des procédures de séparation harmonisées soient élaborées et introduites simultanément dans toutes les FIR par lesquelles passe le trafic principal pour afin que la transition à la navigation au GNSS se fasse sans discontinuité les aéronefs dotés de l'équipement approprié soient introduites simultanément dans chacune des FIR par lesquelles passe le trafic principal.
- Dans la planification de la transition au GNSS, il faut tenir compte des éléments suivants:
 - a) maintien ou amélioration du niveau de sécurité actuel;

-
- a) b) calendrier de fourniture ou d'adoption d'un service GNSS, y compris les processus d'approbation des aéronefs et d'agrément des exploitants;
 - b) c) étendue des services existants de radionavigation fondés sur des aides au sol;
 - c) d) stratégie pour le programme de transition à la capacité GNSS (c.-à-d. fondée sur les avantages ou obligatoire);
 - d) e) niveau approprié d'équipement d'utilisateur avec capacité GNSS;
 - e) f) fourniture d'autres services de la circulation aérienne (c.-à-d. surveillance et communications);
 - f) g) densité de la circulation/fréquence des vols;
 - g) h) atténuation des risques liés au brouillage des radiofréquences, aux défaillances et aux problèmes inosphériques;-
 - i) conception et application des procédures;
 - j) aspects économiques généraux et délais de mise en place de l'avionique nécessaire.

...

Chapitre 12 ORGANISATION ET COOPÉRATION INTERNATIONALE

...

Système mondial de navigation par satellite (GNSS)

12.11 Le GNSS sera au début constitué des systèmes par satellite qui fournissent le service de localisation standard et le renforcement des systèmes, qui peut être à couverture étendue ou à couverture locale. Le renforcement des systèmes est nécessaire pour satisfaire à certains critères de certaines performances. Les signaux de localisation sont offerts gratuitement par les deux États fournisseurs: la Fédération de Russie (système GLONASS) au moins jusqu'en 2010 et les États-Unis (système GPS) pour l'avenir prévisible, tout changement de politique étant soumis dans ce deuxième cas à un préavis de six ans. Ces deux systèmes sont au départ des systèmes militaires mis à la disposition de la communauté civile. ~~Jusqu'à ce~~ À moins qu'ils soient remplacés par des systèmes (civils) qui exigent des engagements financiers de la communauté civile à l'échelle mondiale, la fourniture (par opposition à l'utilisation) du service de localisation standard ne semble pas dépendre de questions organisationnelles qui doivent être traitées par des États autres que les deux États fournisseurs. La constellation satellitaire de base Galileo, actuellement mise au point par les États membres de l'Union européenne, est un système qui sera géré et exploité par des civils et qui est conçu pour répondre aux besoins de divers usagers, notamment ceux de l'aviation civile. Comme le GPS et le GLONASS, le Service ouvert Galileo assurera à l'aviation un service de localisation sans redevances d'usage.

12.12 Le renforcement des systèmes donne lieu à des considérations quelque peu différentes. Par exemple, ~~un renforcement à couverture étendue~~ le SBAS pourrait être fourni par les mêmes États ou organismes qui exploitent une constellation ~~de satellites~~ satellitaire de base fournissant le service de localisation standard. Un groupe d'États ou une organisation régionale pourrait aussi décider d'exploiter le service de renforcement nécessaire, soit directement, soit en confiant cette tâche à une société commerciale ou publique qui agirait en son nom. Les types d'options décrits en 12.8 s'appliquent donc aussi. Dans chacun de ces cas, il y aurait des dépenses qu'il faudrait vraisemblablement récupérer. Du point de vue organisationnel, pareil renforcement serait en fait une installation ou un service multinational auquel les éléments indicatifs sur la fourniture et le fonctionnement des installations et services multinationaux, traités plus loin dans le présent chapitre, pourraient s'appliquer si le renforcement en question était destiné uniquement ou principalement à l'aviation civile. Par ailleurs, si l'aviation civile n'est qu'un usager minoritaire des services de renforcement fournis, et si le même organisme offre des services de renforcement dans le monde entier, la meilleure solution serait peut-être que l'aviation civile soit représentée dans ses relations avec le fournisseur de services par un porte-parole unique, qui pourrait être l'OACI, une association régionale de fournisseurs de services de navigation aérienne ou une association d'usagers de l'aviation internationale.

12.13 Un renforcement à couverture locale ne nécessiterait probablement pas de participation internationale, à condition que l'installation soit conforme aux spécifications et aux normes voulues pour être considérée comme une installation de l'aviation civile internationale. L'installation proprement dite pourrait être fournie par un gouvernement, par une administration locale ou par une société commerciale, en vertu d'un contrat.

12.14 Pour tirer parti des avantages du GNSS, il est essentiel de mettre en œuvre la RNAV et il faudra, pour cela, harmoniser la mise en œuvre de la RNP et de la RNAV.

...

APPENDICE D

APERÇU DES AVANTAGES DES FUTURES COMBINAISONS DE SYSTÈMES DE NAVIGATION PAR SATELLITE INDÉPENDANTS ET DE LEURS RENFORCEMENTS ET QUESTIONS RELATIVES À CES COMBINAISONS

1. INTRODUCTION

1.1 L'Organisation de l'aviation civile internationale (OACI) a élaboré des normes et des pratiques recommandées (SARP) relatives aux signaux L1 du système mondial de localisation (GPS) et du système mondial de satellites de navigation (GLONASS) et à leur renforcement au moyen du système de renforcement embarqué (ABAS), du système de renforcement satellitaire (SBAS) et du système de renforcement au sol (GBAS).

1.2 Le futur GPS amélioré fournira des signaux additionnels et comportera peut-être une fonction d'intégrité mondiale. Le système GLONASS sera enrichi de satellites GLONASS-M présentant des caractéristiques améliorées et la nouvelle génération de satellites GLONASS-K sera lancée par la suite. La nouvelle constellation Galileo, actuellement mise au point par l'Europe, comportera trois signaux et une fonction d'intégrité mondiale.

1.3 L'emploi des signaux supplémentaires et des nouvelles constellations devrait procurer plusieurs avantages aux usagers de l'aviation civile. Les systèmes actuels peuvent être combinés pour améliorer la robustesse et augmenter ainsi la capacité de satisfaire aux performances requises en présence de brouillage ou de défaillances des systèmes. La combinaison de signaux provenant de systèmes indépendants permet en outre d'améliorer les performances dans des conditions nominales. Dans certaines régions, la combinaison des constellations peut donc permettre d'assurer des niveaux de service qui exigeaient auparavant l'utilisation de systèmes de renforcement. Finalement, la possibilité d'utiliser plusieurs constellations pourrait atténuer les préoccupations institutionnelles relatives à la dépendance envers un seul fournisseur de service.

1.4 L'introduction de ces nouveaux éléments soulève aussi des questions techniques, économiques et institutionnelles qui doivent être réglées pour tirer pleinement parti des possibilités offertes.

2. POSSIBILITÉS DES NOUVEAUX SIGNAUX ET DES NOUVELLES CONSTELLATIONS

2.1 Calendrier de mise en œuvre

2.1.1 En septembre 2003, la situation actuelle et prévue en ce qui concerne la mise en œuvre des services des différentes constellations et des nouveaux signaux est la suivante :

- a) GPS/L1 : en service;

- b) GPS/L5 : capacité opérationnelle initiale en 2012 et capacité opérationnelle totale en 2015;
- c) GLONASS/L1 : en service (le nombre de satellites opérationnels est limité);
- d) GLONASS/L3 : disponibilité prévue à compter de 2008;
- e) Galileo/L1 : disponibilité prévue à compter de 2008;
- f) Galileo/E5a : disponibilité prévue à compter de 2008;
- g) Galileo/E5b : disponibilité prévue à compter de 2008.

2.1.2 Pour chaque nouveau signal ou chaque nouvelle constellation, les autorités de l'aviation civile auront probablement besoin d'une ou deux années supplémentaires pour la validation et la certification avant d'approuver l'utilisation des signaux dans les applications liées à la sécurité de la vie humaine. L'emploi opérationnel des nouveaux signaux et des services fondés sur une combinaison de constellations pourrait donc commencer à l'horizon 2010.

2.1.3 Le plan de normalisation du GNSS de l'OACI prévoit l'élaboration et la validation des SARP sur les éléments du GNSS mentionnés plus haut à mesure que ces éléments sont mis au point.

2.2 Possibilités techniques et opérationnelles

2.2.1 L'évaluation de la vulnérabilité du GNSS et des méthodes d'atténuation (AN-Conf-WP/17) montre qu'il y a des avantages inhérents à maximiser la résistance de la navigation par satellite au brouillage. Les nouveaux signaux du GNSS résisteront mieux au brouillage que le signal L1 du GPS; leur plus grande puissance et leur plus grande largeur de bande leur permettront en effet de mieux éliminer le brouillage. En outre, tous les signaux destinés aux applications liées à la sécurité de la vie humaine bénéficieront de la protection accordée par l'Union internationale des télécommunications (UIT) aux attributions faites dans la bande du service de radionavigation aéronautique.

2.2.2 La diversification des fréquences est un autre moyen très efficace de pallier le brouillage non intentionnel, puisqu'il est hautement improbable que ce type de brouillage perturbe plus d'une fréquence à la fois. Selon les indications reçues, toutes les constellations de base (GPS, GLONASS et Galileo) assureront des services sur plusieurs fréquences et toute combinaison de deux de ces constellations fournit au moins une fréquence qui n'est pas commune aux deux constellations.

2.2.3 La combinaison des constellations permettra aussi d'atténuer très efficacement les effets atmosphériques. L'augmentation du nombre de satellites visibles réduira considérablement les incidences de la perte des signaux qui se produit actuellement dans les régions équatoriales et, dans une moindre mesure, aux hautes latitudes lors de scintillations ionosphériques intenses. Il suffira en effet de combiner au niveau de l'utilisateur les différentes mesures provenant des différentes constellations.

2.2.4 Dans le cas des satellites monofréquences, les erreurs causées par l'ionosphère sont corrigées par le GBAS ou le SBAS. Dans le cas des satellites multifréquences, ces erreurs sont corrigées dans le récepteur. À cause du plus grand nombre de satellites visibles, la combinaison de constellations permettra d'augmenter la disponibilité et la continuité du service actuellement limité par la scintillation

ionosphérique, la maintenance du système, les défaillances du secteur spatial ou l'effet de masquage des terrains et des édifices (pour les opérations de surface basées sur le GNSS, par exemple).

2.2.5 Dans les régions où les données d'intégrité ne sont pas fournies (par le SBAS ou les futures constellations de base), les performances peuvent être améliorées, quoique avec moins de robustesse, en combinant les mesures provenant de plusieurs constellations avec l'ABAS. Dans certains cas, ce moyen permettra d'éviter d'avoir à déployer le SBAS et dans d'autres cas il simplifiera l'architecture du SBAS.

2.2.6 Certains États étudient déjà les avantages éventuels de l'augmentation de la robustesse du GNSS par la diversification des fréquences d'une seule constellation. La combinaison, au niveau de l'utilisateur, de signaux différents provenant d'au moins deux constellations améliorerait encore plus la robustesse et la performance et atténuerait fortement les préoccupations institutionnelles relatives à l'emploi d'une seule constellation.

2.3 Possibilités institutionnelles

2.3.1 Il existe des raisons non techniques pour employer plusieurs constellations. Ces raisons comprennent notamment les préoccupations institutionnelles relatives au contrôle et à la maintenabilité d'une constellation unique, la menace d'un déni d'accès au service et le risque d'une défaillance majeure dans une constellation de base. L'accès à plusieurs constellations indépendantes gérées par des fournisseurs de service indépendants présente entre autres les avantages suivants :

- a) les services de navigation par satellite peuvent continuer à assurer les performances nominales même en cas de manque de ressources financières pour effectuer la maintenance d'une constellation particulière, de difficultés techniques liées au fonctionnement de la constellation, d'échecs de lancement ou de destruction résultant de situations d'urgence;
- b) le service de navigation est assuré à l'échelle mondiale même si une des constellations est dégradée ou bloquée dans toute la zone de couverture pendant une situation d'urgence nationale, comme l'autorise la Convention relative à l'aviation civile internationale (article 89). Dans ce cas le service pourrait être fourni par une deuxième constellation gérée indépendamment;
- c) le service de navigation est assuré même en cas d'interruption du signal ou de modification majeure d'une constellation satellitaire, d'une interruption à mi-période du service d'une constellation ou de la décision du fournisseur d'une constellation de mettre fin à la prestation des services.

3. DIFFICULTÉS LIÉES À L'INTRODUCTION DES NOUVEAUX SYSTÈMES

3.1 Complexité d'utilisation

3.1.1 L'introduction de constellations et de systèmes de renforcement indépendants engendre une complexité technique qui doit être bien gérée, autant sur le plan technique que sur le plan

opérationnel, pour que les exploitants d'aéronefs bénéficient des avantages décrits plus haut et que ces avantages excèdent les coûts.

3.1.2 La complexité pourrait augmenter avec l'évolution du GNSS s'il y a une prolifération de récepteurs de bord qui emploient différemment des combinaisons différentes d'éléments GNSS indépendants. On prévoit également la mise au point d'architectures qui apporteront de nouvelles améliorations en intégrant le GNSS aux systèmes inertiels. Le marché écartera naturellement les architectures utilisant des combinaisons qui n'offrent pas d'avantages économiques, mais la fragmentation n'est certainement pas impossible. Les fournisseurs de services de navigation aérienne, les exploitants d'aéronefs et les aviateurs devront travailler de concert pour conformer les capacités à la qualité de navigation requise et aux procédures d'approche publiées de manière à maximiser les avantages.

3.1.3 Vu que les usagers emploient des niveaux de fonctionnalités différents, on a émis l'avis que les fournisseurs de services de navigation aérienne auront besoin d'une indication en temps réel pour déterminer si les différentes combinaisons d'éléments du GNSS prennent en charge les niveaux de service publiés. Cette approche repose sur le principe actuel de surveillance du système, où le fournisseur de services de navigation aérienne peut surveiller chaque aide de navigation terrestre et où chaque aide fournit un service déterminé, mais elle ne pourra probablement pas s'appliquer aux futures opérations GNSS, surtout après l'introduction des signaux et des constellations multiples. Il convient donc de réexaminer le concept actuel de surveillance de l'état de fonctionnement.

3.1.4 Selon la stratégie adoptée pour l'introduction des SARP, l'OACI pourrait avoir de la difficulté à gérer la normalisation de plusieurs combinaisons d'éléments. La meilleure solution pourrait être de normaliser les nouveaux signaux individuellement en complétant les SARP par des éléments indicatifs sur l'emploi des nouveaux signaux et des combinaisons de signaux.

3.2 Coût du système pour les exploitants d'aéronefs et les fournisseurs de services

3.2.1 Pour l'utilisateur, l'introduction de signaux et de constellations supplémentaires signifie le remplacement des récepteurs et des antennes de bord actuels. Les nouveaux récepteurs et les nouvelles antennes seront plus complexes et plus coûteux que l'avionique GNSS de la présente génération, mais, avec les progrès constants de la technologie, les augmentations de coûts pourront probablement demeurer relativement modestes.

3.2.2 Pour les exploitants d'aéronefs, la stratégie la plus viable pourrait être de n'effectuer les mises à niveau que lorsque l'analyse financière est positive. Le coût des modifications pourrait être réduit si le fabricant conçoit l'équipement de façon à n'exiger que des actualisations du logiciel ou de simples mises à niveau du matériel. L'autre possibilité serait d'acquérir de nouveaux aéronefs dotés d'une avionique correspondant à l'état de développement du GNSS, mais il faut dans ce cas que l'exploitant connaisse préalablement les normes et les plans d'introduction des nouveaux signaux.

3.2.3 Dans le cas du GBAS, un système capable de renforcer deux constellations de base (par exemple GPS/GLONASS ou GPS/Galileo) pourrait être plus coûteux étant donné la complexité accrue des récepteurs de référence et des éléments d'antenne. Par ailleurs, les fournisseurs de services utilisant un équipement GBAS relativement nouveau qui ne prend en charge qu'une seule constellation ne s'empresseront pas d'introduire un nouvel équipement ni de décider de la mise à niveau des systèmes sur la base du cycle de vie nominal.

3.2.4 Afin de minimiser les coûts et de maximiser les avantages, l'OACI devrait, lors de l'élaboration de normes pour les nouveaux éléments et signaux du GNSS, formuler des recommandations sur les combinaisons d'éléments et de signaux les plus prometteuses.

3.3 Répercussions des restrictions réglementaires

3.3.1 L'avionique GNSS actuelle sélectionne automatiquement les satellites et les renforcements à utiliser*. Les réglementations nationales pourraient à l'avenir exiger ou interdire l'emploi de certains éléments ou de certaines combinaisons d'éléments du GNSS. Cette situation pourrait entraîner pour les usagers des coûts considérables liés aux contrôles et procédures de pilotage supplémentaires, à la formation de l'équipage et à la maintenance. Si chaque élément du GNSS doit être sélectionné indépendamment, l'interface avionique risque de devenir très compliquée. La formation de l'équipage à l'utilisation de cette interface et à la sélection des systèmes qui doivent être employés dans diverses parties de l'espace aérien représenterait des coûts très élevés. Une interface avionique complexe pourrait en outre augmenter la charge de travail du pilote et devenir un problème de sécurité.

3.3.2 En raison de ces répercussions possibles, il faut que l'OACI encourage les États à éviter, dans leurs plans de mise en œuvre de services GNSS, de restreindre l'utilisation de certains éléments du GNSS pour des raisons institutionnelles.

4. CONCLUSIONS

4.1 Le GPS, le GLONASS et Galileo offriront des constellations satellitaires gérées indépendamment et des signaux indépendants. L'emploi d'une combinaison de constellations rendra donc les interruptions du service GNSS extrêmement improbables.

4.2 Le plus grand nombre de signaux et de constellations GNSS représente donc des avantages importants pour l'aviation civile, notamment une meilleure robustesse, l'amélioration des performances, la simplification de l'architecture de l'équipement GNSS au sol et l'atténuation des préoccupations institutionnelles.

4.3 La mise en œuvre d'une multiplicité de combinaisons possibles d'éléments se traduirait par la complexité de l'ensemble du système et aurait des incidences économiques négatives en particulier pour les usagers. Ce problème peut être évité par une évaluation complète et la sélection des combinaisons les plus prometteuses pour la mise en œuvre générale.

4.4 Si les questions relatives à l'emploi de constellations satellitaires de base indépendantes, à d'autres éléments du GNSS et à leurs combinaisons sont réglées adéquatement, l'introduction de nouvelles constellations et de nouveaux signaux facilitera la transition à l'utilisation du GNSS comme système mondial pour toutes les phases de vol.

* Sauf dans le cas de l'approche de précision au GBAS, qui comporte une fonction de sélection du canal forçant le récepteur à utiliser un système de renforcement GBAS particulier.

4.5 Dans l'élaboration des normes sur les nouveaux éléments et signaux du GNSS, l'OACI s'occupera des questions relatives à l'emploi de signaux multiples et de leurs combinaisons et élaborera des éléments indicatifs sur les combinaisons d'éléments GNSS les plus prometteuses.
