

ONZIÈME CONFÉRENCE DE NAVIGATION AÉRIENNE

Montréal, 22 septembre – 3 octobre 2003

**(PROJET DE) RAPPORT DU COMITÉ B
SUR LE POINT 6 DE L'ORDRE DU JOUR**

Le projet ci-joint, qui constitue une partie du rapport sur le point 6 de l'ordre du jour (alinéa 6.2), est soumis à l'approbation du Comité B en vue de sa présentation à la Plénière.

Point 6 : Questions de navigation aérienne**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 base¹.

6.2.1.2 Le système mondial de localisation (GPS) est déjà utilisé à bord de nombreux aéronefs, particulièrement en Europe, comme moyen de répondre aux exigences de la navigation de surface (RNAV) de base. 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 avec la mise en service de 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

¹ 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).

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 néanmoins 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. La réunion examine les renseignements présentés sur les projets de mise en œuvre d'approches avec guidage vertical (APV) dans un État. Le programme de cet 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.

6.2.2.6 En outre, plusieurs États 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.

6.2.2.7 Sur la base de ce qui précède, il est proposé d'encourager les usagers de l'espace aérien à s'équiper de récepteurs SBAS² 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 :

² 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).

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;
- 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 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 extérieur 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'emport 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 Il est noté que même avec des systèmes de bord doubles, pour que le risque de perte totale de la capacité de navigation soit acceptable, il faudra encore deux apports de capteurs différents, par exemple le GNSS associé à l'INS ou au DME. Dans un tel cas, la couverture DME devra être améliorée, d'où une augmentation globale des DME dans la zone CEAC pendant les 10 à 20 prochaines années.

6.2.3.6 Des études réalisées dans la Région Europe ont indiqué que, à l'horizon 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 au lieu 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.

6.2.3.7 Ayant examiné ces renseignements, la réunion reconnaît que, même si des développements futurs sont susceptibles de réduire considérablement les risques associés à un environnement à service GNSS unique, il pourrait subsister certains modes de défaillance qui empêchent que l'on s'en remette 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 pour le moment incertains.

6.2.3.8 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.

6.2.3.9 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 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 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 vulnérabilités du GNSS.

6.2.3.10 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.

6.2.3.11 Pendant l'examen des vulnérabilités du GNSS, il est fait part à la réunion d'un certain nombre de préoccupations au sujet des effets des gradients spatiaux ionosphériques non planaires et des scintillations 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 atmosphériques sur les performances du SBAS.

6.2.3.12 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 signaler les interruptions 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 RNAV. Il est également souligné qu'en dépit des 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, en raison notamment du fait que la plupart des systèmes RNAV sont liés à une infrastructure au sol qui dépend de l'emplacement, de la possibilité que plusieurs fonctions RNAV requises soient associées au même type de RNP dans divers environnements ATC et de la polyvalence de l'avionique dictée par le rapport coût-efficacité ou résultant du développement évolutif de 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 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 des opérations RNP et 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. Étant donné le relief montagneux des principaux aéroports de cet État, 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 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 pour les aéronefs à voilure fixe et les aéronefs à voilure tournante, afin de permettre l'application des procédures RNAV à des minimums plus bas dans les environnements riches en obstacles.

Recommandation 6/7 — Procédures RNAV GBAS pour les courbes

Il est recommandé que l'OACI élabore des procédures GBAS pour les aéronefs à voilure fixe, de façon à fournir des procédures RNAV présentant une grande précision de maintien de la route et de la vitesse dans les courbes afin de 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 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 aéroports. 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 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.

6.2.5.7 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.

6.2.6 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 du 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 leçons apprises et les propositions qui découlent de ces expériences sont examinées par la réunion. Elles concernent 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 d'autres prestataires de services SBAS, continuent à donner leur appui 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 d'autres États participants afin d'optimiser leurs efforts 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 de travail 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 et leur donne la suite appropriée.

6.2.7.2 Pour ce qui est de la proposition présentée dans la note 107 concernant la nécessité d'assurer un service GNSS fiable gratuit, la réunion est informée que le Secrétariat a entrepris une étude de la répartition des coûts du GNSS avec l'aide du Groupe d'experts sur l'économie des services de navigation aérienne (ANSEP) et qu'il est prévu de la terminer d'ici la fin de 2004. La réunion note

certaines 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 gratuitement et que toute attribution des coûts des services GNSS devrait être faite au niveau régional. La réunion conclut que la question de la nécessité d'assurer un service GNSS fiable libre de redevances d'usage doit être portée à l'attention du Groupe ANSEP et examinée dans le cadre des travaux de ce Groupe.

APPENDICE

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 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 ou l'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 atmosphériques (ionosphère)

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 des pannes du GNSS

3.4.1 Les incidences des pannes 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 des 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 pratiquement éliminée par une gestion efficace du spectre. 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 utiliser 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 monofréquences 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.

— FIN —