

ONZIÈME CONFÉRENCE DE NAVIGATION AÉRIENNE

Montréal, 22 septembre – 3 octobre 2003

Point 6 : Questions de navigation aérienne

UTILISATION DE COMBINAISONS DE SYSTÈMES DE NAVIGATION PAR SATELLITE INDÉPENDANTS ET DE LEURS RENFORCEMENTS

(Note présentée par le Secrétariat)

SOMMAIRE

La présente note est fondée sur les 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. Elle montre que l'augmentation du nombre de signaux et de constellations GNSS présente d'importants avantages pour l'aviation civile, car elle permet d'améliorer la robustesse et les performances, de simplifier l'architecture des éléments terrestres du GNSS et d'atténuer les préoccupations institutionnelles. L'introduction de ces nouveaux éléments soulève aussi certaines questions techniques, économiques et institutionnelles. La note recommande également que l'OACI continue à étudier ces questions et tire pleinement parti des possibilités offertes.

La suite à donner par la Conférence figure au paragraphe 5.

1. INTRODUCTION

1.1 L'OACI a élaboré des normes et pratiques recommandées (SARP) relatives aux signaux monofréquences (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 La mise en œuvre des services des différentes constellations est actuellement prévue pour les dates suivantes :

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

2.1.2 Les autorités de l'aviation civile auront probablement besoin de un ou deux ans pour valider et certifier chaque nouveau signal et chaque nouvelle constellation 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 vers 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 service

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 service 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, il est recommandé 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.

* 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.

4.2 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 de plusieurs combinaisons différentes d'éléments se traduirait par la complexité de l'ensemble du système et aurait des incidences économiques négatives pour l'utilisateur en particulier. 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.

5. SUITE À DONNER PAR LA CONFÉRENCE

5.1 La Conférence est invitée à convenir des recommandations suivantes :

Recommandation 6/C — 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 aborde les questions relatives à l'emploi de signaux multiples et de leurs combinaisons et élabore des éléments indicatifs sur les combinaisons d'éléments GNSS les plus prometteuses.

Recommandation 6/D — Aspects réglementaires de l'utilisation de signaux GNSS multiples

Il est recommandé que les États prennent note, lorsqu'ils planifient la mise en œuvre des services GNSS, des avantages qui découlent de l'utilisation de 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 pour des raisons institutionnelles.