



ORGANISATION DE L'AVIATION CIVILE INTERNATIONALE

DIX-HUITIÈME RÉUNION DU GROUPE RÉGIONAL AFI DE PLANIFICATION ET DE MISE EN OEUVRE (APIRG/18)

Kampala, Ouganda (27 – 30 mars 2012)

Point 3 de l'ordre du jour: Cadre de performance pour la planification et la mise en œuvre de la navigation aérienne dans la Région AFI

3.4 Communications, Navigation et Surveillance (CNS)

ÉTABLISSEMENT D'UN SYSTÈME DE RENFORCEMENT SATELLITAIRE DU GNSS (SBAS) DANS LES RÉGIONS CAR/SAM

(Note présentée par le Secrétariat)

RÉSUMÉ ANALYTIQUE
Le projet SACCSA (RLA/03/902) – vise à étudier un système SBAS approprié pour les régions CAR / SAM qui serait installé situés dans les régions équatoriales, et qui devrait être l'équivalent des systèmes WAAS et EGNOS.
La suite à donner par la réunion se trouve au paragraphe 3.
RÉFÉRENCE(S): <ul style="list-style-type: none">• Rapport de la 11^{ème} Conférence de navigation aérienne (2003)• Rapports des réunions APIRG (2003, 2005, 2007, 2010)• Document de projet RLA/03/902 de l'ICAO
Objectifs stratégiques de l'OACI: (Protection de l'environnement et développement durable du transport aérien)

1. INTRODUCTION

1.1 En 2003, afin d'analyser la mise en œuvre d'un système SBAS dans les régions CAR / SAM, un projet de coopération technique de l'OACI (RLA/03/902) a été initié pour étudier et définir le système SBAS en prenant en considération les effets de l'ionosphère dans les régions équatoriales. Cette note de travail résume la portée du projet, ses objectifs et les résultats obtenus jusqu'à ce jour.

2. ANALYSE

Contexte

2.1 L'un des défis majeurs de la communauté aéronautique dans les régions CAR / SAM est la mise en œuvre du concept de navigation fondée sur les performances (PBN). Les technologies GNSS jouent un rôle important pour atteindre cet objectif. Les particularités des régions CAR / SAM, comme par exemple le comportement de l'ionosphère, imposent des limites sur les performances de ces types de technologies par rapport à d'autres régions du monde. L'objectif du projet SACCSA est d'étudier l'amélioration de l'environnement de la navigation aérienne dans les Régions Caraïbes et Amérique du Sud (CAR / SAM) en utilisant une solution SBAS.

2.2 L'utilisation du GNSS pour des applications critiques de sécurité exige que les systèmes de renforcement complètent les signaux GNSS de base en termes de disponibilité, d'intégrité, d'exactitude et continuité, principalement dans les régions de latitude non-moyenne ou régions équatoriales comme les régions AFI, ASIA / PAC, CAR / SAM et MID.

2.3 L'OACI a normalisé trois systèmes de renforcement: l'ABAS, le GBAS et le SBAS. Actuellement, les systèmes SBAS tels que WAAS, l'EGNOS et le MSAS sont opérationnels, tandis que d'autres systèmes SBAS sont actuellement en cours d'élaboration (tels que le SDCM en Russie et GAGAN en Inde) ou à l'étude, tel que le projet SACCSA en Amérique latine.

2.4 Lors de son examen des vulnérabilités du GNSS, la 11^{ème} Conférence de navigation aérienne (AN-Conf/11) avait noté un certain nombre de préoccupations soulevées par rapport aux effets ionosphériques dans les régions équatoriales, et plusieurs États ont indiqué qu'ils avaient établi des programmes de collecte de données. La conférence AN-Conf/11 a donc recommandé que l'OACI évalue les résultats de ces études et donne des orientations appropriés aux États (cf. Recommandation 6/3).

Le Project SACCSA

2.5 Ce projet est un projet d'assistance technique de l'OACI (RLA/03/902) dont l'objectif principal est de mener des études de faisabilité technique visant à améliorer les opérations de navigation aérienne dans les régions CAR / SAM par la mise en œuvre d'une solution SBAS, en tenant dûment compte de critères de performance du système et de considérations de sécurité.

Première Phase du projet SACCSA

2.6 Initialement appelé EDISA (Démonstrations de l'EGNOS en Amérique du Sud), le projet a débuté en 2003 avec une série de tests et de démonstrations fondés sur l'extension du système européen à la région CAR / SAM. D'autres études basées sur l'extension du WAAS à l'Amérique du Sud (projet RLA/00/009) ont conclu que l'extension de l'EGNOS et du WAAS aux régions CAR / SAM n'était pas possible (cf. conclusion 13/84 du GREPECAS), principalement en raison des caractéristiques particulières des régions CAR / SAM.

Deuxième Phase du projet SACCSA

2.7 Cela a conduit à une nouvelle approche dans le cadre de la Phase II du projet RLA/03/902 (SACCSAII), qui a permis de définir le SACCSA comme un système autonome interopérable avec d'autres systèmes SBAS. L'objectif de la deuxième phase du SACCSA était de: «développer et de planifier les aspects techniques, financiers, opérationnels et institutionnels d'un système SBAS pour les régions CAR / SAM", tel que présenté la réunion du sous-groupe ATM / CNS, tenue à Rio de Janeiro, Brésil, en mars 2004.

2.8 Le résultat du projet a semblé être tout à fait positif et prometteur, et a servi de base pour la résolution de certains problèmes inhérents à la définition du système, tels que le comportement de l'ionosphère dans les régions équatoriales.

Troisième Phase du projet SACCSA

2.9 En raison des conditions spéciales qui prévalent dans les régions CAR / SAM, du coût élevé du système SBAS et des difficultés liées au développement du système, il a été décidé de lancer une troisième phase du projet pour compléter les études antérieures. La troisième phase du projet SACCSA est en cours d'exécution son achèvement est prévu en 2012.

2.10 La troisième phase du RLA/03/902 – Le projet SACCSA conclura les études qui ont débuté dans la phase II et déterminera la faisabilité technique et financière d'un SBAS autonome dans les régions CAR / SAM, y compris un prototype d'une installation centrale de traitement et des processus de validation et de certification du système. Ceci permettra aux États et organisations internationales GREPECAS et CAR / SAM à prendre une décision informée en matière de développement et mise en œuvre du SBAS.

2.11 Les activités de la troisième phase du projet SACCSA ont commencé en février 2010 et la durée du projet est de 24 mois. Le signal SBAS en mode test a été diffusé du 14 au 15 octobre 2010 pour la première fois sur toute l'étendue de la région CAR / SAM durant la septième réunion du Comité de coordination du projet (RCC / 7). L'appendice à la présente note de travail fournit des informations détaillées sur les essais du projet SACCSA.

3. SUITE À DONNER

3.1 La réunion est invitée à:

- a) prendre note des informations fournies dans la présente note de travail sur l'expérience des régions CAR / SAM, et
- b) demander à APIRG, par l'intermédiaire de ses organes auxiliaires compétents et du groupe informel SAT, de suivre l'évolution du SBAS dans d'autres régions de l'OACI situées dans la bande équatoriale exposée aux vulnérabilités du GNSS telles que les régions CAR / SAM, pour examen, le cas échéant lors de l'élaboration / mise à jour de sa stratégie pour une mise en œuvre rentable du GNSS dans la Région AFI.

Appendice

DEMONSTRATION DU SBAS: PREMIÈRE DIFFUSION DE SIGNAL D'ESSAI DU SACCSA DANS LES RÉGIONS CAR/SAM

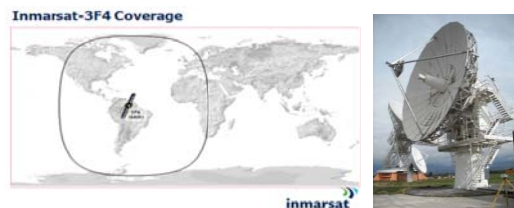
La démonstration d'un signal d'essai SBAS a été présentée aux participants à la réunion RCC / 7 des États et Organisations internationales suivants: Argentine, Bolivie, Brésil, Colombie, Costa Rica, Guatemala, Panama, Espagne, Venezuela, COCESNA, IFALPA et OACI. Le succès de la démonstration a été possible grâce à la collaboration entre le GMV et Inmarsat, qui a consisté à intégrer leurs différentes technologies. Le GMV mis à disposition son nouveau centre de traitement SBAS, *magicSBAS*, qui accepte les données en temps réel mis à disposition à partir de n'importe quel endroit dans le monde, tandis que Inmarsat a mis à disposition la station au sol située à Fucino (Italie) et la capacité spatiale - le transpondeur de navigation sur le satellite Inmarsat-3F4 positionné au-dessus du continent américain.

Le but de la transmission était de compléter l'intégration de *magicSBAS* avec des charges utiles géostationnaires Inmarsat et de montrer que la performance des signaux d'essai SBAS-SACCSA est abordable avec des investissements minimum en infrastructure. La technologie présentée représente un atout fondamental pour les entités qui envisagent le déploiement d'un SBAS dans une région donnée.



Page Web de *magicSBAS* web page: <http://www.gmv.com/en/space/magicSBAS/index.html>

Inmarsat a fourni la capacité spatiale pour la démonstration. Le transpondeur de navigation sur le satellite Inmarsat-3F4 positionné sur le continent américain a été utilisé, ce qui a permis la diffusion des messages SBAS (conformes aux SARP) sur l'étendue de la région Amérique latine. La figure suivante montre l'emplacement du satellite Inmarsat 3F4 GEO utilisé pour la démonstration (Longitude 54°W) et la station de communication Inmarsat située à Fucino (Italie) et utilisée pour la liaison montante du signal SBAS pour la démonstration.



Performances Obtenues

Pour la démonstration, un récepteur de d'usager (carte GPS Garmin 276C) a été utilisé pour montrer sur le terrain la réception du signal du SBAS GEO diffusé le satellite PRN122 Inmarsat 3F4. Comme cela a été indiqué plus haut, le *magicSBAS* a été utilisé comme l'installation de traitement du système SBAS pour la démonstration.

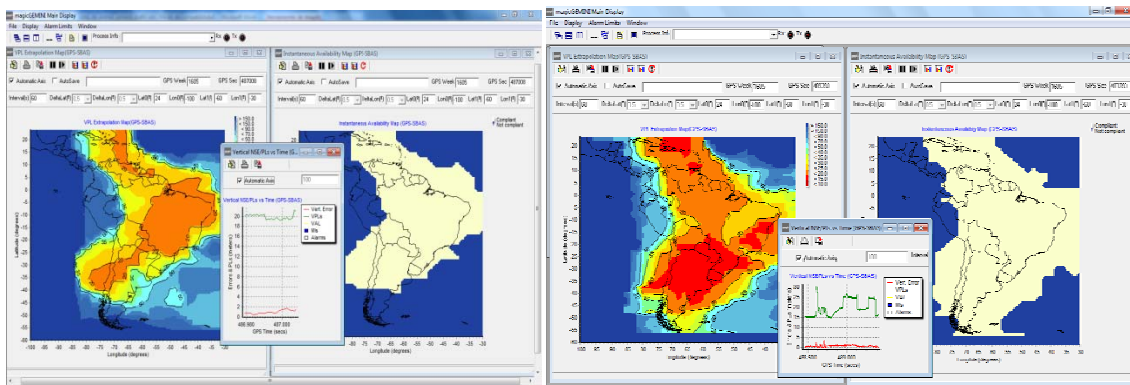
Le récepteur GPS a été configuré pour traiter le signal de l'essai du SBAS (type de message permettant 0 réceptions) et le satellite PRN 122 (satellite géostationnaire Inmarsat, index 35 dans les récepteurs Garmin) a été sélectionné.

Le signal de l'essai GEO a été correctement reçu sur le terrain par le récepteur Garmin. Pour ce faire, les participants à la réunion sont allés jusqu'au toit-terrasse du bâtiment pour vérifier sur place la réception du signal. On a pu constater que tous les satellites GPS en vue ont été contrôlés par le signal de l'essai SBAS diffusé par le satellite PRN 122 GEO.



Remarque: le PRN 122 correspond à l'index interne 35 du satellite Garmin, comme on peut le voir dans la figure précédente.

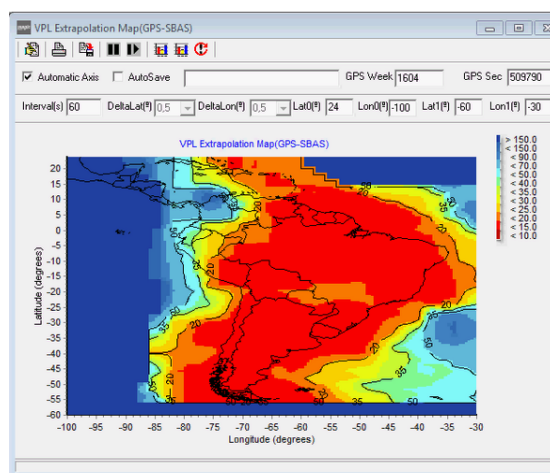
Des performances détaillées ont été analysées en utilisant l'outil *magicGEMINI* connecté par l'Internet en temps réel à une station NTRIP et traitant des données GPS et des messages SBAS fournis par *magicSBAS*. Les chiffres suivants présentent le pire et le meilleur cas des performances réalisées lors de la manifestation en termes de disponibilité de l'APV-I (VAL = 50m).



Dans les deux cas, les performances de navigation des signaux d'essai sont fournies telles que mesurées à partir d'un récepteur au Brésil:

- à gauche, la disponibilité de l'APV-I mesurée comme la probabilité d'avoir un niveau de protection verticale et horizontale supérieure à la limite d'alarme verticale et horizontale, respectivement (VAL = 40m et HAL = 50 m)
- à la droite de la figure de la région où les exigences de l'APV-I sont remplies est montrée (en termes de disponibilité), et
- au milieu, le niveau de protection verticale est comparé à l'erreur verticale pour analyser l'intégrité.

La figure suivante montre le niveau de protection verticale obtenue avec l'outil *magicGEMINI*, dans la région dans ce cas à 18:40 LT (Heure locale)



LE PROJET SACCSA – LE PRESENT ET L'AVENIR

En ce qui concerne le projet SACCSA, les études techniques de la troisième phase sont maintenant en cours de finalisation avec des résultats très prometteurs. Les résultats du projet seront présentés lors de la prochaine réunion de coordination (RCC 08), qui sera organisée dans les prochains mois.

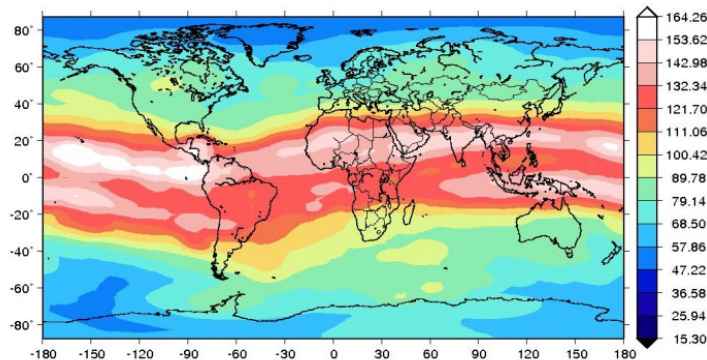
A partir de l'analyse technique réalisée à ce jour, il est clair que le principal problème critique pour la faisabilité du SBAS est le comportement de l'ionosphère dans les régions équatoriales. L'ionosphère impose des limites importantes au GNSS. Beaucoup d'efforts ont été consacrés à étudier en profondeur la problématique du GNSS sur la région équatoriale et pour appliquer les résultats aux systèmes SBAS. D'un point de vue général, la principale stratégie consistant d'abord à analyser la problématique, à comprendre la situation actuelle des régions CAR / SAM, leurs besoins, l'environnement (non seulement d'un point de vue technique), et ensuite à identifier les solutions potentielles pouvant offrir de précieux avantages. Les solutions ont été proposées avec une vision novatrice et une ouverture d'esprit et en voyant le problème dans une perspective différente de celle qui est appliquée dans d'autres systèmes SBAS dans le monde, en d'autres termes à partir d'un point de vue axé sur l'utilisateur.

La figure suivante, obtenue dans le projet SACCSA, représente les valeurs ionosphériques maximales mondiales (en TECU) pour le cycle solaire précédent (3 jours par mois pendant 12 ans). C'est un bon chiffre qui permet de comprendre aisément la problématique et de l'appliquer à une région spécifique.

Comme conclusion générale et d'un point de vue qualitatif:

- Les régions marquées en blanc et rouge sont des régions équatoriales ionosphériques claires. Les systèmes GNSS (SBAS et GBAS) conçus pour des latitudes moyennes auront d'importantes limitations. L'adaptation à l'ionosphère des régions équatoriales est obligatoire et la faisabilité technique dépendra de cette adaptation.
- Les régions marquées en orange et jaune pourraient avoir des problèmes pendant les hautes périodes d'activité solaire pour les systèmes GNSS (SBAS et le GBAS)
- Les régions marquées en vert et bleu sont considérées comme des régions à moyennes latitudes et ne devraient pas avoir des limitations dans les systèmes GNSS (SBAS et GBAS) liés à l'ionosphère (sauf pour *ionostorms*).

Note : En outre, les régions polaires seraient touchées par des scintillements et autres effets ionosphériques locaux.



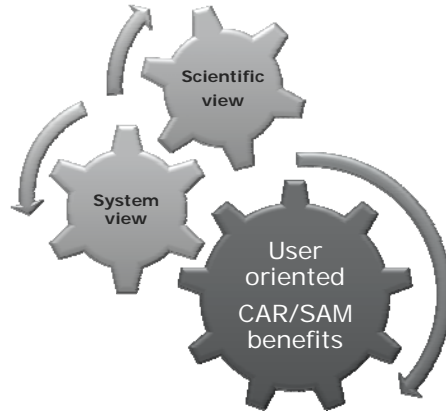
Comme on peut le voir les régions CAR / SAM sont presque entièrement incluses dans la région iono - équatoriale. La même chose se produit dans le programme GAGAN SBAS en Inde.

La stratégie suivie dans l'analyse est la suivante:

- Etudier d'abord le comportement ionosphérique des principaux effets qui touchent le GNSS (et en particulier les systèmes SBAS) d'un point de vue scientifique. Pour ce faire, des données régionales réelles ont été analysées durant d'un cycle solaire entier (plus de 10 années de données) et des statistiques ont été calculées principalement pour caractériser l'anomalie équatoriale (temporelle et spatiale), les épuisements et les scintillements, ainsi que l'établissement des cartes selon les normes MOPS .
- Une fois que l'ionosphère a été statistiquement caractérisée, nous avons analysé l'impact sur les systèmes SBAS. Pour ce faire, nous avons utilisé une plate-forme de simulation alimentée avec des scénarios fondés sur des données ionosphériques réelles caractérisées selon le cas ionosphérique nominal et un cas ionosphérique (en nous fondant sur le cycle iono solaire précédent). Avec ces données, le *magicSBAS* a été mis en marche pour les deux scénarios et les performances obtenues ont été analysées. Il est important de préciser qu'il était nécessaire d'adapter les algorithmes ionosphériques à la région, parce qu'avec les algorithmes SBAS de latitude moyenne, les exigences techniques (objectif APV-I) n'étaient pas respectées.
- En outre, une extrapolation des résultats au niveau du système et de l'utilisateur a été réalisée afin d'analyser la faisabilité technique d'une solution SBAS, en tenant compte de toutes les analyses effectuées.

Une fois que les limites techniques ont été analysés un grand effort a été consacré à comprendre la situation qui prévaut dans les régions CAR / SAM et leurs besoins. Différentes solutions, du point de vue de vers l'utilisateur, sont proposées pour améliorer la navigation aérienne et obtenir des avantages majeurs dans les régions CAR / SAM. Ces solutions proposées sont identifiées pour les régions qui ont des performances limitées comme élément d'appoint pour des périodes de haute activité solaire.

De plus amples informations seront disponibles après la réunion RCC du SACCSA où tous les résultats du projet seront présentés aux États membres du SACCSA.



L'un des aspects critiques lié à la faisabilité technique est l'effet des épuisements ionosphériques et la capacité du système à les observer et détecter. Les analyses effectuées dans le SACCSA indiquent que l'utilisation d'une constellation supplémentaire (par exemple le GLONASS) peut améliorer grandement l'observabilité / la capacité de détection de l'ionosphère. En outre, il a été constaté que l'anomalie équatoriale elle-même impose de sévères limitations (les exigences de l'APV-I n'ont pas été satisfaites) dans les scénarios de haute activité solaire aux systèmes SBAS actuels qui ont été conçus pour des latitudes moyennes (comme c'est le cas de l'EGNOS). Cette limitation disparaît surtout après la transformation des iono-algorithmes prototypées dans le *magicSBAS* pour le projet SACCSA. En guise de conclusion générale, la faisabilité du système SBAS dépend fortement de l'adaptation des algorithmes et aussi lors de l'examen multi-constellations au niveau du système (uniquement pour les algorithmes).

Tout au long du projet, il a été également constaté qu'une solution SBAS à double fréquence pourrait améliorer la situation en ce qui concerne les effets mentionnés plus haut. L'étude recommande donc que le projet SACCSA soit défini en vue d'être facilement porté à une solution à double fréquence. La pleine capacité de la double fréquence (satellite, avionique, niveau de l'utilisateur) devrait intervenir entre 2025 et 2030.

Les scintillements ionosphériques imposent également des limitations aussi bien pour une fréquence unique que pour une fréquence double, et le point critique est celui lié au satellite GEO. Les études recommandent d'avoir des constellations GEO redondants conçues pour minimiser l'effet des scintillements.

Une feuille de route préliminaire pour le projet SACCSA a également été définie. D'un point de vue à court et à moyen termes, l'étude recommande d'avoir une solution SBAS à fréquence unique pour commencer à obtenir les avantages. D'un point de vue à long terme, une solution SBAS à fréquence double est recommandée avec une fréquence unique en réserve.

-FIN-