



ICAO

**Vingt-quatrième réunion du Groupe régional AFI de Planification et de Mise en œuvre (APIRG/24)
(Réunion virtuelle – 2 au 4 novembre 2021)**

Point 4 de l'ordre du jour : Autres questions de navigation aérienne

4.2. Activités régionales et interrégionales

**Statut de développement du "SBAS for Africa & Indian Ocean" (A-SBAS)
(Préparé par l'ASECNA)**

RESUME

Les bénéfices des services SBAS sont aujourd'hui largement reconnus par les usagers de l'espace aérien, et plus particulièrement en région AFI, où ces bénéfices seront bien plus importants que dans le reste du monde. La note de position récente sur le SBAS par le Joint User Requirements Group (JURG) confirme plus en avant l'intérêt des usagers pour l'utilisation des services SBAS, certains appelant même à accélérer leur déploiement afin de tirer profit en temps opportun des bénéfices en termes de sécurité, d'efficacité et de protection environnementale.

Le programme "SBAS for Africa & Indian Ocean" (A-SBAS), reconnu par l'OACI au sein de l'Annexe 10, constitue une solution avancée et unique pour répondre à ces besoins des usagers. Ce programme a pour objectif premier de fournir de manière autonome des services SBAS opérationnels à compter de 2025, avec une couverture progressive potentielle du continent, pour soutenir les opérations en-route/NPA, APV-1 et CAT-I (LPV-200)

Cette note présente le statut de développement de ce programme, et plus particulièrement pour ce qui concerne l'état de développement du système A-SBAS, le service pré-opérationnel et les démonstrations de terrain associées, la contribution à la standardisation et l'adoption des services par les usagers.

La réunion est invitée à :

- prendre note des réalisations majeures du programme "SBAS for African & Indian Ocean"
- prendre note de la position sur le SBAS prise par le Joint User Requirements Group
- encourager l'accélération du déploiement et de la fourniture des services SBAS pour répondre aux besoins des usagers intéressés
- recommander à l'OACI de faciliter, à la suite de la conclusion de l'étude CBA SBAS continentale, une série d'ateliers avec les parties prenantes pour accroître la sensibilisation, selon les perspectives sol et bord, sur la technologie, la fourniture et l'utilisation des services SBAS, et faciliter ainsi la prise de décision sur l'intégration du SBAS dans leur stratégie de navigation

*Objectifs
stratégiques*

A – Sécurité, B – Capacité et efficacité de la navigation aérienne, E – Protection de l'environnement

1. INTRODUCTION

1.1 Le Joint User Requirements Group (JURG), une plateforme de discussion établie sous l'égide d'IATA et d'A4E, a publié en juin 2021 une note sur le SBAS, dans laquelle les compagnies aériennes ont adopté une position de soutien au déploiement des services SBAS au niveau mondial, et notamment en Afrique, comme catalyseur clé du PBN, sans redevance de navigation aérienne supplémentaire.

1.2 Cette position reconnaît plus en avant les bénéfices de l'utilisation du SBAS, particulièrement dans la région AFI où les bénéfices seront plus importants que dans le reste du monde. Elle confirme également définitivement l'intérêt des usagers, certains d'entre eux appelant même à accélérer le déploiement SBAS afin de tirer profit en temps opportun des bénéfices en termes de sécurité, d'efficacité et de protection environnementale.

1.3 Le programme "SBAS for Africa & Indian Ocean" (A-SBAS), reconnu par l'OACI au sein de l'Annexe 10, et développé pour le bénéfice de la région AFI dans le cadre de la Politique Spatiale de l'Union Africaine, constitue une solution avancée et unique pour répondre à ces besoins des usagers.

1.4 Ce programme a pour objectif premier de fournir de manière autonome des services SBAS opérationnels à compter de 2025, avec une couverture progressive potentielle du continent. Ces services soutiendront les opérations en-route/NPA, APV-1 et CAT-I (LPV-200) pour améliorer la disponibilité des routes PBN, la flexibilité pour créer des nouvelles routes plus efficaces, et fournir une solution équivalente aux opérations ILS CAT I efficiente, partout et en tout temps.

1.5 La stratégie globale de fourniture de service consiste à répondre aux besoins des utilisateurs avec une approche incrémentale en termes de couverture et de performances, tout en considérant l'évolutivité vers la prochaine génération DFMC (Bi-fréquence Multi-Constellation). Le plan de fourniture de services comprend trois étapes essentielles :

- Etape 0 : Fourniture d'un service pré-opérationnel (L1/L5) à partir de 2020 en Afrique de l'Ouest et Centrale, pour soutenir des démonstrations de terrain ;
- Etape 1 : Fourniture de services monofréquence (L1) à partir de 2025, dans l'espace aérien ASECNA avec une couverture progressive potentielle du continent, pour soutenir les opérations en-route jusqu'aux approches CAT-I (LPV-200) ;
- Etape 2 : Fourniture de services DFMC (L1/L5) au-delà de l'horizon 2028-2030, pour soutenir des opérations CAT-I autoland, voire au-delà

1.6 Ces services visent à compléter les services ILS existants, qui pourraient ne pas être renouvelés à moyen-terme. Plus généralement, les aides conventionnelles vont évoluer vers un réseau d'exploitation minimal (MON) pour servir de back-up en cas d'interruption du GNSS, afin de constituer une infrastructure de navigation complète et résiliente.

1.7 Les services comprendront également un service ouvert (OS) pour les récepteurs du marché de masse pour les applications générales de positionnement et de navigation. Un service d'accès aux données SBAS (SDAS) est également en développement, en vue de fournir des solutions aux performances accrues pour une utilisation professionnelle.

- 1.8 Le statut de développement du système A-SBAS est à ce jour le suivant :
- Les missions du système, y compris les niveaux de service, sont entérinées
 - L'architecture du système est définie, et la conception préliminaire du système selon cette architecture est finalisée
 - Les zones de service progressives et les performances associées sont validées
 - Les plans de développement et de qualification du système, de même que le plan de migration vers le DFMC, sont développés
 - Le système s'est vu attribuer les codes PRN120 et PRN147 par l'U.S Space Force
 - Les phases de développement, de déploiement et d'entrée en service du système sont en cours d'approvisionnement, en vue de la déclaration des services en 2025
 - La fourniture du service pré-opérationnel est effective depuis septembre 2020, ce qui a permis la conduite de démonstrations de terrain et la réalisation d'études avancées en soutien à la standardisation

1.9 Ces réalisations ainsi que l'état des consultations avec certains usagers et les avionneurs sur l'adoption des services sont présentés ci-après.

2. DEVELOPPEMENT DU SYSTEME A-SBAS

2.1 Les Revues des Exigences Systèmes (SRR) et de Conception Préliminaire (PDR) du système A-SBAS ont été achevées avec succès fin 2020. L'architecture de référence du système, objet de la conception préliminaire, est dimensionnée pour la fourniture des services L1 (Etape 1) tout en étant évolutive pour soutenir l'extension des zones de service pour les différents niveaux de service. Cette architecture comprend :

- Un réseau de Stations de Navigation de Référence (NRS) déployés en différents emplacements pour collecter les données des signaux GPS et Galileo, avec une distribution géographique ajustée pour optimiser les observations des satellites et les conditions de propagation de leurs signaux. Ce réseau est évolutif pour soutenir l'extension incrémentale des zones de service.
- Deux Centres de Contrôle de Mission (MCC) comprenant des Systèmes de Traitement de Navigation (NPS) pour calculer les corrections SBAS et les bornes d'intégrité associées, et de Systèmes de Contrôle Centralisés (CCS) pour la surveillance et le contrôle du système
- Au moins deux Stations de Diffusion de Navigation (NBS) pour la liaison montante du signal transportant les messages SBAS vers la charge utile de navigation du ou des satellites GEO
- Un réseau étendu pour assurer les communications de données entre les différents sous-systèmes
- Un segment spatial composé de satellite(s) GEO

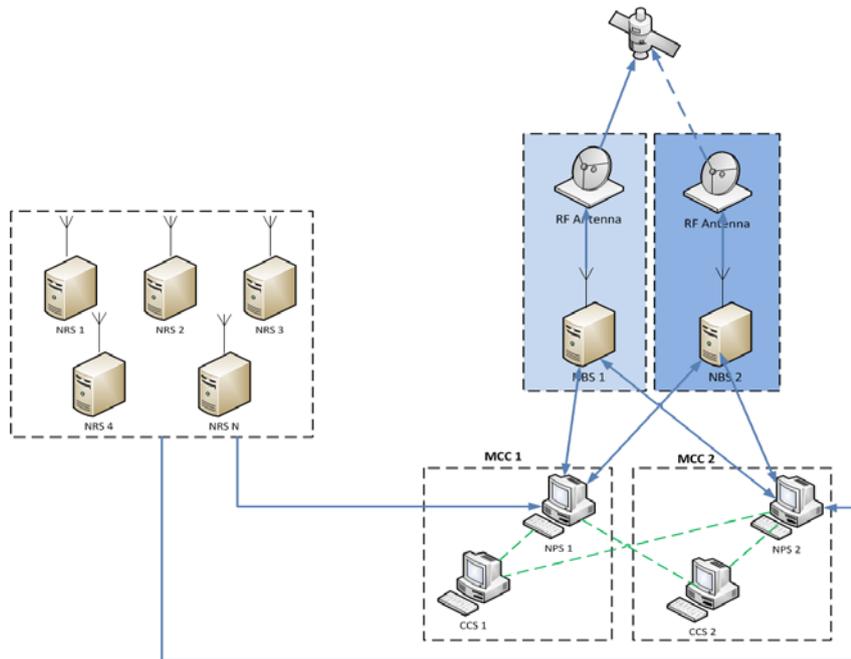


Figure 1 : Vue d'ensemble de l'architecture minimale

2.2 Le système A-SBAS est conçu pour intégrer jusqu'à 3 satellites GEO, avec les NBS correspondantes. Le système est aussi évolutif pour soutenir la fourniture de services DFMC grâce à l'intégration de NPS dédiées additionnelles, sans impact sur la fourniture des services L1.

2.3 Les zones de service L1 pour l'horizon 2025 et les performances associées, validées avec un engagement industriel, sont les suivantes :

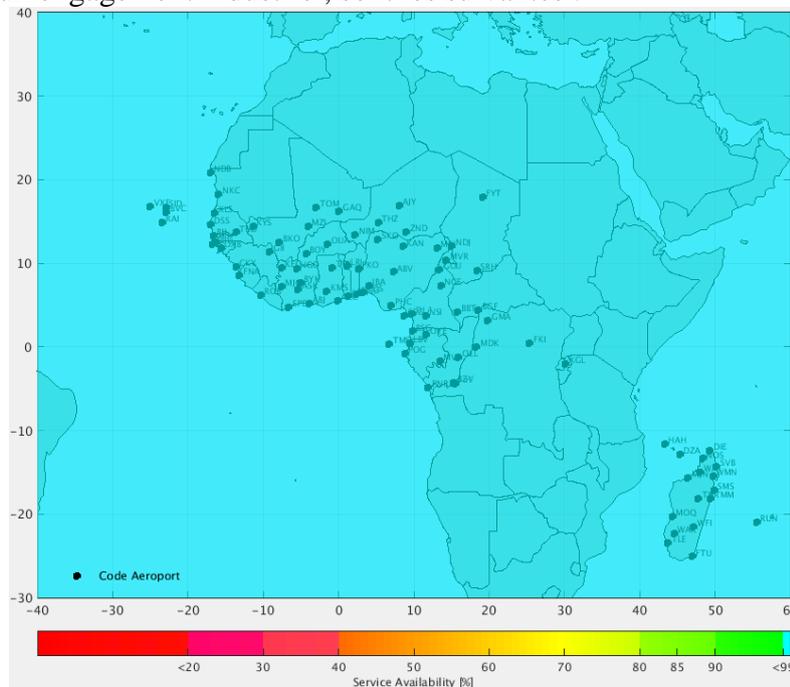


Figure 2: Carte de disponibilité en-route/NPA (2025)

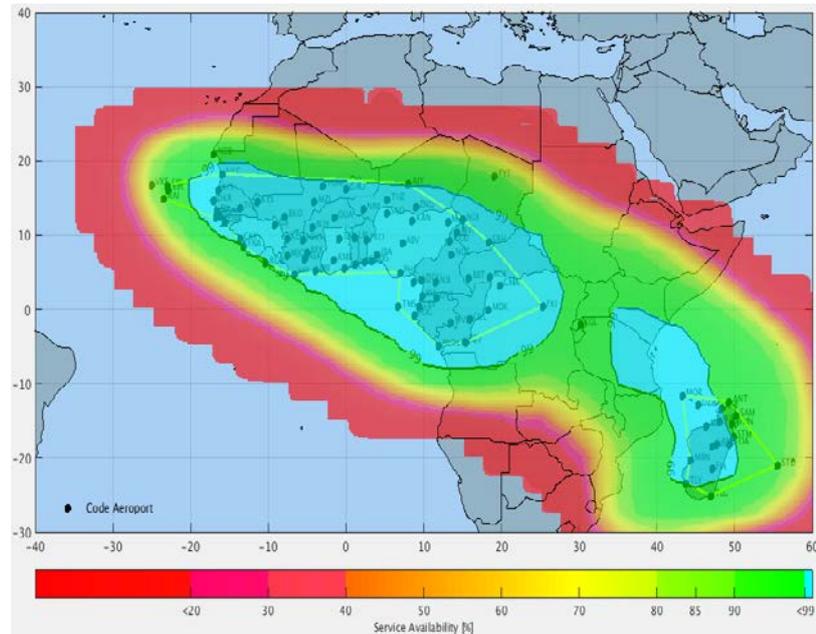


Figure 3: Carte de disponibilité APV-1 (2025)

2.4 Le système s'est vu attribuer les codes PRN120 et PRN147 par l'U.S Space Force :

<https://www.gps.gov/technical/prn-codes/L1-CA-PRN-code-assignments-2021-Jun.pdf>

2.5 Ces codes sont nécessaires pour la diffusion du signal dans l'espace via les satellites GEO. Plus d'informations sur les codes PRN sont disponibles ici:

<https://www.gps.gov/technical/prn-codes/>

2.6 Les prochaines étapes ont pour objectif de procéder au développement, au déploiement, à la qualification, à l'entrée en service et aux opérations initiales du système A-SBAS. Les activités industrielles à cet égard sont en cours d'approvisionnement avec un démarrage prévu début 2022, en vue de la déclaration des services en 2025.

3. SERVICE PRE-OPERATIONNEL A-SBAS

3.1 Première étape majeure du plan de fourniture de services A-SBAS (Etape 0), la fourniture du service pré-opérationnel SBAS est effective depuis septembre 2020, en plein conformité avec les normes et pratiques recommandées (SARPs) de l'OACI et des spécifications de performances opérationnelles minimales (MOPS) du DO-229 du RTCA.

3.2 Le signal dans l'espace L1 est généré et diffusé à partir d'une infrastructure de démonstration composée de :

- Le réseau de stations GNSS SAGAIE, héritage du projet SAGAIE sur la caractérisation de l'ionosphère, complété par des stations additionnelles
- Un prototype système représentatif utilisation des jeux de traitement et des algorithmes de correction avancés, optimisés pour les conditions ionosphériques en Afrique
- Une station de liaison montant déployée à Abuja (Nigéria) et la charge utile de navigation du satellite GEO NigComSat-1R, exploitant le code PRN 147.

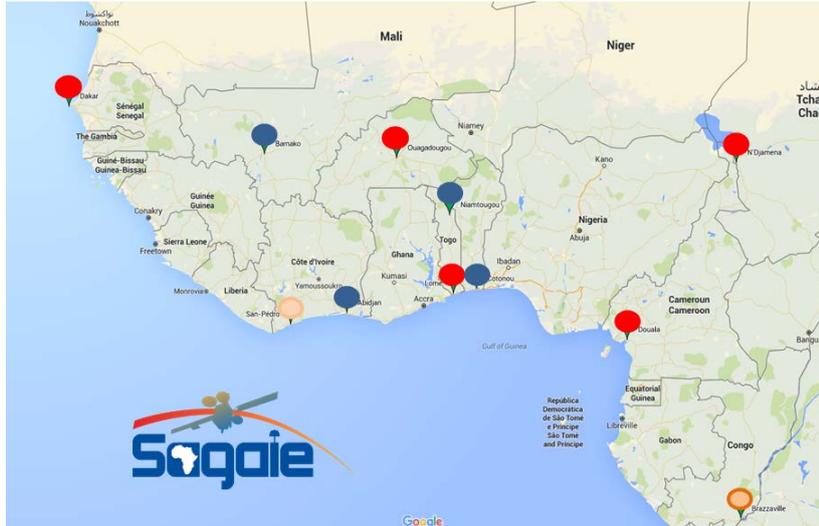


Figure 4: Réseau SAGAIE étendu

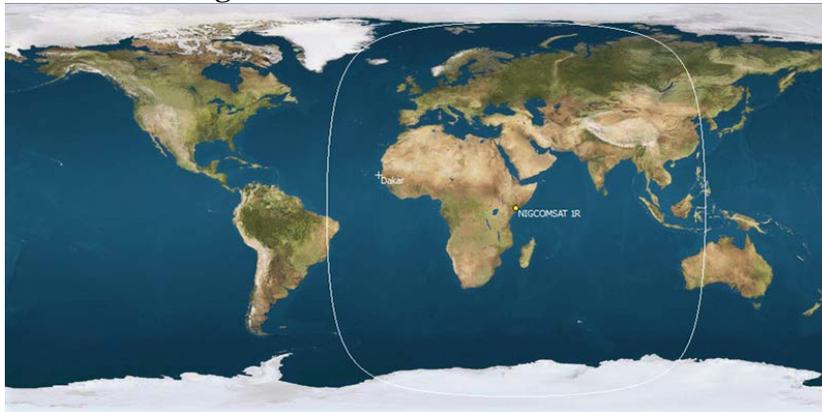


Figure 5: Zone de couverture NigComSat-1R

3.3 Les performances observées pour les niveaux de service APV-1 et OS sont très bonnes considérant le réseau limité de stations GNSS :

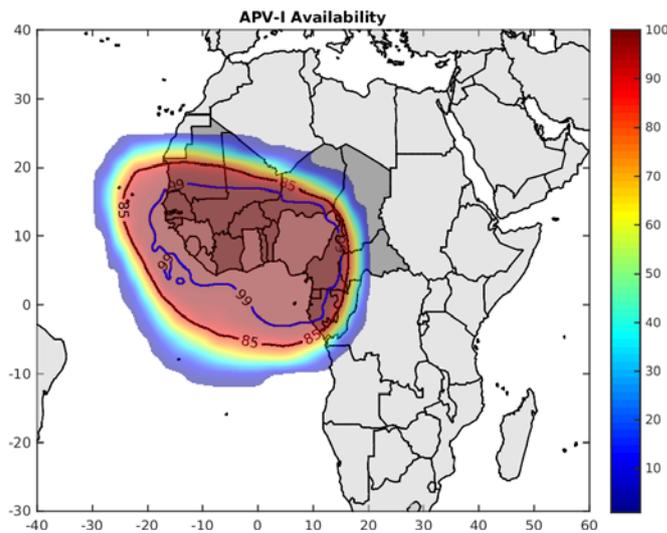


Figure 6: Carte de disponibilité du service APV-1 pré-opérationnel

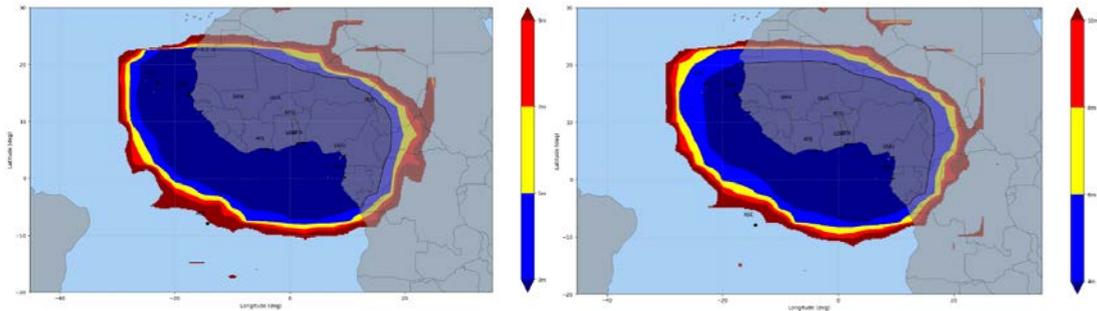


Figure 7: Carte de disponibilité OS service pré-opérationnel (gauche: précision horizontale 3m@100%, droite: précision verticale 4m@100%)

3.4 L'infrastructure de démonstration diffuse également un signal de test sur la fréquence L5 pour rendre des premiers services auxiliaires sur ce canal.

4. DEMONSTRATIONS DE TERRAIN A-SBAS

4.1 Exploitant le service pré-opérationnel APV-1 en L1, une série de 5 démonstrations de vol a été réalisée le 27 janvier 2021 à l'aéroport de Lomé-Tokoin (DXXX, Togo) en utilisant l'ATR42-300 de l'ASECNA, équipé pour l'occasion d'un récepteur spécifique et d'un écran de navigation spécifiques, pour voler la procédure d'approche et d'atterrissage LPV conçue pour la piste 22.



Figure 8: ATR42-300 de l'ASECNA



Figure 9: Poste de pilotage équipé pour le vol de démonstration d'un écran de navigation externe

4.2 Ces démonstrations ont montré en configuration réelle les performances techniques du signal et validé l'infrastructure de démonstration selon une approche globale.

4.3 La trajectoire de vol enregistrée pour le scénario de vol précité est la suivante :



Figure 10: Trajectoire de vol enregistrée vs. carte de procédure

4.4 Ces résultats confirment sur le terrain la qualité du signal pré-opérationnel sur L1, et ainsi l'adéquation des modèles ionosphériques et l'efficacité des algorithmes de correction avancés qui ont été développés.

4.5 Au-delà d'une validation technique, ces démonstrations ont aussi fourni l'opportunité de promouvoir sur le terrain les bénéfices des opérations SBAS, en termes d'amélioration de la sécurité, de réduction des coûts opérationnels et de protection environnementale. Les VIPs et pilotes d'ASKY et d'Air Côte d'Ivoire, embarqués pour l'occasion, ont fourni des retours très positifs à cet égard. Un clip vidéo des démonstrations est disponible ici :

<https://www.youtube.com/watch?v=UGz4xPxTYaU>

4.6 Une seconde série de démonstration a été conduite avec succès le 2 juin 2021 entre Douala et Kribi au Cameroun avec un hélicoptère AS365 N3 de l'opérateur Heli-Union. Cet hélicoptère a réalisé un vol de démonstration suivant une route à basse altitude (LLR) reliant deux approches de type 'point-in-space' (PinS) (avec des minima LPV et LNAV) à l'aéroport de Douala et un point proche des plateformes pétrolières de la côte de Kribi.



Figure 11: Hélicoptère Heli-Union AS365 N3



Figure 12: Poste de pilotage équipé pour le vol de démonstration d'un écran de navigation externe

4.7 L'opérateur de l'hélicoptère et ses pilotes ont fourni un très bon retour sur ce vol de démonstration, mettant en exergue la capacité à conduire des opérations en toute condition météorologique.

4.8 Enfin, deux démonstrations sur des services auxiliaires (au-delà de l'aviation) ont été conduites également avec succès les 7 et 8 juillet 2021 à Brazzaville (Congo) avec le signal pré-opérationnel A-SBAS L5 fournissant un service ouvert.

4.9 La première a concerné le service d'alerte en cas d'urgence (EWS) par satellite. Elle a démontré la capacité du système à diffuser un message d'alerte par le signal A-SBAS pré-opérationnel aux téléphones mobiles, sans requérir d'infrastructure au sol. Ce service transmet un message d'urgence aux populations concernés, fournissant des informations sur le type de danger et les instructions à suivre.

4.10 La seconde a porté sur la transmission de correction GNSS par le signal A-SBAS pré-opérationnel A-SBAS à des prototypes de terminaux utilisateur proche du marché pour des applications de positionnement précis (PPP).

5. SOUTIEN A LA STANDARDISATION

5.1 La capacité de l'infrastructure de démonstration A-SBAS permet la conduite d'études techniques avancés, en soutien aux efforts de standardisation aux niveaux de l'OACI, du RTCA et de l'EUROCAE, avec une contribution précieuse et unique du fait de sa position géographique spécifique.

5.2 L'étude phare conduite dans ce cadre porte sur l'évaluation de la robustesse des récepteurs avion certifiés (i.e. conformes au MOPS) vis-à-vis des scintillations ionosphériques. Les données collectées au travers de l'infrastructure de démonstration sont utilisées pour alimenter les récepteurs MOPS avec des signaux impactés par des scintillations sévères, et pour évaluer les performances du positionnement calculé. Les résultats initiaux de cette étude, toujours en cours, montrent que les signaux GPS sont traités correctement par les récepteurs malgré les conditions adverses, et que les corrections A-SBAS amélioreront fortement les performances.

5.3 Les résultats sont aussi utilisés pour contribuer au développement, par les panels NSP et MET de l'OACI, de lignes directrices pour les équipages concernant l'utilisation opérationnelle des avis de météorologie de l'espace GNSS (émis par les centres désignés par l'OACI).

5.4 Ils soutiennent également le développement des MOPS DFMC par l'EUROCAE et le RTCA, ainsi que la mise à jour en cours du Manuel GNSS (Doc. 9849) par le panel NSP.

6. ADOPTION DES SERVICES A-SBAS

6.1 La fourniture des services A-SBAS n'introduira, à l'instar des autres SBAS dans le monde, aucune redevance de navigation aérienne supplémentaire, conformément à l'attente des compagnies aériennes rappelée dans la note de position du JURG. La communauté des usagers non encore intéressés dans l'utilisation des services A-SBAS ne sera pas pénalisée par les opérations SBAS, les services de navigation existants continuant d'être rendus et aucun mandat d'emport ne devant être appliqué.

6.2 Dans le cadre du processus d'adoption, un événement de sensibilisation sur le « SBAS en aviation en Afrique » a été organisé les 28-29 janvier 2021 en conjonction avec le SatNav in Africa Joint Programme Office (JPO), dans la foulée des démonstrations de vol à Lomé. Cet événement, conduit virtuellement, a réuni plus de 450 participants dans le monde, représentant plus de 30 compagnies aériennes, les avionneurs et fabricants d'avionique (Airbus, Boeing, Embraer, ATR, Collins Aerospace, CMC Electronics), des autorités de l'aviation civile, des fournisseurs de services SBAS (FAA, Commission Européenne ...) ainsi que d'autres acteurs de l'aviation. Il a permis de développer un dialogue multilatéral pour accélérer l'adoption par les usagers et la pénétration des services SBAS, y compris au-delà de l'Afrique. Il a permis aussi de confirmer que les solutions avioniques sont de plus en plus disponibles à moindre coût, et qu'un nombre grandissant de compagnies aériennes sont en train d'adopter le SBAS.

6.3 Dans la même veine, un ensemble d'études économiques et de rentabilité sur l'utilisation des services A-SBAS est en cours avec des compagnies aériennes partenaires. Une étude CBA développée récemment avec Air France, avec le soutien du JPO SatNav in Africa, a évalué les opportunités économiques pour leurs futures opérations SBAS en Afrique sub-saharienne, avec des résultats très positifs en termes de profits nets et de retour sur investissement. Également, des études de rentabilité individuelles ont été développées pour deux compagnies aériennes africaines, en coopération avec l'Agence de Développement de l'Union Africaine (NEPAD), avec des résultats également très prometteurs. Dans le cadre de cet exercice, deux institutions africaines de financement ont été approchées et ont montré un intérêt de principe pour le financement l'équipement des compagnies aériennes Africaines.

6.4 Des consultations bilatérales sont aussi en cours avec des avionneurs, comme Airbus et Boeing, et des fabricants d'avionique, comme Collins Aerospace, avec l'objectif de stimuler le développement des solutions avioniques, notamment en termes de retrofit via Service Bulletin (SB) ou Supplemental Type Certificate (STC), étant attendu que les nouveaux avions soient maintenant équipés de base.

6.5 D'un point de vue de la protection environnementale, une évaluation complète et de bout-en-bout des émissions de Co2 pour le développement, la fourniture et l'utilisation des services SBAS a été conduite. Les résultats, très positifs, indiquent une réduction nette de l'émission de Co2 d'au moins 140 000 tonnes par an sur la période 2025-2045. Plus d'informations sur cette évaluation sont disponibles dans le WP ASECNA "Réalisation de bilan carbone dans le cadre de la mise en œuvre de projets CNS/ATM".

7. PROCHAINES ETAPES

7.1 Le sens de l'histoire va vers l'introduction du SBAS dans le monde comme des opérations de référence. Un nombre croissant d'utilisateurs démontrent un intérêt pour ces services en région AFI, certains appelant même à accélérer leur déploiement, afin de pouvoir tirer profit de leurs bénéfices dans les meilleurs délais.

7.2 Le programme "SBAS for Africa & Indian Ocean" constitue une opportunité unique pour répondre à ce besoin et son développement est à encourager, comme pour toute autre initiative SBAS qui pourrait émerger sur le continent.

7.3 Afin de faciliter ainsi la prise de décision sur l'intégration du SBAS dans leur stratégie de navigation, une série d'ateliers avec les parties prenantes pour accroître la sensibilisation, selon les perspectives sol et bord, sur la technologie, la fourniture et l'utilisation des services SBAS, devraient être organisés, à la suite de la conclusion de l'étude CBA SBAS continentale.

8. SUITES A DONNER PAR LA REUNION

- 8.1 La réunion est invitée à :
- prendre note des réalisations majeures du programme "SBAS for African & Indian Ocean"
 - prendre note de la position sur le SBAS prise par le Joint User Requirements Group
 - encourager l'accélération du déploiement et de la fourniture des services SBAS pour répondre aux besoins des utilisateurs intéressés
 - recommander à l'OACI de faciliter, à la suite de la conclusion de l'étude CBA SBAS continentale, une série d'ateliers avec les parties prenantes pour accroître la sensibilisation, selon les perspectives sol et bord, sur la technologie, la fourniture et l'utilisation des services SBAS, et faciliter ainsi la prise de décision sur l'intégration du SBAS dans leur stratégie de navigation