

Le concept d'intégrité d'EGNOS

Autor(en): **Waegli, A. / Gilliéron, P.-Y.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Geomatik Schweiz : Geoinformation und Landmanagement =
Géomatique Suisse : géoinformation et gestion du territoire =
Geomatca Svizzera : geoinformazione e gestione del territorio**

Band (Jahr): **101 (2003)**

Heft 11

PDF erstellt am: **10.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-236061>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Le Concept d'intégrité d'EGNOS

EGNOS (European Geostationary Navigation Overlay Service) sera le système d'augmentation satellitaire européen. Il améliorera la performance des deux systèmes satellitaires militaires GPS (Global Positioning System) et GLONASS (Global Navigation Satellite System) et les rendra disponibles pour des applications civiles présentant des exigences de sécurité sévères (p.ex. l'aviation civile). EGNOS transmettra des corrections de pseudodistances et des messages d'intégrité par l'intermédiaire de satellites géostationnaires. Disposant de ces messages, l'utilisateur déterminera le niveau d'intégrité de sa position et décidera si ce niveau de protection est suffisant pour son application. Les essais en vol de Sion organisés par Eurocontrol et skyguide contribuent à la collecte de données nécessaires à la validation d'EGNOS pour l'aviation civile. La performance de l'ESTB au niveau de sa précision, de son intégrité, de sa disponibilité et de sa continuité a été analysée lors d'une procédure de vol spécifique et a été comparée aux exigences de l'aviation civile. Cette évaluation de performance d'un système de navigation est intéressante pour d'autres applications du domaine des transports, mais également pour toute opération de localisation spatiale.

EGNOS (European Geostationary Navigation Overlay Service) ist das europäische Satellitenüberlagerungssystem und wird die Leistungen der beiden militärischen Satellitensysteme GPS (Global Positioning System) und GLONASS (Global Navigation Satellite System) verbessern und für zivile Anwendungen mit strengen Sicherheitsanforderungen (z.B. zivile Luftfahrt) verfügbar machen. EGNOS wird Korrekturen von Pseudodistanzen und Integritätsmitteilungen mit Hilfe geostationärer Satelliten übermitteln. Der Benutzer dieser Mitteilungen wird das Integritätsniveau seiner Position festlegen und bestimmen, ob dieses Schutzniveau für seine Anwendung genügt. Die Versuchsflüge von Sitten durch Eurocontrol und Skyguide tragen zur Sammlung der zur Gültigmachung von EGNOS für die zivile Luftfahrt nötigen Daten bei. Die Leistungsfähigkeit von ESTB bezüglich seiner Genauigkeit, Integrität, Verfügbarkeit und Stetigkeit ist in einem spezifischen Flugverfahren analysiert und mit den Anforderungen der zivilen Luftfahrt verglichen worden. Diese Leistungsevaluation eines Navigationssystems ist interessant für andere Anwendungen im Bereich des Verkehrswesens, aber auch für jede Operation räumlicher Ortung.

EGNOS (European Geostationary Navigation Overlay Service) sarà il sistema di potenziamento satellitare europeo che migliorerà le prestazioni dei due sistemi satellitari militari GPS (Global Positioning System) e GLONASS (Global Navigation Satellite System), mettendoli a disposizione delle applicazioni civili con rigorosi presupposti di sicurezza (per es., l'aviation civile). EGNOS trasmetterà le correzioni delle pseudodistanze e i messaggi d'integrità tramite i satelliti geostazionari. Una volta ricevuti questi messaggi, l'utente determinerà il livello d'integrità della sua posizione e deciderà se il livello di protezione è sufficiente per la sua applicazione. I test in volo da Sion, organizzati da Eurocontrol e skyguide, contribuiscono a raccogliere i dati necessari per la convalida di EGNOS per l'aviation civile. Le prestazioni di ESTB sono state analizzate – a livello di precisione, integrità, disponibilità e continuità – durante una procedura specifica di volo e sono state paragonate alle esigenze dell'aviation civile. Questa valutazione delle prestazioni di un sistema di navigazione è interessante anche per altre applicazioni nel settore dei trasporti, come pure per qualsiasi altra operazione di localizzazione spaziale.

A. Waegli, P.-Y. Gilliéron

1. Introduction

Afin de combler le manque d'intégrité, de continuité et de disponibilité des systèmes satellitaires existants (GPS et GLONASS), des systèmes d'augmentation ont été prévus. Le système d'augmentation satellitaire européen EGNOS améliorera la performance des deux systèmes satellitaires militaires et les rendra disponibles pour des applications civiles présentant des exigences de sécurité sévères (navigation aérienne, maritime et terrestre). Il transmettra des messages d'intégrité à l'utilisateur qui lui permettront ainsi de calculer la confiance qu'il peut avoir dans les coordonnées de sa position.

Cet article décrit l'architecture et le concept d'intégrité d'EGNOS. Ensuite, les caractéristiques d'un système de navigation (précision, intégrité, disponibilité et continuité) sont définies par rapport aux exigences de l'aviation civile. Bien que de nombreuses applications profiteront d'EGNOS, on se concentre ici exclusivement sur les exigences de l'aviation civile, mais les principes d'évaluation peuvent être appliqués à d'autres domaines comme les transports et la géomatique.

2. EGNOS

Ni GPS, ni GLONASS ne peuvent remplir les objectifs sécuritaires de l'aviation civile en termes d'intégrité, de disponibilité et de continuité bien que leur précision soit suffisante pour la navigation en route, au terminal et pour des approches non-précises. Pour palier aux insuffisances d'intégrité, de continuité et de disponibilité de GPS et GLONASS, des systèmes d'augmentation sont mis en œuvre. EGNOS sera le système d'augmentation spatial européen.

Les systèmes d'augmentation spatiaux ne peuvent pas transmettre de simples corrections différentielles à cause de leur grande couverture. Les corrections doivent être modélisées dans l'espace et temporellement. Les corrections et l'informa-

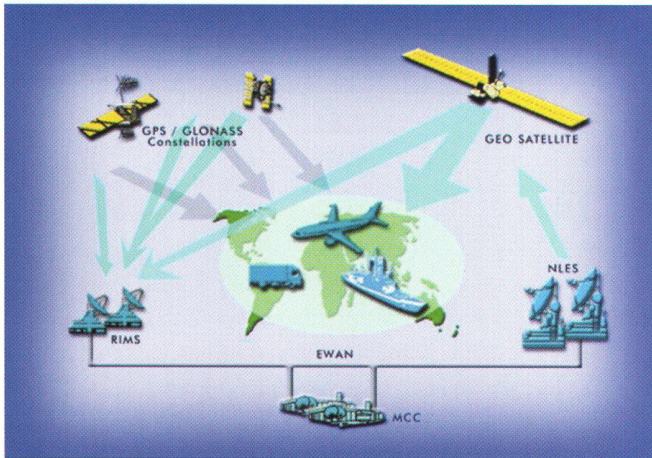


Fig. 1: Fonctionnement d'EGNOS.

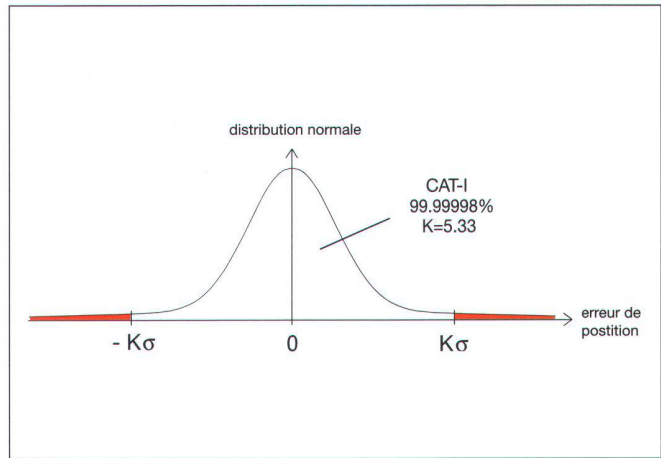


Fig. 2: Niveau de protection (PL).

tion d'intégrité sont calculées à l'aide d'un réseau de stations de références au sol et sont transmises à l'utilisateur par l'intermédiaire de satellites géostationnaires. Ensuite, l'utilisateur calcule des corrections individuelles par interpolation. Actuellement, trois projets de SBAS (Space Based Augmentation System) sont en cours de réalisation:

- le WAAS (Wide Area Augmentation System) est le système d'augmentation satellitaire américain. Il est déjà disponible mais n'est pas encore certifié pour des phases de vol de sécurité critique.
- le MSAS (Multi-transport Satellite Based Augmentation System) est le SBAS japonais.
- EGNOS est la contribution européenne à l'augmentation de GPS et de GLONASS.

Ces trois SBAS sont compatibles car ils font appel aux mêmes standards de définition et de diffusion de messages.

2.1 Organisation

EGNOS est implémenté par un groupe tripartite composé de l'Agence Spatiale Européenne ESA, de la Commission de l'Union Européenne et d'Eurocontrol¹. L'ESA est responsable du design, du développement et de la validation du système, tandis qu'Eurocontrol est responsable de la validation opérationnelle pour l'aviation civile. Eurocontrol vise à valider EGNOS pour des approches avec assistance verticale (APV-I et APV-II) et de précision (CAT-I), la navigation en route et en

terminal. skyguide est responsable de la validation technique d'EGNOS pour l'aviation civile en Suisse. Le système est actuellement en phase de développement et devrait être finalisé au début 2004. L'utilisation des services d'EGNOS dans l'aviation civile est prévue entre 2006 et 2008 après leur validation par les organismes concernés.

2.2 Architecture

EGNOS est structuré en trois segments (fig. 1, [Oosterlinck et Gauthier, 2001]): Le segment de contrôle est composé des stations RIMS (Ranging and Integrity Monitoring Stations), des stations MCC (Mission Control Centres) et des stations NLES (Navigation Land Earth Stations). Les 34 RIMS sont distribuées géographiquement et enregistrent des données GPS et GLONASS. Trois stations de référence EURIDIS (Toulouse [Fr], Kourou [Guinée Française] et Hartebeesthoek [Afrique du Sud]) fournissent une information précise sur la position des satellites géostationnaires. Les 4 MCC rassemblent toutes les informations. Ils calculent les corrections différentielles ainsi que la précision de tous les satellites visibles dans la zone de l'ECAC (European Civil Aviation Conference). Ensuite, les stations NLES envoient ces messages aux satellites géostationnaires. Les utilisateurs reçoivent les messages d'un satellite géostationnaire par l'intermédiaire de la fréquence L1 avec une modulation et un codage similaire à GPS (Coarse Acquisition pseudorandom code). Le

système final comportera 2 NLES par satellite géostationnaire.

Le segment spatial est composé de trois satellites géostationnaires (INMARSAT-3 AOR-E [15,5°W], INMARSAT-3 IOR [64°E] ET ESA ARTEMIS [21,5°E]).

Le segment utilisateur est composé de récepteurs EGNOS standards et d'un équipement spécifique pour les applications aériennes, maritimes ou terrestres.

EGNOS améliore la performance des systèmes satellitaires GPS et GLONASS par l'intermédiaire des trois services suivants:

- «GEO Ranging»: la transmission de signaux L1 (code et phase) de trois satellites géostationnaires augmente le nombre de satellites disponibles pour la localisation, ce qui améliore la géométrie de la constellation de satellites.
- «Wide Area Differential»: la précision de la localisation augmente grâce à la transmission de corrections différentielles par les satellites géostationnaires.
- «GNSS Integrity Channel»: l'information d'intégrité transmise par les satellites géostationnaires fournit le niveau de sécurité exigé pour des approches avec assistance verticale (APV-I et APV-II), pour la navigation en route et au terminal. A long terme, on vise des approches de précision CAT-I avec EGNOS. Ceci pourrait devenir réalisable avec un autre signal civil (GALILEO) et avec la modernisation de GPS.

La deuxième étape du programme européen en matière de système global de navigation par satellites, baptisée GALILEO,

prévoit d'envoyer dans l'espace une constellation complète de satellites. En 2003, la Commission européenne a décidé de fusionner les programmes EGNOS et GALILEO.

2.3 ESTB: EGNOS System Test Bed

L'ESTB est un prototype d'EGNOS en grandeur nature qui est composé de 11 RIMS, 2 MCC, des 3 stations EURIDIS, 2 NLES et de deux satellites géostationnaires (AOR-E [PRN 120] et IOR [PRN 131]). Il permet aux futurs utilisateurs d'EGNOS de se familiariser avec ce nouveau service et aux concepteurs de tester les composantes du système. L'ESA, Eurocontrol et leurs partenaires ont procédé à de nombreux tests de l'ESTB ([Oosterlinck et Gauthier, 2001]): mesures statiques et cinématiques, tests des diverses installations de l'ESTB.

De par sa taille réduite, l'ESTB est moins performant que l'architecture finale d'EGNOS. Les fonctions et algorithmes sont améliorés en permanence. L'évaluation d'EGNOS par l'ESTB est donc une approche conservatrice.

2.4 Le concept d'intégrité

EGNOS transmet des corrections de pseudodistances et leurs précisions sous la forme d'un écart-type (1σ). EGNOS corrige:

- les erreurs liées au passage des ondes électromagnétiques dans l'ionosphère et la troposphère.
- les erreurs liées aux satellites GPS et géostationnaires (corrections lentes: erreurs d'orbite et erreurs d'horloge).
- les erreurs qui varient rapidement comme les erreurs d'horloge dues à «Selective Availability SA» (corrections rapides).

Seules les sources d'erreurs liées au récepteur (erreur d'horloge, excentricité, trajets multiples) persistent.

L'utilisateur (p.ex. l'aviation civile) calcule ensuite la position «augmentée» c'est-à-dire une position améliorée grâce aux corrections de pseudodistance (fig. 3). La précision de cette position est évaluée en la comparant à une position de référence. Les corrections de pseudodistance permettent à l'utilisateur de calculer en

temps réel la précision de sa position par propagation d'erreurs. En aviation civile, on déduit de la précision de la position (1σ) des niveaux de protection (protection Level: $PL = K\sigma$). Ces derniers sont des intervalles de confiance strictes. Le facteur K dépend de la phase de vol: pour des approches de précision CAT-I, $K = 5.33$. Ainsi, l'erreur de position réellement commise est de 99.99998% inférieure au niveau de protection supposant une distribution normale (fig. 2).

Ces niveaux de protection ne doivent pas dépasser le niveau d'alerte spécifié pour la phase de vol. L'intégrité, la disponibilité et la continuité d'un système de navigation sont évalués à l'aide de l'erreur de position, des niveaux de protection et des niveaux d'alerte.

3. Caractéristiques d'un système de navigation

Un système de navigation peut être qualifié par quatre facteurs: la précision, l'intégrité, la continuité et la disponibilité. Les définitions présentées ici sont traduites de [Tiemeyer, 2002] qui a standardisé différentes définitions. Les caractéristiques sont illustrées à l'aide de l'analyse d'une trajectoire choisie parmi les essais en vol effectués à Sion. L'échantillon analysé est cependant très petit (1/2h) ce qui est insuffisant pour en tirer des conclusions générales.

Les essais en vol à Sion ont été organisés par skyguide en collaboration avec Eurocontrol, TUBS (Technische Universität

Braunschweig) et l'AENA (Aeropuertos Españoles y Navegación Aérea). Le Laboratoire de Topométrie de l'EPFL a également pris part à ces essais dans le cadre d'une étude sur la ionosphère [Waegli, 2003]. Ces essais permettent de collecter les données nécessaires pour la validation et la certification d'EGNOS pour l'aviation civile ainsi que pour mettre en évidence les avantages du système pour certaines phases de vol.

3.1 Précision

La précision d'une position est définie par l'erreur de position enregistrée par l'utilisateur avec une certaine probabilité à n'importe quel moment et endroit dans la région couverte (traduit de [Tiemeyer, 2002]).

En géodésie, la position planimétrique est habituellement caractérisée par son ellipse de confiance. Pour l'altitude, un intervalle de confiance est calculé. De même, en aviation civile: un système de navigation est suffisamment précis pour une certaine phase de vol, si son erreur de position moyenne (au niveau 95%) est inférieure à une certaine tolérance dépendante de la phase de vol. En supposant que l'erreur de position verticale suive une loi normale, on a pour une approche CAT-I:

$$1.96 \sigma < 4 \text{ m}$$

σ différence moyenne entre la position indiquée par le système de navigation et la position vraie

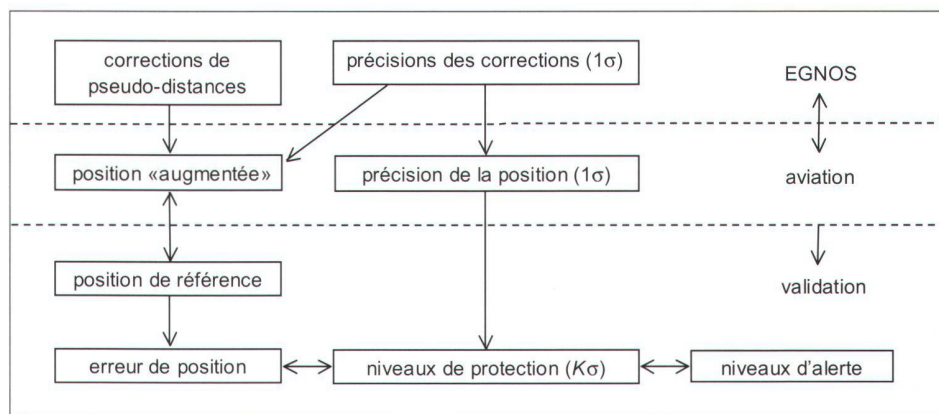


Fig. 3: Le concept d'intégrité d'EGNOS.

1.96 quantile de la loi normale (95%)
 4 m précision horizontale exigée pour une approche CAT-I

Pour l'évaluation de la précision, la solution de navigation fournie par l'ESTB et la position absolue de GPS basée sur le code absolu sont comparés à une solution différentielle issue d'un calcul de phase. La figure 4 et le Tableau 1 illustrent l'amélioration de la précision atteinte avec l'ESTB grâce à la réduction considérable des erreurs systématiques. Tandis que la solution code ne remplit pas les exigences de l'aviation civile pour des approches de précision CAT-I dans le plan vertical, ces dernières sont remplies par la solution de l'ESTB.

solution	code GPS (temps réel)	ESTB	exigence CAT-I
HPE 95% [m]	6.2	1.4	16.0
VPE 95% [m]	8.1	1.8	4.0

Tab. 1: Comparaison de l'erreur verticale au niveau 95%.

l'utilisateur enregistre une erreur de position plus grande qu'un niveau d'alerte, sans être informé dans un délai prédéfini (temps d'alerte) à n'importe quel moment et endroit dans la région couverte (traduit [Tiemeyer, 2002]).

Ce terme fait référence à deux notions différentes:

- niveau d'alerte
- temps d'alerte.

Le niveau de protection est comparé à l'erreur de position et au niveau d'alerte AL (alert limit) qui dépend de la phase de vol. Les programmes d'analyse de la performance des systèmes d'augmentation de GPS présentent les résultats sur des graphiques normalisés (fig. 5 et 6).

Sur la figure 5, on distingue les trois cas suivants:

- PE < PL < AL (1): l'intégrité du système est assurée. Le niveau de protection est

supérieur à l'erreur de position et inférieur au niveau d'alerte.

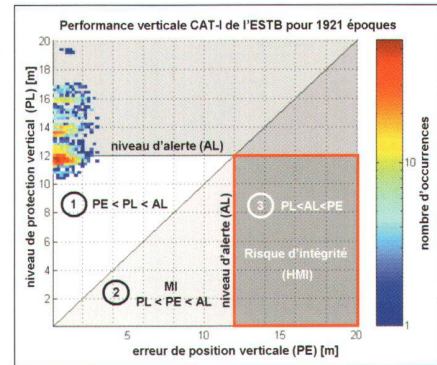


Fig. 5: Analyse de la performance verticale de l'ESTB.

- PL < PE < AL (2): dans cette situation, on est confronté à un problème d'intégrité: le niveau de protection est inférieur à l'erreur de position (l'utilisateur est malmené (Misleading Information MI)). La situation n'est cependant pas critique car il n'y a pas de danger pour l'utilisateur. L'erreur de position est inférieure au niveau d'alerte.

- PL < AL < PE (3): la situation est dangereuse pour l'utilisateur. Il croit être suffisamment précis pour la phase de vol considérée (PL < AL), mais l'erreur de position dépasse le niveau d'alerte critique pour cette phase de vol (AL < PE). On parle alors de «Hazardously Misleading Information» HMI. Selon la définition de [Tiemeyer, 2002]), il y a un risque d'intégrité si l'utilisateur n'est pas averti d'un HMI dans le temps d'alerte correspondant à la phase de vol.

Le temps d'alerte est l'intervalle de temps entre le temps d'occurrence de la panne et le moment où elle est indiquée à l'utilisateur. Il est contraint par l'architecture de l'ESTB et a été testé en 2001 ([Westbrook et al., 2001]). Il se situait entre 8 et 12 s avec une moyenne de 10 s. Les exigences pour une approche de précision (temps d'alerte de 6 s) ne sont donc pas encore remplies.

L'intégrité est analysée à l'aide de graphiques normalisés (Standford plot). On peut déduire de la figure 5 que le niveau de protection vertical (VPL: Vertical Protection Level) était supérieur à l'erreur de

3.2 Intégrité

Le terme «intégrité» est défini par l'ICAO (International Civil Aviation Organization) de manière générale:

L'intégrité est une mesure de confiance en l'information fournie par le système entier. Elle inclut la capacité d'un système à prévenir l'utilisateur à temps que le système ne peut pas être utilisé pour l'opération voulue.

Les exigences de l'aviation civile en terme d'intégrité pour un système de navigation sont exprimées par un risque d'intégrité: *Le risque d'intégrité est la probabilité que*

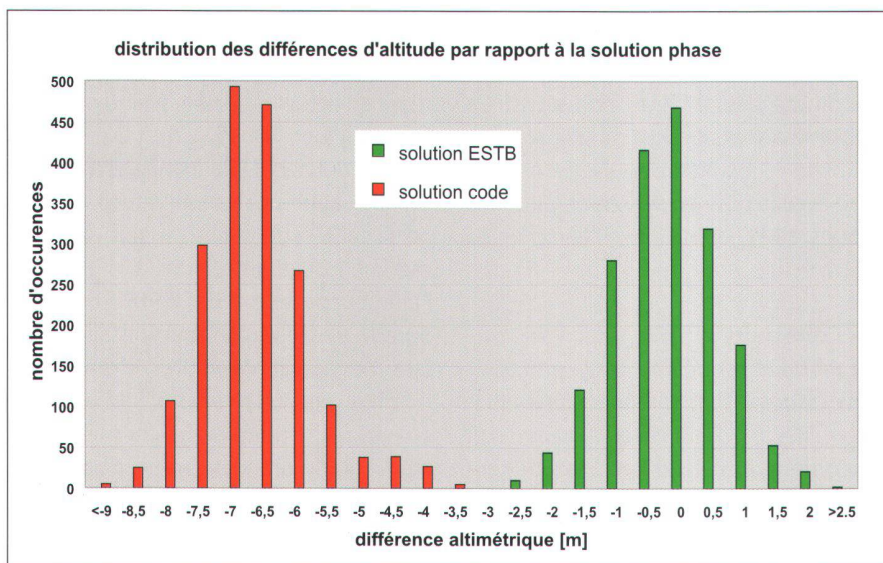


Fig. 4: Comparaison de l'erreur de position verticale.

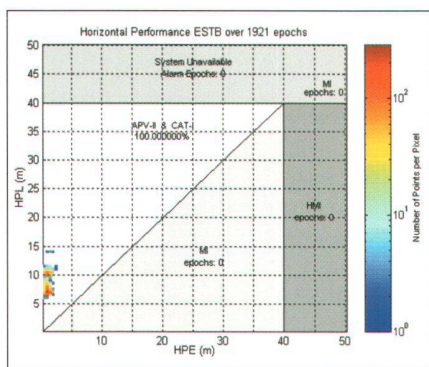


Fig. 6: Performance horizontale de l'ESTB.

position verticale (VPE: Vertical Position Error). L'intégrité était donc assurée pendant toute la durée du vol. Dans le plan horizontal aucun risque d'intégrité n'a été enregistré (fig. 6).

3.3 Comparaison entre la fiabilité et l'intégrité

Dans le domaine de la géodésie, on utilise souvent la notion de fiabilité. Les coordonnées d'une position sont dites fiables si elles sont suffisamment contrôlées, ce qui est réalisé grâce à un nombre d'observations supérieur au strict nécessaire pour calculer la position. La fiabilité dépend étroitement de la géométrie du réseau géodésique et des types de mesures. Les logiciels de calculs géodésiques fournissent des informations sur la fiabilité a priori (p.ex. z_i , indicateur de la fiabilité interne) et a posteriori (p.ex. w_i , détection de faute probable dans les observations).

La fiabilité est la propriété d'une disposition de mesures et de calculs (d'un réseau géodésique) permettant de mettre en évidence d'éventuelles fautes.

Les deux termes «intégrité» et «fiabilité» quantifient la confiance dans les coordonnées d'une position. Contrairement à la notion de fiabilité, l'intégrité contient une caractéristique temporelle (temps d'alerte) et est spécifique à la navigation. Les systèmes de navigation contiennent un indicateur de fiabilité en temps réel. L'utilisateur doit se rendre compte à temps (dans un certain temps d'alerte dépendant de son activité) d'un défaut ou d'un

manque de précision du système pour son activité.

3.4 Disponibilité

La disponibilité est définie par la probabilité avec laquelle l'utilisateur est capable de déterminer sa position avec la précision et l'intégrité exigées à n'importe quel moment et endroit de la région couverte (traduit de [Tiemeyer, 2002]).

Un système est disponible, si les critères de précision et d'intégrité sont satisfaits. Visualisé sur la Figure 5, il faut donc que $PL < AL$ et $PE < AL$.

Pour une approche CAT-I, les standards de l'aviation civile exigent une disponibilité de 99 à 99.999%. La valeur dépend du besoin opérationnel et de la disponibilité d'autres systèmes de navigation.

Mesuré à partir de l'aéroport de Sion, l'obstacle le plus haut est à une élévation de 20° alors que le satellite AOR-E a une élévation d'environ 30° vers le Sud. La disponibilité du système n'est donc pas compromise par l'environnement montagneux. Pour des approches CAT-I, les exigences au niveau de la disponibilité sont satisfaites pour la composante horizontale (fig. 6) tandis que dans le plan vertical elle est insuffisante (47.2%, fig. 5).

L'emplacement de la Suisse au bord de la zone couverte par l'ESTB et le faible nombre de stations RIMS sont responsables de la perte du suivi de quelques satellites GPS par l'ESTB. Ainsi, la disponibilité du système est diminuée: l'ESTB communique à l'utilisateur de ne pas tenir compte des satellites non-suivis. Ce problème disparaîtra lors de la réalisation complète du système EGNOS, notamment avec la mise en service de plusieurs stations RIMS, dont une à l'aéroport de Zurich.

3.5 Continuité

La continuité est définie par la probabilité avec laquelle l'utilisateur est capable de déterminer sa position avec la précision et l'intégrité exigées à n'importe quel endroit dans la région couverte pendant un intervalle de temps minimum dépendant de la phase de vol (traduit de [Tiemeyer, 2002]).

Le système de navigation satisfait le critère de continuité s'il est disponible pendant un intervalle de temps dépendant de la phase de vol. Pour une approche CAT-I, l'utilisateur doit disposer d'un système de navigation qui satisfait les exigences en terme de précision et d'intégrité avec une probabilité de 99.9992% pendant 15 s.

Cette caractéristique est très importante pendant l'atterrissage. Une alerte pendant cette phase de vol causerait une approche interrompue.

Dans l'exemple, les exigences en terme de continuité ne sont pas remplies pour des approches de précision CAT-I dans le plan vertical: le niveau de continuité est de 100% dans le plan horizontal (fig. 6) et de 71% dans le plan vertical (fig. 5).

4. Validation d'EGNOS

La validation d'un système de navigation par satellites pour les besoins de l'aviation civile est une opération de grande envergure et un véritable défi en terme de statistiques pour évaluer correctement les caractéristiques d'intégrité, de continuité et de disponibilité. Des hypothèses par rapport au nombre de mesures indépendantes par unité de temps et des hypothèses par rapport à la quantité de données nécessaires pour la validation doivent être faites. Pour garantir que le système fonctionne avec suffisamment d'intégrité, les solutions doivent être conservatrices par rapport à la performance actuelle («overbounding problem», [Ober, 2001]).

L'évaluation de l'ESTB à la place d'EGNOS est une approche conservatrice à cause de sa taille réduite par rapport au système final. Dans les régions à la limite de l'aire de couverture de l'ESTB (comme la Suisse), il est fréquent que certains satellites ne soient pas suivis à cause du nombre réduit de stations RIMS. En raison du faible nombre de satellites «augmentés», de grandes erreurs de position peuvent en résulter ([Perrin et Scaramuzza, 2002]). La disponibilité du système peut donc être réduite.

Les résultats présentés ici ne donnent

qu'une première impression des performances d'EGNOS. Comme le montrent des études plus conséquentes (p.ex. [Perrin et Scaramuzza, 2002] ou [Soley et al., 2001]), la validation d'EGNOS pour des approches avec assistance verticale APV-I et APV-II semble possible. Des procédures SBAS pour des approches de précision CAT-I deviendront certainement possibles avec GALILEO et la modernisation de GPS.

5. Conclusions et Perspectives

Les performances des systèmes de navigation satellitaires militaires, GPS et GLO-NASS, ne sont pas suffisantes pour répondre aux exigences de l'aviation civile. EGNOS fournit à l'utilisateur des messages de corrections différentielles ainsi qu'une information d'intégrité. Disposant de ces messages, l'utilisateur déterminera le niveau d'intégrité de sa position. Une évaluation d'EGNOS au niveau de sa précision, son intégrité, sa disponibilité et sa continuité est nécessaire pour valider EGNOS pour l'application en question. L'ESTB a été analysé pour une approche en vol au niveau de sa précision, de son intégrité, de sa disponibilité et de sa continuité. Sa performance a été comparée aux exigences de l'aviation civile. Bien que la durée de l'approche étudiée ait été trop

courte pour en tirer des conclusions générales, on constate une diminution considérable des erreurs systématiques grâce à l'ESTB. Les messages d'intégrité permettent d'augmenter la performance de GPS à un niveau qui pourrait permettre à l'aviation civile, des approches de type SBAS jusqu'à la catégorie APV-II.

L'analyse des paramètres de précision, d'intégrité, de disponibilité et de continuité n'est pas uniquement intéressante pour l'aviation civile. De nombreux domaines techniques, dont les transports et la géomatique, pourront s'inspirer de ces concepts d'évaluation de la performance d'un système de navigation par satellites. La certification de services et d'appareils offrira à l'avenir à de nombreux professionnels un gain d'assurance pour des applications exigeantes où la sécurité est un facteur fondamental.

¹ Organisation européenne pour la sécurité de la navigation aérienne.

Bibliographie:

- [Ober, 2001] Ober, P. (2001). SBAS Integrity Concept: Towards SBAS Validation. Eurocontrol, Reelelektronika b.v.
- [Oosterlinck et Gauthier, 2001] Oosterlinck, R. et Gauthier, L.: EGNOS: The first European Implementation of GNSS – Project Status.
- [Perrin et Scaramuzza, 2002] Perrin, O. et Sca-

ramuzza, M.: EGNOS – Demonstration of EGNOS Performance in Switzerland using the EGNOS System Test Bed, Phase 1 Report. Skyguide, Genève.

[Soley et al., 2001] Soley, S., Breeuwer, E., Franworth, R., Dupont, J.-P. et Coutier, Y.: Approaching Nice with the EGNOS System Test Bed. NavSat.

[Tiemeyer, 2002] Tiemeyer, B.: Performance Evaluation of Satellite Navigation and Safety Development. Eurocontrol Experimental Centre, Report No. 370.

[Waegli, 2003], Waegli A.: Evaluation de mesures dynamiques pour la navigation aérienne dans le cadre du projet EGNOS, travail de diplôme EPFL.

[Westbrook et al., 2001] Westbrook, J., Ventura-Traveset, J., Rérolle, A., Blomenhofer, H., McAnany, I., Cosmen, J., et Werner, W.: EGNOS Central Processing Facility Architecture and Design. <http://esamultimedia.esa.int/docs/egnos/estb/publications.html>.

Adrian Waegli
Pierre-Yves Gilliéron
EPFL
Institut du Développement Territorial (INTER)
Laboratoire de Topométrie (TOPO)
Bâtiment GR
CH-1015 Lausanne
<http://topo.epfl.ch>

Projektleitungen

ITV steht für Erfahrung und Zielstrebigkeit. Auf Zeit, mit Betreuung beim Kunden in allen Projektphasen oder als Projektauftrag.



ITV Geomatik AG
Dorfstrasse 53
CH-8105 Regensdorf-Watt

Tel. 01 871 21 90
www.itv.ch

Expertisen – Coaching – Projektleitungen – Lösungen