

ATM/CNS

GNSS

Introduction

- Les trois systèmes à usage planétaire
 - GPS (Global Positioning System)
 - GLONASS (GLObal Navigation Satellite System ou GLObalnaya Navigatsionnaya Sputnikovaya Sistema) et
 - GALILEO

Introduction

Le système de navigation par satellite a beaucoup d'importance dans les activités humaines ou le positionnement et le temps sont indispensables pour localiser ou se localiser.

L'Homme est passé par l'utilisation des étoiles, de la boussole à celle des satellites pour ses activités en localisation.

introduction

Cependant compte tenu de leur caractère d'appartenance à des pays il est difficile d'en disposer de tous les services qu'ils peuvent offrir.

Des systèmes dits d'augmentation sont nécessaires pour rehausser le niveau de précision des données à traiter.

introduction

Les systèmes (SBAS, GBAS, ABAS) d'augmentation:

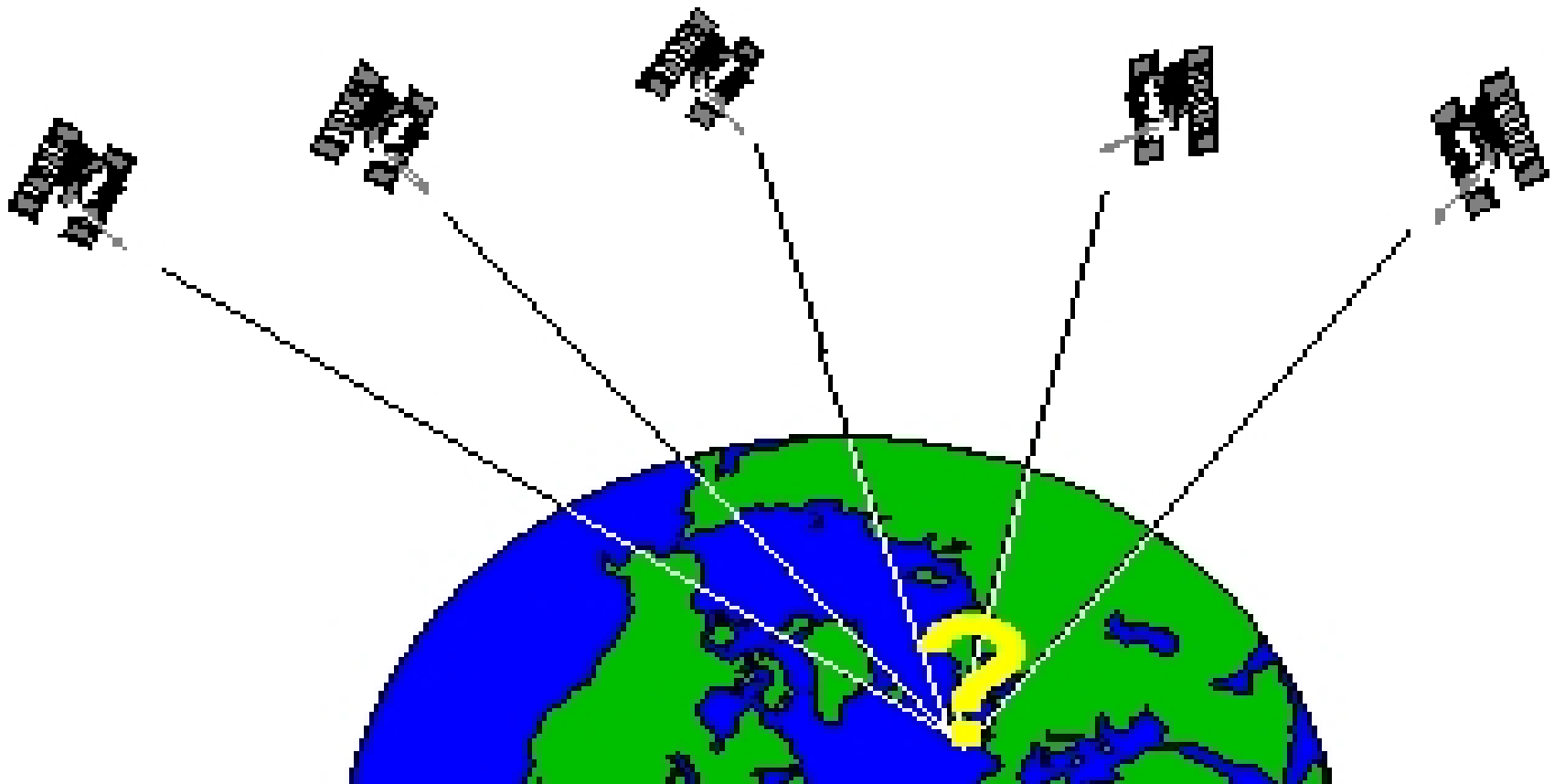
- LASS (Local Area Augmentation System), américain;
- EGNOS (European Geostationary Navigation Overlay Service), européen
- MSAS
- WAAS

Introduction

Chaque système est composé de trois segments:

- Le segment spatial, composé des satellites;
- Le segment de contrôle, composé des stations principales et secondaires; et
- Le segment utilisateurs composé des récepteurs.

Principes généraux de la localisation par satellites



GPS

Le GPS est un système de navigation par satellites conçu pour fournir instantanément des informations de position, de vitesse et de temps pratiquement à n'importe quel endroit sur terre, n'importe quelle heure et par n'importe quelle condition météorologique.

GPS

Le GPS permet un positionnement instantanément avec une précision qui va d'une centaine de mètres à quelques mètres (95% des cas). Certains équipements permettent après corrections différées des mesures, d'atteindre de précisions de l'ordre du centimètre. Il est bien clair que les meilleures performances nécessitent une infrastructure conséquente et engendre des coûts plus importants.

GPS

Bien que développé dans un but essentiellement militaire, les applications civiles du GPS ont connu depuis quelques années un essor considérable. Le système reste néanmoins sous contrôle de l'US Air Force et de DOD. Il est cependant à noter que depuis 1995, le Department of Transport (DoT) qui représente les « voix » civiles a également un pouvoir de décision.

GPS

Parmi les utilisateurs actuels de GPS on peut citer:

- La navigation en générale (aviation, automobile, marine etc...);
- La surveillance d'ouvrage de génie civil;
- Les relevés géométriques et topographiques;
- Le transfert de temps.

GPS

Composition:

Du point de vue fonctionnel, le système GPS est composé de trois segments principaux:

- Le segment de contrôle (control segment);

Constitué de cinq (05) stations terrestres. Ces stations sont les « yeux » et les « oreilles » du GPS; elles reçoivent des informations fournies par les satellites.

GPS



Global Positioning System (GPS) Master Control and Monitor Station Network

GPS

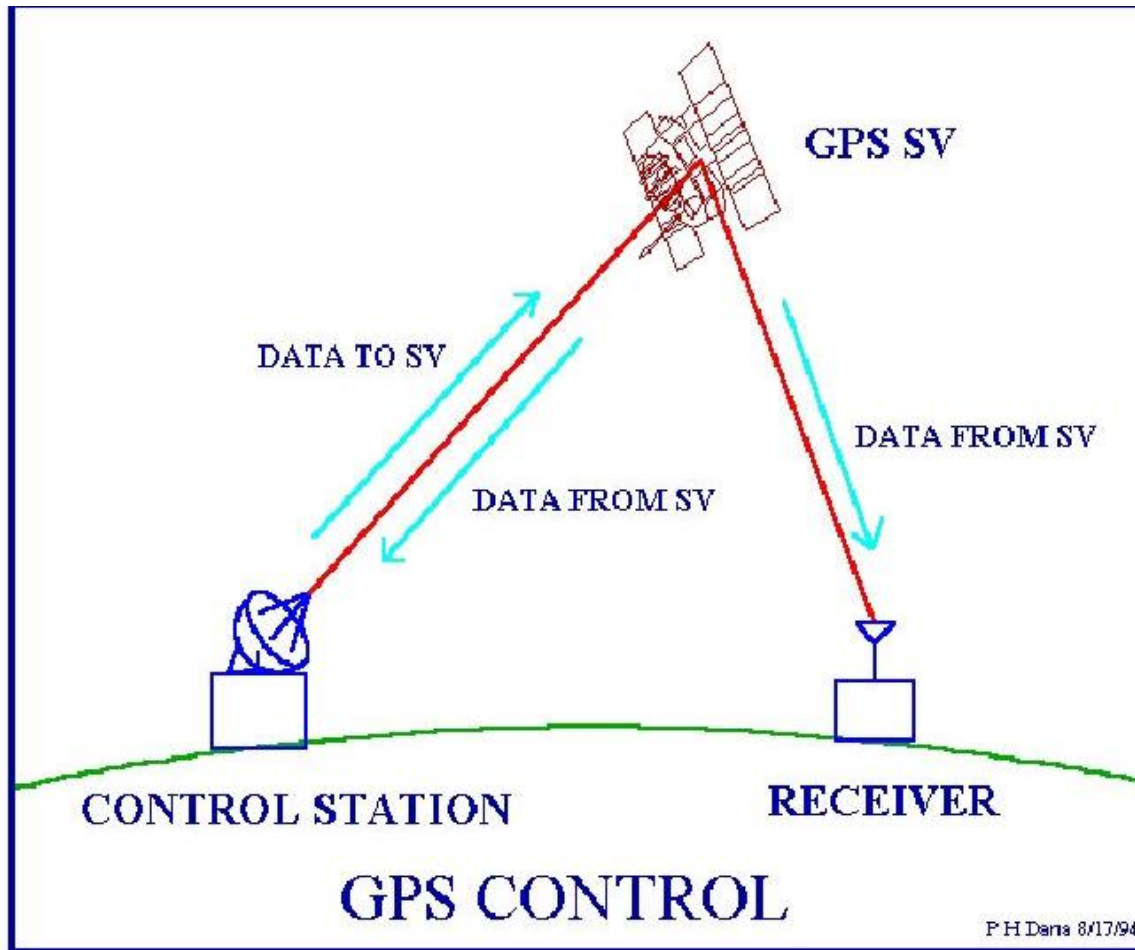
On assure ainsi le contrôle et la mise à jour des paramètres du système (données orbitales, performance des horloges embarquées etc...) par un suivi permanent du segment spatial.

La disposition des stations tout autour de la terre permet de suivre chaque satellite pendant 92% du temps.

GPS

Les informations sont centralisées au «Master control » de Colorado Springs. Des données de correction peuvent être émises en direction des satellites par les stations des Iles Ascension, Diego Garcia et Kwajalein.

GPS

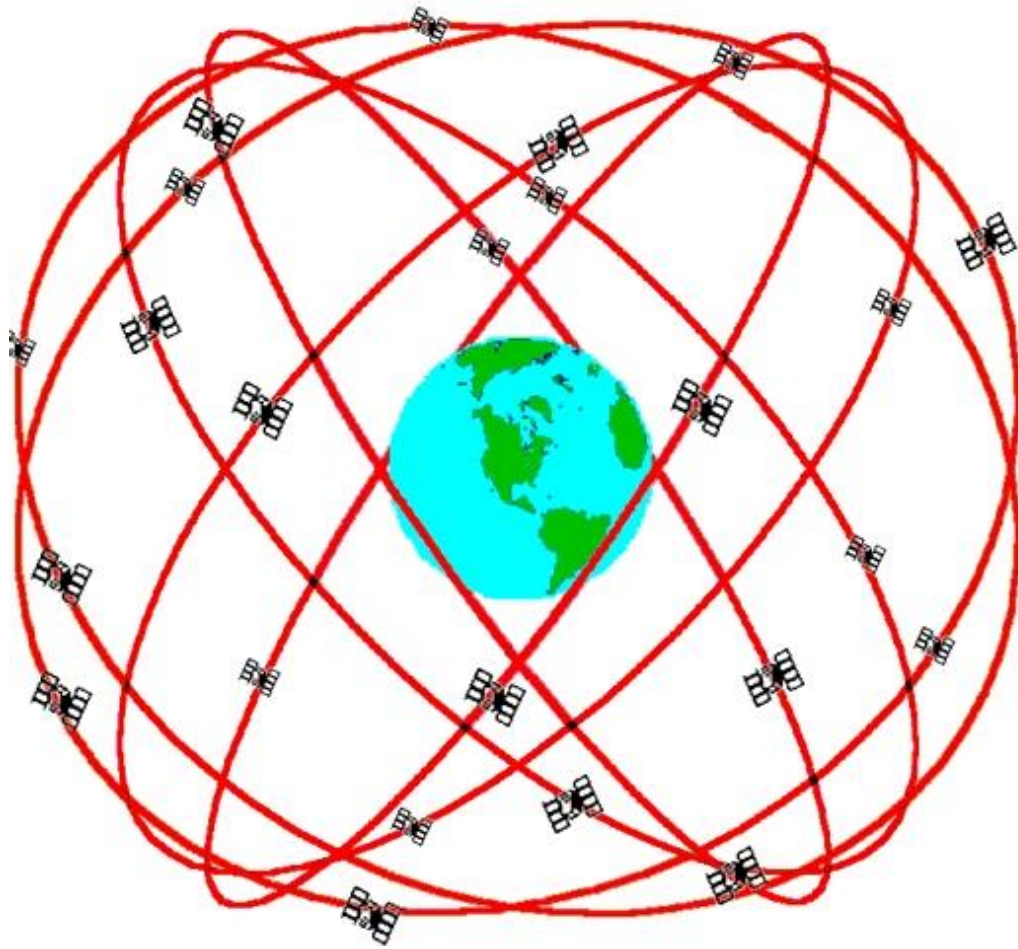


GPS

- Le segment spatial (space segment)

Il est constitué d'une constellation de 24 satellites placés en orbites quasiment circulaires, en 6 plans orbitaux, à une altitude nominale de 20200km au dessus de la surface de la terre avec une période orbitale de 11H58mn.

GPS



GPS

- Segment utilisateur:

Constitué par l'ensemble des récepteurs susceptibles de décoder les signaux de navigation transmis par les satellites et d'en déduire par calcul les solutions de position, de vitesse et/ou du temps.

GPS

Récepteur GPS:

Un récepteur doit être capable de:

- Sélectionner plusieurs satellites parmi ceux qui sont visibles et acquérir les signaux GPS correspondants;
- Poursuivre les satellites sélectionnés (tracking);
- Extraire le message de navigation et calculer les solution de position/temps.

GPS

Services à la disposition des utilisateurs

Il existe actuellement deux types de service à la disposition des utilisateurs:

- SPS standard Positioning Service. C'est le service accessible par chacun basé sur l'exploitation du code C/A (Coarse Acquisition) transmis par la porteuse L1;

GPS

- PPS Precise positioning service. présente le meilleur degrés de précision dynamique et d'intégrité données. Accessible uniquement par les personnes autorisées (armée US ...) basé sur l'exploitation des deux bandes de fréquences L1 et L2.

GPS

Calcul de position et l'heure:

Le récepteur GPS calcule sa position et fournit l'heure. Trois satellites présentant une géométrie et un angle d'élévation suffisants par rapport au récepteur GPS sont nécessaires pour calculer une position en deux dimensions, latitude et longitude, lorsque l'altitude est connue du récepteur (cas des bateaux ou des véhicules terrestres).

GPS

Calcul de position:

Dans le cas des aéronefs, quatre satellites sont nécessaires pour calculer une position en trois dimensions (latitude, longitude, altitude).

Lorsque trois satellites seulement sont disponibles, la position exprimée sous forme de coordonnées géographiques peut être déterminée en prenant en compte l'altitude de l'aéronef introduite manuellement par le pilote.

GPS

WGS-84:

Les coordonnées géographiques sont calculées par référence au système géodésique mondial de 1984 (WGS-84).

Ce système de coordonnées a pour origine le centre de gravité de la terre dont la surface est définie comme un ellipsoïde.

Le WGS84 est devenu un système normalisé par l'OACI à l'échelle mondiale depuis 1998.

GPS

WGS-84:

Afin de se conformer à cette disposition, les coordonnées des points importants de navigation aérienne exprimées dans le système WGS-84 ont été mises en œuvre depuis septembre 1999 sur les principaux aérodomes et dans les espaces aériens gérés par l'Agence pour la sécurité de la navigation aérienne en Afrique et à Madagascar (ASECNA).

Intégrité

L'intégrité est la capacité du système à fournir une alarme au pilote lorsque le système de navigation ne peut être utilisé avec la précision requise. Par exemple, les VOR sont surveillés au sol de façon permanente et cessent automatiquement d'émettre dès que la précision requise n'est plus fournie.

Intégrité

Le système GPS de base n'ayant pas été conçu initialement pour un usage par l'aviation civile, il ne dispose pas d'un système de contrôle de l'intégrité compatible avec les besoins aéronautiques. En conséquence un ou plusieurs satellites peuvent transmettre un signal erroné pendant une durée significative pouvant parfois dépasser 45 minutes.

Intégrité

La détermination de l'intégrité du signal doit être effectuée à bord de l'aéronef :

- de manière autonome par le récepteur GPS (RAIM),
- par comparaison avec d'autres systèmes de navigation,
- par le pilote en contrôlant sa navigation par repérage au sol,
- par des systèmes de renforcement basés sur les satellites (SBAS) ou basés au sol (GBAS).

Disponibilité

La disponibilité d'un système de navigation est le pourcentage du temps pendant lequel les services du système sont utilisables.

Equipement à bord

L'augmentation ABAS est appelée:

- RAIM (Receiver Autonomous Integrity Monitoring): quand les paramètres de navigation sont calculés exclusivement par les informations en provenance du système GNSS;
- AAIM (Aircraft Autonomous Integrity Monitoring): quand en plus du système GNSS les capteurs à bord sont sollicités.

Équipement à bord

Tout équipement radioélectrique de bord doit avoir reçu une autorisation avant d'être installé sur un aéronef immatriculé au registre national.

Pour que la navigabilité de l'aéronef soit assurée, il est nécessaire que l'aéronef soit certifié et que toutes les modifications soient approuvées.

Équipement à bord

Les équipements GPS devront être homologués et installés conformément aux exigences techniques fixées par les autorités compétentes.

Leurs installations doivent être approuvées selon les procédures d'approbation des modifications sur la base des règlements de certification applicables ci-après, établis par l'Administration fédérale de l'aviation civile (FAA) des États-Unis d'Amérique, l'État fournisseur du GPS:

Équipement à bord

- la circulaire d'information AC 20-138 pour les équipements GPS « autonomes » utilisables comme moyen supplémentaire de navigation : un moyen supplémentaire de navigation est un équipement approuvé pour la navigation pour une phase spécifique de vol mais qui nécessite par ailleurs que les moyens de navigation classiques réglementairement requis pour la route suivie soient installés et en état de marche à bord de l'aéronef;

Equipement à bord

- la circulaire d'information AC 20-130A pour les GPS intégrés à un système à capteurs multiples ;
- l'avis FM 8110-60 pour les GPS utilisables comme moyen primaire de navigation en zone océanique.

Les classes d'homologation des équipements GPS utilisables en IFR

Les classes d'homologation des équipements GPS utilisables en IFR seront A1, A2, B1, B2, B3, B4, C1, C2, C3 et C4 suivant la norme TSO C129A de la FAA.

Les classes d'homologation des équipements GPS utilisables en IFR

- **Classe A :**

Cette classe correspond à un équipement possédant la partie calcul de navigation en plus de la partie réception GPS. Cet équipement doit posséder le RAIM. Il appartient à l'une des deux sous - classes suivantes :

- A1 : équipement capable de naviguer en zone en route, en zone terminale et en approche de non-précision.
- A2 : équipement capable de naviguer en zone en route et en zone terminale.

Les classes d'homologation des équipements GPS utilisables en IFR

- **Classe B :**

Cette classe correspond à un capteur GPS envoyant des informations vers un système de navigation intégré (système à capteurs multiples); il appartient à l'une des 4 sous classes suivantes :

- B1 : équipement capable de naviguer en zone en route, en zone terminale et en approche de non-précision. Cet équipement possède une fonction RAIM,

Les classes d'homologation des équipements GPS utilisables en IFR

- B2 : équipement capable de naviguer en zone en route et en zone terminale. Cet équipement possède une fonction RAIM.
- B3 : équipement capable de naviguer en zone en route, en zone terminale et en approche de non-précision. Le système de navigation intégré doit assurer un niveau d'intégrité équivalent au RAIM,

Les classes d'homologation des équipements GPS utilisables en IFR

- B4 : équipement capable de naviguer en zone en route et en zone terminale. Le système de navigation intégré doit assurer un niveau d'intégrité équivalent au RAIM.

Les classes d'homologation des équipements GPS utilisables en IFR

- **Classe C :**

Cette classe correspond à un senseur GPS envoyant des informations vers un système de navigation intégré (système à capteurs multiples) couplé à un pilote automatique ou à un directeur de vol ; il appartient à l'une des 4 sous classes suivantes :

Les classes d'homologation des équipements GPS utilisables en IFR

- C1 : équipement capable de naviguer en zone en route, en zone terminale et en approche de non-précision. Cet équipement possède une fonction RAIM.
- C2 : équipement capable de naviguer en zone en route et en zone terminale. Cet équipement possède une fonction RAIM.

Les classes d'homologation des équipements GPS utilisables en IFR

- C3 : équipement capable de naviguer en zone en route, en zone terminale et en approche de non-précision. Le système de navigation intégré doit assurer un niveau d'intégrité équivalent au RAIM.
- C4 : équipement capable de naviguer en zone en route ou en zone terminale. Le système de navigation intégré doit assurer un niveau d'intégrité équivalent au RAIM.

Augmentation

L'OACI a standardisé plusieurs techniques pour fournir un service d'intégrité aux usagers aéronautiques :

- l'**ABAS (Airborne Based Augmentation System)** : consiste à utiliser un service d'intégrité interne au système de navigation de bord [très souvent appelé RAIM (Receiver Autonomous Integrity Monitoring)];

Augmentation

- le **SBAS (Satellite-Based Augmentation System)** : consiste à utiliser en complément au GPS des satellites géostationnaires qui diffusent en temps réel sur tout un continent une information d'intégrité sur la constellation ainsi que des corrections sur les signaux GPS permettant d'améliorer la précision:
- WAAS (Wide Area Augmentation System) opérationnel sur l'Amérique du Nord

Augmentation

avec fin 2009 plus de 1500 approches aux instruments certifiées disposant d'un guidage vertical de performance très proche de celui d'un ILS de catégorie I (la FAA développe 500 nouvelles approches de ce type par an);

Augmentation

- EGNOS (European Geostationary Overlay Service) en Europe, dont le service ouvert, utilisable par les récepteurs grand public, rayonne déjà depuis plusieurs années. Le service sécurité de la vie d'EGNOS permettant des approches de précision de même nature que celles déjà effectuées aux USA actuellement, sera disponible en 2010 ;

Augmentation

- MSAS (Multifunctional Satellite Augmentation System) au Japon ;

Augmentation

- le **GBAS (Ground-Based Augmentation System)** : le GBAS requiert une station sol sur un aéroport par exemple pour délivrer des approches de catégorie I sur cet aéroport ; la connaissance exacte de sa position permet à la station d'évaluer l'erreur de mesure pour chaque satellite en visibilité.

Augmentation

Dans un rayon d'une vingtaine de nautiques autour de la station, cette dernière transmet aux utilisateurs les corrections nécessaires afin d'améliorer la précision de leur position.

Augmentation

En l'attente de compléments civils au système GPS, à couverture continentale de type SBAS, ou bien à couverture locale de type GBAS, la détermination de l'intégrité du signal doit être effectuée à bord de l'aéronef :

RAIM, AAIM

Simulateur



GPS

1) Fonctionnement de GPS

Le GPS calcule la position par **triangulation** :

le satellite émet une onde électromagnétique de vitesse connue le récepteur calcule le temps mis par cette onde pour l'atteindre le récepteur sait alors qu'il se trouve sur une sphère centrée sur le satellite

Satellite GPS

Dans la pratique, le détecteur (récepteur GPS) utilise entre 4 et 12 satellites pour calculer sa position.

Chaque satellite NAVSTAR possède plusieurs horloges atomiques, ce qui lui garantit une heure précise.

Il émet sur deux fréquences : 1575.42 MHz et 1227.60 MHz

Satellite GPS

Chaque satellite émet trois types de données:

- un almanach : permet de calculer sa position exacte;
- un code C/A (code approximatif) : pour un calcul approximatif du retard;
- un code P (précis) : pour un calcul plus précis du retard.

Almanach

L'almanach contient toutes les données sur le
type de satellite son état de fonctionnement
le calcul précis de son orbite (précision < 1 m)

LIMITES GPS

Le GPS ne fonctionne qu'en des **lieu découverts**.

Endroits à éviter :

- l'intérieur de bâtiments;
- forêts avec feuillage dense;
- vitre recouvertes d'un dépôt métallisé.

Le GPS ne fonctionne pas toujours : il arrive parfois que les signaux soient trop perturbés lors de la traversée de l'ionosphère.

LIMITES GPS

les éruptions solaires perturbent l'ionosphère pendant quelques heures, pouvant interrompre totalement les communications radio notamment les signaux GPS.

AMELIORER LA PRECISION GPS

GPS Différentiel

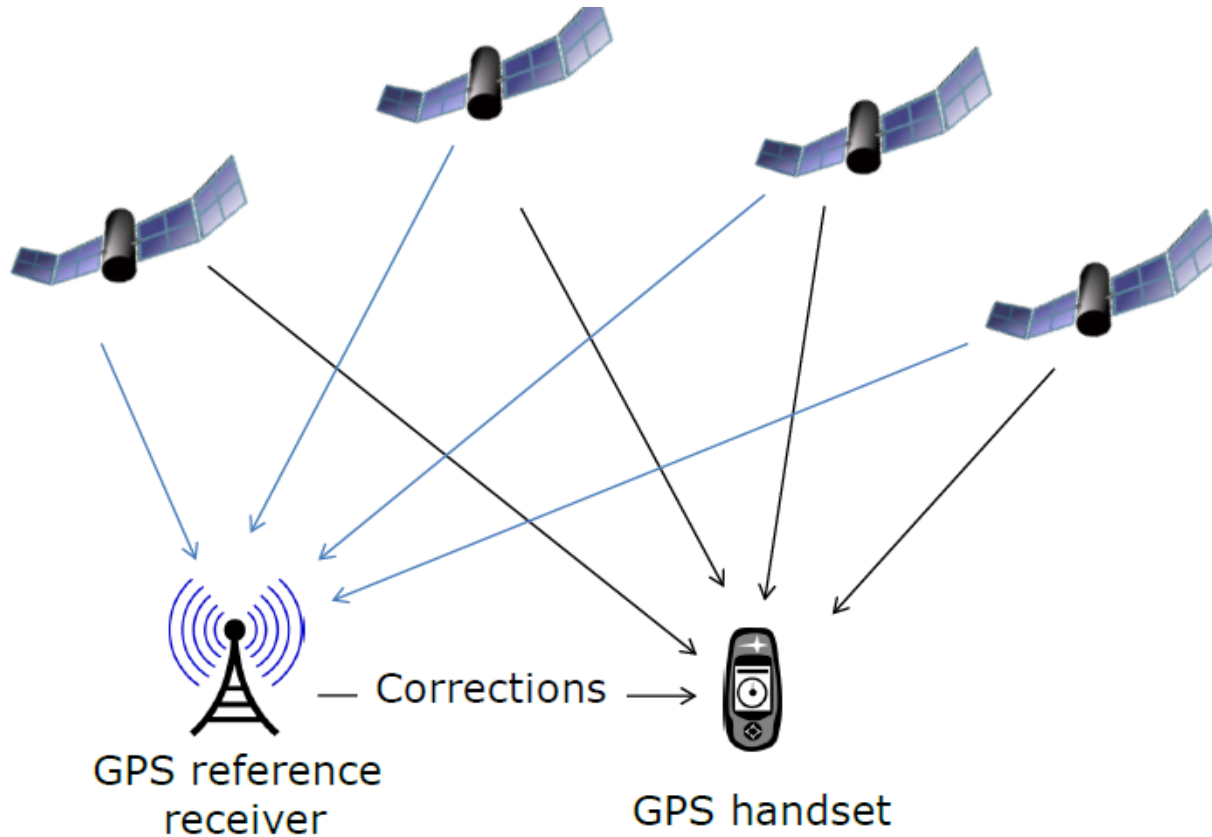


Fig. 8. Differential-GPS architecture

GPS Différentiel

- **Principe du GPS différentiel:**

on mesure sa position par rapport à un récepteur fixe, dont la position est connue et permet d'appliquer des corrections.

Ce service (payant) se développe à proximité des aéroports et des côtes.

ERREUR SUR LA POSITION

Précision moyenne du GPS :

type de mesure	précision moyenne
GPS (usage civil)	3 - 8 m
GPS (usage militaire)	1 - 3 m
GPS différentiel	< 1 m
GPS différentiel avec post-traitement	quelques cm

SE LOCALISER AVEC LE GPS

Une fois que le récepteur a calculé sa position par rapport aux satellites, il reste à calculer sa position par rapport à la Terre Il reste à calculer la position absolue (latitude, longitude, altitude) dans le référentiel terrestre.

MESURE DU TEMPS

La mesure précise du temps est un élément essentiel du positionnement par satellite

10 ns d'écart = 3 m d'erreur !

GLONASS

NAVIGATION : GLONASS

- **Système militaire russe de navigation (depuis 1995)**
- **Fréquences radio : 1227 MHz et 1575 MHz**
- **Constellation de 24 (19) satellites : 19150 km, inclinaison : 64,8°**
- **Une quarantaine de satellites lancés depuis 1995**
- **Principe : mesure de temps, trajet descendant**
- **Émetteurs : satellites de position connue**
- **Récepteurs : une soixantaine de stations GPS/GLONASS**
- **Visibilités permanentes**
- **Couverture mondiale**
- **Précision : 10 m à 1 cm**

GALILEO

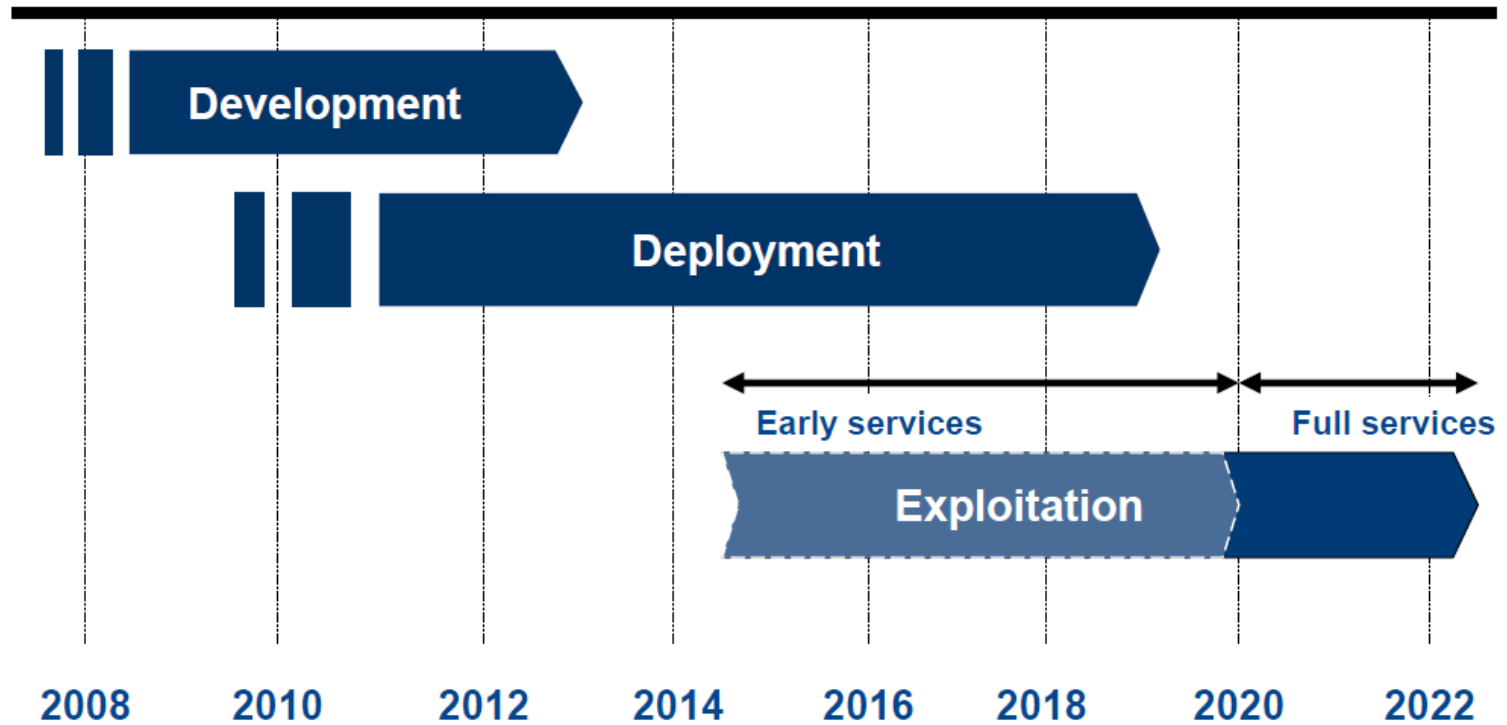
Aujourd'hui Galileo constitue, dans la continuité d'*Ariane*, un pilier de la politique spatiale européenne. Il représente un véritable défi pour la politique européenne, permettant le contrôle d'une infrastructure vitale pour l'indépendance et la souveraineté de l'Europe.

GALILEO

Galileo constitue également un levier de développement économique (avec des applications innovantes dans de nombreux secteurs) et technique (avec des technologies nouvelles pour l'industrie européenne, notamment des récepteurs et des horloges), qui sert de référence pour tout autre programme européen.

GALILEO

Galileo is moving from the development phase to the deployment phase



GALILEO

Le programme Galileo de l'UE est consacré au développement d'un système de navigation par satellite de dernière génération. D'usage civil, ce système est appelé à fournir une navigation par satellite plus fiable et plus précise que celle de l'actuel GPS (Global Positioning System) américain.

GALILEO

Galileo permettra de mettre fin à la dépendance dans les faits des utilisateurs européens au GPS, contrôlé par l'armée américaine, ce qui signifie que l'accès sera assuré aussi bien en temps de paix qu'en cas de crise internationale.

GALILEO ET EGNOS

En outre, le système régional EGNOS permet d'améliorer considérablement la précision et la fiabilité des signaux émis par l'ensemble des systèmes globaux de navigation.

Le système de navigation Galileo est constitué de 30 satellites et de stations au sol. Il doit permettre, à partir de 2019/2020 une navigation plus précise dans le monde entier que l'actuel GPS américain.

GALILEO ET EGNOS

La précision de positionnement visée est inférieure à cinq mètres. Le 21 octobre 2011 les deux premiers satellites du système européen de navigation par satellite Galileo ont été mis en orbite avec succès. Le 12 octobre 2012 deux autres satellites ont rejoint l'espace.

GALILEO

Phase 1	Définition	1999 – 2001
Phase 2	Développement et validation (IOV) ²	2002 – 2012
Phase 3	Mise en place <ul style="list-style-type: none">• Configuration partielle (18 satellites)• Configuration complète (30 satellites)	2008 – 2014 2014 – 2019/20
Phase 4	Exploitation <ul style="list-style-type: none">• Exploitation partielle (18 satellites)³• Exploitation opérationnelle⁴	à partir de 2014/15 à partir de 2019/20

GALILEO

NAVIGATION : GALILEO

- **Systeme civil européen de navigation**
- **Fréquences radio : 1192 MHz, 1279 MHz, 1575 MHz**
- **Constellation de 30 satellites : 23000 km, inclinaison : 56°**
- **Principe : mesure de temps, trajet descendant**
- **Émetteurs : satellites de position connue**
- **Récepteurs : 100 millions d'utilisateurs en 2010**
- **Visibilités permanentes**
- **Couverture mondiale**
- **Précision : 10 m à 1 cm**

GALILEO

5 catégories de services

- **Service ouvert**
 - mode basique d'utilisation autonome : gratuit, quelques mètres
- **Service commercial**
 - services à valeur ajoutée : payant, précision et intégrité
- **Service de sûreté de la vie**
 - service sécurisé, intègre et garanti : transport aérien
- **Service public réglementé**
 - sécurité civile : utilisateurs habilités (services d'urgence, d'intervention)
- **Service de recherche et de sauvetage**
 - localisation d'utilisateurs équipés d'une balise de détresse

EGNOS

Pour sa part, EGNOS est un système régional destiné à améliorer la précision et la fiabilité des signaux émis par l'ensemble des systèmes globaux de navigation par satellite. Le système se compose de trois satellites en orbite géostationnaire reliés à un réseau de stations au sol en Europe et en Afrique du Nord.

Depuis 2009 l'UE est propriétaire d'EGNOS.

GALILEO ET EGNOS

Galileo et EGNOS doivent mettre fin à la dépendance de fait des utilisateurs européens par rapport au GPS américain et assurer en particulier la disponibilité des données en temps de paix comme en temps de crise. Le GPS est contrôlé par les services militaires américains qui peuvent activer et désactiver sélectivement le système en fonction de considérations stratégiques et qui peuvent également réduire la précision des signaux émis.

EGNOS

Les performances d'EGNOS

Quatre mots-clés caractérisent le système : précision mesurée par la différence entre positions réelle et estimée ; continuité définie par la probabilité que le système soit disponible à l'instant suivant (elle est particulièrement importante pour les avions en phase d'approche) ; intégrité, représentée par le degré de confiance qu'un utilisateur peut avoir dans la position calculée et exprimée comme la probabilité que la position réelle sorte du niveau de protection requis ; et enfin disponibilité.

EGNOS

Egnos détecte les défaillances du GPS et en avertit dans un temps très court un utilisateur n'importe où en Europe. Pour cela, il dispose d'un réseau de 34 stations réceptrices qui comparent leurs positions calculées grâce au GPS avec leurs positions préalablement connues pour en déduire une erreur locale.

EGNOS

Elles transmettent ces données à des calculateurs déterminant des corrections à appliquer par un utilisateur n'importe où quelle que soit sa localisation en Europe.

Ces corrections sont transmises par l'intermédiaire de 3 satellites géostationnaires avec une redondance permettant une grande disponibilité. Le système EGNOS est actuellement déployé en Europe et son signal est diffusé depuis plus de trois ans. Il n'a souffert d'aucune interruption depuis un an.

GPS, GLONASS, GALILEO

Types	GPS	GLONASS	Galileo
Nombre de satellites	31	24	2 (prototypes GIOVE) (30 en 2016)
Nombre de plans d'orbites	6	3	3
Altitude (km)	20 000	19 130	23 222
Période de révolution	11h 58m 02s	11h 15m 44s	14h 04m 10s
Nombre de fréquences	2	2	5 ↑

GNSS STRATEGIE REGION AFI

AFI: Afrique-océan Indien

La stratégie relative au GNSS pour la Région AFI a pour but de définir une trajectoire évolutive en vue du remplacement des aides à la navigation au sol, à savoir les VOR/DME/ILS/NDB, en faisant en sorte que les facteurs opérationnels et d'autres facteurs tels que la nécessité d'un rapport coûts-avantages favorable, soient pris en considération.

GNSS STRATEGIE REGION AFI

La stratégie relative au GNSS pour la Région AFI part du principe de l'existence d'un GNSS qui satisfasse aux paramètres spécifiés pour chaque phase du déploiement. Elle n'évalue pas la configuration des systèmes GNSS en elle-même, ni les avantages et inconvénients que présentent les diverses stratégies de déploiement.

GNSS STRATEGIE REGION AFI

Par nécessité, des systèmes de navigation par satellite et au moyen d'aides au sol devront nécessairement coexister pendant un certain temps. Étant donné que l'exploitation de deux systèmes n'est pas économique, les utilisateurs et les fournisseurs devront coopérer pour réduire autant que faire se peut la durée de la période de transition,

GNSS STRATEGIE REGION AFI

en tenant dûment compte des principes suivants:

- le niveau de la sécurité ne sera pas diminué pendant la transition;
- avant l'expiration de la période de transition, les services reposant sur le GNSS doivent être pleinement conformes aux paramètres de précision, de disponibilité, d'intégrité et de continuité pour toutes les phases du vol;
- pendant la transition, les niveaux de fonctionnalité évolueront graduellement;

GNSS STRATEGIE REGION AFI

- à chaque étape du déploiement, il sera tiré parti au niveau de l'exploitation des possibilités qui s'offriront;
- les méthodes d'application tiendront pleinement compte des répercussions pour la sécurité de toute limitation fonctionnelle; et
- il faudra informer suffisamment à l'avance les utilisateurs de la nécessité de s'équiper à nouveau avant que les systèmes au sol ne soient mis hors service.

GNSS STRATEGIE REGION AFI

Fonctionnalités évolutives:

- **Phase I jusqu'en 2012:**

Cette phase autorise l'utilisation du GNSS pour les approches classiques et en tant que système primaire de navigation en route, et en tant que système supplémentaire de navigation dans les TMA. L'infrastructure au sol reste inchangée.

GNSS STRATEGIE REGION AFI

- **Phase II 2013 à 2016:**

Cette phase autorise:

- a) Phase en route: capacité suffisante pour répondre aux besoins de navigation en route en tout point de la Région AFI. Le GNSS continue d'être utilisé comme moyen primaire pour la navigation en route. Le même principe est caractérisé par un plan de transition clair pour l'utilisation du GNSS comme système unique pour la navigation en route. En conséquence, les aides à la navigation en route seront progressivement retirées, en consultation avec les usagers.

GNSS STRATEGIE REGION AFI

- b) Régions terminales: capacité suffisante pour répondre aux besoins de navigation en région terminale (TMA) partout dans la Région AFI. Le GNSS est approuvé comme système unique pour la navigation dans les TMA, au regard des développements techniques et juridiques et des aspects institutionnels.

GNSS STRATEGIE REGION AFI

- c) Les VOR, DME et NDB de régions terminales, ainsi que les radiobalises qui ne sont pas associées avec l'ILS, seront progressivement retirés, en consultation avec les usagers durant la Phase II.

- d) Phase d'approche et d'atterrissage: capacité suffisante pour des approches et atterrissages avec guidage vertical dans l'ensemble de la Région AFI.

GNSS STRATEGIE REGION AFI

Phase III (Long terme) 2017 et au-delà:

Il est présumé qu'un plus grand nombre de constellations de satellites de navigation seront disponibles, pour appuyer l'utilisation du GNSS comme moyen unique de la phase en route jusqu'à l'atterrissage en CAT I. Le système de renforcement satellitaire (SBAS), ou au sol (GBAS) de CAT I sera disponible aux emplacements où les caractéristiques de trafic justifient le besoin.

GNSS STRATEGIE REGION AFI

Le système de renforcement à base de stations sol (GBAS) répondra aux autres besoins. Pendant la Phase III, l'ILS CAT I sera retiré en consultation avec les usagers. Lorsque des besoins en ILS CAT II/III auront été confirmés, ces installations seront maintenues à moins que le progrès technique apporte la démonstration que le GBAS ou le SBAS peuvent répondre à ces besoins.

GNSS STRATEGIE REGION AFI

La stratégie GNSS sera révisée périodiquement. En particulier, elle sera révisée et mise à jour au début de chaque phase de planification pour s'assurer qu'elle continue d'être pertinente pour appuyer le concept opérationnel d'ATM mondiale, en tenant compte de l'évolution technologique et des développements concernant le GNSS.