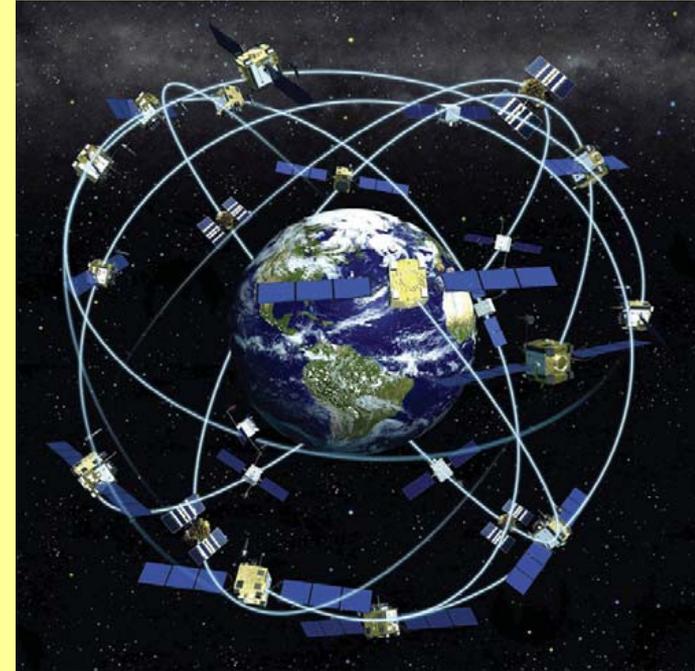


A la fin du cours, le stagiaire :

1. Saura décrire un système GNSS et en expliquer le principe de fonctionnement et les limitations
2. saura interpréter et comprendre les informations fournies par le GPS.
 - TRK
 - DTRK
 - BRG



1. Le GNSS
2. Le GPS
3. Les informations utiles pour la navigation



Le GNSS permet la mise en œuvre de la navigation de surface (RNAV) dans les phases en-route, en région terminale et en approche.

La RNAV est une méthode de navigation permettant le vol sur n'importe quelle trajectoire, utilisant une position absolue de l'aéronef indépendante de l'emplacement des infrastructures sol.

Le briefing présente les critères techniques et opérationnels nécessaires à la réalisation d'approches de non-précision RNAV/GNSS reposant sur la constellation GPS renforcée par un système d'intégrité interne au système de navigation de bord (ABAS).

Il s'agit de procédures autonomes (« stand-alone »), indépendantes des moyens de radionavigation terrestres (**sauf dans certains cas d'approche interrompue**).

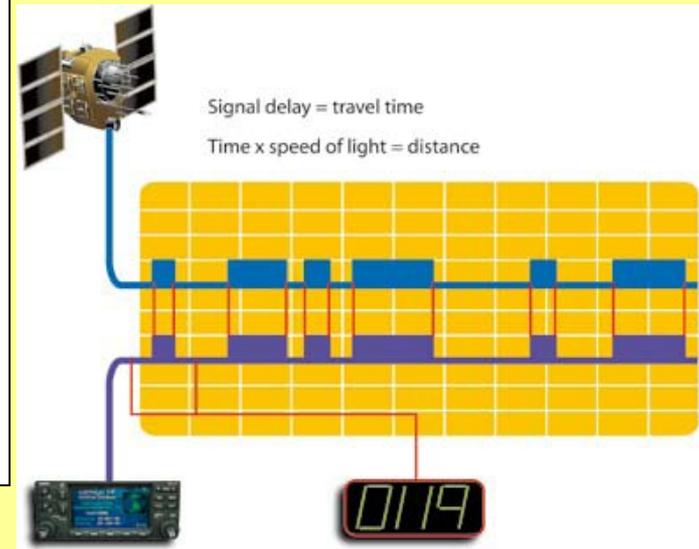
Qu'est-ce qu'un GNSS ?

Constellation de satellites diffusant chacun un signal « Haute Fréquence » contenant :

- Une information de temps (heure GPS)
- Une information de position (Navigation Data Message)

Permettant au récepteur embarqué recevant des signaux de plusieurs satellites

- de « mesurer » sa distance par rapport à chacun (pseudorange)
- de calculer sa position par triangulation



Quel sont les systèmes GNSS existants ?

Il existe actuellement 3 systèmes GNSS dans le monde :

- **GLONASS.**

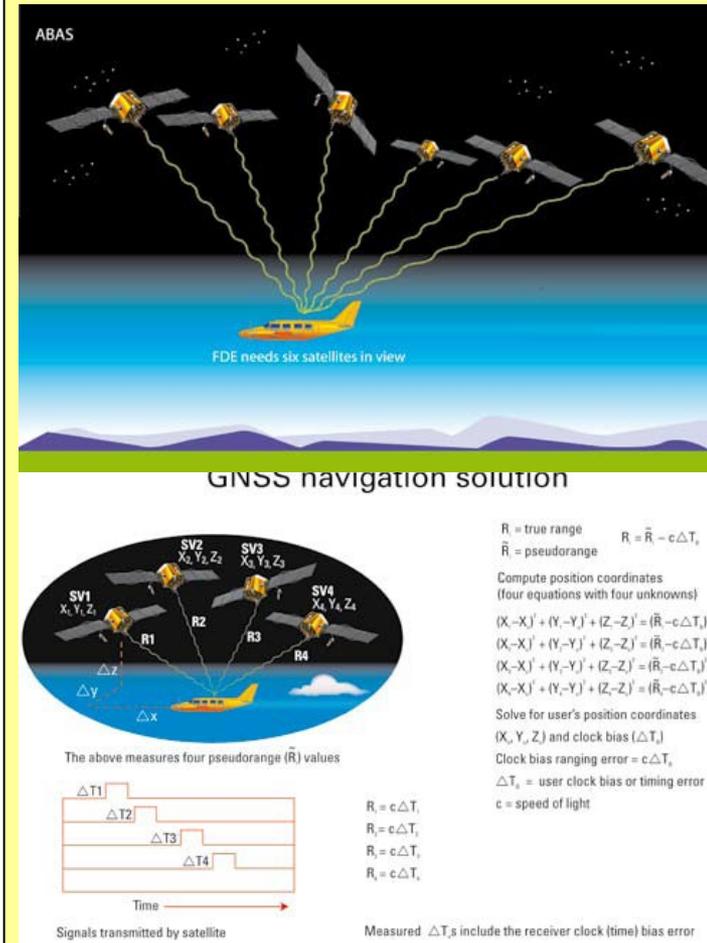
- Constellation de 24 satellites dont les signaux peuvent être récupérés par un récepteur GLONASS

- **GALILEO.**

- Constellation de 30 satellites.
 - Nécessite un récepteur compatible.
 - Non encore opérationnel

- **GPS**

- Constellation de 30 satellites
 - Nécessite un récepteur compatible
 - Opérationnel depuis 1992



Le DOD américain a développé et déployé le système. Il est responsable du maintien en condition de la constellation. Il la surveille en permanence.

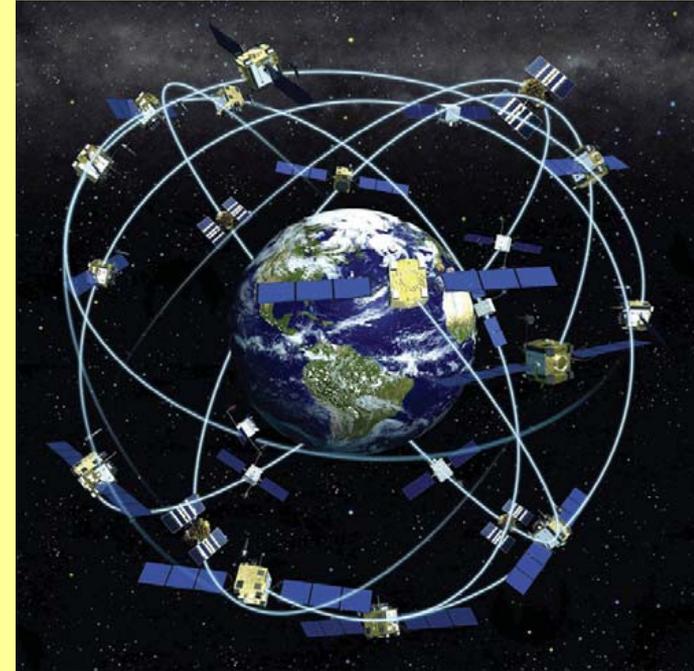
Le système permet :

- de déterminer des coordonnées centrées sur la terre
- De fournir une position avion référencée selon les normes WGS-84

Le système répond aux normes civiles pour une utilisation comme moyen de navigation primaire en espace océanique et dans certaines régions reculées du monde.

Le système n'est pas affecté par les conditions météo.

Des équipements GPS ayant obtenus la certification requise peuvent être utilisés en navigation IFR.



Le système GPS se compose de trois éléments dits segments distincts :

Le segment spatial

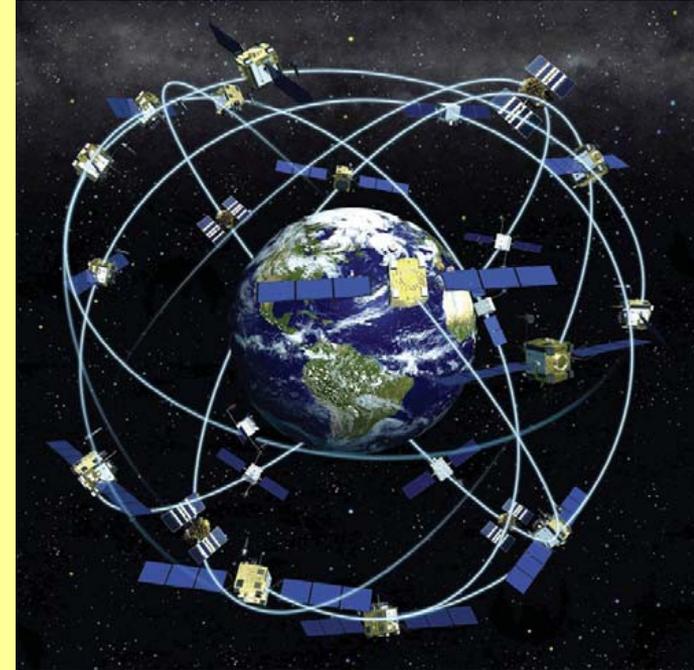
- 30 satellites
- 6 plans orbitaux (5 sat par plan)

Le segment terrestre de contrôle

- Réseaux de plusieurs centres
- Vérification de la précision de la position et de l'horloge

L'équipement embarqué de l'utilisateur

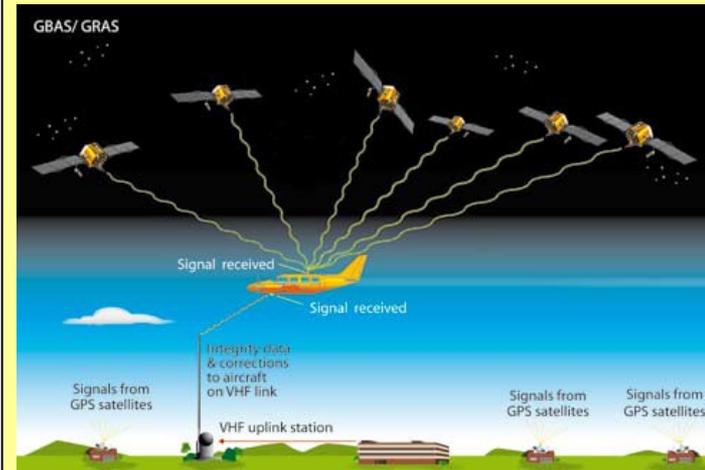
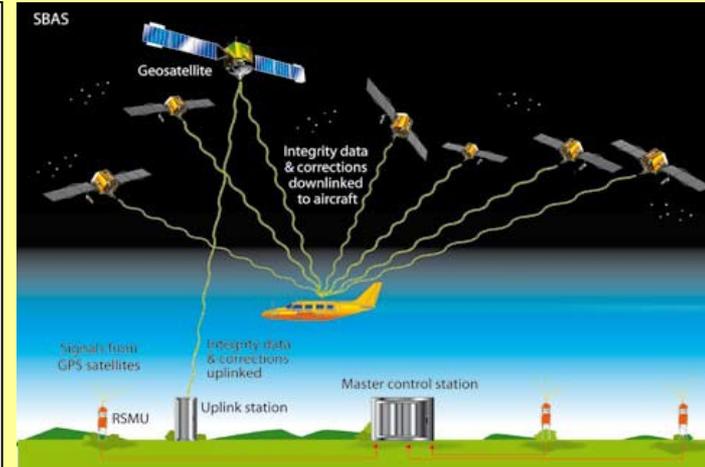
- Fournit position avion, vitesse et heure précise
- Doit être approuvé
- Normes TSO C-115a en VFR,
- Normes TSOC-129 pour IFR



Le principe de fonctionnement du GPS

- Mesure de distance et triangulation par rapport à un groupe d'au moins 4 satellites visibles au-dessus de l'angle de masque) qui se comportent comme des références fixes.
- La mesure de distance se fait à partir de la mesure de temps de parcours du signal.
- Le satellite envoie un code (course/acquisition CA code) qui contient :
 - › Position du satellite
 - › Heure GPS (heure spécifique)
 - › Information de qualité et de précision de ces données
- Le récepteur calcule la distance connaissant cette heure d'envoi du signal et l'heure à laquelle il le reçoit.

« **Pseudo range.** »
- Le récepteur établit la position exacte du satellite dont il a besoin grâce à l'information de la position orbitale envoyée par le satellite



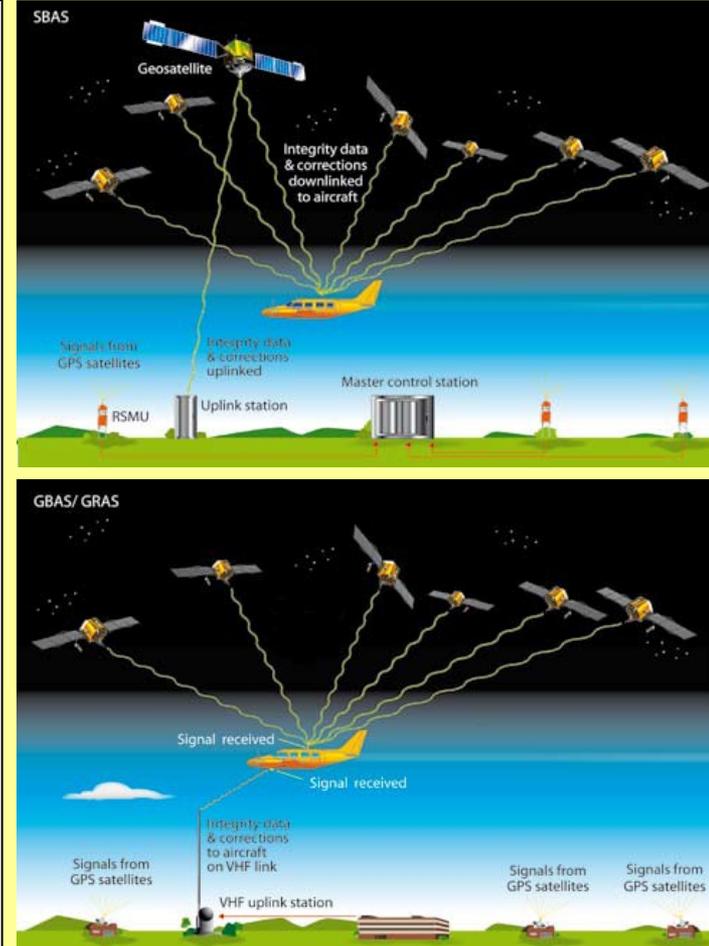
Le récepteur a besoin de 4 satellites pour élaborer une position en 3D :

- longitude
- latitude
- altitude

Connaissant la position de l'avion, il peut ensuite calculer et présenter au pilote les valeurs de navigation telles que :

- Distance et relèvement vers un WP,
- Vitesse sol,
- Temps de vol,
-

Il vérifie en permanence, l'intégrité des signaux issus des satellites (fonction RAIM). **Cette fonction nécessite au moins 5 satellites pour un GPS Stand-alone..**



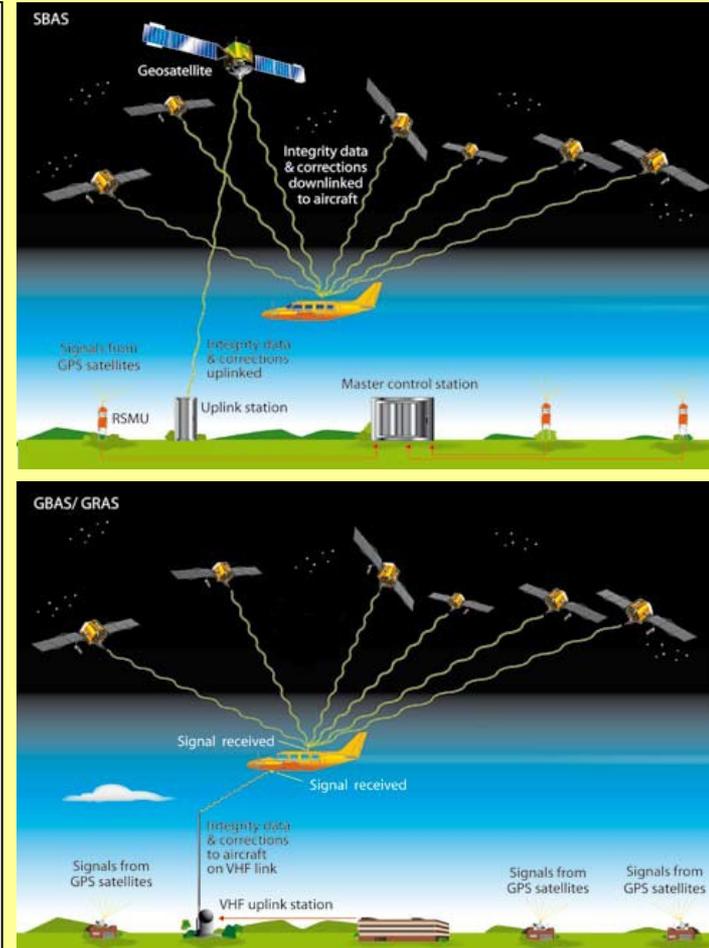
Les erreurs du GPS

Avec une constellation de 30 satellites on pourrait s'attendre à ce que le GPS soit accessible partout.

A partir du moment où leur nombre atteint 24, certaines zones géographiques peuvent ne pas être couvertes.

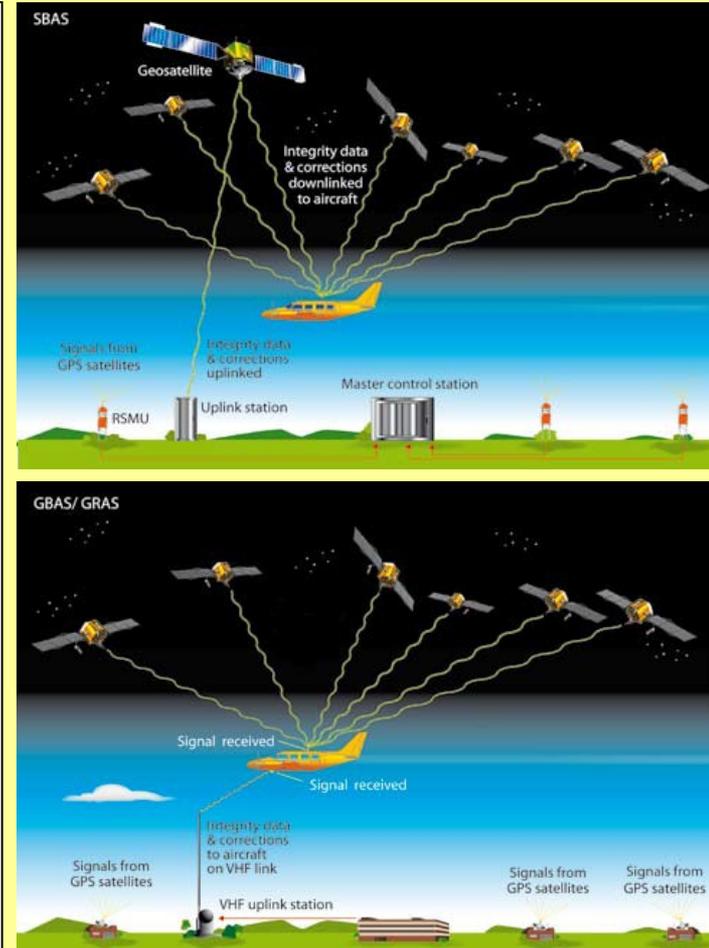
Des pertes de signal peuvent survenir :

- Dans des vallées entourées de hauts reliefs,
- Chaque fois que l'antenne est masquée par la structure de l'avion.



Les erreurs du GPS

- Interférences radios (harmoniques) en VHF de la part de certains équipements embarqués. Il faut rechercher la cause en changeant les fréquences radio en regardant la qualité du signal.
- D'autres facteurs peuvent affecter la précision de la position avec un écart inférieur à 100ft (30m) et des pertes momentanées du signal.
 - imprécision d'une horloge atomique,
 - récepteurs/calculateurs,
 - réflexion du signal sur des objets,
 - retards ionosphériques et troposphériques
 - erreurs de transmission de données du satellite



La connaissance de l'état du système est primordiale pour envisager une utilisation continue.

- Sites spécifiques d'information et de prédiction
 - www.navcen.uscg.gov/
 - <http://augur.ecacnav.com> (à savoir utiliser)

• NOTAM GPS

- Autonome (récepteur mais tous ne sont pas équipés de RAIM et ne traite pas forcément l'information de la même manière)

AUGUR GPS RAIM Prediction Tool - GPS Status

GPS Status | Terminal/Approach Tool | Visibility Tool | Route Tool | Nav Domain Home | Mirror Site | Help

A minimum of 30 satellites are available during the query period.

B-RNAV en-route predictive RAIM check not required.

Scenario Information

Start Time: 22/02/2009 00:00:00 UTC
 End Time: 25/02/2009 00:00:00 UTC
 Request Time: 22/02/2009 16:08:57 UTC

Current Almanac

GPS Week: 496
 GPS TOA: 233472
 Total Satellites: 31
 Unhealthy Satellite PRNs: 0
 Details: [Full Text](#) | [Sat Info](#)

Current NANUs

Number	PRN	Start	Stop	Type
2009007	6	23/02/2009 20:00:00 UTC	24/02/2009 08:00:00 UTC	FCSTMX

```

NOTAM INTERNATIONAL
U.S. COAST GUARD STATION WASHINGTON D.C.
DIVERS
<O> VALIDITE: 17-05-1999 16:30 UTC 18-05-1999 04:30 UTC KNMHA0089
E) GLOBAL POSITIONING SYSTEM
PSEUDO RANDOM NOISE VEHICLE 23 U/S)
SELECTIONNES : 1
AM REJETES DATE : 3 (17-5-1999 06:51)
    
```



La fonction RAIM

Permet à un récepteur de vérifier en permanence l'intégrité des signaux reçus de la constellation et de déterminer si un satellite fournit une information corrompue.

Pour détecter une anomalie d'intégrité, il faut que le récepteur puisse « voir » 5 satellites au minimum (stand-alone)

Certains récepteur peuvent, au travers de leur RAIM, avec 6 satellites visibles, isoler le signal satellite corrompu et le retirer définitivement de la résolution de navigation.

Les messages RAIM varient selon le type de récepteur. Les deux plus courants sont :

- nombre insuffisant de satellites disponibles pour assurer la surveillance d'intégrité,
- détection d'une possible erreur qui dépasse les limites acceptables pour la phase de vol (**ENR**, **TERM**, **APR** ou **0.3**)



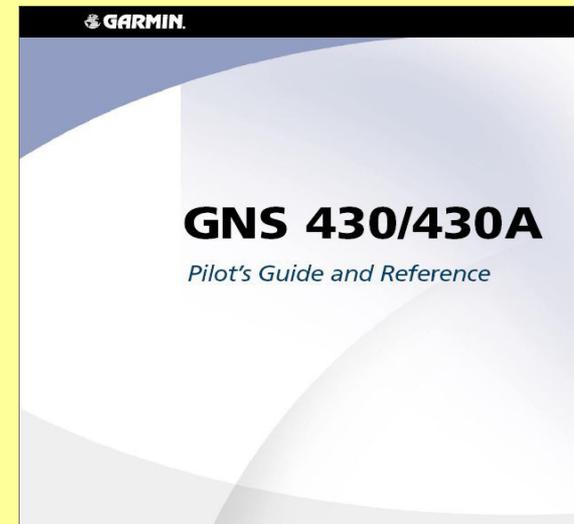
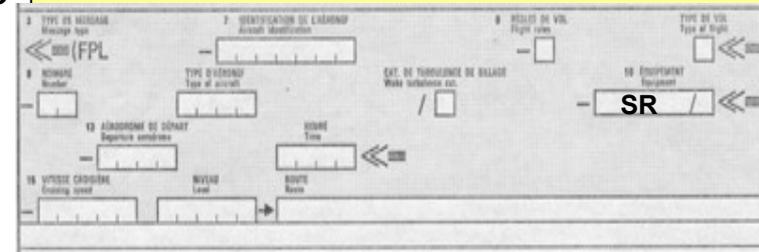
Plan de vol

Les aéronefs équipés d'un récepteur GNSS autonome sont considérés comme équipés RNAV => suffixe approprié à indiquer dans le plan de vol. Panne à signaler immédiatement.

Protection des procédures GNSS

Elle repose sur les hypothèses suivantes :

- avant un vol, le pilote s'assure que l'équipement GNSS et l'installation ont été agréés et certifiés pour le vol prévu.
- le pilote respecte les procédures spécifiques de mise en route et d'autocontrôle du récepteur GNSS qui sont énoncées dans les consignes d'utilisation.



WPT = WayPoint = Point tournant sélectionné

TRK = Track = Route suivie par l'avion

BRG = Bearing = Relèvement = QDM

Pour se diriger vers **WPT**, il faut virer pour que **TRK = BRG**



Menaces

Panne du récepteur

Perte du signal GPS

Perte de l'intégrité GPS

Coordonnées incorrectes

Contre-mesures

- Surveillance au cours du vol
- radionav de surface en back-up
- procédure d'extraction si survenance en dessous de la Z sécu

Charge de travail

Erreurs

Mauvaise sélection des WPT

Contre-mesures

Chargement au sol et vérification

Configuration indésirable de l'a/c	Contre-mesures
Interruption de la séquence des points	Retour à la radionav (préparation des moyens)
Perte des performances de navigation GPS	Retour à radionav (préparation des moyens)
Désorientation du pilote	Affichage des moyens radionav classique
Perte de contrôle suite à charge de travail du pilote	Regarder dehors Travail en séquence

Le GPS est :

- un outil de grande précision
- d'une apparente facilité qui masque une réelle difficulté potentielle
- un multiplicateur de charge de travail si mal utiliser.

Connaître le système avant de l'utiliser

Préparer les navigations au sol

Ne pas se laisser happer par lui.