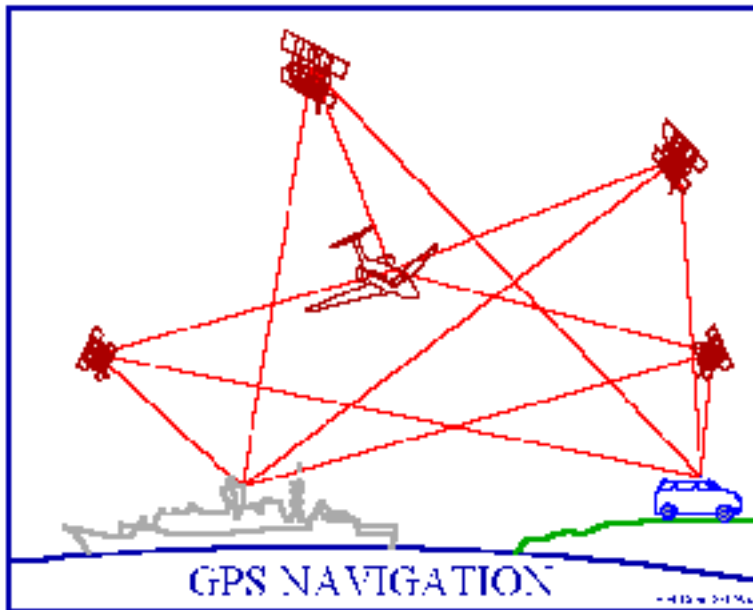


Le GPS

(Global Positioning System)



Par Y.OESCH
HB9DTX

Sources:

www.colorado.edu/geography/gcraft/notes/gps/gps_f.html

HB9IJM / Josu Bilbao

Sommaire

- Le système GPS
- Ce qu 'on peut faire avec
- Comment ça marche - partie technique
- Développement historique
- Trucs et astuces du bon utilisateur
- Applications gestion du transport

Motivations pour l'exposé

- 5 ans de vie professionnelle dans ce domaine (entre autres)
- Système de plus en plus utilisé
- Système très intéressant techniquement (antennes, récepteurs, démodulation CDMA, traitement signal, mécanique, relativité, géométrie, info.embarquée)



Le système GPS Navstar

- Payé et contrôlé par le département américain de la défense (DOD) et le département des transports (DoT)
- Disponible dans le monde entier
- Système mixte militaire/civil
Militaire: 2 fréquences
Civil: Une fréquence seulement



Ce que l'on peut faire avec

Le système (civil) fournit:

- Position n'importe où sur la terre ($\pm 10\text{m}$)
- Altitude approximative ($\pm 50\text{m}$)
- Temps ($\pm 1\mu\text{s}$)
- Vitesse

GPS NAVIGATION

Fonctions dérivées

- Marquer un point et y revenir
- Préparer un tracé de route et le suivre
- Calculer des distances entre les points
- Cap à suivre pour arriver quelque part
- Temps de déplacement jusqu'au but
- Heure de lever/coucher du soleil
- Repérage sur carte si base de données disponible (carte numérisée)

Quelques utilisateurs

- Radioamateur (APRS) !
- Randonneurs
- Conducteurs (gestion flotte véhicules)
- Géomètres
- Aviation (pas encore agréé pour atterrissage)
- Militaires (USA surtout)
- Synchronisation de réseaux télécom
- Deutsche Bahn

APRS

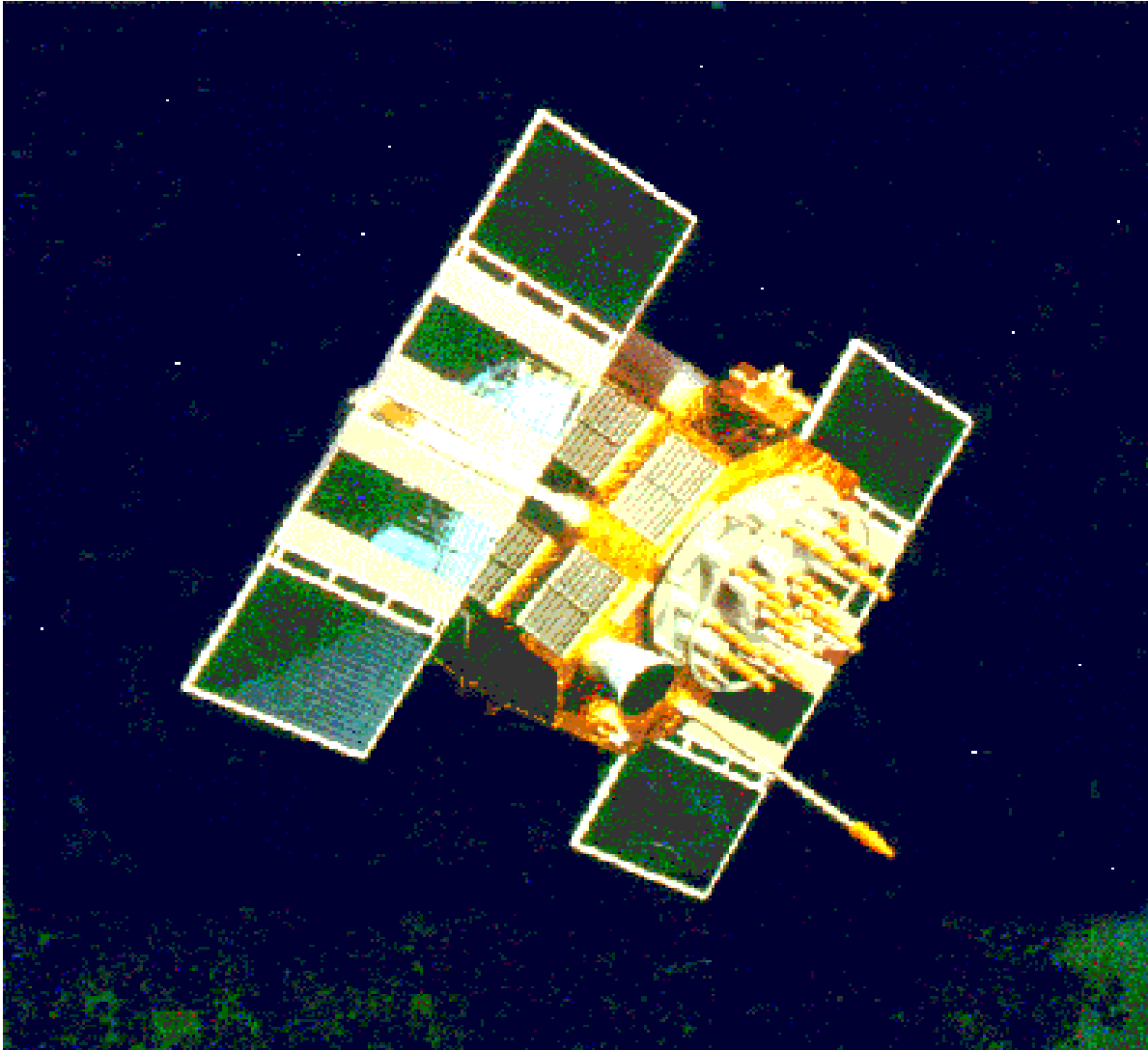
(Automatic Position Reporting System)



Technique

- 24 Satellites en orbite à 20 '200 km du sol
- 6 plans orbitaux, 4 satellites par plan + réserve
- Révolution: 11h58 = 1/2 jour sidéral
- Tous les satellites émettent sur la même fréquence: 1575.42 MHz et en même temps!
- Polarisation circulaire droite (RHCP)
- Chaque satellite a un code pseudo-aléatoire différent.
- Puissance HF des Satellites: 10W

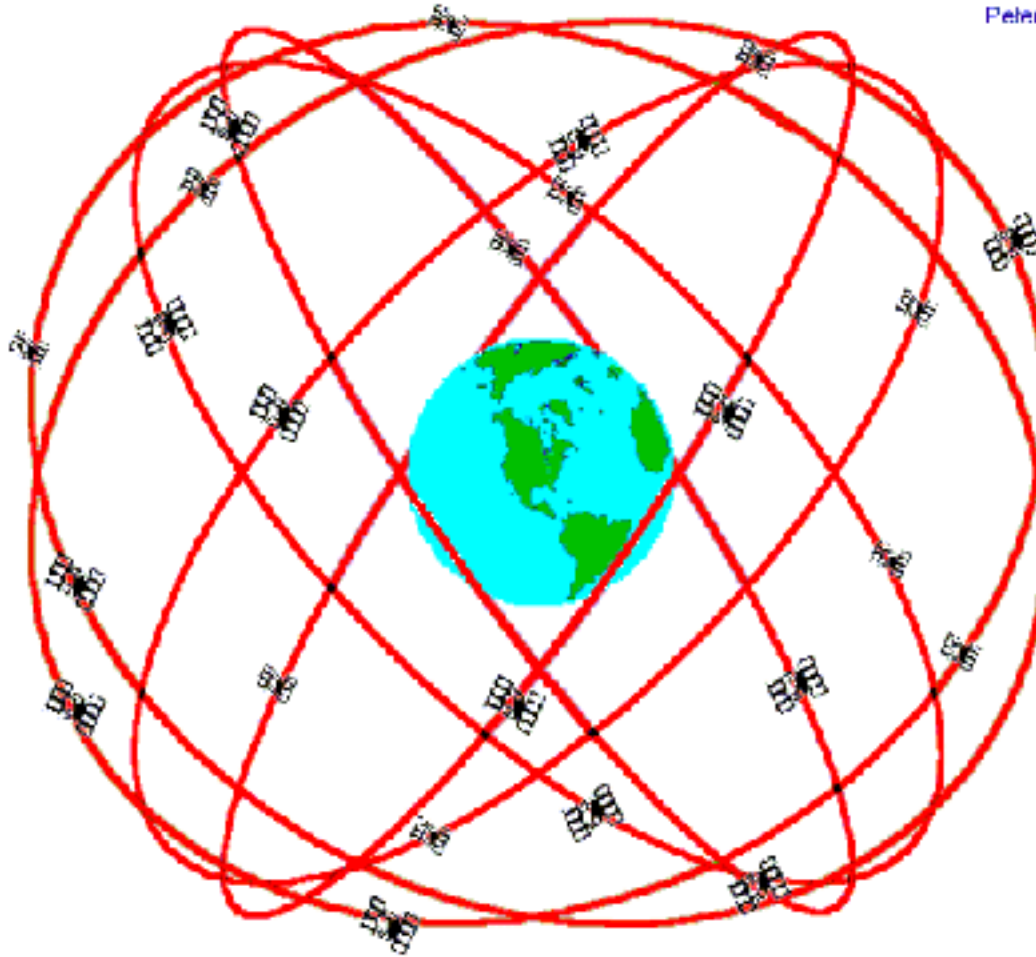
Satellite GPS



- 2 tonnes
- 10 W puissance
- 4 horloges atomiques (Cs / Rb)
- Rayonnement constant à la réception

Constellation satellite

Peter H. Dana 9/22/98

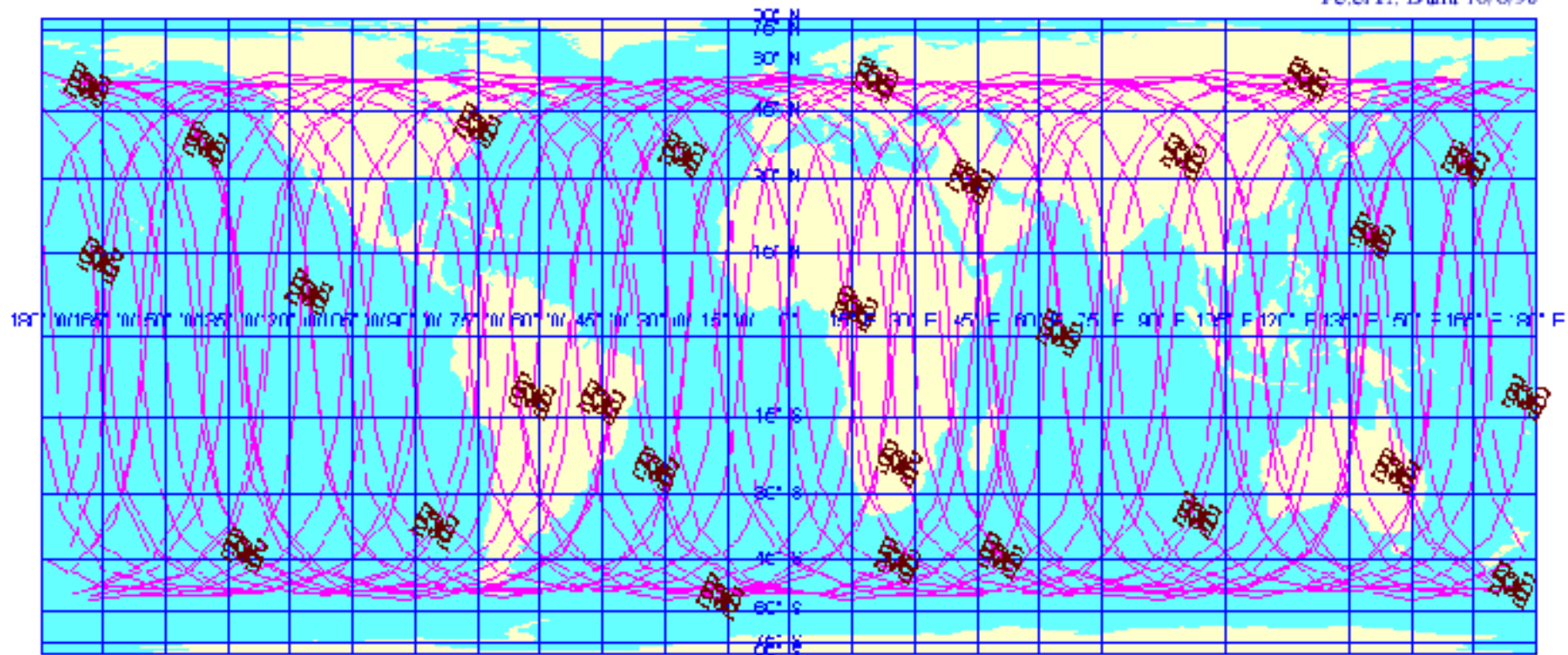


GPS Nominal Constellation

24 Satellites in 6 Orbital Planes

4 Satellites in each Plane

20,200 km Altitudes, 55 Degree Inclination

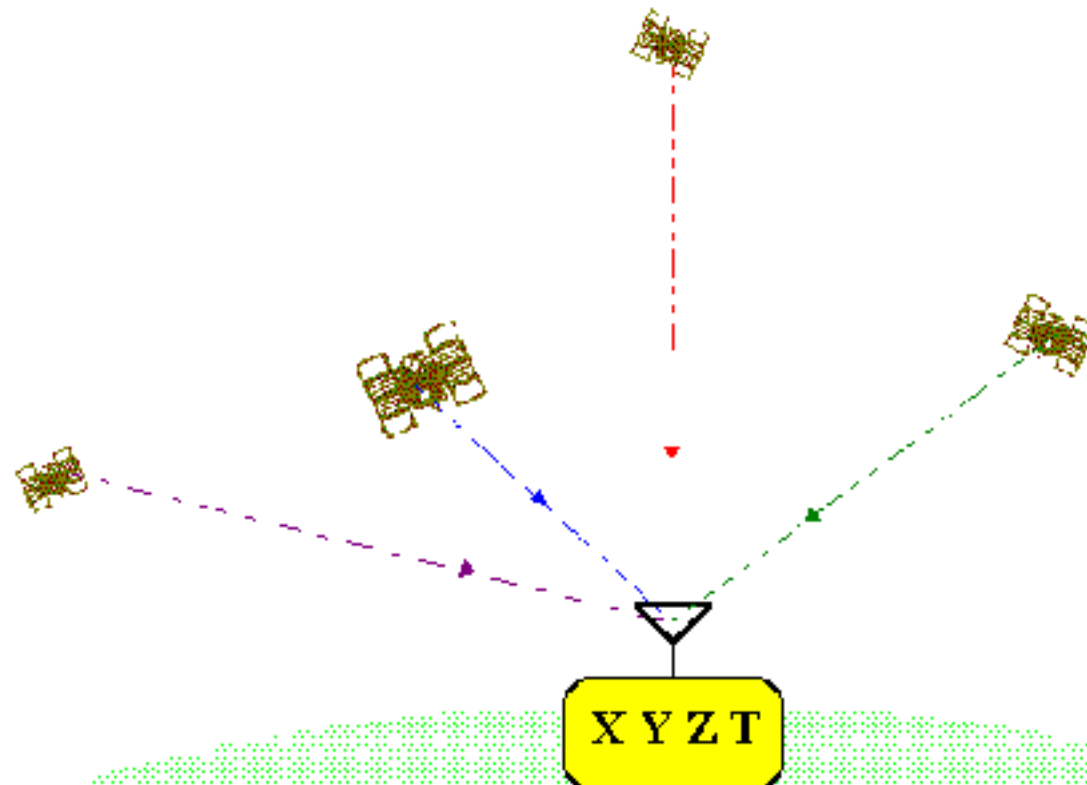


Global Positioning System Satellites and Orbits

for 27 Operational Satellites on September 29, 1998

Satellite Positions at 00:00:00 9/29/98 with 24 hours (2 orbits) of Ground Tracks to 00:00:00 9/30/98

Fonctionnement simplifié



The Global Positioning System

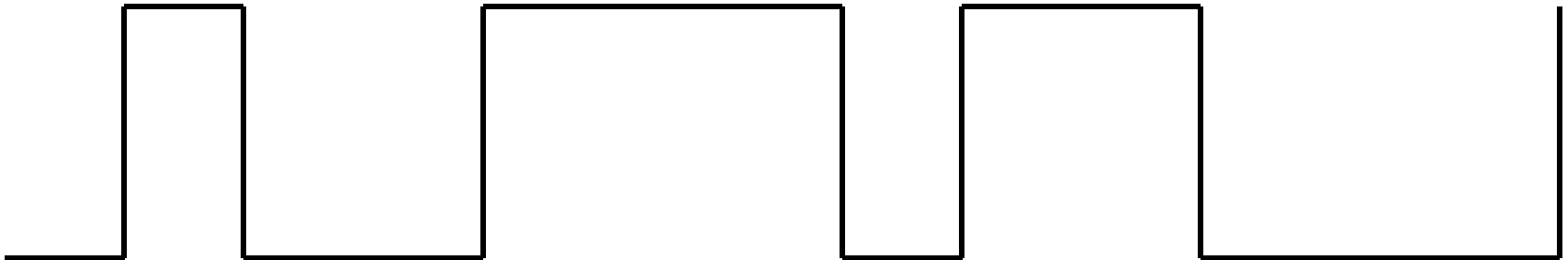
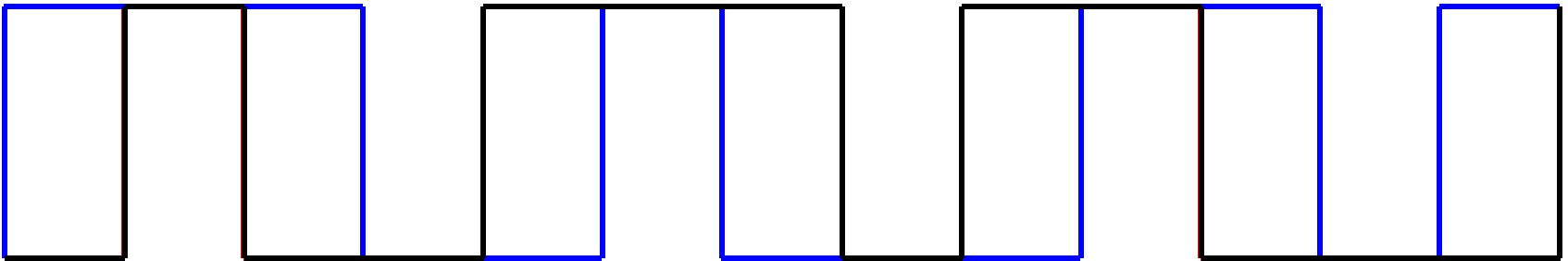
Measurements of code-phase arrival times from at least four satellites are used to estimate four quantities: position in three dimensions (X, Y, Z) and GPS time (T).

suite

- Chaque satellite transmet son code en même temps et sur la même fréquence (CDMA)
- Le récepteur reconstitue les codes locaux des satellites et les synchronise avec les signaux du ciel (corrélation)
- Le déphasage donne la différence des distances aux satellites ($d=c*t$)
- Connaissant la position de 4 satellites, on peut calculer sa position
- Vitesse obtenue par doppler de la porteuse

Identification des satellites

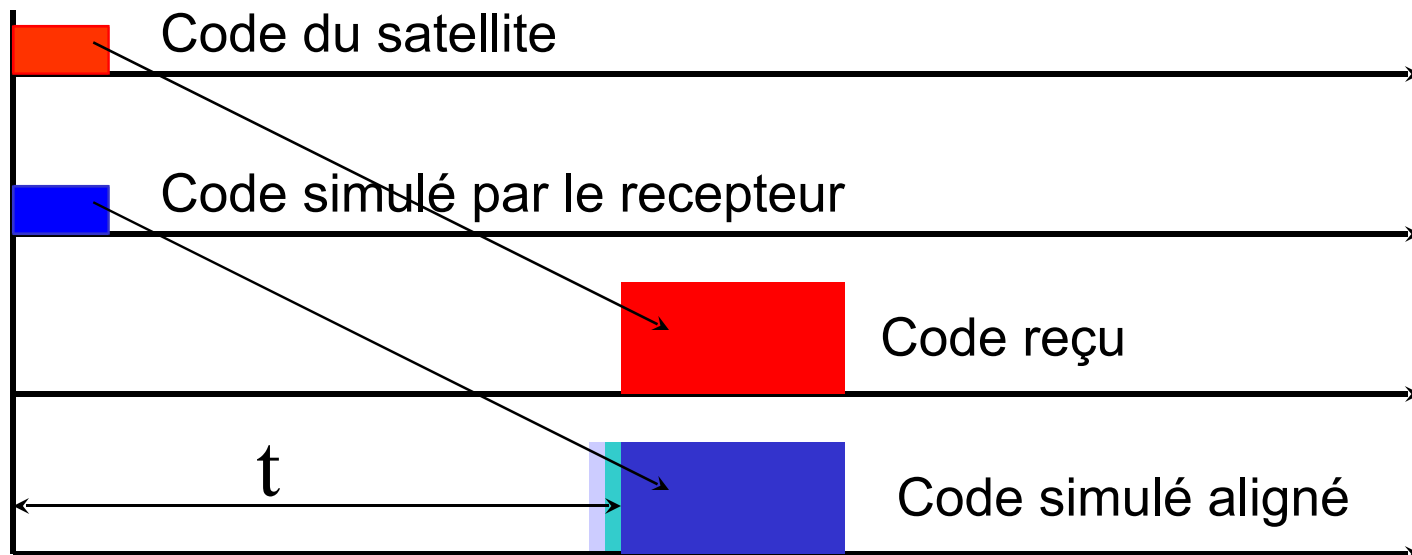
A1 + B3



Signal simulé du satellite A1

Comment déterminer la distance ?

- Le déphasage donne la distances des satellites ($d=c*t$)



suite

- Polarisation circulaire \implies signal arrière atténué de 30dB au moins. Important pour éviter le multi-trajet.
- Puissance à la réception: -130 [dBm], soit **20 dB en dessous du bruit thermique**
- La position calculée correspond au centre de phase de l'antenne
- Le câble entre l'antenne et le récepteur n'ajoute pas d'erreur de position.

Le signal GPS- modulation CDMA

L1 CARRIER 1575.42 MHz



C/A CODE 1.023MHz



NAV/SYSTEM DATA 50 Hz



P-CODE 10.23 MHz



L2 CARRIER 1227.6 MHz



L1 SIGNAL

Mixer

Modulo 2 Sum

L2 SIGNAL

GPS SATELLITE SIGNALS

Corrélation CDMA

10111100011001101001110001110001011110001100110100111000111000



A Short Repeating PRN Code Sample

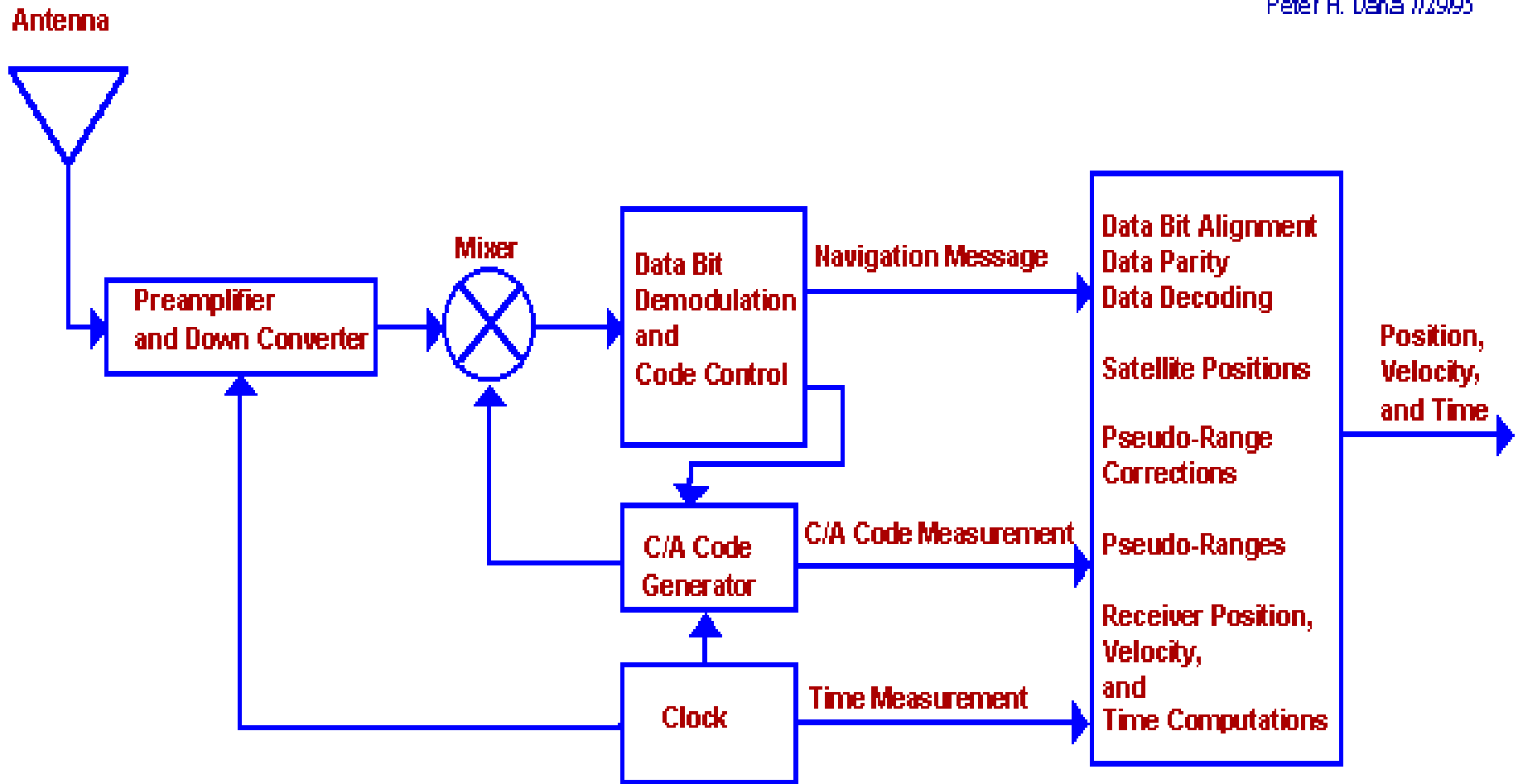
10111100011001101001110001110001011110001100110100111000111000



No Correlation with a Different PRN Code

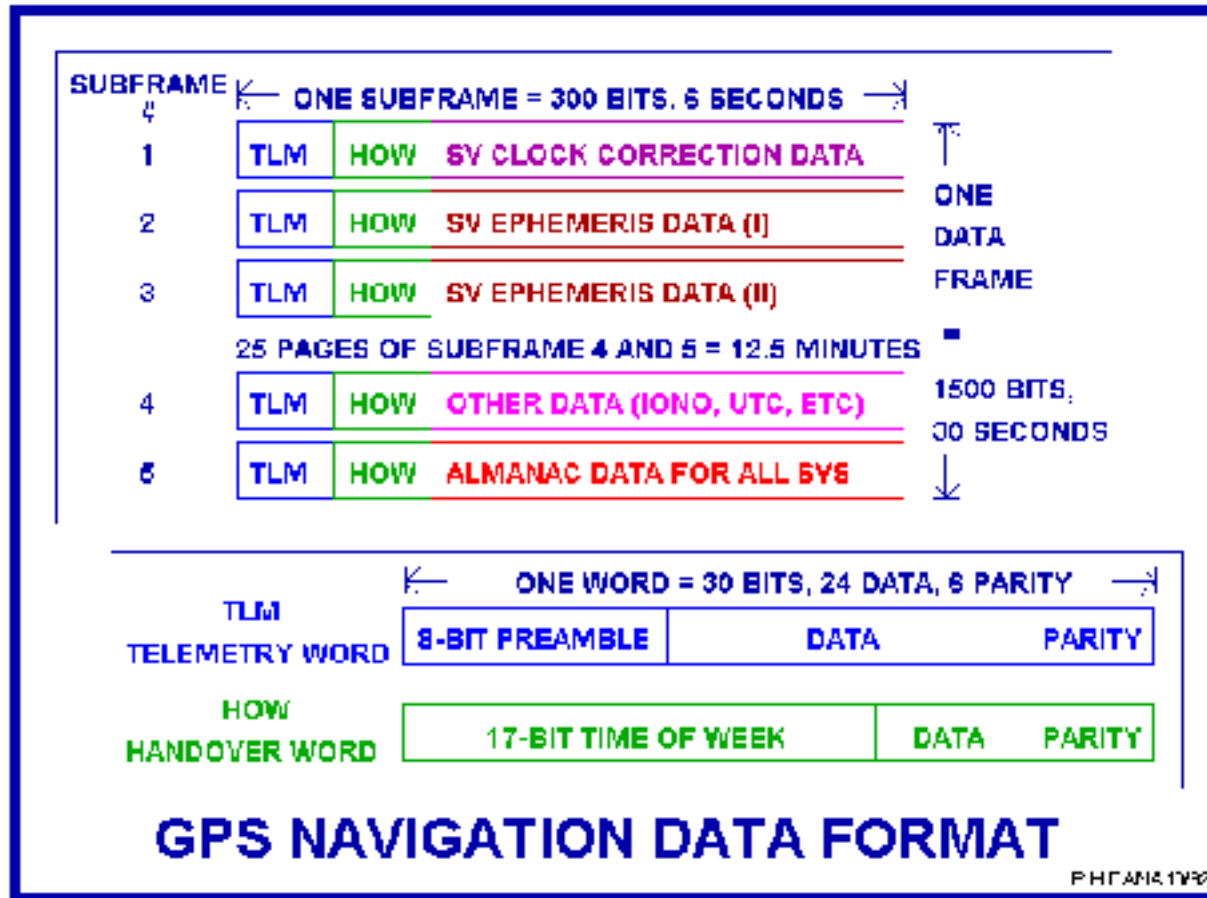
Récepteur générique

Peter H. Dana 7/29/95



Simplified GPS Receiver Block Diagram

Le message de navigation

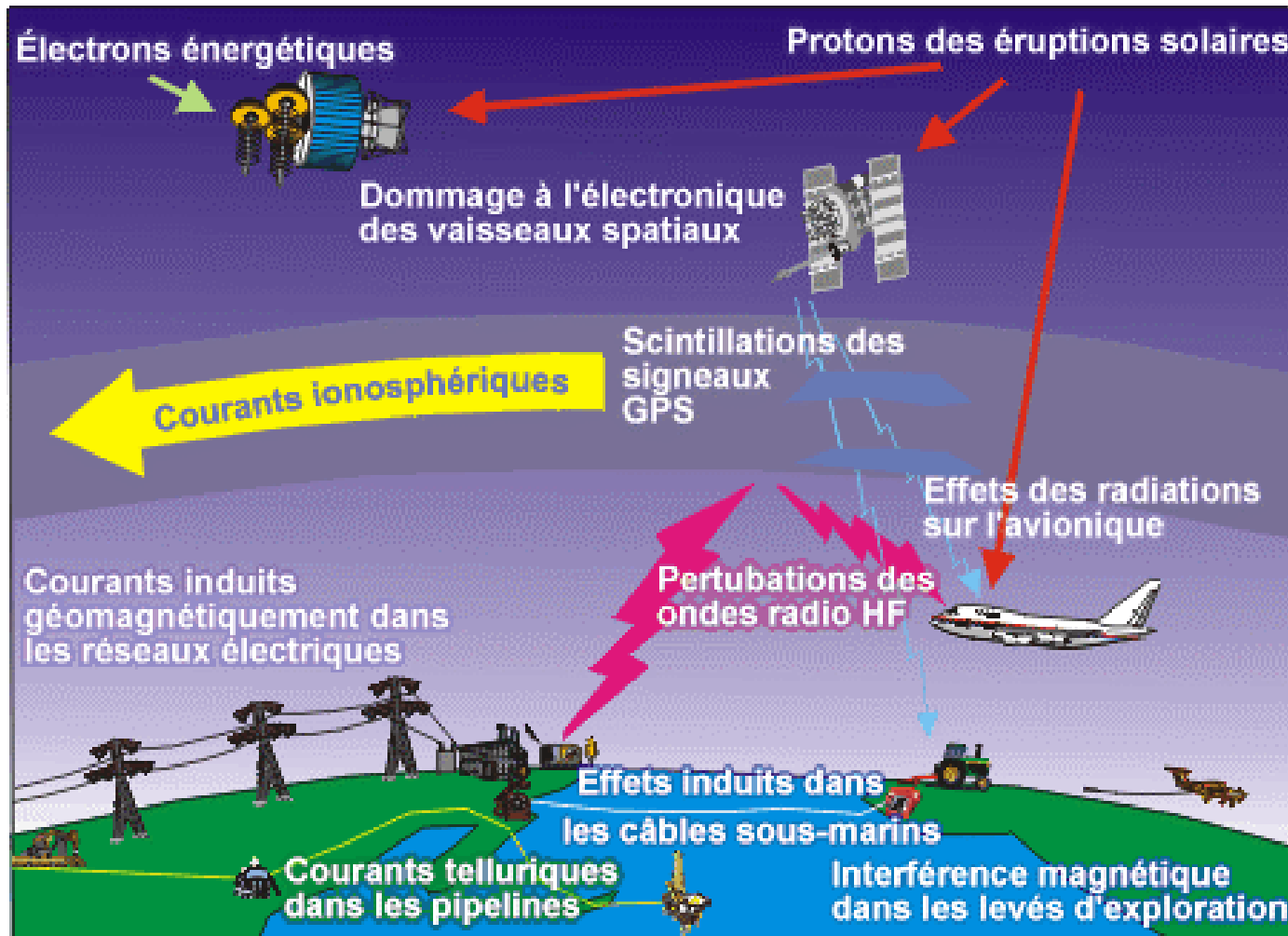


Transmis par chaque satellite, en même temps sur la même fréquence 50 bps, 30 secondes pour 6 sous-frames, temps min pour acquisition

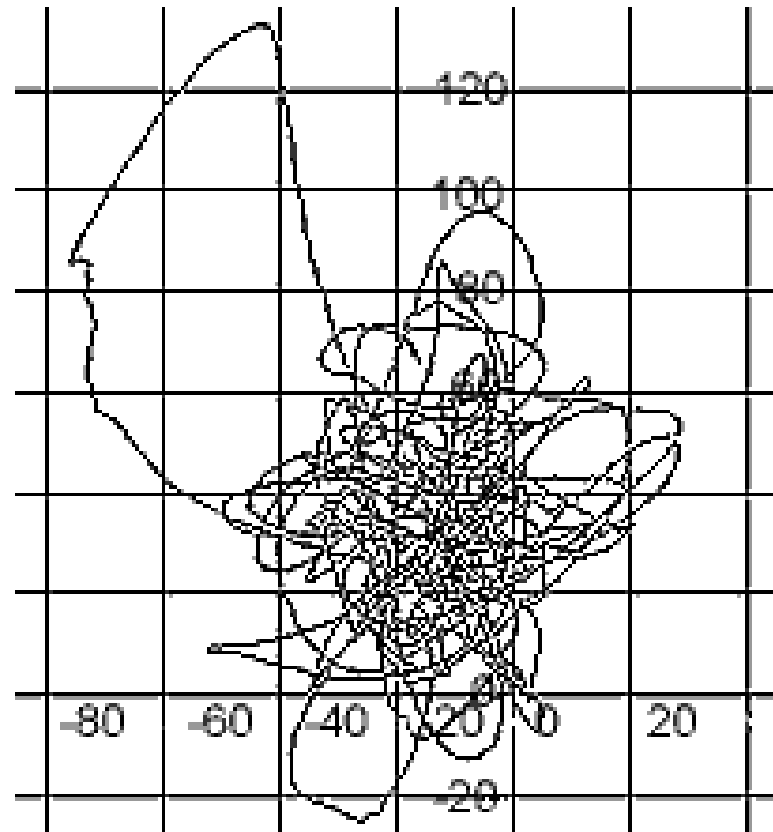
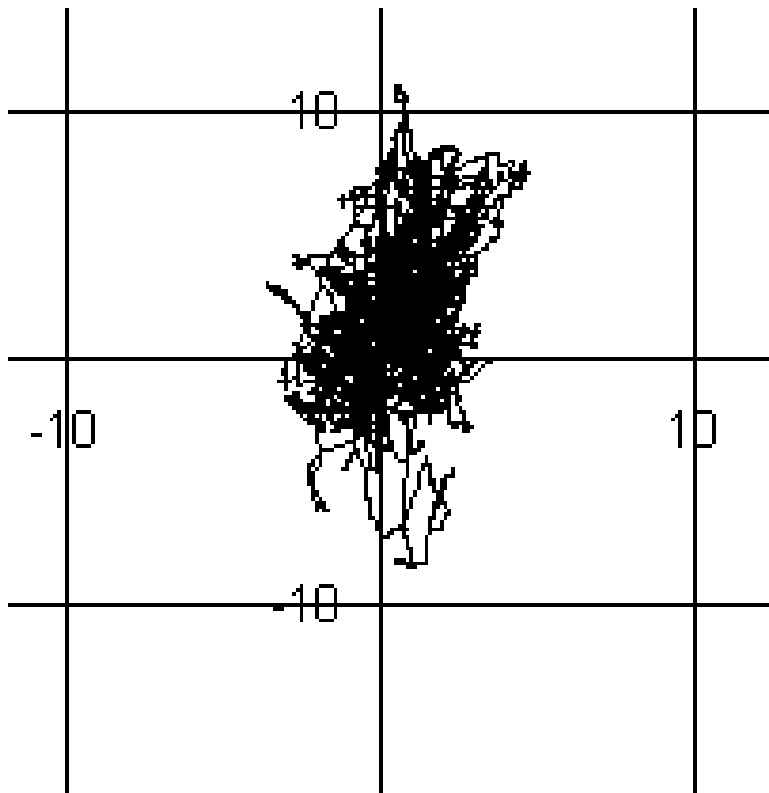
Fiabilité

- Réception difficile si ciel pas dégagé (canyon urbain)
- Si problème sur satellite: mal fonctionnement pendant plusieurs heures sans avertissement
- Dégradation naturelle du signal
- Dégradation volontaire de la précision

Dégradation naturelle du signal



Dégradation volontaire



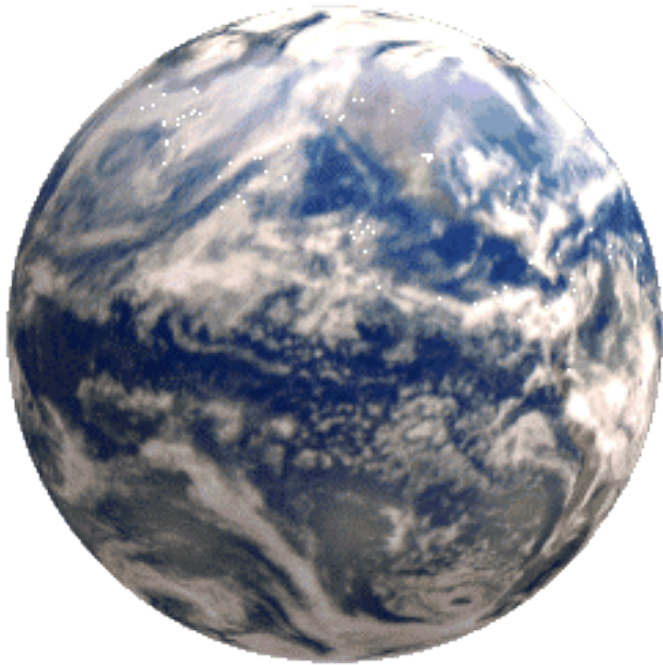
Développement historique

- 1ers essais début des années 70. Militaire uniquement.
- Crash Boeing Koréen KLA 007 abattu par les russes 1987. Libération du code C/A pour les civils. Précision à $\pm 100\text{m}$
- Guerre du golfe: pas assez de récepteur pour les troupes alliées. Suppression temporaire du brouillage (SA).

Suite

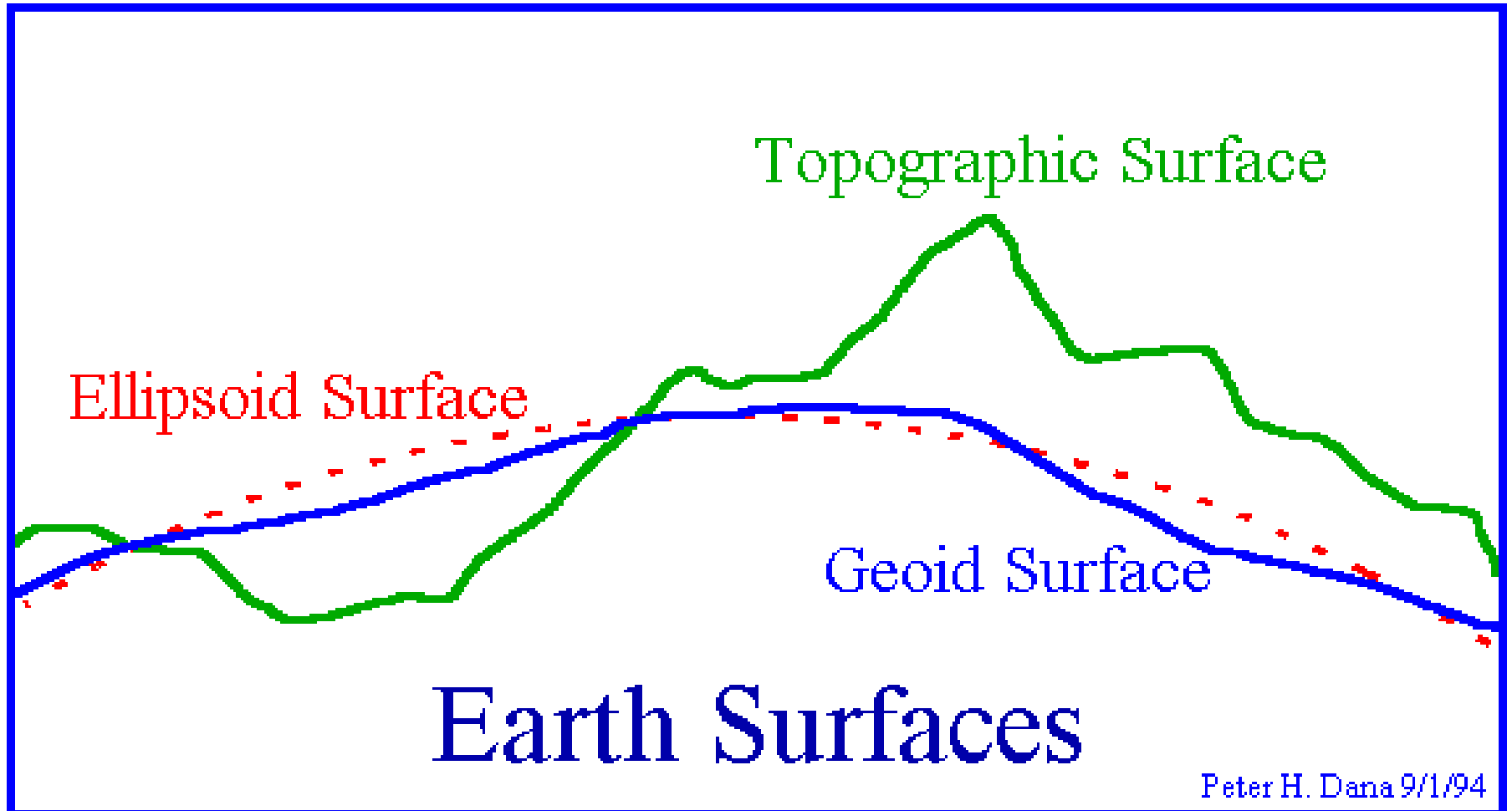
- 2000: Suppression permanente du brouillage (menace de concurrence du système européen GALILEO)
- 2002 Budget européen pour lancement GALILEO accepté.
- 26 juin 2004: Accord de coopération GPS-Galileo
- 2008 Premiers signaux Galileo attendus

Représentation de la surface terrestre



Geoïde

Datum



Le système de coordonnées

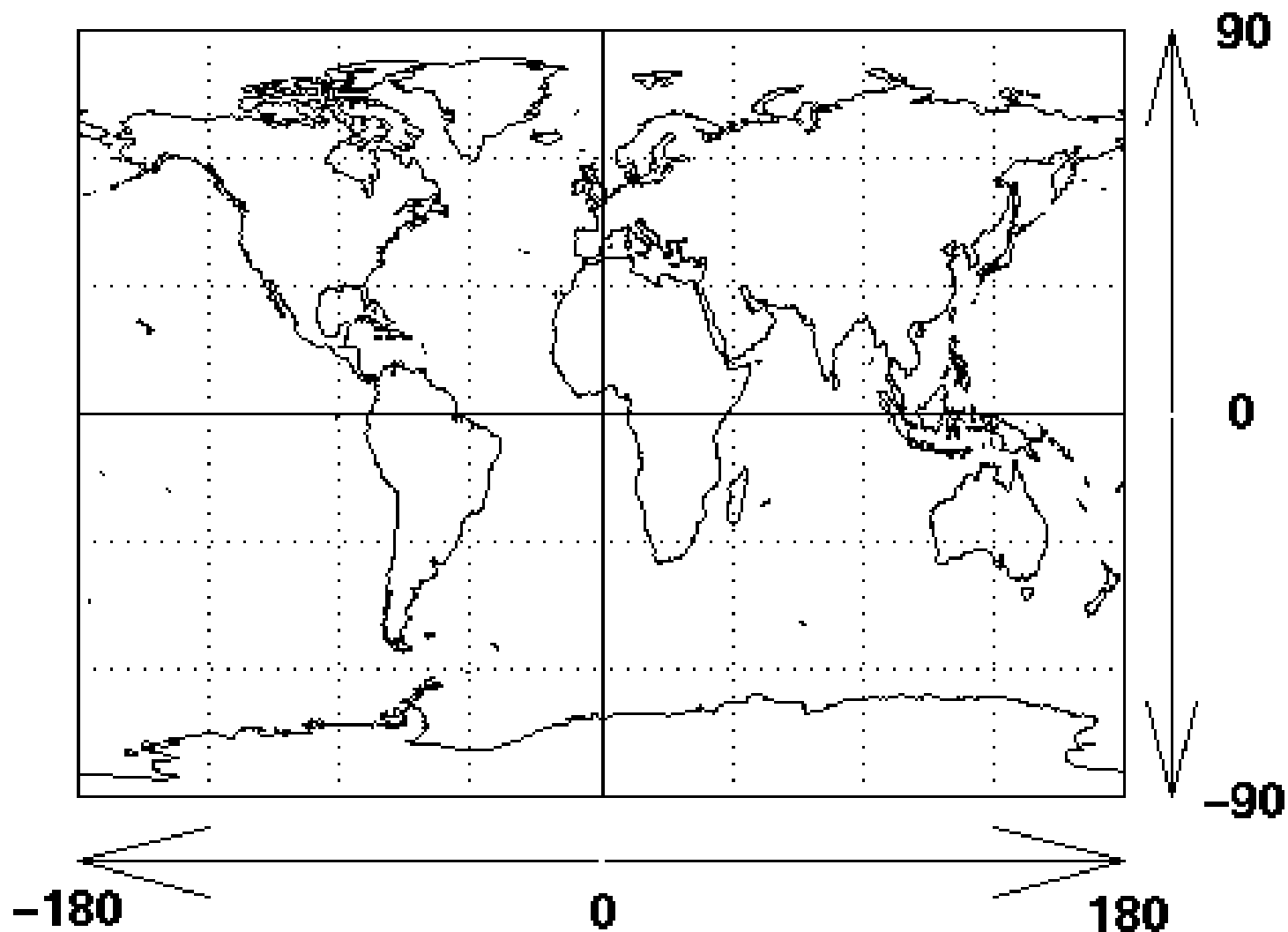


Latitude



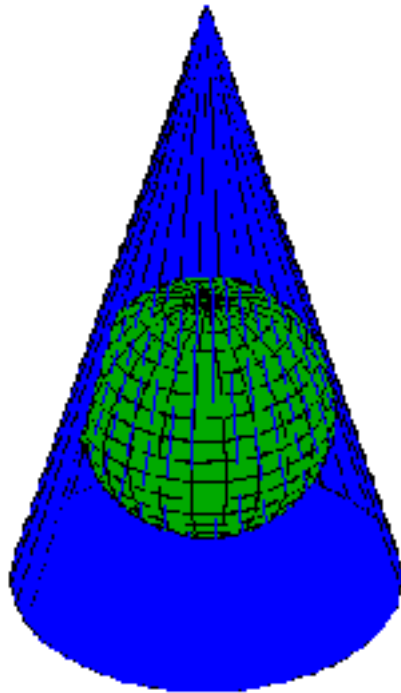
Longitude

Projections de coordonnées



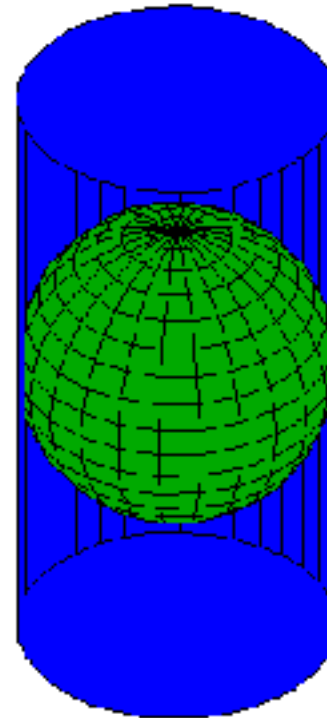
Projections

Peter H. Dana UCL 2004



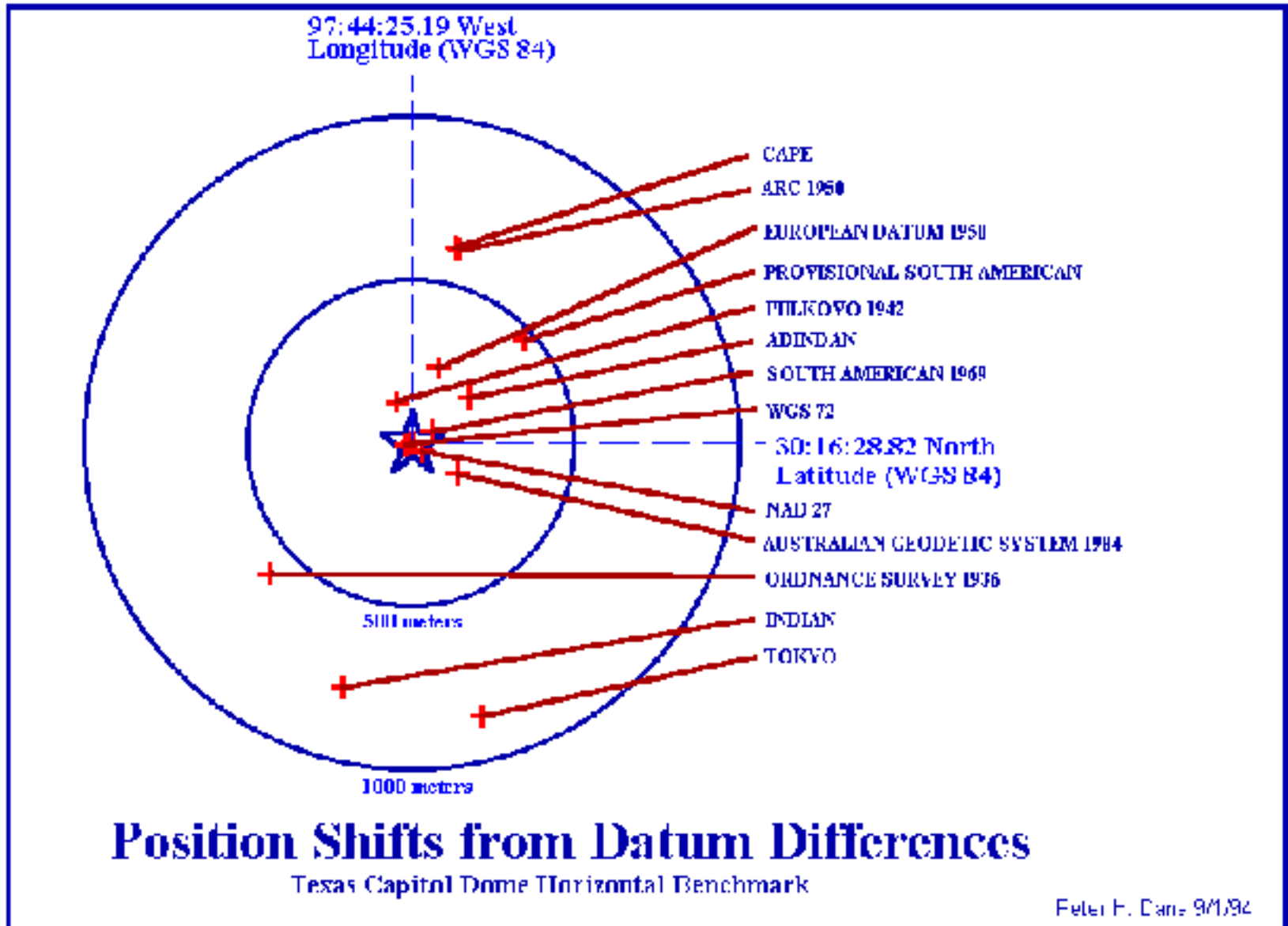
Conical Projection Surface

Peter H. Dana 2004



Cylindrical Projection Surface

Erreur sur le réglage



Trucs et astuces

- Chercher un dégagement de l'antenne vers le ciel maximal
- Pas de satellites au nord ==> regarder au sud
- Rapidité d'acquisition dépend du déplacement et du temps depuis le dernier fix ==> prendre régulièrement la position

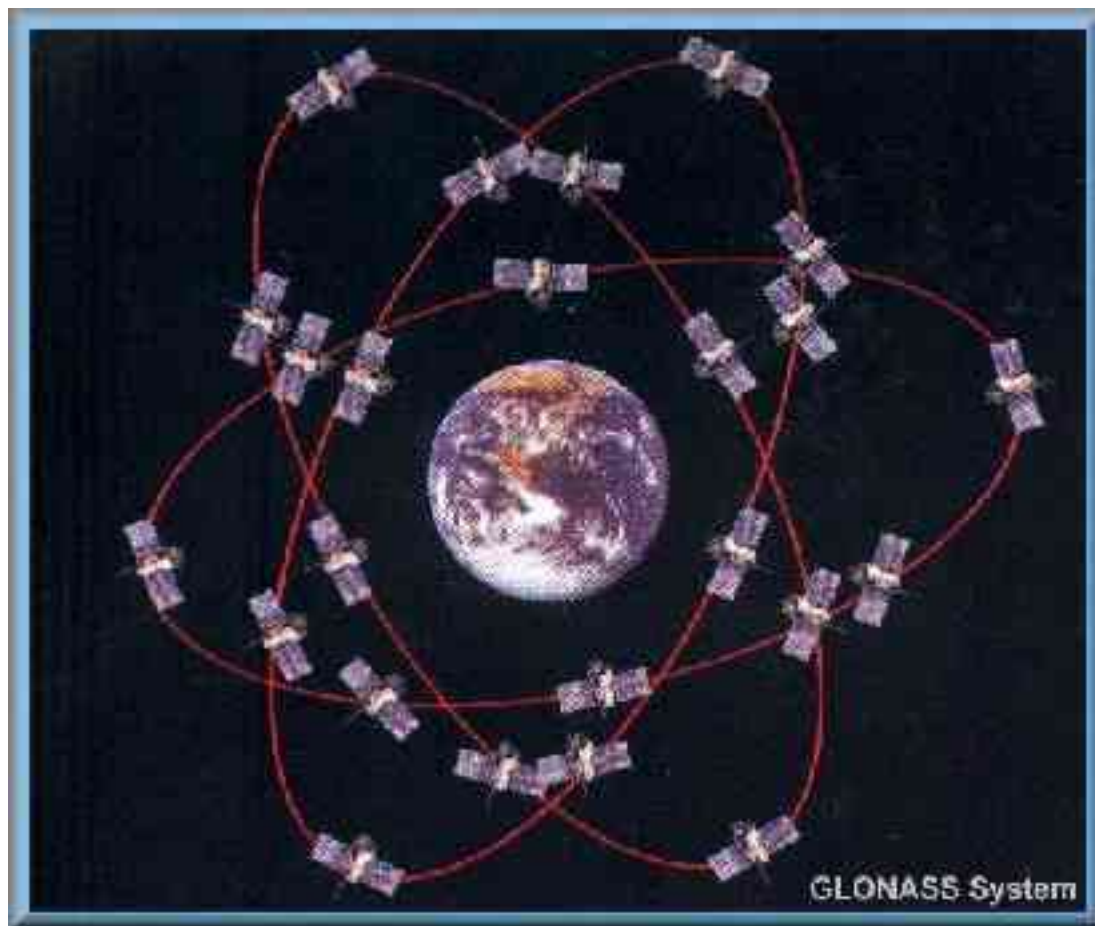
Astuces, suite

- Message complet: 12.5 minutes
- QRG: 1575.42 MHz. Attention aux réflexions et à l'absorption (arbres)
- APRS: DATUM WGS-84
Grille: degré, minutes, minutes déc.
46°37.62N / 6°38.43E
- Topo Suisse: DATUM: CH-1903
Grille: Swiss Grid
538 700 / 167 900

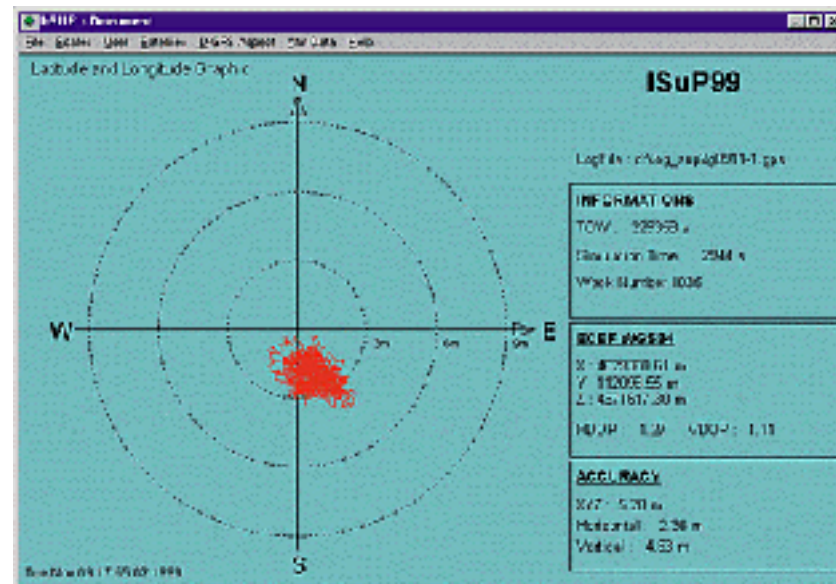
Astuces, suite

- 24 Satellites \implies 12 max visible en même temps depuis le sol
- Attention 5V sur l'antenne chez Garmin!
- Ant. Externe: compter entre 5 et 20 mA
- Certains vieux récepteurs se synchronisent plus facilement à vitesse nulle
- Si pas de boussole magnétique \implies on doit se déplacer pour voir la direction

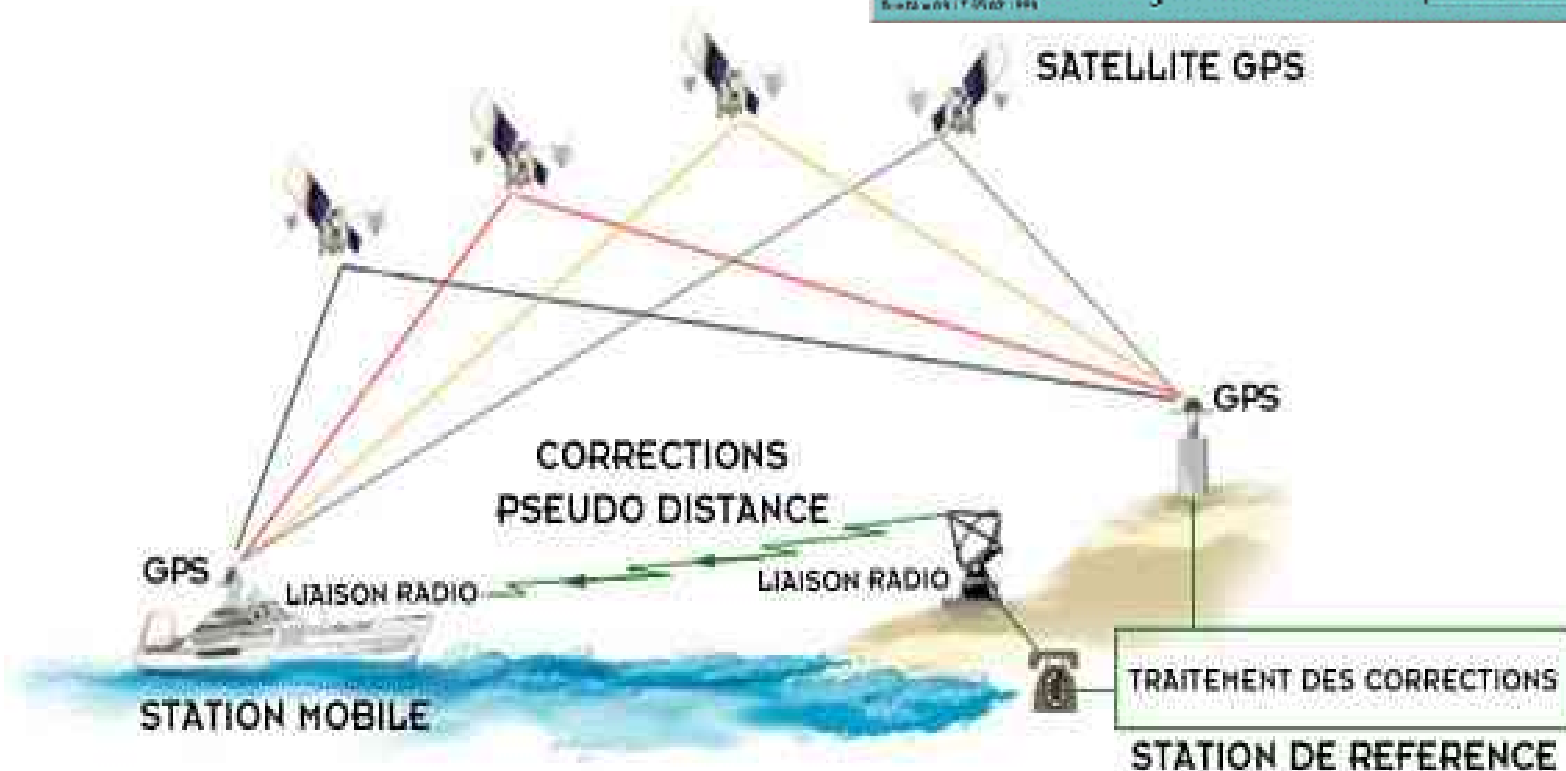
GLONASS



DGPS

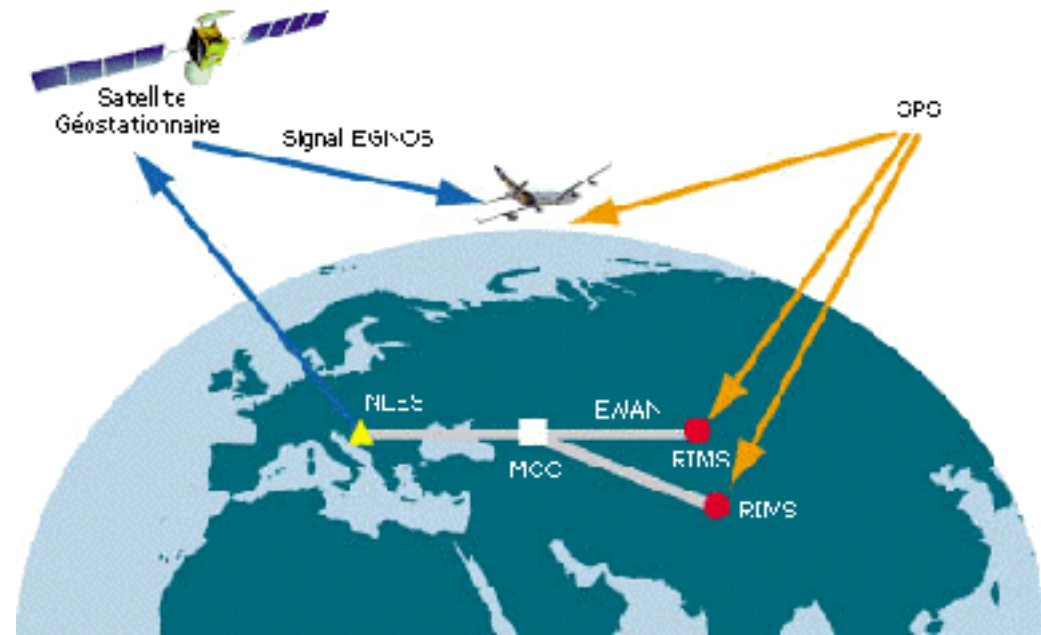
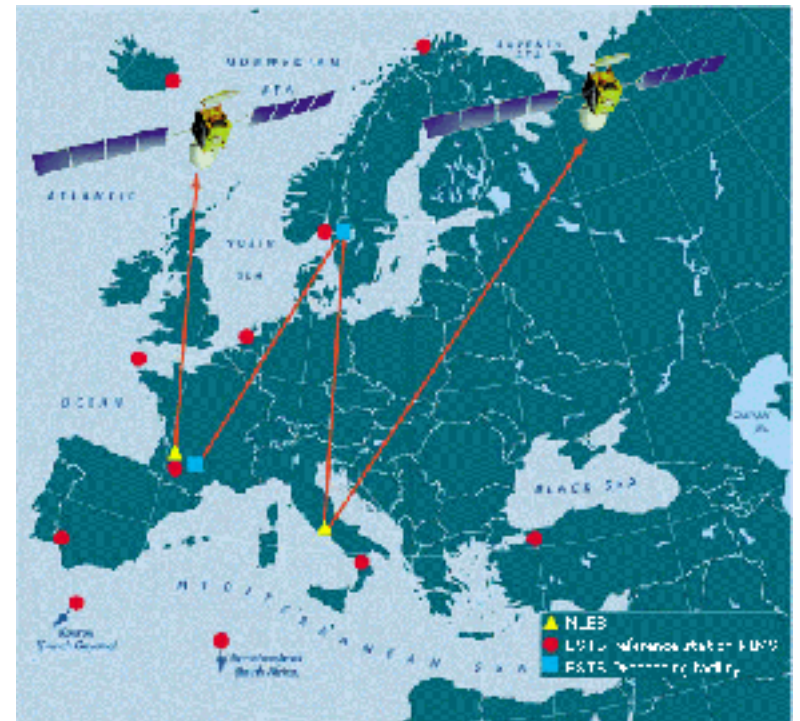


SATELLITE GPS



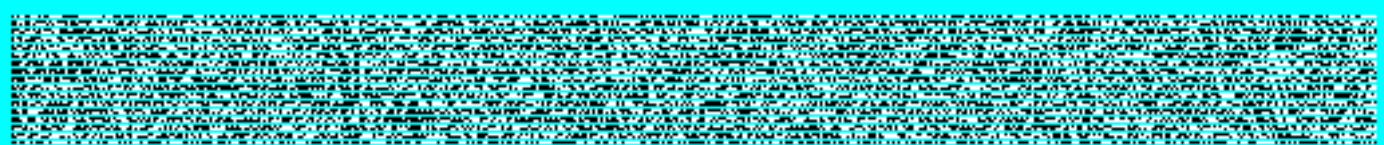
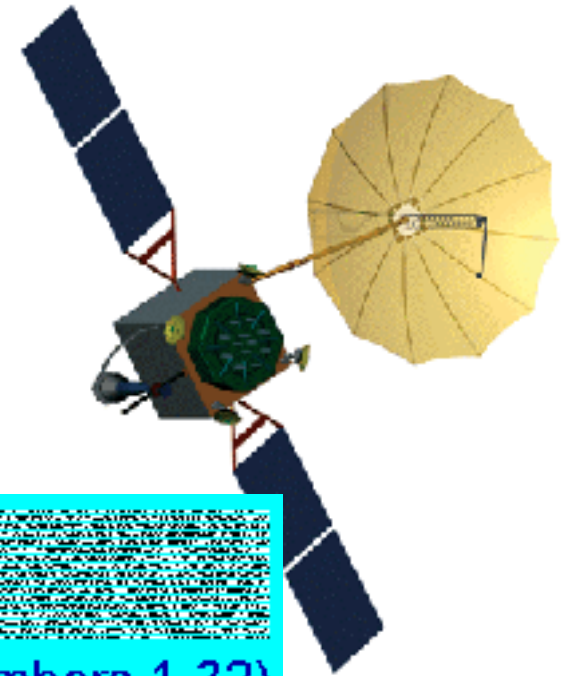


EGNOS





GALILEO



GPS C/A Code Chips (Rows = PRN Signal Numbers 1-32)

Nov 11 1:00:51:995



Application: gestion du transport



RPLP



Wagons CF



Fin!