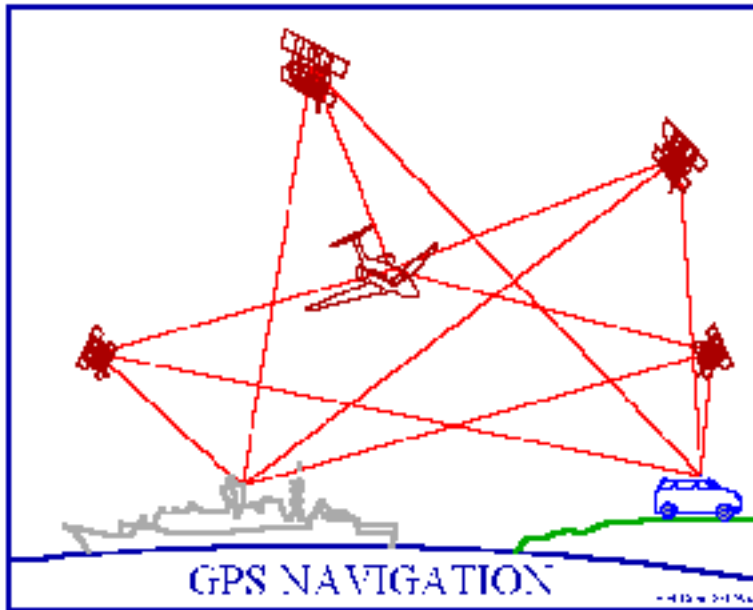


# Le GPS

(Global Positioning System)



Par Y.OESCH  
HB9DTX

Sources:

[www.colorado.edu/geography/gcraft/notes/gps/gps\\_f.html](http://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)

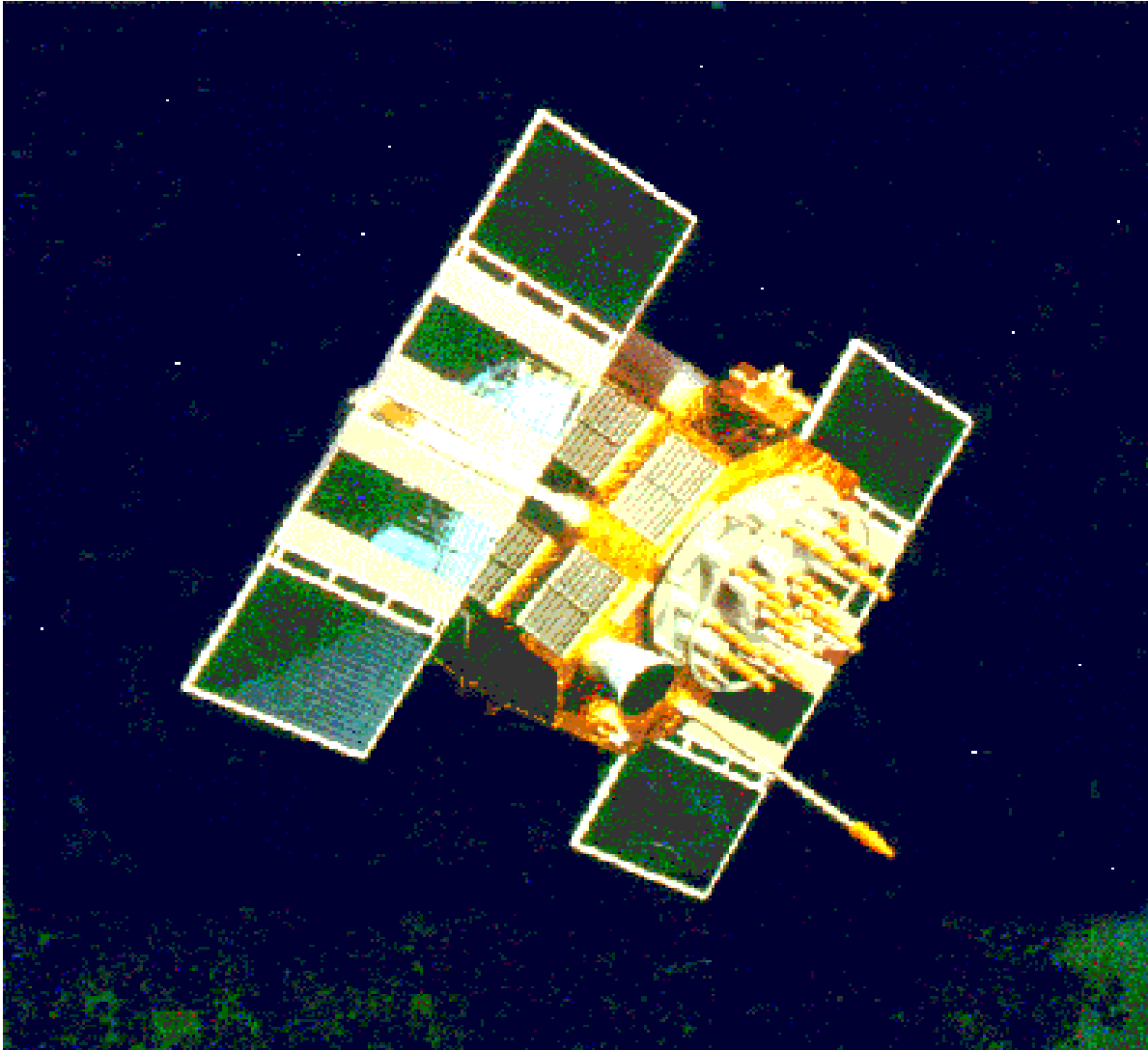




# Technique

- 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

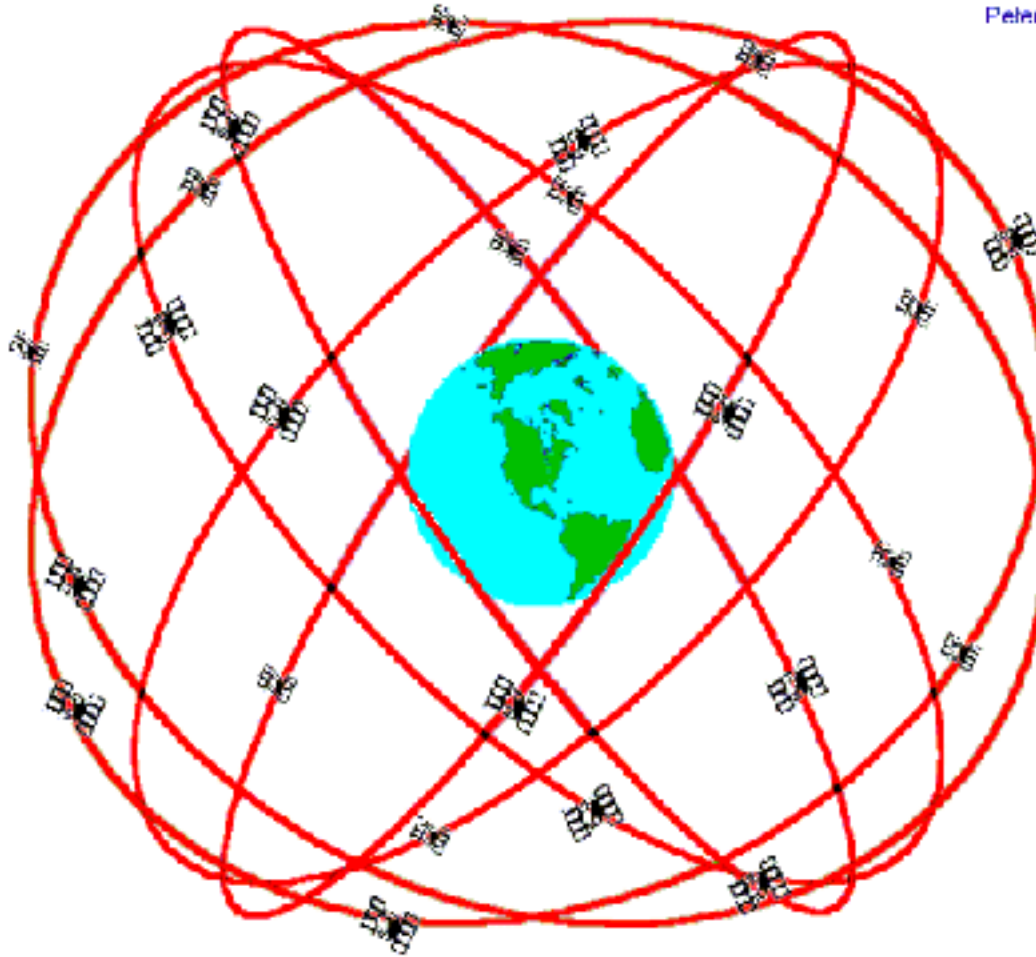
# Satellite GPS



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

# Constellation satellite

Peter H. Dana 9/22/98

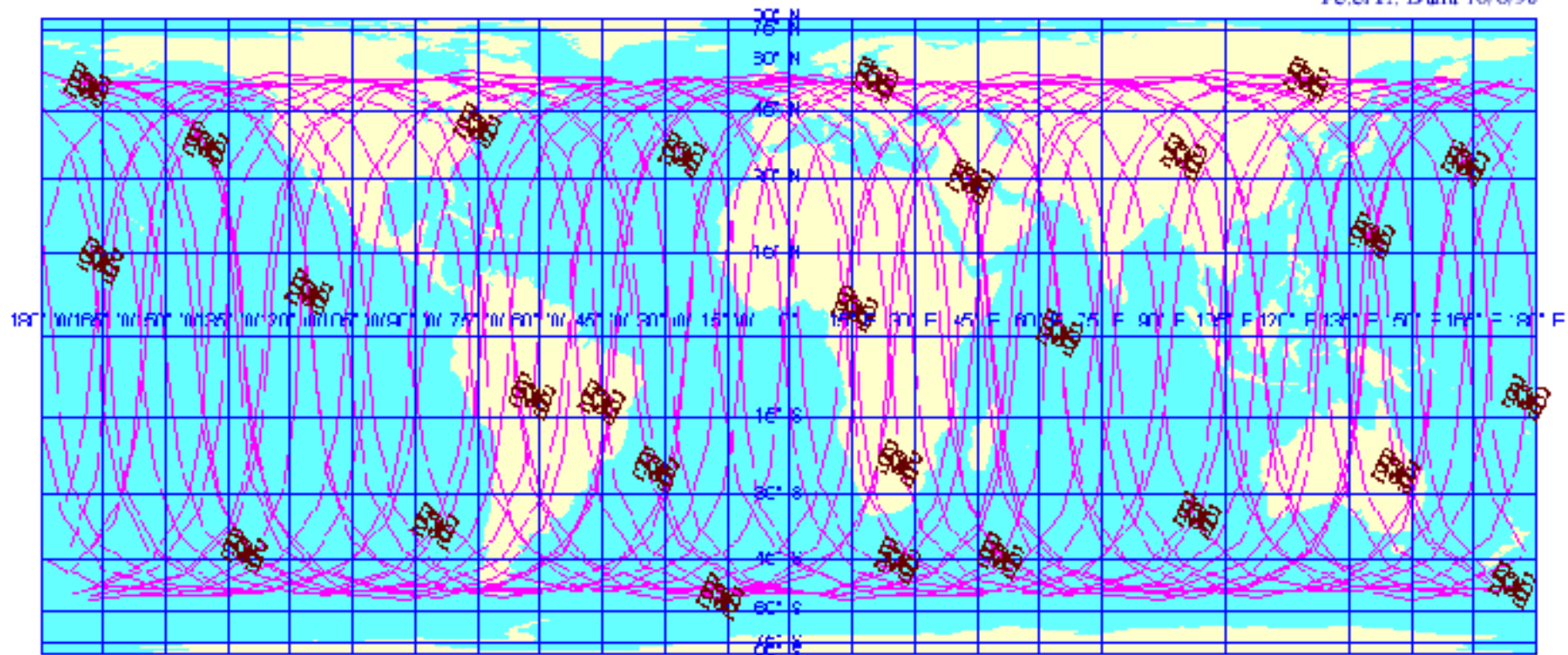


**GPS Nominal Constellation**

**24 Satellites in 6 Orbital Planes**

**4 Satellites in each Plane**

**20,200 km Altitudes, 55 Degree Inclination**

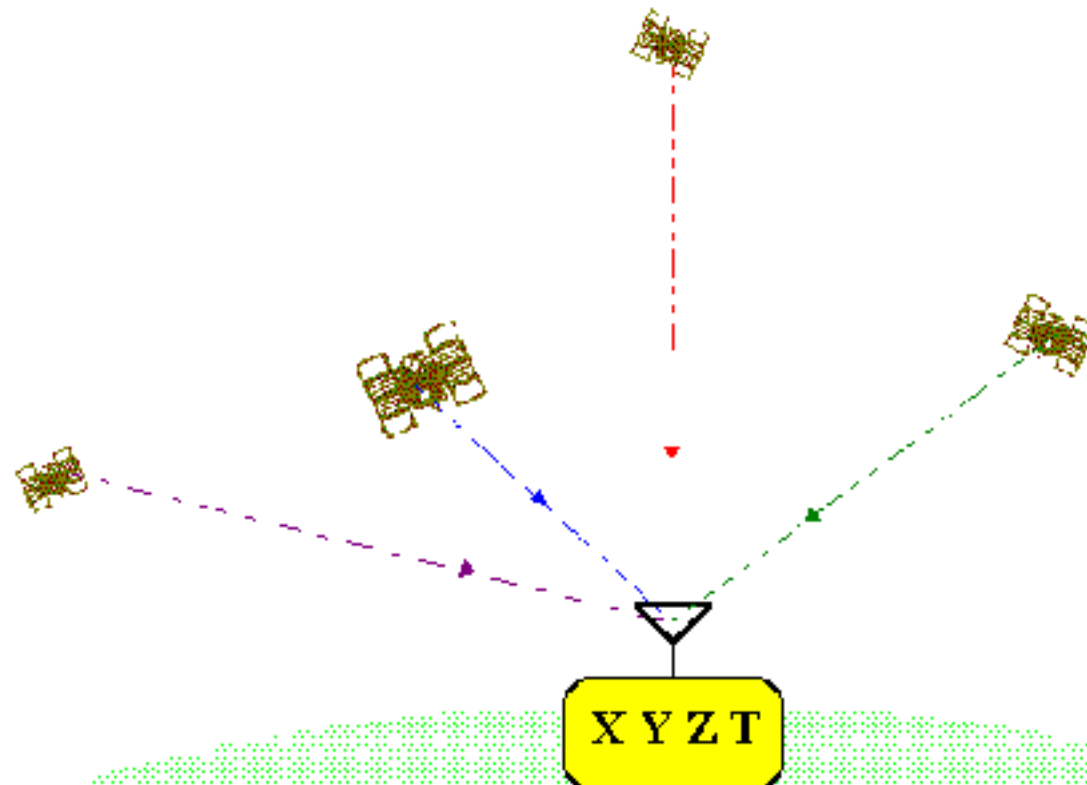


### Global Positioning System Satellites and Orbits

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

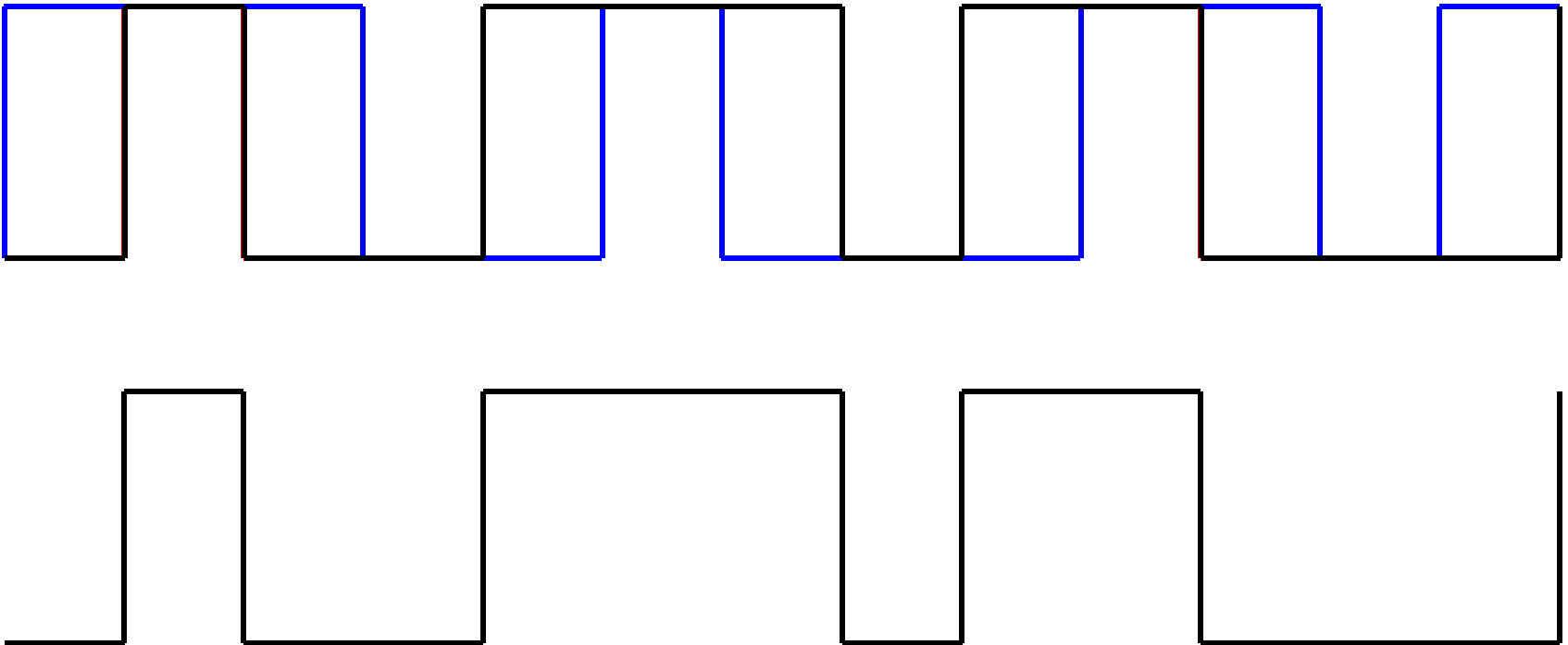
Measurements of code-phase arrival times from at least four satellites are used to estimate four quantities: position in three dimensions ( $X$ ,  $Y$ ,  $Z$ ) and GPS time ( $T$ ).

# 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

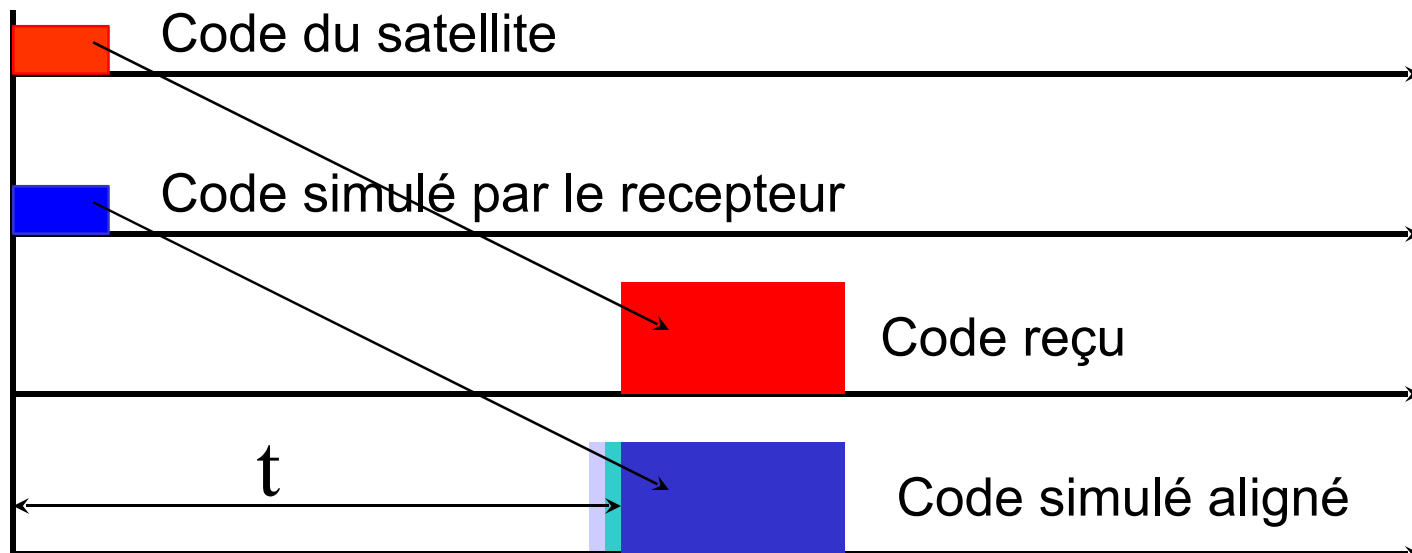
A1 + B3



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



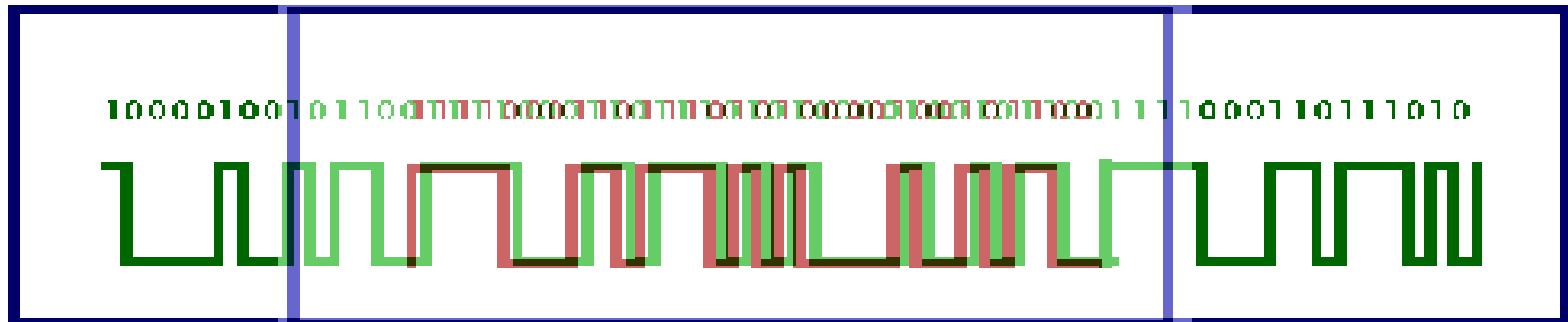
**A Short Repeating PRN Code Sample**

10111100011001101001110001110001011110001100110100111000111000

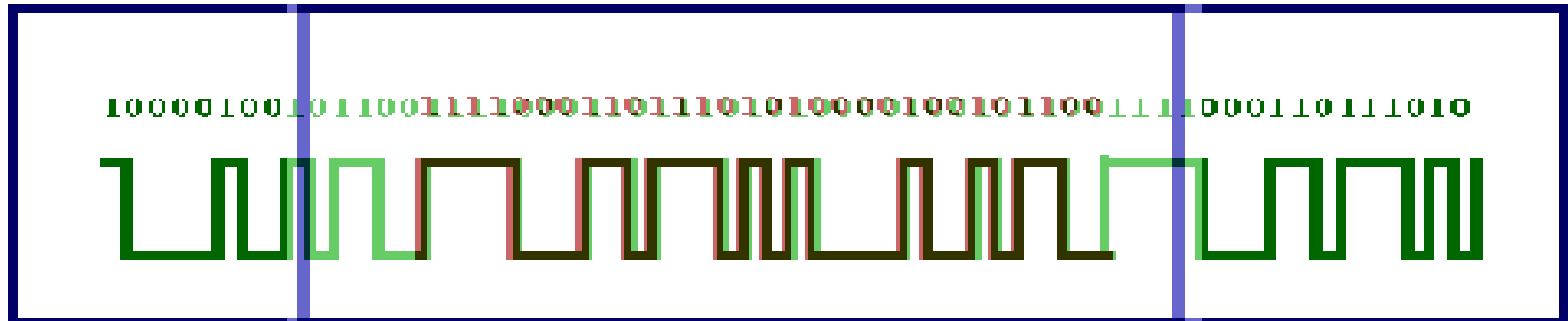


**No Correlation with a Different PRN Code**

# Corrélation CDMA (suite)



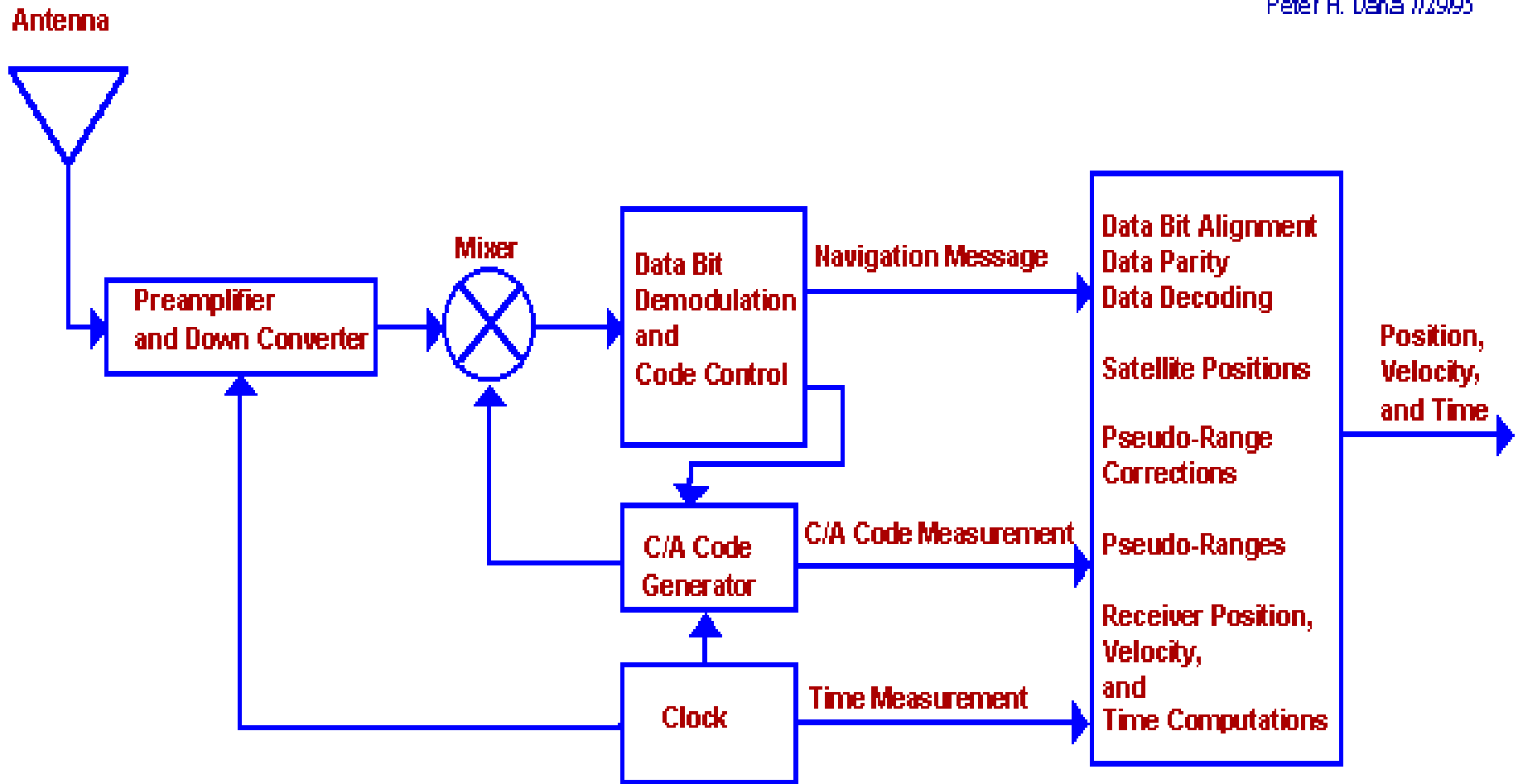
**Partial Correlation of Identical Receiver and Satellite PRN Codes**



**Full Correlation (Code-Phase Lock) of Receiver and Satellite PRN Codes**

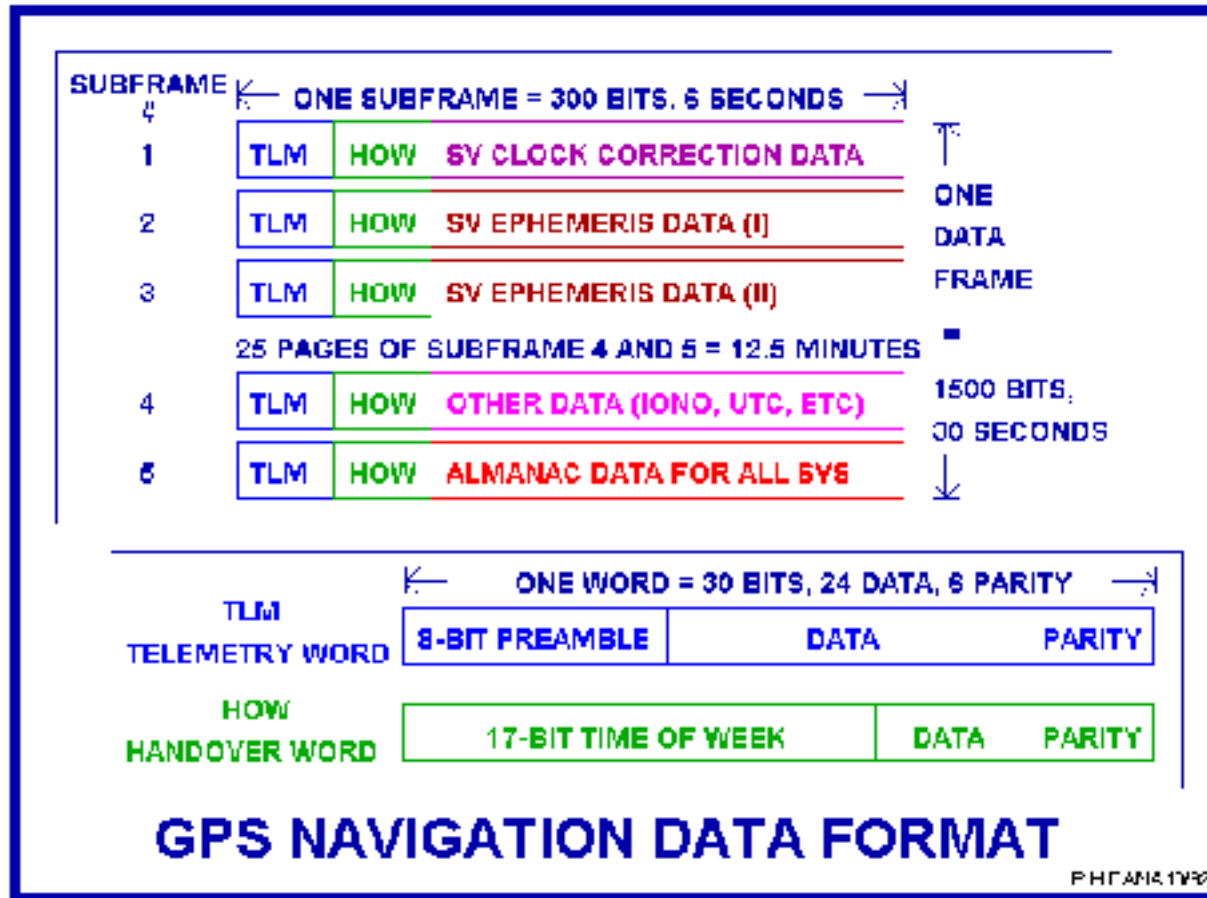
# Récepteur générique

Peter H. Dana 7/29/95



**Simplified GPS Receiver Block Diagram**

# Le message de navigation

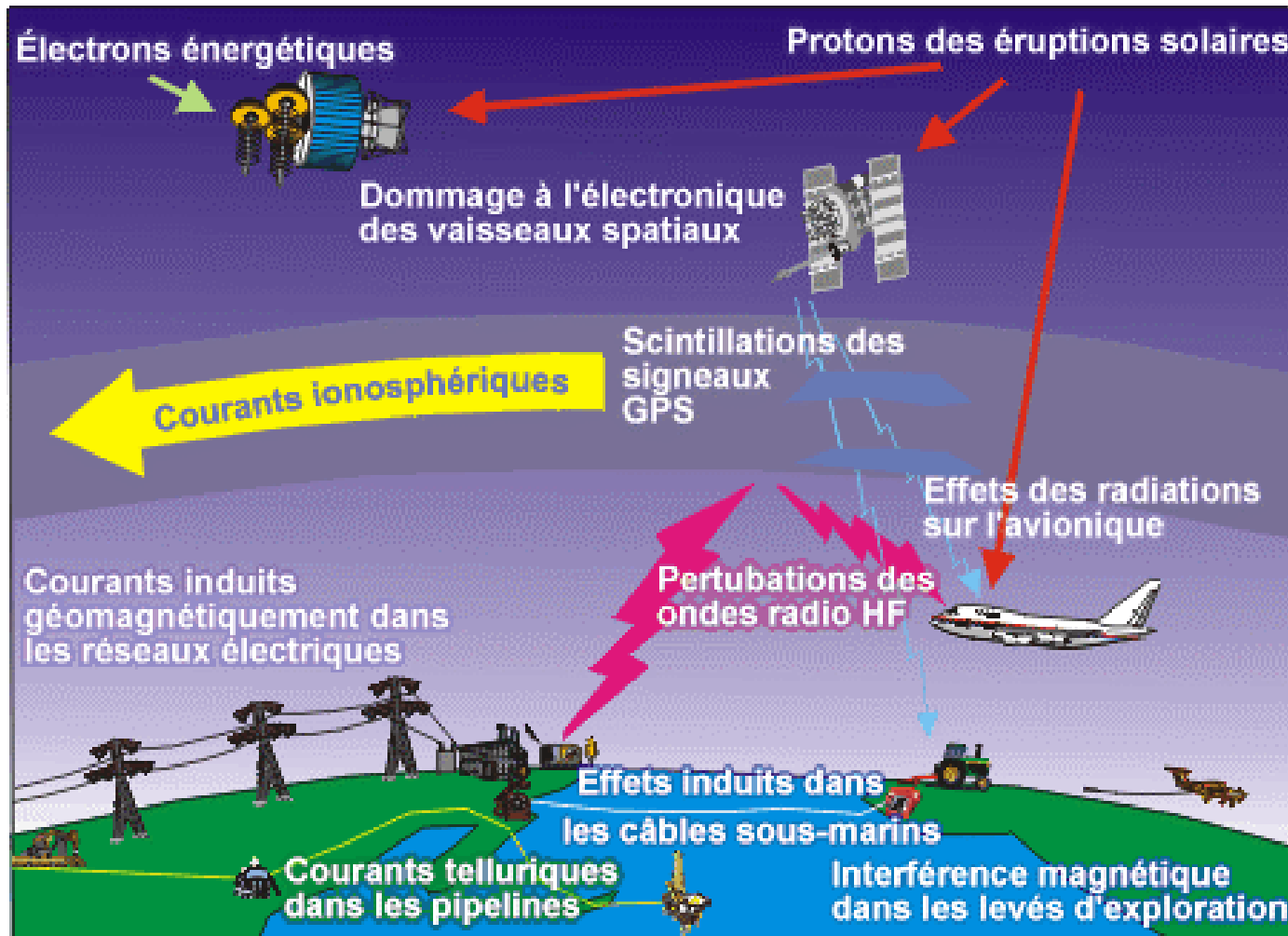


Transmis par chaque satellite, en même temps sur la même fréquence 50 bps, 30 secondes pour 6 sous-frames, temps min pour acquisition

# Fiabilité

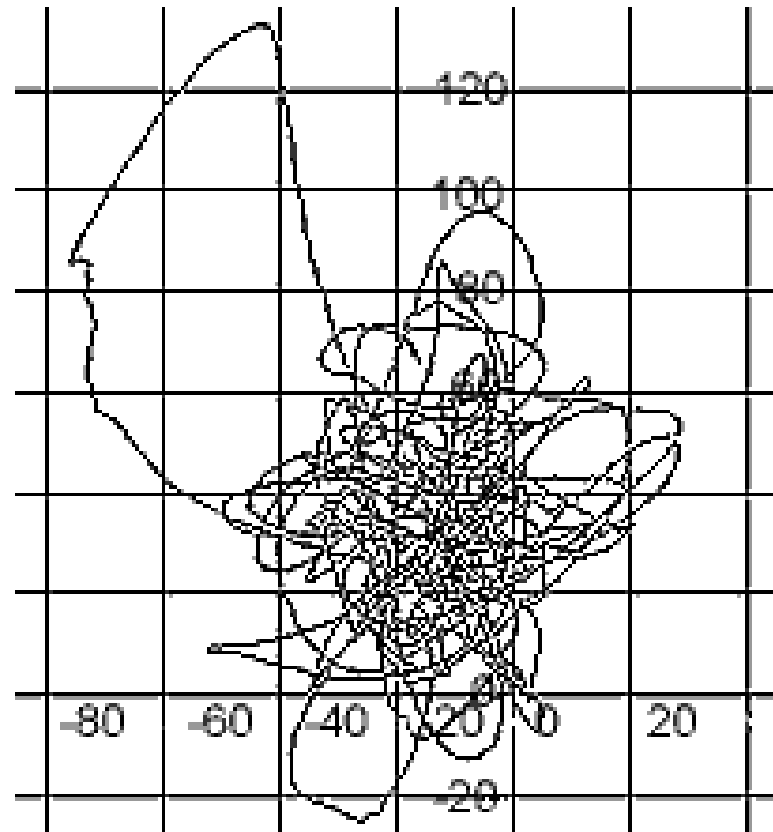
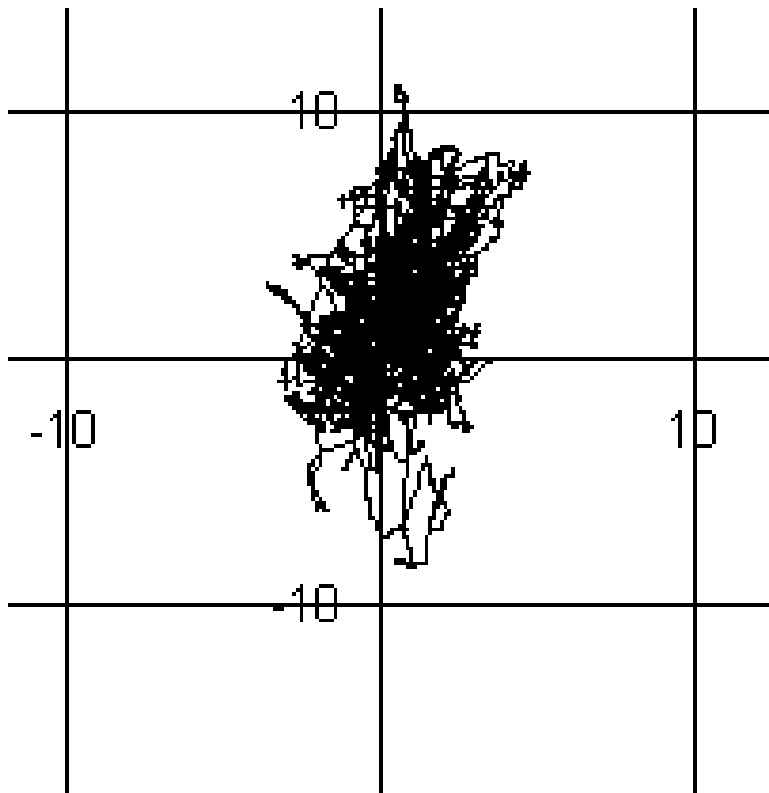
- Réception difficile si ciel pas dégagé (canyon urbain)
- Si problème sur satellite: malfonctionnement pendant plusieurs heures sans avertissement
- Dégradation naturelle du signal
- Dégradation volontaire de la précision

# Dégradation naturelle du signal





# Dégradation volontaire



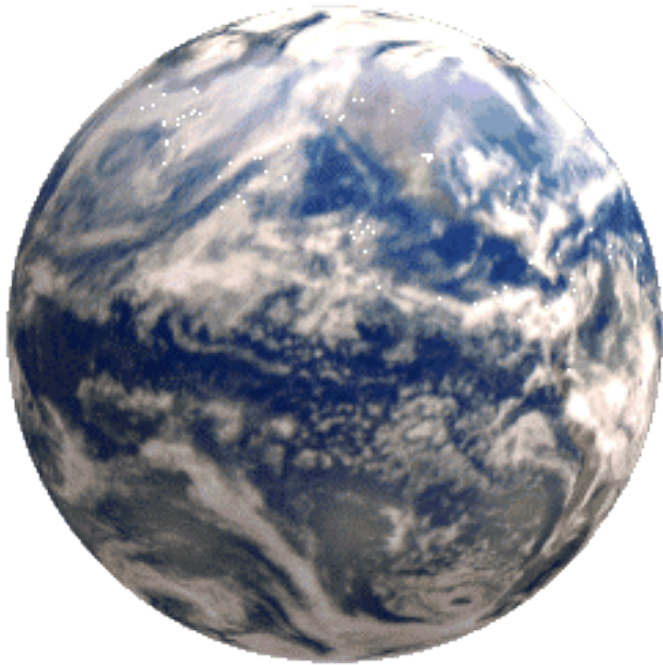
# Développement historique

- 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

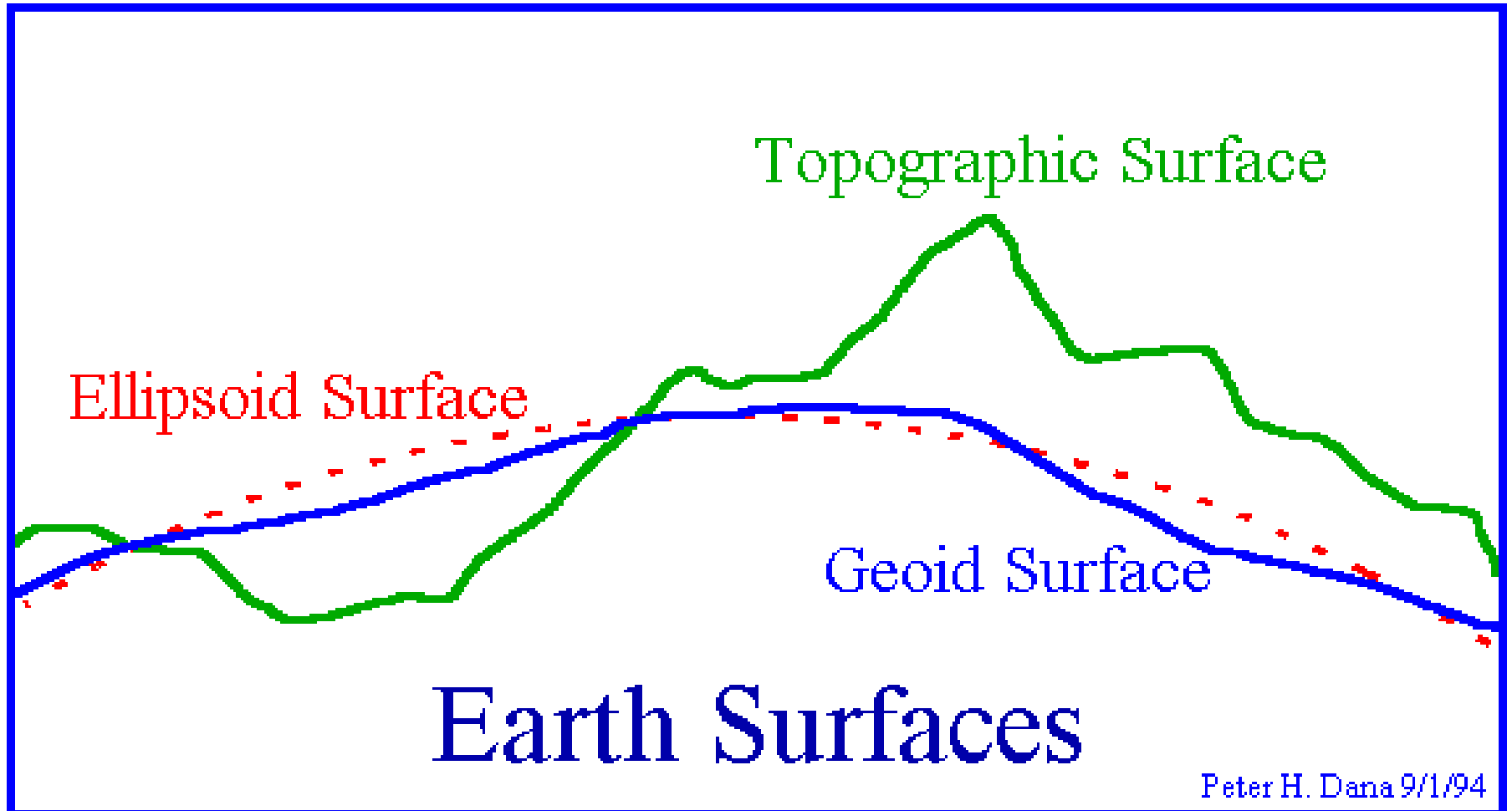
- 2000: Suppression permanente du brouillage (menace de concurrence du système européen GALILEO)
- 2002 Budget européen pour lancement GALILEO accepté.
- 26 juin 2004: Accord de coopération GPS-Galileo
- 2008 Premiers signaux Galileo attendus

# Représentation de la surface terrestre



Geoïde

# Datum



# Le système de coordonnées

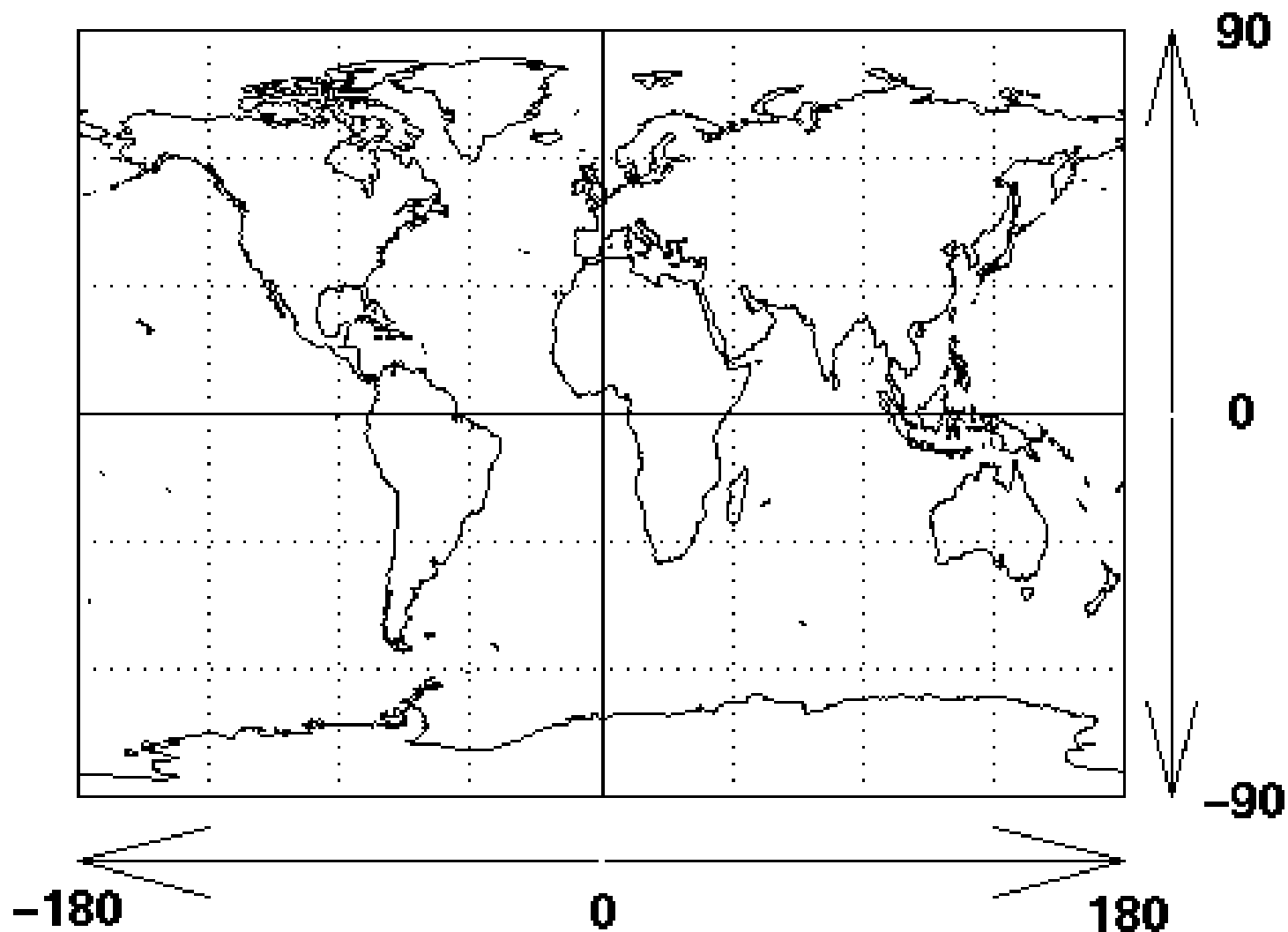


Latitude



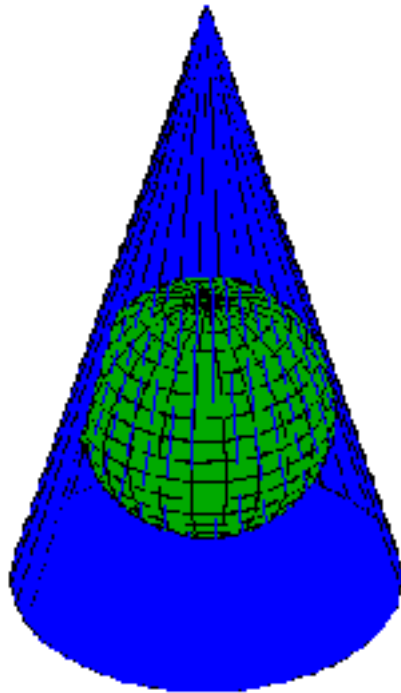
Longitude

# Projections de coordonnées



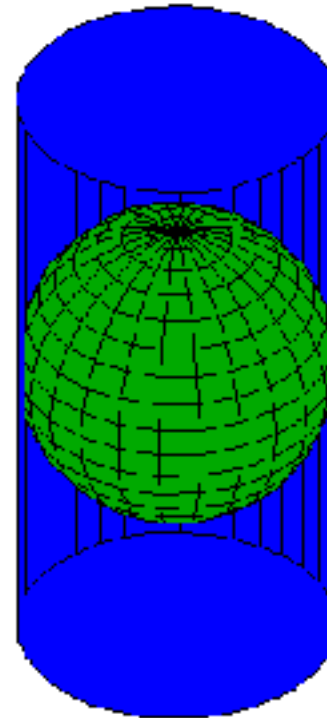
# Projections

Peter H. Dana UCL 2004



**Conical Projection Surface**

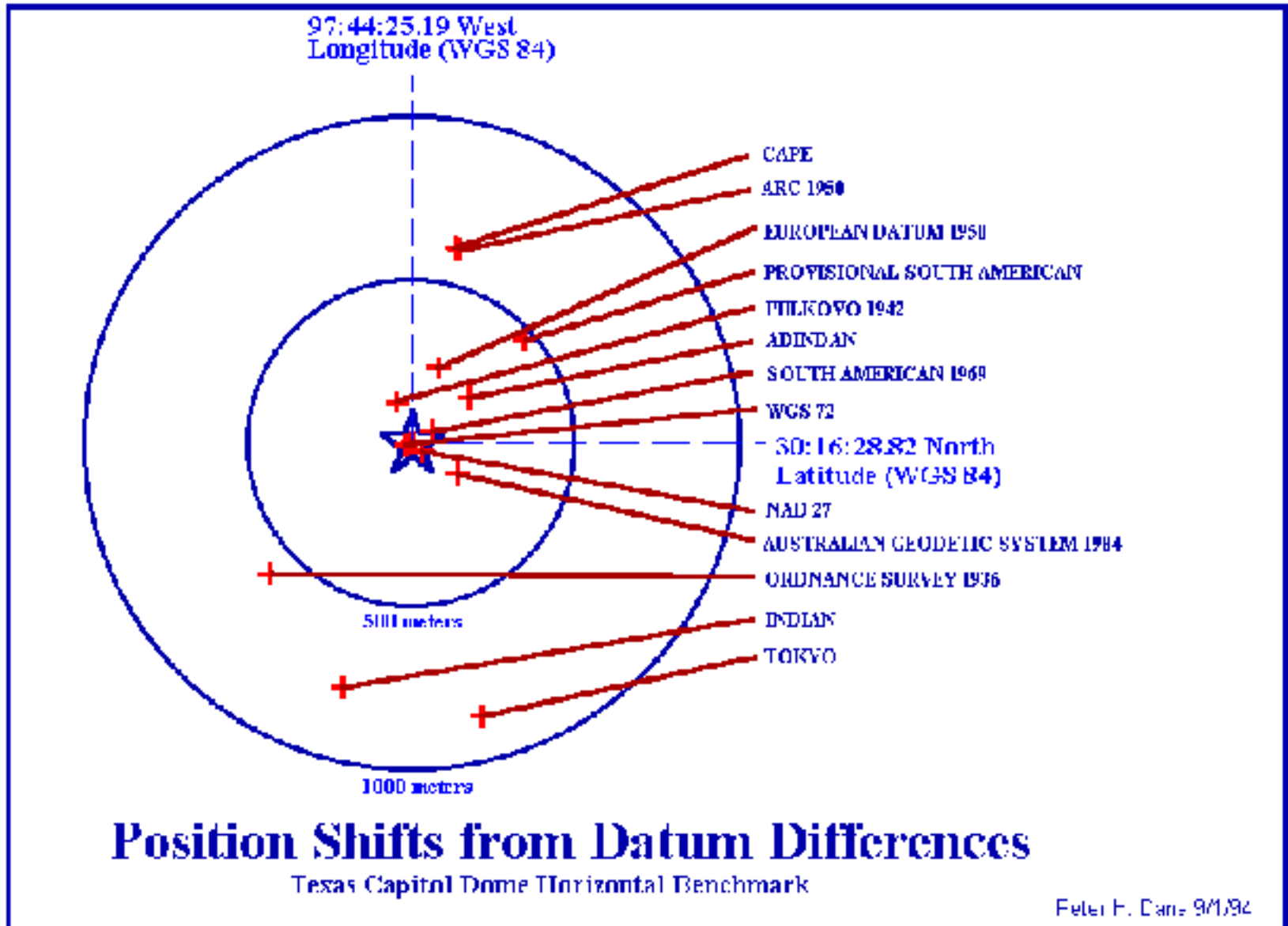
Peter H. Dana 2004



**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

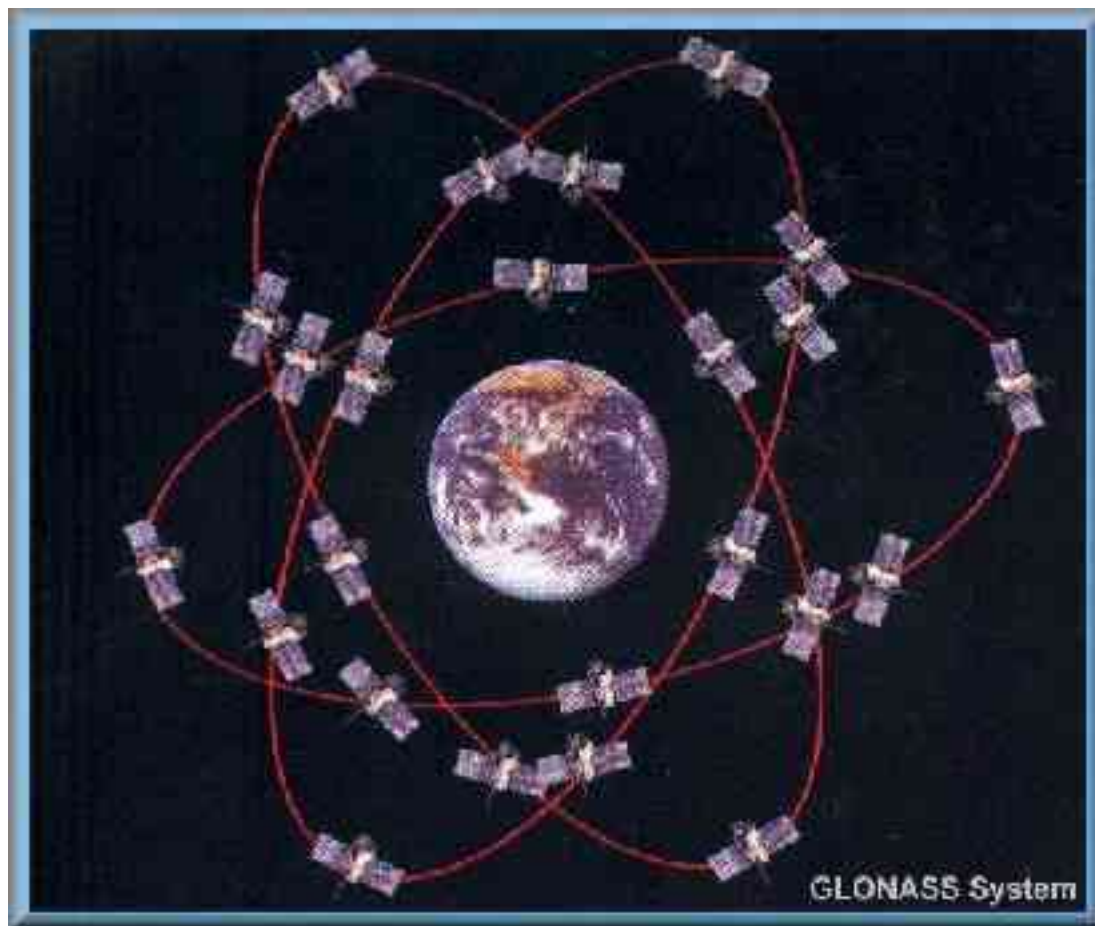
# Astuces, suite

- 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

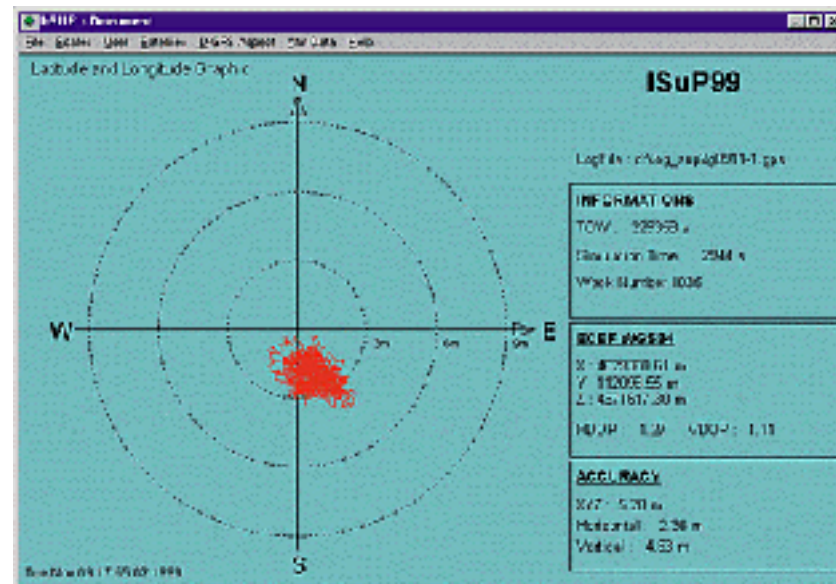
# Astuces, suite

- 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

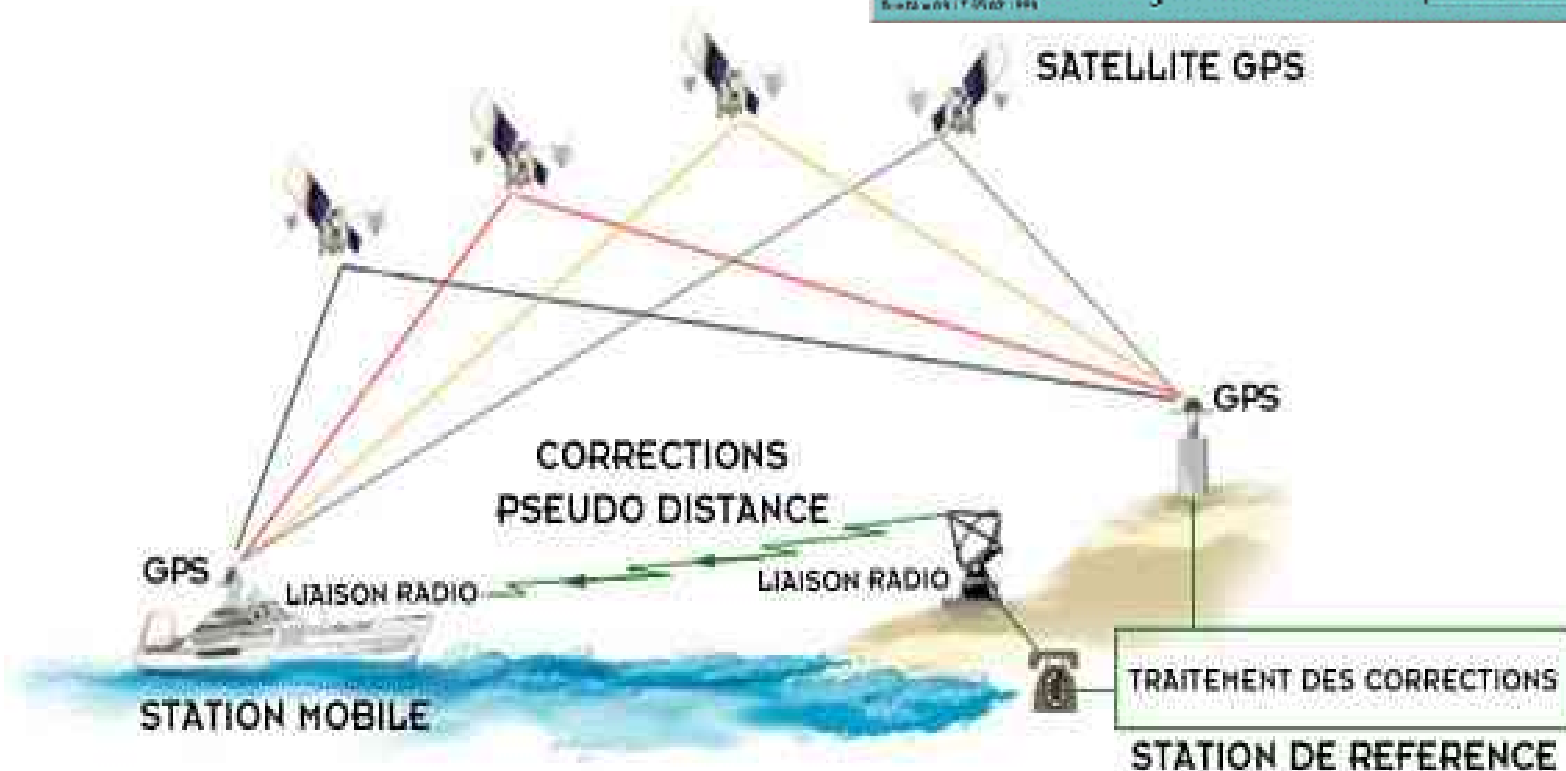
# GLONASS



# DGPS

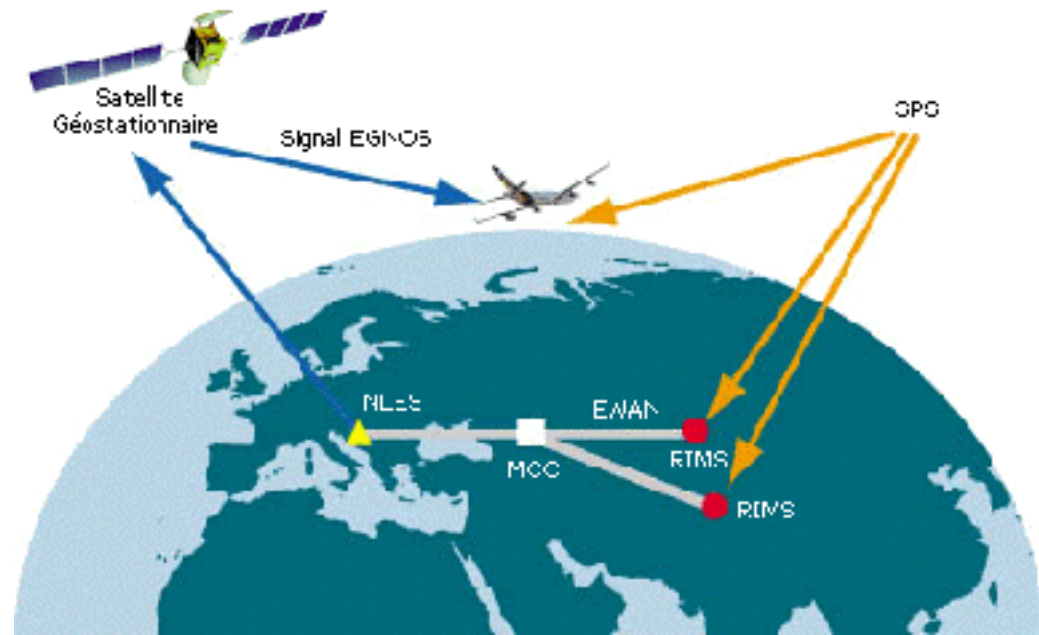
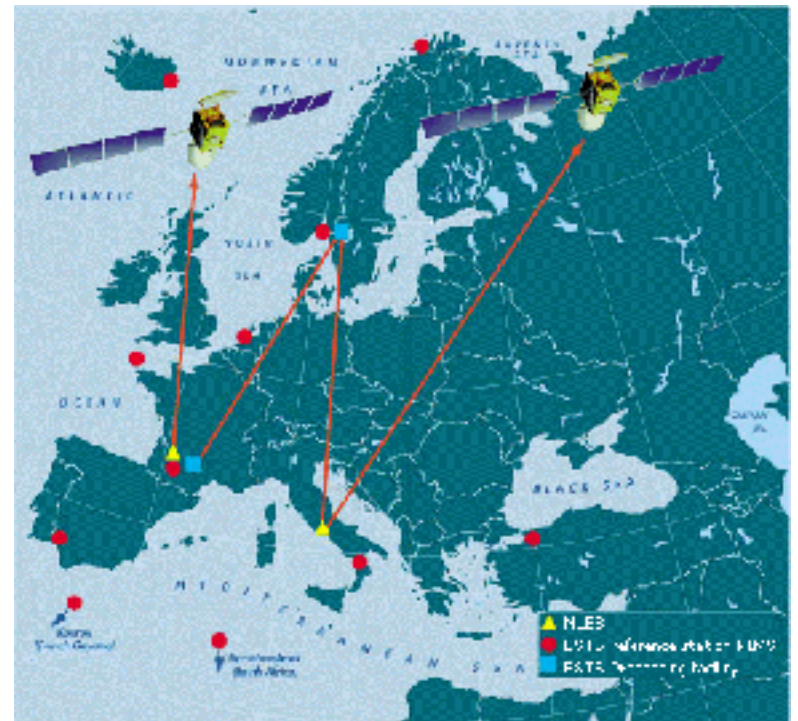


SATELLITE GPS





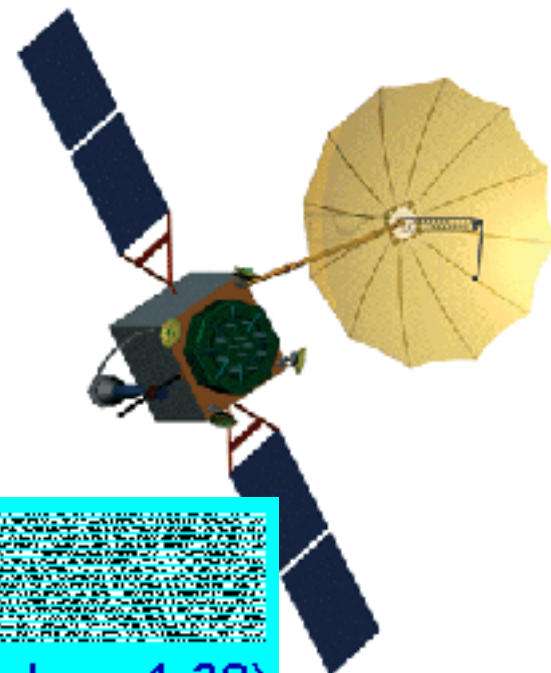
# EGNOS







# 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!