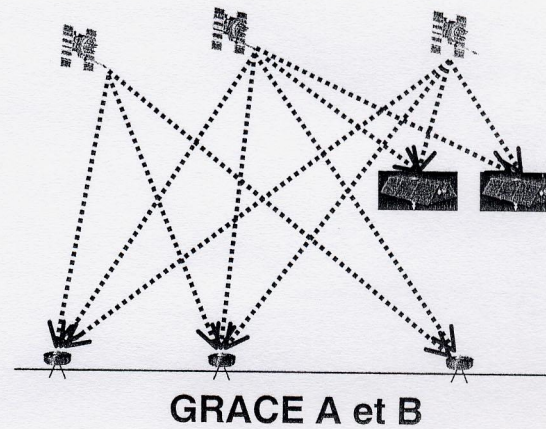
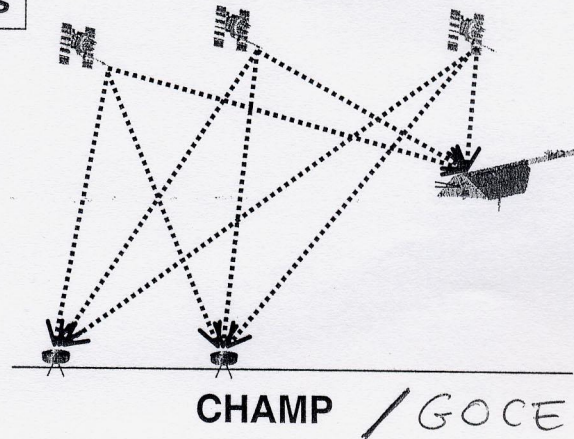
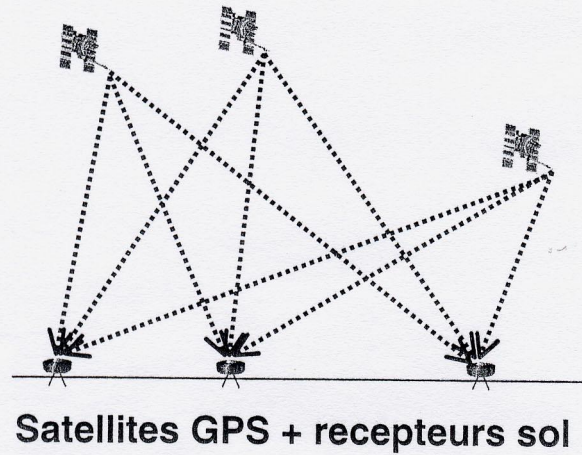


Equation pour les mesures GPS : introduction

Félix Perosanz, CNES-GRGS

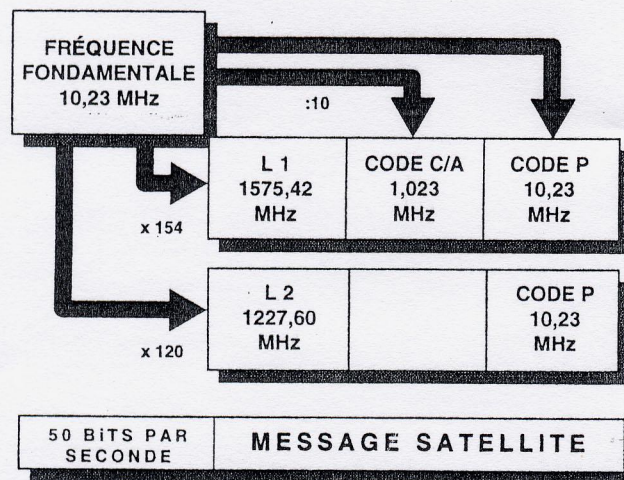
GPS : Configurations hauts-bas



GPS sur CHAMP, GRACE, GOCE :

- Pour CHAMP, c'est le systeme principal de contrainte de la dynamique de l'orbite.
- Les mesures SST low-low et SGG dominant respectivement pour GRACE et GOCE.
- Néanmoins, pour des raisons de complémentarité des observables et de stabilisation de l'inversion (aux bas degrés du modèle), les équations d'observation provenant de GPS restent utiles.
- Remarques :
 - GPS, GLONASS et GALILEO sont équivalents (existence de récepteurs hybrides).
 - le GPS évolue (satellites blockII-f à 3 fréquences, SA supprimée...)

Structure du signal GPS



P: code P

C/A : code C/A

D : message navigation

P,C/A,D = +/- 1

$$L_1(t) = a_1 P(t) D(t) \cos 2\pi f_1 t + a_1 C/A(t) D(t) \sin 2\pi f_1 t$$

$$L_2(t) = a_2 P(t) D(t) \cos 2\pi f_2 t$$

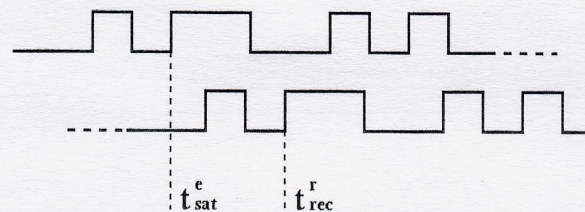
La mesure de pseudo-distance

- Principe: le récepteur génère un signal modulé par le même code qu'à l'émission (code C/A ou Y).
- par corrélation des deux signaux on
 - **Identifie le numéro du satellite**
 - **en déduit le temps de propagation $t_{rec}^r - t_{sat}^e$**
- on définit la pseudo-distance par:

$$R = c. (t_{rec}^r - t_{sat}^e)$$

Code généré par le satellite
et reçu par le récepteur.

Code généré par le récepteur.

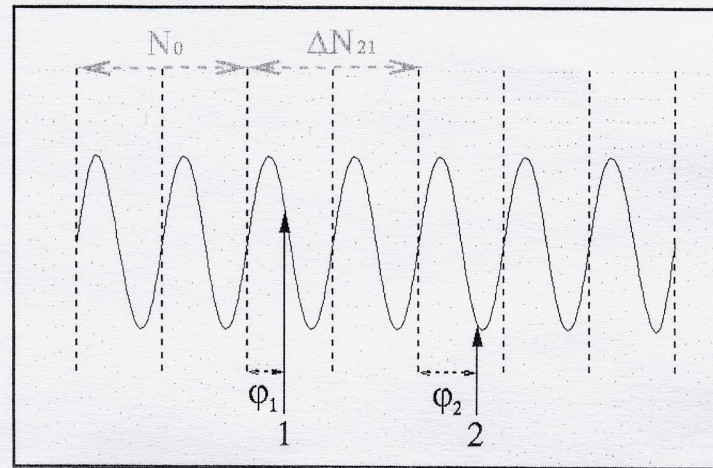


- Mesure biaisée par:

- décalage d'horloge satellite par rapport au temps GPS
- décalage d'horloge récepteur par rapport au temps GPS
- délai de propagation du signal dans l'atmosphère

- La mesure de phase

- Principe: Il est possible de reconstruire la porteuse du signal et donc d'avoir accès à la phase du signal:
 - soit en retranchant les codes C/A et Y (utilisateurs habilités)
 - soit par autocorrelation du signal (récepteurs "codeless")
- Connaissant la longueur d'onde du signal, le nombre rationnel de cycles effectués par la phase du signal entre son émission et sa réception donne la distance satellite-récepteur.



Date émission Date recp. 1 Date recp. 2

Problématique liée à la nature des mesures GPS

- Mesures “relatives” biaisées par :
 - le décalage d’horloge satellite GPS et récepteur, et les ambiguïtés de phase.
- Nécessité de figer certains paramètres (coordonnées de “stations fiduciaires”, horloge de référence, ambiguïtés à des valeurs entières...)
- Nécessité de connaître le décalage d’horloge et les coordonnées des satellite GPS :
 - calculées à partir de éphémérides radio-diffusés (“broadcast”)
- - lus dans les fichiers d’orbite RINEX produits par l’IGS
- - estimés dans l’ajustement global des paramètres

TABLE 3.3 Ephemeris Parameterization of the Navigation Message

M_0	Mean anomaly at reference time
Δn	Mean motion difference from computed value
e	Eccentricity
$\sqrt{A}$	Square root of the semi-major axis
Ω_0	Longitude or ascending node of orbit plane at weekly epoch
i_0	Inclination angle at reference time
ω	Argument of perigee
$\dot{\Omega}$	Rate of right ascension
IDOT	Rate of inclination angle
C_{uc}	Amplitude of the cosine harmonic correction term to the argument of latitude
C_{us}	Amplitude of the sine harmonic correction term to the argument of latitude
C_{rc}	Amplitude of the cosine harmonic correction term to the orbit radius
C_{rs}	Amplitude of the sine harmonic correction term to the orbit radius
C_{ic}	Amplitude of the cosine harmonic correction term to the angle of inclination
C_{is}	Amplitude of the sine harmonic correction term to the angle of inclination
t_{oe}	Ephemeris reference time
IODE	Issue of Data (Ephemeris)

b_0, f_1, f_2

$$\Delta t_{SAT}(t) = f_0 + f_1(t - t_{oe}) + f_2(t - t_{oe})^2$$

TABLE 3.4 Ephemeris Algorithm

$\mu = 3.986005 \times 10^{14} \text{ meters}^3/\text{sec}^2$	WGS 84 value of the earth's universal gravitational parameter
$\dot{\Omega}_e = 7.292115167 \times 10^{-5} \text{ rad/sec}$	WGS 84 value of the earth's rotation rate
$A = (\sqrt{A})^2$	Semi-major axis
$n_0 = \sqrt{\frac{\mu}{A^3}}$	Computed mean motion - radians/second
$t_k = t - t_{oe} *$	Time from ephemeris reference epoch
$n = n_0 + \Delta n$	Corrected mean motion
$M_k = M_0 + nt_k$	Mean anomaly
$M_k = E_k - e \sin E_k$	Kepler's equation for eccentric anomaly
$\cos f_k = (\cos E_k - e)/(1 - e \cos E_k)$ $\sin f_k = \sqrt{1 - e^2} \sin E_k / (1 - e \cos E_k)$	True anomaly
$E_k = \cos^{-1} \left[\frac{e + \cos f_k}{1 + e \cos f_k} \right]$	Eccentric Anomaly
$\phi_k = f_k + \omega$	Argument of latitude
$\delta u_k = C_{us} \sin 2\phi_k + C_{uc} \cos 2\phi_k$	Argument of Lat. correction
$\delta r_k = C_{rc} \cos 2\phi_k + C_{rs} \sin 2\phi_k$	Radius correction
$\delta i_k = C_{ic} \cos 2\phi_k + C_{is} \sin 2\phi_k$	Correction to inclination
$u_k = \phi_k + \delta u_k$	Corrected argument of latitude
$r_k = A(1 - e \cos E_k) + \delta r_k$	Corrected radius
$i_k = i_0 + \delta i_k + (IDOT)t_k$	Corrected inclination
$x_k = r_k \cos u_k$ $y_k = r_k \sin u_k$	Positions in orbital plane
$\Omega_k = \Omega_0 + (\dot{\Omega} - \dot{\Omega}_e)t_k - \dot{\Omega}_e t_{oe}$	Corrected longitude of ascending node
$x_k = x_k \cos \Omega_k - y_k \sin \Omega_k$ $y_k = x_k \sin \Omega_k + y_k \cos \Omega_k$ $z_k = y_k \sin i_k$	Earth fixed coordinates

* t is GPS system time at time of transmission, i.e., GPS time corrected for transit time (range/speed of light). Furthermore, t_k shall be the actual total time difference between the time t and the epoch time t_{oe} , and must account for beginning or end of week crossovers. That is, if t_k is greater than 302,400, subtract 604,800 from t_k . If t_k is less than -302,400 seconds, add 604,800 seconds to t_k .

From Interface Control Document, ICD-GPS-200, Rockwell International Corporation, Satellite Systems Division.

- L'International GPS Service (IGS)

- *Service géré par l'association Internationale de Géodésie qui contient une base de données de mesures brutes et de produits GPS :*
 - *Des fichiers journaliers de mesures et d'éphémérides au format RINEX provenant de récepteurs du monde entier.*
 - *Les fichiers d'orbites précises au format SP3.*
 - *Les paramètres de rotation de la Terre.*
 - *Les coordonnées des récepteurs.*
 - *Les fichiers contenant les corrections des horloges des satellites et des stations.*
 - *Des cartes de la Ionosphère*

- Le reseau de l'IGS

GPS TRACKING NETWORK
International GPS Service

July 1999