

- Divers modèles fonctionnels

- Modèle **linéaire**

- Visualisation des indicateurs, répartition des parts de redondance
 - Corrélation des paramètres: ordonnée à l'origine a et b

- Modèle **linéaire centré** ou **forcé**

- Décorrélation des paramètres

- Modèle **exponentiel**

- Erreur systématique + corrélation des paramètres

- Modèle **parabolique**

- de-corrélation partielle des paramètres

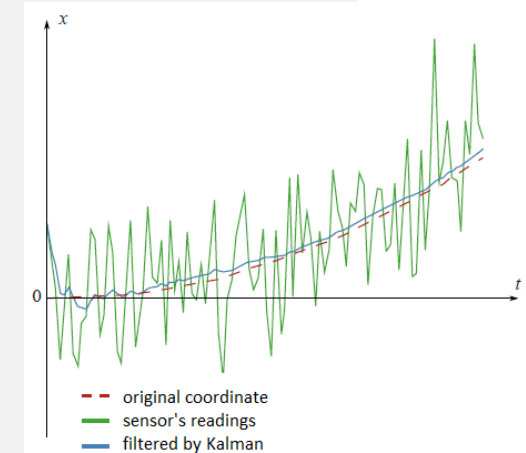
- **Effet d'une faute** (= erreur grossière)

- Éliminer ou corriger des mesures?

- Mettre une faute pleinement en évidence

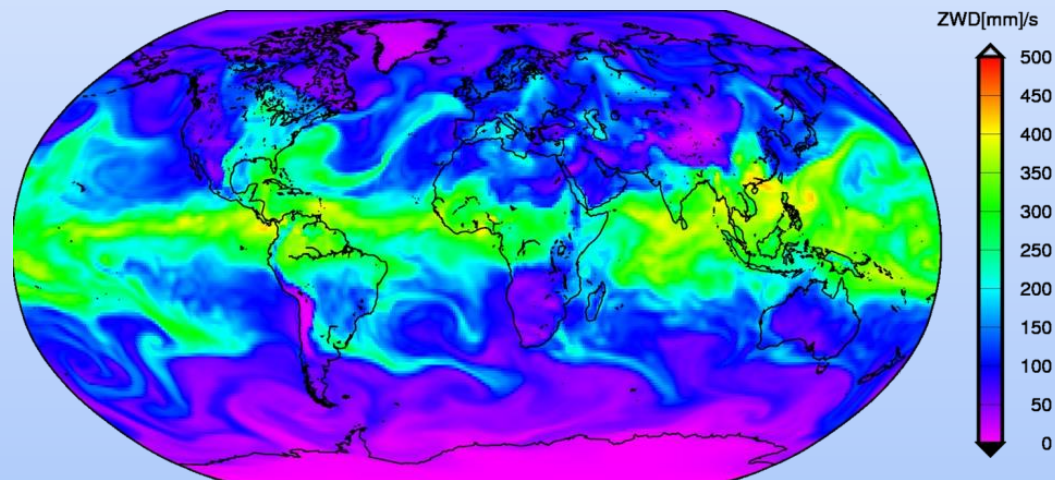
- En modifiant le modèle stochastique → estimation robuste
 - Nombreuses fautes → autres méthodes (p.ex. **RAN**dom **SA**mples **C**onsensus)

- Inventaire de vos questions
 - Compléments selon demande
 - Poutres, quadrilatère, gaz parfait, ...
- Partition des paramètres (section 4.7)
 - Paramètres **essentiels** (*of interest*)
 - On les résout explicitement
 - Paramètres **auxiliaires** (*nuisance*)
 - On en tient compte, mais ils n'ont pas résolu)
 - Taille réduite des vecteurs et des matrices
 - Application au gaz parfait sur *moodle*
 - Extension des moindres carrés
 - Paramètre lié à une groupe observations, p.ex. une époque
 - traitement séquentiel des groupes d'observations
 - Application en temps réel
 - Pilotage de procédés, filtre de Kalman



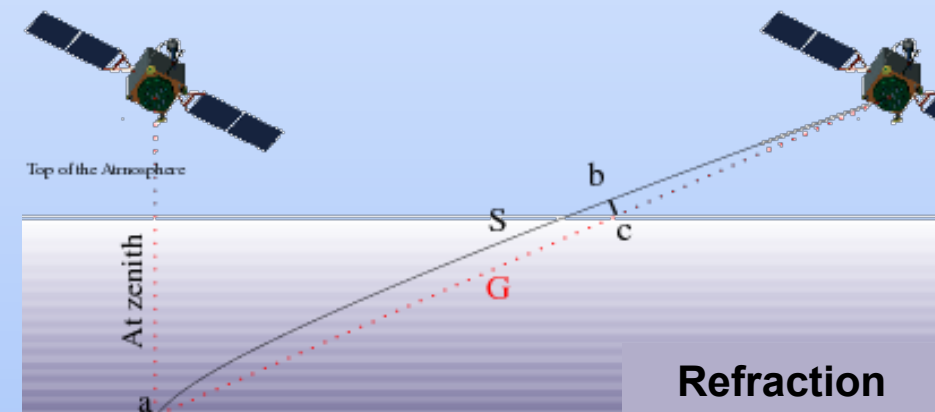
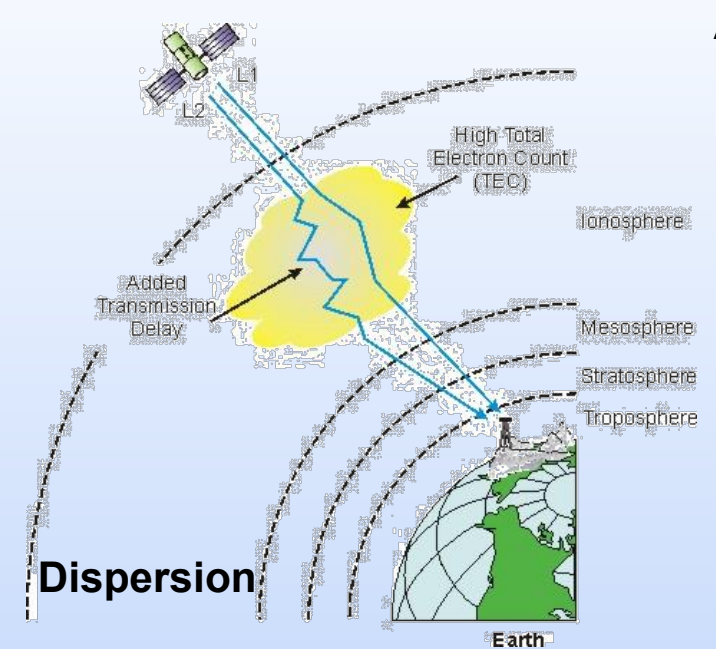
Troposphere & GNSS water vapor sensing

Pierre Romary Creusot, Alexandre Bugnard, MA1, SIE, EPFL

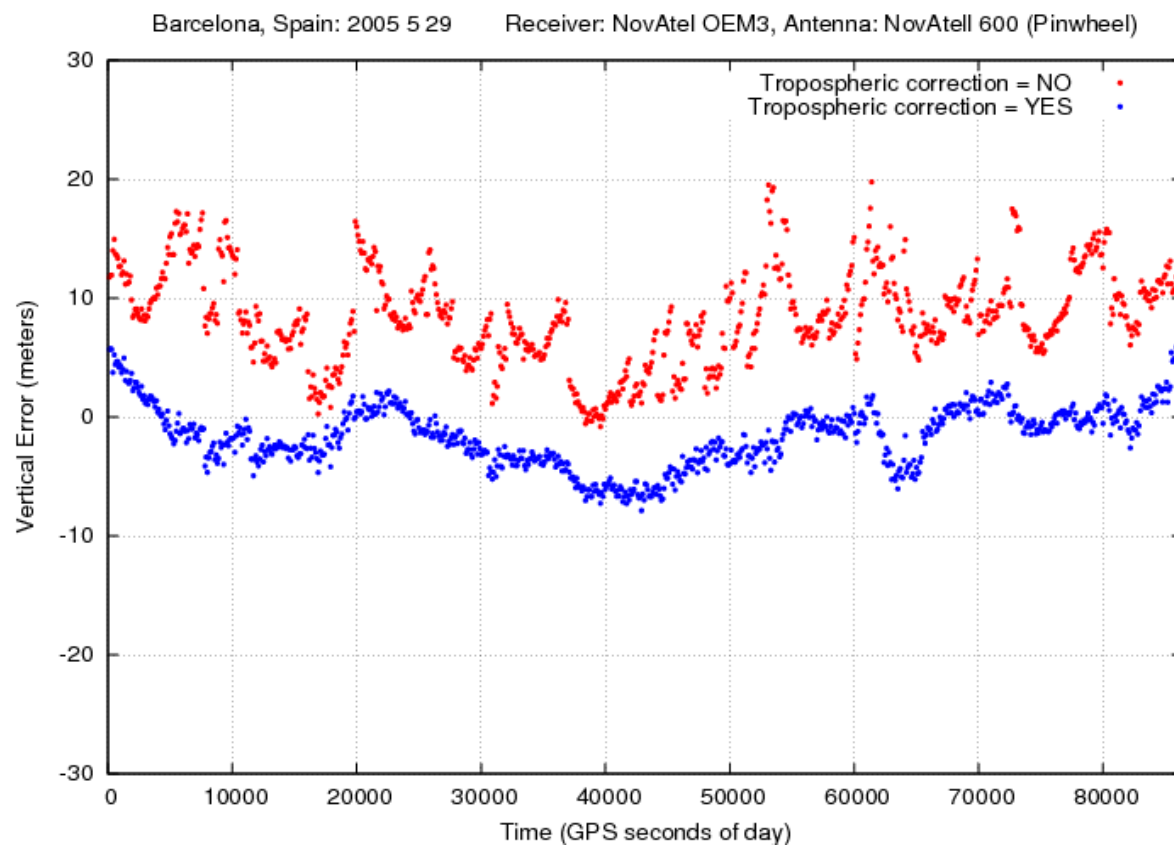


Ionospheric vs tropospheric delay

- Ionospheric delay (ID) can reach up to few tens of meters
 - Tropospheric delay (TD) is several order of magnitude smaller
-
- The phenomenon of ID is due to dispersion (dependent of frequency)
 - Can be calculated from measurements of delays for two frequency bands, allowing delays at other frequencies to be estimated
 - TD is non-dispersive (due to refraction);
 - Harder to calculate, the frequency bands are all affected the same manner



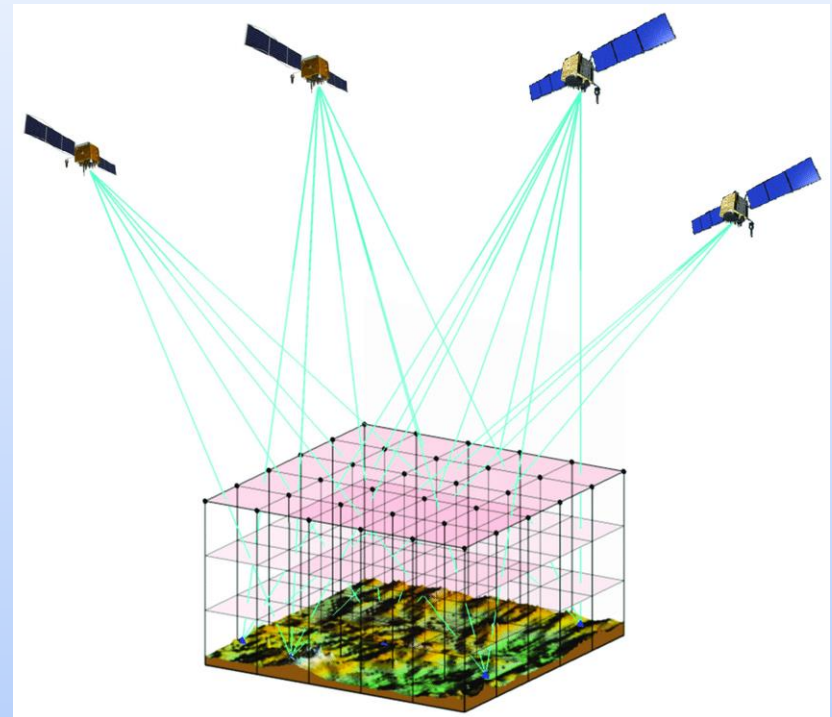
Comparison: Correction



Ref: 2

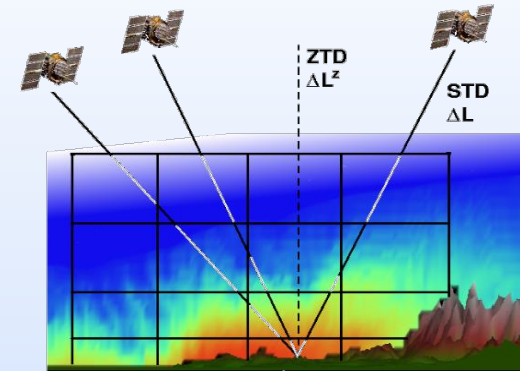
Concept of GNSS tomography

- Tomography : imaging technique by sections using a penetrating wave. Used in medical imaging (RMI, X Ray...).
- The goal of GNSS tomography is to have temporally and spatially resolved humidity information.
- The perk of GNSS tomography: GNSS networks are currently a growing field that can be used by meteorologists with small efforts compared to the investments.



Dong and Jin 2018

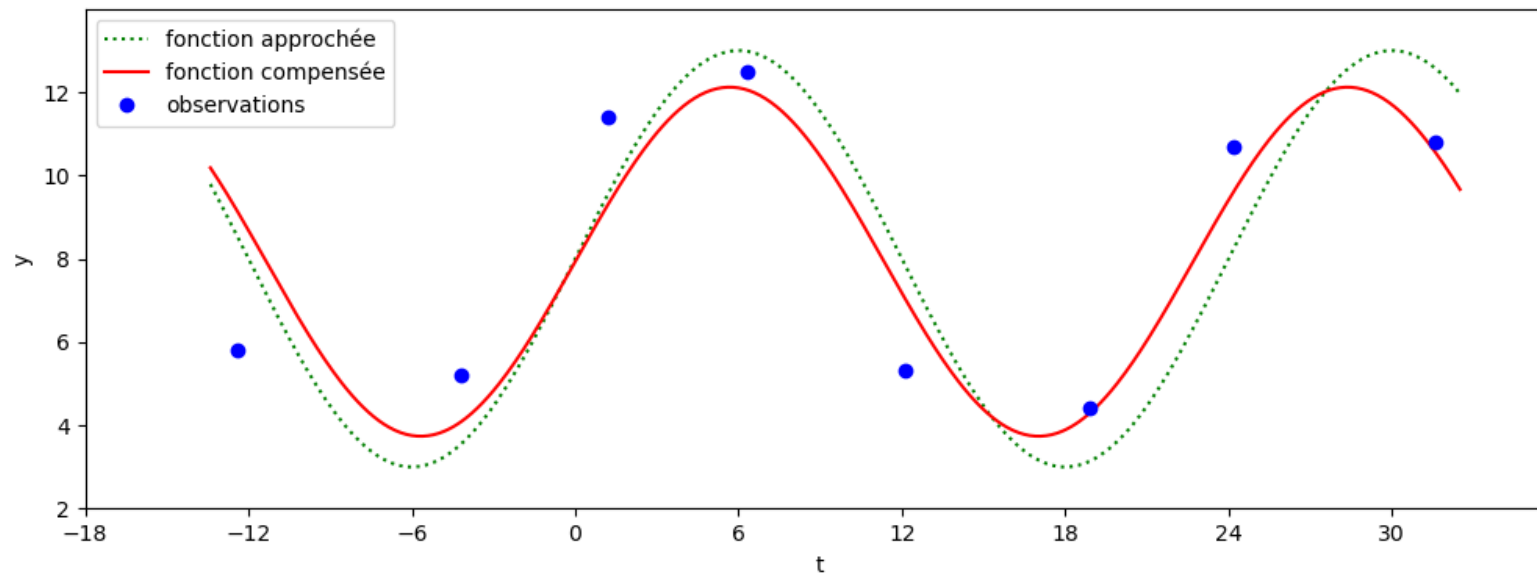
Basic principles of GNSS tomography



- GNSS signals carry information about the water vapor integrated along the transmitter-receiver path due to tropospheric delay.
- Limited information obtained from many different directions can be combined to a spatially resolved field by means of tomographic reconstruction techniques.
 - Requires a dense network of satellites
 - Requires a dense network of geodetic reference stations. In the contrary case, need of a priori information and meteorological observations.

Compensation paramétrique – Analyse des résultats avec la fiabilité

- **Exo 10** – énoncé dans la semaine 12
 - Implémentation de calcul pour fiabilité interne & externe
 - Comparaison entre le cas 3 (4 paramètres) et 4 (3 paramètres, $\Omega = 24 h$)
 - Réponses aux questions



Ajustement d'une sinusoïde

fiabilité interne

▪ Procédé

- le part de redondance

$$z_i = \dots \quad (\mathbf{Q}_{\hat{v}\hat{v}}, \mathbf{P} \text{ est une matrice diagonale})$$

- plus petite erreur non-déetectable (nabla)

$$\nabla \ell_i = \sigma_{\hat{v}_i} / z_i \times 4.1$$

Ajustement d'une sinusoïde fiabilité externe

■ Procédé

- Avec les nablans $\nabla \ell_i$, crée une matrice diagonale

$$\begin{bmatrix} \nabla \ell_1 & & & \\ & \nabla \ell_2 & & \\ & & \ddots & \\ & & & \nabla \ell_n \end{bmatrix}$$

- plus petite erreur non-délectable (nabla)

$$(\nabla \hat{\mathbf{x}})^T = \{\mathbf{Q}_{\hat{x}\hat{x}} \cdot \mathbf{A}^T \mathbf{P}\}^T \begin{bmatrix} \nabla \ell_1 & & & \\ & \nabla \ell_2 & & \\ & & \ddots & \\ & & & \nabla \ell_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \nabla_1 \hat{\mathbf{x}}_1 & \cdots & \nabla_1 \hat{\mathbf{x}}_u \\ \vdots & & \vdots \\ \nabla_n \hat{\mathbf{x}}_1 & \cdots & \nabla_n \hat{\mathbf{x}}_u \end{bmatrix}$$