Séminaire TéSA

Estimation parcimonieuse et navigation par satellites

Julien Lesouple

TéSA, CNES, M3 Systems, INPT, ISAE

19 Octobre 2017

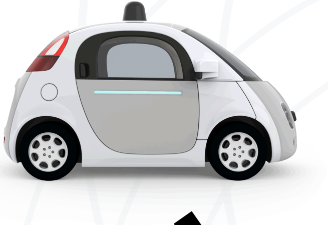
Plan

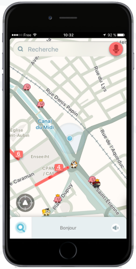
La navigation par satellites

L'estimation parcimonieuse

Application à la navigation

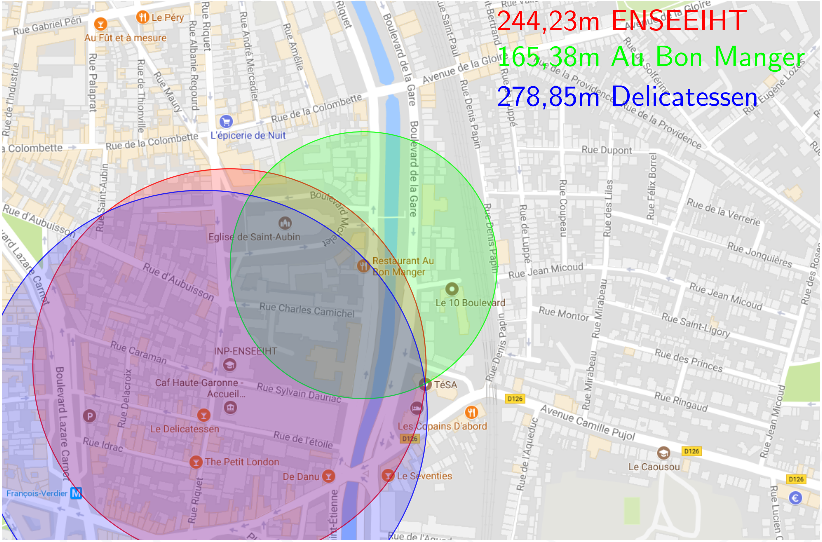
Introduction



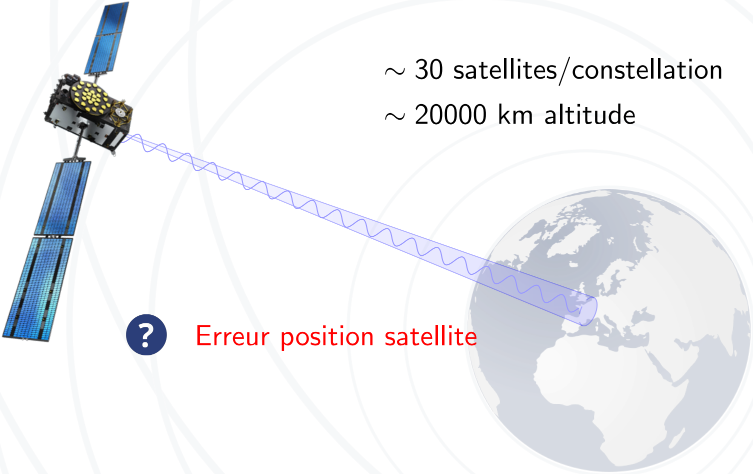

Recherche
Rue du Lys
Rue Denis Papin
Canal du Midi
Enseeiht
CPAM / CAF
Bonjour

UBER
deliveroo
UBER EATS
foodora
tinder

Principe


244,23m ENSEEIHT
165,38m Au Bon Manger
278,85m Delicatessen
INP-ENSEEIHT
Restaurant Au Bon Manger
Le Delicatessen
TéSA
Eglise de Saint-Aubin
Le 10 Boulevard
Caf Haute-Garonne - Accueil...
The Petit London
De Danu
Le Seventies
Les Copains D'abord
Le Caousou
L'épicerie de Nuit
Au Fût et à mesure
Le Péry
François-Verdier
Boulevard de la Gare
Avenue Camille Pujol
Rue d'Aubuisson
Rue Charles Camichel
Rue Caraman
Rue Sylvain Dauriac
Rue de l'étoile
Rue Idrac
Boulevard Lazare Carnot
Rue de la Colombette
Rue Jean Micoud
Rue Denis Papin

Satellite GNSS

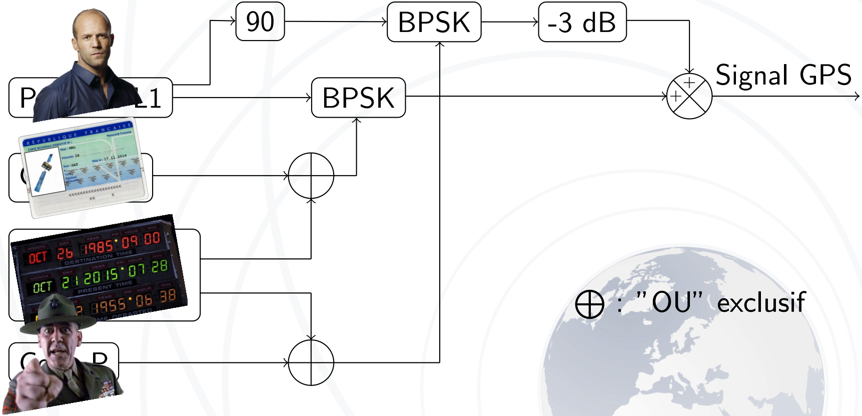


$\sim$ 30 satellites/constellation

$\sim$ 20000 km altitude

? Erreur position satellite

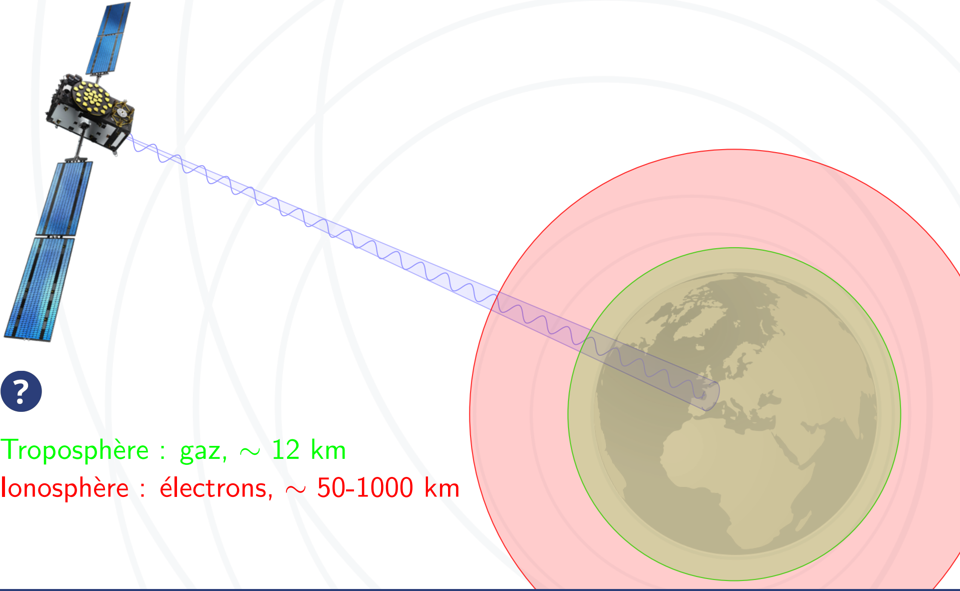
Signal GNSS


90
BPSK
-3 dB
P
L1
BPSK
Signal GPS
+
+
C
C
P
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
CARTE NATIONALE D'IDENTITÉ N° :
Nom : GAL
Prénom(s) : 18
Sexe : SAT
Né(e) le : 17.11.2016
DESTINATION TIME
OCT 26 1985 09 00
PRESENT TIME
OCT 21 2015 07 28
1955 06 38

⊕ : "OU" exclusif

? Erreur horloge satellite

Propagation du signal (1)



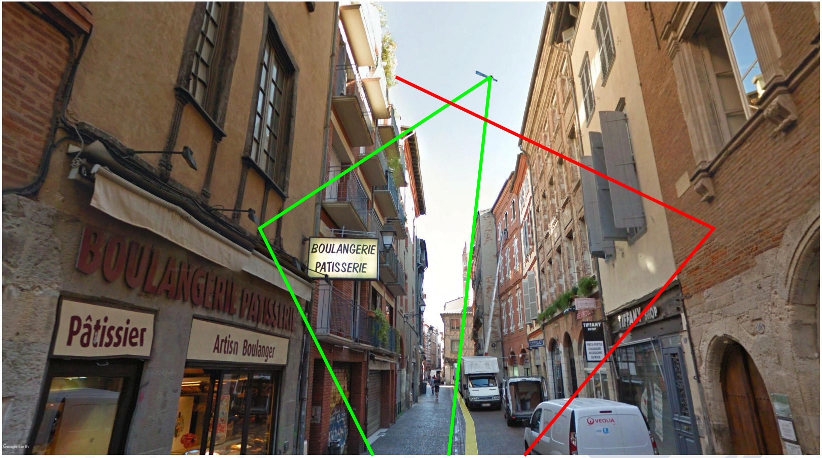
?

Troposphère : gaz, ∼ 12 km

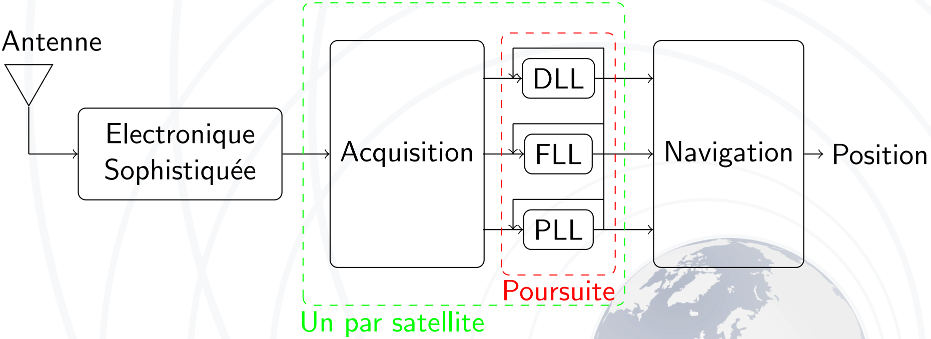
Ionosphère : électrons, ∼ 50-1000 km

Propagation du signal (2)

?


BOULANGERIE PATISSERIE
Pâtissier
Artisn Boulanger
BOULANGERIE
PATISSERIE
TIFFANY SHOP
VEOLIA
Google Earth

Récepteur GNSS


Antenne
Electronique Sophistiquée
Acquisition
DLL
FLL
PLL
Poursuite
Navigation
Position
Un par satellite

? Bruit thermique + biais d'horloge récepteur

Bilan des erreurs[1]

Source d'erreur	Amplitude (m)	Corrections
Horloge satellite	300	Ephémérides
Position satellite	< 1	Ephémérides
Ionosphère	1-50	Klobuchar
Troposphère	2.5-15	Niell
Multitrajet	10-?	Hypothèse de parcimonie
Bruit récepteur	0.67	
Horloge récepteur	Beaucoup	Inconnue du système

---

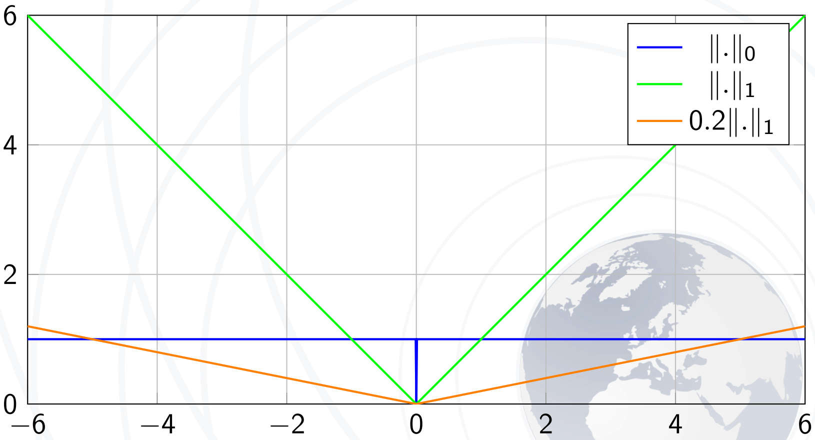
[1] Mohinder S. Grewal, Lawrence R. Weill, and Angus P. Andrews. "Satellite Navigation Systems". In: *Global Positioning Systems, Inertial Navigation, and Integration*. John Wiley & Sons, Inc., 2008. Chap. 5, pp. 144–198.

Principe

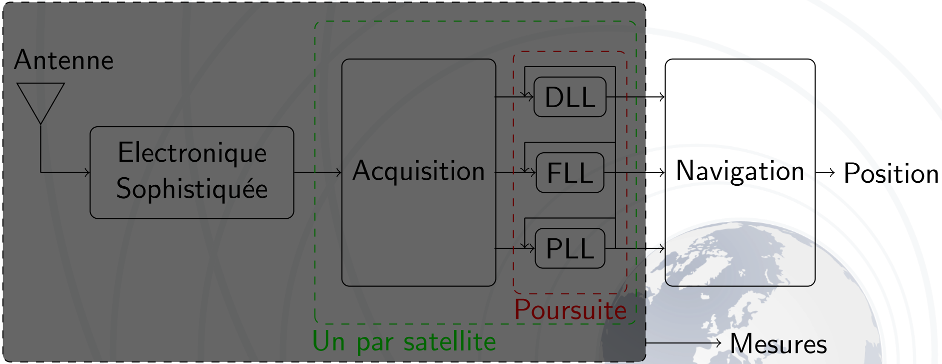
$$\begin{pmatrix} \square \\ \square \\ \square \\ \square \\ \square \\ \square \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \square & \square & \square & \square & \square & \square & \square & \square & \square & \square \\ \square & \square & \square & \square & \square & \square & \square & \square & \square & \square \\ \square & \square & \square & \square & \square & \square & \square & \square & \square & \square \\ \square & \square & \square & \square & \square & \square & \square & \square & \square & \square \\ \square & \square & \square & \square & \square & \square & \square & \square & \square & \square \\ \square & \square & \square & \square & \square & \square & \square & \square & \square & \square \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ \square \\ 0 \\ \square \\ 0 \\ \square \\ \square \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}$$

Critère moindres carrés $+$ Critère de parcimonie

Critères de parcimonie



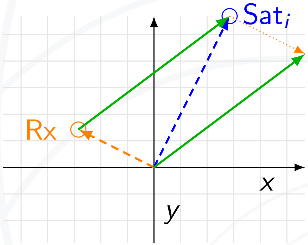
Contexte du problème


Antenne
Electronique Sophistiquée
Acquisition
DLL
FLL
PLL
Poursuite
Un par satellite
Navigation
Position
Mesures

Récepteurs bas-coût disponibles

Formulation du problème

Equations de distance



$$d_i = \left\| \begin{pmatrix} x_{\mathrm{sat},i} \\ y_{\mathrm{sat},i} \\ z_{\mathrm{sat},i} \end{pmatrix} - \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix} \right\|_2$$

$$\rho_i = d_i(x, y, z) + b + \varepsilon_i$$

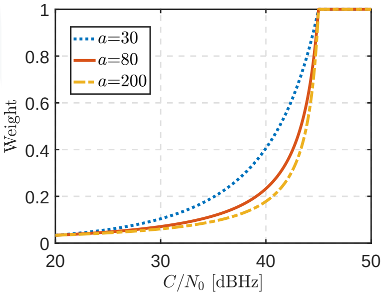
Linéarisation

$$\boldsymbol{y} = \boldsymbol{H}\boldsymbol{x} + \boldsymbol{m} + \boldsymbol{n}$$

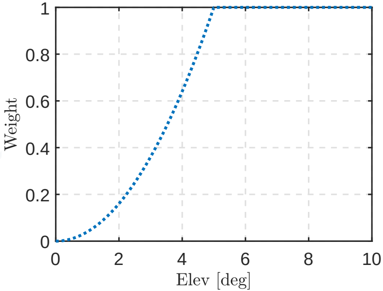
Définition des poids

Poids faibles en présence d'un multitrajet[2]

Fonction du C/N_0



Fonction de l'élévation



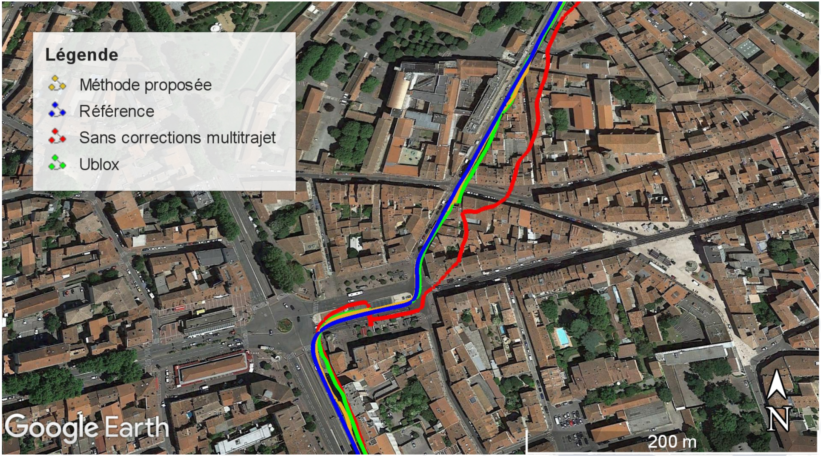
---

[2] Eugenio Realini and Mirko Reguzzoni. "goGPS: Open Source Software for Enhancing the Accuracy of Low-Cost Receivers by Single-Frequency Relative Kinematic Positioning". In: *Measurement Science and Technology* 24.11 (2013).

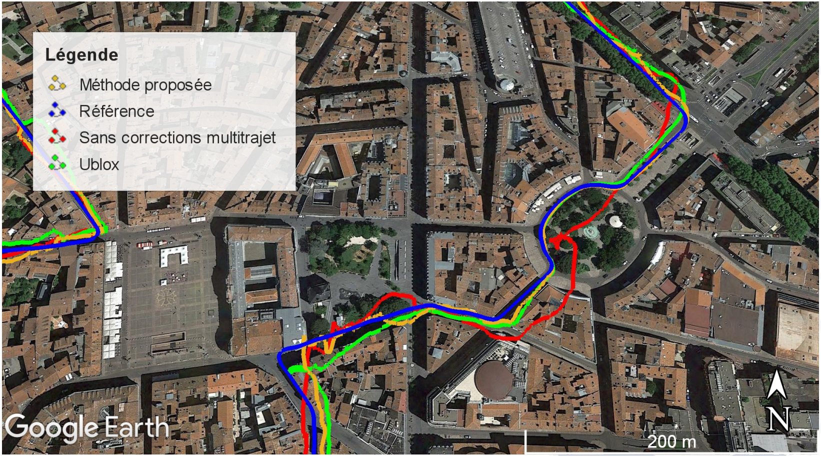
Formulation plus complète

- Ajout des vitesses dans l'état
- Mesures de Doppler
- Filtre de Kalman
- Poids dépendants des biais calculés à l'instant précédent
- Estimation de la matrice de covariance

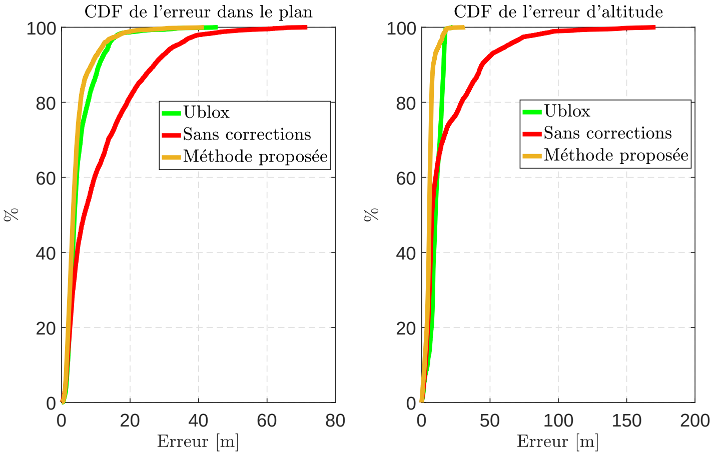
Résultats (1/3)


Légende
Méthode proposée
Référence
Sans corrections multitrajet
Ublox
Google Earth
200 m
N

Résultats (2/3)


Légende
Méthode proposée
Référence
Sans corrections multitrajet
Ublox
Google Earth
200 m
N

Résultats (3/3)



Merci pour votre attention !

Des questions ?