

CNIG

GT Positionnement &
GNSS

– le 16/10/2020 –

Saint-Mandé

*

Thème

« Positionnement
GNSS avec des
récepteurs bas-coût »

Par Florian BIROT



Positionnement GNSS avec le Emlid ReachRS2.



Définitions

Définitions

Reach RS2

Récepteur GNSS RTK/PPK/PPP
Pour la topo, la carto, la navigation

GPS	L1 C/A, L2C
GLONASS	L1OF, L2OF
GALILEO	E1-B/C, E5b
BEIDOU	B1I, B2I



Définitions

Reach RS2

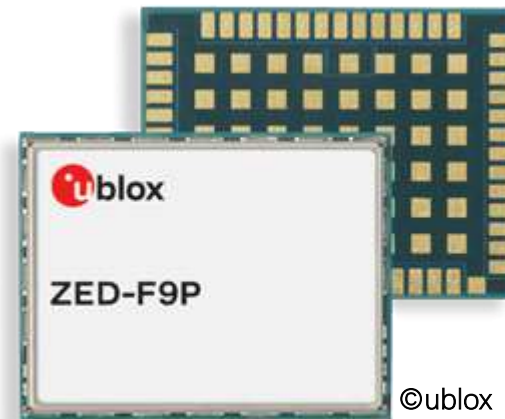
1 745€

Récepteur complet

Appli de pilotage / appli topo : ReachView



Le vrai prix du RTK en 2020 ?



Définitions

Bas-coût

410€ le module M2 multi-fréquence

Sans alimentation, sans modem

Mais mêmes sorties que le RS2

Données RTCM 3

Positions NMEA

En série, WiFi ou Bluetooth



Définitions

Positionnement GNSS

De (ρ, φ) à (X, Y, Z)

Définitions

Positionnement GNSS

De (ρ, φ) à (X, Y, Z)

Mode cinématique

(X, Y, Z) en fonction de t



Définitions

Positionnement GNSS

De (ρ, φ) à (X, Y, Z)

Mode statique

(X, Y, Z) unique pour la session de mesures



Définitions

Positionnement différentiel (DGNSS)

Positionnement relatif à une station de base

De $(\rho, \varphi)_{\text{base}} + (\rho, \varphi)_{\text{mobile}}$ à $(X, Y, Z)_{\text{mobile}}$

Définitions

Positionnement différentiel (DGNSS)

annuler



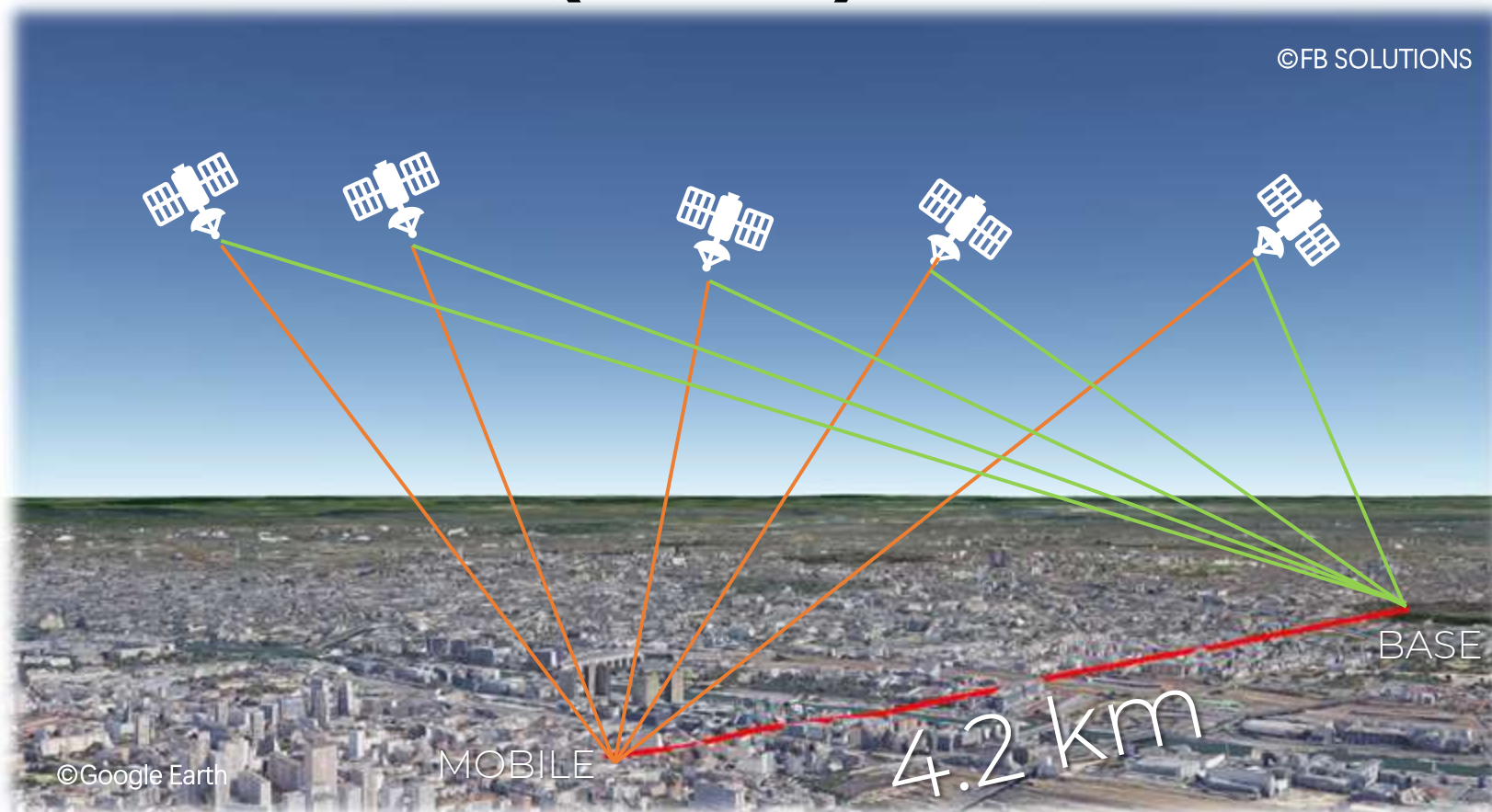
réduire



annuler/réduire



annuler



Définitions

Positionnement différentiel (DGNSS)

RTK / NRTK

$(X, Y, Z)_{\text{mobile}}$ calculé en temps réel

Cinématique

PPK / NPPK

$(X, Y, Z)_{\text{mobile}}$ calculé en temps différé

Cinématique

Définitions

Positionnement différentiel (DGNSS)

Statique / statique multi-stations

$(X, Y, Z)_{\text{mobile}}$ calculé en temps différé

Statique

Définitions

Precise Point Positioning (PPP)

Positionnement absolu

De $(\rho, \varphi)_{\text{mobile}} + (a_1, a_2, \dots)_{\text{SSR}}$ à $(X, Y, Z)_{\text{mobile}}$

Définitions

Precise Point Positioning (PPP)

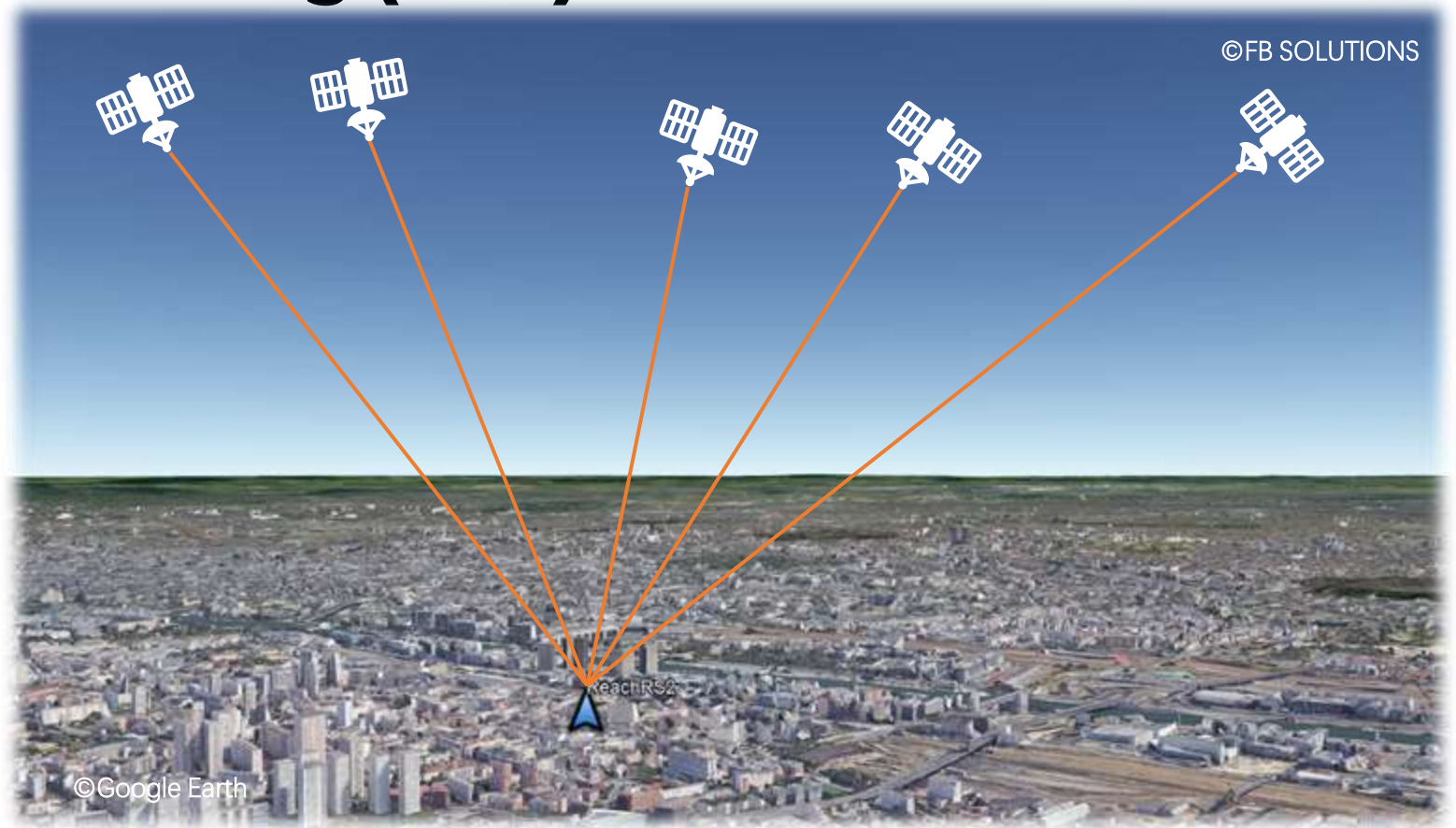
estimer



annuler/modéliser



annuler



Définitions

Precise Point Positioning (PPP)

PPP cinématique

$(X,Y,Z)_{\text{mobile}}$ calculé en temps différé

Cinématique

PPP statique

$(X,Y,Z)_{\text{mobile}}$ calculé en temps différé

Statique

Définitions

Positionnement Reach RS2

	Temps réel	Temps différé*
Différentiel	Oui	Oui
PPP	Non	Oui

Définitions

Positionnement Reach RS2

	Temps réel	Temps différé*
Différentiel	Oui	Oui
PPP	Non	Oui

Temps différé*	Cinématique	Statique
Différentiel	Oui	Oui
PPP	Oui	Oui

Positionnement de précision avec le Reach RS2

Positionnement de précision avec le Reach RS2

Tests type « labo »

Statique multi-stations pour position de référence

Positionnement en temps différé (post-traitement)

PPK

PPP statique

PPP cinématique

Positionnement en temps réel

Filtrage et moyenne de positions NRTK

Positionnement de précision avec le Reach RS2

Test type « levé topo »

Positionnement en temps réel

NRTK sur des points de référence

Positionnement de précision avec le Reach RS2

Conditions des tests type « labo »

Mobile RS2 stationnaire

Session longue / 6h+

Le 7 octobre 2020

De 5h14 à 11h23 UTC

En environnement GNSS dégagé

Nb satellites min / moy / max : 24 / 39.2 / 44



Positionnement de précision avec le Reach RS2

Analyse des observations RS2

Saut de cycles	L1/L2/L5/L7 en % des observations
GPS	0.44/0.61/-/-
GLONASS	0.73/1.05/-/-
GALILEO	0.42/-/-/0.39
BEIDOU	-/0.12/-/0.14

Positionnement de précision avec le Reach RS2

Comparaison avec la station permanente adjacente [IGNF](#)

Saut de cycles	L1/L2/L5/L7 en % des observations
GPS	0.04 (-0.40)/0.08 (-0.53)/-/-
GLONASS	0.05 (-0.68)/0.15 (-0.90)/-/-
GALILEO	0.11 (-0.31)/-/-/0.04 (-0.35)
BEIDOU	-/-/-/-

6.4 fois moins de sauts de cycles

Positionnement de précision avec le Reach RS2

Analyse des observations RS2

SNR min / moy / max

GPS	L1 9.0/42.6/51.0	L2 9.0/37.4/44.0
GLONASS	L1 8.0/42.2/52.0	L2 8.0/38.1/45.0
GALILEO	L1 8.0/41.1/51.0	L7 8.0/40.0/50.0
BEIDOU	L2 11.0/41.9/50.0	L7 10.0/39.9/49.0

SNR min faibles => surplus de saut de cycles

Filtrons les satellites < 15° d'élévation

Positionnement de précision avec le Reach RS2

Analyse des observations RS2 avec angle de coupure à 15°

Saut de cycles	L1/L2/L5/L7 en % des observations
GPS	0.14 (-0.30)/0.22 (-0.39)/-/-
GLONASS	0.23 (-0.50)/0.73 (-0.32)/-/-
GALILEO	0.08 (-0.34)/-/-/0.03 (-0.36)
BEIDOU	-/0.004 (-0.12)/-/0.004 (-0.14)

Nombre total de sauts de cycles divisés par 3.7

Positionnement de précision avec le Reach RS2

Analyse des observations RS2

Gains en SNR min / moy après filtrage

GPS	L1 +9.0/+1.8	L2 +4.0/+1.9
GLONASS	L1 +3.0/+1.8	L2 +15.0/+1.3
GALILEO	L1 +15.0/+1.9	L7 +19.0/+1.9
BEIDOU	L2 +13.0/+1.0	L7 +0.0/+1.0

Calcul de la position de référence

Calcul de la position de référence

Positionnement statique multi-stations

Test type « labo »

Session longue en environnement GNSS dégagé

8 bases RGP encadrantes



©FB SOLUTIONS

Calcul de la position de référence

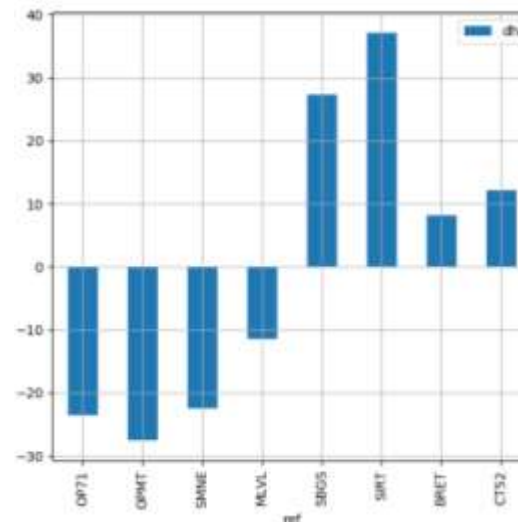
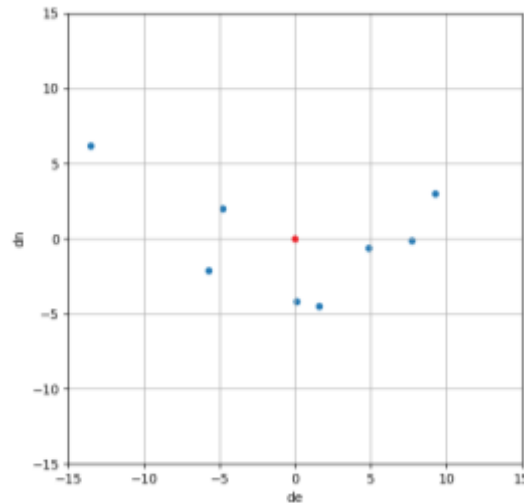
Positionnement statique multi-stations / Résultats

Longueur des lignes de base : de 3 à 27.7 km

8 lignes de base fixées / 8

Ecart-types Est / Nord / Up [cm] : 0.8 / 0.4 / 2.5

Ecart E,N en mm du résultat de chaque ligne de base par rapport à la position moyenne



Ecart Up en mm du résultat de chaque ligne de base par rapport à la position moyenne

Positionnement en temps différé

Positionnement en temps différé

Positionnement PPP statique

Test type « labo »

Session longue en environnement GNSS dégagé

Fichiers d'orbites et d'horloges MGEX rapides



Positionnement en temps différé

Positionnement PPP statique / Résultats

Ecart-types Est / Nord / Up [cm] : 0.1 / <0.1 / 0.1 

Exactitude Est / Nord / Up [cm] : 2.0 / 0.3 / 0.8

Positionnement en temps différé

Positionnement PPK

Test type « labo »

Session longue en environnement GNSS dégagé

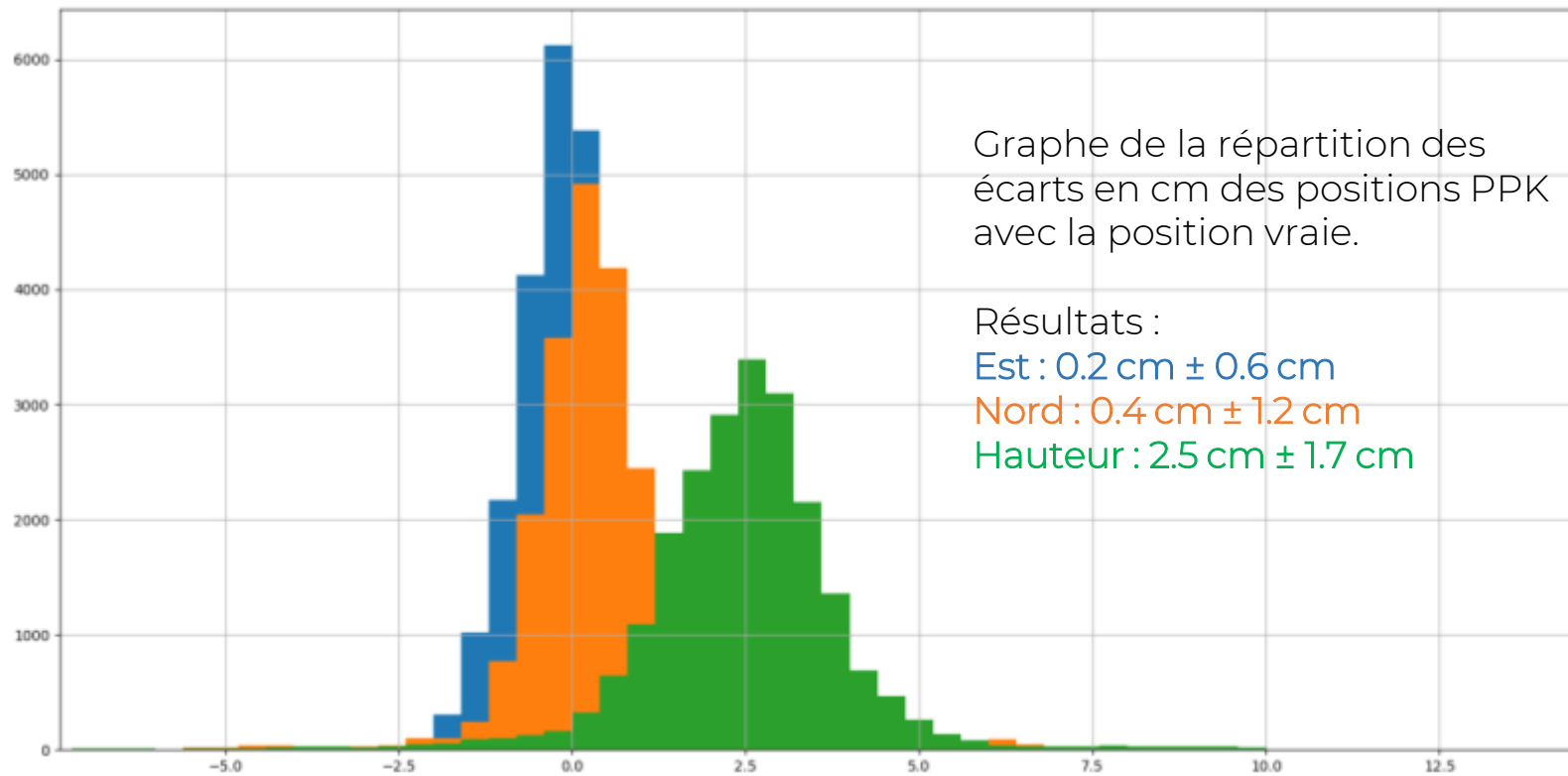
Station de base SMNE (4.2 km)



©FB SOLUTIONS

Positionnement en temps différé

Positionnement PPK / Résultats



100% d'époques fixées

Positionnement en temps différé

PPP cinématique

Test type « labo »

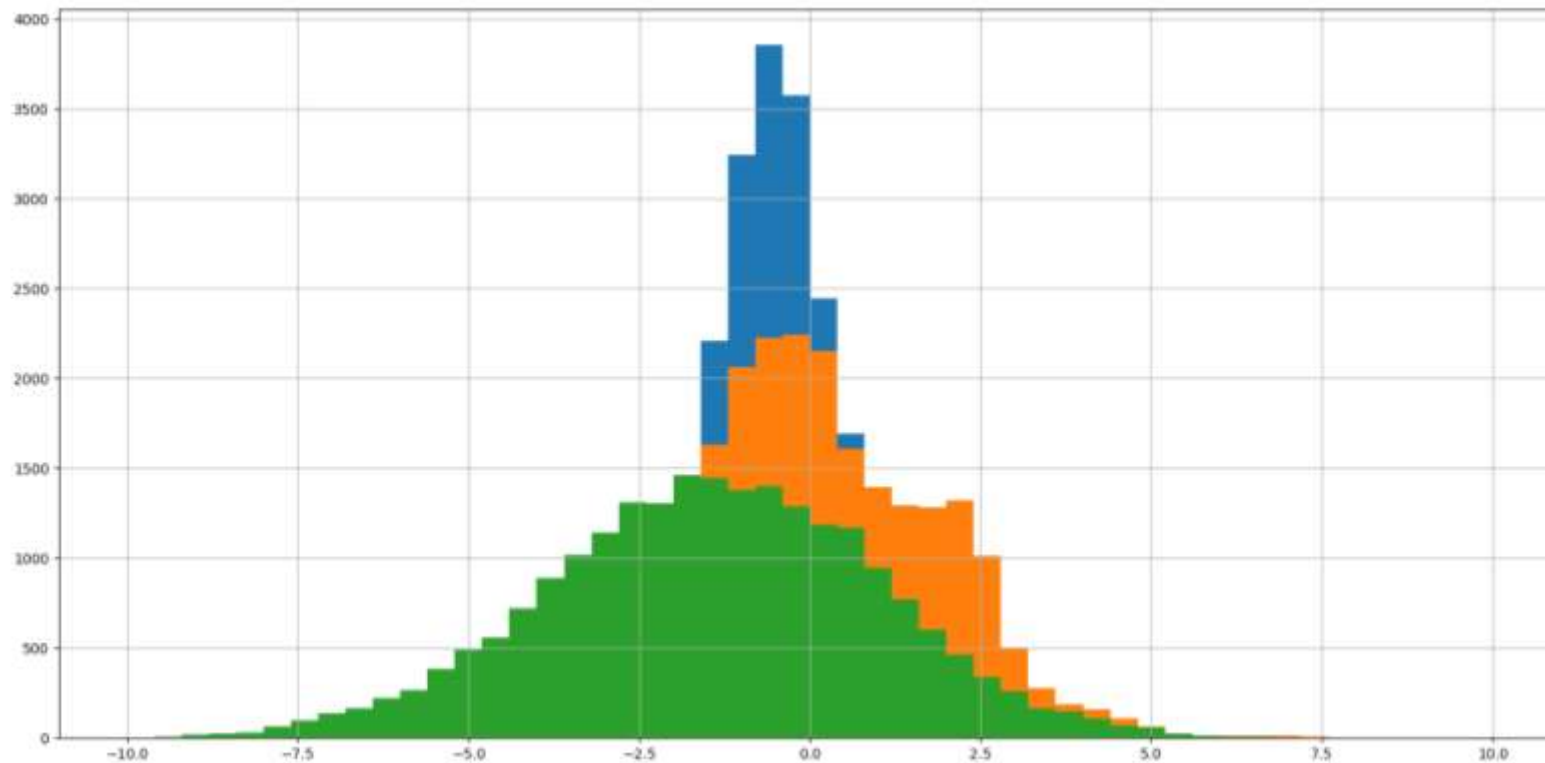
Session longue en environnement GNSS dégagé

Fichiers d'orbites et d'horloges MGEX rapides



Positionnement en temps différé

PPP cinématique / Résultats



Graphe de la répartition des écarts en cm des positions PPP cinématiques avec la position vraie.

Résultats :

Est : 0.6 cm \pm 1.1 cm

Nord : 0.3 cm \pm 1.6 cm

Hauteur : 1.4 cm \pm 2.4 cm

Positionnement en temps réel

Positionnement en temps réel

Filtrage et moyenne de positions NRTK

Test type « labo »

Session longue en environnement GNSS dégagé

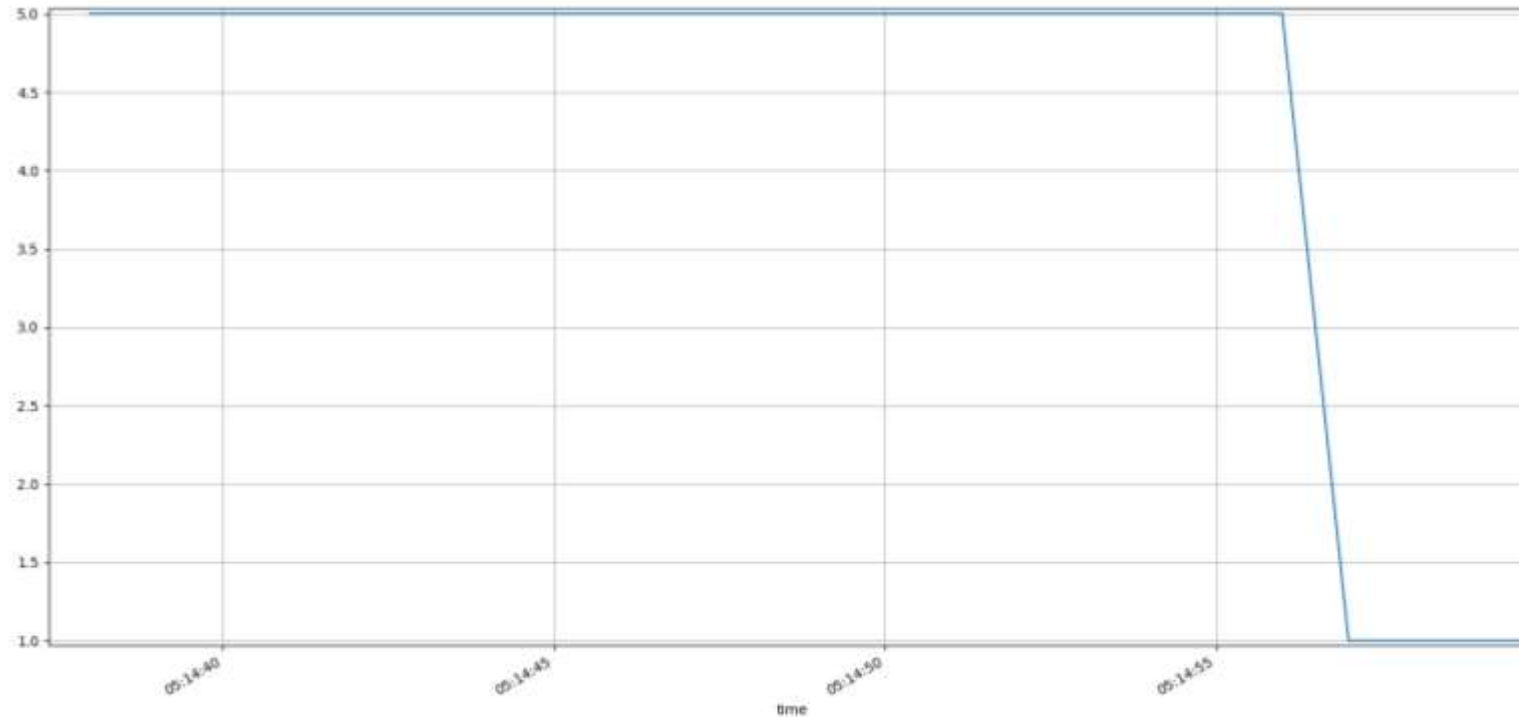
Base VRS Satinfo



Positionnement en temps réel

Filtrage et moyenne de positions NRTK / Résultats

Temps d'initialisation / TTFF : 20 sec

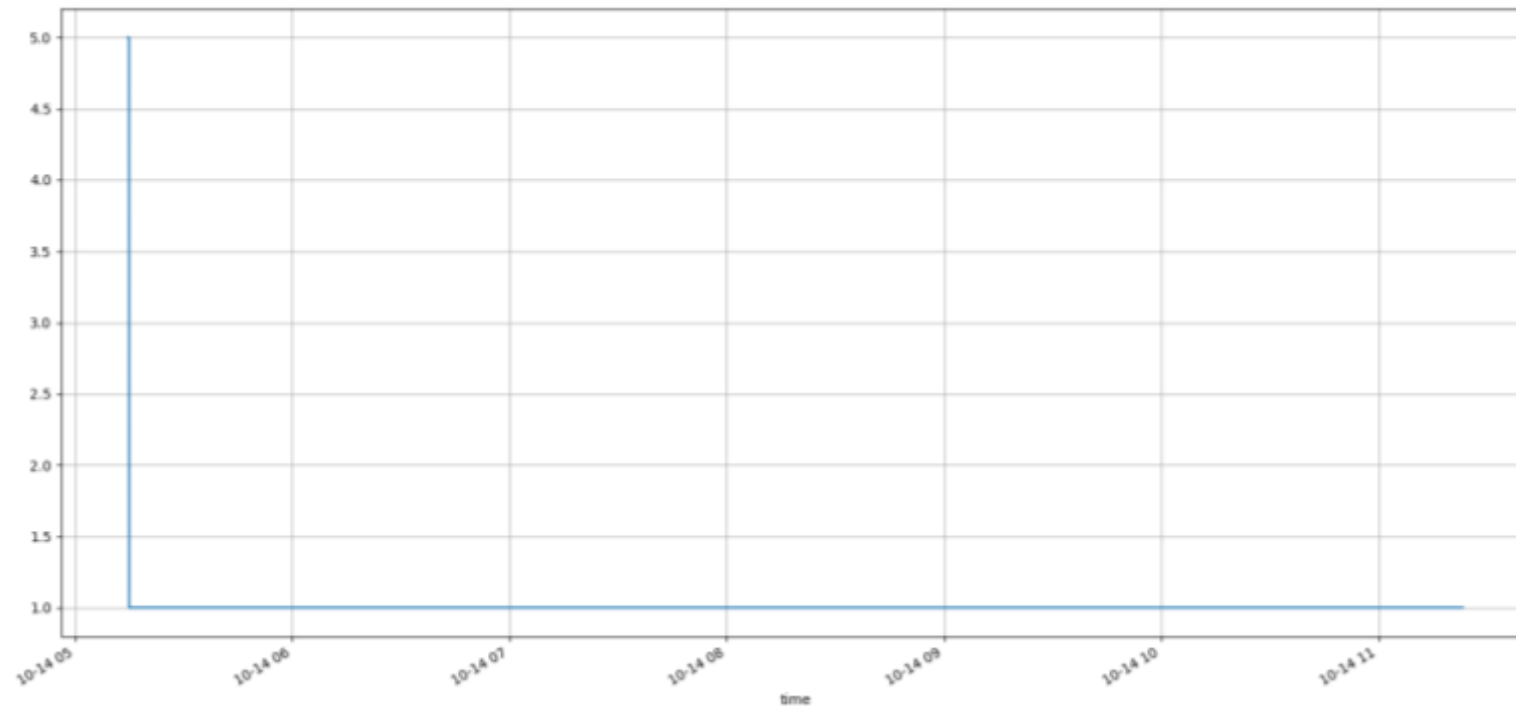


Mode de positionnement en fonction du temps.
5 = Float
1 = Fix

Positionnement en temps réel

Filtrage et moyenne de positions NRTK / Résultats

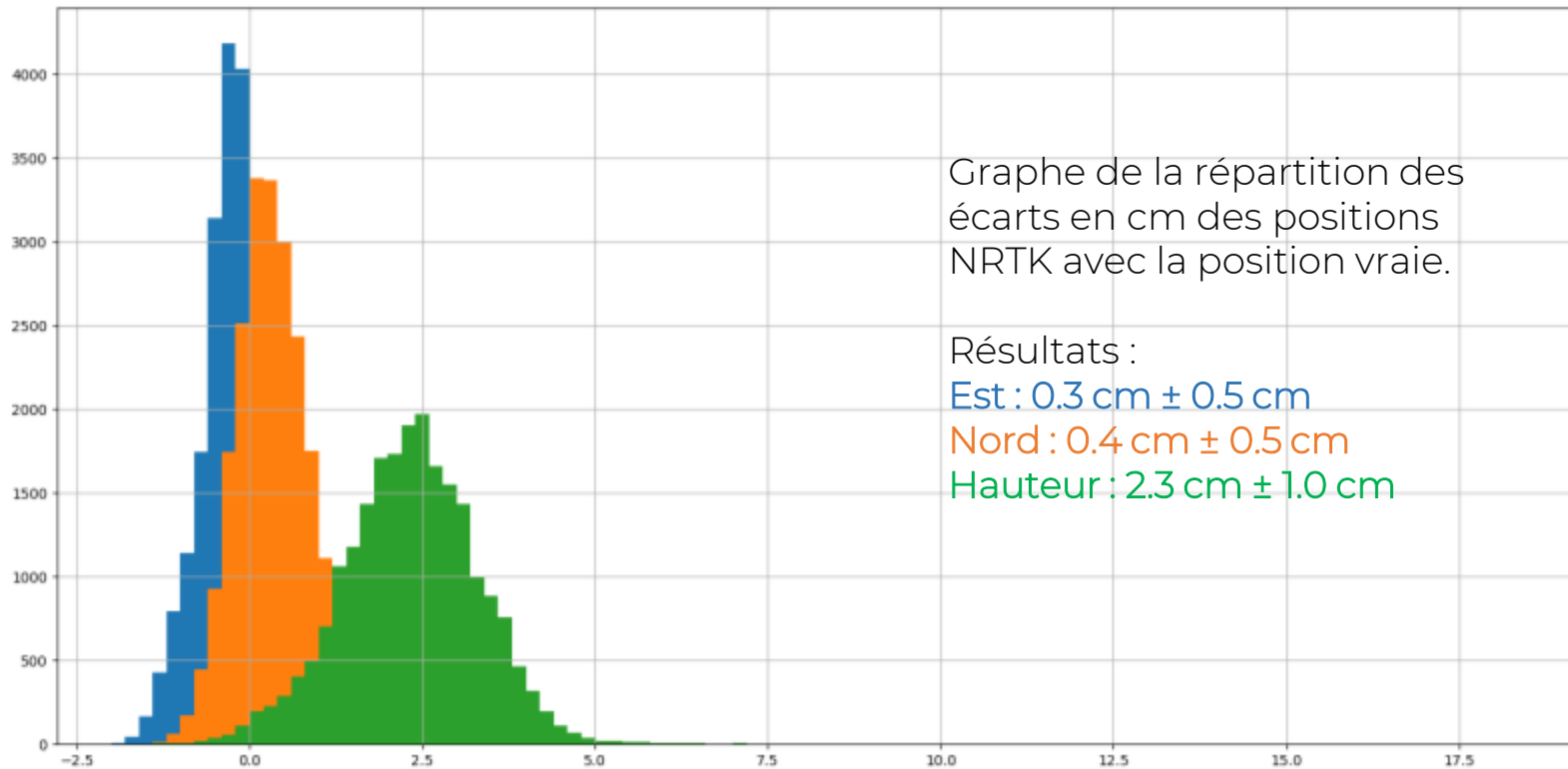
Taux de fixation : 99.9% du temps / 0 perte de fix



Mode de positionnement en fonction du temps.
5 = Float
1 = Fix

Positionnement en temps réel

Filtrage et moyenne de positions NRTK / Résultats



Positionnement en temps réel

Nouveau test en situation courante d'utilisation

Test type ~~« labo »~~ « levé topo »

Conditions du test

3 secondes sur un point de référence

3 initialisations différentes

Points de référence SmartTopo [2195](#) et [2196](#)

Mobile Reach RS2

Base VRS Teria

Positionnement en temps réel

Mesures de points de référence / Résultats

Ecart-types Plani / Alti [cm] entre initialisations :

Point 2195 : 1.0 / 1.9

Point 2196 : 0.7 / 2.3

ReachView RMS Plani / Alti [cm] :

Point 2195 : 1.5 / 2.1

Point 2196 : 1.5 / 2.0



Positionnement en temps réel

Mesures de points de référence / Résultats

Exactitude Plani / Alti [cm] :

Point 2195 : 1.6 / 1.3

Point 2196 : 2.0 / 3.2

 Alti GNSS issue d'une transformation grille

En somme

En somme

Qualité des observations GNSS OK pour RTK/PPK/PPP

Précision centimétrique en conditions labo ou topo

<2-3 cm en plani, <3-4 en alti

Quelles conséquences avec un tel prix

Volumes, équipement de flottes

Forte démocratisation de la collecte de données géoréférencées

Jusqu'aux réseaux permanents ?

Retrouvez toutes les données des tests et scripts de traitements en accès libre sur GitHub

<https://github.com/fbsolutions/cnig-20201016>



Merci à tous

