

16 Octobre 2020

Valérie RENAUDIN
Céline RAGOIN
Miguel ORTIZ

Groupe de Travail
GNSS et Positionnement
de la CNIG



Positionnement GNSS précis sur smartphone : une réalité proche ?



Université
Gustave Eiffel

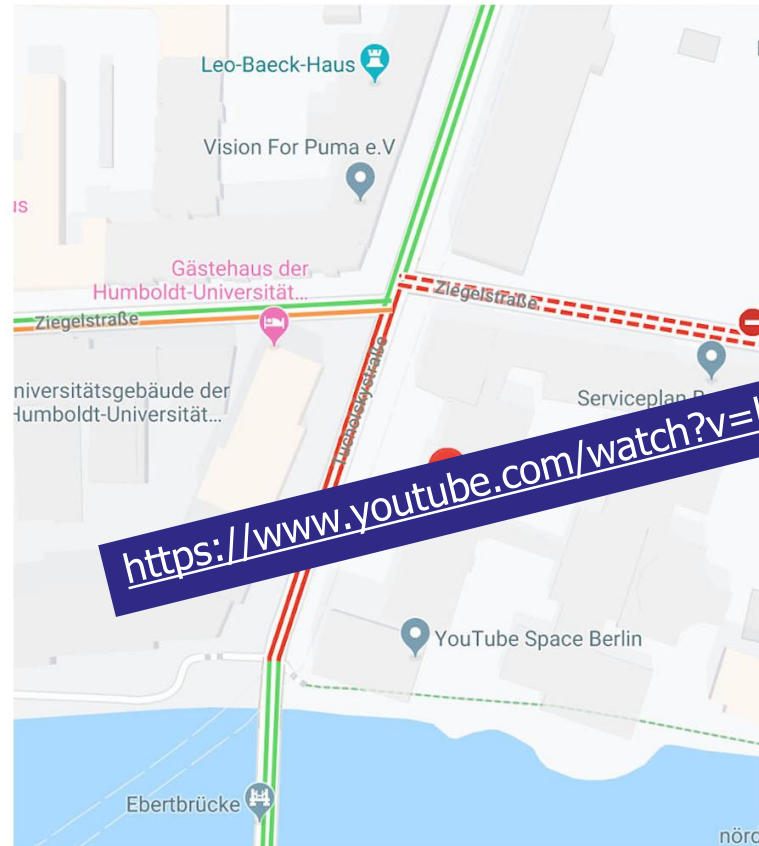




Géopositionnement GNSS bas coût au cœur de nos vies

99 Rx GNSS bas-coût transportés dans un charriot provoquent un bouchon

L'artiste allemand Simon Weckert interroge les modifications virtuelles de la ville réelle par le géopositionnement GNSS hybridé



Contexte

- Depuis 2016, Google API permet d'accéder aux données brutes GNSS sous Android
→ Possibilité de codage de ses propres algorithmes de positionnement précis
- Le nombre d'articles publiés sur la précision des mesures GNSS sur smartphone continue d'augmenter
- Pourtant peu de nouveaux smartphones avec puce double fréquence (L1/L5) et récepteur GNSS entièrement compatible avec l'extraction des données brutes
→ 1er : Xiaomi Mi 8, en 2018
→ Deuxième et dernier : Huawei Mate 20 X, en 2018 [1]

Model	Android version	AGC	Nav messages	ADR (carrier phase)	L5	Global systems
Huawei Mate 20 X	9.0	no	yes	yes	yes	GPS GLO GAL QZS
Xiaomi Mi 8	8.1	no	yes	yes	yes	GPS GLO GAL BDS QZS

[1] Android Developers online Resources, 'Raw GNSS Measurements', <https://developer.android.com/guide/topics/sensors/gnss>

Travaux de recherche du laboratoire GEOLOC de l'université Gustave Eiffel



Etude du positionnement précis, temps réel, sous Android, avec capteurs bas-coût

→ Développement d'une application avec codes en accès libre : GeolocPVT?

→ Contribution au groupe de travail « GNSS données brutes » de l'agence européenne du GNSS



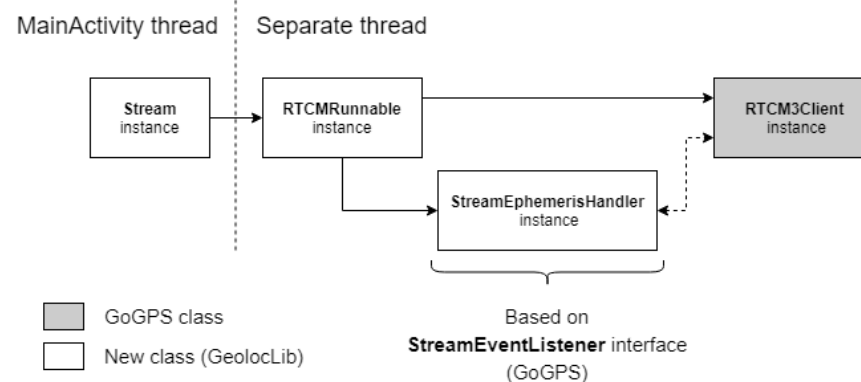
Vers une solution auto-suffisante de calcul de PVT ?



Attentes	Réalité
Géopositionnement précis indépendant de connexion réseau	Messages de navigation non fournis pour GALILEO et BEIDOU Solution: Real-Time Service (IGS-RTS) Besoin de connexion réseau

Adoption de streams RTCM dans GeolocPVT

- multi-constellations et corrections précises
- Précision des produits ultra-fast
- 5 sec. échantil. sur données horloges GNSS
- Accès et décodage facilité par librairie *GoGPS*



Modélisation des mesures GNSS

Position GNSS par trilatération

Positionnement multi-constellations, multi-fréquences

- pseudo-distances corrigées
- 4 satellites minimum
- Chaque constellation introduit un biais inter-syst.

Modélisation classique pour du "Standalone"

$$P_f^j = \rho^j + c \cdot (\delta t_r - \delta t^j) + \tau_{iono}^j + \tau_{tropo}^j + \epsilon$$

$$\Phi_f^j = \rho^j + c \cdot (\delta t_r - \delta t^j) - \tau_{iono}^j + \tau_{tropo}^j + \lambda_f \cdot N_f^j + \epsilon$$

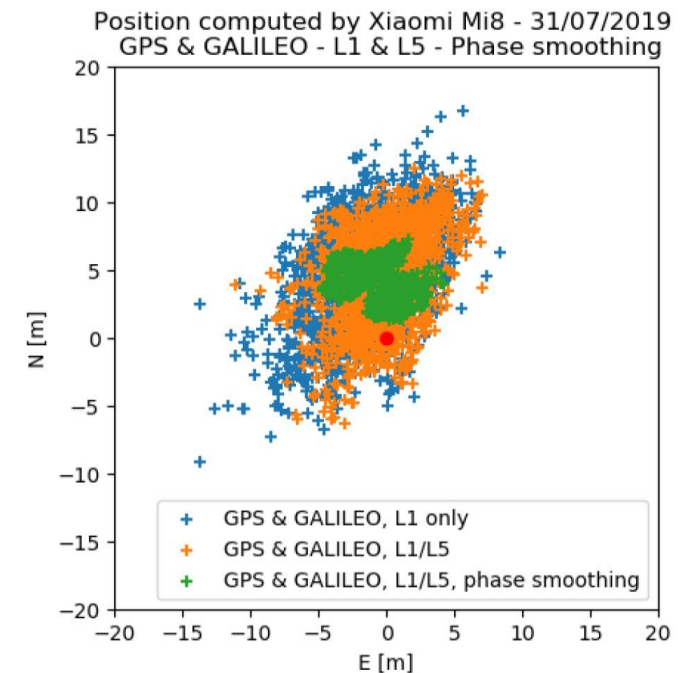
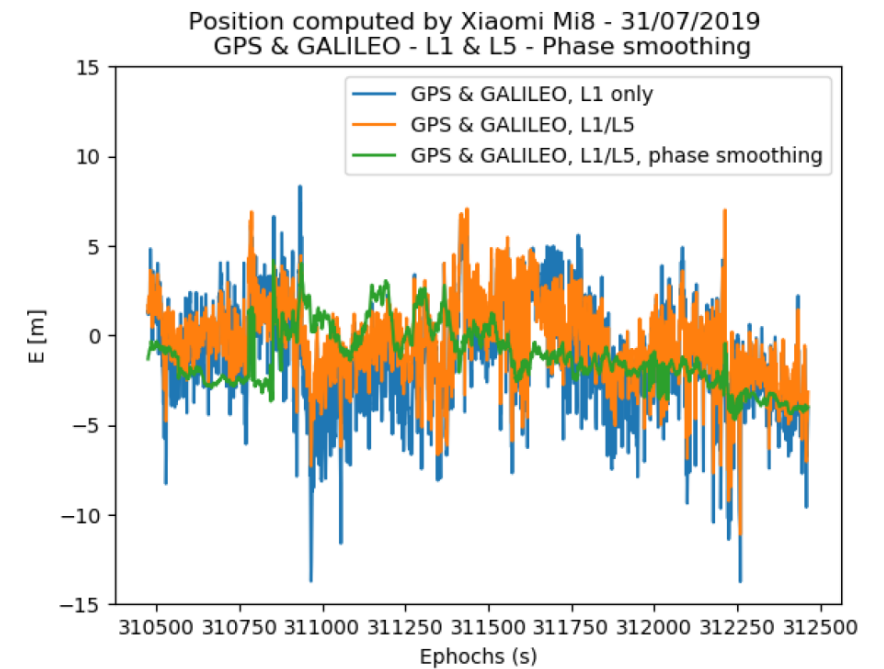
Lissage des pseudo-distances par la phase

$$\hat{P}_k^j = \frac{1}{n} \cdot P_k^j + \frac{n-1}{n} \left(\hat{P}_{k-1}^j + (\Phi_k^j - \Phi_{k-1}^j) \right) \quad \text{if } k < N, n = k$$

else, $n = N$

Résultats (RMS 2D 1sigma) :

- GPS & GAL L1 6.7m
- GPS & GAL L1-L5 6.2m
- GPS & GAL L1-L5 lissé 5.1m



Multi-constellations, bi-fréquence



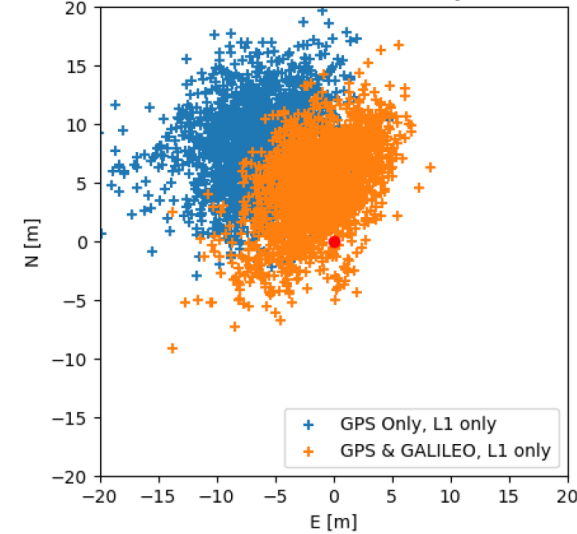
Constellations utilisées par GeolocPVT

- GPS
- GALILEO
- BEIDOU
- GLONASS en cours

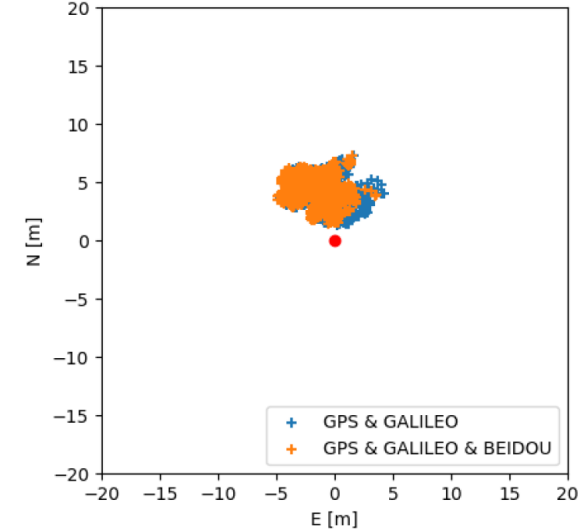


- **plus de satellites : disponibilité et précision accrues**
 - RMS 2D : GPS L1 (11.5m) > GPS & GAL L1 (6.7m)
- **plus de fréquences : meilleure précision**
- **possibilité de pondération par le bruit de mesures de pseudo-distances**
 - Erreur GLONASS > GPS > Galileo = Beidou

Position computed by Xiaomi Mi8 - 31/07/2019
GPS & GALILEO - L1 only



Position computed by Xiaomi Mi8 - 31/07/2019
GPS & GALILEO & BEIDOU - L1 & L5 - Phase smooth

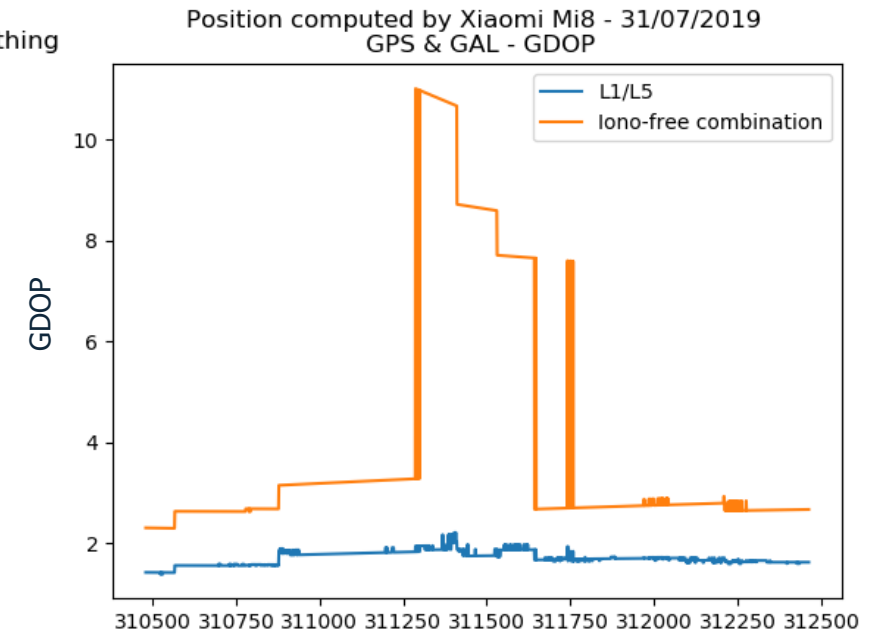
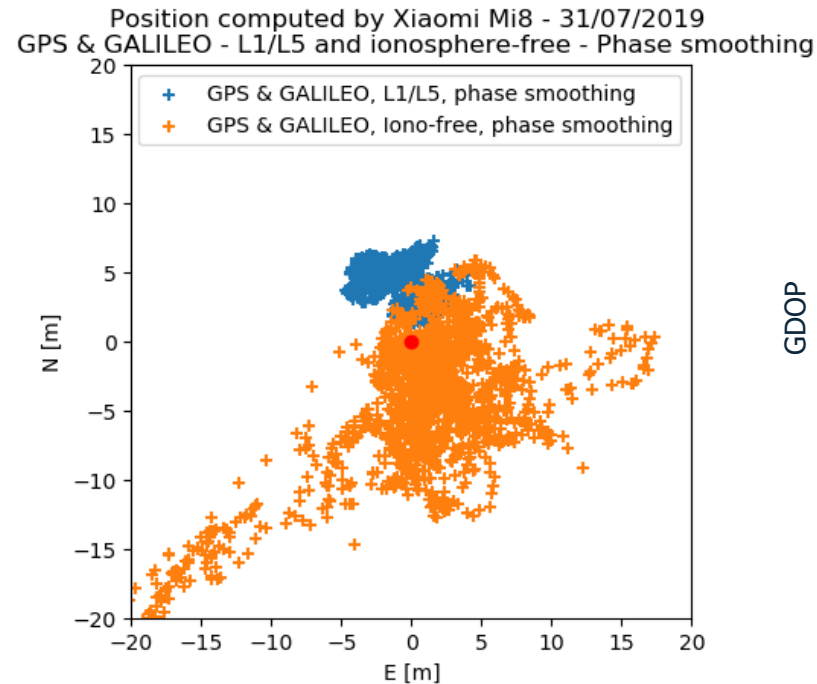


Correction ionosphérique

L1 & L5 traité par Xiaomi Mi 8 --> combinaison ionosphère-free

Résultat = perte de précision

- Seuls les satellites II-F diffusent les signaux L1/L5 GPS
- Bruit augmenté par la combinaison iono-free [2]
- C/N0 sur L5 est plus petit qu'attendu



[2] Guo, L., Wang, F., Sang, J., Lin, X., Gong, X., & Zhang, W. (2020). Characteristics analysis of raw multi-GNSS measurement from Xiaomi Mi 8 and positioning performance improvement with L5/E5 frequency in an urban environment. *Remote Sensing*, 12(4). <https://doi.org/10.3390/rs12040488>.

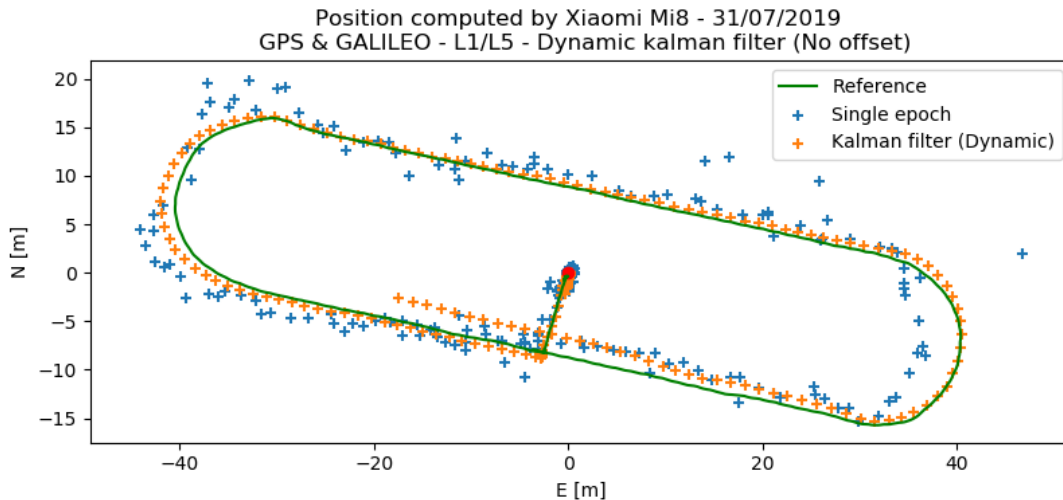
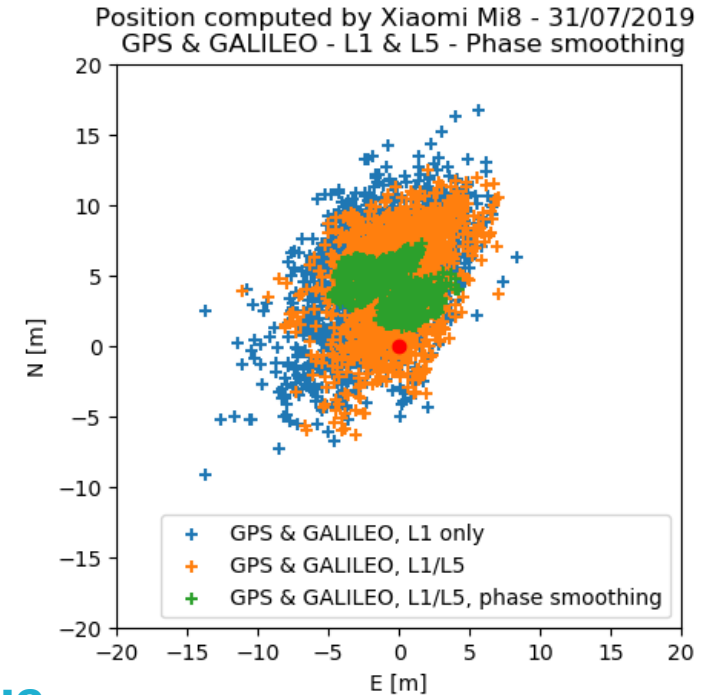


Différence temporelle de mesure phase (TDCP)

Mode statique

SPP avec lissage des pseudo-distances

Filtre de Kalman Etendu avec lissage des pseudo-distances



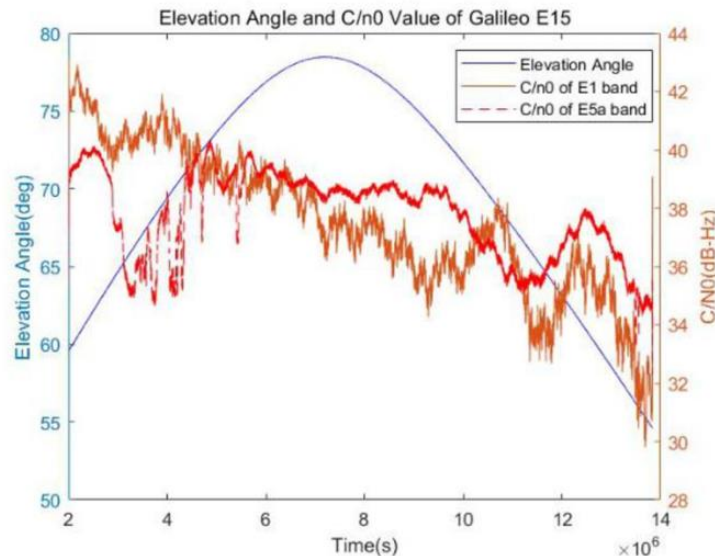
Mode dynamique

Filtre de Kalman étendu avec estimation de la vitesse en utilisant le gradient temporel de mesures de phase à l'époque $t_k - 1$ et k

$$\Delta\Phi^j = \dot{\rho}^j + c \cdot \Delta\delta t_r - c \cdot \Delta\delta t^j + \Delta\delta u^j - \Delta\tau_{iono}^j + \Delta\tau_{tropo}^j + \epsilon_{\Delta\Phi^j}$$

Pondération des mesures GNSS

- **La qualité du signal GNSS sur les smartphones est indépendante de l'altitude**
 - Le masque d'élévation inadéquat
 - Une pondération par C/N0 plus efficace
- **Dans GeolocPVT: seuillage pour les deux**



C/N0 élevé insuffisant : le « flag » STATE_CODE_LOCK doit également être vérifié
→ Mesure éliminée si aucun « flag » non vérifié

10:22 PM

TEAM GEOLOC GeolocPVT

Options

Systems GPS GALILEO BEIDOU
 GLONASS

Ephemeris Nav. message RTCM streams

Corrections
 RTCM Corrections Troposphere DCB

Processing
 SPP PPP
 L1 only L1 / L5 L3 (iono-free)
 Static Dynamic
 Phase smoothing Kalman filter

Elevation cutoff: 15° Noise cutoff: 25 dBHz

Logger

Pseudorange Position Ephemeris IMU

START STOP

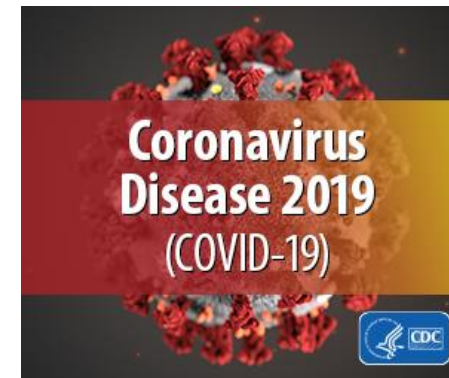
Options

Conclusion

De nombreuses stratégies sont possibles pour atteindre un positionnement de haute précision

- Modèle de smartphone ?
- Besoins des utilisateurs / cas d'utilisation ?

Ces choix sont étroitement liés à l'application – tout est question de compromis !



GEOLOC Laboratory

<https://geoloc.univ-gustave-eiffel.fr/>
geoloc@univ-eiffel.fr

<https://gitlab.com/TeamGEOLOC/geolocpvt>

