

1 Sujet

L'objectif de ce TP est de programmer un logiciel de compensation qui permet de calculer des coordonnées cartésiennes de stations GNSS à partir de lignes de base calculées par un logiciel GNSS (par exemple LGO). Il s'agit d'une application concrète de la théorie des moindres carrés basée sur la lecture de données. La dimension du problème, nombre d'inconnues et d'observations, est guidée par les données et devra se gérer dans le logiciel. L'implémentation concrète de mise en référence est aussi abordée.

Vous disposez de 3 fichiers :

- ***Cooordappro.txt*** qui contient les coordonnées approchées cartésiennes géocentriques des points du réseau GPS. 2 points, à savoir BANON et VLX1 disposent de coordonnées RGF93 officielles (ici, coordonnées déterminées avant 2010). On les considérera de précision (1σ) égales à 8 mm pour chaque coordonnée horizontale et 1.2 mm en verticale.
- ***lignesdebase.txt*** qui contient les lignes de base et les matrices de variances covariances associées exprimées respectivement en mètres et mètres carrés. Les lignes de base fournies dans le second fichier sont dérivées de coordonnées RGF93 géocentriques. Les matrices de variance-covariances associées étant symétriques, seule la partie triangulaire supérieure est fournie. Elles se lisent par ligne, la première colonne correspondant aux variances. Certaines lignes de base sont observées plusieurs fois (lié à la stratégie d'observation).
- ***tp-baseline.py*** . Routine de lecture du fichier lignesdebase.txt en python.

Nous vous proposons de suivre les étapes ci-dessous pour le développement de votre logiciel. Les coordonnées obtenues devront être exprimées en RGF93 par l'intermédiaire des stations BANON et VLX1 (mise en référence à l'aide des coordonnées de ces points). La précision des coordonnées obtenues pour toutes les stations devra refléter la qualité de la mise en référence.

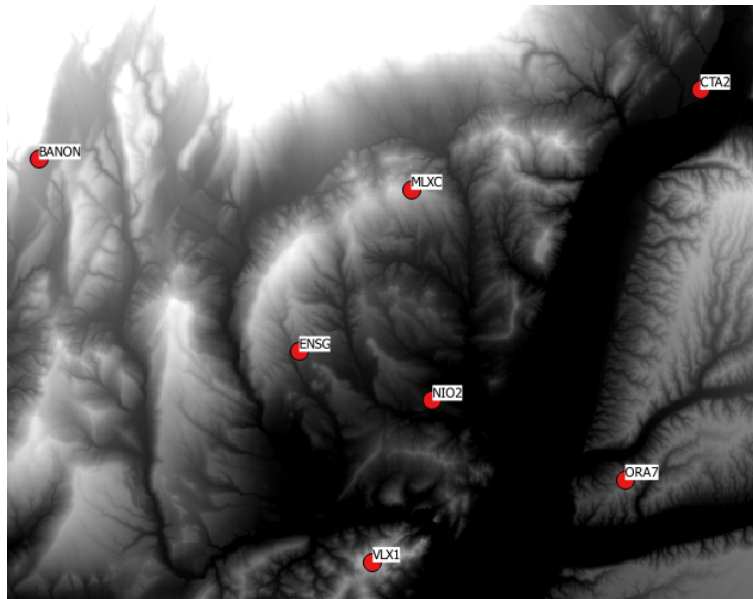


FIGURE 1 – Réseau de stations observé par GNSS, dont les coordonnées sont à calculer.

2 Questions

- Ecrire les relations d'observation
- 1) Dans un premier temps, fixer les coordonnées des 2 stations. Programmer le calcul des coordonnées et les écarts-type associés en python
- Vérifier s'il n'existe pas des lignes de bases mal déterminées
- 2) Même question que précédemment mais considérer dans un premier temps que les coordonnées RGF93 sont de précisions égales sur les 3 composantes (ex : 6 mm).
- 3) Même question que précédemment mais utiliser les précisions des coordonnées RGF93 comme présentées dans l'énoncé.
- 4) Même question que précédemment mais considérer que la mesure de la hauteur des stations est effectuée au double-mètre et le centrage de l'antenne à l'aplomb du point n'étant pas parfait, nous vous proposons d'ajouter des équations de centrage pour refléter cette imprécision.
- Convertir la matrice variance-covariance en géographique afin de fournir des précisions sur la planimétrie et sur l'altimétrie.

Rappel : La matrice de passage des coordonnées dans le repère global aux coordonnées dans le repère topocentrique local centré au point de coordonnées (λ, ϕ) s'écrit :

$$\mathbf{R}(\lambda, \phi) = \begin{bmatrix} -\sin(\lambda) & \cos(\lambda) & 0 \\ -\sin(\phi)\cos(\lambda) & -\sin(\phi)\sin(\lambda) & \cos(\phi) \\ \cos(\phi)\cos(\lambda) & \cos(\phi)\sin(\lambda) & \sin(\phi) \end{bmatrix}$$

La toolbox **pyGNSStoolbox** pourra être utilisée pour calculer les coordonnées approchées géographiques des stations. Un exemple d'utilisation est fourni ci- dessous :

```
import gnsstoolbox.gnsstools as tools
lon, lat, h = tools.tool cartgeo GRS80(X,Y,Z)
```