



ÉCOLE NATIONALE
DES SCIENCES
GÉOGRAPHIQUES

Ecole Nationale des
Sciences
Géographiques

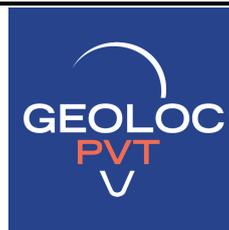


Laboratoire GEOLOC
Département
Aménagement,
Mobilités et
Environnement

Projet informatique
Rapport de Programmation

Mastère spécialisé® Photogrammétrie, Positionnement et Mesure de Déformations

Intégration de la constellation GLONASS dans une application Android de positionnement GNSS : GeolocPVT



Cédric TABUE WAFO

Février 2021

Non confidentiel Confidentiel IGN Confidentiel Industrie Jusqu'au ...

ÉCOLE NATIONALE DES SCIENCES GÉOGRAPHIQUES
6-8 Avenue Blaise Pascal - Cité Descartes - 77420 Champs-sur-Marne
Téléphone 01 64 15 31 00 Télécopie 01 64 15 31 07

Table des matières

Glossaire et sigles utiles	3
Introduction	4
Contexte du Projet	5
Problématique et enjeux	5
Objectif et analyse	6
Objectifs de l'étude	6
Analyse fonctionnelle	6
Vérification de l'algorithme de calcul des positions avec Glonass et comparaison avec l'algorithme de la Toolboxgnss	6
Sécurisation de la connexion par les Streams RTCM	6
Slides entre fragments	6
Travail réalisé	7
La conversion du système référence Glonass	7
Comparaison du calcul avec le code de la ToolBoxgnss	7
Sécurisation de la connection par les Streams RTCM	15
Problèmes Rencontrés et Perspectives	18
Difficultés rencontrées	18
Perspectives	18
Conclusion	19

Glossaire et sigles utiles

API Application Programming Interface

BEIDOU Système de navigation et de positionnement par satellites chinois

ENSG École Nationale des Sciences Géographiques

GALILEO Système de navigation et de positionnement par satellites européen

GLONASS Système de navigation et de positionnement par satellites russe

LGPL GNU Lesser General Public License

GNSS Global Navigation Satellite Systems

GPS Global Positioning System

GSA European GNSS Agency

IERS International Earth Rotation and Reference Systems Service

IFSTTAR Institut Français des Sciences et Technologies des Transports, de l'Aménagement et des Réseaux

IGS International GNSS Service

MVC Model View Controller

OSM OpenStreetMap

PPMD Photogrammètrie Positionnement et Mesure de Déformation

PPP Precise Point Positioning

PZ-90 Parametry Zemli 1990 goda (Paramètres de la Terre 1990)

RTCM Radio Technical Commission for Maritime Services

TFE Travail de Fin d'Etudes

TOD Time Of Day

TOW Time Of Week

WGS84 World Geodetic System 1984

Introduction

Un système de positionnement par satellites également connu sous le sigle GNSS « géolocalisation et navigation par un système de satellites ». (JORF n°25 du 30 janvier 2005 page 1625 - texte n° 43 - Vocabulaire des sciences et techniques spatiales (liste de termes, expressions et définitions adoptés)), désigne la détermination de la position et de la vitesse d'un point à la surface ou au voisinage de la Terre, par traitement des signaux radioélectriques en provenance de plusieurs satellites artificiels, reçus en ce point. Le sigle GNSS désigne aussi un système de localisation et de navigation, associant plusieurs systèmes à couverture mondiale, notamment le système GPS (américain), le système Glonass (russe) et le système Galileo (européen), pour répondre aux besoins des utilisateurs des services terrestres, maritimes et aéronautiques. Équivalent étranger : global navigation satellite system (GNSS). Notre projet s'inscrit dans le cadre du Mastère PPMD et est réalisé en deux parties ; une partie d'analyse qui s'est déroulée de octobre à novembre 2020 et dont l'objectif est de recenser et analyser les différentes attentes du commanditaire et d'y proposer des solutions ; la phase de développement (programmation) s'est déroulée de janvier à février 2021. Le but de ce projet est d'intégrer la constellation GLONASS dans le processus de positionnement de l'application GeolocPVT développée par le laboratoire GEOLoc de l'Université Gustave EIFFEL (ex-IFSTTAR). L'application est sous licence LGPL3 et est accessible au public ([lien GitLab de l'application](#)) qui peut contribuer librement en respectant les conditions imposées par la LGPL3.

Rappels de la partie Analyse

Ce projet s'inscrit dans la continuité des travaux effectués depuis 2018 par GEOLOC et par d'autres étudiants et participe à la contribution à la "GNSS Raw measurements task force" de la GSA (European GNSS Agency). Dans cette partie, nous reprenons de manière globale ce qui a été fait dans la partie analyse.

Problématique et enjeux

L'accès aux signaux GNSS bruts à partir des smartphones, rendu possible par Google et par les constructeurs de smartphones, a permis d'envisager le positionnement précis par des applications Android. Cela permettrait de générer et de rendre encore plus accessible à travers de nombreuses applications ce positionnement notamment dans le domaine scientifique, de l'éducation et même du social. L'application Android GeolocPVT développée par le laboratoire Geoloc de l'Université Gustave Eiffel permet à ce jour de se positionner en utilisant les observables issues des constellations GPS, BEIDOU et GALILEO (notamment les fréquences L1 et L2). Par ailleurs, l'utilisation des streams RTCM permet d'améliorer la précision de ce positionnement. Ces streams RTCM permettent d'avoir plus de constellations disponibles dans le calcul de position car les messages de navigation ne sont pas disponibles pour GALILEO et BEIDOU. Les travaux des précédents étudiants ont permis de mettre en place un processus permettant de récupérer les observables issues de GLONASS, de les décoder et de faire un calcul de positionnement. Mais on constate que le positionnement avec GLONASS ne fonctionne pas comme on pouvait s'y attendre, les positions calculées avec les observables GLONASS ne sont pas cohérentes avec les positions obtenues avec les autres constellations. L'écart le plus important se situe sur la hauteur calculée. Il est donc nécessaire de corriger ce problème.

Objectif et analyse

Objectifs de l'étude

Les principaux objectifs de développement à atteindre sont :

- Contrôler la reconstruction de position des satellites en comparant avec une référence (Par exemple un calcul sur la toolboxgnss),
- Réintégrer les positions des satellites de la constellation GLONASS dans le calcul des moindres carrés et s'assurer de sa cohérence,
- Renforcer et sécuriser la connexion lors de l'utilisation des streams RTCM,
- Compléter la documentation développeur et rédiger la documentation utilisateur.

Analyse fonctionnelle

Nous nous sommes focalisés sur la vérification de l'intégration de la constellation Glonass, nous avons rajouté des contraintes pour permettre de sécuriser la connexion par l'utilisation des Streams RTCM.

Vérification de l'algorithme de calcul des positions avec Glonass et comparaison avec l'algorithme de la Toolboxgnss

Cette partie est consacrée à la vérification de l'algorithme de calcul des positions de satellites avec Glonass et à la comparaison avec l'algorithme de la Toolboxgnss.

Sécurisation de la connexion par les Streams RTCM

Nous avons ajouté des contraintes permettant d'assurer une bonne connexion de l'utilisateur et aussi un Toggle (bouton dans l'emplacement prévu pour la saisie du mot de passe) qui lui permet de pouvoir regarder le mot de passe qu'il a saisi pour éviter des erreurs. Voir les lignes 109 à 137 de la classe StreamFragment.java pour le code ajouté grâce à la méthode SetValidation().

Slides entre fragments

Dans le souci de faciliter l'utilisation de l'application notamment pour les configurations, nous avons rajouté une possibilité pour l'utilisateur de faire des Slides pour passer d'un fragment de l'application à un autre. Le code de la méthode d'implémentation de ViewPager est dans le MainActivity.java, lignes 437 à 477.

Travail réalisé

Pour atteindre les objectifs fixés lors de la phase d'analyse, nous avons commencé par vérifier la conversion des systèmes de référence Glonass, puis par la vérification des conversions des différentes valeurs de temps utilisés dans l'algorithme.

La conversion du système référence Glonass

La constellation Glonass utilise le PZ-90 comme système de référence, ce qui nécessite une conversion pour avoir les coordonnées en WGS84, compatible avec celui du GPS. Cela est bien effectuée dans le code, mais avec une ancienne version des paramètres de transformation du système PZ-90.02 La version actuelle étant le PZ-90.11. Les paramètres de transformation du PZ-90.02 au WGS84 sont donnés par :

Tx (m)	Ty (m)	Tz (m)	Rx ($10^{-3}rad$)	Ry ($10^{-3}rad$)	Rz ($10^{-3}rad$)	k (10^{-6})
- 0.36	0.08	0.18	0	0	0	0

Et ceux du PZ-90.11 au WGS84 par :

Tx (m)	Ty (m)	Tz (m)	Rx ($10^{-3}rad$)	Ry ($10^{-3}rad$)	Rz ($10^{-3}rad$)	k (10^{-6})
0.013	0.106	- 0.222	2.30	- 3.54	+ 4.21	0.008

Mais en exécutant le code avec ces changements, le résultat du calcul des coordonnées est toujours dans le même ordre de grandeur que ceux avec le système de référence PZ-90.02.

Comparaison du calcul avec le code de la ToolBoxgnss

En observant l'implémentation du calcul des positions des satellites Glonass avec la Tool-boxgnss, qui donne des résultats précis à quelques centimètres, nous avons constaté une incohérence dans la Toolboxgnss et dans le code de la classe SatellitePositionGNSS.java du package geoloclib qui s'occupe du calcul des positions de satellites avec les éphémérides ou bien les Streams RTCM. En effet, le temps GPS est décalé de 19 secondes par rapport au temps UTC : $T(\text{GPS}) = \text{TAI} - 19\text{s}$ Et puis, le temps Glonass est donné par rapport au temps UTC : $T(\text{Glonass}) = \text{UTC} + 3\text{h}$, or le temps UTC varie aussi par rapport au temps TAI, actuellement, $\text{UTC} - \text{TAI} = - 37\text{s}$, cette valeur est mise à jour chaque année par le Service International de la Rotation Terrestre et des Systèmes de Référence (IERS) dans le bulletin C, accessible sur ce lien : [lien Bulletin C](#). Ce qui fait un décalage total de 18s à considérer lorsqu'on passe du temps Glonass au temps UTC, cette valeur n'était pas prise en compte dans la Toolboxgnss, que nous avons corrigé avec l'aide de Jacques Beilin. Nous avons ensuite rentré la valeur 18s en dure dans le code. Mais suivant les conseils de Jacques Beilin et en regardant la documentation de Google Developer concernant la récupération et la lecture des liens sécurisés, nous avons mis

en place un algorithme pour récupérer la valeur de la différence UTC-TAI afin de pouvoir la mettre à jour automatiquement chaque année. Le but étant d'utiliser une expression régulière (Regex Pattern) pour rechercher et obtenir la valeur que l'on recherche. En effectuant des essais sur le terrain, nous avons constaté que la modification du temps d'émission des satellites Glonass considéré dans l'algorithme avait un effet sur les résultats des coordonnées calculées par l'application. Ce temps ne tient pas compte du décalage de 18 s. (ligne 287 du fichier SatellitePositionGNSS.java dans la méthode computeGlonassSatellitePosition()).

Les graphiques suivants montrent les observations effectuées pendant la période de programmation.

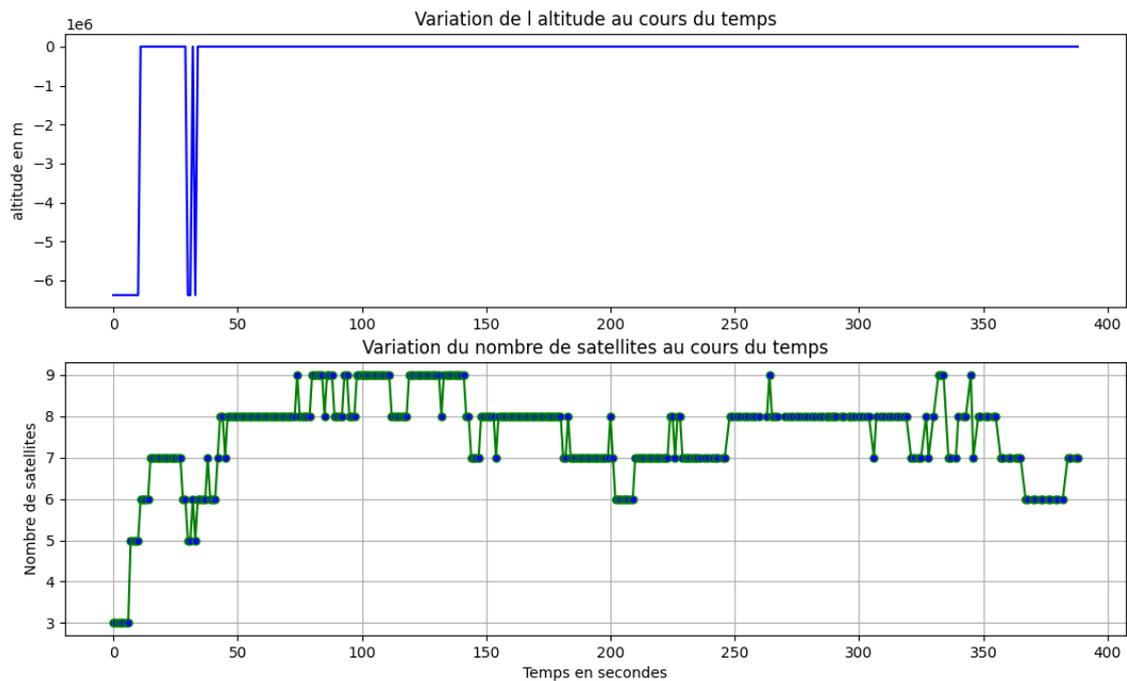


FIGURE 1 – Variation de la hauteur au cours du temps (GPS + GLONASS 08/01/2021)

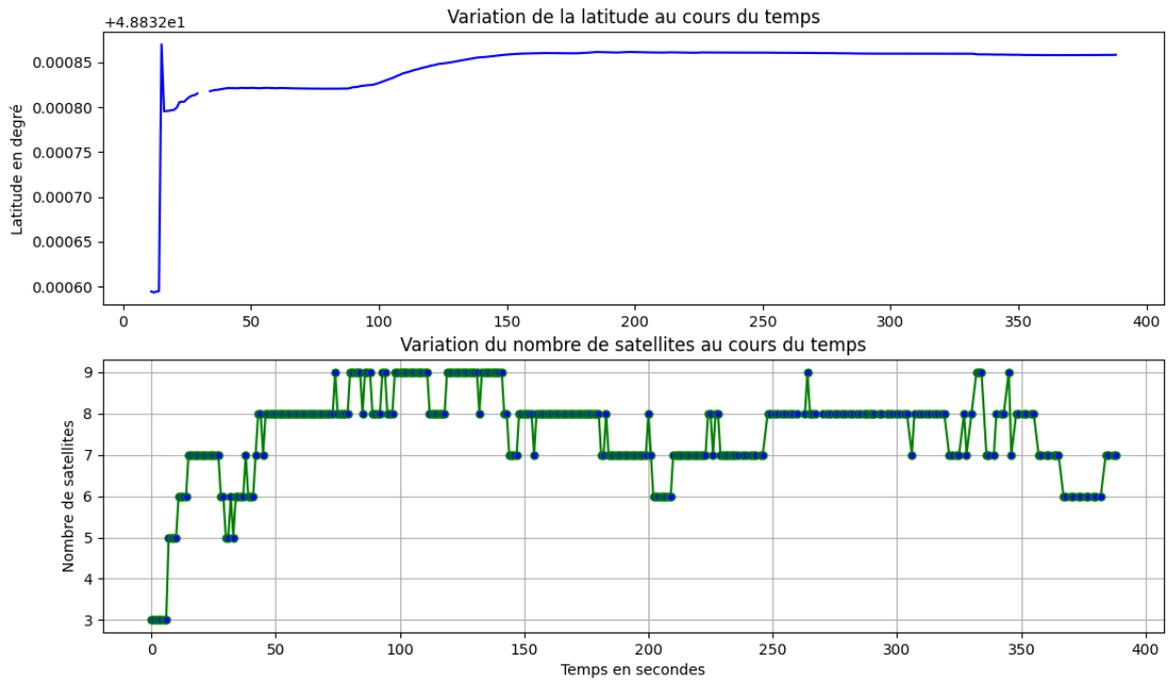


FIGURE 2 – Variation de la latitude au cours du temps (GPS + GLONASS 08/01/2021)

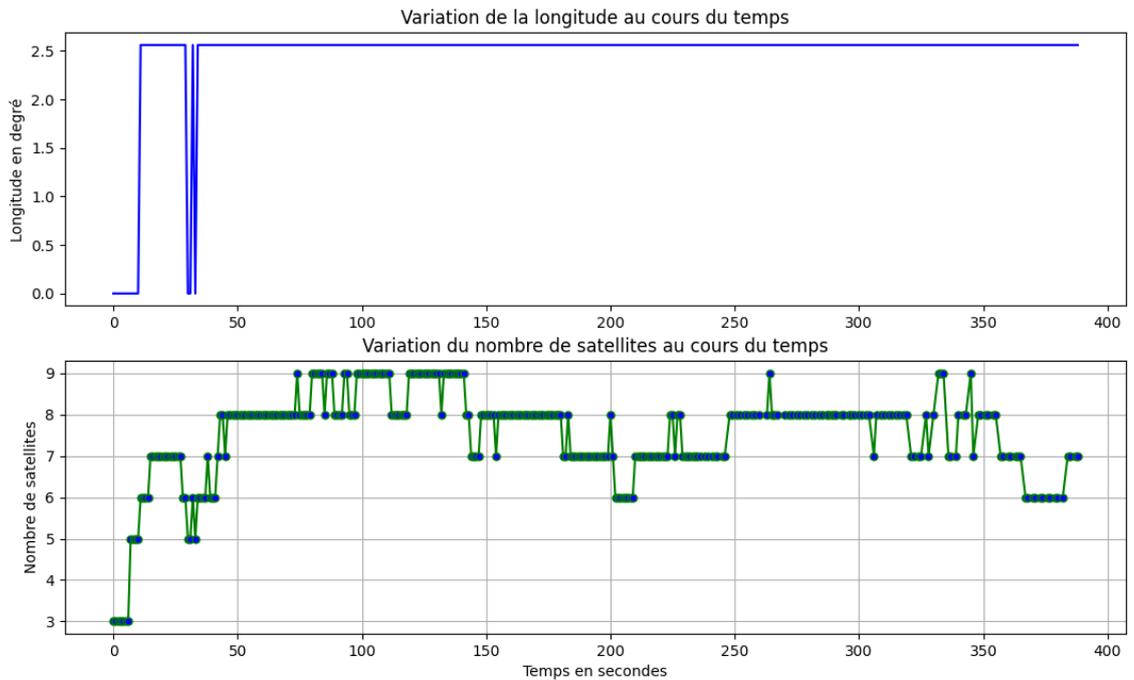


FIGURE 3 – Variation de la longitude au cours du temps (GPS + GLONASS 08/01/2021)

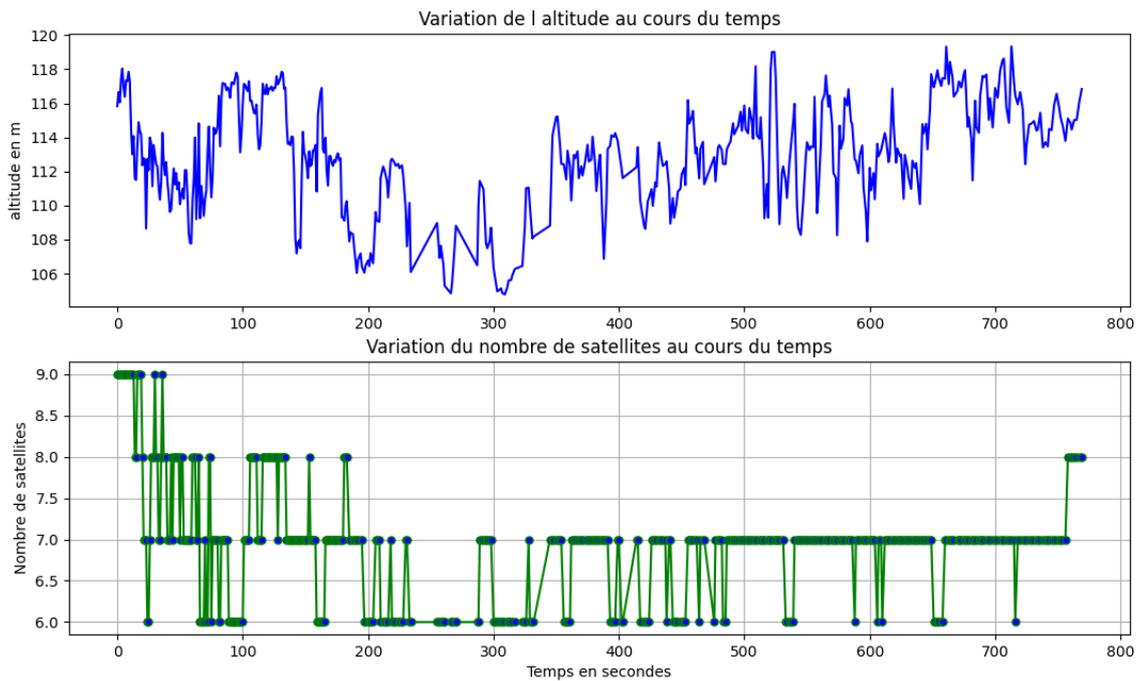


FIGURE 4 – Variation de la hauteur au cours du temps (GPS + GLONASS 15/01/2021)

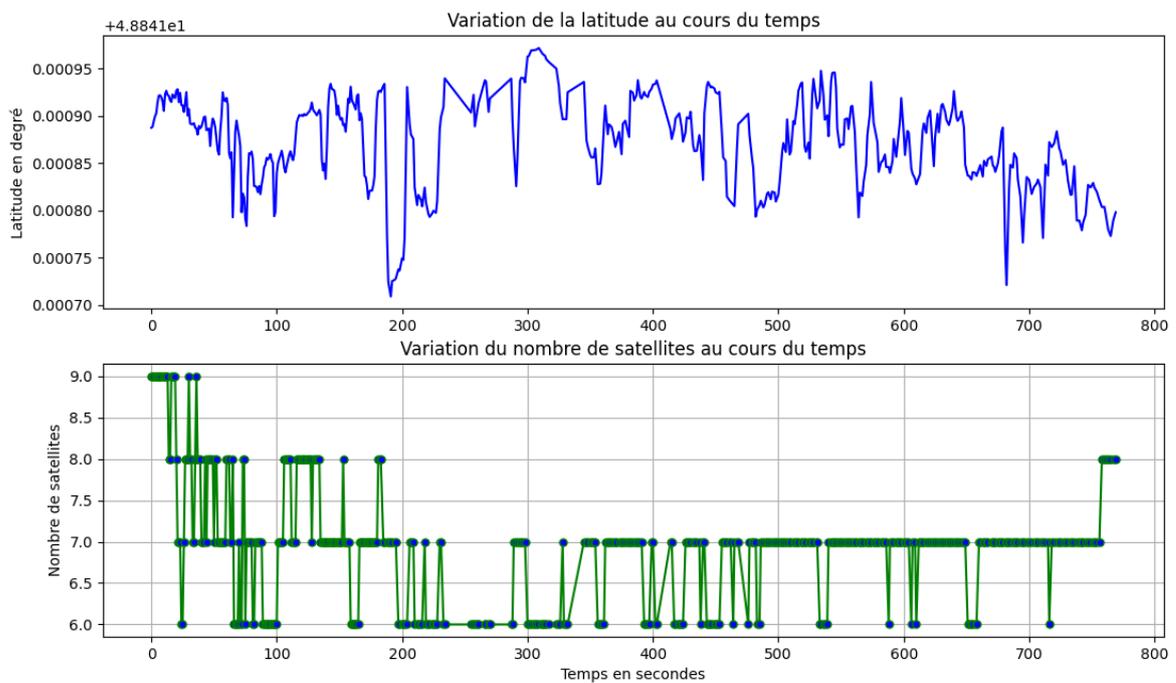


FIGURE 5 – Variation de la latitude au cours du temps (GPS + GLONASS 15/01/2021)

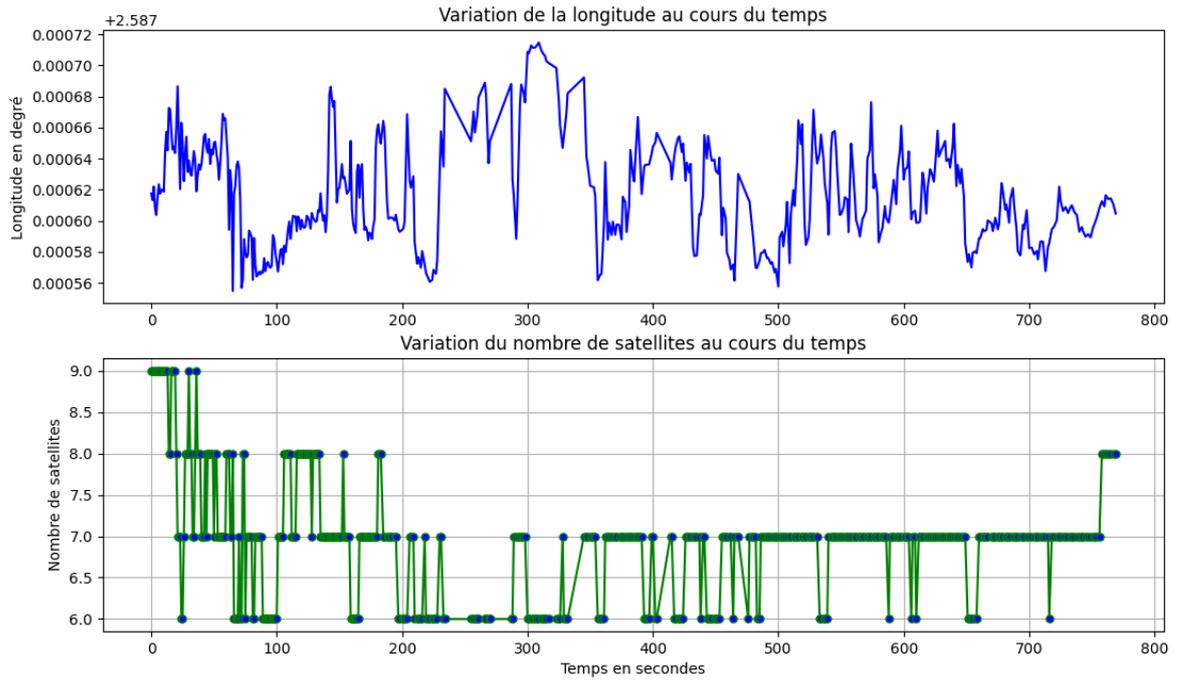


FIGURE 6 – Variation de la longitude au cours du temps (GPS + GLONASS 15/01/2021)

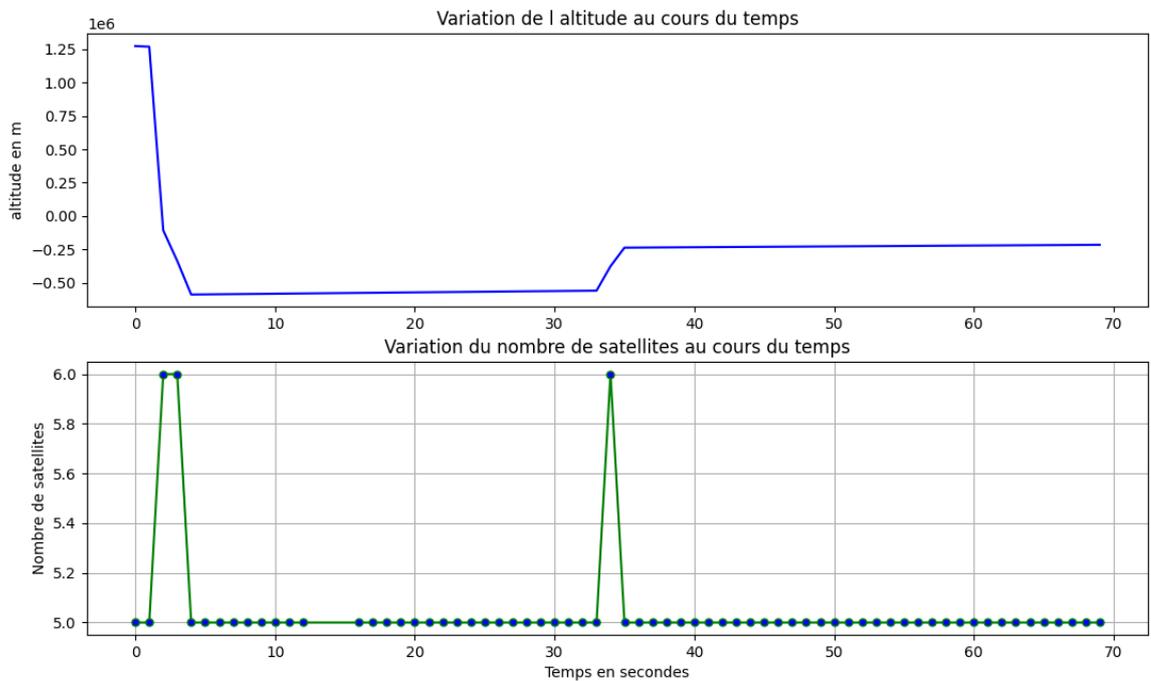


FIGURE 7 – Variation de la hauteur au cours du temps (GPS + GLONASS 22/01/2021) à 13h

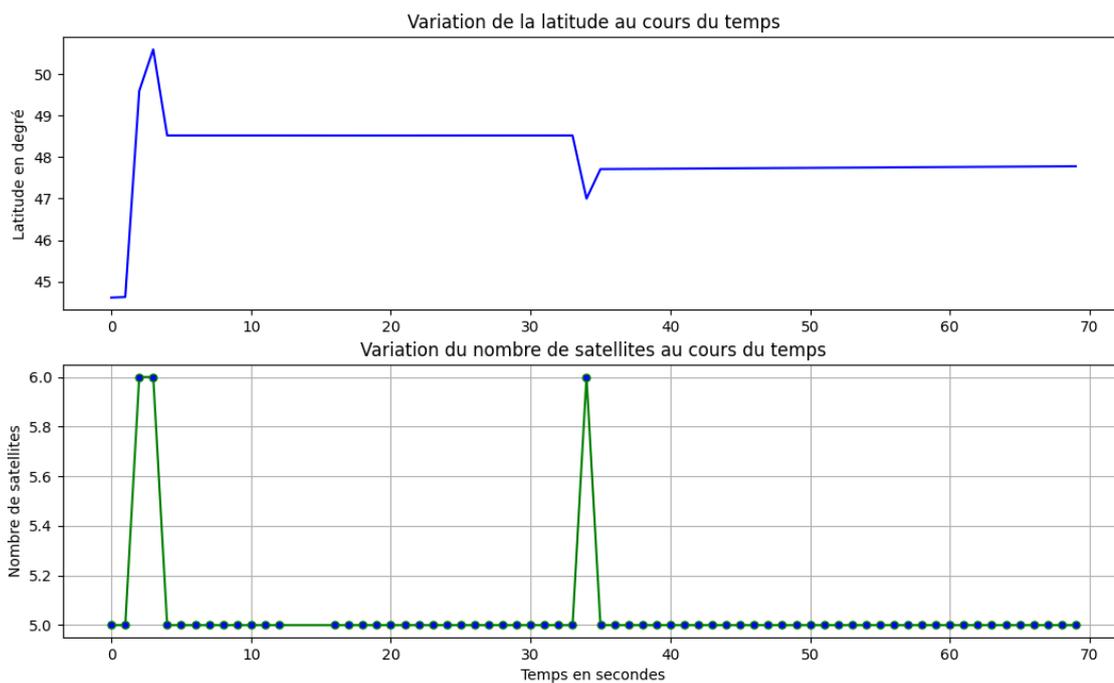


FIGURE 8 – Variation de la latitude au cours du temps (GPS + GLONASS 22/01/2021) à 13h

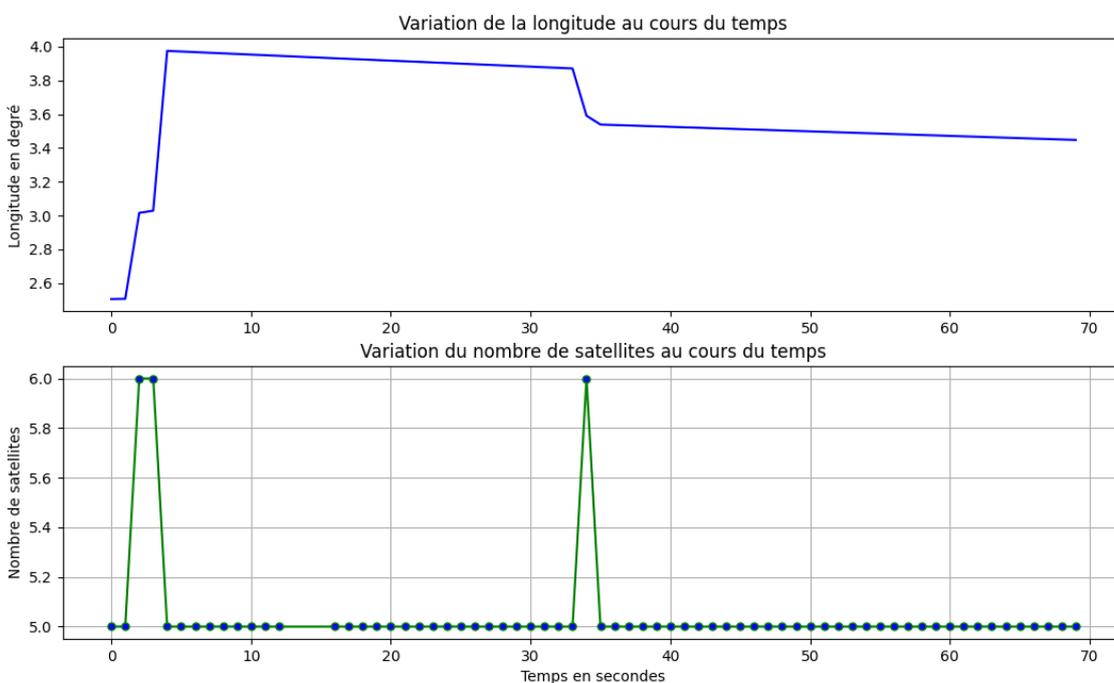


FIGURE 9 – Variation de la longitude au cours du temps (GPS + GLONASS 22/01/2021) à 13h

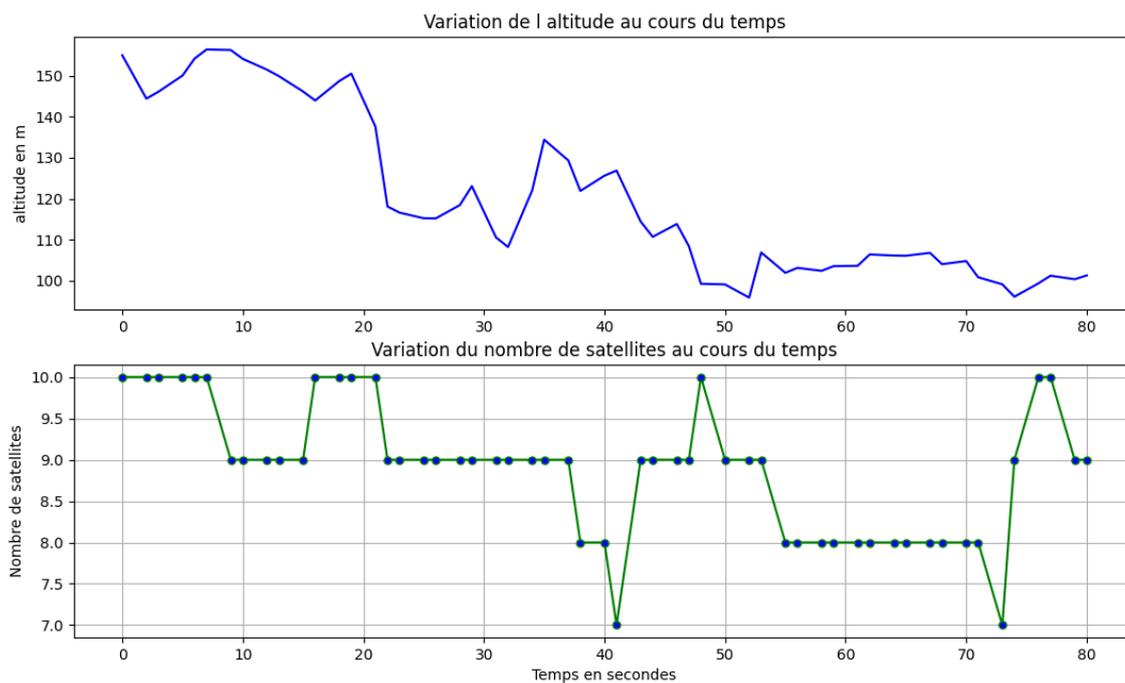


FIGURE 10 – Variation de la hauteur au cours du temps (GPS + GLONASS 22/01/2021) à 16h

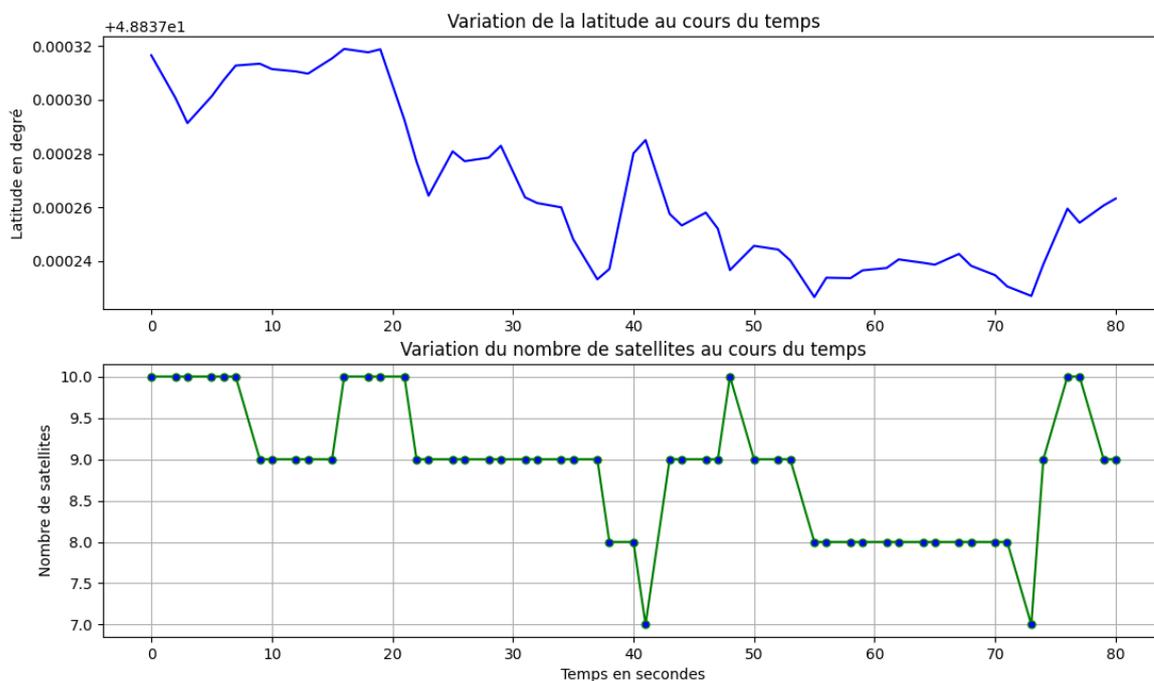


FIGURE 11 – Variation de la latitude au cours du temps (GPS + GLONASS 22/01/2021) à 16h

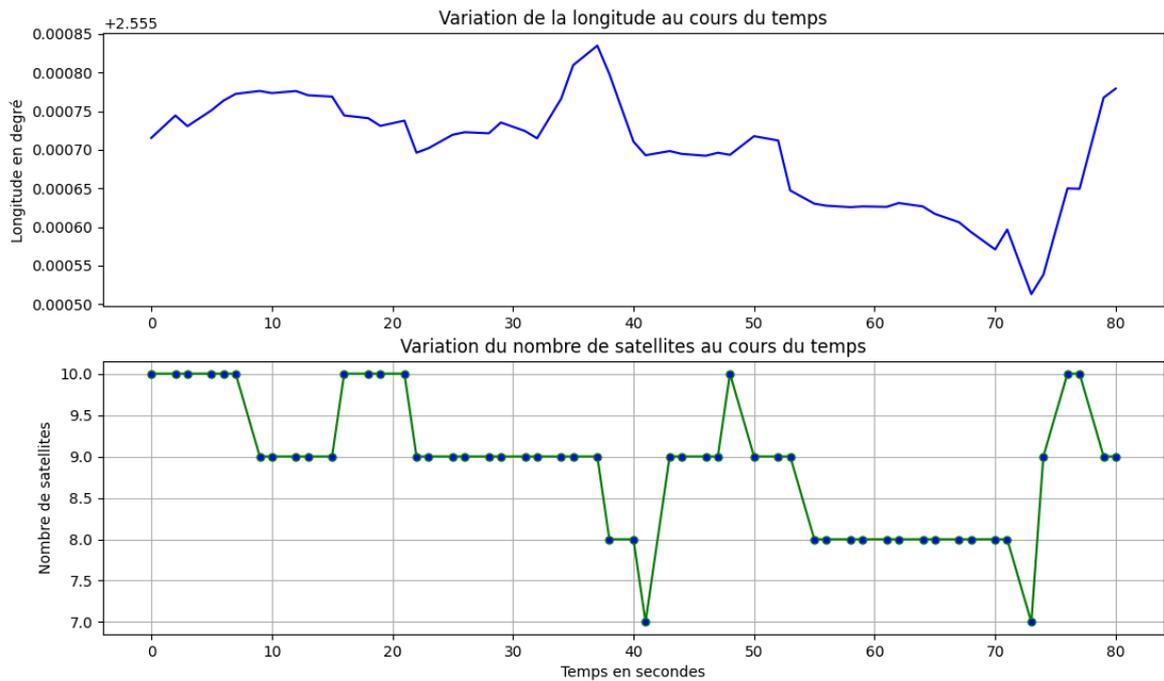


FIGURE 12 – Variation de la longitude au cours du temps (GPS + GLONASS 22/01/2021) à 16h

Au cours de ces journées d'essais, nous avons constaté après avoir modifié les paramètres de conversion du système de référence qu'il n'y a pas de changement conséquent. On observe toujours des coordonnées divergentes notamment avec une très grande variation de la hauteur (Voir figures 1, 2 et 3 du 08/01/2021). La modification du temps d'émission des satellites Glonass donne des résultats qui ne divergent pas mais cela dépend du nombre de satellites Glonass dans le calcul. Lorsque il y a un seul satellite Glonass et au moins 4 satellites GPS dans le calcul, le positionnement est de l'ordre de quelques kilomètres, (cas des figures 4, 5, 6, 10, 11 et 12). Lorsqu'il y a plus de 2 satellites Glonass, on observe une grande divergence qui augmente quand il y a de plus en plus des satellites Glonass (cas des figures 7, 8, 9).

Sécurisation de la connexion par les Streams RTCM

Nous avons aussi travaillé sur la sécurisation de la connexion notamment en rajoutant des contraintes pour la connexion, ce qui guide l'utilisateur pour rentrer des bons identifiants de connexion.

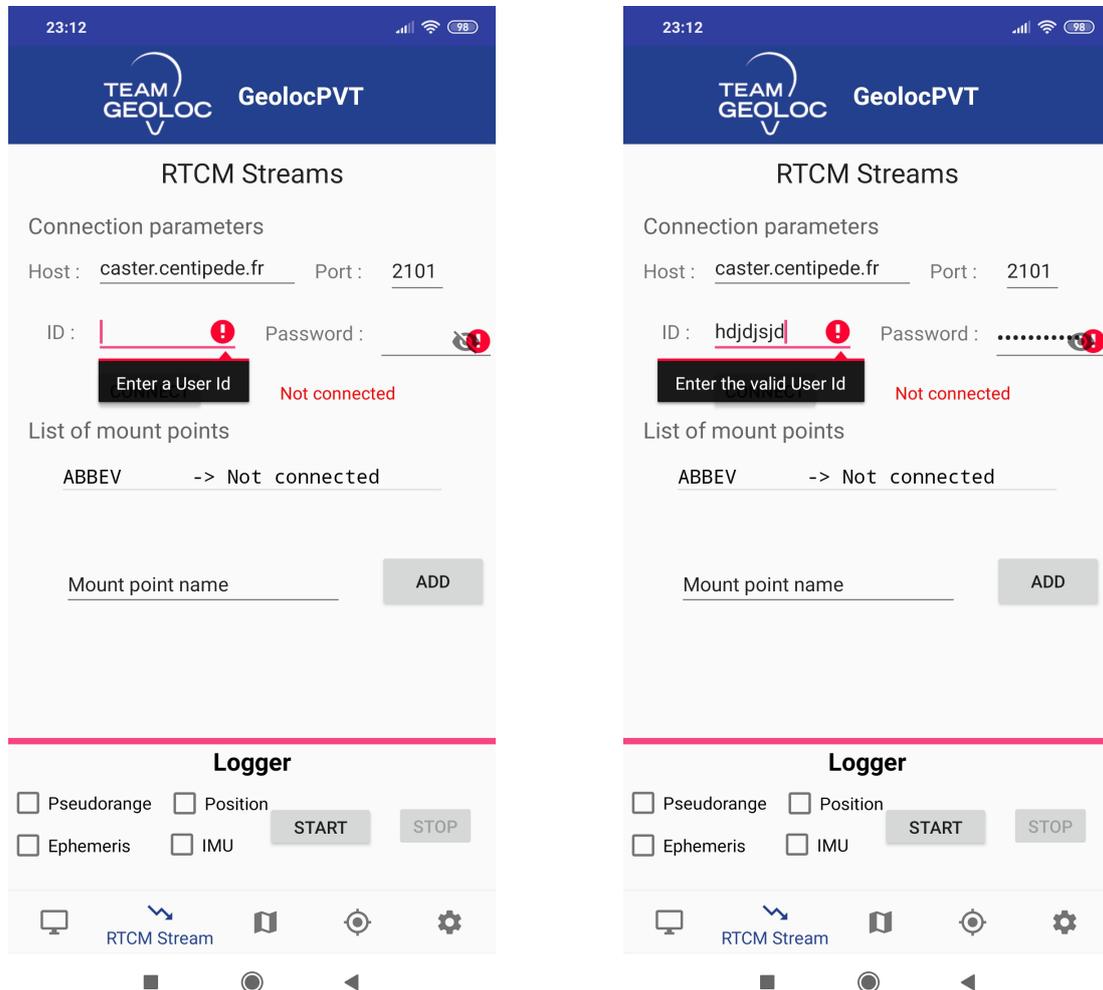


FIGURE 13 – Connexion d'un utilisateur avec les Streams RTCM

La connexion par les Streams RTCM fonctionnait au départ avec les données issues du site de l'IGS rt.igs.org, mais nous avons constaté que la requête vers ce site ne fonctionne pas très souvent. Jacques Beilin nous a conseillé de recourir aux Streams du réseau Centipede, qui est un réseau de positionnement cinématique en temps réel qui se développe rapidement et a déjà un nombre important de stations en France.



FIGURE 14 – Répartition du réseau Centipede

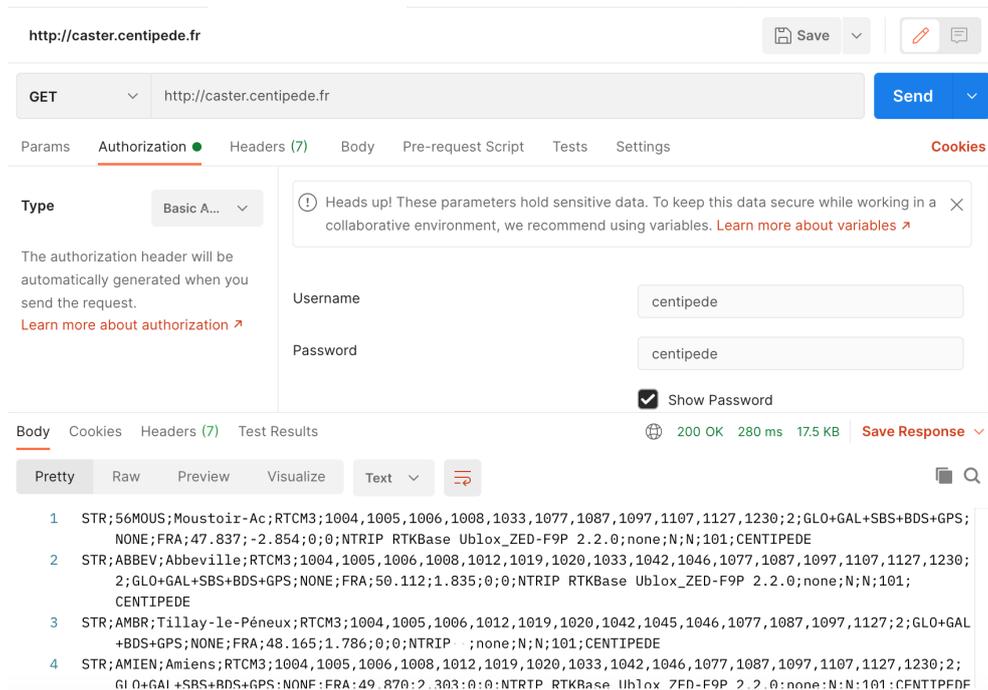


FIGURE 15 – Requête de vérification de la disponibilité des Stream RTCM3 sur le réseau centipede (Logiciel Postman)

Il permet la récupération des Streams RTCM3 pouvant être utilisé dans l'application GeolocPVT. Les paramètres de connexion requis pour se connecter sont les suivants :

- Adresse caster : `caster.centipede.fr`
- Port : 2101 Fonctionne sans login mot de passe, ou avec :
- Login : `centipede`
- Mot de passe : `centipede`
- Format : RTCM3

Point de montage est à choisir en fonction de votre situation, regarder sur <https://centipede.fr>
En utilisant ces identifiants de connexion dans l'application GeolocPVT, il n'arrive pas à se connecter, l'affichage dans le Logcat ¹ d'Android Studio met en cause le Socket qui permet de se connecter sur ce site.

1. Le Logcat d'Android Studio affiche les messages système, et les messages ajoutés à une application avec la classe Log. Il affiche les messages en temps réel et conserve un historique afin que l'on puisse voir les anciens messages et débogger facilement. <https://developer.android.com/studio/debug/am-logcat>

Problèmes Rencontrés et Perspectives

Difficultés rencontrées

Il y a eu de nombreuses difficultés tout au long de ce projet, notamment :

- la complexité du projet qui nécessite un temps important pour prendre en compte les développements précédents.
- Lors de la phase de développement, le téléphone utilisé pour faire des tests a été mis à jour automatiquement vers la version d'Android 10. Le calcul de positionnement ne fonctionne plus depuis lors, les satellites sont visibles mais ne sont pas utilisés pour calculer les positions, ceci est dû à une erreur (***Access denied finding property "ro.vendor.df.effect.conflict"***) s'affichant dans le Logcat et qui fait référence sans doute à une impossibilité pour les éphémérides d'être stockées et donc d'être ensuite lues et utilisées pour calculer des positions. De même, nous avons dû migrer certaines classes du package Android qui a changé en Androidx. Le développement sous Android évolue rapidement et nécessite des mises à jour constantes.
- Il faut souvent beaucoup de temps lors de l'utilisation du téléphone test sur le terrain pour avoir des satellites, devant également tenir compte de la météo qui n'était pas toujours favorable durant la période hivernale.
- Les données exportées par l'application ne sont pas conformes au format RINEX conventionnel. Ce qui empêche leur exploitation dans d'autres outils (calcul sur RTKLib par exemple).

Perspectives

- Il serait intéressant de revoir la conversion des systèmes de références de PZ-90.11 à WGS84, notamment en effectuant des tests sur des points connus et à un temps plus long, de même, il faudrait revoir l'algorithme pour récupérer la valeur UTC-TAI, nécessaire pour avoir le décalage entre le temps Glonass et le temps GPS (Bulletin C de l'IERS).
- Le réseau centipède qui est en pleine évolution et est Open Source offre une bonne opportunité pour l'accès au positionnement temps réel précis, il serait intéressant de se tourner vers cette solution pour obtenir les Streams RTCM et aussi pour le positionnement PPP. Par ailleurs, il serait intéressant de mettre en place un algorithme qui propose une liste de mountpoints en fonction de la disponibilité et de la distance à l'utilisateur.
- Pour faciliter la configuration et l'utilisation de l'application, nous avons pensé à utiliser un ViewPager, une classe d'Androidx permettant de faire des slides pour passer d'un fragment à un autre, mais l'algorithme ne fonctionne pas bien, il y a des tâches qu'il faut mettre à jour en permanence et que nous n'avons pas pu implémenter correctement.

Conclusion

Au terme de cette partie de programmation, les objectifs définis au départ n'ont pas pu être atteints, d'une part du fait de la complexité du projet en l'état actuel, de notre inexpérience en programmation Java et d'autre part du fait des difficultés que nous avons mentionnées dans la section précédente (mises à jour d'Android). Les essais effectués sur l'application ont permis de voir et comprendre le fonctionnement de l'application (voir le guide d'utilisation pour plus de détails), ce qui sera sûrement utile au prochain développeur qui prendra en main le projet, en espérant que cela puisse aider à finaliser le calcul de positions.

Bibliographie

- [1] RAGOIN CÉLINE. "Guide de développement – bonnes pratiques JAVA - ANDROID". In : (2020).
- [2] Coordination Scientific Information CENTER. "Glonass Interface Control Document". In : (1998).
- [3] MILITARY TOPOGRAPHIC DEPARTMENT OF THE GENERAL STAFF OF ARMED FORCES OF THE RUSSIAN FEDERATION. ""PARAMETRY ZEMLI 1990" (PZ-90.11) Reference Document". In : (2014).
- [4] Antoine GRENIER. "Development of a GNSS positioning application under Android OS using GALILEO signals". In : (2018).
- [5] Edgar LENHOF. "Projet Informatique, Rapport d'analyse Intégration de la constellation Glonass dans une application Android de positionnement GNSS : GeolocPVT". In : (2019).
- [6] Russian Institute of SPACE DEVICE ENGINEERING. "Glonass Interface Control Document". In : (2008).

Documentation Google Android <https://developer.android.com/>

Table des figures

1	Variation de la hauteur au cours du temps (GPS + GLONASS 08/01/2021)	8
2	Variation de la latitude au cours du temps (GPS + GLONASS 08/01/2021)	9
3	Variation de la longitude au cours du temps (GPS + GLONASS 08/01/2021)	9
4	Variation de la hauteur au cours du temps (GPS + GLONASS 15/01/2021)	10
5	Variation de la latitude au cours du temps (GPS + GLONASS 15/01/2021)	10
6	Variation de la longitude au cours du temps (GPS + GLONASS 15/01/2021)	11
7	Variation de la hauteur au cours du temps (GPS + GLONASS 22/01/2021) à 13h	11
8	Variation de la latitude au cours du temps (GPS + GLONASS 22/01/2021) à 13h	12
9	Variation de la longitude au cours du temps (GPS + GLONASS 22/01/2021) à 13h	12
10	Variation de la hauteur au cours du temps (GPS + GLONASS 22/01/2021) à 16h	13

11	Variation de la latitude au cours du temps (GPS + GLONASS 22/01/2021) à 16h	13
12	Variation de la longitude au cours du temps (GPS + GLONASS 22/01/2021) à 16h	14
13	Connexion d'un utilisateur avec les Streams RTCM	15
14	Répartition du réseau Centipede	16
15	Requête de vérification de la disponibilité des Stream RTCM3 sur le réseau centipede (Logiciel Postman)	16