



SAE 3.01 - TELCO

Mise en œuvre d'un système de transmission

Rapport technique

Matthias DUMAS et Pierre FROSTIN

BUT Réseaux et Télécommunications – La Rochelle



Introduction

Dans ce rapport, nous allons expliquer en détail toutes les étapes de notre projet. Nous parlerons des mesures que nous avons prises, du matériel que nous avons utilisé et des défis que nous avons rencontrés. Nous mettrons une attention particulière sur l'utilisation du protocole NRTK (Network Real-Time Kinematic) et comment il a amélioré la précision de nos résultats. Ce document a pour but de donner une vue claire et structurée de notre travail et des solutions que nous avons mises en place pour atteindre nos objectifs.

Table des matières

Introduction.....	2
Présentation du matériel.....	4
Mesures en déplacement piéton	7
Mesures en déplacement avec un véhicule	10
Mesure en voiture sans NRTK	10
Mesure en voiture avec NRTK	15
Mesures des dimensions d'un véhicule	21
Mesure des dimensions d'une place de parking.....	24
1. Antenne patch	24
a. Avec NRTK.....	24
b. Sans NRTK.....	26
2. Antenne champignon	27
3. Antenne bâton.....	29
Analyse des trames NMEA	31
Exemple de message NMEA	31
Analyse de différentes trames	32
Test visuel de la précision de l'antenne	36
Gestion de projet.....	37
Conclusion	38
Table des illustrations.....	39

Présentation du matériel

Le **ZED-F9P** est un module GNSS (Global Navigation Satellite System) de haute précision développé par **u-blox**. Il est conçu pour fournir une précision au centimètre grâce à la technologie **RTK (Real-Time Kinematic)**.

Ce module GNSS peut recevoir simultanément plusieurs bandes de fréquences GNSS (par exemple L1 et L2), ce qui améliore la précision et la fiabilité en réduisant les erreurs causées par l'ionosphère.

Il prend en charge les principales constellations GNSS : **GPS, GLONASS, Galileo** et **BeiDou**, permettant une couverture et une disponibilité accrues.

Le module offre une précision de positionnement de l'ordre du **centimètre** en utilisant la technologie **RTK** (cinématique en temps réel). Cela en fait un outil idéal pour des applications nécessitant une localisation très précise, comme l'agriculture de précision, la topographie ou la robotique.

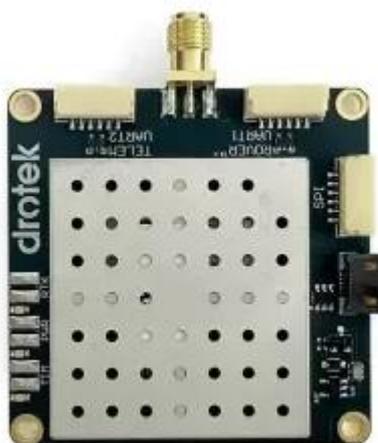


Figure 1 : Module GNSS RTK u-blox F9P

Nous utiliserons également différentes antennes :

- L'antenne ANN-MB1 est une antenne GNSS multi-bande conçue par **u-blox** pour répondre aux besoins des applications de haute précision. Compatible avec les bandes **L1** et **L5**, elle offre une solution fiable et facile à utiliser pour améliorer la réception et la précision des signaux GNSS. Elle est de plus compatible avec toutes les principales constellations GNSS : GPS, GLONASS, Galileo, et BeiDou.



Figure 2 : Antenne GNSS u-blox ANN-MB1

- L'antenne champignon L1/L2, avec sa forme en dôme (souvent comparée à un champignon), aide à protéger les composants internes contre les intempéries, les interférences et les chocs physiques. Ces antennes sont souvent fabriquées avec des matériaux résistants aux conditions climatiques difficiles (pluie, neige, UV, poussière).



Figure 3 : Antenne GNSS champignon

- L'antenne Helix « bâton » propose un format compact pour divers usages. Cependant, elle n'est compatible qu'avec L1 et confère alors une mesure moins précise.



Figure 4 : Antenne GNSS helix "bâton"

Mesures en déplacement piéton

Pour tester la capacité de notre rover GNSS à mesurer une vitesse, nous avons effectué plusieurs tests.

Premièrement, nous avons tout simplement couru, et en amont nous avons dû configurer notre antenne avec le logiciel u-center afin qu'elle soit opérationnelle pour ce test.

Cette mesure de vitesse a été la première chose que nous avons faite avec l'antenne pour vérifier le bon fonctionnement du matériel.

Voici ce que nous obtenons :

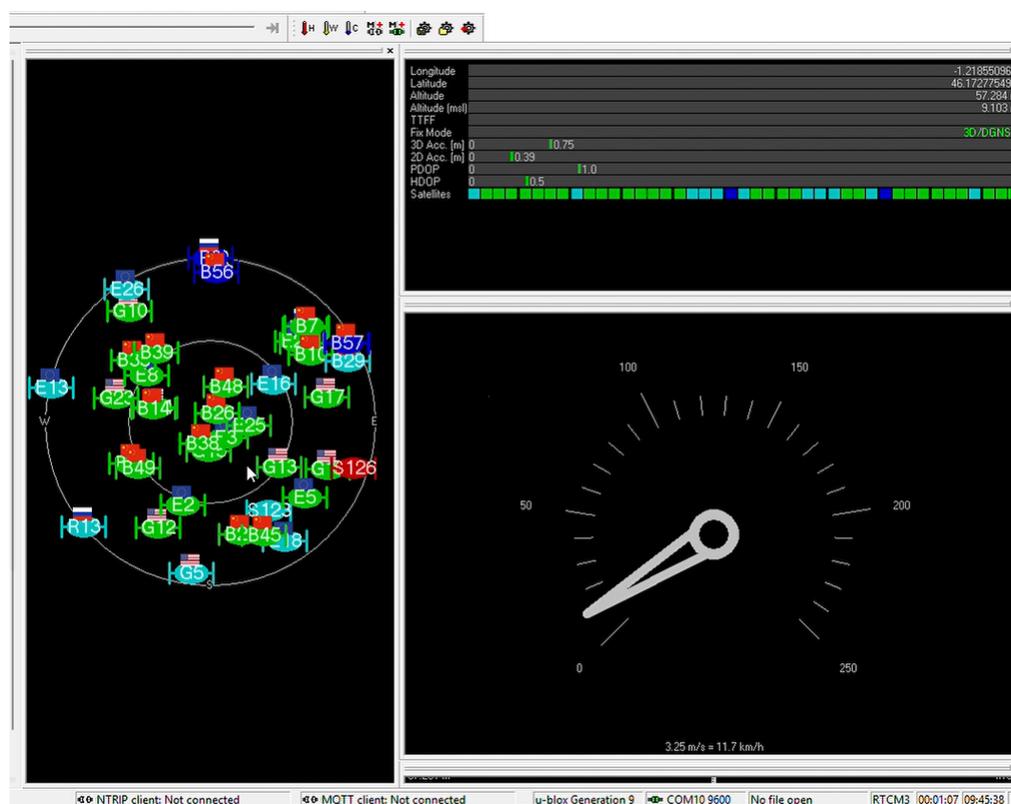


Figure 5 : Déplacement piéton

Sur la capture nous avons la mesure de vitesse, les différents satellites que nous captions et les satellites que nous ne captions pas, ainsi que la précision de la mesure.

Voici le code couleur que nous avons trouvé dans la documentation de u-center :

Color	Meaning
 Green	Satellite used in navigation (with Ephemeris)
 Olive	Satellite used in navigation (with Ephemeris and PPP)
 Dark Green	Satellite used in navigation (with aiding data: AssistNow Autonomous, AssistNow Online/Offline)
 Cyan	Satellite signal available, available for use in navigation
 Blue	Satellite signal available, not available for use in navigation
 Red	Satellite signal not available

Table 2: Color-coding scheme for the docking windows and sky view

Figure 6 : Légende de l'affichage des satellites sur le logiciel u-center

Voici notre tableau en français avec des explications supplémentaires :

Couleur	Signification	Explication supplémentaire
Vert	Satellite utilisé pour la navigation (avec données d'éphémérides).	Ce satellite fournit les données nécessaires pour calculer une position précise, notamment sa trajectoire (éphémérides). Il est pleinement opérationnel pour la navigation
Olive	Satellite utilisé pour la navigation (avec données d'éphémérides et PPP - Positionnement de précision).	En plus des éphémérides, ce satellite utilise la technologie PPP (Precise Point Positioning) , qui améliore la précision en tenant compte de corrections complexes
Vert foncé	Satellite utilisé pour la navigation (avec données d'aide : AssistNow Autonomous, AssistNow Online/Offline).	Ce satellite bénéficie de données d'aide pour accélérer le démarrage et améliorer les performances, comme celles fournies par le service AssistNow (une technologie de u-blox)

Cyan	Signal satellite disponible, utilisable pour la navigation.	Ce satellite est visible et prêt à être utilisé pour la navigation, mais il peut manquer de certaines informations détaillées, comme les éphémérides ou les corrections avancées
Bleu	Signal satellite disponible, mais non utilisable pour la navigation.	Le satellite est visible, mais ses données sont incomplètes ou non fiables. Cela peut arriver en cas de perte d'éphémérides ou si des corrections critiques sont indisponibles
Rouge	Signal satellite non disponible .	Le satellite n'est pas visible ou son signal est trop faible pour être capté par le récepteur. Ce satellite ne peut pas contribuer au positionnement

Nous avons également décidé de vérifier si notre antenne capte bien les satellites en comparant la sky view avec les données fournies par Internet. En effet, il est possible de connaître précisément la position des satellites au-dessus d'une zone à un instant donné. Voici la comparaison :

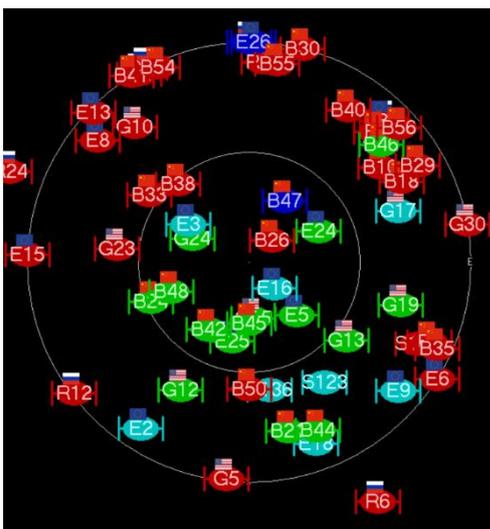


Figure 8 : Sky view u-center

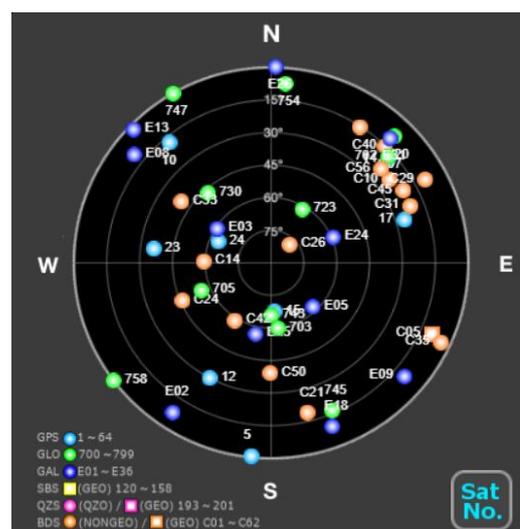


Figure 7 : Sky view Internet

Mesures en déplacement avec un véhicule

Dans cette partie, nous avons testé la précision de notre antenne en voiture, notamment dans des virages. Pour cela, nous avons effectué plusieurs tours de rond-point afin de vérifier si le tracé obtenu formait un cercle régulier ou présentait des angles dus à un manque de précision.

Mais avant de réaliser l'expérience, nous avons remarqué une différence de 5 km/h entre la vitesse affichée sur le tableau de bord de la voiture et celle mesurée par l'antenne. Cette différence s'explique par le texte de référence **CEE-ONU 39**, un texte de l'ONU qui définit au niveau international la configuration des tachygraphes à bord des véhicules.

Cependant, une différence est notable entre les véhicules légers et les poids lourds : ces derniers peuvent rouler à la vitesse réelle mesurée au moment de l'homologation, mais doivent réaliser un contrôle chaque année pour valider la vitesse mesurée par le véhicule (pour la précision du chronotachygraphe par exemple).

Mesure en voiture sans NRTK

Nous avons commencé nos mesures avec le **NRTK désactivé** et une fréquence d'acquisition de **0,5Hz**.

Voici ce que nous obtenons sur la *deviation map* :

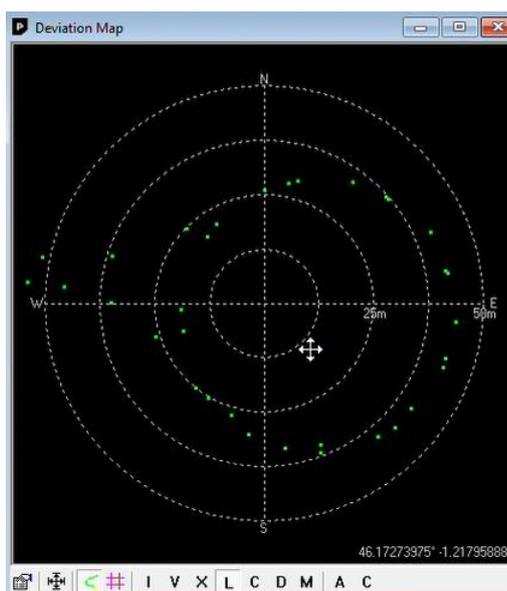


Figure 9 : Deviation map pour un trajet en voiture sans NRTK à 0,5Hz

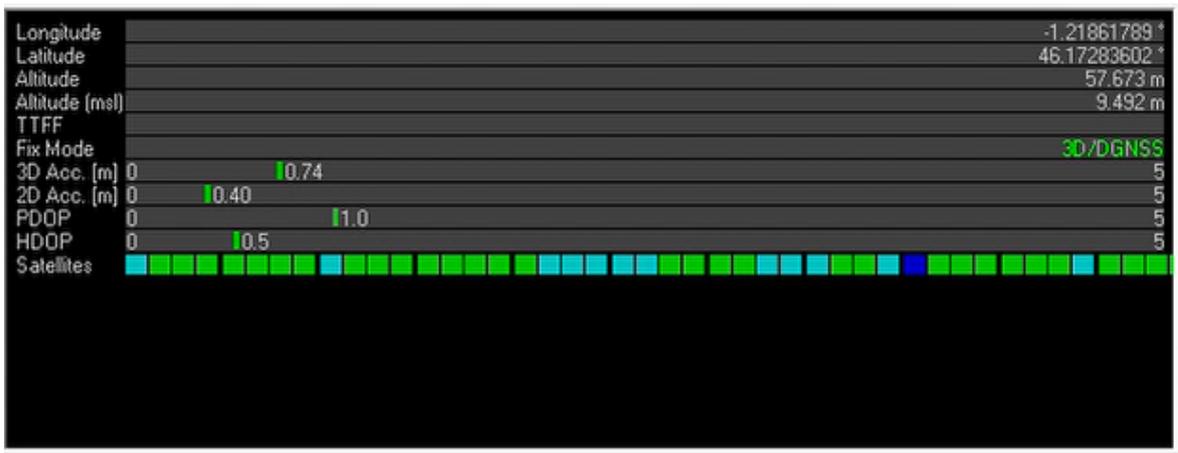


Figure 10 : Données du logiciel u-center pour un trajet en voiture sans NRTK à 0,5Hz

A cette fréquence, les points sont très espacés et la précision n'est pas très bonne, malgré des valeurs de PDOP et 2D/3D Accuracy plutôt prometteuses. De plus, pendant que nous roulions, nous avons lancé une mesure de longitude, de latitude et d'altitude de la *table view* :

Index	Lat
38	46.17248410
39	46.17262566
40	46.17280969
41	46.17295710
42	46.17299472
43	46.17290427
44	46.17272760
45	46.17254523
46	46.17244182
47	46.17246517
48	46.17260725
49	46.17280423

Figure 11 : Table view sur le logiciel u-center

Nous avons d'abord enregistré les données collectées dans un fichier CSV, puis les avons converties en fichier GPX à l'aide d'un programme Python créé par nos soins. Cette conversion nous a ensuite permis de visualiser le tracé grâce au site web [GPS Traces](#).

Voici ce que nous obtenons :

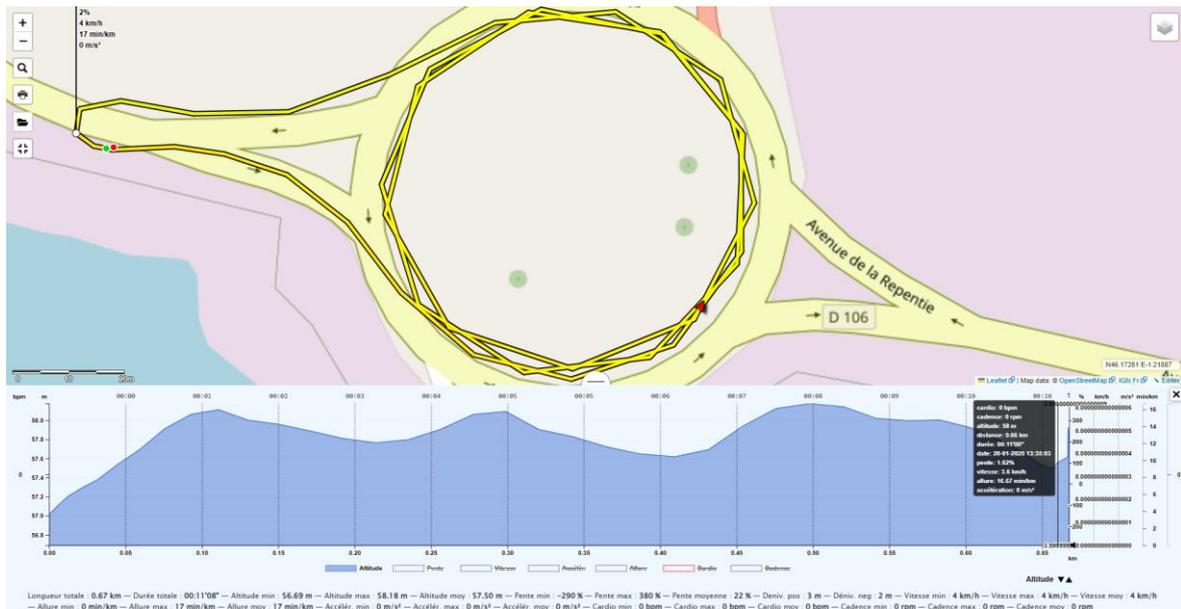


Figure 12 : Plan du trajet à 0,5Hz sans NRTK

Comme vous pouvez le constater, la partie supérieure affiche le tracé obtenu, tandis que la partie inférieure présente la mesure de l'altitude. Étant donné que nous avons effectué plusieurs tours, les variations d'altitude se répètent. Pour les tracés suivants, nous nous concentrerons uniquement sur la partie supérieure, car les mesures d'altitude ne sont pas pertinentes pour notre analyse.



Figure 13 : La fréquence d'acquisition insuffisante présente un trajet saccadé

Nous pouvons constater des angles sur la trajectoire. Ce constat résulte de la faible fréquence d'acquisition de l'antenne, ainsi que le fait que le tracé en jaune ne suit pas parfaitement la trajectoire du rond-point, pénétrant même à l'intérieur de celui-ci.

Nous effectuons le même test avec une fréquence d'acquisition de de 2Hz :

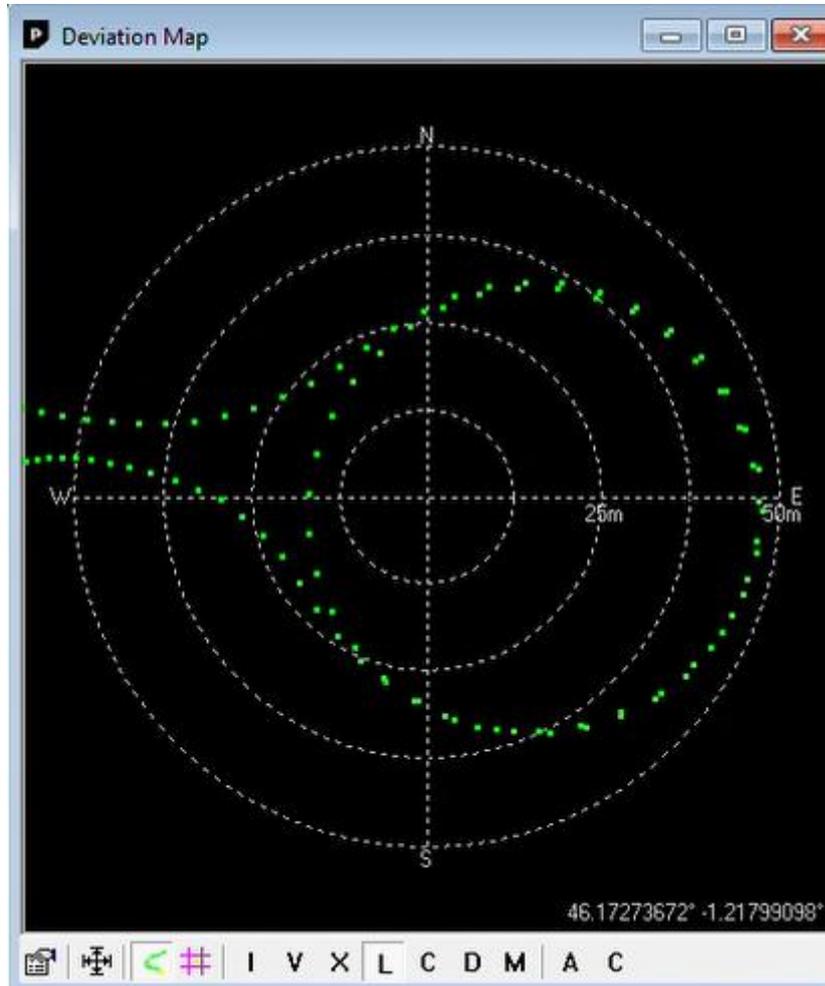


Figure 14 : Deviation map pour un trajet en voiture sans NRTK à 2Hz

Longitude		-1.21878139°
Latitude		46.17278058°
Altitude		57.660 m
Altitude (msl)		9.479 m
TTF		
Fix Mode		3D/DGNSS
3D Acc. [m]	0	0.40
2D Acc. [m]	0	0.21
PDOP	0	1.0
HDOP	0	0.5
Satellites	[Visual representation of satellite status with colored bars]	

Figure 15 : Données du logiciel u-center pour un trajet en voiture sans NRTK à 2Hz

Nous observons plus de points grâce à une meilleure vitesse d'acquisition, ainsi qu'une précision améliorée grâce au nombre de satellites reçus.

Nous effectuons le même test avec une fréquence d'acquisition de de **10Hz** :

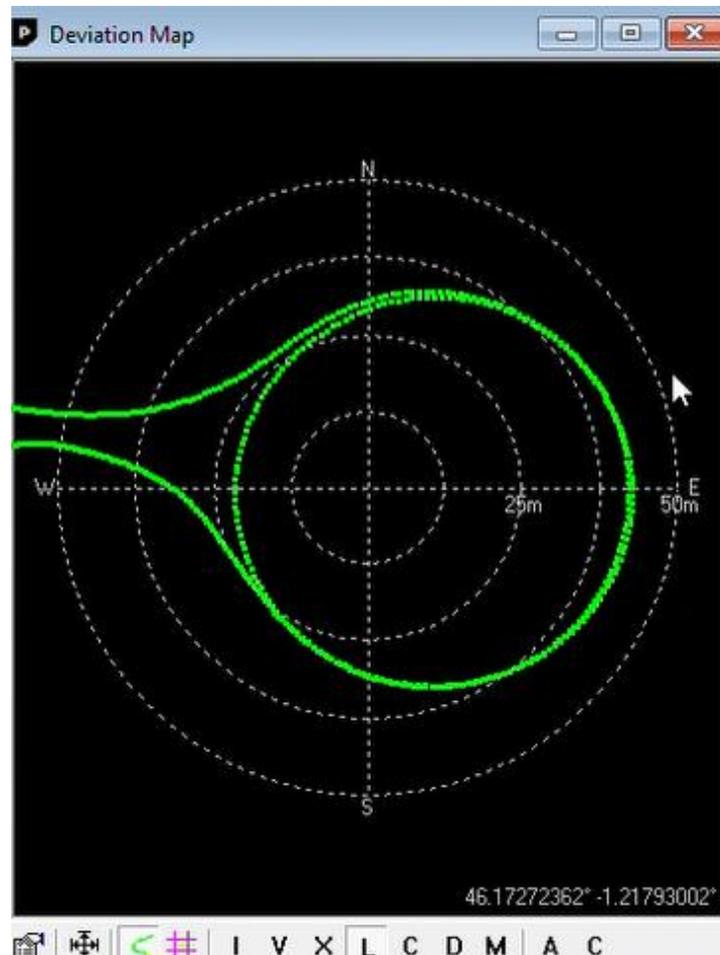


Figure 16 : Deviation map pour un trajet en voiture sans NRTK à 10Hz

Nous utilisons le même procédé avec notre *parser* Python et voici ce que nous obtenons :



Figure 17 : Plan du trajet à 10Hz sans NRTK

Nous avons choisi d'afficher uniquement le GPX à une fréquence de 10 Hz, car nous n'avons observé aucune différence significative par rapport au GPX avec une fréquence d'acquisition de 2 Hz.

Nous observons donc que la courbe est très lisse grâce au grand nombre de points acquis chaque seconde. La trajectoire est alors bien plus précise.

Mesure en voiture avec NRTK

Nous réalisons désormais les mêmes mesures qu'auparavant, mais avec le NRTK activé. De plus, nous **désactivons la constellation BeiDou** car celle-ci fonctionne mal avec une fréquence d'acquisition de 10 Hz de plus BeiDou fonctionne mieux dans certaines régions d'Asie, donc pour rester cohérent entre les mesures nous décidons également de le désactiver pour 0,5Hz et 2Hz.

Pour **0,5Hz** voici ce que nous obtenons :

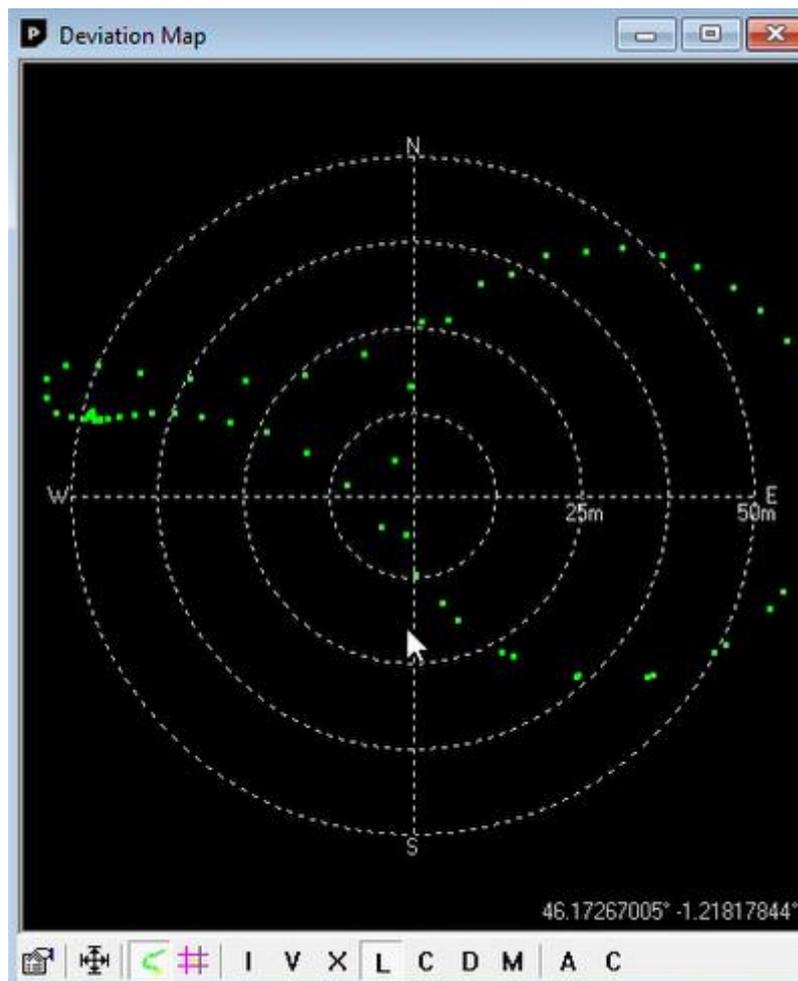


Figure 18 : Deviation map pour un trajet en voiture avec NRTK à 0,5Hz

Longitude	-1.21877650°
Latitude	46.17277233°
Altitude	57.300 m
Altitude (msl)	9.100 m
TTFF	
Fix Mode	3D/DGNSS/FIXED
3D Acc. [m]	
2D Acc. [m]	
PDOP	1.1
HDOP	0.6
Satellites	

Figure 19 : Données du logiciel u-center pour un trajet en voiture avec NRTK à 0,5Hz

Nous observons qu'avec la même fréquence, mais avec le mode NRTK activé, les points semblent présenter une forme plus circulaire autour du rond-point dans la carte de déviation. De plus, étant en mode *Fixed*, la précision est considérablement améliorée.

Nous effectuons les mêmes étapes que précédemment pour obtenir le fichier GPX avec le programme Python, voici ce que nous obtenons :



Figure 20 : Plan du trajet à 0,5Hz avec NRTK

Nous observons toujours des angles causés par la basse fréquence d'acquisition, néanmoins avec le mode NRTK nous pouvons voir que le cercle est plus propre et épouse bien la forme du rond-point.

Nous passons maintenant à une fréquence d'acquisition de **2Hz** :

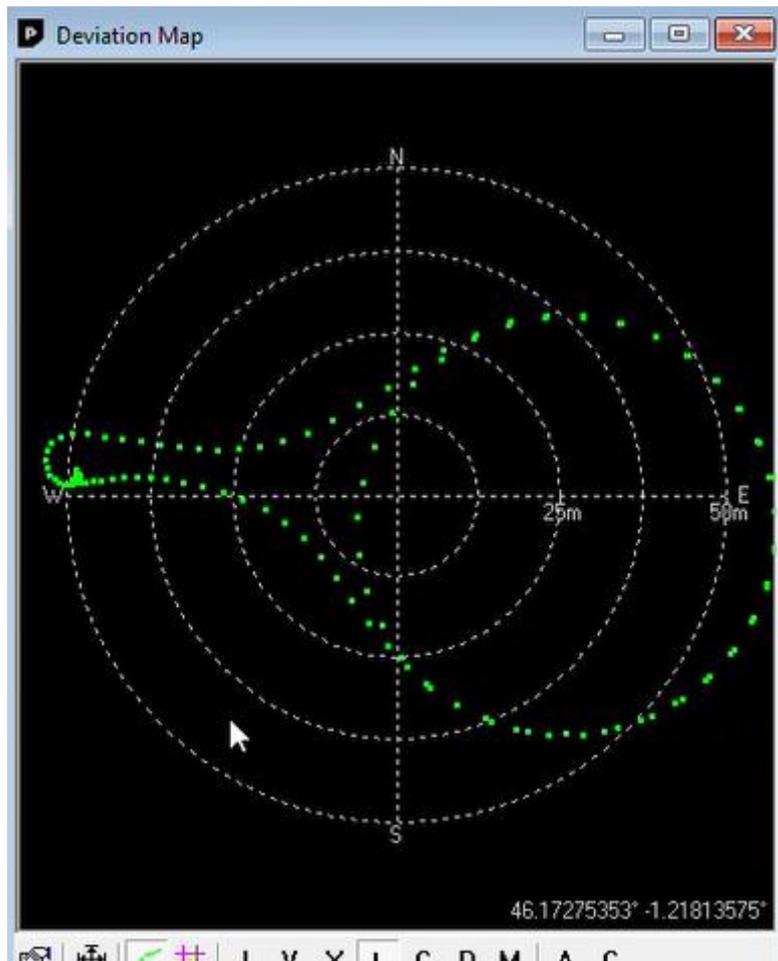


Figure 21 : Deviation map pour un trajet en voiture avec NRTK à 2Hz

Longitude		-1.21877767 °
Latitude		46.17277017 °
Altitude		57.400 m
Altitude (msl)		9.200 m
TTF		
Fix Mode		3D/DGNSS/FIXED
3D Acc. [m]		
2D Acc. [m]		
PDOP	0	1.0
HDOP	0	0.6
Satellites	[Visual representation of satellite status with green and blue bars]	

Figure 22 : Données du logiciel u-center pour un trajet en voiture avec NRTK à 2Hz

Comme vu précédemment, nous voyons bien que nous que les points de la *deviation map* sont plus rapprochés et que le *fixed* améliore également la précision.

Pour les mêmes raisons précisées précédemment, nous passons directement à une fréquence d'acquisition à **10Hz** :

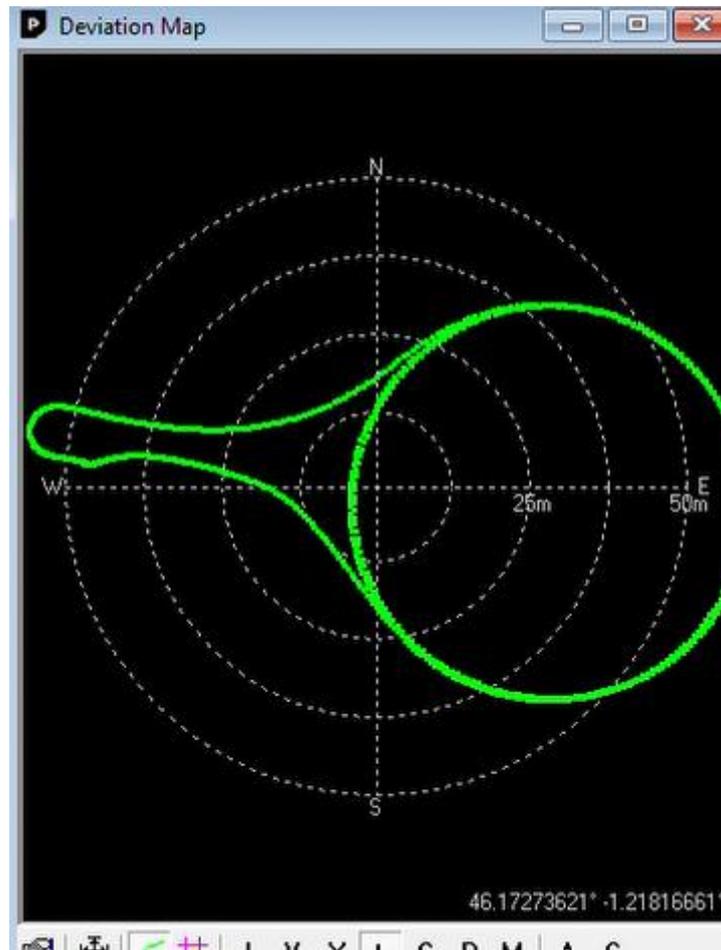


Figure 23 : Deviation map pour un trajet en voiture avec NRTK à 10Hz

Nous observons que les points sont grandement rapprochés grâce à une bonne vitesse d'acquisition. Le mode NRTK permet d'obtenir un cercle précis.

Voici ce que nous obtenons avec le fichier GPX :

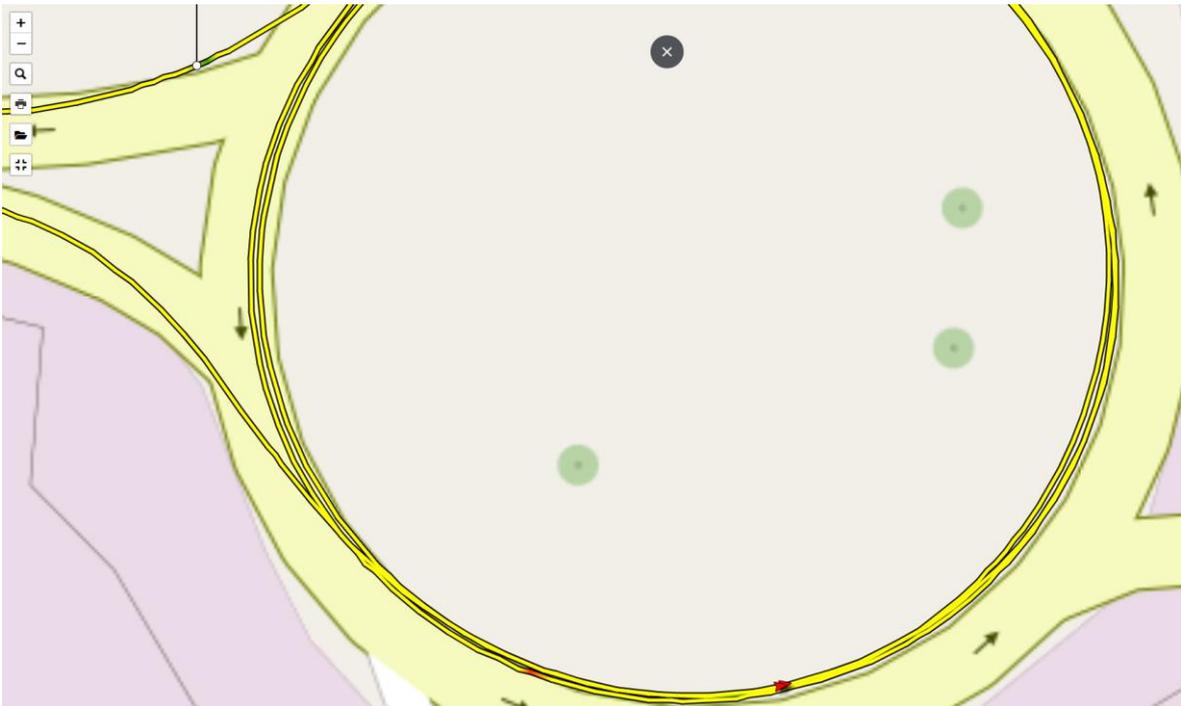


Figure 24 : Plan du trajet à 10Hz avec NRTK

Nous constatons que le cercle est tracé de manière précise, suivant parfaitement la forme du rond-point, sans que la trajectoire ne pénètre à l'intérieur de celui-ci. Pour cette capture, nous avons été contraints de zoomer fortement sur la carte, car après avoir effectué plusieurs tours, des problèmes d'affichage sont apparus sans un fort zoom.

Mesures des dimensions d'un véhicule

Afin de mesurer la précision de notre rover GNSS NRTK, nous avons décidé de mesurer les dimensions de hauteur d'un véhicule.

Pour ce faire, nous avons utilisé une Peugeot 308 dont la hauteur est de **1,457m**.



Figure 25 : Véhicule utilisé pour nos mesures

Nous avons utilisé la borne NRTK **LIENSS** qui se situe à La Rochelle pour effectuer les mesures. Pour chaque mesure, la balise n'a pas été positionnée trop proche du véhicule pour éviter de détériorer les signaux reçus. Nous l'avons donc placée à environ 1m (déplacement latéral) du véhicule, en prenant soin de reprendre les mesures d'origine.

La pression des pneus du véhicule est conforme aux spécifications du constructeur, afin d'éviter de fausser les mesures.

Procédé de mesure :

- Placement de la balise au point A
- Obtention de l'altitude
- Placement de la balise au point B
- Obtention de l'altitude
- Comparaison des deux valeurs

Nous avons donc placé le rover sur le toit du véhicule, au point le plus haut. Nous obtenons une altitude de **52.500m** :

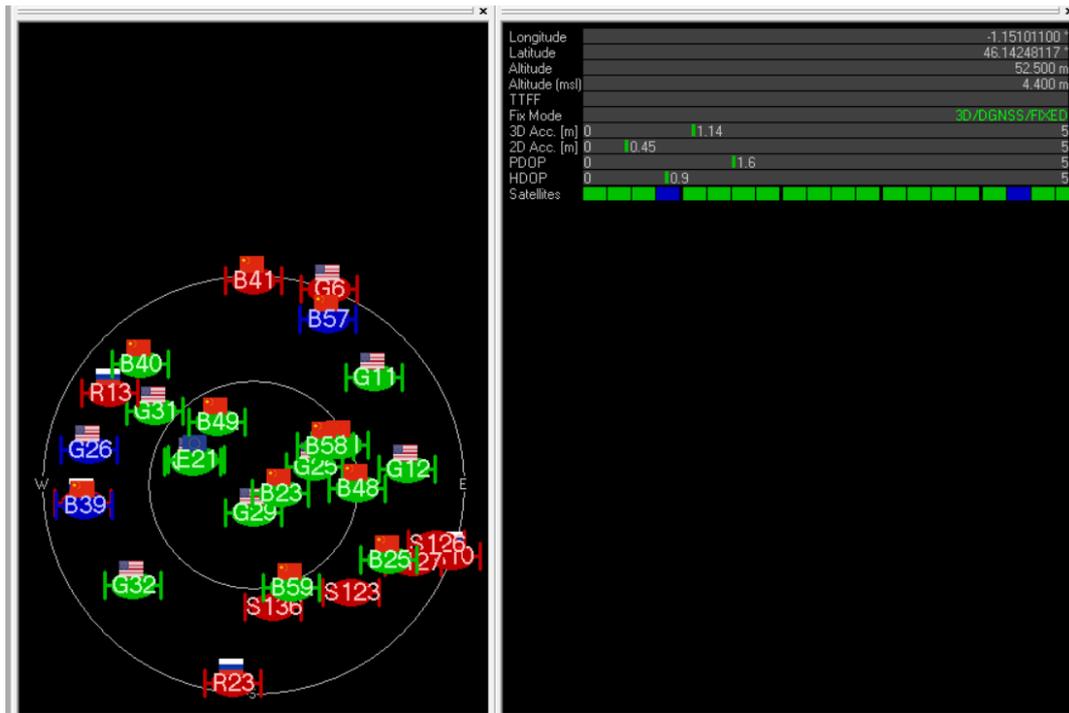


Figure 26 : Données du logiciel u-center sur le toit du véhicule

Nous plaçons maintenant la balise au sol, à 1m du véhicule pour ne pas trop gêner la réception des signaux. Nous obtenons une altitude de **51.000m** :

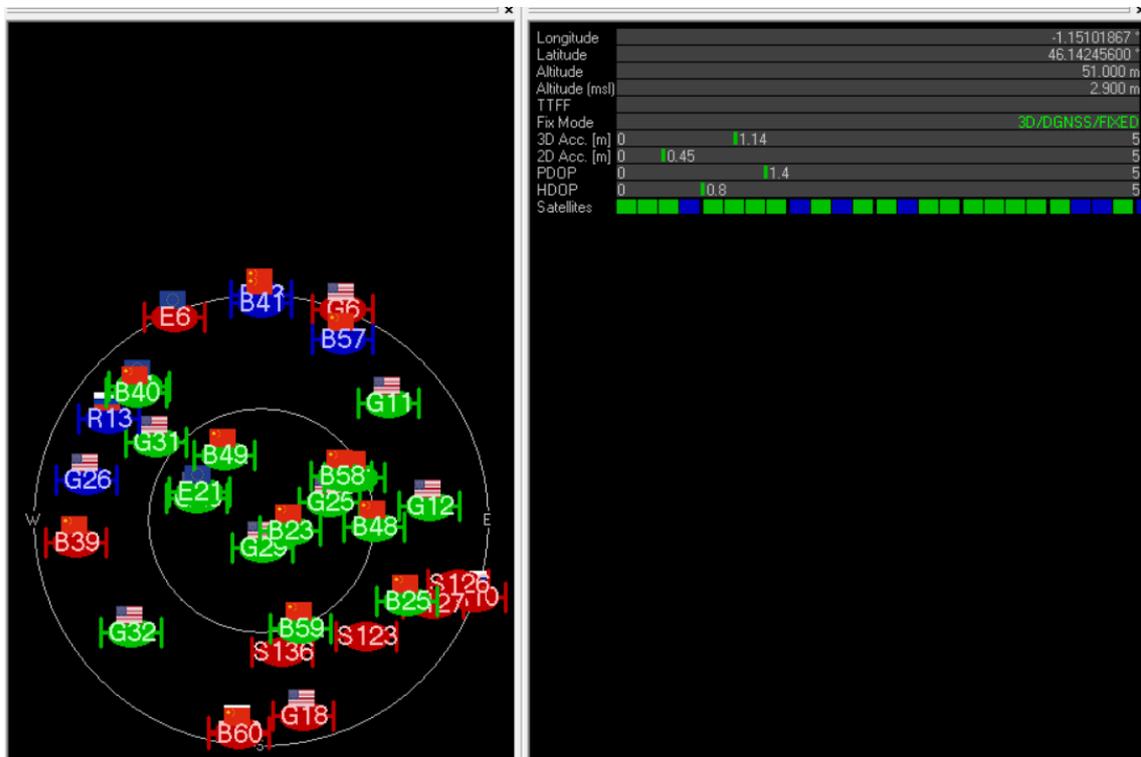


Figure 27 : Données du logiciel u-center à 1m du véhicule

En effectuant la soustraction $52,5 - 51 = 1,5m$ nous observons que la valeur est cohérente par rapport à la hauteur du véhicule qui est d'environ 1,5m. Si la balise était plus précise sur l'axe Z, nous aurions pu déterminer avec précision l'altitude, mais nous devons nous limiter à 10cm de précision.

Mesure des dimensions d'une place de parking

Nous avons également souhaité mesurer avec précision la longueur d'une place de parking. Nous avons donc relevé les différents points avec l'antenne patch, l'antenne champignon, et l'antenne bâton, tous en mode NRTK (sauf l'antenne patch avec laquelle nous avons comparé avec et sans ce mode).

Nous avons attendu pour chaque mesure que le mode « Fixed » apparaisse à l'écran. Nous avons utilisé le site [OmniCalculator](https://www.omnicalculator.com/) pour mesurer les longueurs à partir des coordonnées.

La longueur réelle de la place de parking étudiée est de 4,675m (d'après la loi, la longueur d'une place de parking doit être supérieure à 5m).

1. Antenne patch

a. Avec NRTK

Voici les positions A et B relevées aux extrémités de la place de parking :

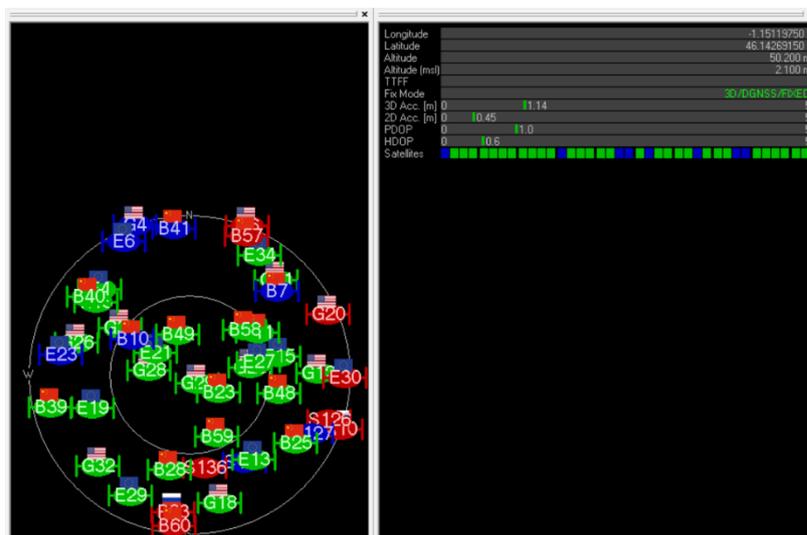


Figure 28 : Position A du parking avec NRTK – antenne patch

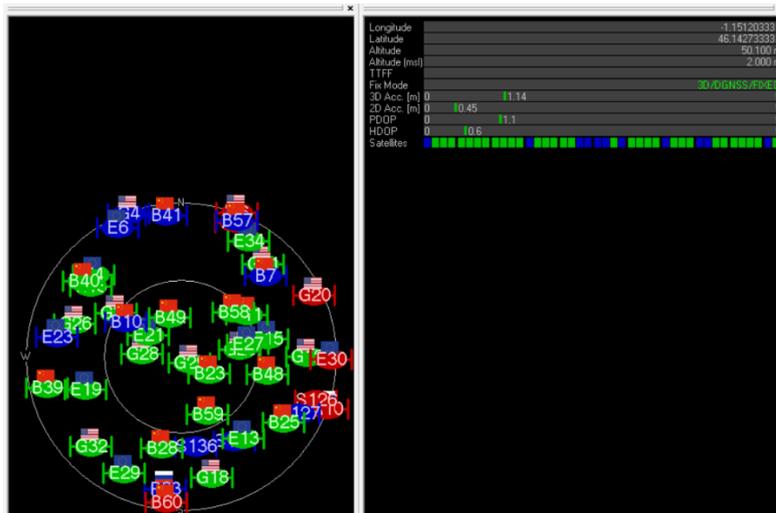


Figure 29 : Position B du parking avec NRTK – antenne patch

Coordonnées du point A

Latitude ⓘ ...

46,1426915 ° v

Longitude ⓘ ...

-1,1511975 ° v

Coordonnées du point B

Latitude ⓘ ...

46,14273333 ° v

Longitude ⓘ ...

-1,15120333 ° v

Distance entre les coordonnées

Distance ...

4,673 m v

Figure 30 : Calcul de la distance avec NRTK – antenne patch

Après avoir entré les différentes valeurs sur le site, nous obtenons la longueur de 4,673m pour une longueur réelle de 4,675m. nous pouvons donc observer que la mesure est très précise.

↶ Coordonnées du point A

Latitude ⓘ ...
46,14269133 ° v

Longitude ⓘ ...
-1,15119883 ° v

↶ Coordonnées du point B

Latitude ⓘ ...
46,1427345 ° v

Longitude ⓘ ...
-1,151202 ° v

Distance entre les coordonnées

Distance ...
4,8065 m v

Figure 33 : Calcul de la distance sans NRTK – antenne patch

La longueur calculée est donc de 4,806m pour 4,675m dans la réalité.

Ces 13cm de différence prouvent le bon fonctionnement du mode NRTK : avec ce mode, la précision était de moins d'un centimètre.

2. Antenne champignon

Voici les valeurs relevées avec cette antenne :

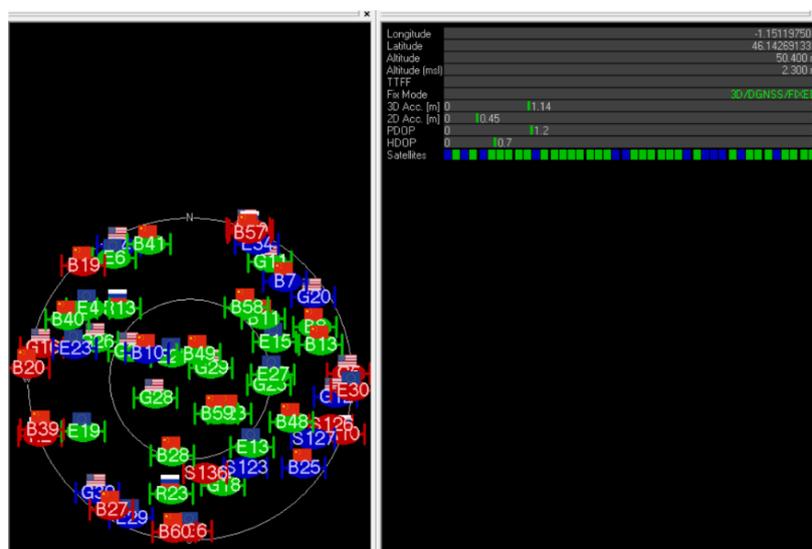


Figure 34 : Position A du parking – antenne champignon

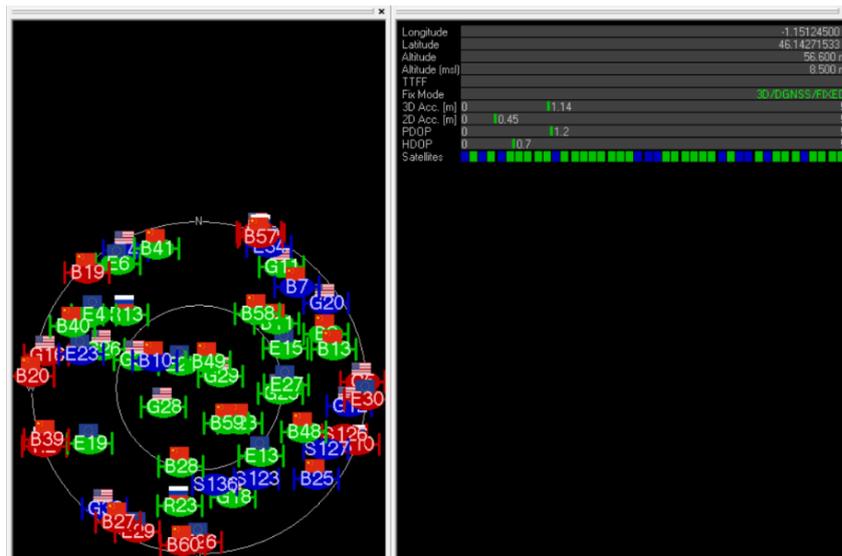


Figure 35 : Position B du parking – antenne champignon

⌵ Coordonnées du point A

Latitude ⓘ ...

46,14269133 ° v

Longitude ⓘ ...

-1,1511975 ° v

⌵ Coordonnées du point B

Latitude ⓘ ...

46.14271533 ° v

Longitude ⓘ ...

-1,151245 ° v

Distance entre les coordonnées

Distance ...

4,529 m v

Figure 36 : Calcul de la distance – antenne champignon

Nous observons que cette antenne en mode NRTK nous donne une longueur bien inférieure à celle d'origine, malgré le fait que cette antenne est censée être plus précise... Nous ne comprenons pas d'où vient le problème, puisque l'affichage « Fixed » est bien présent pour témoigner de la précision de la mesure. De plus, les valeurs PDOP et 2D/3D

Accuracy sont très similaires aux autres mesures avec l'antenne patch. Peut-être que nous n'avons pas laissé assez de temps à l'antenne pour la calibration.

3. Antenne bâton

Voici les valeurs relevées avec cette antenne :

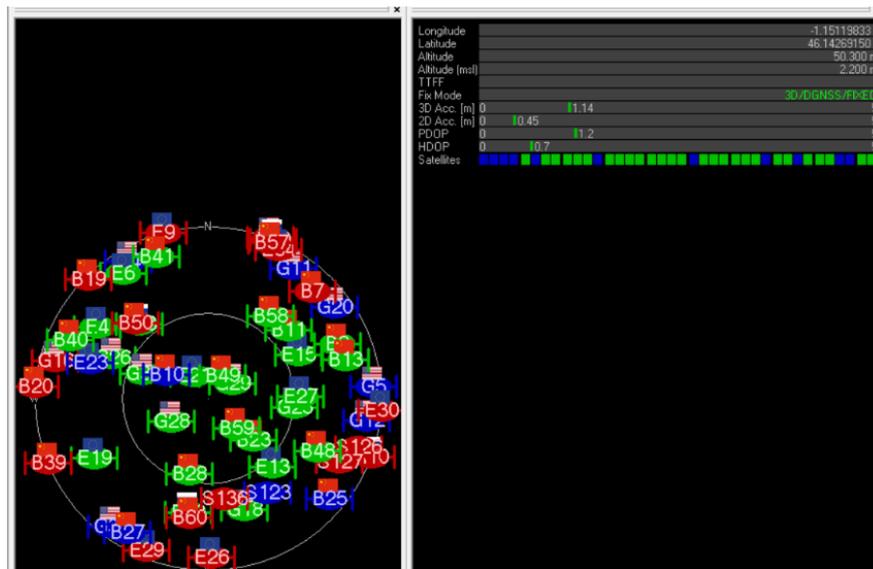


Figure 37 : Position A du parking – antenne bâton

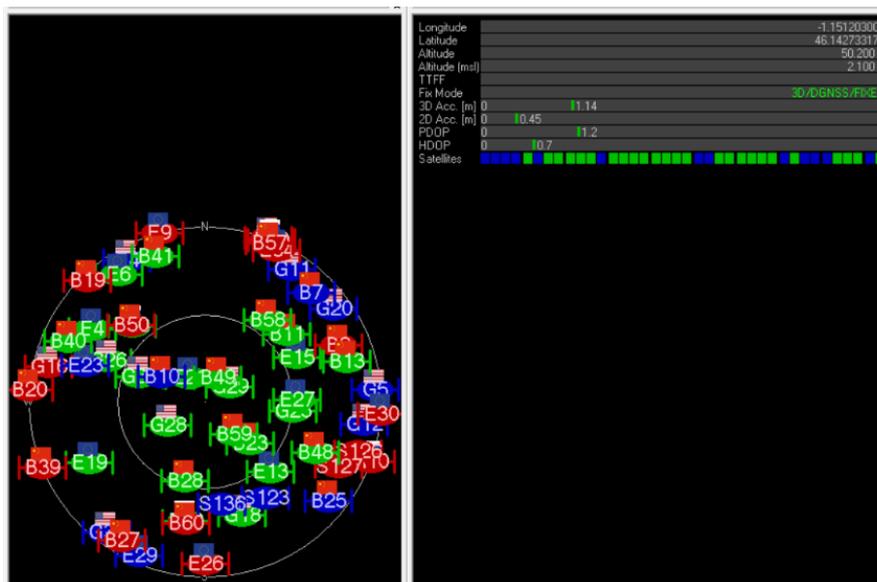


Figure 38 : Position B du parking – antenne bâton

Coordonnées du point A

Latitude

Longitude

Coordonnées du point B

Latitude

Longitude

Distance entre les coordonnées

Distance

Figure 39 : Calcul de la distance – antenne bâton

La longueur de 4,647m relevée est assez proche de la valeur réelle (4,675m). ces 3cm de différence proviennent probablement du fait que la conception de l’antenne dégrade la précision. En contrepartie, elle propose un format plus compact que les antennes patch ou champignon.

Voici un tableau récapitulatif des mesures en mode NRTK :

Type d’antenne	Longueur relevée	Différence de précision
Patch	4,673m	< 1cm
Champignon	4,529m	14cm (calibration ?)
Bâton	4,647m	3cm

Analyse des trames NMEA

Le protocole **NMEA** (National Marine Electronics Association) est un standard de communication utilisé dans les systèmes de navigation, en particulier dans les récepteurs GNSS (Global Navigation Satellite System). Ce protocole définit la manière dont les récepteurs GNSS communiquent avec d'autres appareils (comme des ordinateurs, des instruments de navigation ou des cartes électroniques) en envoyant des données de position et d'autres informations relatives à la navigation.

Les données NMEA sont généralement transmises sous forme de chaînes de caractères ASCII, séparées par des virgules, et chaque message commence par un symbole "début" (\$). Un message NMEA est constitué de plusieurs champs d'informations, chacun fournissant un type spécifique de donnée (par exemple, la position, la vitesse, l'heure, etc.). La chaîne de caractères se termine par un caractère de fin de ligne (souvent `\r\n` ou `**checksum`).

Exemple de message NMEA

Voici notre trame d'exemple :

```
$GPGGA,123456.00,4807.038,N,01131.000,E,1,12,1.0,100.0,M,46.9,M,,*47
```

Structure d'un message NMEA :

- Le "prefix" (prénom) : Un préfixe qui identifie le type de message
 - GP pour le GPS (Global Positioning System)
 - GL pour GLONASS
 - GA pour Galileo
 - GN pour BeiDou
- Le "**RMC**" (**Recommended Minimum Specific GPS/Transit Data**) : Spécifie la latitude, la longitude, l'heure, la date, etc.
- Le **checksum** : Vérification de l'intégrité des données transmises, permettant de s'assurer que le message n'a pas été corrompu pendant la transmission

Types de messages NMEA:

- **GGA (Global Positioning System Fix Data)**: Fournit les informations de position (latitude, longitude), le nombre de satellites utilisés pour le calcul de la position, l'altitude, etc.
- **GLL (Geographic Latitude and Longitude)**: Indique la latitude et la longitude du récepteur
- **RMC (Recommended Minimum Data)** : Donne les données minimales recommandées pour une position GPS, comme l'heure, la date, la vitesse et la direction
- **GSV (GNSS Satellites in View)** : Liste des satellites visibles par le récepteur et d'autres informations relatives aux satellites
- **VTG (Course over Ground and Ground Speed)** : Fournit des informations sur la vitesse et la direction du récepteur

Le récepteur GNSS, tel qu'un GPS, génère des messages NMEA qui sont envoyés périodiquement à travers une interface série (comme **RS232**, **USB**, ou **Bluetooth**) vers un autre appareil.

Analyse de différentes trames

Cette trame fournit des données minimales de navigation (RMC) depuis la constellation BeiDou (GN) :

```
GNRMC,084019.00,A,4608.5127511,N,00109.0727773,W,0.038,,150125,,,D,V*09
```

Champ	Valeur	Description
084019.00	08:40:19 (UTC)	Heure en UTC
A	Fix valide	Le récepteur GNSS a un positionnement fiable
4608.5127511,N	Latitude (46°08.5127511')	Latitude au format degrés et minutes (46.142°N)
00109.0727773,W	Longitude (1°09.0727773')	Longitude au format degrés et minutes (1.152°W)

0.038	Vitesse (nœuds)	Le récepteur est presque immobile
150125	Date (15/01/2025)	Date au format JJMMAA
D	Mode différentiel (DGNS)	Le positionnement utilise des corrections différentielles, augmentant la précision

Cette trame indique la vitesse et la direction (VTG) depuis la constellation BeiDou (GN) :

\$GNVTG,,T,,M,0.038,N,0.070,K,D*34

Champ	Valeur	Description
T	Inconnu	Course réelle non disponible (True course)
M	Inconnu	Course magnétique non disponible
0.038,N	0.038 nœuds	Vitesse en nœuds (très faible déplacement)
0.070,K	0.070 km/h	Vitesse en kilomètres par heure (faible déplacement)
D	DGNSS	Correction différentielle utilisée pour améliorer la précision

Fournit des données sur le fix (GGA) depuis la constellation BeiDou (GN) :

\$GNGGA,084019.00,4608.5127511,N,00109.0727773,W,2,11,1.06,22.585,M,48.145,M,,0123*63

Champ	Valeur	Description
084019.00	08:40:19 (UTC)	Heure en UTC
4608.5127511,N	Latitude (46°08.5127511')	Latitude au format degrés et minutes (46.142°N)

00109.0727773,W	Longitude (1°09.0727773')	Longitude au format degrés et minutes (1.152°W)
2	Fix différentiel (2)	Type de fix GNSS : 2 signifie DGNSS
11	11 satellites utilisés	Nombre de satellites participant au calcul du positionnement
1.06	HDOP (Dilution horizontale)	Indique la précision horizontale (plus petit = mieux)
22.585,M	Altitude (22.585 m)	Altitude au-dessus du niveau moyen de la mer, en mètres
48.145,M	Géoïde (48.145 m)	Différence entre le géoïde et le niveau moyen de la mer, en mètres
0123	Identifiant de station	Code de la station de correction DGNSS utilisée

Ces trames GSV indiquent les satellites visibles et leurs informations (élévation, azimut, SNR) pour la constellation GPS (GP) :

\$GPGSV,2,1,07,05,21,192,34,12,09,203,40,13,61,109,26,19,10,123,29,1*6F

Champ	Valeur	Description
2,1,07	Trame 1/2, 7 satellites	Données pour 7 satellites visibles, divisées sur 2 trames
05, 21, 192, 34	Satellite 5 : élévation 21°, azimut 192°, SNR 34	Satellite avec un bon signal capté
12, 09, 203, 40	Satellite 12 : élévation 9°, azimut 203°, SNR 40	Un autre satellite capté avec un signal fort

Chaque trame communique des informations similaires pour différents satellites visibles dans le champ de vision du récepteur.

L'azimut est un angle mesuré en degrés, utilisé en navigation et en astronomie par exemple, pour définir une direction par rapport au nord géographique ou au nord magnétique.

Cette trame GLL la position géographique (latitude et longitude) pour la constellation BeiDou (GN) :

\$GNGLL, 4608.5127511, N, 00109.0727773, W, 084019.00, A, D*63

Champ	Valeur	Description
4608.5127511,N	Latitude (46°08.5127511')	Latitude actuelle au format degrés et minutes
00109.0727773,W	Longitude (1°09.0727773')	Longitude actuelle au format degrés et minutes
084019.00	08:40:19 (UTC)	Heure en UTC
A	Fix valide	Indique que la position est valide.
D	DGNSS	Mode de correction différentielle

Test visuel de la précision de l'antenne

Dans cette dernière partie, afin de visualiser de manière plus concrète et visuelle la précision de l'antenne, nous avons décidé de « dessiner » en déplaçant l'antenne à pied. En utilisant l'API Google Maps et le système de tracé en temps réel du logiciel u-center, nous avons pu créer différentes formes en nous déplaçant.



Figure 40 : Dessin

Cette capture offre une manière à la fois ludique et visuelle de mettre en évidence la précision de notre antenne.

Gestion de projet

Semaine	Modalité	Objectifs	Ce qui a été fait	Ce qui reste à faire
48	Cours	Présentation et introduction au GNSS		
49	Projet		Recherche théorique pour la SAE	Absolument tout
50	TD	Principe du GPS C/A	Exercices et principes des codes pseudo aléatoire	Le reste
2	TP	Présentation du matériels	Prise en main du matériel et du logiciel u-center et début d'optimisation de la config des antennes	Finir l'optimisation de la config de l'antenne, tester les 3 antennes, mise en place de NRTK, commencer différents tests
3	Projet	Finir l'optimisation de la config de l'antenne, mettre en place le NRTK, commencer des mesures	L'optimisation de la config, NRTK, « dessiner » grâce à l'antenne	Tester les 2 autres antennes, finir les mesures.
4	Projet	Tester les 2 autres antennes, mesures en voiture, mesure d'altitude, mesure de place de parking, mesure des dimensions d'une voiture	Tester les 2 autres antennes, mesures en voiture, mesure d'altitude, mesure de place de parking, mesure des dimensions d'une voiture	Rapport + diapo et préparation de l'oral
5	TP	Rendu et Présentation		

Conclusion

En conclusion, cette SAE nous a permis d'acquérir des connaissances essentielles sur l'installation d'une antenne GNSS et les méthodes d'optimisation de sa configuration pour maximiser la précision. Nous avons comparé différents types d'antennes GNSS et testé le mode NRTK, constatant son impact significatif sur l'amélioration de la précision des mesures. De plus, nous avons réalisé plusieurs tests et mesures, aussi bien en voiture qu'à pied, afin d'évaluer l'efficacité du mode NRTK dans diverses conditions.

Nous avons également analysé des trames NMEA pour mieux comprendre leur structure et leur rôle dans la transmission des données GNSS, ce qui a enrichi notre compréhension de l'interprétation et de l'utilisation des signaux de positionnement. Cette expérience nous a permis de mieux cerner les enjeux liés à la précision des systèmes GNSS et à l'optimisation des configurations pour des applications concrètes.

Table des illustrations

Figure 1 : Module GNSS RTK u-blox F9P	4
Figure 2 : Antenne GNSS u-blox ANN-MB1	5
Figure 3 : Antenne GNSS champignon.....	5
Figure 4 : Antenne GNSS helix "bâton"	6
Figure 5 : Déplacement piéton	7
Figure 6 : Légende de l'affichage des satellites sur le logiciel u-center	8
Figure 7 : Sky view Internet	9
Figure 8 : Sky view u-center.....	9
Figure 9 : Deviation map pour un trajet en voiture sans NRTK à 0,5Hz	10
Figure 10 : Données du logiciel u-center pour un trajet en voiture sans NRTK à 0,5Hz	11
Figure 11 : Table view sur le logiciel u-center	11
Figure 12 : Plan du trajet à 0,5Hz sans NRTK.....	12
Figure 13 : La fréquence d'acquisition insuffisante présente un trajet saccadé.....	12
Figure 14 : Deviation map pour un trajet en voiture sans NRTK à 2Hz.....	13
Figure 15 : Données du logiciel u-center pour un trajet en voiture sans NRTK à 2Hz	13
Figure 16 : Deviation map pour un trajet en voiture sans NRTK à 10Hz.....	14
Figure 17 : Plan du trajet à 10Hz sans NRTK.....	15
Figure 18 : Deviation map pour un trajet en voiture avec NRTK à 0,5Hz.....	16
Figure 19 : Données du logiciel u-center pour un trajet en voiture avec NRTK à 0,5Hz.....	16
Figure 20 : Plan du trajet à 0,5Hz avec NRTK	17
Figure 21 : Deviation map pour un trajet en voiture avec NRTK à 2Hz.....	18
Figure 22 : Données du logiciel u-center pour un trajet en voiture avec NRTK à 2Hz.....	18
Figure 23 : Deviation map pour un trajet en voiture avec NRTK à 10Hz.....	19
Figure 24 : Plan du trajet à 10Hz avec NRTK	20
Figure 25 : Véhicule utilisé pour nos mesures.....	21
Figure 26 : Données du logiciel u-center sur le toit du véhicule.....	22
Figure 27 : Données du logiciel u-center à 1m du véhicule	22
Figure 28 : Position A du parking avec NRTK – antenne patch	24
Figure 29 : Position B du parking avec NRTK – antenne patch	25
Figure 30 : Calcul de la distance avec NRTK – antenne patch.....	25
Figure 31 : Position A du parking sans NRTK – antenne patch.....	26
Figure 32 : Position B du parking sans NRTK – antenne patch.....	26
Figure 33 : Calcul de la distance sans NRTK – antenne patch	27
Figure 34 : Position A du parking – antenne champignon	27
Figure 35 : Position B du parking – antenne champignon	28
Figure 36 : Calcul de la distance – antenne champignon.....	28
Figure 37 : Position A du parking – antenne bâton.....	29
Figure 38 : Position B du parking – antenne bâton	29

Figure 39 : Calcul de la distance – antenne bâton	30
Figure 40 : Dessin.....	36