



GNSS bas coût pour le positionnement

Abdeljalil NAHLI

Stéphane DURAND

Contexte

LES RECEPTEURS GNSS BAS COUT SONT PARTOUT :

centrale inertielle, appareils photos, collier pour animaux, systèmes de datation, smartphone,

GNSS BAS COUT POUR LE POSITIONNEMENT

Cette présentation s'intéresse aux GNSS bas coût dédiés au positionnement « topographique »

- *Positionnement temps réel / post traité*
- *Utilisation : levé / implantation topographique, suivi d'ouvrages / de sites naturels*

➔ Récepteurs permettant la mesure de phase GNSS et une localisation précise

Tour d'horizon des solutions GNSS bas coût



Puce GNSS
(© u-blox)

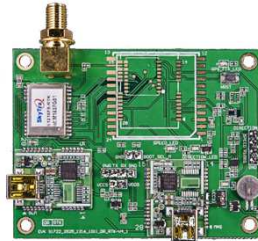
Puce GNSS : le cœur du système

- *Acquisition des mesures*
 - *Mono / multi fréquences/constellation*
 - *Enregistrement des mesures brutes ou calcul de position temps réel*
 - *Sortie PPS, NMEA,*
 - *Entrée NMEA*
-
- *Coût de 5 à 1000 euros en fonction des caractéristiques*
 - *Différents fabricants : u-blox (www.u-blox.com), NVS (www.nvs-gnss.com), Swiftnav (www.swiftnav.com), SkyTraq (www.skytraq.com.tw), ...*

Tour d'horizon des solutions GNSS bas coût



Puce GNSS
(© u-blox)

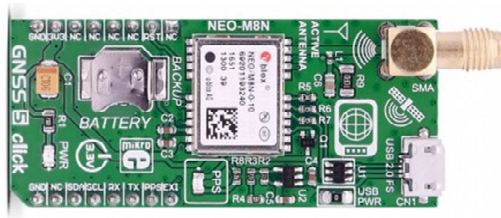


Carte GNSS
(© Skytraq)

Carte de développement

- Alimentation de la puce
- Ports d'entrée/sortie entre puce GNSS et extérieur
- Intégration possible de modems (radio, wifi, GSM, ...)
- Ajout possible de capacités de stockage
- Ajout possible de capacités de traitement hors puce GNSS

- Coût faible à moyen : quelques euros à quelques centaines d'euros suivant les caractéristiques
- Différentes utilisations possibles : datation, positionnement standard, positionnement précis
- Nombreux fournisseurs : chaque fabricant de puce propose une ou plusieurs « cartes de développement » + autres développeurs de cartes



MikroElektronika GNSS 5 Click (ublox M8P)



Emlid Reach M+ (ublox M8P)



U-blox C94-M8P
development board

Tour d'horizon des solutions GNSS bas coût



Puce GNSS
(© u-blox)



Carte GNSS
(© Skytraq)

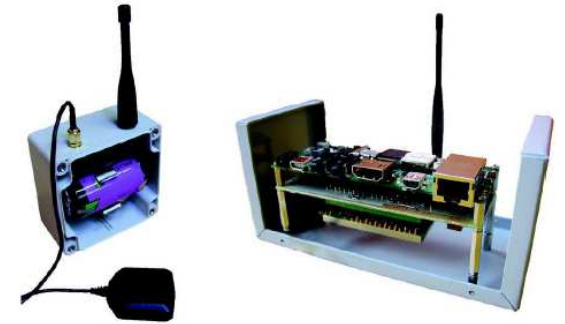


Récepteur complet
(© drotex)

Récepteur tout intégré

- Contient une carte intégrant la puce GNSS
- Intégration d'une antenne GNSS ou pas
- Intégration de capteurs inertiels ou pas
- Intégration de modems de communication (radio, gsm,..)
- Adapté à un usage professionnel
- Vis de fixation 5/8 en dessous
- Centrage de l'antenne et offset vertical connus

Geomon (NVS NV08C)
© HEIG-VD / Infrsurvey

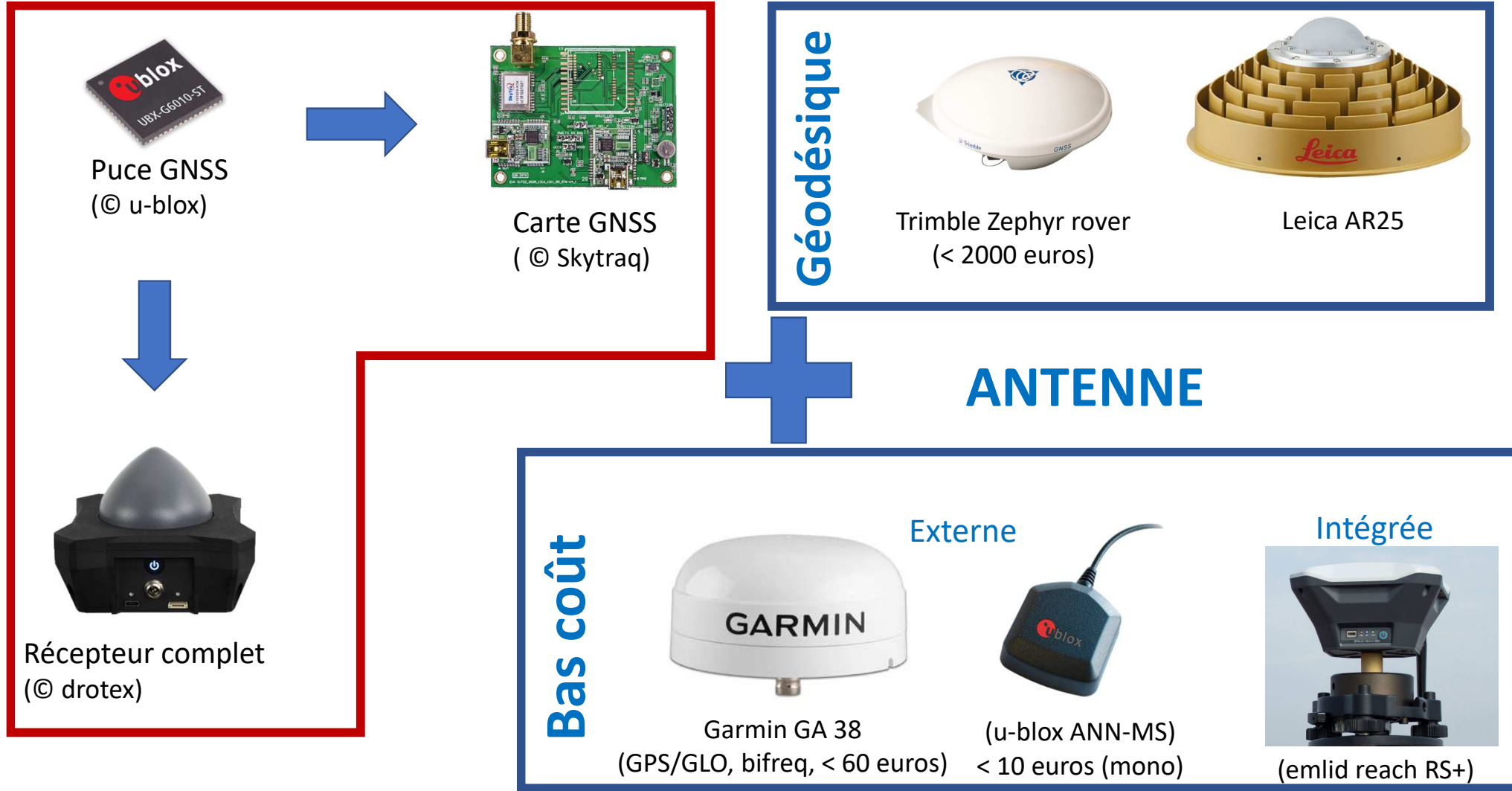


Swift navigation duro
(© swift nav)



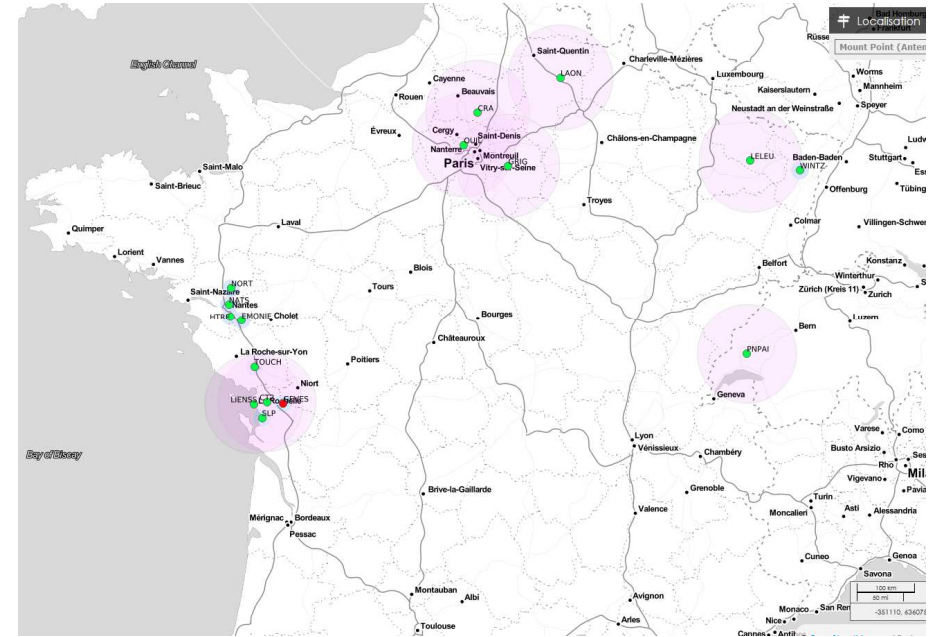
Géocube IGN (u-blox LEA 6T)
© IGN/Loemi

Système complet : Récepteur + Antenne



Constats et remarques

- ☐ Disponibilité de puces GNSS monofréquence et multi-constellation depuis plus de 10 ans
 - Large utilisation dans différents domaines : auscultation par GPS, datation, positionnement, smartphones, ...
 - Initiative Centipède : réseau collaboratif de bases GNSS low-cost (<https://centipede.fr/>)
- Journées centipède 10-11 décembre 2019, La Rochelle, Organisé par l'INRAE
- Base/mobile RTK bas coût
Projet d'étudiants ENSG (juillet-aout 2017 à 2019)



❑ Depuis 2 ans, disponibilité de puces multi-fréquence / multi-constellation

- Plusieurs fabricants : u-blox (série F9P), NVS (série M), Skytraq (S1216F8-GI3), ...
- Plusieurs fournisseurs de modules GNSS intégrant ces nouvelles puces, pour intégration dans des projets de développement :

drotek (www.drotek.com / F9P), simplertk2 (www.ardusimple.com / F9P), NV08C-RTK-M (www.nvs-gnss.com / NVS), emlid reach M2 (emlid.com / F9P), ...

- Récepteurs GNSS à destination des utilisateurs professionnels
- Nombreux développements / évaluations des performances en cours



© Emlid

Emlid Reach RS2
Puce ublox F9P
< 2000 USD



© Drotek

Drotek Sirius RTK GNSS base
Puce ublox F9P
< 400 euros

Travaux de recherche au Laboratoire Géomatique et Foncier (GeF)

- ❑ Collaboration depuis 2017 avec l'entreprise Cementys
 - Travail de fin d'études ESGT de P. Bienvenue en 2017
(utilisation de GNSS mono fréquence pour étude vibratoire d'ouvrages)
 - Projet d'étudiants ESGT en 2018-2019
(Développement d'un système d'auscultation GNSS bas coût)
 - Projet d'étudiants ESGT en 2017-2018
(Evaluation d'une solution dynamique GNSS bas cout pour la mesure statique et dynamique des déformations d'ouvrage d'art)
 - Thèse de doctorat d'Abdeljalil NAHLI (2018-2021)
(combinaison GNSS / PsINSAR pour la surveillance d'ouvrages d'art)

Travaux de recherche au Laboratoire Géomatique et Foncier (GeF)

- ❑ Développement de chaînes d'acquisition et de traitement bas coût mono et bi-fréquence
 - Réseau mono fréquence de surveillance sur le pont Wadi Leban (Riyad, Arabie Saoudite)
 - Réseau bi fréquence de surveillance sur le pont de Sèvre (Paris)



- ❑ Qualification de la chaîne d'acquisition et de traitement

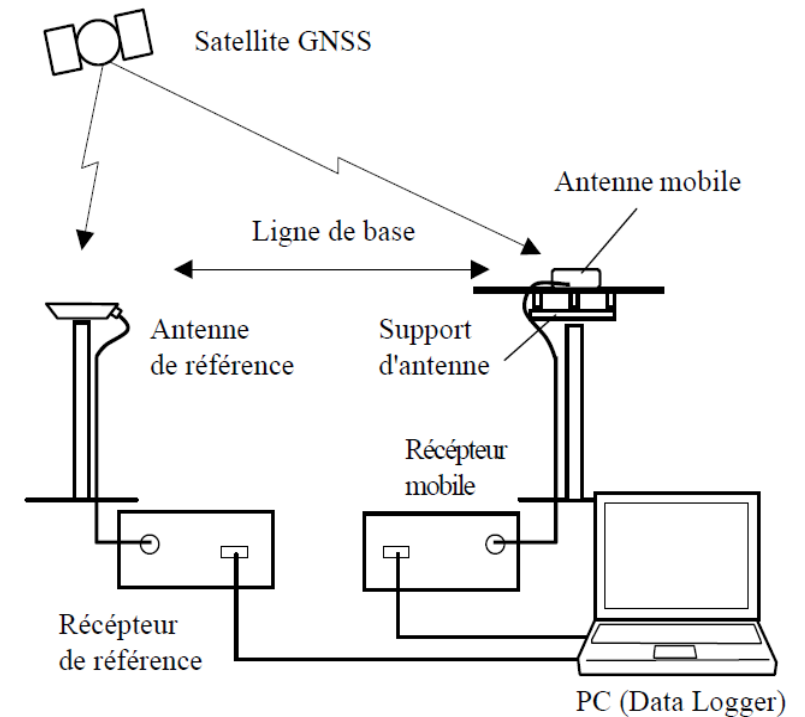
Projet de fin d'études de Rania Zmarrou (IAV Hassan II) de mai à septembre 2020

Composantes des systèmes d'auscultation GNSS mis en oeuvre

- ❑ Acquisition des données
 - Réseau d'antennes et de récepteurs GNSS
 - Mobiles dans la zone d'influence géotechnique (ZIG)
 - Références hors de la ZIG

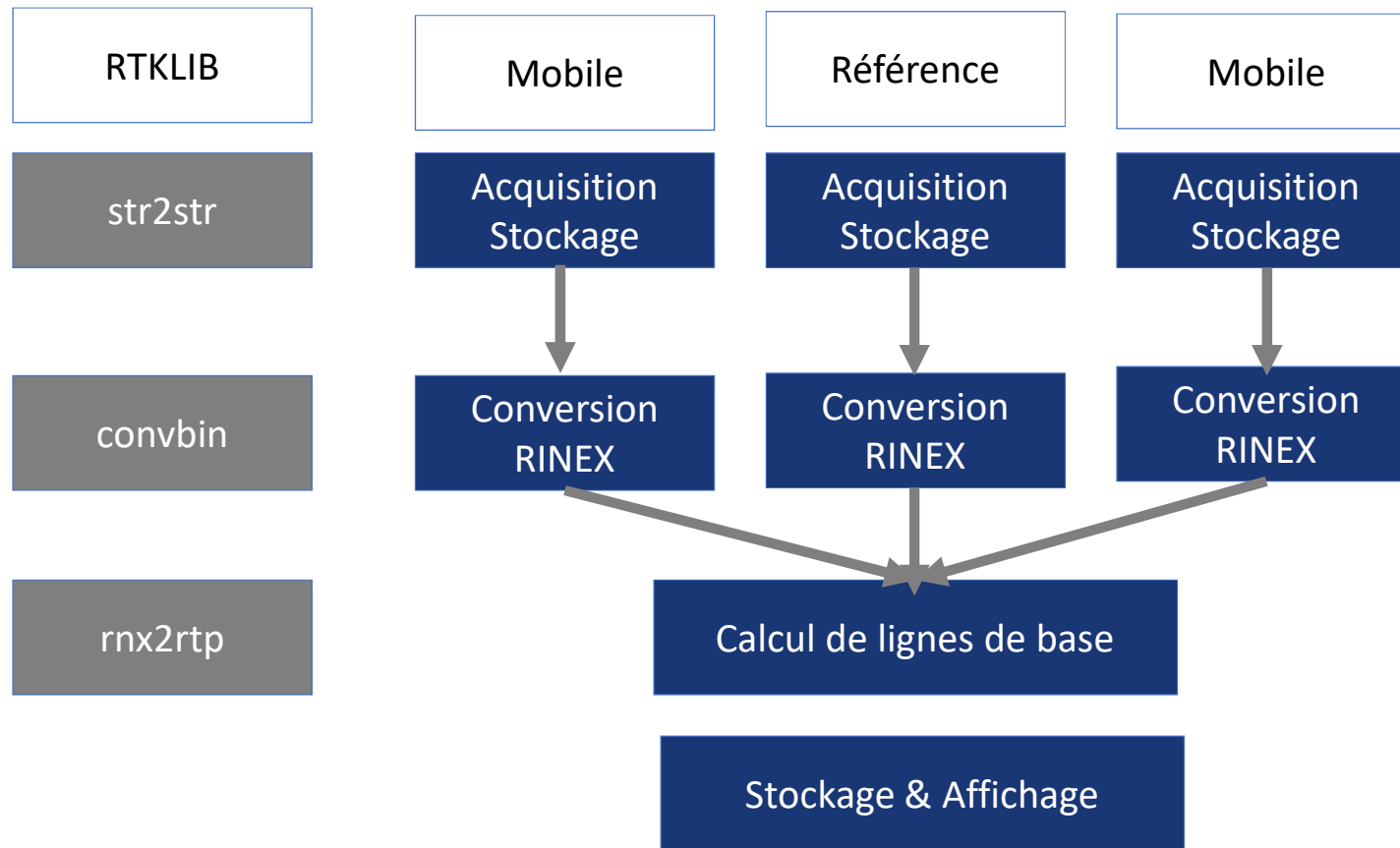
- ❑ Transmission / Stockage
 - Fibres optiques entre récepteurs et PC sur site
 - Mémoire locale sur PC
 - Modems GSM pour retransmission vers serveur entreprise

- ❑ Prétraitement et calcul de positions
 - PC embarqué industriel sur site
 - Coordonnées calculées sur site
 - Envoi des résultats à intervalles réguliers



Composantes des systèmes d'auscultation GNSS mis en oeuvre

□ Chaîne de traitement bas coût : RTKlib (traitements réalisés sur site – PC embarqué)

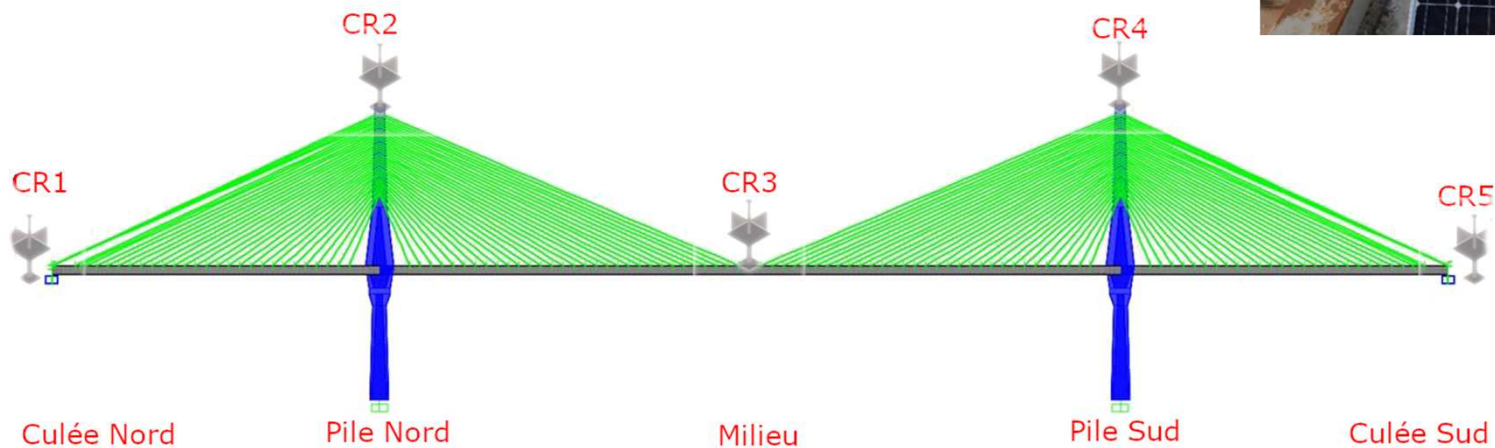
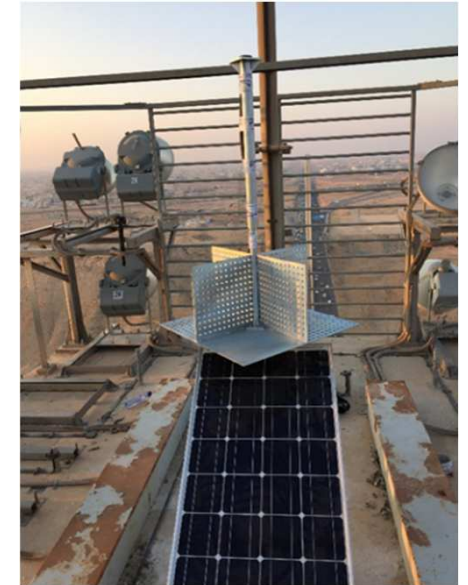


Pont Wadi Leban : réseau GNSS mono fréquence

- ❑ Mise en œuvre combinée GNSS bas coût / CR InSAR fin 2018
- ❑ Données en acquisition continue depuis mars 2019

- ❑ Carte GNSS développée entièrement par la société Cementys
 - Puce u-blox M8P mono fréquence, multi constellation
 - Carte intégrant mémoire interne et liaison fibre optique
 - Antennes bas coût u-blox ANN-MS

- ❑ 5 récepteurs : 2 références hors ZIG, 1 au milieu (déflexion, vibration), 2 sur les piles (inclinaison, tassement)

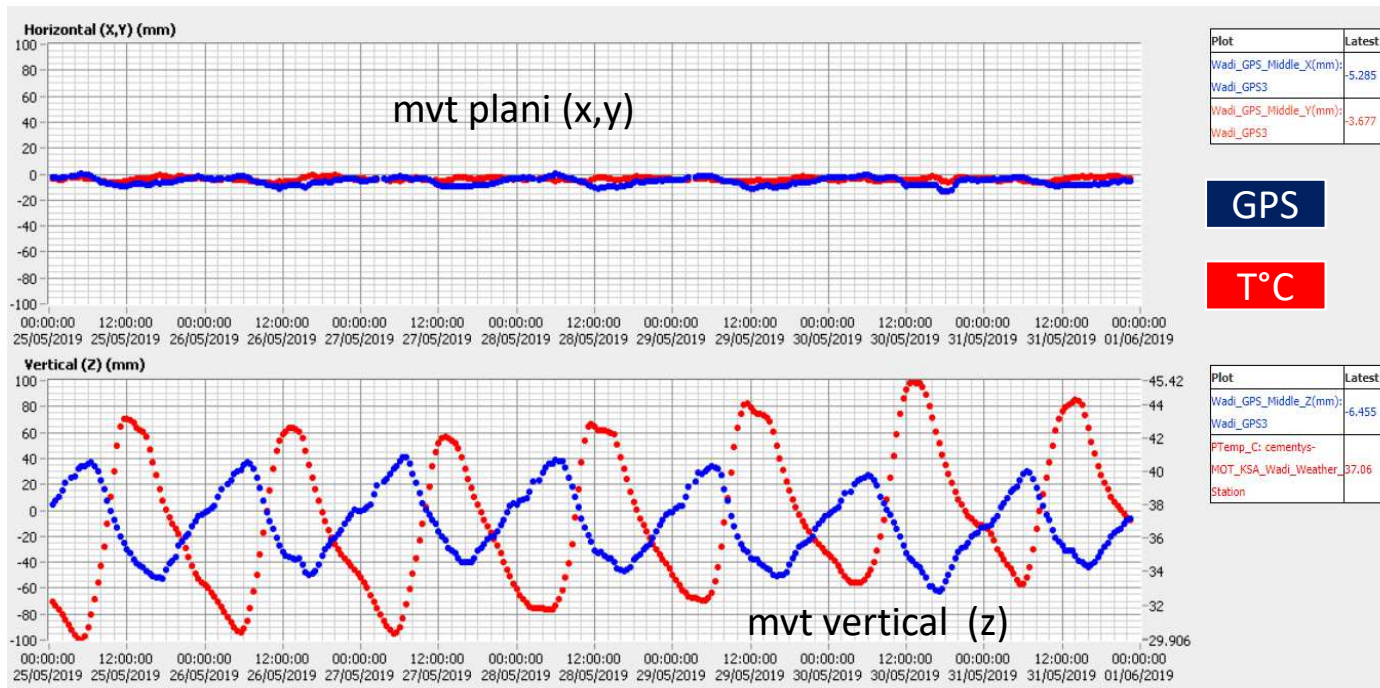


Pont Wadi Leban : réseau GNSS mono fréquence

- ❑ Calcul de position toutes les 30 minutes
- ❑ Mouvements horizontaux et verticaux réversibles observables
- ❑ Mouvements journaliers corrélés avec la température

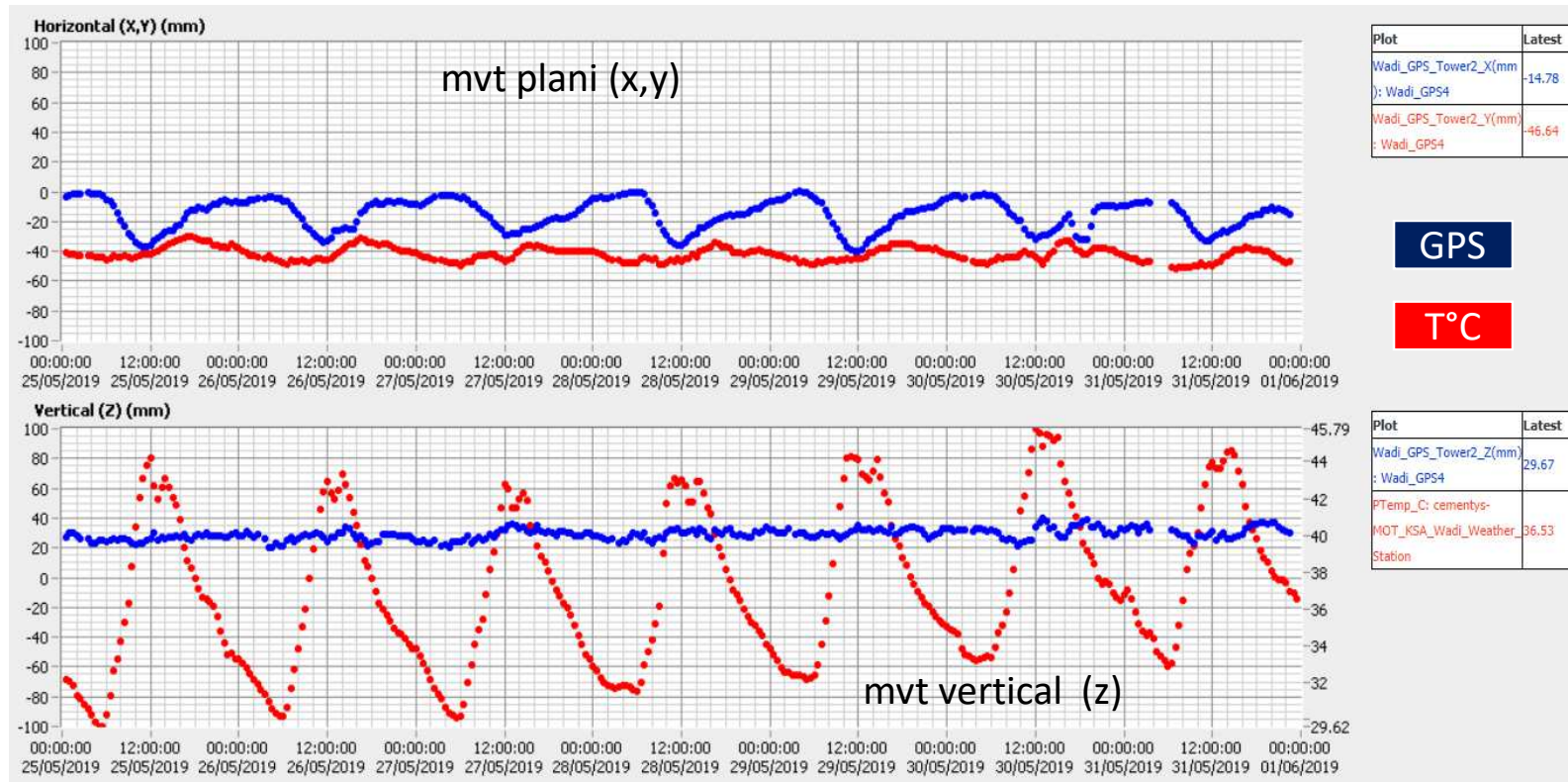
- ❑ Traitement et analyse en cours (Thèse Abdeljalil NAHLI)

GPS au milieu du pont



Pont Wadi Leban : réseau GNSS mono fréquence

GPS sur pile sud (CR2)

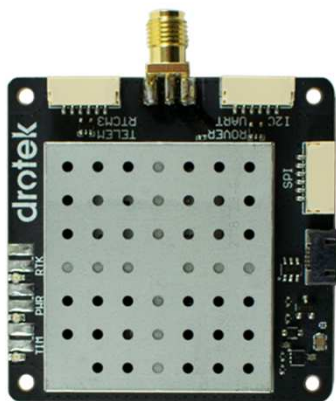


Pont de Sèvre : réseau GNSS bi-fréquence

- ❑ Mise en œuvre combinée GNSS bas coût / CR InSAR fin 2019
- ❑ Données en acquisition continue décembre 2019

- ❑ Carte GNSS Drotek
 - Puce u-blox F9P bi-fréquence, multi constellation
 - Faible consommation électrique (< 100 mA)
 - Antennes bas coût u-blox ANN-MB
 - Raspberry pi sur chaque carte

- ❑ 7 récepteurs : 2 références hors ZIG, 4 sur les piles, 1 sur le tablier



Prototype de récepteur dédié au levé statique post-traité

Wadi Leban et Pont de Sèvre : récepteurs dédiés auscultation (fonctionnement en continu, liaison distante, ...)

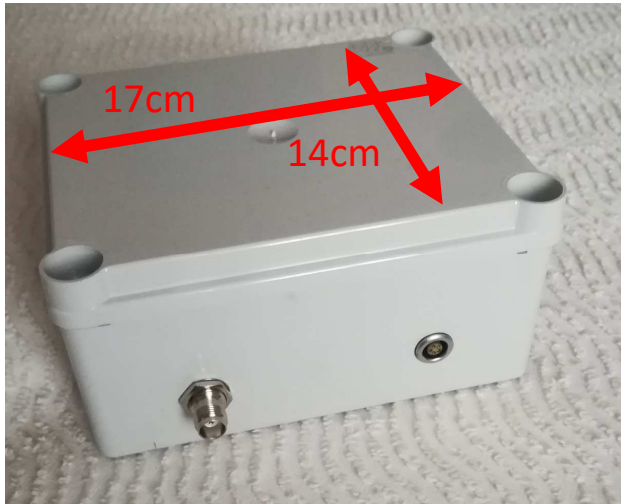
Développement complémentaire d'un récepteur bas coût plus orienté « topographie courante »

Caractéristiques recherchées :

- Récepteur permettant la réalisation de levés en mode statique rapide post traité
- Alimentation par batterie externe de smartphone (type powerbank) ou batterie 12v utilisée en topographie
- Possibilité d'utiliser différents types d'antennes externes
- Interaction avec l'utilisateur limitée mais existante : nom du point, hauteur de point, visualisation DOP/satellites

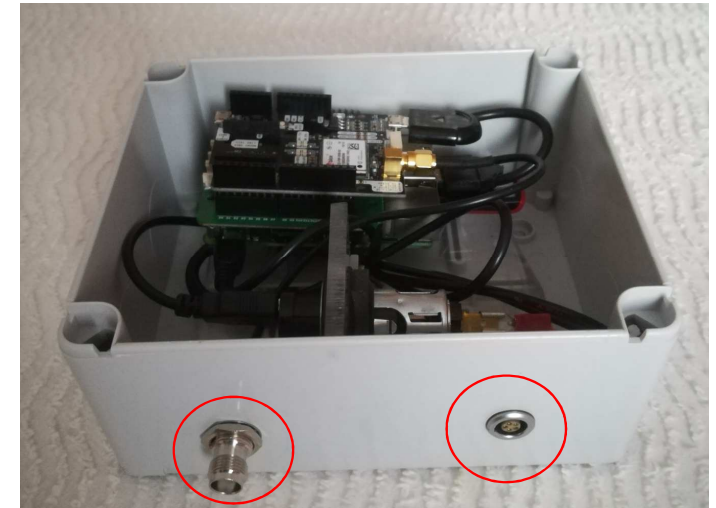
Prototype de récepteur dédié au levé statique post-traité

Liste d'équipements :



- Carte ArduSimple simpleRTK2B
- Raspberry Pi 3 ou Zero
- Carte SD 4 Go
- Clef USB (données/configuration)
- Boite étanche 17x14x7cm
- Connecteur Lemo 5 broches
- Connecteur TNC
- Convertisseur 12V vers USB
- Carte ArduSimple pour Rpi

TOTAL : < 400 euros TTC



Connecteur
antenne TNC

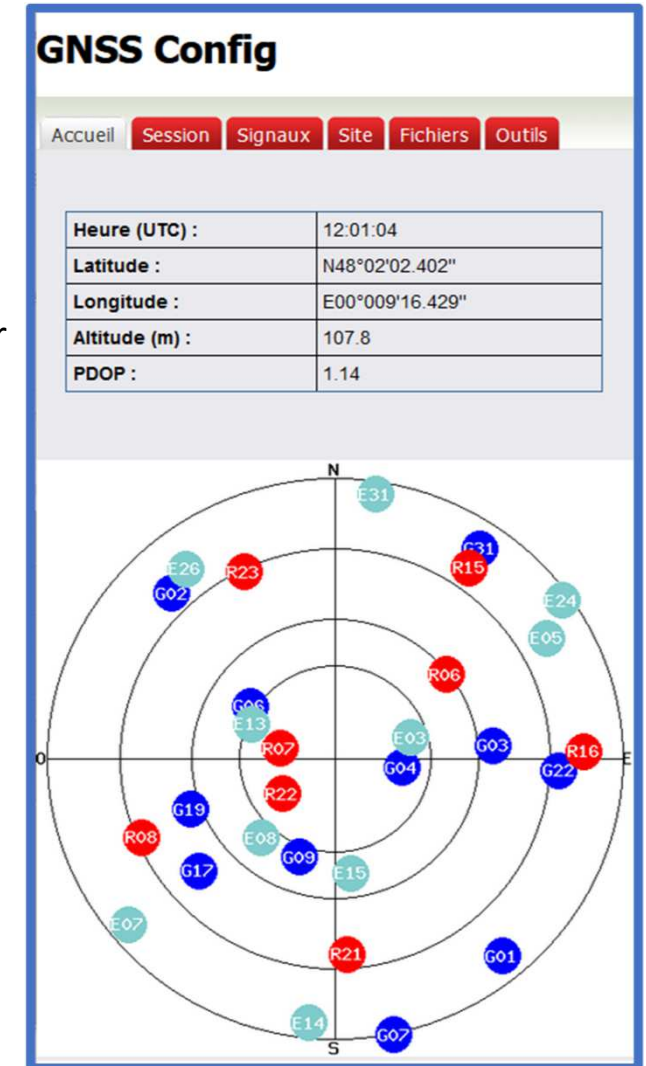
Connecteur
Lemo 5 broches

Équipement à venir : 2 leds et 2 boutons poussoir étanches pour une interface utilisateur de base

Prototype de récepteur dédié au levé statique post-traité

Interface utilisateur :

- Visualisation de l'état du récepteur et de la constellation
- Configuration des signaux / sessions de mesure / nom des points / hauteur
- Lancement manuel des sessions / arrêt du récepteur
- Accès par hotspot Wifi au Rpi depuis n'importe qu'el équipement (PC, tablette, smartphone)



Prototype de récepteur dédié au levé statique post-traité

GNSS Config

Accueil Session **Signaux** Site Fichiers Outils

Session active :

Fréquence de mesure : 1s

Durée des fichiers : 24h

Modifier les paramètres

GNSS Config

Accueil Session Signaux Site **Fichiers** Outils

Nom du point : TEST (4 caractères)

Nom du marqueur : TEST

Récepteur : ArduSimple simpleRTK2B (ublox F9P)

Antenne (Nom IGS) : TRM15231.00 NONE

Hauteur d'antenne : 1.256 m

Modifier les paramètres

GNSS Config

Accueil Session Signaux **Site** Fichiers Outils

Système	Utilisé	Signaux	
GPS	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/> L1C/A	<input checked="" type="checkbox"/> L2C
GLONASS	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/> L1	<input checked="" type="checkbox"/> L2
GALILEO	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/> E1	<input checked="" type="checkbox"/> E5b
BEIDOU	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/> B1	<input type="checkbox"/> B2
QZSS	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/> L1C/A	<input checked="" type="checkbox"/> L2C

Modifier les paramètres

GNSS Config

Accueil Session Signaux Site Fichiers **Outils**

Avec la sélection :

<input checked="" type="checkbox"/>	NONE282I_1116.20.ubx	48.346 Ko	08/10/20 13:17
<input checked="" type="checkbox"/>	NONE282I_1118.20.ubx	11.109 Ko	08/10/20 13:18
<input checked="" type="checkbox"/>	NONE282I_1128.20.ubx	24.869 Ko	08/10/20 13:28
<input type="checkbox"/>	NONE282I_1129.20.ubx	6.095 Ko	08/10/20 13:29

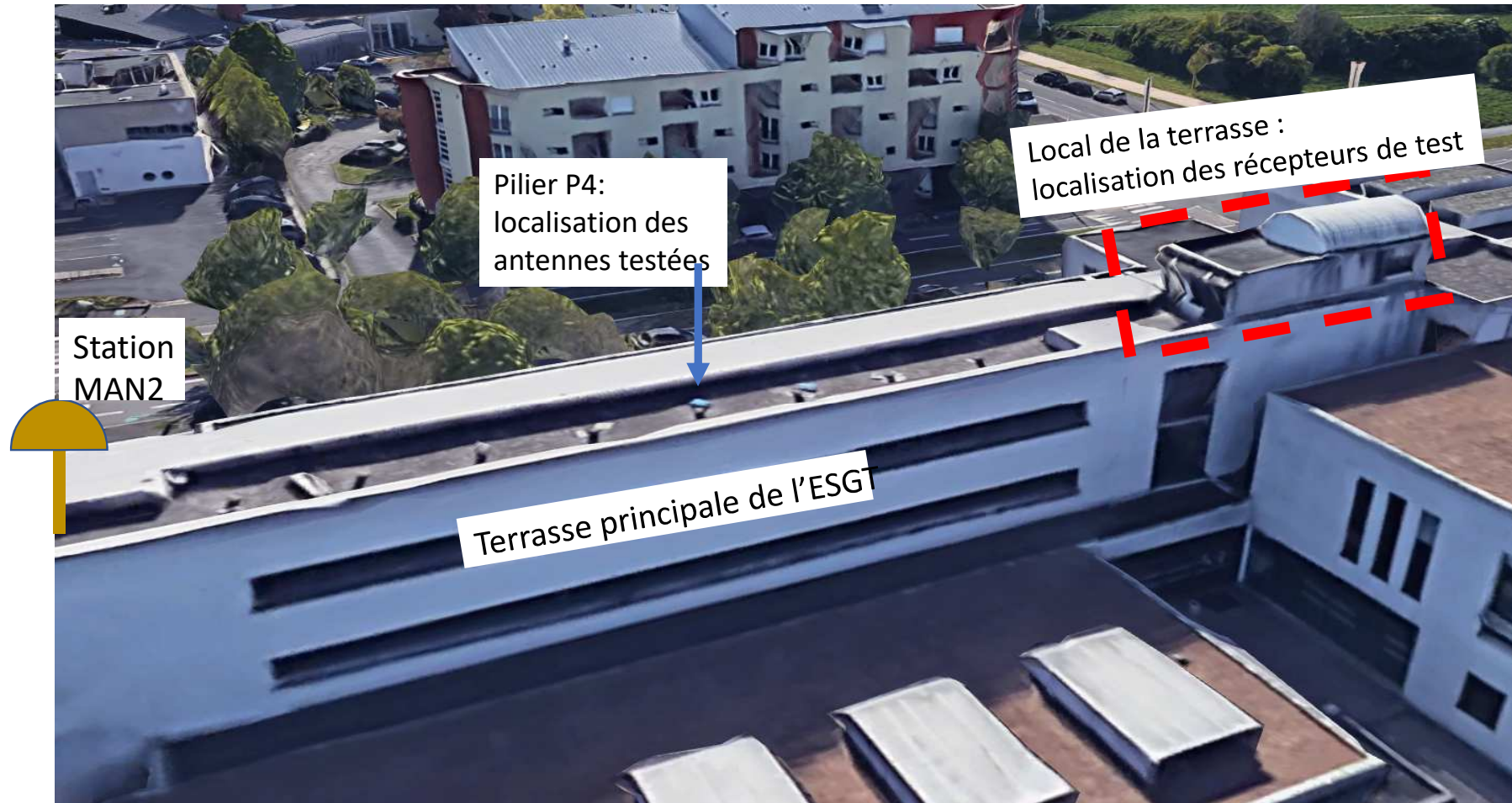
Tests de la qualité des couples antennes/récepteur lowcost

Stage de Rania Zmarrou (IAV Hassan II – mai/septembre 2020 – soutenance le 20 octobre 2020)

- ❑ Mise en place du protocole de test
- ❑ Développement des outils d'analyse et de visualisation des informations
- ❑ Analyse des premières données sur différents couples antennes / récepteurs
 1. Valeurs du rapport signal à bruit (SNR) en fonction de l'élévation et de l'azimut des satellites
 2. Etude des valeurs de résidus sur la phase, lors d'un traitement zero baseline avec RTKLib
- ❑ Validation de la chaine de traitement RTKLib utilisée sur les ponts Wadi Leban et PDS par comparaison à des logiciels professionnels Leica Infinity et Trimble Business Center

Tests de la qualité des couples antennes/récepteur lowcost

LOCALISATION DES EXPERIENCES : bâtiment de l'ESGT



Tests de la qualité des couples antennes/récepteur lowcost



Pilier P4

Câble d'antenne 20 m



Splitter

Câbles d'antenne 1 m
(tous de même longueur)



ESGT3 ESGT2 (alim antenne)

Récepteurs Leica GPS500



RPI1

RPI2

Récepteurs ArduSimple SimpleRTK2B

Tests de la qualité des couples antennes/récepteur lowcost

Les antennes testées



Trimble Zéphyr 2
Modèle : 57971-00

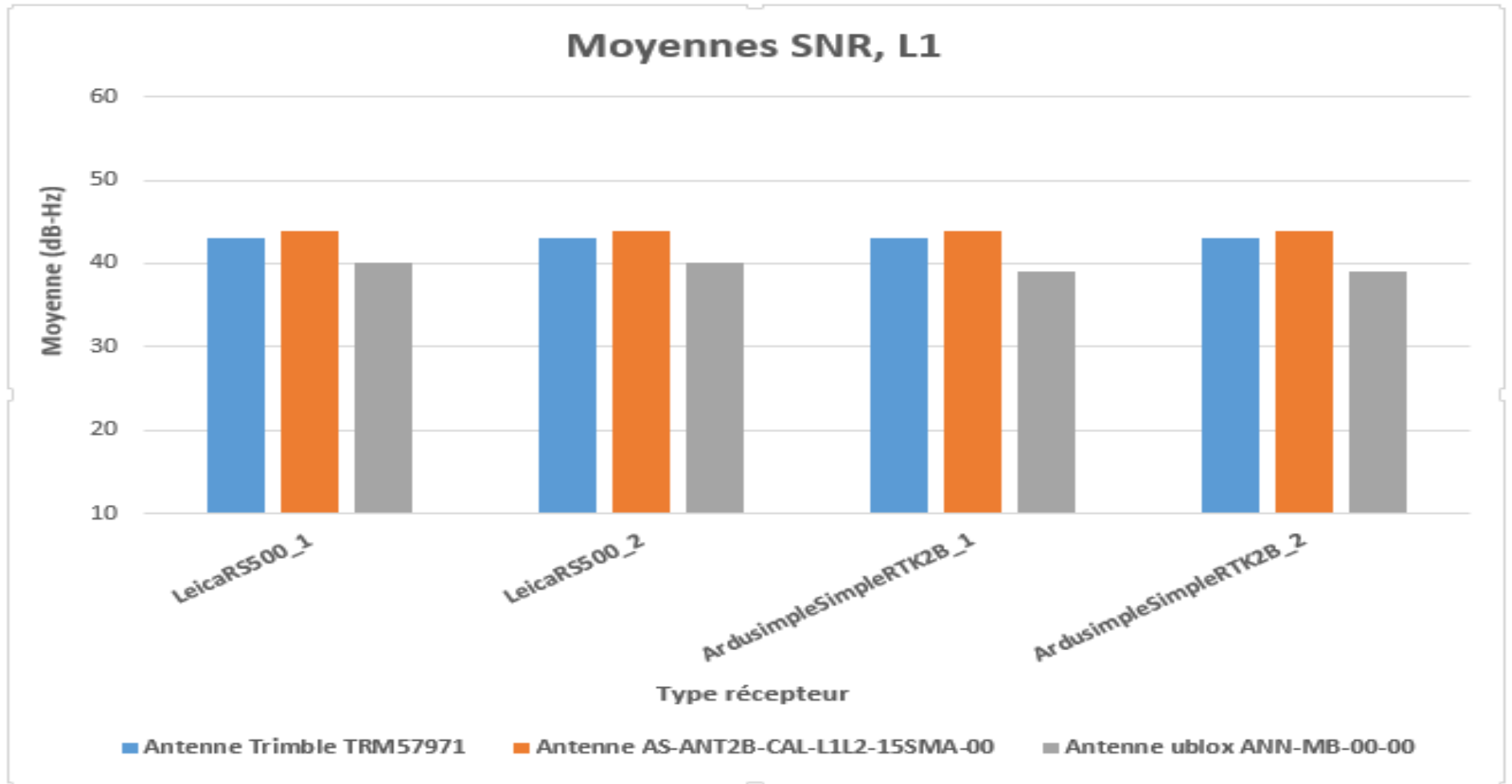


ArduSimple
Modèle : AS-ANT2B-CAL-L1L2-15SMA-00

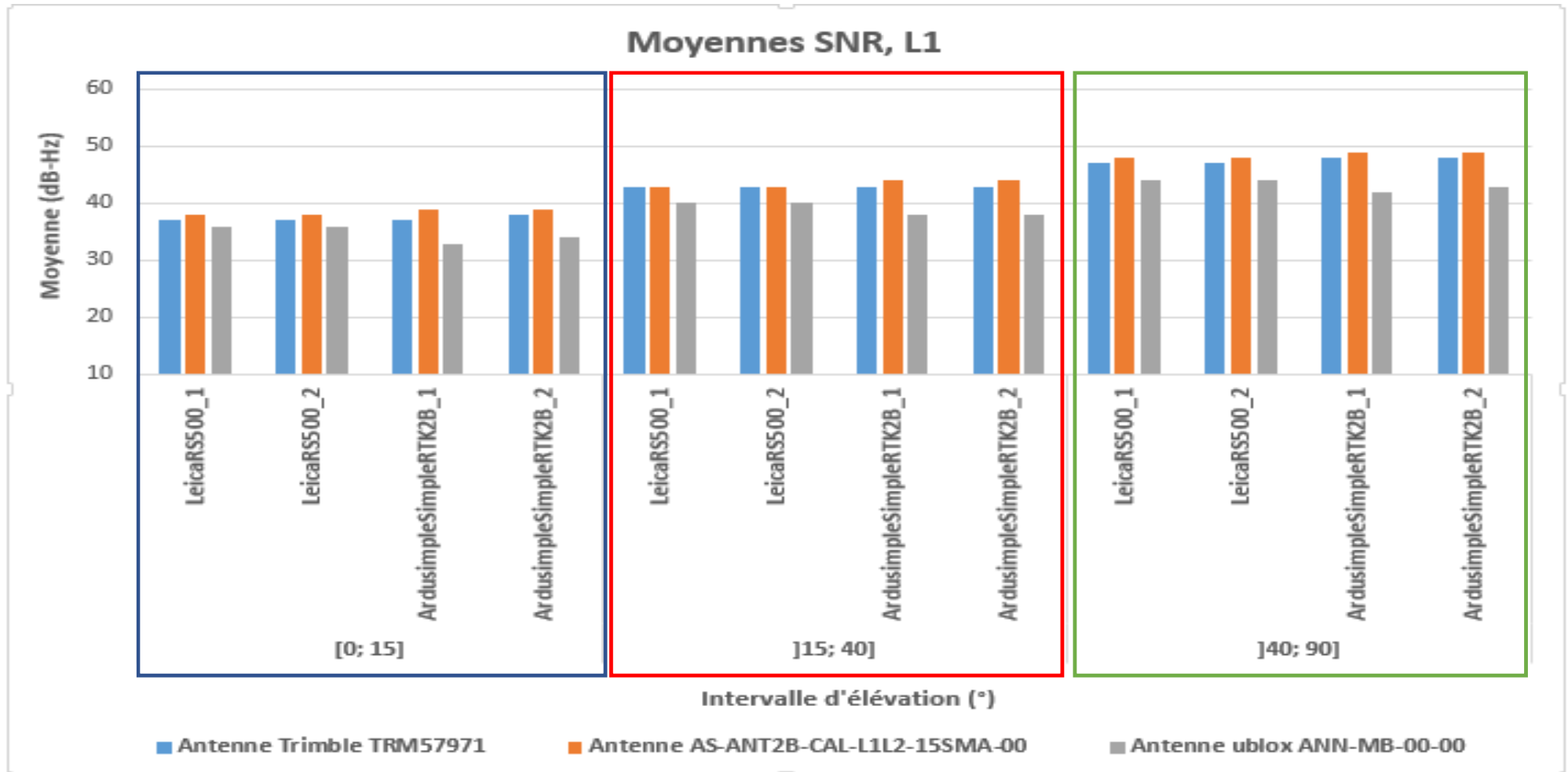


u-blox
Modèle : ANN-MB-00-00

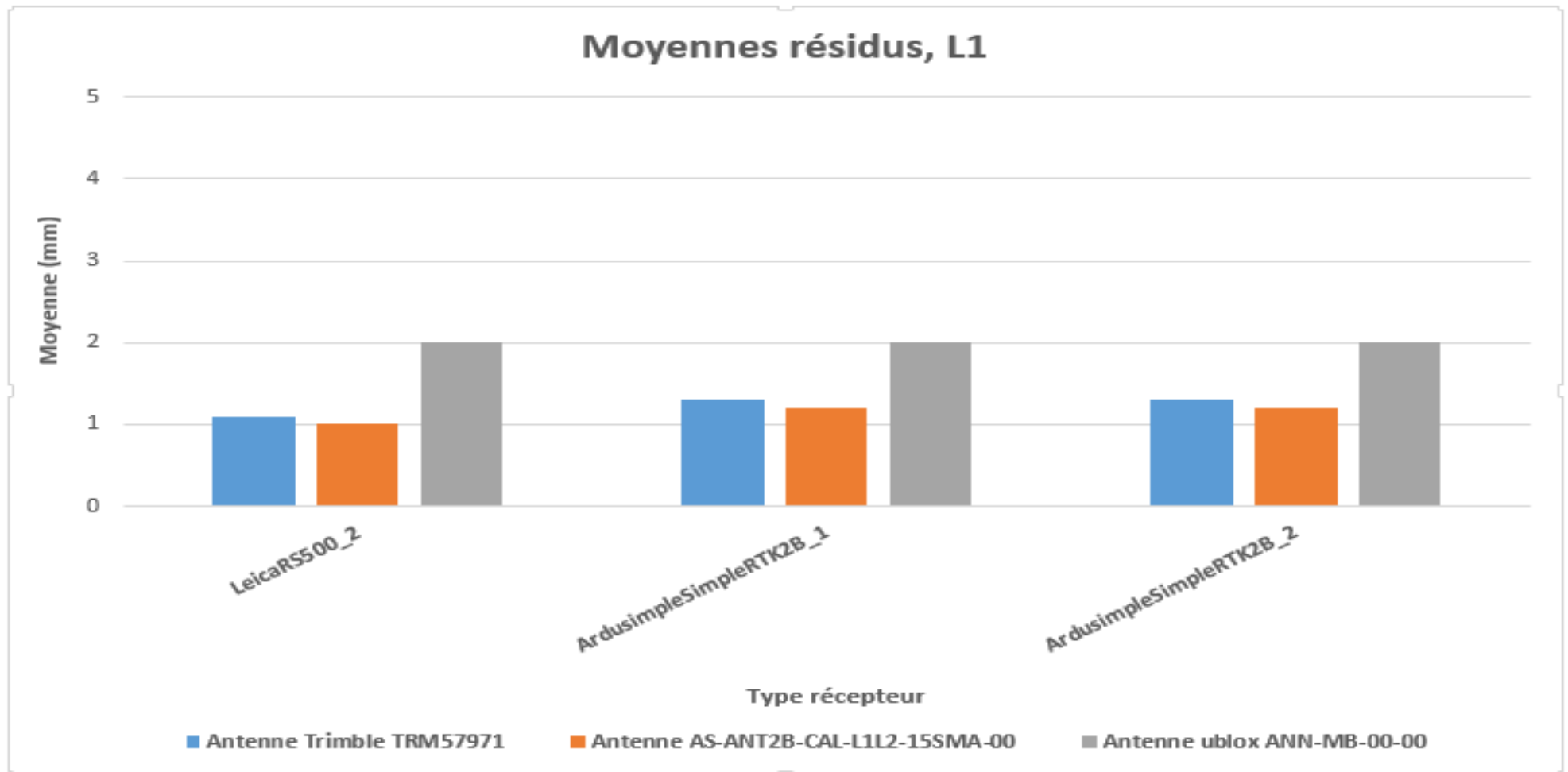
Tests de la qualité des couples antennes/récepteur lowcost



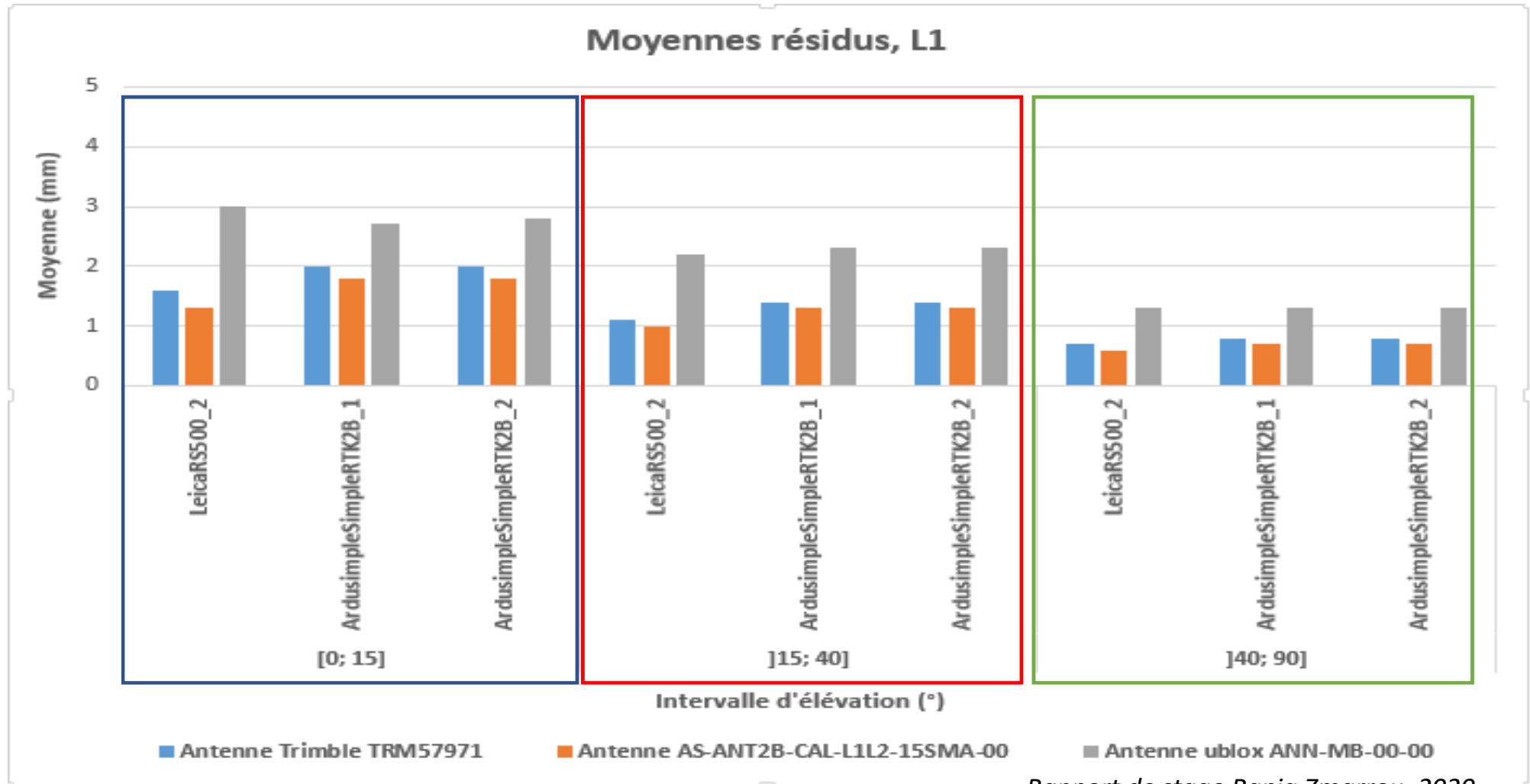
Tests de la qualité des couples antennes/récepteur lowcost



Tests de la qualité des couples antennes/récepteur lowcost



Tests de la qualité des couples antennes/récepteur lowcost



Conclusion et perspectives

- ❑ Utilisation d'équipements GNSS bas coût pour le positionnement et l'auscultation GNSS depuis plus de 10 ans
- ❑ Moins de 500 euros pour un récepteur complet (puce+carte+pc+antenne) bi-fréquence aujourd'hui
- ❑ Chaîne de traitement libre : RTKlib
- ❑ Qualité des récepteurs / antennes bas coût concurrentielle aujourd'hui pour un certain nombre d'applications
- ❑ Poursuite des tests sur la qualité des antennes et récepteurs bas coût bifréquence en cours (PPP ESGT)