

Module AIRSIG3D GNSS RTK

Tests pratiques

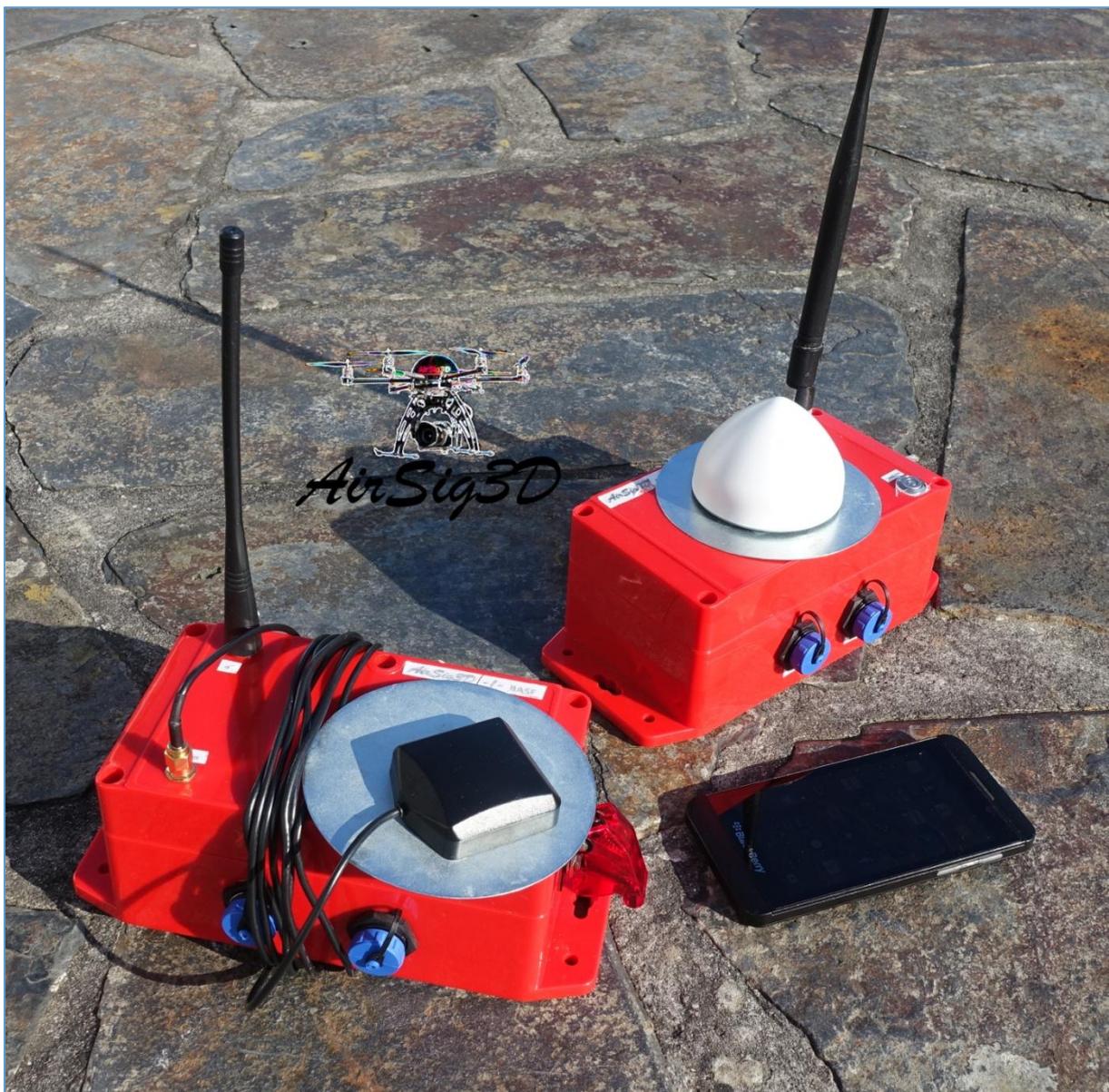


Table des matières:

1	Glossaire	3
2	Objectifs	5
3	Les matériels testés.....	5
4	Expérimentations.....	7
5	Tests et résultats	7
5.1	GPS standard.....	7
5.2	GPS amélioré sur base du module communiquant <i>AirSig3D</i> « GCP ».....	9
5.3	GPS RTK de type L1 sur base module <i>AirSig3D</i> RTK.....	11
5.3.1	Résultats module AirSig3D RTK avec VRMS<0.05m	12
5.3.2	Résultats module AirSig3D RTK avec VRMS<0.02m	14
6	Conclusions.....	16

1 Glossaire

Précisons dans ce chapitre introductif, certaines terminologies habituelles dans le domaine du positionnement par satellite ou autres système par triangulation, et pouvant être repris ultérieurement dans ce document :

GPS : « Global Positioning System » : système satellitaire de timing et positionnement des USA. Ces satellites (env 27 aujourd'hui) sont positionnés sur 6 orbites à une altitude nominale d'environ 20,190km de la surface de la terre. La date t0 du démarrage du système remonte au 5 janvier 1980 à 24h et on compte encore dans le domaine GPS en semaine et secondes après cette date, moyennant certaines petites corrections (Leap Seconds).

GNSS : « Global Navigation Satellite System » : système satellitaire de plusieurs pays englobant à ce jour le GPS américain, le GLONASS Russe, le GALILEO européen, le BEIDOU chinois, le QNSS Japonais ...

Base station et Rover Station :

BASE : Équipement positionné sur un point connu (ou éventuellement en position « moyenne » par SURVEYIN mode). La base reste fixe sur ce point connu pendant toute la durée des mesures.

En post traitement, les signaux récupérés serviront de correction à posteriori des signaux bruts reçus en même temps sur le Rover.

En temps réel (Real Time), la base envoie des corrections (signaux RTCM) par Radio, à un équipement voisin qui est lui susceptible de bouger (le **ROVER**). La portée de la radio et les calculs ultérieurs de corrections imposent de ne pas trop éloigner la Base du Rover.

Baseline: vecteur à trois dimensions séparant deux équipements comme la Base et le Rover.

RTK: Real Time Kinematic. Le Rover en mouvement reçoit des corrections de la **Base** associée, le plus souvent par radio directement ou bien par d'autres sources (d'autres bases) portées par le réseau GSM et le plus souvent sous forme d'abonnement assez onéreux.

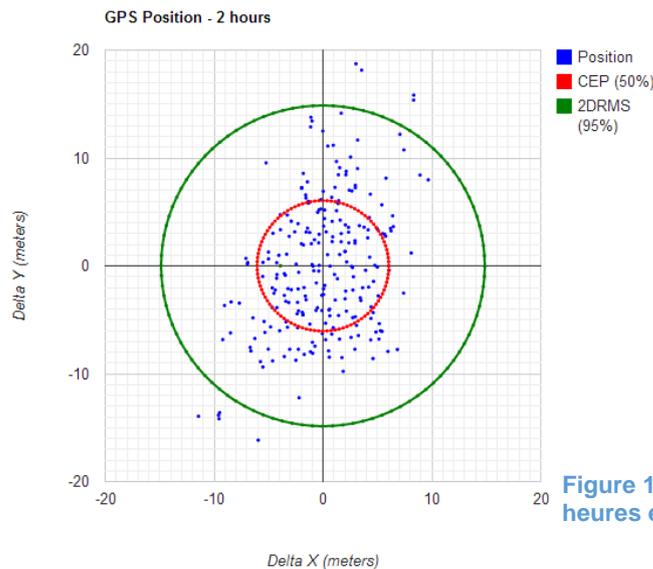
L1 signal : Le signal primaire **L-Band** transmis par chaque satellite GPS est centré sur la fréquence de 1575.42 MHz. Le signal L1 est ajouté et modulé avec ce code pour donner plus d'informations. Le L1 n'est pas disponible sur les gps courants mais commence à être accessible depuis quelques années. C'est ce type de matériel qui sera testé en RTK dans ce rapport.

L2 signal : Le signal secondaire **L-Band** est centré sur la fréquence de 1227.60 MHz. Le signal L2 transporte en son sein d'autres types d'information et améliore la tenue des mesures. Malheureusement les GNSS L1/L2 et leurs antennes adaptées sont encore chers (2000 à 3000 € minimum pour un module)

L5 signal : troisième niveau de fréquence GPS à 1176.45 Mhz. Accès difficile et onéreux.

RMS (HRMS et VRMS) : (Horizontal / Vertical) Root Mean Square.

Une expression de la qualité de la mesure. Cela reflète en théorie que 68% des mesures sont à l'intérieur de l'ellipse (en Wgs84) tracée. On ne peut néanmoins assurer que la position exacte est connue même si expérimentalement un VRMS de l'ordre de 0.01m donne une erreur moyenne de l'ordre de 10cm alors qu'un VRMS à 0.05 donne plutôt des écarts moyens pouvant atteindre 30 à 40 cm.



Avec déviation standard :

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (X_i - \mu)^2}$$

Et $CEP = 0.59(\sigma_x + \sigma_y)$

et $DRMS = \sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_y^2}$

Figure 1 : relevé typique GPS sur quelques heures et définition du CEP et 2HRMS

DOP : Dilution of Precision. Facteur multiplicatif qui relate l'ordre de grandeur de l'erreur de positionnement due à la géométrie autour de l'utilisateur et du jeu de satellites en vue à un moment donné. Pour le GPSD on parle de PDOP (Position sur 3 axes), HDOP (horizontal), VDOP (altitude seulement), TDOP (décalage d'horloge). Souvent utilisé mais difficilement corrélable à l'erreur de mesure réelle.

RTLS : Real time Location system : Système plus général de positionnement, le plus souvent au moyen d'ancre (Anchor) positionnées à certains endroits et dialoguant par radio avec le point en mouvement puis triangulations pour en connaître sa position au temps donné. De nombreuses études sont en cours dans ce domaine et de nouvelles solutions apparaissent pour les zones non couvertes par les satellites, comme à l'intérieur des bâtiments, dans les usines ou ... les mines souterraines.

2 Objectifs

L'objectif de la présente étude consiste à tester le module GNSS RTK proposé par la société AIRSIG3D dans une configuration proche d'une application terrain.

Il s'agit de tester le matériel afin de connaître ses capacités à relever par exemple les mines de têtes en utilisation de forage-Minage, à faciliter l'utilisation des UMFE en phase de chargement (en connaissant sa position précise et la mine correspondante à charger), ou à simplifier les branchements par une lecture directe du plan prévu sur le terrain.

Différents types de configurations ont été testés.

3 Les matériels testés

Afin de mieux appréhender l'échelle de précision de divers matériels, nous avons testé 3 types de matériels correspondant à 3 types de GPS particuliers :

- 1) Le GPS interne standard présent sur une tablette ou un téléphone
- 2) Un GPS simple amélioré (type AIRSIG3D) à base d'Ublox M8N ou M8T) et spécialement paramétré et équipé en boîtier autonome et IP65.



- 3) Un ensemble RTK de type L1. Le matériel est paramétré spécialement et équipé en boîtier enregistreur autonome, avec une large autonomie.

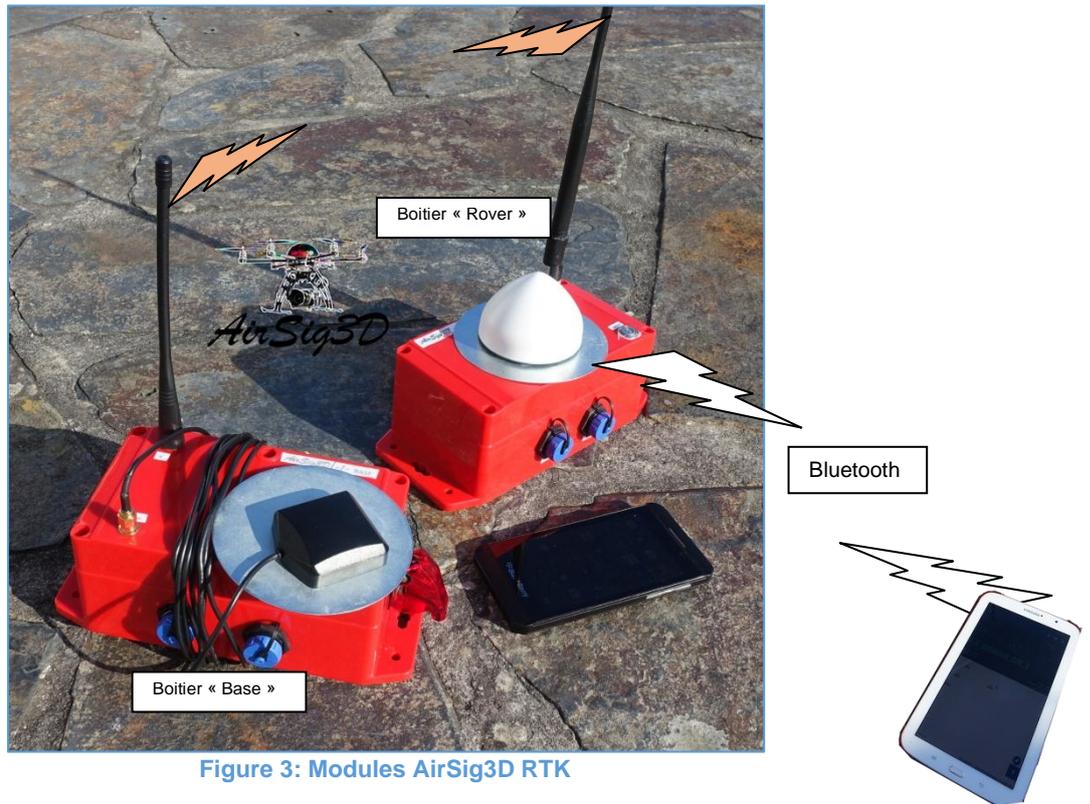
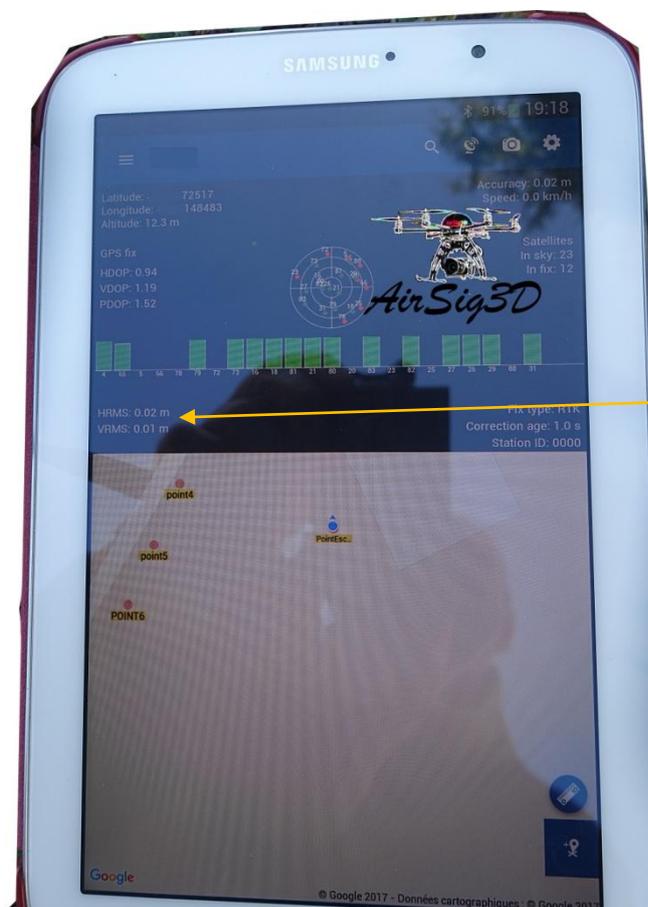


Figure 3: Modules AirSig3D RTK



HRMS et VRMS= indice de qualité de la mesure instantanée.

Figure 4: exemple de saisie instantanée sur un logiciel Android

4 Expérimentations

Les tests ont été réalisés sur une base de 18 points de mesures. La position précise en XYZ de ces points de contrôles a été préalablement déterminée par l'utilisation des modules GCP AirSig3D.

La distance entre points a été réglée sur une base représentative en mine ou carrière, de 4m entre points.

La base en RTK a été positionnée et configurée en position connue.

La zone de test se présente comme suit :

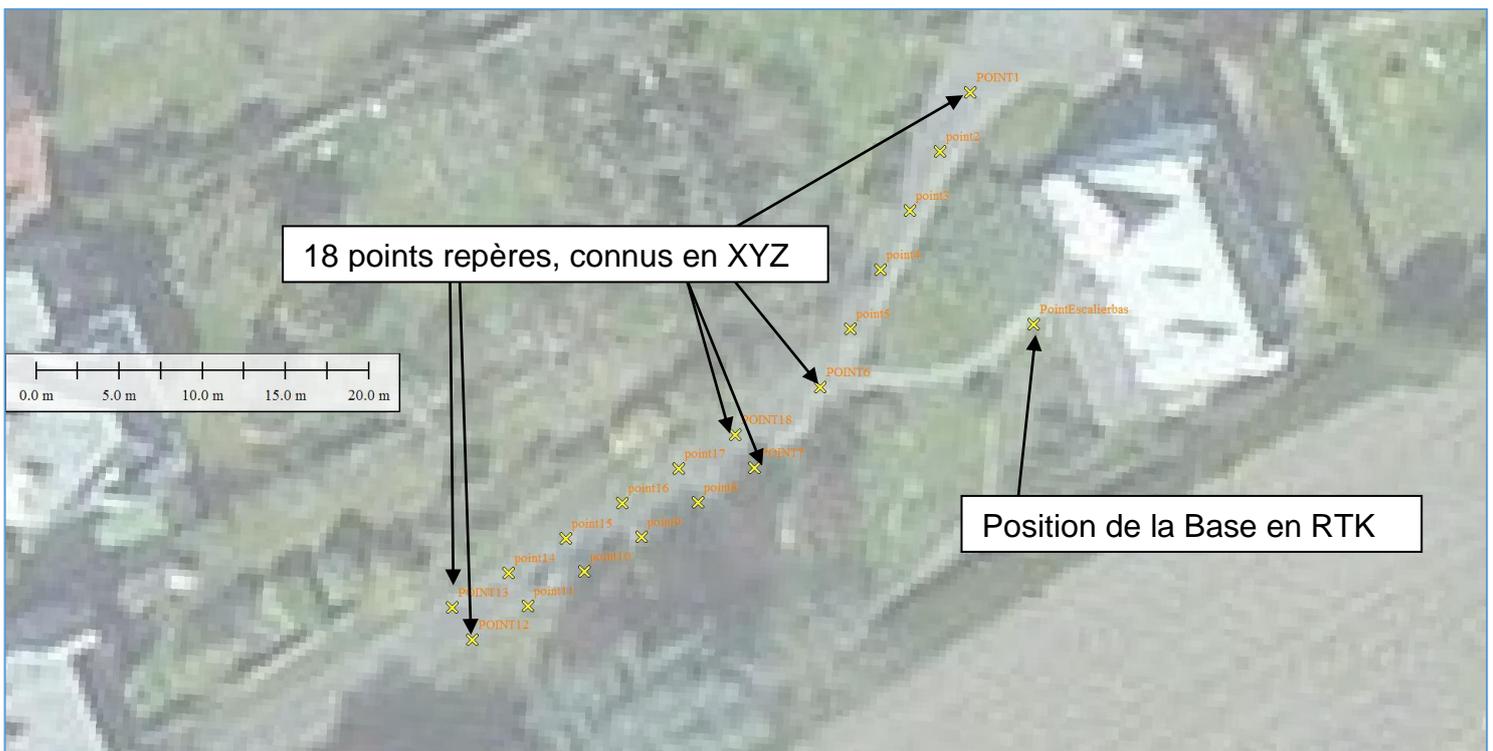


Figure 5: Zone d'expérimentation GPS. 19 Points repères, le plus souvent espacés de 4m entre eux.

La zone est dégagée et relativement accessible (quelques arbres et murs à proximité cependant) aux satellites.

5 Tests et résultats

De nombreux tests ont été réalisés, espacés sur plusieurs mois, pour chaque type de matériel et dans des configurations produits et GNSS distinctes.

Néanmoins nous présenterons ci-dessous des résultats synthétiques et représentatifs, pour les 3 types de produits analysés :

5.1 GPS standard

Nous avons étudié, pour information et à titre de comparaison avec les autres solutions, les résultats pouvant être obtenus avec un simple GPS interne de tablette

ou de smartphone. Pour cette étude, nous avons utilisé une tablette de type Samsung Galaxy Note 8.

Les essais effectués sur la zone d'essai donnent les résultats assez attendus suivants :

Essai_GPS_Standard

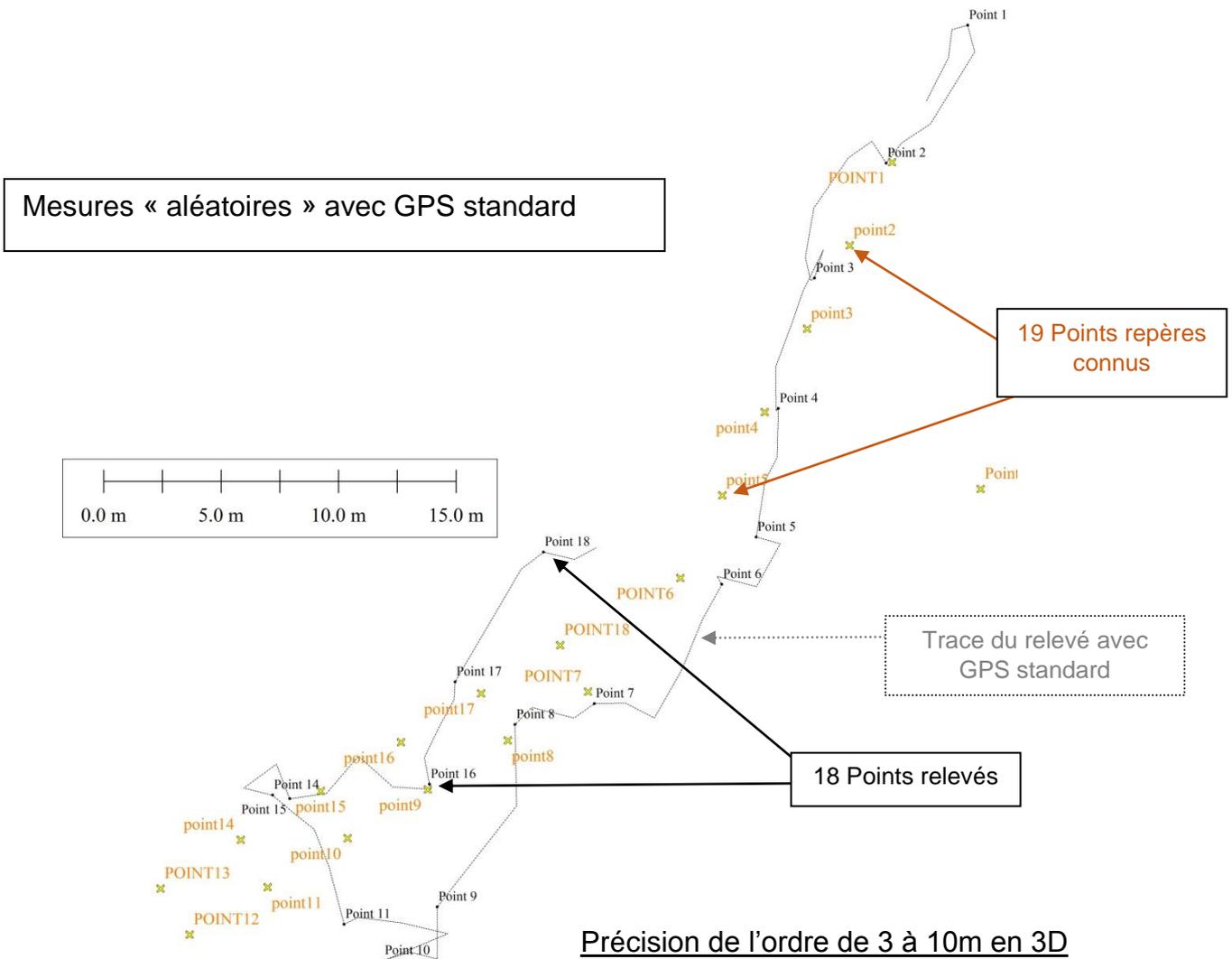


Figure 6 : résultats représentatifs du test Gps Interne de la tablette Samsung

Nous constatons donc une mesure assez aléatoire des points de repères.

La précision moyenne à l'horizontale de ce type de mesure est de l'ordre de **3m** (avec un max de 7m constaté à certains points) et surtout de l'ordre de **9.50m** en moyenne en Z (avec un écart max en Z constaté de 11m).

Ce type d'équipement est donc totalement incompatible pour une mesure à quelques dizaines de cm de précision et pas assez correcte non plus, pour discriminer d'éventuels trous voisins en mine.

Cela reste néanmoins utilisable (et gratuit) pour les applications se contentant d'une précision de l'ordre de 10m environ.

5.2 GPS amélioré sur base du module communiquant *AirSig3D* « GCP »

La base existante du module GCP (« Ground Control Point ») *AIRSIG3D* qui permet, pour un coût modique, de connaître par post traitement, avec une grande précision, la position de n'importe quel point, a été améliorée en lui ajoutant un module Bluetooth. Ce module GCP communiquant permet donc de bénéficier en instantané d'un GPS plus performant (GNSS L1 Multi constellations) que les GPS intégrés aux tablettes et téléphones.

Néanmoins, les signaux ne sont pas corrigés par une base fixe et restent donc de qualité bien moindre qu'avec une solution DGPS.

A noter que ce module communiquant peut être utilisé, soit en module GCP classique pour post traitement ultérieurs, soit donc en temps réel apportant ainsi un GPS RTK de meilleure tenue et pour un surcout très modique.

Les résultats sur ce type de matériel sont les suivants :

Essai_GPS_GCP communiquant_Airsig3d

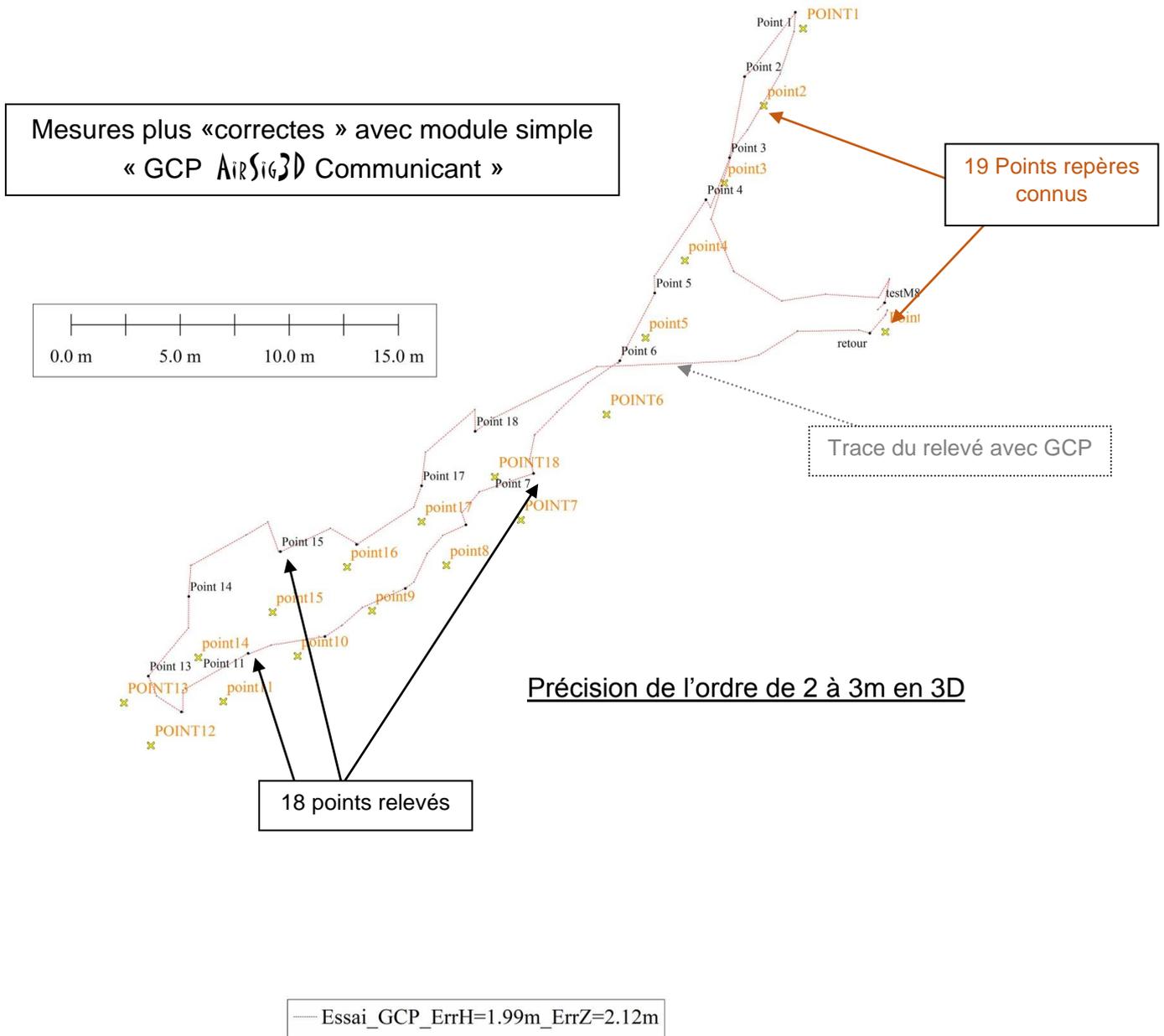


Figure 7: résultats représentatifs du test du GCP AirSig3D communiquant

Nous constatons sur ce type de matériel, une mesure nettement meilleure qu'avec un GPS traditionnel.

La précision moyenne à l'horizontale de ce type de mesure est de l'ordre de **2m** en moyenne (avec un max de 3m constaté à certains points) et surtout de l'ordre de **2.10m** en moyenne en Z (avec un écart max en Z constaté de 2.60m).

Ce type d'équipement reste donc incompatible pour une mesure à quelques dizaines de cm de précision en RTK, mais permet éventuellement de discriminer d'éventuels trous voisins, dès lors que les mailles sont d'au moins 4*4m.

Son avantage principal reste son prix et sa complémentarité possible avec sa fonction initiale de mesure de précision en post traitement. On rappelle au passage que les repères utilisés ici, ont été mesurés à quelques cm de précision (<5 cm en 3D), au moyen de ce même module, comme en atteste si besoin, d'autres tests effectués sur ces modules GCP en post traitement sur des points géodésiques.

5.3 GPS RTK de type L1 sur base module *AirSig3D* RTK

La dernière série d'essais concerne le module RTK.

Ce module s'appuie donc sur un modèle de puce électronique à traitement intégré RTK, multi constellation L1 (GPS & Glonass). Ce circuit est devenu depuis quelques mois plus accessible financièrement, mais nécessite, en utilisation, quelques aménagements et concessions par rapport aux GPS RTK professionnels (Ces GPS Pro en L1,L2,L5 coutent aussi en général plusieurs dizaines de milliers d'Euros).

Ce matériel se compose donc d'au moins 2 éléments :

- Une **BASE**, que nous disposons de manière statique sur un point connu en XYZ. Nous donnons également à ce module sa position précise afin qu'il puisse en tenir compte dans ses traitements. Cette base est équipée d'une radio qui lui permet d'envoyer à un ROVER (ou plusieurs) des signaux correctifs sous une forme standardisée RTCM.
- Un **ROVER**. Ce module a été équipé en complément d'une antenne de qualité pour améliorer la réception des signaux satellitaires, ce qui lui confère également une grande compacité. Ce module, en mouvement potentiel, reçoit donc à la fois les signaux directs des satellites et les signaux correcteurs RTCM de la base avoisinante (#<150m dans la configuration actuelle). Dans les essais présentés, la Baseline (distance entre Base et Rover) est de l'ordre de 50m.

La Base est allumée prioritairement, puis le module Rover, dans un premier temps posé en statique à proximité, commence à capter les satellites et les corrections de la Base. Progressivement l'estimation du positionnement s'améliore. Le renvoi des informations détaillées du Rover via Bluetooth permet une prise de mesure facilitée et régulière sur le terrain, en utilisant divers logiciels de capture SIG. Ainsi il est possible par exemple de connaître l'état qualitatif du positionnement donné (par ex en surveillant le VRMS) avant et pendant la prise de mesure.

Quand le ROVER reste en contact avec la base mais globalement insatisfait de ses calculs, on dit qu'il reste en flottant (FLOAT mode). Après plusieurs minutes (10 min sont parfois nécessaires), en fonction des visibilitées des satellites disponibles en un lieu et temps donné, on arrive à un statut où le ROVER estime être plus précis. On dit qu'il passe en mode FIX.

A ce niveau les indices qualitatifs sont faibles ($VRMS \leq 0.01m$ sur notre modèle) Cependant, le FIX est parfois trop long à attendre et assez instable de toute façon; il est donc parfois plus judicieux d'utiliser le module en mode FLOAT, mais en observant et en s'autolimitant sur un paramètre qualitatif (HRMS ou VRMS par ex) donné.

Nous avons donc choisi ici de tester le module en configuration FLOAT mais en faisant varier l'exigence qualitative d'un $VRMS < 0.05$ pour une série de test, à un VRMS plus restrictif < 0.02 pour d'autres tests. Dans ce dernier cas, nous sommes très proches d'une prise de mesure en FIX, qui est encore meilleure en théorie, mais peu exploitable au jour le jour car souvent trop contraignante à attendre.

Dès lors que nous attendons suffisamment un premier FIX (ou VRMS correct) au début des opérations (environ 10 min), le reste des mesures s'effectuent plutôt rapidement (quelques secondes par points), moyennant parfois une petite attente complémentaire le temps de faire redescendre le DRMS.

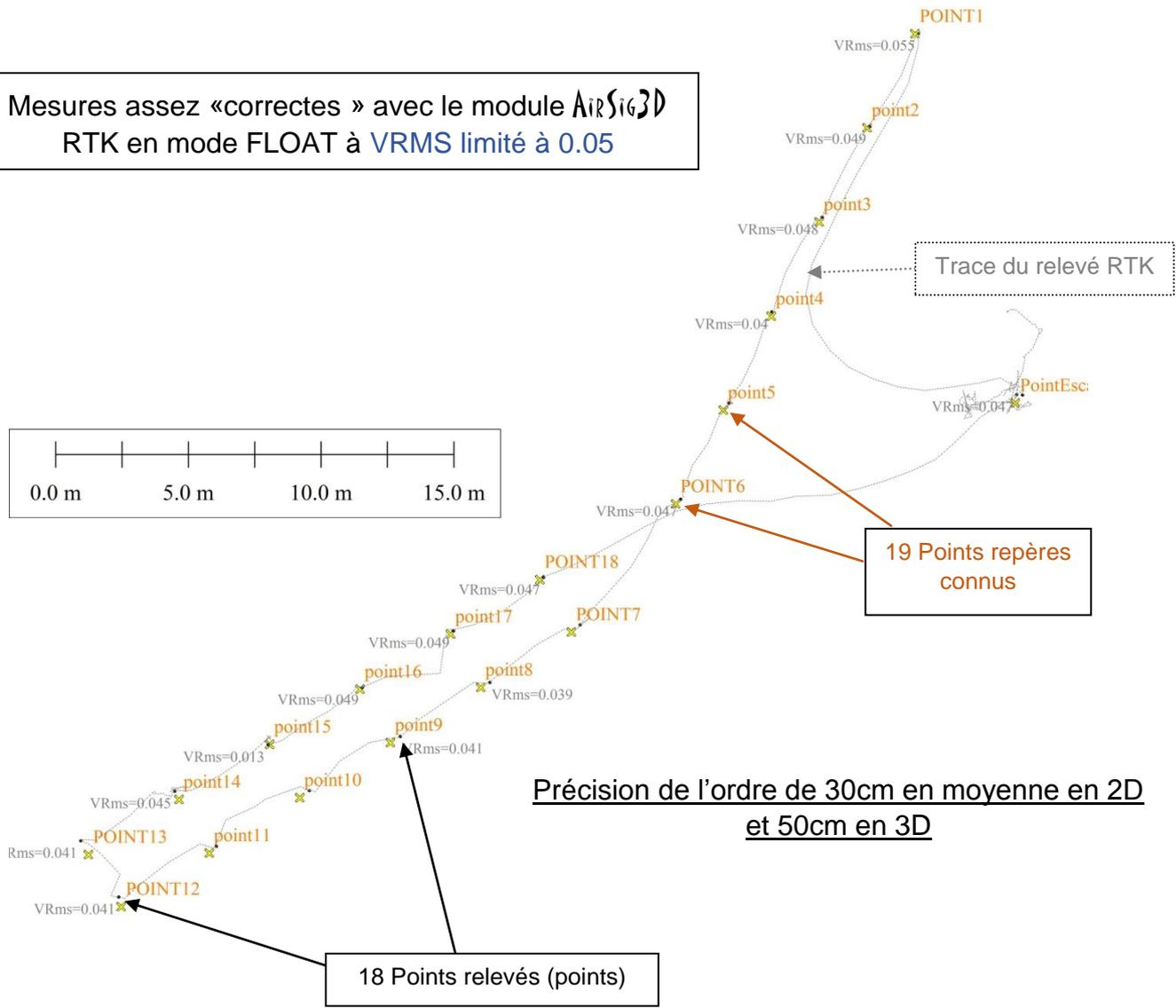
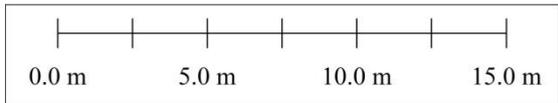
5.3.1 Résultats module AirSig3D RTK avec $VRMS < 0.05m$

Dans ces essais, nous avons autorisé la prise de mesures dès lors que le VRMS était inférieur à 0.05. Ce statut est assez rapide et stable à obtenir sur le ROVER.

Les résultats bruts pour nos tests dans ces conditions, sont donc les suivants :

Essai_GPS_RTK_AirSig3d

Mesures assez «correctes » avec le module AirSig3D
RTK en mode FLOAT à VRMS limité à 0.05



Précision de l'ordre de 30cm en moyenne en 2D
et 50cm en 3D

— RTKessai1_RMS0.05_ErrH=0.29m_ErrZ=0.54m

Essai GPS RTK Airsig3d_ avec VRMS <=0.05

Figure 8 : résultats du test du module AirSig3D RTK avec VRMS limité à 0.05m (FLOAT mode)

Les résultats dans cette configuration sont déjà corrects, avec une précision relevée moyenne de l'ordre de **30cm** en 2D (Max à 60cm) et **55 cm** en 3D (max à 75cm).

Ce système permet donc de discréditer clairement plusieurs mines, même rapprochées.

Le niveau de précision en horizontal, de l'ordre de 30cm (et surtout de 55cm en Z) est un peu trop juste pour des relevés TOPO pertinents. Ils donneraient cependant déjà une bonne idée de la réalité du relevé.

5.3.2 Résultats module AirSig3D RTK avec VRMS<0.02m

Dans ces essais, nous avons autorisé la prise de mesures dès lors que le VRMS était inférieur à 0.02. Ce statut est plus restrictif (et donc un plus long et un peu moins stable) qu'un statut pour un VRMS de 0.05. On est dans ce niveau d'exigence, très proche du statut FIX, sans toutefois être aussi contraignant.

Comme attendus, les résultats, dans ces conditions, sont meilleurs :

Essai_GPS_RTK_Airsig3d

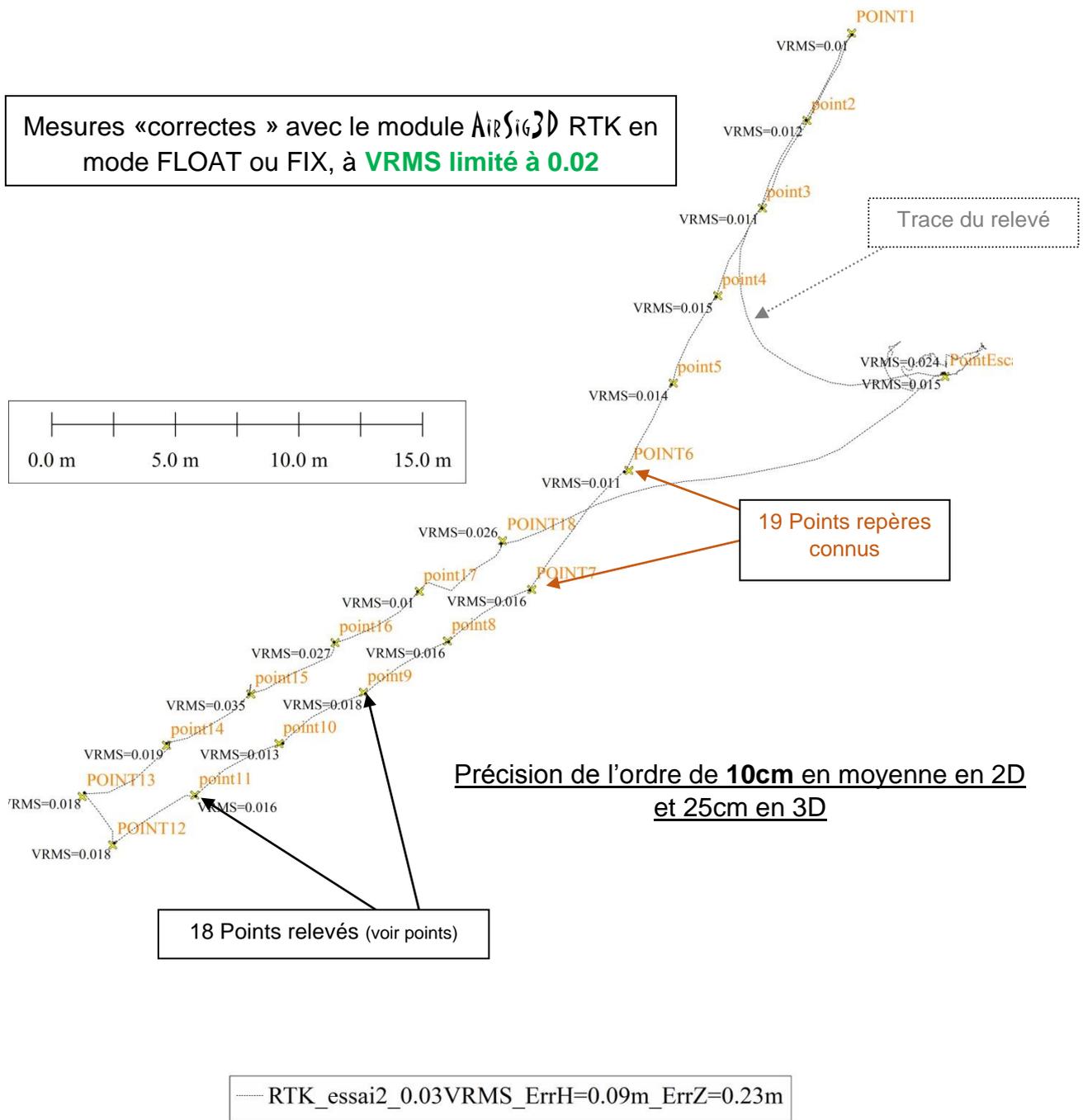


Figure 9: Résultats représentatifs du test du module AirSig3D RTK avec VRMS limité à 0.02m (FLOAT ou FIX mode)

Les résultats dans cette configuration sont donc encore meilleurs, avec une précision relevée moyenne de l'ordre de **10cm** en 2D (Max à 20cm) et **23cm** en 3D (max à 55cm).

Ce système permet donc de discréditer encore plus clairement plusieurs mines, même rapprochées.

Le niveau de précision en horizontal, de l'ordre de 10cm est acceptable pour un relevé topo en mine à ciel ouvert ou en carrière.

La précision moyenne en Z, de l'ordre de 25cm, est à intégrer dans les calculs ultérieurs et il conviendra d'en tenir compte.

Nous sommes, dans cette configuration, sur des niveaux de précisions assez comparables au niveau d'un GPS RTK PRO en utilisation terrain, mais pour un coût infiniment moindre (env 2000€ à comparer à 20 à 30 000€ pour un Gps RTK traditionnel) et une compacité accrue.

Il est à noter qu'une limitation éventuelle à une position FIX améliorerait encore quelque peu ces résultats, mais au prix d'une contrainte opérationnelle trop lourde à supporter.

6 Conclusions

Cette série de test permet donc d'expérimenter les niveaux de précision en positionnement temps réel (RTK) pour des GNSS différents :

- De l'ordre de 10m de précision pour des GPS classiques, intégrés aux tablettes et téléphones ;
- De l'ordre de 2 à 3 m en utilisant un simple module GCP AirSig3D communiquant ;
- De l'ordre de 10 à 30 cm (Horiz) en utilisant les modules GNSS L1 RTK de AirSig3D, suivant les niveaux d'exigence qualitative que l'on s'impose lors des mesures ;

Avec le module **AIRSIG3D** « GCP » simple, nous avons déjà un système de positionnement à quelques centimètres près (<5 cm), mais en post traitement.

Aujourd'hui le module **AIRSIG3D** RTK complète la gamme avec un positionnement dynamique à 10 à 30 cm près, pour un prix très inférieur au GPS PRO RTK actuellement sur le marché.

Le format compact du GPS RTK **AIRSIG3D**, et donc facilement transportable, le rend particulièrement attractif dans les régions reculées et dépourvues d'équipement de topographies traditionnels de type GPS RTK Pro.

Par son prix accessible (<math>\#<2000\text{€}</math> pour les deux modules Base et Rover), il permet donc d'entrevoir de nouvelles possibilités d'utilisations, par ex en mines ou carrières ou ailleurs;

Nous pourrions citer en carrière, l'aptitude à relever les trous de mine pour des plans plus réalistes et des calculs de volumes intéressants.

Pour les applications plus spécifiques au forage-minage, le GPS RTK AirSig3D pourrait être utilisé autour des UMFE et pour la reconnaissance automatique des trous, en complément des logiciels de préparation au minage de type **EPC**®EXPERTIR (suivi sur le terrain de plans de chargement ou de séquence), ou pour la généralisation plus accessible de relevés classiques topos.

Le GPS RTK AirSig3D peut être utilisé également dans de multiples autres cas, en extérieur, où une précision de l'ordre de 20cm est jugée suffisante.