

Acquisition de mesures topographiques appliquée aux prospections géophysiques en milieu couvert

Acquisition of topographic measurements applied to geophysical surveys in a covered environment

Lionel Darras^{1*}

¹Univ. Lyon, CNRS, UMR5133-Archéorient, Maison de l'Orient et de la Méditerranée, Lyon, France

Résumé. Connaître la topographie d'un site à étudier avec une prospection géophysique facilite l'interprétation des mesures. Cet article présente une approche de mesure de la topographie d'un site étudié en milieu couvert où le positionnement par GPS est impossible faute de couverture satellitaire en milieu forestier, urbain ou souterrain. Le système de mesure altimétrique "ZheoPS-RTK" a été développé pour acquérir la topographie d'un site avec une précision décimétrique en s'appuyant sur l'utilisation de deux capteurs barométriques, l'un servant à mesurer une altitude de référence et l'autre à mesurer l'altitude du point de mesure souhaité avec correction en temps réel de la dérive calculée par la station de base.

Abstract. Knowing the topography of a site to be studied with a geophysical prospecting facilitates the interpretation of the measurements. This paper presents an approach on how to measure the topography of a site studied in a covered environment where positioning by GPS is impossible due to lack of satellite coverage in a forest, urban or underground environment. "ZheoPS-RTK" altimetry measurement system has been developed to acquire the topography of a site with decimetric precision by relying on the use of two barometric sensors, one used to measure a reference altitude and one to measure the altitude of the desired measuring point with real-time correction of the drift calculated by the base station.

* Corresponding author: lionel.darras@mom.fr

1 Introduction

Lors des prospections géophysiques, connaître avec précision la topographie de la zone étudiée peut avoir une importance critique lors du traitement et de l'interprétation des mesures.

Parmi les équipements régulièrement utilisés pour mesurer la topographie, les récepteurs GPS occupent une place de choix car ils permettent un positionnement en (X, Y, Z) de chaque point de mesure. Leur précision est centimétrique avec les GPS-RTK et métrique avec les GPS naturels.

Cet équipement GPS peut être couplé à l'instrument géophysique pour un enregistrement synchronisé des mesures géophysiques et topographiques ou être utilisé postérieurement pour le relevé de points.

Pour que ce système de positionnement puisse être utilisé avec une précision suffisante, il est indispensable que le site étudié dispose d'une excellente couverture de réception des satellites.

Dans des environnements couverts comme les milieux urbains, forestiers et souterrains, les récepteurs GPS ne sont pas utilisables par manque de couverture des satellites, temporaire ou permanente.

Dans ces types d'environnement, il est courant de référencer la position des mesures dans un repère local (X, Y), implanté au sol par des mètres rubans. Par contre, la composante Z de la position de chaque mesure n'est pas facilement mesurable.

C'est pour trouver une solution de mesure de la composante Z alternative au GPS que le projet ZheoPS-RTK a été développé au laboratoire Archéorient dans le cadre du labcom GEO-HERITAGE et du projet KheoPS+ financé par l'IXXI-Lyon.

2 Projet ZheoPS-RTK

2.1 Description

ZheoPS-RTK (Z Positioning System – Real Time Kinematic) est un système de mesure topographique (mesure de coordonnée Z) low-cost, simple à mettre en œuvre, utilisable en terrain couvert (milieu urbain, forestier et souterrain). Sa précision est décimétrique.

Il doit être utilisé dans un repère (X, Y) local connu et permet de mesurer pour chaque point sa coordonnée Z afin de disposer d'une position (X, Y, Z) complète.

2.2 Principe

Le système s'appuie sur l'utilisation d'un altimètre barométrique.

Ce type de capteur est généralement utilisé pour la mesure de variations d'altitudes plutôt que pour la mesure d'altitudes absolues. Ce capteur se base sur des mesures de pression atmosphérique pour estimer l'altitude mesurée or les mesures de pression barométrique varient en fonction :

- De l'altitude de la mesure.
- Des conditions météorologiques.

La mesure d'un altimètre barométrique à une altitude constante peut ainsi varier au cours du temps lorsque les conditions météorologiques varient.

Si deux capteurs sont installés dans le même environnement à une altitude constante, les courbes des mesures des 2 capteurs sont très proches et comparables (Fig. 1), et il est

raisonnable d'estimer que les variations météorologiques locales affectent les deux capteurs de manière égale.

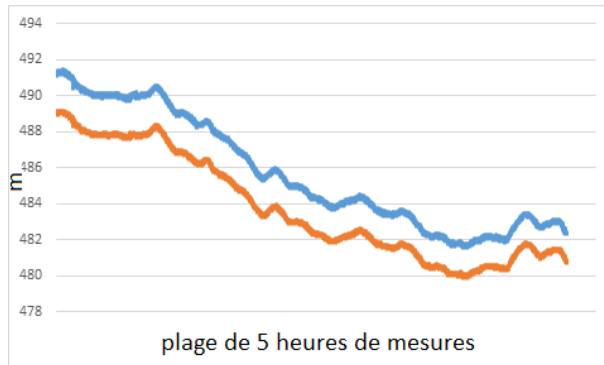


Fig. 1. Mesures d'altitude de capteurs voisins.

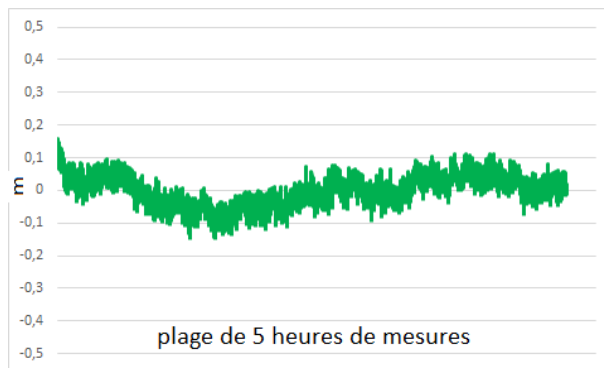


Fig. 2. Différence de mesures d'altitude.

La courbe représentant la différence entre les mesures de ces deux points fixes (Fig. 2) met en évidence une régularité de cet écart avec une précision estimée entre 10 et 20 cm.

Le système de positionnement ZheoPS-RTK fonctionne sur le principe d'une mesure différentielle entre les deux capteurs pour corriger l'effet des variations météorologiques locales (Fig. 3).

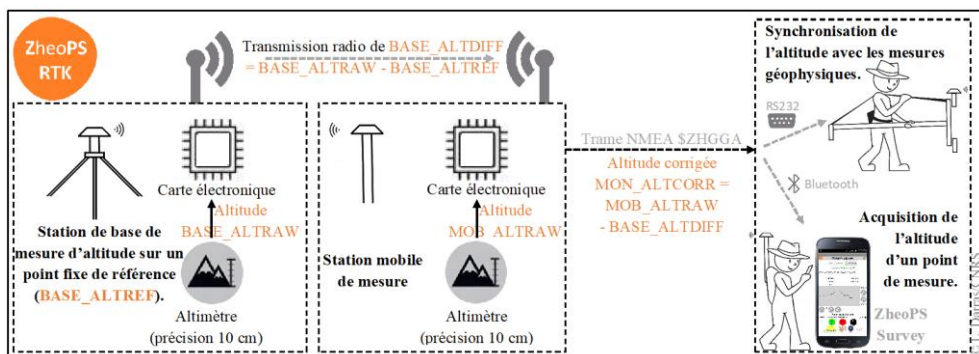


Fig. 3. Principe de fonctionnement du système ZheoPS-RTK.

Une station de base sera installée sur un point fixe avec ainsi une altitude constante de référence (BASE_ALTREF). Cette station va mesurer une altitude brute (BASE_ALTRAW) à l'aide d'un capteur barométrique, puis calculer et transmettre par radio la différence (BASE_ALTDIFF) entre la valeur mesurée et la valeur de référence.

Un mobile va mesurer une altitude brute (MOB_ALTRAW) qu'elle va corriger grâce à un étalonnage et à la valeur de correction (BASE_ALTDIFF) reçue de la station de base pour enregistrer une mesure d'altitude corrigée (MOB_ALTCORR).

Le mobile transmet ces mesures d'altitude corrigées par liaison série RS232 et Bluetooth sous forme d'une trame NMEA \$ZHGGA. Cette trame peut être exploitée pour une synchronisation automatique de l'altitude du point avec la mesure géophysique ou peut être utilisée directement par l'application ZheoPS Survey, disponible sur smartphone ou tablette. La précision de cette mesure corrigée peut être estimée entre 10 et 20 cm. Bien que moins précis qu'une mesure effectuée grâce à un récepteur GPS-RTK (précision de l'ordre de 4 cm), elle est suffisante pour de nombreuses applications géophysiques en milieux couverts où il n'existe de toute manière que peu d'alternatives.

2.3 Applications géophysiques

2.3.1 Couplage à un instrument de prospection géophysique

La synchronisation des données géophysiques avec un positionnement des mesures est généralement possible via une trame NMEA de type \$xxGGA.

La station mobile du système ZheoPS-RTK transmet ses mesures d'altitude (MOB_ALTRAW et MOB_ALTCORR) sous forme d'une trame NMEA \$ZHGGA (ZH pour ZheoPS) via une communication série, émulant ainsi le fonctionnement classique des systèmes de positionnement du marché.

Lors d'une prospection magnétique en milieu forestier (Fig. 4), l'instrument de prospection magnétique connecté à la station mobile enregistrera des mesures d'altitude pour chaque point de mesure magnétique. Même sans géoréférencement de la carte magnétique, une carte topographique pourra lui être associée de manière à prendre en compte les anomalies topographiques lors de l'interprétation des anomalies magnétiques.



Fig. 4. Prospection magnétique en milieu forestier avec enregistrement synchronisé des mesures d'altitudes.

2.3.2 Acquisition autonome

Lorsque l'opérateur souhaite mesurer l'altitude d'un point de mesure géophysique sans connexion directe avec un instrument, il est indispensable de disposer d'un système d'acquisition autonome auquel la station mobile transmettra les mesures via les trames \$ZHGGA par Bluetooth ou par liaison série pour l'enregistrement des mesures.

L'acquisition de ces mesures sera réalisée grâce à l'application « ZheoPS Survey » (Fig. 5a) développée pour smartphone et tablette.

Par le menu principal, l'opérateur suivra l'évolution de la mesure de l'altitude et pourra sélectionner le mode d'acquisition : relevé de points (Fig. 5b) ou relevé par profil (Fig. 5c).

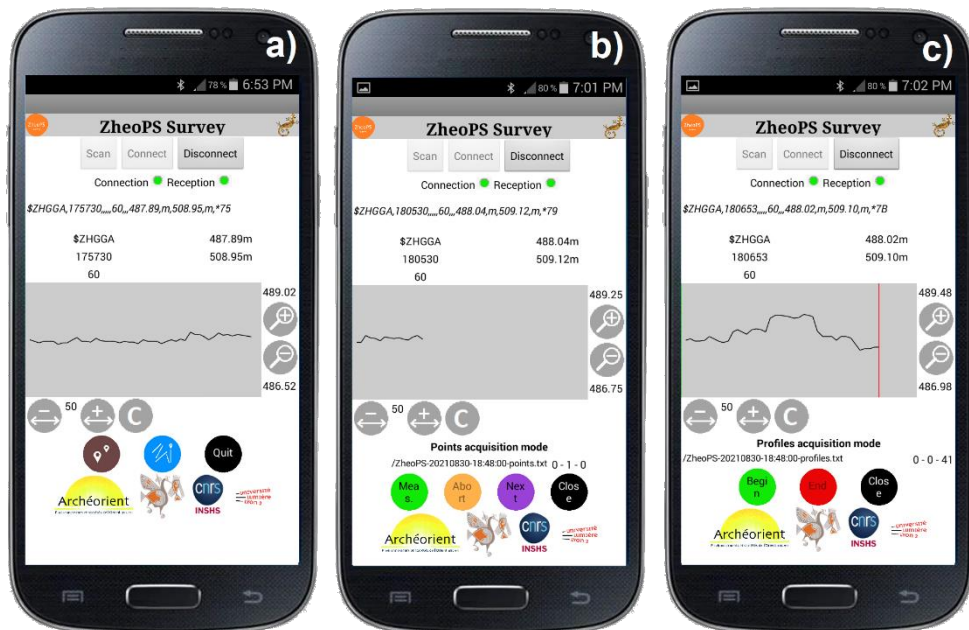


Fig. 5. Application “ZheoPS Survey” – menu principal (a), menu « relevé de points » (b), menu « suivi de profils » (c).

2.3.2.1 Relevé d'altitude de points le long d'une tomographie électrique.



Fig. 6. Tomographie électrique en milieu forestier avec relevé d'altitudes.

Après la réalisation d'une tomographie électrique en milieu forestier (Fig. 6), le traitement de ces données nécessite la saisie des altitudes de chaque point de mesure le long du profil pour tenir compte de la morphologie du terrain.

Dans un milieu souterrain ou forestier sans couverture GPS pour mesurer les altitudes indispensables de ces points, l'utilisation du système ZheoPS-RTK répond à ce besoin grâce au mode d'acquisition des points de mesure (Fig. 5b).

2.3.2.2 *Mesure de profils topographiques.*

Une prospection de mesures d'altitude peut également être réalisée en totale autonomie grâce au mode d'acquisition de profils (Fig. 5c). Les profils de mesure seront sauvegardés dans des fichiers texte sur le téléphone et pourront ainsi être facilement récupérés par l'opérateur pour obtenir un MNT du site étudié.

3 Conclusion

ZheoPS-RTK a été développé pour des applications géophysiques dans un contexte archéologique. Le système pourra être utile dans d'autres applications scientifiques en milieu couvert (urbain, forestier ou souterrain) disposant de leur propre repère (X, Y) pour lesquelles la mesure d'une topographie d'une précision de 10 ou 20 cm permettrait une meilleure interprétation de leurs mesures.

4 Références

1. L. Darras, C. Benech, *La portabilité en géophysique : enjeux et stratégies in Instrumentation portable. Quels enjeux pour l'archéométrie ?*, Collection « Sciences archéologiques », 199-210 (2019).