

ÉVALUATION DE LA TECHNOLOGIE RFID, APPLIQUÉE A LA SURVEILLANCE DE VERSANTS INSTABLES

EVALUATION OF RFID TECHNOLOGY TO MONITOR UNSTABLE SLOPES

Mathieu LE BRETON^{1,2}, Laurent BAILLET², Eric LAROSE², Etienne REY¹, Philippe BENECH³, Denis JONGMANS², Fabrice GUYOTON¹

¹ Géolithe, 38920 Crolles, France

² ISTerre, CNRS, Université Grenoble Alpes, F-38000 Grenoble, France

³ IMEP-LAHC, MINATEC, 38016 Grenoble, France

RÉSUMÉ – Un glissement de terrain a été ausculté en utilisant des techniques bas coût de radio-identification (RFID). Le déplacement d'un tag RFID a été mesuré en continu par différence de phase, et comparé à un extensomètre automatique et à des levés tachéométriques. Cette première expérience a montré l'efficacité de la localisation RFID pour mesurer des déplacements de 1 millimètre à 5 centimètres par jour, avec une portée de 60 mètres.

ABSTRACT – A landslide was monitored with radio-frequency identification (RFID) tags. The tag motion tracking, based on phase-difference of arrival, was compared with a wire extensometer, and theodolite surveys. The results demonstrate the validity of this technique to track landslide slow motion, with multiple sensors, which is considerably cheaper than existing motion tracking techniques, with a range up to 60 meters, and a precision of 2 mm/month.

1. Introduction

La radio-identification (RFID) passive (Heidrich et al. 2010) consiste à émettre un signal radiofréquence via une station de base, jusqu'à un tag RFID, qui rétrodiffusera ce signal à la station de base après y avoir inséré un code d'identification, par modulation d'amplitude. Ces tags, dont le faible coût est essentiel, permettent d'identifier des objets, à la manière d'un code barre optique, mais dans le domaine des radiofréquences. Cette technique s'est récemment enrichie de possibilités de localisation (Miesen et al. 2011), afin de suivre les déplacements d'objets.

L'activité de structures instables, comme les glissements de terrains, nécessite d'être surveillée en continu. Ces structures se déplacent typiquement de quelques centimètres à quelques mètres par an. De nombreuses techniques d'auscultation existent sur le marché (Angeli, Pasuto, et Silvano 2000), tel que le GNSS (Gili, Corominas, et Rius 2000; Benoit et al. 2015), le GPS à bas coût, le tachéomètre laser robotisé (Travelletti et al., 2012), le lidar (Abellà et al., 2009), l'interférométrie radar (Herrera et al., 2009), ou les nœuds radar (Kennedy et al., 2009). La localisation de tags RFID basée sur la phase (Miesen et al., 2011, Nikitin et al. 2010) offre une alternative à plus bas coût, en terme de matériel, d'installation et de maintenance. La mesure de nombreux tags en continu permet d'obtenir des données denses, à la fois dans le temps et dans l'espace, à un coût raisonnable. Elle pourrait répondre à de nouvelles problématiques d'auscultation ou de surveillance en temps réel.

2. Méthode et matériel

2.1. Principe de la mesure de déplacement basée sur la phase

La différence de phase (Nikitin et al. 2010) liée à la propagation d'une onde rétrodiffusée entre une antenne de base et un tag, dans un espace libre, est donnée par

$$\varphi_{air} = -\frac{4\pi f}{v} d \quad (1)$$

Avec les termes :

- φ_{air} La phase qui résulte de la propagation dans l'air ;
- d La distance entre la base et le tag ;
- v La vitesse des ondes radio dans le milieu de propagation ;
- f La fréquence porteuse.

Cette formule sert à convertir les variations relatives de phase dans le temps, en déplacement d'un tag mobile, par rapport à une antenne de base fixe.

2.2. Instrumentation du glissement de terrain de pont Bourquin

Le site de Pont-Bourquin est un glissement de terrain argileux, d'environ 250m de long et 50m de large, qui se déplace de quelques mètres par ans. L'installation RFID consiste en plusieurs tags mobiles, et une station de base immobile (Fig. 1).

La station de base est installée sur une zone stable en bord de glissement. Un interrogateur RFID, configuré à une fréquence porteuse de 865.7 MHz, identifie chaque tag de façon successive, toutes les 40 millisecondes, et acquiert sa phase. L'interrogateur est connecté à une antenne par un câble à faible dérive de phase. Cette antenne est protégée par un radôme, et attachée à un arbre.

La zone instable est instrumentée par 19 tags, dont un seul est étudié ici. Chaque tag consiste en un microcircuit RFID, assisté par une pile bouton, connecté à une antenne patch quart d'onde, et protégé par un radôme en plastique. Le tag étudié est installé sur un piquet en fibre de verre, à une hauteur de 0.9 mètre, avec la base du piquet scellée dans le glissement à une profondeur de 0.7m. Le système RFID est conçu pour réduire la dérive de phase causée par les variations météorologiques, en utilisant les principes cités dans (Le Breton et al., 2017).

Afin de valider les mesures RFID, un extensomètre automatique, avec un fil de 20 m, est installé entre la station de base, et un piquet situé juste à côté du tag d'étude. La position du tag et de l'antenne de base a été mesurée à trois dates différentes, par un tachéomètre laser.

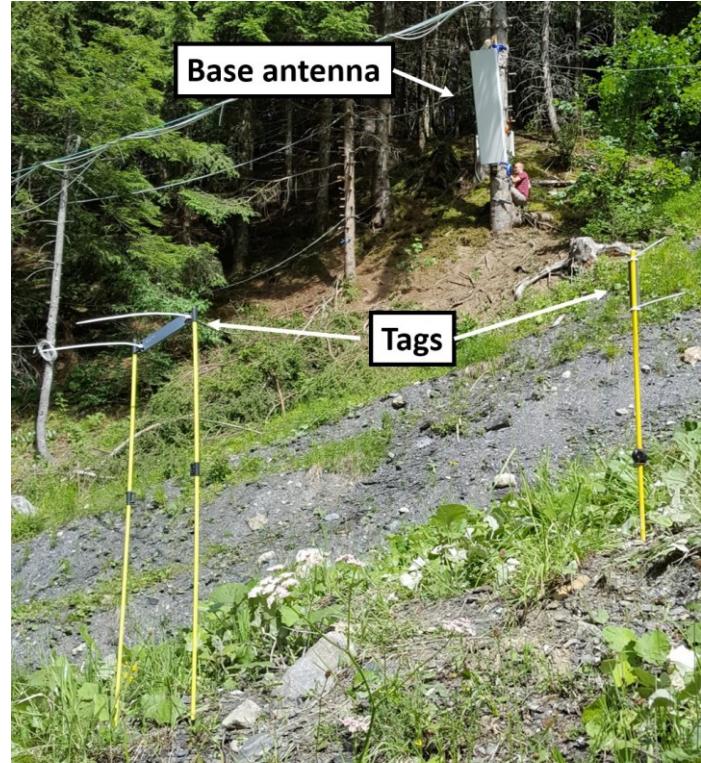


Fig. 1. Instrumentation RFID à Pont-Bourquin. La station de base est placée sur une zone stable, et les tags sont sur la zone mobile.

3. Validation de la mesure de déplacement RFID

3.1. Validation de la technique, avec des méthodes optiques et mécaniques

Les résultats des cinq mois de mesure sont présentés en Fig. 2. Ils montrent une cohérence entre la mesure de déplacement extensométrique, les levés tachéométriques, et la mesure RFID. La technique RFID se montre plus stable dans le temps que l'extensomètre. Il semble que des effets environnementaux influencent fortement les mesures extensométriques. On remarque l'accumulation progressive d'un décalage entre la mesure de déplacement extensométrique et RFID, atteignant 5 cm en fin de période. La mesure théodolite indique le même décalage, ce qui signifie que ce décalage est réel, et probablement causé par une rotation du piquet qui supporte le tag.

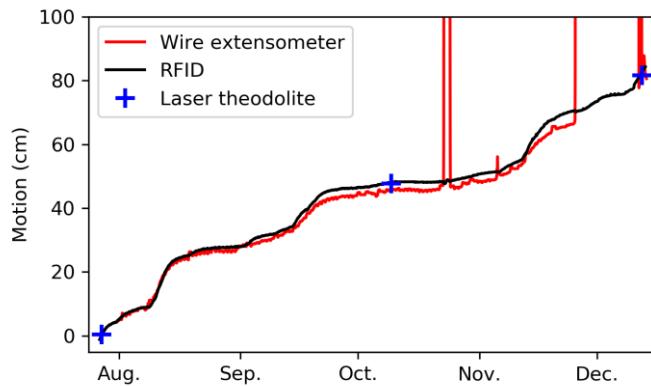


Fig. 2. Déplacements cumulés du glissement de Pont-Bourquin, mesurés pendant un mois, par différence de phase RFID, par un extensomètre, et par des levés tachéométriques. L'extensomètre était attaché sur un piquet indépendant juste à côté du tag, les cibles laser étaient placées sur le tag et l'antenne de base.

3.2. Effets environnementaux sur la mesure de vitesse

Afin de mieux comparer la robustesse aux effets environnementaux des techniques extensométriques et RFID, la figure 3 compare les mesures de vitesses (dérivées de la figure 2), à la pluviométrie (Météo Suisse, Col des Mosses, à 6km) et à la hauteur de neige fraîche (Météo Suisse, Diablerets village, à 1km).

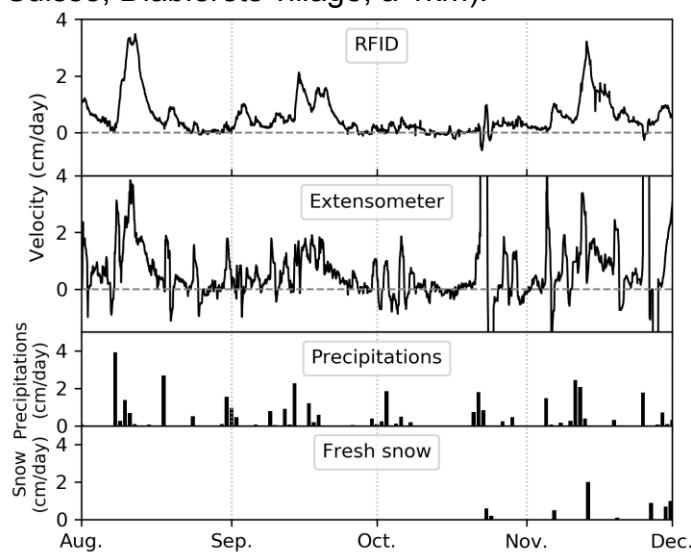


Fig. 3. Comparaison des vitesses mesurées par la RFID et l'extensomètre, après filtrage par moyenne glissante sur une journée, avec les précipitations, et la hauteur de neige fraîche.

On remarque que la technique RFID est plus précise que l'extensomètre lors de précipitations. La chute de pluie crée un pic d'erreur de vitesse d'environ 2 cm/jour sur la mesure extensométrique, qui n'est pas visible en RFID. La chute de neige induit des pics d'erreur de vitesse de plusieurs dizaines de centimètres par jour avec l'extensomètre, et au maximum de 1cm/jour avec la RFID. La technique RFID semble plus robuste aux perturbations météorologique que la technique extensométrique. Elle permet de mesurer des vitesses de quelques millimètres à quelques centimètres par jour.

4. Conclusions

Le suivi de déplacement RFID offre une alternative pour l'auscultation et la surveillance de structures présentant un déplacement de quelques millimètres à quelques centimètres par jour, tel que des glissements de terrain. Le coût peu élevé du matériel RFID permet de surveiller des structures où la surveillance en continu n'était pas envisageable pour des raisons de coûts. Cette technique apparaît peu sensible aux effets environnementaux, comparée à la technique existante d'extensométrie, ce qui en fait une technique d'auscultation valable. Dans le futur, cette technique pourra être améliorée par une augmentation de sa portée, une meilleure stabilité face à la neige, et une localisation dans l'espace en deux ou trois dimensions.

5. Remerciements

Les auteurs remercient Géolithe, l'ANRT, le Labex OSUG@2020, le programme VOR de l'université Grenoble-Alpes, et Tagsys, pour leur support.

6. Références bibliographiques

- Abellán A., Jaboyedoff M., Oppikofer T., Vilaplana J. M. (2009). Detection of millimetric deformation using a terrestrial laser scanner: experiment and application to a rockfall event. *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.* 9, 365–372.
- Angeli, M.-G., Pasuto, A., Silvano, S. (2000). A critical review of landslide monitoring experiences. *Engineering Geology* 55, 133–147.
- Gili J. A., Corominas J., Rius J. (2000). Using Global Positioning System techniques in landslide monitoring. *Engineering Geology* 55, 167–192.
- Herrera G., Fernández-Merodo J.A., Mulas J., Pastor M., Luzi G., Monserrat O. (2009). A landslide forecasting model using ground based SAR data: The Portalet case study. *Engineering Geology* 105, 220–230.
- Kenney J.D., Poole D.R., Willden G.C., Abbott B.A., Morris A.P., McGinnis R.N., Ferrill D.A. (2009). Precise positioning with wireless sensor nodes: Monitoring natural hazards in all terrains. *IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics* 722–727.
- Le Breton M., Baillet L., Larose E., Rey E., Benech P., Jongmans D., Guyot F. (2017). Outdoor UHF RFID : Phase Stabilization for Real-World Applications. *IEEE Journal of Radio-Frequency Identification* 1, 279-290.
- Miesen R., Ebelt R., Kirsch F., Schäfer T., Li G., Wang H., Vossiek, M., (2011). Where is the Tag? *IEEE Microwave Magazine* 12, S49–S63.
- Nikitin P.V., Martinez R., Ramamurthy S., Leland H., Spiess G., Rao K.V.S., (2010). Phase based spatial identification of UHF RFID tags. *IEEE International Conference on RFID* 102–109.
- Travelletti J., Oppikofer T., Delacourt C., Malet J.P., Jaboyedoff M. (2012). Correlation of multi-temporal ground-based optical images for landslide monitoring: Application, potential and limitations. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing* 70, 39–55.