

ALTIMETRIE PAR REFLECTOMETRIE: APPLICATION A LA MESURE DES NIVEAUX D'EAU EN MILIEU MARIN

Georges STIENNE¹, Serge REBOUL¹, Jean-Bernard CHOQUEL¹, et Mohammed BENJELLOUN¹

¹ *Laboratoire d'Informatique Signal et Image de la Côte d'Opale, Université du Littoral Côte d'Opale, Calais, France*

stienne@lisc.univ-littoral.fr, www-lisc.univ-littoral.fr

L'étude des mesures d'humidité des sols et de niveau d'eau dans les zones humides offre de bons espoirs concernant la prévention et la régulation des inondations pouvant affecter ces zones. Dans ce contexte, les mesures doivent être absolues, c'est à dire réalisées dans un même référentiel de temps et d'espace, pour pouvoir être comparées. Ces études peuvent être réalisées conjointement par réflectométrie, méthode basée sur le principe du radar. Classiquement, l'émetteur et le récepteur du signal utilisé se trouvent à la même position, embarqués dans un satellite, un avion ou dans un système au sol. On parle alors de réflectomètre mono-statique. Il a été récemment proposé d'utiliser les systèmes de navigation par satellite (GNSS : Global Navigation Satellite System) dans un réflectomètre multi-statique permettant également ces applications^{[1],[2]}. Le caractère multi-statique d'un tel système permet d'observer à un même instant plusieurs réflexions à différentes positions au sol, à l'aide d'un unique récepteur. L'utilisation des signaux GNSS présente de multiples avantages, tels que la précision et la stabilité de ces signaux, une faible sensibilité aux perturbations atmosphériques et une couverture d'ores et déjà globale de plusieurs systèmes satellitaires dans le temps et l'espace. De plus, la bande fréquentielle utilisée pour ces signaux a été reconnue optimale pour déterminer l'humidité des couches supérieures du sol^[3].

Dans le cadre de l'altimétrie avec récepteur au sol, on distingue trois approches principales : l'interférométrie des signaux arrivant directement et après réflexion au récepteur^[4], l'utilisation des oscillations d'amplitude observée dans le signal composé de la somme de signaux direct et réfléchi^[5] et la différenciation des phases observées dans les signaux direct et réfléchi, considérée comme la technique la plus précise^[6]. La précision attendue est dans ce cas d'ordre centimétrique.

Les travaux présentés dans cette communication portent sur cette dernière méthode. Les techniques de traitement du signal GNSS ont été redéveloppées pour augmenter la précision et la robustesse de l'estimation de hauteur d'eau. La phase est ainsi traitée en boucle ouverte à l'aide d'outils originaux de traitement de signaux circulaires, et un principe permettant de réduire l'influence de l'échantillonnage des signaux en terme de pertes de précision est proposé. Des résultats d'altimétrie sur signaux réels sont présentés.

References:

- [1] M. Martin-Neira. A Passive Reflectometry and Interferometry System (PARIS): Application to ocean altimetry. *ESA Journ.* **1993**, vol. 17, pp. 331-355.
- [2] D. Masters, V. Zavorotny, S. Katzberg, W. Emery. GPS signal scattering from land for moisture content determination. *IGARSS 2000*, vol. 7, pp. 3090-3092.
- [3] E.G. Njoku, D. Entekhabi. Passive microwave remote sensing of soil moisture. *Journ. of Hydrol.* **1996**, vol. 184(1), pp. 101-129.
- [4] A. Rius, O. Nogués-Correig, S. Ribó et al. Altimetry with GNSS-R interferometry: first proof of concept experiment. *GPS Sol.* **2012**, vol. 16(2), pp. 231-241.
- [5] K.M. Larson, E. Small, E. Gutmann et al. Using GPS multipath to measure soil moisture fluctuations: initial results. *GPS Sol.* **2008**, vol. 12(3), pp. 173-177.
- [6] R.N. Treuhaft, S.T. Lowe, C. Zuffada, Y. Chao. 2-cm GPS altimetry over Crater lake. *Geophys. Res. Lett.* **2001**, vol. 28(23), pp. 4343-4346.