

FUSION PAR RÉGRESSION LINÉAIRE-CIRCULAIRE MULTIPLE: APPLICATION À L'ALTIMÉTRIE PAR BOUÉE GPS

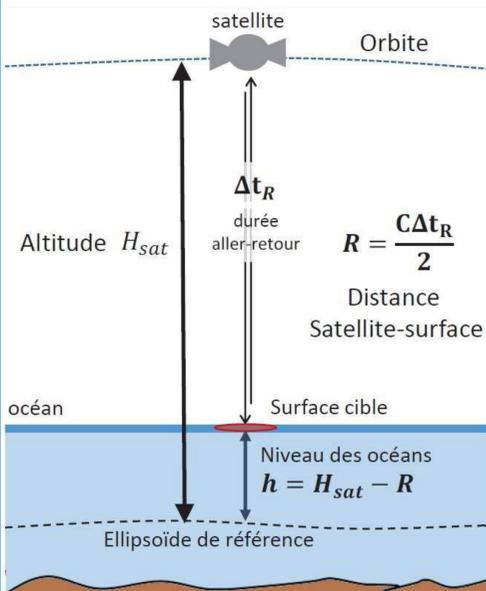
Williams Kouassi, Georges Stienne, Serge Reboul

Laboratoire d'Informatique, Signal et Image de la Côte d'Opale, Université du Littoral Côte d'Opale, F-62228 Calais France

Contexte et objectifs

L'observation des océans est au cœur de nombreuses recherches. Diverses publications ont montré qu'un suivi précis du niveau de la mer permet de contribuer à la compréhension des changements climatiques. Cette observation est faite à l'aide de missions altimétriques satellitaires. Le niveau de la mer variant lentement, les altimètres utilisés doivent être très précis. Cette précision est obtenue à partir d'une calibration fine de ces altimètres. On se propose, dans cette étude, de mesurer le niveau d'eau instantané des océans ainsi que la calibration d'altimètres satellitaires à l'aide d'une bouée GNSS (Global Navigation Satellite System).

Altimétrie satellitaire



- Le principe repose sur une impulsion radar, émise avec un angle d'incidence nul.
- La distance satellite-surface de réflexion ainsi que les mesures altimétriques sont déterminées à partir du temps mis par l'onde pour faire l'aller-retour.
- On définit ainsi la distance R satellite-surface de la mer proportionnellement à la durée d'aller-retour [1].

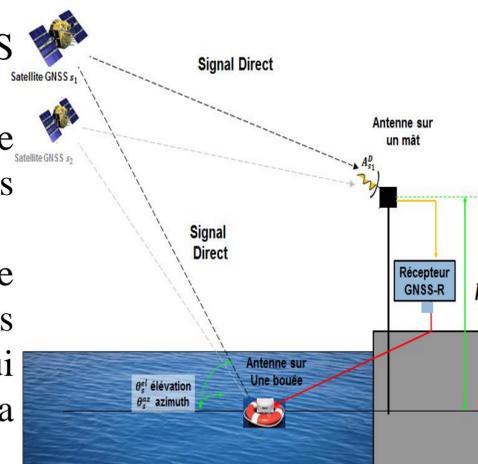
Altimétrie par Bouée GNSS

- Une bouée GNSS est l'association d'un récepteur GNSS avec une bouée.
- Les bouées GNSS sont principalement conçues pour calibrer les altimètres satellitaires et les marégraphes côtiers [2].
- Deux techniques classiques de positionnement sont généralement utilisées : le RTK et le PPP.
- Ces techniques nécessitent un temps d'intégration long pour fournir un positionnement de la bouée avec une précision centimétrique.



La bouée LISIC

- Système différentiel de bouée GPS qui comporte deux antennes,
- L'observable est la différence de phase entre les signaux GPS reçus par les deux antennes.
- Il suit un modèle circulaire dépendant de trois paramètres (x_n , x_e et h) qui définissent la position relative de la bouée.

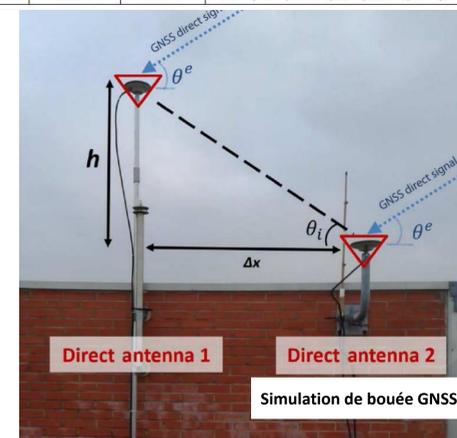
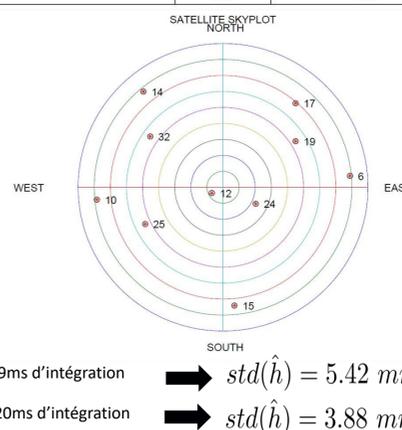


$$\phi_s(t) = \left[\frac{2\pi}{\lambda} (x_n \cos\theta_s^{el}(t) \cos\theta_s^{az}(t) + x_e \cos\theta_s^{el}(t) \sin\theta_s^{az}(t) - h \sin\theta_s^{el}(t)) + \xi_s \right] \text{mod}(2\pi)$$

Résultats Préliminaires

On propose un estimateur circulaire de régression multiple qui fusionne les différences de phases observées par plusieurs satellites. Notre estimateur est évalué sur des données synthétiques et réelles.

Géométrie satellitaire	C/N0 (DB.Hz)	Temps d'intégration (ms)	std(\hat{h}) Th (cm)	std(\hat{h}) Si (cm)	PRN des Satellites et élévations
Côté Ouest	40	17	0.20	0.20	14 (10°), 10 (12°), 32 (33°), 25 (34°), 12 (80°)
	35	25	0.30	0.34	
	30	60	0.32	0.34	
Côté Nord-Est	40	100	0.07	0.06	6 (9°), 17 (22°), 19 (37°)
	35	160	0.22	0.20	
	30	500	0.20	0.24	
Les quatre cadrants	40	9	0.20	0.20	14 (10°), 10 (12°), 15 (17°), 17 (22°), 32 (33°), 25 (34°), 19 (37°), 24 (69°), 12 (80°)
	35	11	0.34	0.36	
	30	15	0.48	0.54	



Date	03	04	07	08	10	11	12	14	17
Temps(UTC)	13h12	13h15	13h14	13h12	13h11	13h12	13h10	13h13	13h15
\hat{h} (cm) (9 ms)	53.22	53.05	53.00	53.06	53.15	53.04	53.09	53.71	54.66
\hat{h} (cm) (20 ms)	53.27	53.02	53.01	53.06	53.32	53.04	53.21	53.31	54.26

Conclusion

Cette étude propose un nouveau concept de bouée GPS pour la mesure de niveaux d'eau et pour la calibration des altimètres satellitaires. Un estimateur de régression multiple qui fusionne les données de plusieurs satellites a été développé et testé sur des données synthétiques et des données réelles. Les précisions attendues sont millimétriques pour des temps d'intégration de l'ordre de la dizaine de millisecondes.

Ce travail a été soutenu financièrement par l'Union européenne (FEDER), le gouvernement français, la Région Hauts-de-France et l'Ifremer, dans le cadre du projet CPER MARCO 2015-2020.

[1] Jean-Christophe Kucwaj. Étude et mise en oeuvre d'estimateurs pour l'altimétrie par réflectométrie GNSS. Thèse de doctorat. Université du Littoral Côte d'Opale, 2016

[2] Gaël André, Miguez Belèn, Ballu Valérie, Testut Laurent, and Guy Wöppelmann. Measuring sea level with gps-equipped buoys : A multiinstruments experiment at Aix island. The International Hydrographic Review, n°10-2013, 2013.