

Technique vidéo appliquée à la topographie de la plage intertidale

Didier Rihouey, Arnaud Blangy, Jérémie Dugor, Damien Dailloux

LaSAGeC², Université de Pau et des Pays de l'Adour,
1 Allée du Parc Montaury, 64600 Anglet

didier.rihouey@univ-pau.fr

Résumé :

Depuis quelques années, l'utilisation de systèmes vidéo numériques pour quantifier les évolutions morpho sédimentaires constitue une alternative autonome et peu coûteuse aux méthodes traditionnelles telles que la topographie. Le principe de la vidéo quantification appliquée au suivi des environnements côtiers est basé sur une technique de photogrammétrie qui permet de transformer une « image oblique brute » en une « image métrique plan ». Cet article présente l'application de cette technique dans un environnement méso-tidal, les plages de Biarritz. La détection horaire de la position de la ligne de côte au cours d'un demi cycle de marée permet de mesurer la topographie de la zone intertidale. Cette mesure est ensuite comparée à un relevé topographique réalisé au GPS centimétrique. La précision de la méthode, ses limitations et les perspectives de développement sont alors discutées.

Abstract :

Over the past 20 years, optical remote sensing techniques have been developed to quantify coastal evolution through the use of video camera. Video remote sensing techniques represent an efficient alternative tool to classical in situ surveying techniques. Coastal video monitoring is based on a photogrammetry technique which allows transforming 2D image coordinates into the corresponding 3D real world coordinates. This paper presents an application of this technique in a meso-tidal environment, the beaches of Biarritz. The hourly detection of the shoreline position during half of a tidal cycle aims to measure the inter-tidal topography. This measurement is compared to a land survey realised from a centimetric DGPS. Precision, limitations, and developments of this method are then discussed.

Mots-clés :

Mesures par vidéo – Segmentation – Topographie intertidale

1 Introduction

La mise en place d'une gestion durable et pérenne de la problématique d'érosion nécessite d'appréhender toutes les échelles spatio-temporelles d'évolution morpho-sédimentaire. Depuis quelques années, l'utilisation de systèmes vidéo numériques pour quantifier ces évolutions constitue une alternative autonome et peu coûteuse (HOLMAN & STANLEY, 2007) aux méthodes traditionnelles telles que la topographie (PLANT & HOLMAN, 1997 ; AARNINKHOF *et al.*, 2003).

Cet article présente une technique de mesure topographique basée sur la détection vidéo du trait de côte dans un environnement méso-tidal. Des stations vidéo dédiées à l'étude morphodynamique des plages de Biarritz ont été installées en 2007. La détection horaire de la position de la ligne de côte au cours d'un demi cycle de marée permet de mesurer la topographie de la zone intertidale. Cette mesure est ensuite comparée à un relevé topographique réalisé au DGPS centimétrique.

La description du système vidéo est présentée en première partie. Les caractéristiques hydrosédimentaires sont exposées dans la section 3. Les résultats de la topographie de la zone intertidale de la Grande plage de Biarritz, élaborés à partir du système vidéo, sont analysés dans la section 4. La précision de la méthode, ses limitations et les perspectives de développement sont ensuite discutées.

2 Description de la technique de mesure vidéo

2.1 Système d'acquisition d'images

Une multitude de processus côtiers ont une signature visuelle à la surface des océans. Récemment, plusieurs techniques de mesure vidéo ont été appliquées au suivi de différents systèmes côtiers (HOLMAN & STANLEY, 2007).

Le Kosta System, développé par CASAGEC et AZTI tecnalia, est un système de suivi vidéo du domaine côtier, permettant d'obtenir des données synchronisées à fréquence variable (jusqu'à 2 Hz). Une station Kosta System est composée de plusieurs caméras, disposées à proximité de la côte sur un point élevé. Elle permet d'acquérir deux types d'images :

- des images instantanées : images « snap shot »,
- des images exposées sur 10 minutes, pour un intervalle d'une seconde : images « timex ».

Lors de l'installation, plusieurs points de contrôle, clairement observables sur l'image brute, sont relevés sur le terrain à partir d'un DGPS centimétrique. Ces points sont ensuite utilisés pour convertir les coordonnées 2D de l'image en coordonnées 2D du monde réel à partir d'une technique de photogrammétrie (TRUCCO & VERRI, 1998).

2.2 Technique de photogrammétrie

Le principe de la vidéo quantification appliquée au suivi des environnements côtiers est basé sur une technique de photogrammétrie (TRUCCO & VERRI, 1998) qui permet de transformer une « image oblique brute » (figure 1.a) en une « image métrique plan » (figure 1.b). Ce traitement préalable des images, repose sur une relation entre les coordonnées (u,v) de l'image et la position (x,y,z) correspondante dans le monde réel.

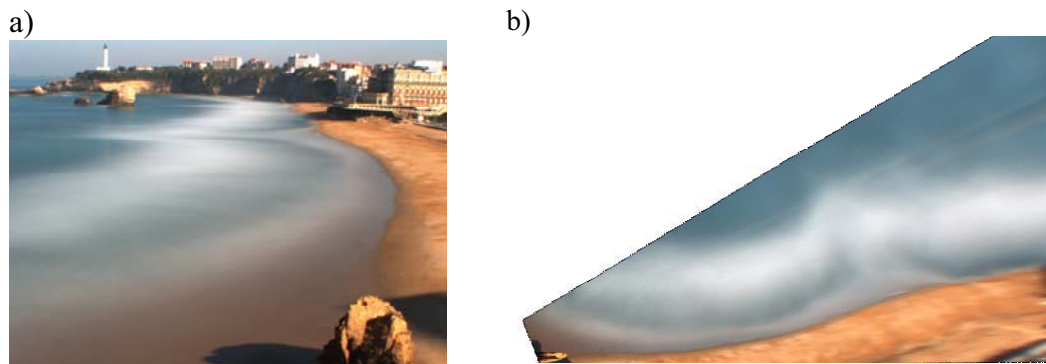


Figure 1 - Image oblique brute (a) et Image métrique plan (b) de la grande plage de Biarritz

2.3 Détection du trait de côte

De façon générale, une image au format JPEG est une superposition de trois feuillets. Le code RVB associe à chacun des pixels trois intensités de couleur (le rouge, le vert et le bleu) alors que le code TSL permet de séparer l'information de la couleur (teinte et saturation) de l'information de la brillance (luminance). Au final, chaque pixel contient 6 paramètres (RVB et TSL). Les images Timex montrent un contraste important entre les pixels « secs » de la partie sableuse et les pixels « humides » de la partie océanique (figure 2.b.)

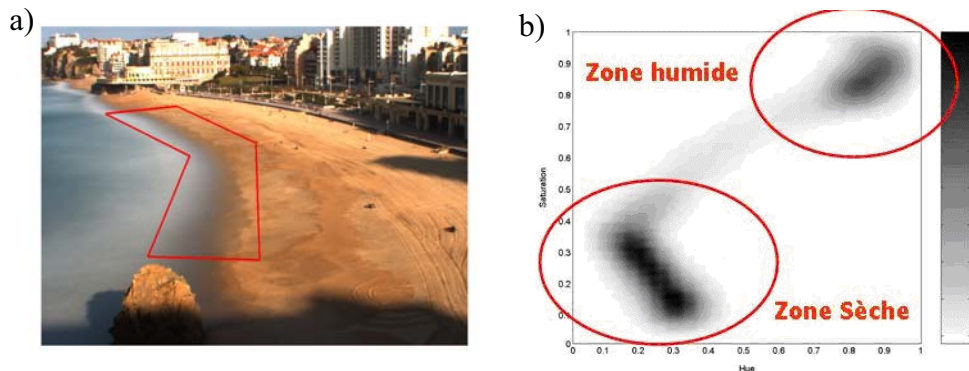


Figure 2 – (b) Analyse fréquentielle 2D (couple Teinte/Saturation) des pixels contenus dans la Région d'Intérêt (a)

Les pixels contenus à l'intérieur d'une Région d'Intérêt (RI), préalablement sélectionné manuellement (figure 2.a.), sont traités à partir d'un algorithme de détection de contour, basé sur une technique de segmentation (MORICHON *et al.*, 2007). Cette technique repose sur deux étapes :

- les N pixels contenus à l'intérieur d'une RI sont séparés en deux groupes,
- un algorithme de détection de contour est appliqué pour déterminer la frontière entre les deux groupes.

La séparation des deux groupes de pixels est réalisée à partir de la technique de classification par les k-moyennes (MCQUEEN, 1971). Par un processus itératif, cette technique permet de classifier les N pixels, en K groupes distincts S_j , contenant N_j pixels de façon à minimiser la somme des carrés :

$$J = \sum_{j=1}^K \sum_{n \in S_j} |x_n - \mu_j|^2 \quad (1)$$

Où :

x_n est un vecteur représentant les valeurs du *nième* pixel,
 μ_j le barycentre du groupe S_j .

La technique de classification par les k-moyennes est ainsi appliquée à chacun de ces 6 paramètres (RVB et TSL). Une fois les deux paramètres les plus influents sélectionnés, la technique de segmentation est ensuite appliquée sur le couple. Les pixels « secs » de la partie sableuse et les pixels « humides » de la partie océanique sont séparés en deux groupes. Une nouvelle matrice binaire de la RI peut être générée grâce aux deux groupes distincts obtenus. Un algorithme de détection de contour de type SOBEL, est alors appliqué à la nouvelle matrice binaire pour déterminer la position de la ligne de côte. Cette dernière peut être représentée sur l'image brute (figure 3.a). Finalement les coordonnées 2D de la ligne de côte peuvent être transformées en coordonnées 2D du monde réel via la technique de photogrammétrie (figure 3.b).

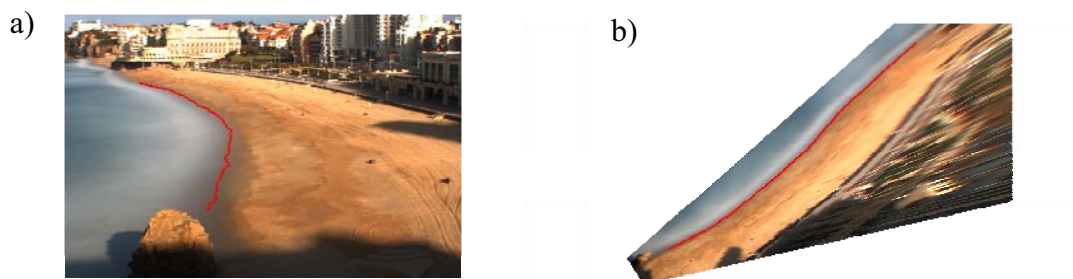


Figure 3 – Affichage de la ligne de côte détectée par l'algorithme de segmentation sur l'image brute (a) et sur l'image rectifiée (b)

3 Présentation des sites d'étude

3.1 Les plages de Biarritz

Situées sur la Côte Basque, les plages de Biarritz constituent la première enclave rocheuse au sud de la côte aquitaine. Soumises aux mêmes conditions d'agitation annuelles caractérisées par une hauteur significative de 1,57 m et une période moyenne de 7,5 s (ABADIE *et al.*, 2005), et au même régime de marée mésotidal semi-diurne de période de 12h25' et d'amplitude moyenne en vives-eaux de 3,85 m (LCHF, 1972), la Grande Plage de Biarritz (figure 4.a) et la plage d'Ilbarritz (figure 4.b) présentent cependant des caractéristiques morphologiques différentes.

La Grande Plage est caractérisée par une rupture de pente située à mi-estran. La terrasse de basse mer, constituée de sables fins de diamètre médian d'environ 250 µm (RIHOUEY, 2006), présente une pente faible (1%). Le haut de plage, constitué de matériaux à séquence dominante grossière de diamètre médian d'environ 1 mm (RIHOUEY, 2006), présente une forte pente (7%). La Grande plage de Biarritz peut être classée comme une plage intermédiaire dans la classification de MASSELINK & SHORT (1993)

La plage d'Ilbarritz, constituée de sables fins de diamètre médian d'environ 250 µm (RIHOUEY, 2006), présente une pente moyenne de 3% et une barre rocheuse sur le bas de l'estran. La plage d'Ilbarritz peut être classée comme une plage dissipative dans la classification de MASSELINK & SHORT (1993)

3.2 Description des stations vidéo

La précision des images rectifiées est fonction de la résolution des pixels au sol. Ainsi, les dimensions dx et dy d'une empreinte d'un pixel sur le sol sont respectivement données par les équations 2 et 3:

$$dx \approx R * \frac{H_{fov}}{N_{pixH}} \quad (2)$$

$$dy \approx \frac{R^2 * V_{fov}}{h * N_{pixV}} \quad (3)$$

Où,

h est l'altitude de la caméra,

R est la distance caméra / point regardé,

N_{pixH} est le nombre de pixels horizontaux

N_{pixV} est le nombre de pixels verticaux,

H_{fov} et V_{fov} sont respectivement l'“horizontal field of view” et le “vertical field of view” fonction de la distance focale des lentilles utilisées.

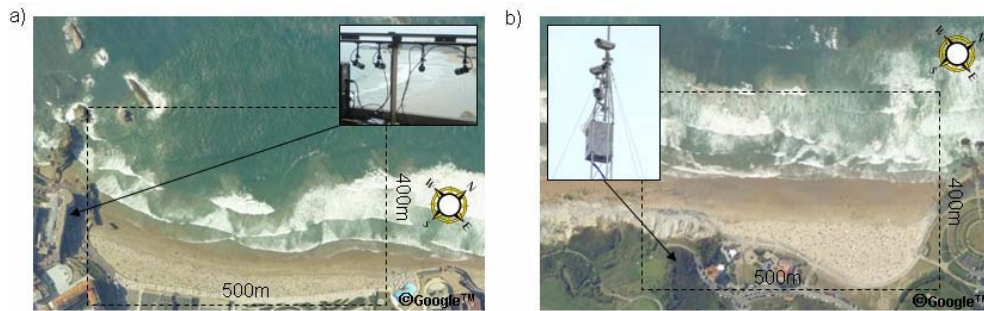


Figure 4 – Description des stations vidéo de la grande plage de Biarritz (a) et de la plage d'Ilbarritz (b)

La station vidéo de la grande plage de Biarritz (figure 4.a) est située dans l'hôtel Bellevue au sud de la baie, à une altitude de 30m. Elle est constituée de 4 caméras CCD de 0,8 Mega Pixels. Le système couvre un linéaire côtier de 500 m (figure 4.a) avec une résolution transversale sub-métrique au niveau du trait de côte (figure 5.a), et une résolution longitudinale métrique à 200m de la station et d'environ 5 m par pixel à 500m de la station (figure 5.b).

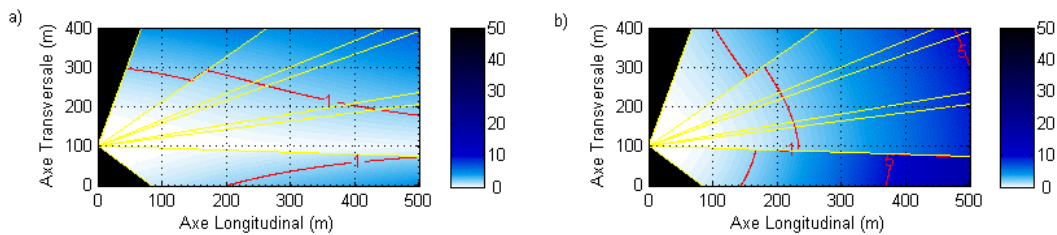


Figure 5 – Carte de résolution (a) transversale et (b) longitudinale de la station vidéo de la Grande plage.

La station vidéo d'Ilbarritz (figure 4.b) est située au sommet de la falaise sur un mat, à une altitude de 42m. Elle est constituée de 3 caméras CCD de 0,8 Mega Pixels. Le système couvre un linéaire côtier de 500 m (figure 4.b) avec une résolution transversale sub-métrique au niveau du trait de côte (figure 6.a), et une résolution longitudinale métrique à 400m de la station (figure 6.b).

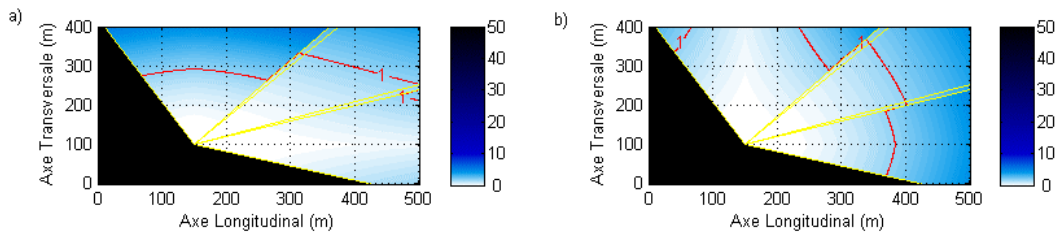


Figure 6 – Carte de résolution (a) transversale et (b) longitudinale de la station vidéo d'Ilbarritz.

4 Résultats

4.1 Topographie de la plage intertidale à partir de mesures vidéo

Dans cette étude, les images timex métrique plan des stations vidéo présentées dans la section 3.2 sont utilisées pour réaliser une détection horaire de la position de la ligne de côte (Section 2.3) au cours d'un demi cycle de marée.

Pour chaque ligne de côte détectée (coordonnées x,y), l'altitude z est fixée sur la hauteur d'eau donnée par les calculs de marée du SHOM.

Toutes les données x,y,z sont ensuite utilisées pour générer des Modèles Numériques de Terrain (MNT) et des cartes d'iso-contour.

4.2 Comparaison des résultats avec des levés topographiques

Afin d'évaluer la précision de la technique, des relevés topographiques bimensuels de la Grande plage de Biarritz et de la plage d'Ilbarritz sont réalisés depuis avril 2008 à l'aide d'un DGPS centimétrique. La figure 7 présente les mesures topographiques sur les images métriques plan des stations vidéo de la Grande Plage (a) et d'Ilbarritz (b). Les points relevés à proximité de l'urbanisation et du trait de côte permettent de valider la précision des coordonnées 2D (x,y) des images métriques plans données par les figures 5 et 6.

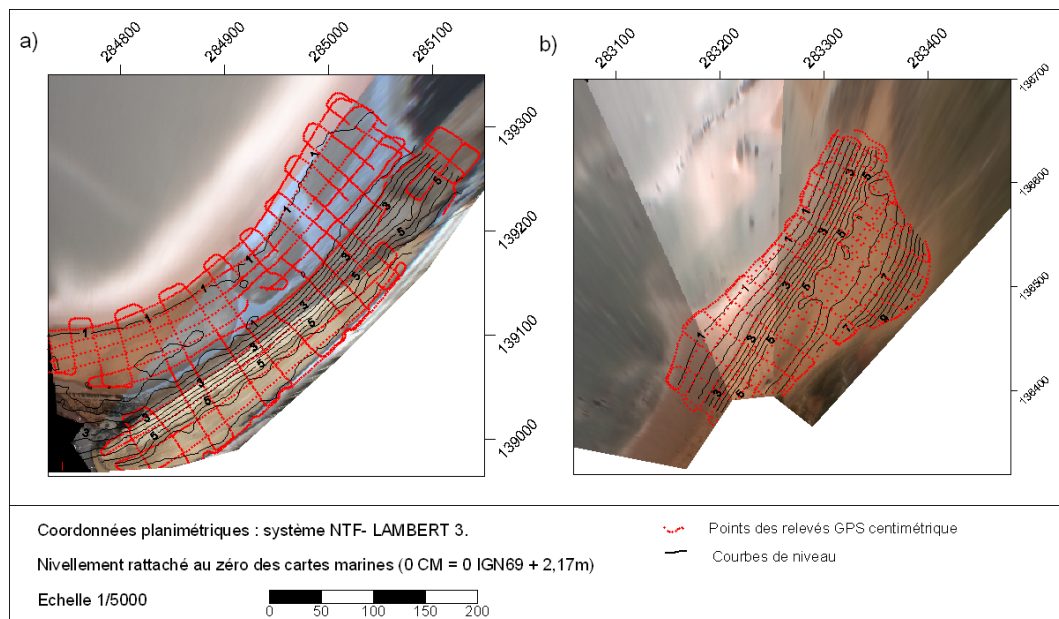


Figure 7 – Relevé topographique représenté sur les images métrique plan de la Grande Plage et (a) et d'Ilbarritz.

D'un point de vue qualitatif, les topographies vidéo (figure 8.b) représentent bien les topographies « réelles » relevées au DGPS (figure 8.a). Sur l'exemple du

5 mai 2008 (figure 8), la morphologie en arc de cercle de la plage, la terrasse de bas de plage et la barre intertidale observable au sud sont bien représentées par la topographie vidéo (figure 8.b).

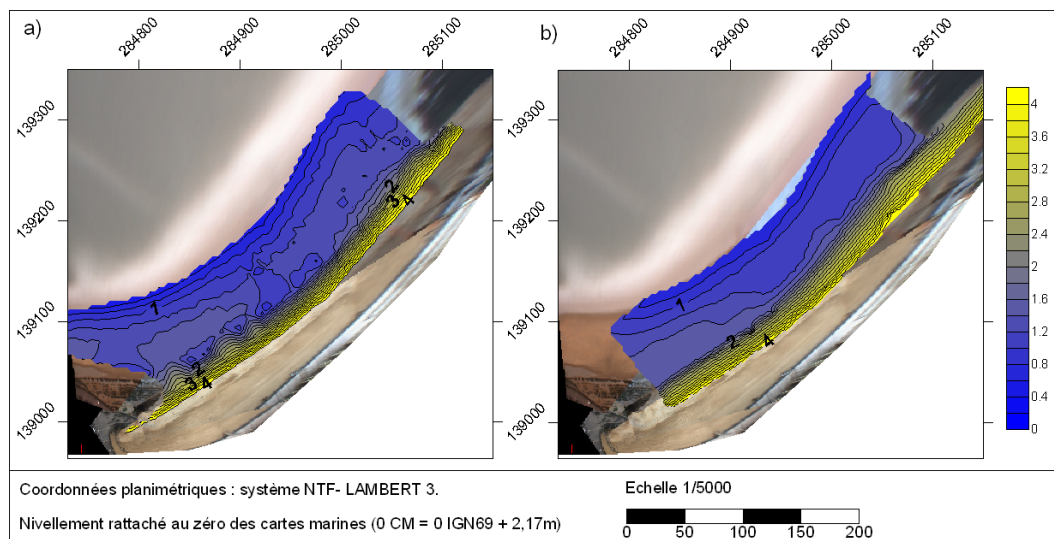


Figure 8 – Comparaison de la topographie DGPS (a) et Vidéo (b) de la Grande Plage de Biarritz le 05 mai 2008

Tableau 1 : Moyenne quadratique des écarts entre les topographies vidéo et DGPS, Nombre d'Iribaren le jour de mesure.

date	Grande Plage		Ilbarritz	
	Moyenne quadratique des Ecart (m)	Nombre d'Iribaren	Moyenne quadratique des Ecart (m)	Nombre d'Iribaren
11-avr-08	0,77	0,43	0,70	0,29
22-avr-08	0,83	0,43	0,35	0,25
05-mai-08	0,29	0,23	0,48	0,47
23-mai-08	0,92	0,67	1,24	0,87
02-juin-08	0,49	0,31	0,70	0,47
20-juin-08	0,47	0,32	0,33	0,50
04-juil-08			0,37	0,50
07-juil-08			0,54	0,28
22-juil-08			0,44	0,40
23-juil-08	0,40	0,25		
05-aug-08	0,43	0,32	0,42	0,38

Le tableau 1 présente les Moyennes quadratiques des écarts entre les topographies vidéo et DGPS. De plus, Afin de caractériser le régime

hydrodynamique des jours de mesure (PLANT & HOLMAN, 1997), le nombre d'Iribaren $\xi = \beta(H_0/L_0)^{-1/2}$ a été calculé avec les hauteurs significatives H_s et les périodes de pics T ($L_0 = (gT^2/2\pi)$) données par le modèle WW3 (ABADIE *et al.*, 2005) et la pente moyenne de la plage intertidale β .

Sur la totalité des mesures, la moyenne quadratique des écarts et le nombre d'Iribaren sont assez bien corrélés ($r^2 = 0,75$). Ce résultat met en évidence l'importance de la déformation du plan d'eau (*setup* et de *runup*) induite par le déferlement des vagues à la côte (HOLMAN & SALLENGER, 1985). En effet, la technique de topographie vidéo ici proposée (section 4.1) donne de bons résultats en période de faible agitation et lorsque la pente de la plage est faible (lorsque ξ est petit). Inversement, lorsque la pente de la plage est forte et/ou l'agitation plus importante (lorsque ξ est grand), la technique de vidéo sous estime la topographie réelle.

5 Conclusions

Une technique de mesure topographique basée sur la détection vidéo horaire de la ligne trait de côte dans un environnement méso tidal a été mise en oeuvre sur deux plages et comparée à des relevés topographiques réalisés au DGPS centimétrique. Les premiers résultats sont globalement satisfaisants mais des écarts significatifs sont observés notamment lorsque la pente de la plage est forte et/ou l'agitation importante.

Pour pouvoir appliquer la technique dans ces conditions, la prise en compte de la déformation du plan d'eau (*setup* et de *runup*) induite par le déferlement des vagues à la côte est donc indispensable. Dans la littérature, cette prise en compte est réalisée soit via l'utilisation d'équations paramétriques (PLANT & HOLMAN, 1997), soit via la mise oeuvre de modèles numériques (AARNINKHOF *et al.*, 2003). Pour conserver le caractère autonome et peu coûteux de la vidéo, une approche paramétrique basée sur l'estimation de la largeur de la zone de surf est envisagée. Parallèlement, les relevés topographiques de la Grande plage de Biarritz et de la plage d'Ilbarritz seront poursuivis pour valider ces futurs développements.

6 Références bibliographiques

- 1 ABADIE S., BUTEL R., DUPUIS H., BRIERE C. (2005). Paramètres statistiques de la houle au large de la côte sud-aquitaine, *Comptes Rendus Geosciences*, 337, 769-776.
- 2 AARNINKHOF S.G.J., TURNER I.L., DRONKERS T.D.T., CALJOUW M., NIPIUS L. (2003). *A video-based technique for mapping intertidale beach bathymetry*. *Coastal Engineering*, 49, 275-289.
- 3 HOLMAN R. A., SALLENGER A.H. (1985). *Setup and Swash on a Natural Beach*. *Journal of Geophysical Research*, 90, 945-953.
- 4 HOLMAN R. A., STANLEY, J. (2007). *The history and technical capabilities of Argus*. *Coastal Engineering*, 54, 477-492.
- 5 L.C.H.F. (1972). *Embouchure de l'Adour; étude de l'ensablement; phase II. Etudes complémentaires en nature*. Rapport général. Laboratoire Central d'Hydraulique de France.
- 6 MACQUEEN J. (1967). *Some methods for classification and analysis of multivariate observations*. *Proceedings of 5th Berkeley Symposium on Mathematical Statistics and Probability*, Berkeley, University of California Press, 1, 281-297.
- 7 MASSELINK, G., SHORT, A. D. (1993). *The effect of tidal range on beach morphodynamics and morphology : a conceptual beach model*. *Journal of Coastal Research*, 9/3, 785 - 800.
- 8 MORICHON, D., DAILLOUX, D., AARNINKHOF, S., ABADIE, S. (2007). *Using a shore based video system to hourly monitor storm water plumes (Adour River, Bay of Biscay)*. *Journal of Coastal Research*, 24, 133-140.
- 9 PLANT, N.G, HOLMAN R.A, (1997). *Intertidal beach profile estimation using video image*. *Marine Geology* 140, 1-24.
- 10 RIHOUEY, D. (2006). *Rechargement de la plage d'Ilbarritz : Caractérisation bathymétrique et granulométrique*. Rapport Final. CASAGEC / UPPA
- 11 TRUCCO, E., VERRI, A. (1998). *Introductory Techniques for 3-D Computer Vision*. Prentice Hall, Inc.