

GESTION PATRIMONIALE DES OUVRAGES HYDRAULIQUES MODELISATION 3D PAR DRONE DES DIGUES DE SOCOA ET ARTHA A SAINT JEAN DE LUZ

Yoann JOBARD¹, Diane MICHALON², Sylvain CAPO³

¹ Air Marine – yoann.jobard@air-marine.fr

² Air Marine – diane.michalon@air-marine.fr

³ Telespazio – sylvain.capo@telespazio.com

MOTS CLEFS : drone, modélisation, digue, photogrammétrie, topographie

3D Modelling by UAV of Socoa and Artha dykes in Saint Jean de Luz

KEY WORDS: UAV, modelling, dyke, photogrammetry, topography

I INTRODUCTION

Les agents marins tels que la houle, les courants de marée, les vents et les tempêtes hivernales jouent un rôle considérable dans la dynamique du trait de côte. Le climat météo-marin du golfe de Gascogne est très énergétique et génère une importante érosion de la côte par l’océan. Le littoral basque est sujet à ces agressions marines et l’érosion littorale y est importante et représente un enjeu politique et socio-économique considérable en raison de l’importante urbanisation de son littoral.

Les scientifiques de Telespazio, entreprise spécialisée dans les services par satellites, surveillent les mouvements des blocs de béton et des digues situées à Saint Jean de Luz (nommées « Socoa » et « Artha »). Air Marine, spécialisée dans la fourniture de données aériennes, réalise des prises de vues par drone et la modélisation 3D de l’ouvrage de défense maritime. L’étude des mouvements des blocs est ensuite étudiée par Telespazio.

La Région et le Conseil Général des Pyrénées Atlantiques, qui commanditent l’étude, cherchent à mieux protéger la baie et à optimiser leurs opérations, onéreuses et complexes, de maintenance de ces ouvrages de protection marine.

Cet article vise à présenter l’usage technologique du drone dans la gestion patrimoniale des ouvrages hydrauliques et les méthodes de traitement des données aériennes. L’intérêt de la solution du projet baptisé Earth Lab sera également développé.

II ASPECTS TECHNOLOGIQUES

II.1 CHOIX DE LA SOLUTION DRONE

Pour ses missions de relevés topographiques, Air Marine utilise un drone de 5,5 kg à décollage et atterrissage vertical (VTOL) de la marque MICRODRONES. Le md4-1000 est un quadrirotors qui emporte 1,2 kg de charge utile pendant une durée de 35 à 40 minutes. Ce porteur grande capacité se distingue par son endurance, fruit de l’optimisation du choix des composants et des commandes de vol.

Le système se compose d’une station de contrôle commande au sol. Elle retransmet le retour vidéo du capteur ainsi que les données de vols telles que la vitesse, le voltage de la batterie, la qualité du signal GPS, le vent, la distance au télépilote... La radio commande permet le pilotage en mode manuel du md4-1000 par l’opérateur.



Figure 1 : le drone md4-1000 et son appareil photo SONY NEX 7

II.2 CAPTEUR

Le drone est un porte charge utile. C’est pourquoi l’appareil photo numérique SONY NEX 7 est utilisé pour l’acquisition de données photographiques dans le visible. Avec ses 24 Mpx et sa focale de 18 mm, il est monté sur une nacelle servo gyrostabilisée. La nacelle compense les mouvements et les vibrations du vecteur aérien. L’ensemble est orienté à la verticale pour la prise de clichés géoréférencés. [Michalon, 2014]

II.3 MODE OPERATOIRE

Des plans de vols automatiques sont construits à partir du logiciel associé mdCockpit. Le drone les réalise ensuite via un système de points de passages GPS. Deux vols ont été prévus : un pour la digue de Socoa et un second pour celle d’Artha. Cette configuration nécessite l’usage de deux batteries. Une hauteur de 50 mètres a été privilégiée pour accroître la qualité des photos ainsi qu’un recouvrement entre les photos de 70% en longitudinal et en latéral.

Les conditions météorologiques étaient bonnes avec un temps clair et peu de vent. L’acquisition s’est déroulée fin septembre 2014 en fin de matinée durant la basse mer. Le télépilote et son assistant se sont mis en place et ont attendu la marée basse pour débiter la mission afin d’intervenir au moment où les blocs sont le plus émergés. Les deux opérateurs vérifient leur liste de contrôles à l’entrée de la digue de Socoa et chargent le plan de vol dans le drone. La zone est évacuée et l’entrée de la digue coupée, la réglementation interdisant le survol de personnes. Après un décollage manuel, le mode automatique est déclenché.



Figure 2 : le plan de vol de la digue d’Artha

La première partie du vol se déroule parfaitement mais doit être interrompue en raison de manœuvres d’entraînement militaire dans l’eau à proximité de la plage. Le télépilote fait le choix de ramener et poser son appareil en manuel pour éviter le survol. Il attend la fin de l’opération avant de terminer sa mission avec une batterie supplémentaire. La zone de décollage atterrissage de la digue de Socoa est ensuite déplacée à l’extrémité de celle-ci. Le drone réalise son dernier plan de vol sur la digue d’Artha, traversant le bras de mer qui la sépare. Le télépilote réalise le décollage et l’atterrissage avant que le vent ne se lève. [Le Metayer, 2014]

III METHODE DE TRAITEMENT DES DONNEES

III.1 MODELISATION 3D

Plus de 500 clichés géoréférencés ont été ramenés par le drone lors de ces trois vols. Une reconstitution en trois dimensions des deux ouvrages de défense maritime est ensuite réalisée grâce au logiciel de photogrammétrie Pix4Dmapper. Les plans de vols automatiques ont été pensés avec les principes de la photogrammétrie en tête pour assurer une modélisation de qualité.

L'expert en géomatique d'Air Marine a intégré à son posttraitement des points de calages exploités depuis des supports existants. La précision du géoréférencement est inférieure à 10 centimètres. Elle aurait pu être améliorée si des points de calages avaient été posés par un géomètre.

La photogrammétrie trouve ses limites dans la reconstitution de surfaces uniformes telles que l'eau. Des fonctionnalités du logiciel permettent au géomaticien de corriger manuellement le nuage de points en retirant une partie des surfaces sur l'océan autour des digues qui posent problème à l'algorithme.



Figure 3 : la modélisation 3D de la digue de Socoa

Les photos brutes des deux digues ont été rendues à Telespazio accompagnées de leur orthomosaïque, modèle numérique de surface et nuage de points dans des formats usuels. La densité des modèles 3D varie de près de 400 points au mètre carré pour la digue d'Artha à plus de 1 300 pour celle de Socoa. La résolution des orthomosaïques est inférieure à 2 cm. [Le Metayer, 2014]

III.2 APPLICATION

L'utilisation des orthomosaïques et des modèles numériques de terrain est couplée à l'analyse de données images provenant d'autres sources, notamment satellite radar utilisant la technologie de l'interférométrie différentielle. Cette méthode radar permet d'évaluer des mouvements verticaux de l'ordre du millimètre par an et ainsi d'analyser la stabilité temporelle d'ouvrages et d'infrastructures dans une zone où les glissements de terrain et les éboulements de falaise sont fréquents et importants. La stabilité de l'ouvrage est ainsi suivie par interférométrie radar depuis début 2013 et l'analyse de ces données va permettre de mieux appréhender le comportement global des deux digues et la stabilité de leurs fondations ainsi que des différentes parties de ces ouvrages.

L'approche aérienne fournie par le drone est complémentaire à cette analyse en permettant une reconstruction 3D de l'ouvrage ainsi que l'identification de fissures structurelles de grande amplitude (résolution centimétrique) tout comme l'identification formelle des blocs de rechargement et de protection de la digue, dont certains ont été colorisés pour faciliter leur discrimination dans le temps grâce à un survol régulier de la structure. La stabilité de la structure, ainsi que la dynamique des éléments de protection de l'ouvrage sont ainsi abordés de façon simultanée et complémentaire afin de proposer une approche globale des solutions de protection des infrastructures littorales.

III.3 INTERPRETATION DES IMAGES

La caractérisation des mouvements des blocs sera effectuée par analyse différentielle de la série temporelle des relevés MNT (Modèles Numériques de Terrains). La priorité est établie pour une caractérisation des effets de tempêtes météo marines hivernales avec a minima un levé MNT pré-hivernal et un levé MNT post-

hivernal. Si des fenêtres temporelles le permettent et que le besoin est manifeste, un suivi spécifique pour une tempête individualisée pourra être effectué et souligner les amorces de mouvements de blocs.

La limitation de cette approche réside dans la probabilité que seuls les blocs marqués (de couleur blanche) sont susceptibles d'être identifiés et leurs mouvements quantifiés. Si ces derniers n'ont pas subi de déplacement significatif, il n'est pas garanti que l'analyse puisse être effectuée sur l'ensemble des blocs de couleur homogène et potentiellement non identifiables d'un levé MNT à l'autre, excepté pour une analyse globale de masse. L'approche grande échelle est préférée ici dans un premier temps afin de caractériser les tendances de déplacements, en se focalisant sur les déplacements des blocs marqués.



Figure 4 : photo par drone d'un des blocs carrelés en blanc à droite

Des techniques d'inversion bathymétriques sont en cours de développement afin d'évaluer en complément l'évolution du relief sous-marin (talus de la structure et des blocs submergés en permanence) afin de mieux appréhender les mouvements de masse dans leur ensemble. La limitation actuelle de considération des seules structures émergées contraint la présente étude à une approche grande échelle en se focalisant sur les blocs de rechargement marqués ainsi que sur la stabilité de la structure de l'ouvrage, par analyse différentielle de MNT couplée à de l'interférométrie radar. Cette dernière méthode permet de quantifier les mouvements verticaux de la structure de la digue au fil du temps et ainsi de quantifier son tassement, affaissement ou tout autre déplacement 3D.

L'analyse 3D des images permettrait ainsi une distinction entre mouvement de masse (stabilité de la digue par interférométrie radar) et mouvements individuels (blocs de rechargement par MNT 3D et détection de changement) dont l'analyse sera croisée avec des simulations de modèles hydrodynamiques pour les périodes concernées par les levés drone permettant de mettre en évidence l'impact des houles de tempêtes sur ces déplacements en fonction de l'orientation des houles, de leur hauteur significative et donc de l'énergie de ces houles.

Une opération d'instrumentation de capteurs de pression a été récemment entreprise par le client et l'exploitation de ces données sera croisée avec l'analyse des mouvements afin de mieux comprendre les forces exercées par la houle sur les secteurs instrumentés. L'objectif de ce suivi est de développer un service d'aide à la gestion de maintenance et de rechargement des blocs de protection de la digue. C'est une opération annuelle difficile et onéreuse, qui permettrait d'être optimisée et ainsi d'en réduire les coûts d'entretien.

IV INTERET DE LA SOLUTION

IV.1 AVANTAGES DU RECOURS AU DRONE

Le coût de la prestation par drone est réduit par rapport aux moyens traditionnels terrestres, ainsi que le temps d'acquisition et de restitution des livrables. Outre la rapidité, la valeur ajoutée de la solution drone réside dans l'exhaustivité des données recueillies. Enfin par comparaison à l'avion ou au satellite, seul le drone permet d'atteindre une précision inférieure au centimètre sur ce type d'ouvrage localisé.

Sept blocs de béton de 50 tonnes répartis sur les deux digues sont carrelés pour être facilement repérables par satellite et par imagerie optique aérienne. Les images acquises par ces différents moyens doivent permettre de repérer des failles dans le système de disposition des blocs. Pour l'instant, le rechargement des blocs s'effectue dans le cadre d'un programme curatif de maintenance visant à déposer les blocs au niveau des trouées, représentant une zone d'accumulation préférentielle de l'énergie de la houle susceptible de

fragiliser la structure. A terme, l'intervention récurrente des drones devrait permettre une meilleure compréhension des mouvements exacts des blocs en lien avec les tempêtes hivernales et ainsi rationaliser leur disposition. Les prévisions effectuées concerneront les conséquences des tempêtes hivernales et l'optimisation du programme de rechargement. Les scientifiques cherchent à déterminer la dynamique des blocs de rechargement afin de proposer une approche préventive en optimisant les coûts d'entretien et de maintenance de ces ouvrages de défense marine face aux agents météo-marins.



Figure 4 : le télépilote enclenche le vol automatique

IV.2 REGLEMENTATION

Air Marine applique à ses opérations par drone une approche aéronautique identique à ses opérations de surveillance par avion. Le travail avec des drones civils et leur insertion dans l'espace aérien français est défini par l'arrêté du 11 avril 2012 émis par la Direction Générale de l'Aviation Civile (DGAC). Elle définit des catégories dans lesquels les aéronefs télépilotes rentrent et des scénarios selon lesquels ils sont autorisés à évoluer. Notés du scénario S1 au scénario S4, ils décrivent les limitations de poids, de distance, d'altitude et prévoient des cas particuliers en agglomération ou à proximité de zone aéroportuaire.

IV.3 SECURITE

La surveillance des digues vise à préserver la baie et la sécurité des personnes et bâtiments qui s'y trouvent. Il devient important d'anticiper ces évolutions afin de prendre les mesures préventives et de réduire le risque. Ce sont ces considérations qui préoccupent et motivent la Région et le Conseil Général à poursuivre ces expérimentations sur les digues de Saint Jean de Luz mais aussi l'ensemble des ouvrages de défense marine dont la stabilité et le rôle de protection face aux agents marins représente un enjeu socio-économique considérable.

V CONCLUSIONS

Ce retour d'expérience de suivi d'un ouvrage de défense maritime met en évidence un certain nombre de points. Le premier est l'intérêt de l'utilisation du drone dans la surveillance des mouvements de côté de par sa rapidité d'acquisition et l'exhaustivité du post-traitement des données aériennes. Le deuxième réside dans la meilleure compréhension d'un phénomène naturel grâce aux études scientifiques afin de mieux appréhender les conséquences des tempêtes hivernales sur la dynamique des blocs de protection et ainsi sur la stabilité de la digue. Enfin, l'approche proposée ici propose la fourniture d'un service performant de gestion du risque et de prise de décision de prévention littorale.

On peut espérer qu'à l'avenir l'intégrité des digues sera mieux préservée grâce à une disposition méticuleuse des blocs de bétons qui protègent la baie de l'océan. [Dejeans, 2014]

VI REFERENCES ET CITATIONS

Dejeans A. (2014). – Les digues vues du ciel. *Sud Ouest*.

Jobard Y. (2014). – Relevé topographique par drone. *Cas pratique - Topographie*.

Le Metayer C. (2014). – Notice sur le classement des rendus clients.

Le Metayer C. (2014). – Rapport mission Telespazio Artha - Socoa.

Michalon D. (2014). – Application métier topographie.