

## Vagues extrêmes en milieu côtier, impact et submersion

### 1. Contexte et objectifs généraux

Depuis plusieurs dizaines d'années, la densité de population a considérablement augmenté le long des côtes, et l'on prévoit une accélération de cette tendance dans les décennies à venir (Neumann et al. 2015). Les événements marins extrêmes, tels les vagues de tempête, ont donc des conséquences humaines, environnementales et socio-économiques de plus en plus importantes. Ce constat s'applique tout particulièrement au littoral de la Nouvelle-Aquitaine qui est soumis à des forçages hydrodynamiques (houle et marée) très intenses et est donc sujet à de forts aléas naturels tels que l'érosion côtière et la submersion marine. Ces aléas sont de plus renforcés par l'augmentation du niveau de la mer liée au changement/réchauffement climatique global (cf. Bonneton et al., 2013). Dans ce contexte il est essentiel de disposer d'outils performants pour la mesure et la modélisation des vagues extrêmes et leur impact à la côte.

Si l'on arrive à mesurer et modéliser de façon convenable les propriétés moyennes des vagues en milieu littoral (hors zone de déferlement), le problème est beaucoup plus difficile lorsqu'on s'intéresse à l'élévation maximale de celles-ci, par exemple au sein d'un groupe d'onde. Or ce sont ces vagues «extrêmes» qui vont jouer un rôle critique pour les questions de sécurité de la navigation, les problèmes de franchissement, de submersion et d'érosion dunaire. Les principaux objectifs méthodologiques de ce projet sont de développer :

- des méthodes de mesure innovantes qui permettront une caractérisation précise *in situ*, et par télédétection, des champs de vague très énergétiques : tâche 1
- un modèle instationnaire de propagation des vagues en milieu littoral. Ce modèle, dénommé UHAINA, a vocation à être ouvert à une large communauté : les scientifiques, les gestionnaires des risques côtiers voire même des bureaux d'étude, tout d'abord au niveau de la Nouvelle-Aquitaine puis ensuite plus largement au niveau national et international : tâche 2.

Les outils ainsi développés pourront être appliqués à l'ensemble des problématiques associées aux vagues extrêmes concernant le littoral de la Nouvelle-Aquitaine (submersion, érosion, sécurité de la navigation, ...). Dans le cadre de la tâche 3 de ce projet nous nous focaliserons sur trois applications spécifiques :

- l'impact des vagues extrêmes sur une digue (Saint de Luz)
- les ondes infragravitaires sur plages à pente douce (île d'Oléron)
- la dynamique des vagues au-dessus du récif de Parlementia (Bidart/ Guéthary).

Ces trois sites font déjà l'objet d'études par certains des partenaires de ce projet Région, car ils sont associés à des enjeux côtiers importants. Notre projet Région va permettre une meilleure coordination de ces travaux de recherche, une mutualisation des moyens d'observation et le développement de méthodes de mesure et de modélisation novatrices, adaptées aux problématiques littorales de la Nouvelle-Aquitaine. Notre Région peut s'appuyer sur un ensemble de scientifiques travaillant sur la dynamique des vagues dont l'expertise est reconnue aussi bien au niveau national qu'international. Cette expertise repose sur des compétences complémentaires en océanographie, génie côtier, mécanique des fluides et mathématique. Le présent projet va permettre de renforcer et structurer les échanges interdisciplinaires entre les différentes équipes impliquées.

## 2. Projet de recherche

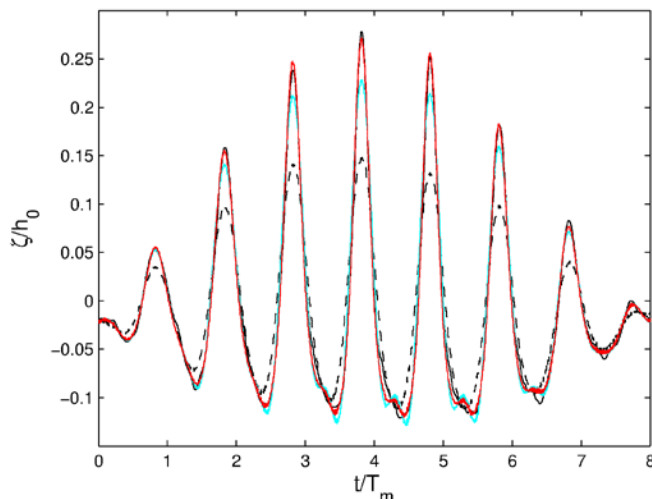
### 2.1 Tâche 1 : Nouvelles méthodes pour la mesure des vagues

La mesure des vagues de fortes amplitudes en milieu littoral est une tâche difficile. Les vagues, à l'approche du rivage, tendent à s'amplifier et leur dynamique devient fortement non-linéaire. Pour mesurer ces ondes très énergétiques on déploie généralement sur le fond marin des capteurs de pression et/ou des profileurs de courant acoustiques. Cependant, les méthodes qui permettent de reconstituer le champ d'élévation des vagues à partir de ces mesures de pression ou de courant, reposent sur des théories linéaires qui sont peu adaptées aux vagues de fortes amplitudes. La tâche 1.1 a pour objectif le développement de méthodes innovantes permettant la reconstruction non-linéaire des vagues. Une approche complémentaire pour mesurer les vagues très énergétiques et éviter les risques d'endommagement des instruments, en particulier lors de tempêtes, est de mettre en œuvre des méthodes de télédétection : tâche 1.2 et tâche 1.3.

#### Tâche 1.1 : Méthode de reconstruction non-hydrostatique du champ de vague

*Bonneton P., Bonneton N., Detandt G., Lannes D., thésard Région/DGA*

Des capteurs de pression, déployés sur les fonds marins, sont utilisés depuis très longtemps pour mesurer la hauteur des vagues. L'intérêt de cette méthode, contrairement aux bouées de surface, est qu'elle est peu couteuse, facile à déployer et qu'elle résiste très bien aux tempêtes. Pour des vagues peu cambrées il existe des méthodes simples et efficaces, basées sur la théorie linéaire non-hydrostatique des vagues, qui permettent de reconstituer le champ de vague à partir de la mesure de la pression. Cependant, lorsque des vagues de fortes amplitudes s'approchent du rivage leur dynamique devient très non-linéaire et les méthodes classiques de reconstruction donnent de mauvais résultats, en particulier en sous-estimant fortement l'élévation maximale des vagues. Par exemple, la fig. 1 montre que dans un groupe d'ondes la méthode classique (courbe bleue) peut sous-estimer l'amplitude maximale de 13%. Des travaux récents (Oliveras et al., 2012 ; Bonneton et Lannes, 2016) ont conduit au développement de méthodes de reconstruction non-hydrostatiques non-linéaires qui permettent une bien meilleure détermination des vagues extrêmes (cf. fig. 1).



**Figure 1 :** Série temporelle de l'élévation  $\zeta$  d'un champ de vagues bichromatique, proche du déferlement, se propageant sur un fond en pente douce. Ligne noire, mesure directe de  $\zeta$  ; ligne tiretée noire, reconstruction hydrostatique ; ligne bleue, méthode classique de reconstruction linéaire à partir de la pression ; ligne rouge, méthode de reconstruction non-linéaire (Bonneton et Lannes, 2016).

Ces méthodes ont jusqu'à présents été validées principalement par des données obtenues dans des canaux à houle. Notre objectif ici est de tester nos méthodes de reconstruction à partir de mesures directes de la surface des vagues en milieu naturel. Ces mesures seront réalisées dans le cadre de campagnes ponctuelles pour des conditions de houle énergétiques mais des situations météorologiques calmes (hors tempête). On s'appuiera sur différentes méthodes : acoustiques (ADCP Signature 1000, Nortek), lidar (cf. Martins et al. 2015), stéréophotogrammétrie (cf. tâche 1.2), ou par réflectométrie GNSS

(cf. tâche 1.3). Cette confrontation avec des mesures directes de la surface libre nous permettra de valider puis d'améliorer nos méthodes de reconstruction non-linéaires. Nous étendrons ensuite ces approches de reconstruction en tenant compte non seulement de la pression mesurée proche du fond mais aussi de mesures co-localisées du champ de vitesse.

## Tâche 1.2 : Télédétection optique par station fixe et drone

*Marieu V., Brodu N., Castelle B., Detandt G., Guillot B., thésard Région/DGA*

Le littoral est un environnement énergétique, meuble, soumis à des événements extrêmes qui sont souvent les plus morphogènes et dont les impacts sont les plus importants en termes d'érosion et de submersion. Dans ces conditions extrêmes la plupart des capteurs *in situ* ne sont plus en état de fonctionner. Il est donc essentiel de développer des méthodes de télédétection permettant de quantifier finement la transformation complexe des vagues et des courants. L'imagerie vidéo par stations fixes (2 caméras synchronisées espacées de quelques mètres et visant la même zone) a le potentiel de produire une reconstruction à haute fréquence et haute résolution de la surface libre par la stéréophotogrammétrie, y compris en cas de tempêtes. Cette technique a déjà été utilisée avec succès dans la zone de surf externe, pour des conditions de vagues peu énergétiques et avec une couverture spatiale limitée (e.g. de Vries et al., 2011). Il s'agira d'adapter cette approche à toute la zone de déferlement jusqu'au jet de rive impactant le haut de plage.

Cette approche sera complétée par une estimation à haute résolution spatiale et temporelle des courants de surface. Les méthodes jusqu'ici développées donnent des résultats peu satisfaisants et/ou le long d'un seul profil (e.g. Almar et al., 2016), mais les récentes avancées réalisées par la communauté « analyse d'image » (e.g. basés sur l'analyse multifractale, Badri et al. 2014) ouvrent de nouvelles perspectives qui seront explorées. De plus nous avons récemment développé une méthode automatisée d'ortho-rectification des images permettant de couvrir une vaste zone par drone. Lorsque les conditions de vent local le permettent, ces mesures pourront être utilisées pour analyser les liens entre des vagues très énergétiques et les courants de surface induits. Il faut en effet préciser que des vagues extrêmes peuvent être observées à la côte avec du vent faible, comme ce fut par exemple le cas le 7 janvier 2014 avec la tempête Hercules qui causa une érosion massive des dunes en Aquitaine (Castelle et al., 2015), ainsi que de la submersion marine dans le Pays Basque. Nos différentes approches seront validées avec des mesures obtenues précédemment par EPOC et seront complétées par des mesures collectées en Tâche 3.



**Figure 2** : Photo d'un courant de baine prise par drone (EPOC). L'animation vidéo de ce courant de baine par notre méthode automatique d'ortho-rectification est consultable sur <http://www.epoc.u-bordeaux.fr/indiv/Castelle/index.php?page=4&lang=eng>.

## Tâche 1.3 : Altimétrie radar et GNSS et imagerie SAR pour le suivi de la surface libre

*Frappart F., Ballu V., Testut L., Darrozes J., Ramillien G., Lestarquit L.*

Les techniques d'observation spatiales ont démontré un fort potentiel pour la détermination des niveaux moyens des mers et des vagues, en particulier à partir des observations radar. Quatre techniques différentes seront utilisées dans ce projet sur le site de Parmentia (cf. tâche 3.3) : i) le

positionnement classique par GNSS (GPS, GLONASS, Galileo, COMPASS), ii) la réflectométrie GNSS, iii) l'imagerie SAR à haute résolution et iv) l'altimétrie satellitaire.

- i. Une bouée équipée d'un récepteur GNSS, au large du récif de Parmentia, renseignera sur l'état de mer (niveau moyen et vagues) avant la zone de déferlement (cf. Bouin et al., 2009a ; b; Fund et al., 2013; Frappart et al., 2015a). Une ou plusieurs bouées équipées d'un récepteur GNSS effectuant des acquisitions à haute fréquence (<1 Hz), permettront de caractériser les hauteurs de vague (cf. Frappart et al., 2016).
- ii. En parallèle, un suivi de la zone d'étude sera réalisé par réflectométrie GNSS au moyen de récepteurs mono et double antennes. La réflectométrie GNSS (GNSS-R) consiste à récupérer en continu les signaux électromagnétiques émis par les ~90 satellites GPS/GLONASS/Galileo/COMPASS, à la fois directement et après réflexion à la surface de la Terre, généralement au niveau de l'interface air/eau (cf. Motte et al., 2016). Pour ce faire, deux types de récepteur sont utilisés soit un récepteur GNSS classique mono-antenne dont le rapport signal sur bruit contenu dans les fichiers RINEX est analysé (GNSS-R par analyse du rapport signal sur bruit); soit un récepteur spécifique bi-antenne capable d'acquérir les formes d'ondes des signaux GNSS réfléchis (GNSS-R par analyse des formes d'onde). Ces deux méthodes de réflectométrie présentent différents avantages et inconvénients :

Avantages		Inconvénients	
Mono-antenne	Bi-antennes	Mono-antenne	Bi-antennes
mesures à haute fréquence (→ 50 Hz)	mesures à haute fréquence (→ 100 Hz)	Limitation théorique de la hauteur d'antenne à 150m	-
Facilité de déploiement	Facilité de déploiement	Sensible aux perturbations des antennes de radiocommunication si elles sont trop proches	Sensible aux perturbations des antennes de radiocommunication si elles sont trop proches
Coût moyen	Altimétrie très précise (Lestarquit et al., 2016)	Précision altimétrique plus faible	Coût élevé
Faible quantité de données à traiter	Peut-être embarqué sur drone ou avion ou sur satellite	Complexité des traitements	Grande quantité de données (30s - 2Go)
Spatialisation du niveau moyen (Roussel, 2015) (set-down, set-up et marée)	Altimétrie des champs de vagues mais aussi des marées		
Temps réels possible	Permet plus facilement d'établir des systèmes d'alerte aux surcotes marines	Ne permet de suivre qu'une faible aire autour de l'antenne ; au maximum avec une antenne 150m on surveillera une zone de ~10 km de rayon	Post-traitement long
Suivi possible de la morphologie côtière et des bancs sableux	Suivi possible de la morphologie côtière et des bancs sableux		

- iii. Les champs de courant et de vague seront également caractérisés au moyen des images SAR de Sentinel-1A (lancé en avril 2014) et Sentinel-1B (lancé en avril 2016) acquises en mode vague tous les 5 jours, et à 20 m de résolution spatiale. Des inter-comparaisons des différentes techniques RADAR (réflectométrie, imagerie SAR et altimétrie) seront effectuées ainsi que des comparaisons avec les autres techniques de mesure (imagerie optique, mesures in-situ de houle et marée, ...).
- iv. Les données altimétriques des missions Cryosat-2, en orbite depuis 2010, et Sentinel-3B, dont le lancement est prévu en 2017, serviront à caractériser le niveau moyen et la hauteur significative des vagues le long des traces passant sur et au large de la zone d'étude. Une analyse

climatologique de ces deux paramètres sera également effectuée sur les 20 ans de données disponibles à partir des données d'anciennes missions ERS-2 (1996-2003), ENVISAT (2002-2012), SARAL (2013-2015) Ces données seront mises à disposition par le SNO CTOH (LEGOS-OMP) et traitées au moyen du logiciel MAPS développé conjointement par EPOC et le GET-OMP (Frappart et al., 2015b).

## 2.2 Tâche 2 : Modélisation instationnaire des vagues : code UHAINA

*Bonneton P., Delmas S, Lannes D., Marche F., Pedreros R., Ricchiuto M., Perrier V., Post-doc Région/BRGM, Thésard Région/DGA*

Depuis une dizaine d'années une collaboration interdisciplinaire étroite s'est développée sur la modélisation des vagues à résolution de phase entre les laboratoires Bordelais EPOC, IMB et INRIA et le laboratoire Montpelliérain IMAG. L'originalité de notre démarche a été d'avancer conjointement aussi bien sur des questions théoriques (ex. : Lannes and Bonneton, 2009), numériques (ex. : Marche et al., 2007, Bonneton et al., 2011, Ricchiuto and Filippini, 2014, Kazolea et al., 2014, Lannes and Marche, 2015, Duran and Marche, 2015, Filippini et al., 2016) qu'océanographiques (ex. : Tissier et al., 2011, Tissier et al., 2012). Ces travaux interdisciplinaires, soutenus par l'ANR et le programme LEFE de l'INSU, ont été largement reconnus par la communauté scientifique internationale. Les outils numériques que nous avons développés, principalement dans une optique de recherche amont, ont aussi été utilisés par des organismes travaillant sur la gestion des risques côtiers, tels que le BRGM (France) ou CIGIDEN (Chili), pour des applications sur des événements de submersions liés aux tempêtes (ex : Projet JOHANNA : *Vers une prédiction des coûts et dommages liés aux submersions marines et aux vagues lors des tempêtes*, Le Roy et al., 2014). Devant les sollicitations pour utiliser nos outils de simulation, venant de laboratoires de recherche ou d'organismes travaillant sur les risques côtiers, il nous a paru nécessaire d'adopter une nouvelle stratégie de développement pour élaborer un code de vague véritablement opérationnel qui puisse être ouvert à une large communauté d'utilisateurs.

Notre projet est donc de développer un code de vague opérationnel s'appuyant sur les méthodes novatrices que nous avons conçues ces dernières années. Ce code, que nous avons nommé UHAINA, doit permettre de décrire les transformations des vagues en milieu littoral (zones de levée, surf et *swash*), les phénomènes de franchissement et d'inondation qui interviennent durant les événements de forte tempêtes ou les tsunamis. Le développement du code UHAINA a débuté en janvier 2016 grâce au recrutement en CDD d'un ingénieur de recherche (Simon Delmas). Ce CDD a été financé en 2016 par l'IDEX de Bordeaux (Cluster CPU et LABEX COTE) et il sera poursuivi en 2017 avec le soutien du CNRS. L'objectif de la tâche 2 de ce projet Région est de poursuivre ce travail afin d'aboutir à un code de calcul communautaire et open source qui permette d'allier efficacité et facilité d'installation, d'utilisation et de mise en œuvre de nouveaux cas d'application. Le post-doc REGION/BRGM qui sera recruté jouera un rôle central dans le développement du code UHAINA.

Afin d'obtenir une modélisation pertinente des processus fortement non-linéaires liés aux vagues de tempêtes, notre approche reposera sur les équations 2DH fortement non-linéaires et faiblement dispersives de *Serre / Green-Naghdi* (cf. Lannes and Bonneton, 2009), nommées SGN dans la suite. Les applications sur les vagues extrêmes en milieu côtier peuvent nécessiter d'utiliser un très grand nombre d'éléments de maillages pour obtenir la résolution nécessaire (jusqu'à  $10^8$  éléments). De tels ordres de grandeurs rendent les simulations numériques basées sur les équations SGN très coûteuses, puisqu'elles nécessitent de résoudre des systèmes linéaires dimensionnés par le nombre total de degrés de liberté à chaque itération en temps afin de prendre en compte les effets de dispersion. Pour surmonter cette difficulté, nous proposons de baser UHAINA sur une nouvelle formulation des équations SGN (cf. Lannes and Marche, 2015). La particularité de ces équations est de reposer sur un opérateur régularisant d'ordre deux qui ne dépend pas du temps, contrairement aux équations classiques, ce qui permet d'un point de vue numérique d'assembler et de factoriser la matrice correspondante une fois pour toute dans une étape de pré-processing, au lieu de la reconstruire à chaque pas de temps comme pour les équations classiques.

Sur le plan numérique le code s'appuiera sur l'utilisation de méthodes d'ordre élevé performantes, à capture de choc et équilibrées (préservant certaines familles d'états stationnaires, voir par exemple Xing and Zhang, 2013, Duran and Marche, 2014 et Xing, 2014) et sur une description des fronts d'onde en zone de surf par la théorie des chocs. La prise en compte précise et adaptée de bathymétries complexes nécessite l'utilisation de maillages non-structurés arbitraires (triangles et

quadrangles). Nous avons fait le choix de mettre en œuvre une approche de type Eléments Finis de *Galerkin* Discontinus (DG), plutôt qu'une méthode Volumes-Finis (FV). En effet une résolution correcte des effets dispersifs nécessite des méthodes d'ordre spatial élevé (typiquement  $\geq 3$ ) qui sont plus difficiles à implémenter en VF non-structurés, en particulier dans un cadre de calcul massivement parallèle. En revanche, les méthodes DG permettent une montée en ordre de façon plus simple et sont adaptées au parallélisme grâce à la localité inhérente de ces méthodes.

Pour garantir de hautes performances d'exécution parallèle, en permettant aux utilisateurs et développeurs du modèle de se concentrer sur les aspects liés à la physique et aux méthodes numériques, nous avons choisi de construire UHAINA à partir de la bibliothèque AeroSol développée par les équipes Inria CAGIRE et CARDAMOM. AeroSol est une bibliothèque moderne implémentée en C++ permettant la résolution d'équations aux dérivées partielles avec des méthodes éléments finis (continus ou discontinus) d'ordre arbitraire, sur maillages courbes non-structurés hybrides.

La composante modélisation de notre projet (tâche 2) a aussi été soumise au programme LEFE/MANU de l'INSU afin d'obtenir un soutien financier pour les dépenses de fonctionnement (porteur du projet : Fabien Marche).

Les différentes sous-tâches du projet sont décrites ci-dessous.

### Tâche 2.1 - Partie hyperbolique

Nous utiliserons une formulation des équations de SGN qui peut s'écrire en 2 phases : une phase hyperbolique (non-dispersive) et une phase elliptique (dispersive). La partie hyperbolique des équations de SGN se réduit au système Saint-Venant (SV dans la suite). La formulation retenue est la formulation «pre-balanced » proposée dans Liang and Marche (2009) qui permet de préserver un état stationnaire au repos en présence de gradient de bathymétrie. La positivité de la solution sera assurée à l'aide de la méthode proposée dans Zhang and Shu (2010). A l'ordre élevé, il est aussi nécessaire de stabiliser le schéma en présence de discontinuités. Pour cela, nous mettrons en œuvre des techniques adaptées de Guermond et al., (2011) en ajoutant localement un terme de viscosité artificielle proportionnel au résidu de l'entropie du système. L'utilisation d'un terme dissipatif à la ligne d'eau peut également permettre d'améliorer la robustesse de la méthode au voisinage des singularités lors de la montée en ordre. L'essentiel du développement de cette première partie a déjà été réalisé par Simon Delmas, recruté en CDD comme ingénieur de recherche en janvier 2016.

### Tâche 2.2 - Prise en compte des effets dispersifs

La prise en compte des effets dispersifs s'effectuera par l'ajout d'un terme source additionnel dans l'équation de conservation de la quantité de mouvement précédente, obtenu comme solution d'un problème elliptique linéaire du second ordre. Ce problème elliptique, qui peut aussi être interprété comme un problème de réaction-diffusion-advection non-homogène, fait intervenir un opérateur auto-adjoint de type « div-grad ». En particulier, on peut montrer qu'il permet d'obtenir une forme variationnelle coercive (cf. Alvarez-Samaniego and Lannes, 2008 pour des conditions aux bords périodiques ou homogènes), ce qui permet de construire des formulations discrètes de type éléments finis classique stabilisés (*Galerkin* continu), comme effectué par exemple dans Filippini et al., (2016). La résolution de cette étape elliptique peut également se faire pour un ordre de précision spatiale arbitraire.

### Tâche 2.3 - Prise en compte du déferlement

Une détection préliminaire des fronts potentiellement déferlants sera obtenue en calculant, dans chaque élément, la variation temporelle de l'entropie mathématique. A partir de critères physiques proposés successivement dans Tissier et al. (2012), Kazolea et al. (2014) et Bacigaluppi et al. (2014), on déterminera si ces éléments sont bien associés ou non à des fronts déferlants. En cas de déferlement, on négligera localement le terme dispersif dans les équations SGN et le front d'onde sera alors traité comme un choc hyperbolique.

### Tâche 2.4 - Validation, optimisation et diffusion du code

La validation du code sera effectuée au travers un *benchmarking* intensif et des comparaisons systématiques avec nos divers codes de recherches disponibles et déjà validés (tels GN2D dans Lannes and Marche (2015), WaveBox dans Duran and Marche (2016), Slow dans Filippini et al. (2016)), ainsi qu'avec d'autres codes de référence tels FUNWAVE-TVD.

Il sera également nécessaire d'évaluer les performances de UHAINA sur des cas très couteux en temps calcul et mémoire, afin de quantifier les performances obtenues en terme de parallélisme. Diverses stratégies d'optimisation seront ensuite naturellement étudiées, en utilisant les outils de profilage et de diagnostic disponibles, afin d'identifier les *bottleneck* présents.

A ce stade, la version 1.0 de UHAINA pourra être diffusée à nos partenaires universitaires Régionaux ainsi qu'à des organismes chargés de la prévision des risques (BRGM et CIGIDEN Chili) afin d'obtenir des retours d'expérience, qui seront pris en compte pour améliorer l' « expérience utilisateur » et garantir la pertinence d'UHAINA pour un usage opérationnel.

### Tâche 2.5 - Simulations des trois cas d'application de la tâche 3

Les potentialités du modèle UHAINA à simuler correctement la propagation de vagues énergétiques et de leur impact sur le littoral de la Nouvelle-Aquitaine seront évaluées à partir des observations obtenues pour les trois applications de la tâche 3. Ces différentes applications permettront de tester la capacité de UHAINA à simuler les vagues dans des configurations très différentes : impact et franchissement de digue ayant une forte pente (tâche 3.1), génération et transformation d'ondes infragravitaires énergétiques sur fond sableux à pente douce (tâche 3.2) et déferlement et circulation induite sur des récifs rocheux localisés (tâche 3.3).

## **2.3 Tâche 3 : Applications au littoral de la Nouvelle-Aquitaine**

Le champ d'application des méthodes de mesures (tâche 1) et de modélisation (tâche 2) développées dans ce projet, pour des problématiques concernant le littoral de la Nouvelle-Aquitaine, pourra dans l'avenir être très large (submersion, érosion, sécurité de la navigation, ...). Dans le cadre de ce projet nous nous focaliserons sur trois applications particulières. La première concerne l'impact de vagues extrêmes sur une digue et fait déjà l'objet de mesures dans le cadre d'un projet Interreg (POCTEFA MAREA), la seconde porte sur les ondes infragravitaires de très fortes amplitudes qui se forment au sud de l'île d'Oléron, sujet en partie abordé dans le cadre du projet de Chaire Régionale EVEX, et la troisième sur la dynamique des vagues au-dessus d'un récif rocheux. Sur ces applications et en particulier sur la tâche 3.3 nous interagissons avec le Shom (T. Garlan) dans le cadre de son futur projet d'étude amont MEPELS.

### Tâche 3.1 : Impact des vagues extrêmes sur une digue (Saint de Luz)

*Abadie S., Larroque B. + chercheurs des tâches 1 et 2*

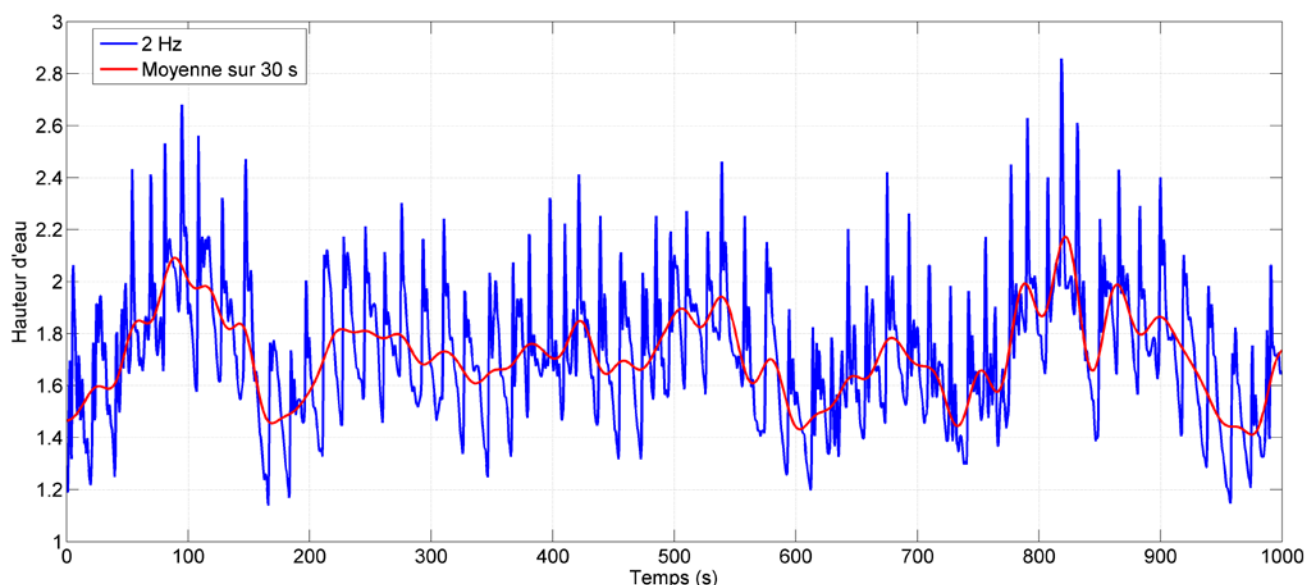
Le phénomène d'impact des vagues sur un mur vertical est un processus complexe qui nécessite une description très fine et précise de la surface libre. Cette complexité est renforcée lorsqu'on s'intéresse à un ouvrage réel tridimensionnel, protégé par un ensemble de blocs de carapace en béton. La détermination des pressions d'impact est pourtant cruciale pour dimensionner ces ouvrages. Les mesures de pression d'impact sur site sont très rares (De Rouville et al. 1938 et Bird et al. 1998), compte tenu de l'agressivité du milieu environnant. Depuis 2015, l'UPPA réalise des mesures de pression à très haute fréquence (5kHz) en 2 points sur le musoir de la digue de l'Artha qui protège la baie de Saint Jean de Luz. Dans le cadre du présent projet on se propose de compléter ces mesures en construisant un réseau plus dense de capteurs de pression sur la paroi verticale de la digue. On souhaite également mesurer la houle incidente et réfléchiée au voisinage de l'ouvrage (sachant qu'un houlographe directionnel est déjà présent dans -20m de fond au large de l'ouvrage) par mesure de pression classique ainsi qu'en effectuant une mesure directe de la surface libre (Signature 1000, Nortek). Les méthodes de reconstruction non hydrostatiques de la surface libre (tâche 1.1) seront évaluées au voisinage de la digue. Cette campagne de mesures sera réalisée en 2018. Les données obtenues permettront de qualifier les performances du modèle UHAINA (tâche 2) au voisinage d'un ouvrage côtier réel.

### Tâche 3.2 : Ondes infragravitaires sur plages à pente douce (île d'Oléron)

*Bertin X. + chercheurs des tâches 1 et 2*

L'érosion des côtes sableuses est un problème global et concerne une part importante des littoraux de la Région Nouvelle-Aquitaine. Les plages du sud-ouest de l'île d'Oléron correspondent vraisemblablement au secteur le plus touché, avec des taux de recul de l'ordre de 30 m/an au cours de

la dernière décennie. Alors que les mécanismes responsables de ces évolutions à long-terme sont en cours d'analyse au laboratoire LIENSs dans le cadre du projet de Chaire Régionale EVEX, une campagne de terrain préliminaire a montré qu'à court terme, l'hydrodynamique de ces plages était dominée par les ondes infra-gravitaires (IG). Les ondes IG correspondent à des ondes longues de période de l'ordre de la minute et liées à la présence de groupes dans les vagues incidentes. Cette campagne a également montré que le mécanisme de génération par ondes liées (*bound wave*) était particulièrement actif du fait de la pente très faible du fond, ce qui permettait aux ondes IG d'atteindre des niveaux d'énergie inédits dans la littérature (figure 3). Enfin, nos résultats préliminaires suggèrent que la majeure partie de l'énergie associée aux ondes IG est dissipée par déferlement bathymétrique à proximité du rivage.



**Figure 3** : Série temporelle de hauteur d'eau mesurée à 2Hz (bleu) et filtrée à 30 s (rouge) à la plage de St Trojan en avril 2015, montrant la propagation d'ondes IG atteignant 0.8 m alors que la hauteur significative des ondes incidentes était de l'ordre de 2.0 m.

Afin de mieux comprendre les mécanismes de génération des ondes IG, leurs transformations au travers de la zone de déferlement et leurs impacts sur la dynamique sédimentaire, une campagne de mesure sera réalisée au sud-ouest de l'île d'Oléron lors de l'hiver 2017-2018 en présence de vagues énergétiques. Les parcs instrumentaux des laboratoires LIENSs et EPOC (capteurs de pressions, profileurs de courant, courantomètres, turbidimètres, altimètres, etc.) seront mutualisés afin de mesurer les ondes IG avec une résolution spatiale bien supérieure à ce qui a été réalisé jusqu'ici par le laboratoire LIENSs. Les méthodes développées en Tâche 1.2 seront également appliquées à cette expérience, notamment à des fins de validation. Les observations de terrain seront reproduites et analysées par modélisation numérique, en comparant une approche à résolution de phase, avec l'outil UHAINA décrit plus haut, et une approche à phase moyennée avec l'outil SCHISM en développement au LIENSs (e.g. Guérin et al., 2016). L'analyse des données de terrain et des résultats numériques devrait permettre de mieux comprendre les mécanismes de génération et de dissipation des ondes IG ainsi que leur rôle dans l'érosion catastrophique de ce secteur.

### Tâche 3.3 : Dynamique des vagues au-dessus du récif de Parliamentia (Bidart/Guéthary)

*Castelle B., Pedreros R., Le Roy S., Garlan T. + chercheurs des tâches 1 et 2*

Il existe de nombreuses situations où la bathymétrie varie fortement dans la direction transverse à celle de la propagation des vagues. Dans ce cas la dynamique des vagues et la circulation qu'elles induisent deviennent très complexes. C'est ce que l'on observe par exemple lorsque les vagues se propagent sur un récif rocheux comme celui de Parliamentia situé entre Bidart et Guéthary. L'énergie des vagues va être concentrée par réfraction sur le récif et donner lieu à une zone localisée de déferlement (cf. Fig. 4). Cette variation transverse de la dissipation d'énergie des vagues par déferlement va induire une variation transverse du niveau moyen du plan d'eau (setdown/setup) et des cellules de circulation (Bonneton et al., 2010, Bruneau et al. 2011, Castelle et al., 2016). Afin de mieux comprendre la



dynamique de ce type d'écoulement nous allons réaliser une campagne de mesure de 2 semaines sur la zone de Parlementia (cf. Fig. 4) lors de l'hiver 2018-2019, zone présentant un récif qui nous permettra de s'affranchir du fond meuble des littoraux sableux. Cette campagne s'appuiera sur l'ensemble des méthodes développées dans la tâche 1. La base de données ainsi acquise permettra d'évaluer la capacité du modèle Uhaina à reproduire la propagation et le déferlement de vagues au-dessus de récifs localisés. La caractérisation de la surface libre et des circulations à haute résolution spatiale et temporelle sera obtenue à la fois par télédétection optique (drone et station fixe, tâche 1.2) et par altimétrie GNSS et imagerie SAR (cf. tâche 1.3). Comme les circulations seront induites au-dessus d'un fond fixe mesuré finement, il sera alors possible en combinant avec la modélisation numérique de déterminer le rôle de la variabilité spatiale et temporelle du déferlement bathymétrique sur la dynamique de la vorticité en domaine littoral, cette dynamique étant essentielle, par exemple, pour la sécurité de la baignade ou les échanges hydro-sédimentaires entre les franges littorales et le plateau interne.



**Figure 4** : Site d'étude centré sur le récif rocheux de Parlementia, situé entre Bidart et Guéthary.

## **Bibliographie**

- Almar, R., Larnier, S., Castelle, B., Scott, T., Floch, F., Lefebvre, J.-P., Houngue, G.-H., Laibi, R. (2016). On the use of the Radon transform to estimate longshore currents from video imagery. *Coast Eng.* **114** : 301-308.
- Alvarez-Samaniego, B. and Lannes, D. (2008). A Nash-Moser theorem for singular evolution equations. Application to the Serre and Green-Naghdi equations. *Indiana Univ. Math. J.*, 57:97–131.
- Badri, H., Yahia, H., Daoudi, K. (2014). Fast and Accurate Texture Recognition with Multilayer Convolution and Multifractal Analysis, in Proc. European Conference on Computer Vision, pp 505-519.
- Bacigaluppi, P., Ricchiuto, M., and Bonneton, P. (2014). Upwind stabilized finite element modelling of non-hydrostatic wave breaking and run-up. Research Report RR-8536.
- Bird, P.A.D., A.R. Crawford, P.J. Hewson, G.N. Bullock, (1998). An instrument for field measurement of wave impact pressures and seawater aeration. *Coastal Engineering* , 35, 103–122
- Bonneton, P., Bruneau, N., Marche, F. and Castelle, B. 2010 Large-scale vorticity generation due to dissipating waves in the surf zone. *DCDS-B*, **13**(4), 729-738, doi:10.3934/dcdsb.2010.13.729.
- Bonneton, P., Chazel, F., Lannes, D., Marche, F. and Tissier, M. (2011). A splitting approach for the fully nonlinear and weakly dispersive Green-Naghdi model. *J. Comput. Phys.*, **230** (4), 1479–1498, doi:10.1016/j.jcp.2010.11.015.
- Bonneton, P., Abadie, S., Castelle, B., Favennec, J., Mallet, C., Sottolichio, A. (2013). Modification du littoral. Chapitre 6.1 du livre *Les impacts du changement climatique en Aquitaine : Un état des lieux scientifique* (Hervé le Treut). Presses universitaires de Bordeaux.
- Bonneton, P. and Lannes, D. (2016). On the recovery of the water wave field from pressure measurements. Submitted to *J. Fluid Mech.*
- Bouin MN, Ballu V, Calmant S, Pelletier B, 2009a, Improving resolution and accuracy of Mean Sea Surface from kinematic GPS, Vanuatu Subduction Zone. *Journal of Geodesy*, doi : 10.1007/S00190-009-0320-7.
- Bouin MN, Ballu V, Calmant S, Pelletier B, Ammann J, Bore J-M, Folcher E, 2009b, Methodology of kinematic GPS experiment for local sea surface mapping, Vanuatu. *Journal of Geodesy*, doi : 10.1007/S00190-009-0338-x.
- Bruneau, N., Bonneton, P., Castelle, B. and Pedreros R. 2011. Modeling rip current circulations and vorticity in a high-energy meso-macrotidal environment. *J. Geophys. Res.*, **116**, C07026, doi:10.1029/2010JC006693
- Castelle, B., Scott, T., Brander, R.W., McCarroll, R.J., 2016. Rip current types, circulation and hazard. *Earth Science Reviews*. 163, 1-21.
- Castelle, B., Marieu, V., Bujan, S., Splinter, K.D., Robinet, A., Sénéchal, N., Ferreira, S. (2015). Impact of the winter 2013-2014 series of severe Western Europe storms on a double-barred sandy coast: beach and dune erosion and megacusp embayments. *Geomorphology*, 238, 135-148.
- Cienfuegos, R., Barthelemy, E., and Bonneton, P. (2010). A wave-breaking model for Boussinesq-type equations including mass-induced effects. *J. Wtrwy. Port Coast. and Oc. Engrg.*, 136:10–26.
- De Rouville, A., P Besson, and P Petry. Etat actuel des études internationales sur les efforts dus aux lames. 1938.
- De Vries, S., Hill, D.F., de Schipper, M.A., Stive, M.J.F. (2011). Remote sensing of surf zone waves using stereo imaging. *Coast. Eng.*, **58**: 239-259.
- Duran, A. and Marche, F. (2014). Recent advances on the discontinuous Galerkin method for shallow water equations with topography source terms. *Comput. Fluids*, 101:88– 104.
- Duran, A. and Marche, F. (2015). Discontinuous-Galerkin discretization of a new class of Green-Naghdi equations. *Commun. Comput. Phys.*, 17(3):721–760.
- Duran, A. and Marche, F. (2016). A discontinuous Galerkin method for a new class of Green-Naghdi equations on unstructured simplicial meshes. preprint.
- Frappart F., Roussel N., Biancale R., Martinez Benjamin J.J., Mercier F., Pérosanz F., Garate Pasquin J., Martin Davila J., Perez Gomez B., Gracia Gomez C., Lopez Bravo R., Tapia Gomez A., Gili Ripoll J., Hernandez Pajares M., Salazar Lino M., Bonnefond P., Valles Casanova I. (2015a). The 2013 Ibiza calibration campaign of Jason-2 and Saral altimeters, *Marine Geodesy*, 38(S1), 219-232, doi:10.1080/01490419.2015.1008711.
- Frappart F., Papa F., Marieu V., Malbêteau Y., Jordy F., Calmant S., Durand F., Bala S. (2015b). Preliminary assessment of SARAL/AltiKa observations over the Ganges-Brahmaputra and Irrawaddy Rivers, *Marine Geodesy*, 38(S1), 568-580, doi:10.1080/01490419.2014.990591.
- Frappart, F., Roussel, N., Darrozes, J., Bonneton, P., Bonneton, N., Detandt, G., Perosanz, F. and Loyer, S. 2016. High rate GNSS measurements for detecting non-hydrostatic surface wave. Application to tidal bore in the Garonne River. *European Journal of Remote Sensing*. **49**, 917-932. doi: 10.5721/EuJRS20164948
- Fund F., Perosanz F., Testut L., Loyer S. (2013). An Integer Precise Point Positioning technique for sea surface observations using a GPS buoy. *Advances in Space Research*, 51 (8), 1311-1322.
- Guerin, T., Bertin, X., Dodet, G., 2016. A numerical scheme for coastal morphodynamic modelling on unstructured grids. *Ocean Modelling*, 104, pp. 45-53.
- Guermond, J. L., Pasquetti, R., & Popov, B. (2011). Entropy viscosity method for nonlinear conservation laws. *Journal of Computational Physics*, **230**(11), 4248-4267.

- Filippini, A., Kazolea, M., and Ricchiuto, M. (2016). A flexible genuinely nonlinear approach for wave propagation, breaking and runup. *J. Comput. Phys.*, **310**:381-417.
- Kazolea, M., Delis, A., and Synolakis, C. (2014). Numerical treatment of wave breaking on unstructured finite volume approximations for extended Boussinesq-type equations. *J. Comput. Phys.*, **271**:281–305.
- Lannes, D. and Bonneton, P. (2009). Derivation of asymptotic two- dimensional time-dependent equations for surface water wave propagation. *Physics of fluids*, **21**:016601.
- Lannes, D. and Marche, F. (2015). A new class of fully nonlinear and weakly dispersive Green-Naghdi models for efficient 2d simulations. *J. Comput. Phys.*, **282**:238–268.
- Le Roy, S., Pedreros, R., Andr e, C., Paris, F., Lecacheux, S., Marche, F., and Vinchon, C. (2014). Coastal flooding of urban areas by overtopping: dynamic modelling application to the Johanna storm (2008) in Gavres (France). *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, **15**:2497–2510.
- Lestarquit L., Peyrezabes M., Darrozes J., Motte E., Roussel N., Wautelet G., Frappart F., Ramillien G., Biancale R., Zribi M. (2016). Reflectometry with an open-source Software GNSS Receiver. Use Cases with Carrier Phase Altimetry, *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, doi: 10.1109/JSTARS.2016.2568742.
- Liang, Q. and Marche, F. (2009). Numerical resolution of well-balanced shallow water equations with complex source terms. *Advances in Water Resources*, **32**(6):873 – 884.
- Lv, Y., & Ihme, M. (2015). Entropy-bounded discontinuous Galerkin scheme for Euler equations. *Journal of Computational Physics*, **295**, 715–739.
- Marche, F., Bonneton, P., Fabrie, P., and Seguin, N. (2007). Evaluation of well- balanced bore-capturing schemes for 2d wetting and drying processes. *Internat. J. Numer. Methods Fluids*, **53**(5):867–894.
- Martins, K., Blenkinsopp, C. E., & Zang, J. (2015). Monitoring individual wave characteristics in the inner surf with a 2-Dimensional laser scanner (LiDAR). *Journal of Sensors*, **2016**.
- Motte E., Egido A., Roussel N., Boniface K., Frappart F. (2016). Applications of GNSS-R in continental hydrology. In Baghdadi N., Zribi M. (Eds.), *Land Surface Remote Sensing in Continental Hydrology*, 281-321, Elsevier, Amsterdam, Nederland, doi: 10.1016/B978-1-78548-104-8.50009-7.
- Neumann, B., Vafeidis, A. T., Zimmermann, J., & Nicholls, R. J. (2015). Future coastal population growth and exposure to sea-level rise and coastal flooding-a global assessment. *PloS one*, **10**(3), e0118571.
- Oliveras, K. L., Vasan, V., Deconinck, B., & Henderson, D. (2012). Recovering the water-wave profile from pressure measurements. *SIAM Journal on Applied Mathematics*, **72**(3), 897-918.
- Ricchiuto, M. and Filippini, A. (2014). Upwind Residual discretization of enhanced Boussinesq equations for wave propagation over complex bathymetries. *J. Comput. Phys.*, **271**:306–341.
- Roussel N., Ramillien G., Frappart F., Darrozes J., Gay A., Striebig N., Biancale R., Hanquiez V., Allain D. (2015). A GNSS-based alternative to classical tide-gauge to estimate sea-level variations. *Remote Sensing of Environment*, **171**, 261-277, doi:10.1016/j.rse.2015.10.011.
- Tissier, M., Bonneton, P., Marche, F., Chazel, F., and Lannes, D. (2010). Serre- Green-Naghdi modelling of wave transformation, breaking and run-up using a high-order Finite- Volume Finite-Difference scheme. In Smith, J. and Lynett, P., editors, *Proceedings of the 32th International Conference on Coastal Engineering, ICCE 2010*.
- Tissier, M., Bonneton, P., Marche, F., Chazel, F., and Lannes, D. (2011). Nearshore dynamics of tsunami-like undular bores using a fully nonlinear Boussinesq model. *J. Coastal Res.*, **SI 64**:603–607.
- Tissier, M., Bonneton, P., Marche, F., Chazel, F., and Lannes, D. (2012). A new approach to handle wave breaking in fully non-linear Boussinesq models. *Coastal Engineering*, **67**:54– 66.
- Wei, G., Kirby, J., and Sinha, A. (1999). Generation of waves in Boussinesq models using a source function method. *Coastal Engineering*, **36**(4):271–299.
- Xing, Y. and Zhang, X. (2013). Positivity-preserving well-balanced discontinuous Galerkin methods for the shallow water equations on unstructured triangular meshes. *J. Sci. Comput.*, **57**:19–41.
- Xing, Y. (2014). Exactly well-balanced discontinuous Galerkin methods for the shallow water equations with moving water equilibrium. *J. Comput. Phys.*, **257**:536–553.

### 3. Coordination et calendrier

Le projet est structuré autour de trois tâches principales (cf. fig 5). Les deux premières, tâche 1 (mesure des vagues) et tâche 2 (modélisation des vagues) portent principalement sur des développements méthodologiques. Ces travaux serviront à répondre aux questions, concernant la dynamique des vagues extrêmes et leur impact sur le littoral de la Nouvelle-Aquitaine, qui seront abordées dans la tâche 3. Pour cette dernière les campagnes de mesure seront réalisées lors de l'hiver 2017-2018 (tâche 3.2, Oléron), au printemps 2018 (tâche 3.1, Saint Jean de Luz) et lors de l'hiver 2018-2019 (tâche 3.3, récif de Parliamentia). Des réunions de travail régulières seront organisées au sein de chaque sous-tâche et une réunion réunissant l'ensemble des participants se tiendra chaque année (à l'Univ. Bordeaux (année 1), Univ La Rochelle (année 2) et Univ Pau (année 3)). Nous organiserons à la fin du projet un Workshop qui fera le point sur l'ensemble de nos résultats et sera ouvert aux organismes qui gèrent les risques littoraux ainsi qu'aux représentants des collectivités locales.

	Année 1			Année 2			Année 3		
Tâche 1.1	■								
Tâche 1.2	■								
Tâche 1.3	■								
Tâche 2.1	■								
Tâche 2.2		■							
Tâche 2.3			■						
Tâche 2.4				■					
Tâche 2.5						■			
Tâche 3.1			■						
Tâche 3.2	■								
Tâche 3.3				■					

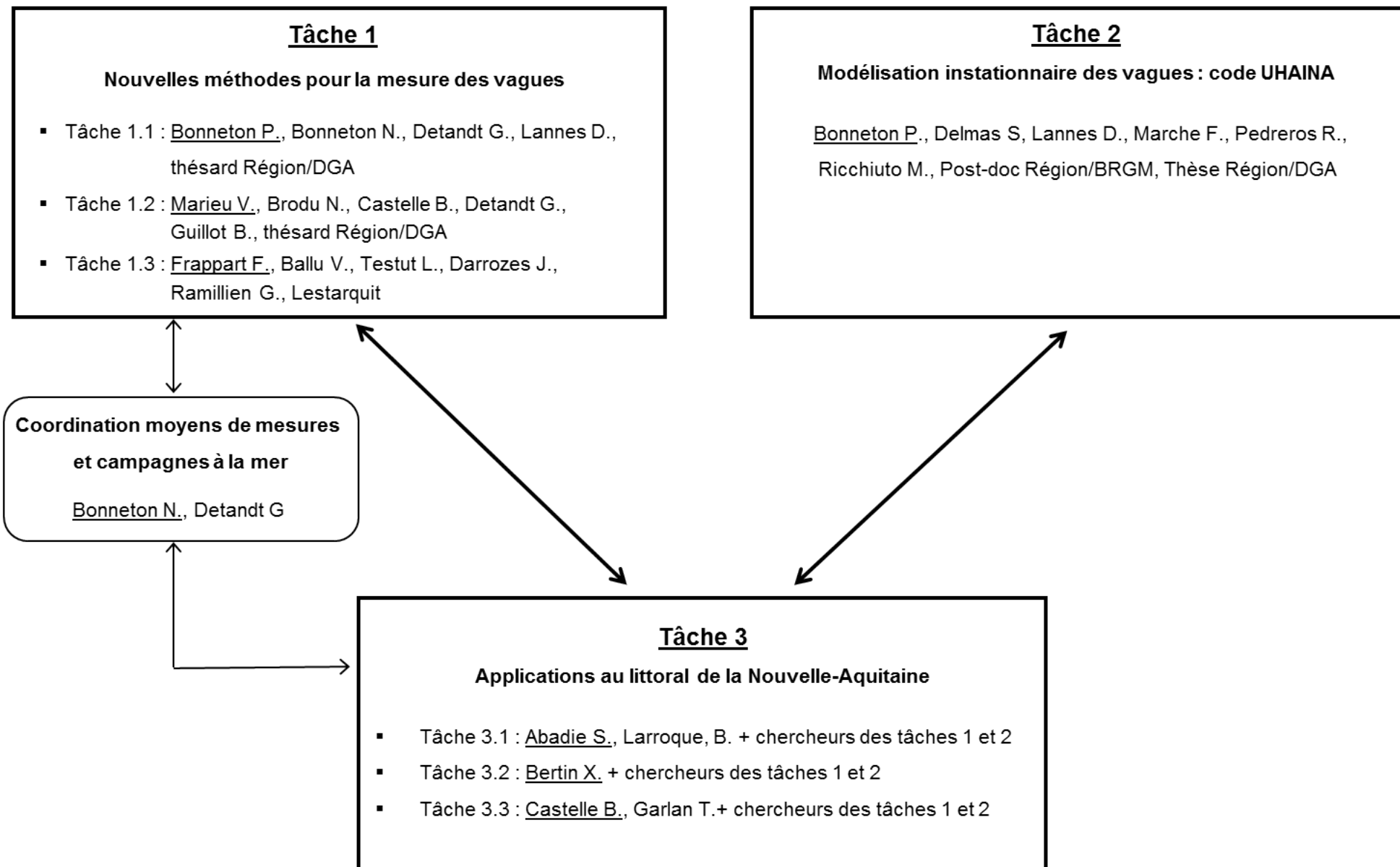


Figure 5

## 4. Moyens demandés et justification

Dans le cadre de ce projet, la demande financière à la Région correspond à du soutien à l'investissement et aux salaires (1 thésard et 2 post-doctorants).

### Equipements

Une partie importante de ce projet repose sur des campagnes de mesures sur trois sites régionaux (tâche 3), ainsi que sur des mesures complémentaires spécifiques pour la tâche 1. Pour cela il est nécessaire de renforcer le parc instrumental des différentes équipes.

#### EPOC :

- Lidar (Terrestrial Laser Scanning) pour les mesures directes de surface libre (tâche 1.1 et 3.1) : 15 K€
- Drone multirotor (tâche 1.2 et 3.3) : 3 K€
- Drone bathymétrique radio commandé (tâches 1 et 3) : 30 K€
- Profileur de courant RDI Sentinel V20 (tâche 3) : 26 K€
- 3 capteurs de pression Ocean Sensor Systems (tâche 3) : 10 K€

#### LIENSs :

- capteurs de pression NKE (tâche 3) : 2.4 K€
- Turbidimètres pour courantomètres NORTEK (tâche 3) : 1.5 K€
- Système de mesure du niveau marin GNSS, bouées et récepteurs (tâches 1.3 et 3) : 21.2 K€

#### SIAME :

- Capteurs de pression d'impact 5KHz et chaîne d'acquisition (tâche 3.1, digue Artha) : 28 K€

### Allocations

- Bourse postdoctorale de 2 ans cofinancée par la Région et le BRGM ;  
92 K€ (46 K€ Région/46K€ BRGM) ; 80% tâche 2 et 20% tâche 3

L'objectif de cette bourse est de contribuer à la pérennisation des développements du nouveau modèle opérationnel de simulation des vagues à résolution de phase UHAINA. Le post-doctorant implémentera dans le code les avancées les plus récentes dans le domaine de la simulation des équations de Serre / Green Naghdi incluant le déferlement. Il contribuera aussi à la mise en œuvre des simulations des trois applications de la tâche 3.

- Bourse de thèse cofinancée par la Région et la DGA ;  
98 K€ (49 K€ Région/49K€ DGA) ; 70% tâche 3.3, 20% tâche 1.2, 10% tâche 1.1

Le thésard étudiera la circulation et les surcotes induites par des vagues fortement énergétiques se propageant sur une bathymétrie littorale ayant de fortes variations dans la direction parallèle au littoral. Afin de mieux comprendre puis prévoir ces phénomènes il associera des méthodes de mesure in situ novatrices (tâche 1) avec des simulations obtenues avec le code UHAINA. Ces travaux se focaliseront principalement sur l'application concernant le récif de Parmentia (tâche 3.3).

- Bourse postdoctorale 6 mois cofinancée Région/Europe ;  
23 K€ (11.5 K€ Région/11.5 K€ EU) ; tâche 3.1

Traitement et analyse des données de la campagne réalisée sur et au voisinage de la digue de l'Artha (Saint Jean de Luz).

**Volet Recherche : compétences des équipes intervenant dans le projet de recherche**

**I – Personnels impliqués dans le projet par laboratoire**

Les équipes impliquées dans ce projet sont spécialistes de domaines de recherche complémentaires :

- océanographie : EPOC, LIENSs, BRGM, GET, CNES, SHOM
- génie côtier : SIAME, BRGM
- modélisation mathématique et calcul scientifique : IMB, INRIA, IMAG

Plusieurs de ces équipes interagissent déjà sur les thématiques abordées dans ce projet dans le cadre du groupe de travail Mathocean (<http://mathocean.math.cnrs.fr/>).

Équipes appartenant à la Région Nouvelle-Aquitaine

Nom du laboratoire / de l'équipe	Identité du personnel impliqué	Qualification Enseignant chercheur / chercheur / doctorant / ingénieur / technicien / administratif	Adresse électronique	% du temps consacré par le personnel au projet
EPOC	Bonneton Philippe	DR CNRS	<a href="mailto:p.bonneton@epoc.u-bordeaux1.fr">p.bonneton@epoc.u-bordeaux1.fr</a>	40%
EPOC	Bonneton Natalie	MC INP	<a href="mailto:n.bonneton@epoc.u-bordeaux1.fr">n.bonneton@epoc.u-bordeaux1.fr</a>	30%
EPOC	Castelle Bruno	CR CNRS	<a href="mailto:b.castelle@epoc.u-bordeaux1.fr">b.castelle@epoc.u-bordeaux1.fr</a>	30%
EPOC	Delmas Simon	IR CDD CNRS	<a href="mailto:simon.delmas@u-bordeaux.fr">simon.delmas@u-bordeaux.fr</a>	100%
EPOC	Detandt Guillaume	IE Univ Bx	<a href="mailto:g.detandt@epoc.u-bordeaux1.fr">g.detandt@epoc.u-bordeaux1.fr</a>	20%
EPOC	Guillot Benoit	Doctorant	<a href="mailto:Benoit.guillot@u-bordeaux.fr">Benoit.guillot@u-bordeaux.fr</a>	5%
EPOC	Marieu Vincent	IR CNRS	<a href="mailto:v.marieu@epoc.u-bordeaux1.fr">v.marieu@epoc.u-bordeaux1.fr</a>	30%
EPOC/OMP	Frappart Frédéric	CNAP OMP invité à EPOC	<a href="mailto:frederic.frappart@legos.obs-mip.fr">frederic.frappart@legos.obs-mip.fr</a>	20%
BRGM	Pedreras Rodrigo	IR BRGM	<a href="mailto:r.pedreras@brgm.fr">r.pedreras@brgm.fr</a>	10%
BRGM	S. Le Roy	IR BRGM	s.leroy@brgm.fr	10%
IMB	Lannes David	DR CNRS	<a href="mailto:David.Lannes@math.u-bordeaux1.fr">David.Lannes@math.u-bordeaux1.fr</a>	10%

INRIA Bx/Sud-Ouest	Brodu Nicolas	CR INRIA (Bordeaux)	<a href="mailto:nicolas@brodu.net">nicolas@brodu.net</a>	10%
INRIA Bx/Sud-Ouest	Ricchiuto Mario	DR INRIA (Bordeaux)	<a href="mailto:Mario.Ricchiuto@inria.fr">Mario.Ricchiuto@inria.fr</a>	20%
INRIA Bx/Sud-Ouest	Perrier Vincent	CR INRIA (Pau)	<a href="mailto:vincent.perrier@inria.fr">vincent.perrier@inria.fr</a>	10%
LIENSs	Ballu Valérie	CR CNRS	<a href="mailto:valerie.ballu@univ-lr.fr">valerie.ballu@univ-lr.fr</a>	10%
LIENSs	Bertin Xavier	CR CNRS	<a href="mailto:xbertin@univ-lr.fr">xbertin@univ-lr.fr</a>	20%
LIENSs/LEGOS	Testut Laurent	PHA CNAP	<a href="mailto:laurent.testut@univ-lr.fr">laurent.testut@univ-lr.fr</a>	10%
SIAME	Abadie Stéphane	PR	<a href="mailto:stephane.abadie@univ-pau.fr">stephane.abadie@univ-pau.fr</a>	20%
SIAME	Larroque Benoît	MC	<a href="mailto:blarroq1@iutbayonne.univ-pau.fr">blarroq1@iutbayonne.univ-pau.fr</a>	30%

#### Equipes hors Région Nouvelle-Aquitaine

IMAG	Marche Fabien	MC	<a href="mailto:Fabien.Marche@univ-montp2.fr">Fabien.Marche@univ-montp2.fr</a>	10%
GET	Darrozés José	MC	<a href="mailto:jose.darrozés@get.omp.eu">jose.darrozés@get.omp.eu</a>	20%
GET	Ramillien Guillaume	CR CNRS	<a href="mailto:guillaume.ramillien@get.omp.eu">guillaume.ramillien@get.omp.eu</a>	10%
CNES	Lestarquit Laurent	Ing. CNES	<a href="mailto:laurent.lestarquit@cnes.fr">laurent.lestarquit@cnes.fr</a>	10%
SHOM	Garlan Thierry	Ingénieur Rech.	<a href="mailto:garlan@shom.fr">garlan@shom.fr</a>	expert

#### **↳ Moyens de recherche des équipes participantes utilisés dans le cadre du projet**

Les campagnes de mesure de ce projet reposeront sur une mutualisation des moyens de mesure in situ des différentes équipes et en particulier sur 2 plateformes : EPOC (plateforme de mesures physiques, [http://www.epoc.u-bordeaux.fr/index.php?lang=fr&page=pf\\_mesuresphy\\_parce](http://www.epoc.u-bordeaux.fr/index.php?lang=fr&page=pf_mesuresphy_parce)), SIAME (plateforme de mesures mutualisée dans le cadre de la fédération de recherche MIRA, <http://milieux-aquatiques.univ-pau.fr/live/>).

Les simulations numériques à résolution de phase pour des maillages très importants seront réalisées sur le cluster Avakas (Université de Bordeaux et Université de Pau et des Pays de l'Adour).



## II – Thèses, Masters, Publications, moyens de recherche (pour les trois dernières années)

### Thèses se rapportant au projet dans les équipes impliquées :

*Sujet de thèse, nom de l'Etudiant et du Directeur de Thèse. Seules les thèses encadrées dans le cadre des équipes intervenant dans le projet de recherche sont à considérer.*

- \* Adaptative mesh strategy for shallow water modelling. Arpaia Luca, Resp. : Ricchiuto Mario (INRIA) et Bonneton Philippe (EPOC)
- \* Modélisation non-hydrostatique en milieu côtier et estuarien. Filippini Andrea, Resp. : Ricchiuto Mario (INRIA) et Bonneton Philippe (EPOC)
- \* Suivi du cordon dunaire par drone/stéréophotogrammétrie. Benoit Guillot, Resp. Bruno Castelle (EPOC) et Vincent Marieu (EPOC)
- \* Simulation numérique de l'interaction d'une onde longue de surface avec une structure. Manuel Martin Medina. Resp. S. Abadie et D. Morichon (SIAME)
- \* Application de la réflectométrie GNSS à l'étude des redistributions des masses d'eau à la surface de la Terre. Nicolas Roussel. Resp. G. Ramillien (GET-OMP) et F. Frappart (GET-OMP)
- \* Evolution des performances des missions altimétriques et utilisation de la réflectométrie GNSS pour l'étude du niveau de la mer en domaine littoral. P-L. Vu. Resp. J. Darrozes (GET-OMP), F. Frappart (GET-OMP) et G. Ramillien (GET-OMP).

### Masters se rapportant au projet uniquement :

*Sujet de Master, nom de l'Etudiant*

\*

### ↪ Nombre de publications récentes (3 dernières années) des équipes intervenant dans le projet :

Publications dans revues à comité de lecture	150
Communications	135
Conférences - invités	28
<b>TOTAL</b>	<b>313</b>

↪ **Liste des publications, se rapportant au projet de recherche, réalisées par les intervenants dans le projet (3 dernières années)**

1 - Livres ou revues

- Abessolo Ondo, G., Almar, R., Kestenare, E., Bahini, A., Houngue, G-H., Jouanno, J., Du Penhoat, Y., **Castelle, B.**, Melet, A., Meyssignac, B., Anthony E., Laibi, R., Alory, G., Ranasinghe R. (2016). Potential of video cameras in assessing event and seasonal coastline behaviour : a case study at Grand Popo, Benin (Gulf of Guinea). *Journal of Coastal Research*, SI 75, 442-446.
- Almar, R., Larnier, S., **Castelle, B.**, Scott, T., Floch, F., Lefebvre, J.-P., Houngue, G.-H., Laibi, R., 2016. On the use of the Radon transform to estimate longshore currents from video imagery. *Coastal Engineering*, 114, 301-308.
- Almar, R., Michallet, H., Cienfuegos, R., **Bonneton, P.**, Tissier, M. and Ruessink, G. 2014. On the use of the Radon Transform in studying nearshore wave dynamics. *Coastal Eng.* **92**, 24-30. DOI: 10.1016/j.coastaleng.2014.06.008
- André, G., Martin Miguez B., **Ballu, V.**, **Testut, L.**, Woppelmann, G., Tiphaneau, P., La mesure du niveau de la mer par bouées GPS : l'expérience multi-capteurs de l'île d'Aix, Revue XYZ • N° 140 – 3e trimestre 2014.
- Angnuureng, D. B., Almar, R., Appeaning Addo, K., Senechal, N., Castelle, B., Laryea, S. W., Wiafe, G., 2016. Video observation of waves and shoreline change on the microtidal James town Beach in Ghana. *Journal of Coastal Research*, SI 75, 1022-1026.
- Bacigaluppi, P., **Ricchiuto, M.**, & **Bonneton, P.** 2014. A 1D Stabilized Finite Element Model for Non-hydrostatic Wave Breaking and Run-up. In *Finite Volumes for Complex Applications VII-Elliptic, Parabolic and Hyperbolic Problems* (pp. 779-790). Springer International Publishing.
- Bertin, X.**, Olabarrieta, M., 2016. Relevance of infragravity waves in a wave-dominated inlet Journal of Geophysical Research: Oceans, 121 (8).
- Bertin, X.**, Li, K., Roland, A., Bidlot, J.-R., 2015. The contribution of short-waves in storm surges: Two case studies in the Bay of Biscay. *Continental Shelf Research*, 96, pp. 1-15.
- Bertin, X.**, Li, K., Roland, A., Zhang, Y.J., Breilh, J.F., Chaumillon, E., 2014. A modeling-based analysis of the flooding associated with Xynthia, central Bay of Biscay. *Coastal Engineering*, 94 (212), pp. 80-89
- Blenkinsopp, C., Matias, A., Howe, D., **Castelle, B.**, **Marieu, V.**, Turner, I.L., 2016. Wave runup and overtopping on a prototype-scale sand barrier. *Coastal Engineering*, 113, 88-103.
- Bonneton, P.**, **Abadie, S.**, **Castelle, B.**, Favennec, J., Mallet, C., Sottolichio, A. (2013). Modification du littoral. Chapitre 6.1 du livre *Les impacts du changement climatique en Aquitaine : Un état des lieux scientifique* (Hervé le Treut). Presses universitaires de Bordeaux.
- Bonneton, P.**, **Bonneton, N.**, Parisot, J-P. and **Castelle, B.** 2015. Tidal bore dynamics in funnel-shaped estuaries. *J. Geophys. Res.: Ocean*, **120**(2), 923-941. DOI: 10.1002/2014JC010267
- Bonneton, P.**, Filippini, A.G., Arpaia, L., **Bonneton, N.** and **Ricchiuto, M.** 2016. Conditions for tidal bore formation in convergent alluvial estuaries. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*. 172, 121-127
- Bruneau, N., **Bertin, X.**, **Castelle, B.** and **Bonneton, P.** 2014. Tide-induced flow signature in rip currents on a meso-macrotidal beach. *Ocean Modelling*, **74**, 53-59, <http://dx.doi.org/10.1016/j.ocemod.2013.12.002>
- Bouin MN, **Ballu V.**, Calmant S, Pelletier B, 2009, Improving resolution and accuracy of Mean Sea Surface from kinematic GPS, Vanuatu Subduction Zone. *Journal of Geodesy*, doi : 10.1007/S00190-009-0320-7.
- Bouin MN, **Ballu V.**, Calmant S, Pelletier B, Ammann J, Bore J-M, Folcher E, 2009, Methodology of kinematic GPS experiment for local sea surface mapping, Vanuatu. *Journal of Geodesy*, doi : 10.1007/S00190-009-0338-x.
- Capo, S., Lubac, B., **Marieu, V.**, Robinet, A., Bru, D., & **Bonneton, P.** 2014. Assessment of the decadal morphodynamic evolution of a mixed energy inlet using ocean color remote sensing. *Ocean Dynamics*, 1-14. DOI 10.1007/s10236-014-0762-1

- Castelle, B.**, Scott, T., Brander, R.W., McCarroll, R.J., 2016. Rip current types, circulation and hazard. *Earth Science Reviews*. 163, 1-21.
- Castelle, B.**, McCarroll, R.J., Brander, R.W., Scott, T., Dubarbier, B., 2016. Modelling the alongshore variability of optimum rip current escape strategies on a multiple rip-channelled beach. *Natural Hazards*, 81, 663-686.
- Castelle, B., Marieu, V.**, Bujan, S., Splinter, K.D., Robinet, A., Sénéchal, N., Ferreira, S. (2015). Impact of the winter 2013-2014 series of severe Western Europe storms on a double-barred sandy coast : beach and dune erosion and megacusps embayments. *Geomorphology*, 238, 135-148.
- Castelle, B.**, Reniers, A.J.H.M., MacMahan, J.H., 2014. Bathymetric control of surfzone retention on a rip-channelled beach. *Ocean Dynamics*, 64, 1221-1231.
- Castelle, B.**, Almar, R., Dorel, M., Lefebvre, J.P., Senechal, N., Anthony, E.J., Laibi, R., Chuchla, R. and du Penhoat, Y., (2014). Rip currents and circulation on a high-energy low-tide-terraced beach (Grand Popo, Benin, West Africa). *Journal of Coastal Research*, SI 70, 633-638.
- Castelle, B., Marieu, V.**, Bujan, S., Ferreira, S., Parisot, J.P., Capo, S., Senechal, N., Chouzenoux, T. (2014). Equilibrium shoreline modelling of a high-energy mesomacrotidal multiple-barred beach, *Marine Geology*, 347, 85-94
- Crawford, W., Ballu, V., **Bertin, X.**, Karpytchev, M., 2015. The sources of deep ocean infragravity waves observed in the North Atlantic Ocean. *Journal of Geophysical Research C: Oceans*, 120 (7), pp. 5120-5133.
- Doré, A., **Bonneton, P., Marieu, V.** and Garlan, T. 2016. Modeling subaqueous sand dune morphodynamic evolution. *J. Geophys. Res.: Earth Surface*, **121**, 565-587. DOI: 10.1002/2015JF003689
- Dubarbier, B., **Castelle, B., Marieu, V.**, Ruessink, B.G. (2015). Process-based modeling of cross-shore sandbar behavior, *Coastal Engineering*, 95, 35-50.
- Duran, A. and **Marche, F.** (2014). Recent advances on the discontinuous Galerkin method for shallow water equations with topography source terms. *Comput. Fluids*, 101:88– 104.
- Duran, A. and **Marche, F.** (2015). Discontinuous-Galerkin discretization of a new class of Green-Naghdi equations. *Commun. Comput. Phys.*, 17(3):721–760.
- Duran, A. and **Marche, F.** (2016). A discontinuous Galerkin method for a new class of Green-Naghdi equations on unstructured simplicial meshes. preprint.
- Filippini, A., Kazolea, M., and **Ricchiuto, M.** (2016). A flexible genuinely nonlinear approach for wave propagation, breaking and runup. *J. Comput. Phys.*, **310**:381-417.
- Frappart, F.**, Roussel, N., Darrozes, J., **Bonneton, P., Bonneton, N., Detandt, G.**, Perosanz, F. and Loyer, S. 2016. High rate GNSS measurements for detecting non-hydrostatic surface wave. Application to tidal bore in the Garonne River. *European Journal of Remote Sensing*. **49**, 917-932. doi: 10.5721/EuJRS20164948
- Fund F., Perosanz F., **Testut L.**, Loyer S. (2013). An Integer Precise Point Positioning technique for sea surface observations using a GPS buoy. *Advances in Space Research*, 51 (8), 1311-1322.
- Guerin, T., **Bertin, X.**, Dodet, G., 2016. A numerical scheme for coastal morphodynamic modelling on unstructured grids. *Ocean Modelling*, 104, pp. 45-53.
- Hakkou, M., Benmohammadi, A., **Castelle, B., Bertin, X.**, Labraimi, M., El Hassani, A., Layachi, M., 2015. Prospects of technical optimization of the environmental governance of the marine sand dredging in Morocco. *Bulletin de l'Institut Scientifique*, Rabat, 37, 1-11.
- Huguet, J.-R., **Castelle, B., Marieu, V., Morichon, D.**, de Santiago, I. (2016). Shorelinesandbar dynamics at a high-energy embayed and structurally-engineered sandy beach : Anglet, SW France. *Journal of Coastal Research*, SI 75, 393-397.
- Laibi, R., Anthony, E., Almar, N., **Castelle, B.**, Senechal, N. and Kestenare, E., (2014). Longshore drift cell development on the human-impacted Bight of Benin sand barrier coast, West Africa. *Journal of Coastal Research*, SI 70, 78-83.

**Lannes, D.** and **Marche, F.** (2015). A new class of fully nonlinear and weakly dispersive Green-Naghdi models for efficient 2d simulations. *J. Comput. Phys.*, 282:238–268.

Le Cozannet, G., Oliveros, C., **Castelle, B.**, Garcin, M., Idier, D., **Pedreiros, R.**, Rohmer, J., 2016. Uncertainties in Sandy Shoreline Evolution under the Bruun Rule Assumption. *Frontiers in Marine Sciences*, 3, 49, doi : 10.3389/fmars.2016.00049

**Lestarquit L.**, Peyrezabes M., **Darrozes J.**, Motte E., Roussel N., Wautelet G., **Frappart F.**, **Ramillien G.**, Biancale R., Zribi M. (2016). Reflectometry with an open-source Software GNSS Receiver. Use Cases with Carrier Phase Altimetry, *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, doi: 10.1109/JSTARS.2016.2568742.

Matias, A., Masselink, G., **Castelle, B.**, Blenkinsopp, C., Kroon, A. (2016). Measurements of morphodynamic and hydrodynamic overwash processes in a largescale wave flume. *Coastal Engineering*, 113, 33-46.

Masselink, G., **Castelle, B.**, Scott, T., Dodet, G., Suanez, S., Jackson, D., Floc'h, F., 2016. Extreme wave activity during winter 2013/2014 and morphological impacts along the Atlantic Coast of Europe. *Geophysical Research Letters*, 43, doi :10.1002/2015GL067492.

Masselink, G., Ruju, A., Conley, D., Turner, I.L., Ruessink, B.G., Matias, A., Thompson, C., **Castelle, B.**, Puleo, J., Citerone, V., Wolters, G., 2016. Large-scale Barrier Dynamics Experiment II (BARDEX II) : Experimental design, instrumentation, test program, and data set. *Coastal Engineering*, 113, 33-46.

Mazieres, A., Gillet, H., **Castelle, B.**, Mulder, T., Guyot, C., Garlan, T., Mallet, C. (2014). High-Resolution Morphobathymetric Analysis and Evolution of Capbreton Submarine Canyon Head (Southeast Bay of Biscay - French Atlantic Coast) over the Last Decade Using Descriptive and Numerical Modeling, *Marine Geology*, 351, 1-12.

McCarroll, R.J., **Castelle, B.**, Brander, R.W, Scott, T., 2015. Modelling rip current flow and bather escape strategies across a transverse bar and rip channel morphology. *Geomorphology*, 246,502-518.

Mokrani, C., **Abadie, S.**, (2016). Conditions for peak pressure stability in VOF simulations of dam break flow impact. *Journal of Fluid and Structures*, 62, 86-103.

Price, T.D., Ruessink, B.G., **Castelle, B.**, (2014). Morphological coupling in multiple sandbar systems - a review. *Earth Surface Dynamics*, 2, 309-321.

Rawat, A., F. Ardhuin, **V. Ballu**, W. Crawford, C. Corela, and J. Aucan, Infragravity waves across the oceans, *Geophys. Res. Lett.*, 41, doi:10.1002/2014GL061604, 2014.

**Ricchiuto, M.** and Filippini, A. (2014). Upwind Residual discretization of enhanced Boussinesq equations for wave propagation over complex bathymetries. *J. Comput. Phys.*, **271**:306–341.

Robinet, A., **Castelle, B.**, Idier, D., Le Cozannet, G., Déqué, M., Charles, E., 2016. Statistical modeling of interannual shoreline change driven by North Atlantic climate variability spanning 200-2014 in the Bay of Biscay. *Geo-Marine Letters*, doi :10.1007/s00367-016-0460-8.

Roussel N., Ramillien G., **Frappart F.**, Darrozes J., Gay A., Striebig N., Biancale R., Hanquiez V., Allain D. (2015). A GNSS-based alternative to classical tide-gauge to estimate sea-level variations. *Remote Sensing of Environment*, 171, 261-277, doi:10.1016/j.rse.2015.10.011.

Ruessink, B.G., Blenkinsopp, C., Brinkkemper, J.A., **Castelle, B.**, Dubarbier, B., Grasso, F., Puleo, J., Lankriet, T., 2016. Sandbar and beachface evolution on a prototype medium-grained sandy barrier. *Coastal Engineering*, 113, 19-32.

Sénéchal, N., Coco, G., **Castelle, B.**, **Marieu, V.**, 2015. Storm impact on the seasonal shoreline dynamics of a meso- to macrotidal open sandy coast, *Geomorphology*, 228, 448-461.

Splinter, K.D., Turner, I.L., Davidson, D.A., Barnard, P., **Castelle, B.**, Oltman-Shay, J. (2014). A generalized equilibrium model for predicting daily to inter-annual shoreline response, *Journal of Geophysical Research - Earth Surface*, 119, 1936-1958, doi :10.1002/2014JF003106

Tissier, M., **Bonneton, P.**, Michallet, H. and Ruessink, B.G. 2015. Infragravity-wave modulation of short-wave celerity in the surf zone. *J. Geophys. Res.: Ocean*, 120(10), 6799-6814. DOI: 10.1002/2015JC010708

## 2 - Communications et conférences se rapportant au projet de Recherche

**Abadie S.**, Catalan P., Martin Medina M., and Morichon D.. Numerical simulation of tsunami flooding downstream a quay wall. In Proceedings of the Twenty-sixth (2016) International Ocean and Polar Engineering Conference, 9 pages, Rhodes, Greece, June 2016.

Almar, R., Ibaceta, R., Blenkinsopp, C., Catalan, P., Cienfuegos, R., Viet, N.T., Thuan, D.H., Uu, D.V., Lefebvre, J.-P., Laryea, W.S., Laibi, R., **Castelle, B.**, Sénéchal, N., Anthony, E.J. (2015). Swash-based wave energy reflection on natural beaches. Coastal Sediments'15, San Diego, 11-15 mai 2015.

Almar R., Hounkonnou N., Anthony E., **Castelle B.**, Senechal N., Laibi R., Mensah-Senoo T., Degbe G., Quenum M., Dorel M., Chuchla R., Lefebvre J-P, du Penhoat Y., Laryea W.S., Zodehougan G., Sohoulou Z., Appeaning Addo K., Kestenare E. (2014) The Grand Popo beach 2013 experiment, Benin, West Africa : from short timescale processes to their integrated impact over long-term coastal evolution. 13th International Coastal Symposium ICS, Durban (Afrique du Sud), 13-17 avril 2014.

Angnuureng, D. B., Almar, R., Appeaning Addo, K., Senechal, N., **Castelle, B.**, Laryea, S. W., Wiafe, G. (2016). Video observation of waves and shoreline change on the microtidal James town Beach in Ghana. 14th International Coastal Symposium, Sydney, Australie, 6-11 mars 2016.

Angnuureng, D.P., Almar, R., Sénéchal, N., Addo, K., **Castelle, B.**, **Marieu, V.** (2015). Shoreline évolution under sequences of storms from a 6-year video observation at a meso-macrotidal beach. Coastal Sediments'15, San Diego, 11-15 mai 2015.

Arpaia, L., Filippini, A. G., **Bonneton, P.**, & **Ricchiuto, M.** 2015. Modelling analysis of tidal bore formation in convergent estuaries. In 36th International Association for Hydro-Environnement Engineering and Research (IAHR) World Conference

Blenkinsopp, C.E., Matias, A, Howe, D., **Castelle, B.** (2014). Laboratory Investigation of Wave Run'up on a Prototype Scale Sand Barrier. 17h Ocean Sciences Meeting AGU-ASLO-TOS, Honolulu (Hawaii, USA), 23-28 février 2014.

Bonnefond, P., Exertier, P., Laurain, O., Bergé-Nguyen M., Calmant, S., Crétaux, JF., **Testut, L.**, Perosanz, F., **Ballu, V.**, Brachet, C., Calzas, M., Drezen, E., Haines, B. Desai, S., La mesure du niveau de l'eau par GNSS pour les besoins de l'étalonnage de la mesure altimétrique par satellite - quelques avancées récentes, Colloque G2, Toulouse, 16-18 nov. 2015.

**Bonneton, P.** 2014 Fully nonlinear Boussinesq-type modeling of wave transformation, breaking and wave-induced large scale vorticity. Invited lecture at B'WAVES2014, Bordeaux, August 2014.

**Bonneton, P.** (2014) Long wave propagation and bore dynamics in coastal and estuarine environments. Invited lecture at *19th congress of IAHR-APD*, Hanoi, September 2014.

**Bonneton, P.** (2015) Tidal bore dynamics in convergent alluvial estuaries. *Tidal bore Workshop*, Caen, 18-20 May 2015.

**Bonneton, P.** (2016) Tsunami-like bore formation in coastal and estuarine environments. Invited lecture at B'WAVES2016, Bergen, 13-17 June 2016.

**Bonneton, P.**, Sottolichio, A., **Bonneton, N.**, and **Lannes, D.** (2016) Analysis of non-hydrostatic processes and sediment fluxes in tidal-bore estuaries. *PECS 2016*, 9-14 October 2016, The Hague.

**Castelle, B.** (2016). Approches de modélisation et d'observation long terme (années/décennies) de l'évolution des côtes sableuses ouvertes. Workshop IMPHALA "Impacts de la hausse du niveau moyen de la mer sur le littoral français au cours du 21 ème siècle", Toulouse, 7-8 novembre 2016.

**Castelle, B.** (2016). Mise en place de stratégies de modélisation et d'observation long terme (années, décennies) du trait de côte en Gironde. Workshop MAGIL (Défi Littoral), Grenoble, 17-18 mai 2016.

**Castelle B.** (2016). Impacts de l'hiver 2013/2015 sur le littoral girondin. Conférence International Littoral 2016 - Climate change and extreme events : few examples from Aquitaine coastal research, Biarritz, 25-29 octobre 2016, conference invite

**Castelle B., Marieu, V., Bujan, S., Ferreira, S., Robinet, A., Guillot, B.** (2016). Longterm beach-dune monitoring at Truc Vert (SW France) over the last 2 decades : from theodolite to UAV-photogrammetry and towards reduced-complexity modelling. Conférence International Littoral 2016, Biarritz, 25-29 octobre 2016

**Castelle B.** (2016). Les potentiels impacts du Changement Climatique sur les aléas d'érosion et de submersion en domaine littoral. Réchauffement Climatique : Quels impacts sur le littoral ? - Conférence de préparatifs de la COP22, Rabat, 3 septembre 2016, conference invité.

**Castelle, B., Bujan, S., Ferreira, S.** (2016). Post-storm evolution a high-energy remote sandy beach backed by a high and wide coastal dune. EGU General Assembly 2016, Vienne, Autriche, 17-22 avril 2016.

**Castelle, B., Bujan, S., Ferreira, S.** (2016). Beach and dune evolution at Truc Vert (SW France) after the winter 2013/2014 severe storms. 14th International Coastal Symposium, Sydney, Australie, 6-11 mars 2016.

**Castelle, B., Marieu, V., Bujan, S., Splinter, K.D., Robinet, A., Sénéchal, N., Ferreira, S.** (2015). On the impact of a series of severe storms on a double-barred sandy coast : dune erosion and megacusp embayments. Coastal Sediments'15, San Diego, 11-15 mai 2015

**Castelle, B.** (2015). Morphodynamique littorale : les récents apports de la physique et de la modélisation numérique. Rencontre du GdR TransNat, Rennes, 8-9 décembre. Séminaire invité

**Castelle, B., Marieu, V., Bujan, S.** (2014). Evolution pluri-annuelle du trait de côte de la plage du Truc Vert (Aquitaine). 24èmes Réunions des Sciences de la Terre, 27-31 Oct., Pau, France

**Castelle B., Coco, G.** (2014) Dynamique instationnaire des courants d'arrachement de cap. 13èmes Journées Nationales de Génie Côtier Génie Civil, Dunkerque, 2-4 juillet 2014

**Castelle B.** (2014). Different rip types, different safety messages : evidence from the physics. 3rd International Rip Current Symposium, Busan (Corée du Sud), 22-24 juin 2014, Keynote

**Castelle B., Almar R., Dorel M., Lefebvre J.P., Sénéchal N., Anthony E.J., Laibi R., Chuchla R., Du Penhoat, Y.** (2014) Rip currents and circulation on a highenergy low-tide-terraced beach (Grand Popo, Benin, West Africa). 13th International Coastal Symposium ICS, Durban (Afrique du Sud), 13-17 avril 2014

**Castelle B., Coco, G.** (2014) Surfzone flushing through headland rips. 17h Ocean Sciences Meeting AGU-ASLO-TOS, Honolulu (Hawaii, USA), 23-28 février 2014

Cienfuegos R., Villagran M., Aguilera J.C., Catalán P., **Castelle B., Almar R** (2014) Video Monitoring and Field Measurements of a Rapidly Evolving Coastal System : the River Mouth and Sand Spit of the Mataquito River in Chile. 13<sup>th</sup> International Coastal Symposium ICS, Durban (Afrique du Sud), 13-17 avril 2014

Dubarbier, B., **Castelle, B., Marieu, V.** (2016). Morphodynamic modelling of a complete accretionary beach sequence. Conference on Mathematical Geophysics, Paris, 6-10 juin 2016.

Guillot, B., **Castelle, B., Marieu, V.** (2016). A low-cost UAV-photogrammetry technique to derive digital elevation models on spatially extensive areas at unprecedented spatial resolution : application to the coastal dunes of the Gironde coast, SW France. Conférence International Littoral 2016, Biarritz, 25-29 octobre 2016.

Guillot, B., **Castelle, B., Marieu, V.** (2016). An update on shoreline change patterns in SW France through a diachronic analysis of ortho-rectified photos since 1950. Conférence International Littoral 2016, Biarritz, 25-29 octobre 2016.

Hakkou, M., Benmohammadi, A., **Castelle, B., Azidane, H.** (2016). Suivi des activités d'extraction du sable marin au Maroc. 14èmes Journées Nationales de Génie Côtier Génie Civil, Toulon, 29 juin - 1er juillet 2016

Huguet, J.-R., **Castelle, B., Marieu, V., Morichon, D., de Santiago, I.** (2016). Shorelinesandbar dynamics at a high-energy embayed and structurally-engineered sandy beach : Anglet, SW France. 14th International Coastal Symposium, Sydney, Australie, 6-11 mars 2016.

Ibaceta, R., Almar, R., Lefebvre, J.P., Mensah'Senoo, T., Laryean, W., **Castelle, B.**, Senechal, N., Du Penhoat, Y., Laibi, R., Hounkonnou, N. (2014). A new high frequency remote sensing based method : application to the swash zone of a very high reflective beach under high energetic conditions (Grand Popo, Benin), 13èmes Journées Nationales de Génie Côtier Génie Civil, Dunkerque, 2-4 juillet 2014.

Laibi R., Anthony E., Almar N., Castelle B., Sénéchal N., Kestenare E. (2014) Longshore drift cell development on the human-impacted Bight of Benin sand barrier coast, West Africa. 13th International Coastal Symposium ICS, Durban (Afrique du Sud), 13-17 avril 2014.

Le Cozannet, G., Oliveros, C., **Castelle, B.**, Garcin, E., Idier, D., **Pedreiros, R.**, Rohmer, J. (2016). Using global sensitivity analysis to evaluate the uncertainties of future shoreline changes under the Bruun rule assumption. EGU General Assembly 2016, Vienne, Autriche, 17-22 avril.

**Marieu, V., Castelle, B.**, Bujan, S., (2014). Application d'un modèle d'équilibre dynamique du trait de côte à une plage méso à macrotidale soumise aux houles très énergétiques, 13èmes Journées Nationales de Génie Côtier Génie Civil, Dunkerque, 2-4 juillet 2014

Martin Medina, **Stéphane Abadie**, Cyril Mokrani and Denis Morichon. Sliding of caisson submitted to water wedge impact: analytical calculation and CFD verifications. The 26th International Ocean and Polar Engineering Conference, 26 June-2 July 2016, Rhodes, Greece.

Martin Medina, M., **Abadie, S.**, Mokrani, C., and Morichon, D.. Déplacement d'une structure soumise à l'impact d'un front d'onde. In Actes des Rencontres de l'Association Universitaire de génie Civil, 8 pages, Anglet, France, Mai 2015.

Mokrani, Cyril, **Abadie, S.**, and Lubin, P.. Simulation numérique du phénomène de franchissement d'ouvrage par une houle irrégulière. In Actes des Journées Nationales Génie Civil, Génie Côtier. 2014, 8 pages, Dunkerque, Juillet 2014. Paralia.

Robinet, A., **Castelle, B., Marieu, V.**, Idier, D., Le Cozannet, G., Charles, E., Splinter, K.D., Déqué, M. (2016). Euro-Atlantic weather regimes and interannual shoreline variability at a high-energy sandy beach. 14th International Coastal Symposium, Sydney, Australie, 6-11 mars 2016

Scott, T., **Castelle, B.**, Almar, R., Sénéchal, N., Floch, F. (2016). Controls on flash rip current behaviour on a low-tide terraced beach. 14th International Coastal Symposium, Sydney, Australie, 6-11 mars 2016

**Votre équipe et celles participant au projet, a-t-elle déjà bénéficié de financement de la Région lors des 5 dernières années ?**

*Prière de fournir un tableau avec le nom du projet et du porteur, l'année d'obtention, les montants (en fonctionnement, investissement et allocations de recherche) et la durée.*

Nom du Projet	Porteur	Année d'obtention	Montants : fonct., invest., allocations	durée
OSQUAR2	Sautour Benoit, EPOC (volet INLET : Bonneton P.)	2012	Investissement (pour le volet INLET) : 104 K€	3 ans
EVEX	Xavier Bertin	2015	Chaire Régionale : 300 K€	3 ans
Ecoulements côtiers, énergies marines : une approche mathématique	David Lannes	2015	2 demi allocation de thèse : 98 K€ Matériel informatique : 54 K€	3 ans
TIDES	Mario Ricchiuto	2013	1 demi-allocation de thèse	3 ans