

## Projet 5MA :

Métamodélisation pour la Vigilance Vagues Submersion  
par intégration de données et sorties fonctionnelles.

### Contact :

1. IMT-INSA : Pascal NOBLE ([noble@insa-toulouse.fr](mailto:noble@insa-toulouse.fr)),
2. IMT-INSA : Olivier ROUSTANT ([roustant@insa-toulouse.fr](mailto:roustant@insa-toulouse.fr)),
3. SHOM-IMT : Remy BARAILLE ([remy.baraille@shom.fr](mailto:remy.baraille@shom.fr))

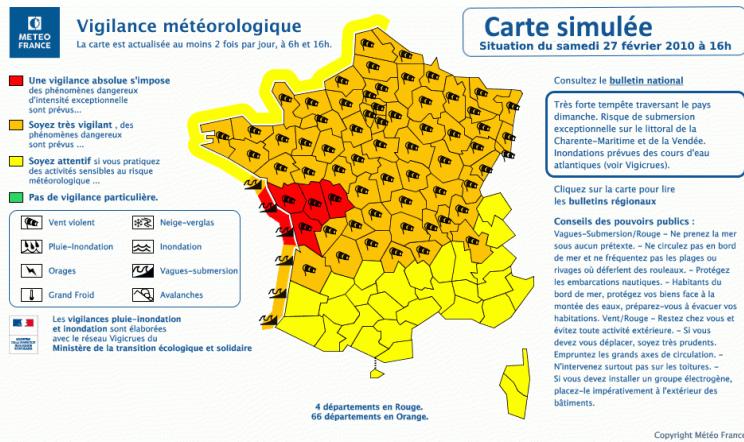


FIGURE 1 – Simulation d'une carte de vigilance météorologique reproduisant la tempête Xynthia incluant la vigilance vague submersion (origine : MeteoFrance)

L'étude du phénomène de submersion des vagues en milieu côtier est essentielle pour comprendre les risques auxquels sont exposés les littoraux face aux aléas marins. La submersion marine, provoquée par la combinaison de fortes houles, de marées et parfois de tempêtes, entraîne l'inondation temporaire ou durable des zones basses proches du rivage. Ses conséquences peuvent être graves : érosion accélérée des plages et des dunes, endommagement des infrastructures, perte d'habitats naturels et mise en danger des populations locales. En analysant et en modélisant ce phénomène, on peut anticiper les impacts, concevoir des aménagements adaptés, renforcer les systèmes de protection et mettre en place des stratégies de prévention. L'étude de la submersion des vagues contribue donc directement à la sécurité des territoires côtiers, à la préservation de l'environnement et à l'adaptation face au changement climatique et à l'élévation du niveau de la mer.

Pour les zones littorales françaises, les modèles numériques utilisés dans le cadre du système d'alerte aux risques d'inondation d'origine maritime — la Vigilance Vagues Submersion (VVS) — ont été développés par le Service Hydrographique et Océanographique de

la Marine (SHOM) et sont déployés opérationnellement par Météo-France. Conçus pour être relativement simples, ces modèles permettent de générer rapidement, sur des calculateurs dédiés, des prévisions des aléas à plusieurs jours d'échéance. Toutefois, l'amélioration de la précision des prévisions nécessite le recours à des modèles plus complexes, dont les exigences en ressources de calcul les rendent incompatibles, à ce jour, avec un usage en temps réel. Une alternative consiste à exploiter des modèles réduits — ou métamodèles — capables de fournir des résultats de manière quasi instantanée. Ces métamodèles s'appuient sur des données d'entrée simplifiées, qu'elles soient stationnaires ou non, telles que la vitesse et la direction du vent, la surcote, la marée ou encore le niveau moyen de la mer. Ils délivrent en sortie des estimations du niveau d'eau en des points spécifiques identifiés comme stratégiques. La construction de ces modèles réduits repose sur des données issues de simulations réalisées avec des modèles physiques complets, comme SWASH ou CROCO, dont le coût de calcul est particulièrement élevé. L'apprentissage des métamodèles est ainsi basé sur un nombre restreint de simulations de référence.

L'IMT et le SHOM travaillent conjointement sur le développement d'un modèle numérique très performant, TOLOSA qui permettra de réaliser un grand nombre de simulations numériques. Ceci donne l'opportunité de construire des métamodèles plus évolués permettant d'une part de prendre en charge des données d'entrées fonctionnelles comme des séries temporelles et d'autre part des sorties fonctionnelles de type cartes de submersion. L'objectif du stage est de produire la brique logicielle permettant de construire ce type de métamodèle.

Plus concrètement, l'objectif de ce projet consistera à :

1. Réaliser la bibliographie sur la prise en compte de données fonctionnelles en entrée d'un métamodèle.
2. Implémenter en Python la construction d'un métamodèle prenant en compte des données fonctionnelles en entrée et à le tester dans un cadre analytique où le modèle de référence est connu avec une sortie scalaire.
3. Imaginer une solution pour construire un métamodèle avec une sortie fonctionnelle (une série temporelle, une fonction bidimensionnelle).

## Références

- [1] Betancourt JD, Bachoc F, Klein T, Idier, D, Pedreros R., Rohmer J *Gaussian process metamodelling of function-input code for coastal flood hazard assessment* Reliability Engineering and System Safety (2020) 198, 10.106.
- [2] Idier D, Aurouet A, Bachoc F, Baills A, Betancourt J, Gamboa F, Klein T, Lpez-Lopera AF, Pedreros R, Rohmer J, Thibault A *A USer-Oriented Local Coastal Flooding Early Warning System Using Metamodelling Techniques* J. Marine Science and Engineering (2021) 9, 1191.