

Visualisation de prévisions d'ensemble du phénomène de submersion côtière

Offre de Post-doctorat - ANR ORACLES – 2024/2025

Mots clés :

Géovisualisation 2D/3D, Analyse visuelle, visualisation de données hétérogènes et complexes ; Risques naturels, Submersion côtière ; Données météo-océaniques simulées, ensemblistes, spatio-temporelles.

Contexte

La forte croissance démographique et l'augmentation de l'urbanisation dans les régions côtières ont tendance à augmenter les risques liés aux phénomènes d'inondation marine dans les zones côtières de faible altitude. Ce phénomène résulte de la combinaison entre divers processus générés à différentes échelles de temps et d'espace (conditions atmosphériques, houle, marée, et parfois débit fluvial) et la configuration locale du littoral (bathymétrie et topographie, ouvrages de protection, occupation du sol, réseaux hydrauliques, etc.). Outre les mesures de prévention et de préparation, d'importants travaux ont été consacrés à la prévision des conditions météo-marines et à l'établissement de systèmes d'alerte au cours des dernières décennies. Il existe actuellement une demande croissante de prévisions toujours plus précises et locales, prenant en compte l'incertitude liées aux modèles utilisés. Pour répondre à cette demande, le calcul haute performance a permis de passer d'une prévision déterministe (basée sur la génération d'un scénario futur) à une prévision ensembliste (basée sur la génération d'un ensemble de scénarios futurs possibles), permettant une approche de prévision probabiliste. La demande de prévisions plus précises et locales s'accompagne également d'une demande croissante de moyens plus efficaces pour analyser et transmettre les informations relatives à ces prévisions, tout en tenant compte des incertitudes liées à ces données (Descamps et al. 2015, Wu et al. 2020, Lecacheux et al. 2020).

La conception de cadres de visualisation permettant une meilleure analyse et interprétation des phénomènes spatio-temporels est un **enjeu de recherche de longue date en géovisualisation**. Des travaux effectués au LASTIG ont permis d'explorer plusieurs pistes pour la visualisation de données simulées relatives à des phénomènes physiques et météorologiques, à destination d'utilisateurs experts, pour l'amélioration de la compréhension des phénomènes étudiés. Ces travaux ont permis de proposer des visualisations multi-échelle de résultats de simulation de crues (Fig. 1-a) (Perrin et al. 2019), et des solutions de co-visualisation de données météorologiques et topographiques urbaines (Fig. 1-b) (Gautier et al. 2020). Permettre l'analyse visuelle d'un grand nombre de scénarios de prévisions possibles, de leurs principales composantes et de leur disparités (Fig1-c) (Jarema et al., 2015), à différentes échelles dans l'espace et dans le temps, reste un défi en visualisation.

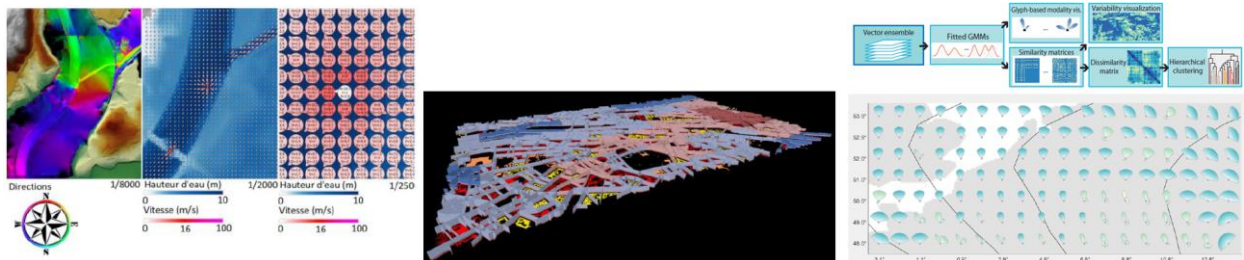


Figure 1: (a) Visualisation multi-échelle de la hauteur d'eau, vitesse et direction des flux hydrauliques (Perrin et al. 2019) ; (b) Co-visualisation de données de température simulées et urbaines (Gautier et al. 2020) ; (c) Visualisation des principales composantes d'un ensemble de scénarios de données de vent simulées (Jarema et al., 2015).

Sujet

Le projet [ANR ORACLES](#) « Vers l'intégration des prévisions d'ensemble de submersions marines pour la prise de décision sous incertitude : un parcours à travers les défis de production, traduction et visualisation » ([LASTIG](#), [BRGM](#), [Météo-France](#), [Keyros](#)) vise à améliorer l'utilisation de prévisions probabilistes d'inondation marine pour la gestion des territoires côtiers. Il s'agit de concevoir de nouvelles méthodes de production et de géovisualisation de prévisions probabilistes du phénomène de submersion côtière. Dans ce cadre, l'objectif de ce **post-doc exploratoire et interdisciplinaire** est de proposer des méthodes de visualisation permettant aux experts scientifiques (prévisionnistes Météo-France, experts submersion Météo-France et BRGM, voire référents territoriaux) d'explorer et d'analyser visuellement les données massives issues des prévisions ensemblistes intégrant événements d'inondation et conditions de forçage associées. Les approches à proposer doivent permettre de **visualiser les disparités entre les différents scénarios de submersion côtière simulés et les différentes conditions météo-marines associées, en permettant la visualisation simultanée de différents scénarios de submersion et les relations entre scénarios de submersion et conditions de forçage**. Offrir cette possibilité aux utilisateurs experts permettrait d'affiner la compréhension des impacts possibles sur les zones concernées et ainsi améliorer leur diagnostic pour la Vigilance Vagues Submersion et l'alerte des services de l'État et des collectivités locales.

Cet objectif implique de co-visualiser différentes données complexes au sein d'un même environnement de visualisation, et de proposer des modalités d'interaction permettant l'exploration de ces données selon plusieurs composantes temporelles et spatiales, à plusieurs échelles, et selon différents points de vue. La complexité intrinsèque de la dimension probabiliste des prévisions, et la forte interdépendance entre prévisions de conditions météo-marines et scénarios de submersion, nécessitent de se concentrer sur la transmission des informations d'incertitude, leur restitution dans l'environnement de visualisation, et le niveau de complexité visuelle potentielle induit. Trois axes de recherche sont ainsi envisagés : (1) l'analyse visuelle des relations entre sorties de modèles de simulation de submersion et conditions météo-océaniques de forçage ; (2) l'exploration visuelle des disparités et similarités entre scénarios de simulation, dans l'espace et dans le temps ; (3) la représentation de l'incertitude en fonction du type de donnée et de l'échelle spatio-temporelle visualisée.

Les solutions de visualisation proposées peuvent faire intervenir des représentations 2D ou 3D, utilisant des frameworks 2D/3D existants (OpenLayers/Leaflets/D3 ou ThreeJS), avec la possibilité de combiner les représentations 2D et 3D. Des cartes interactives 2D peuvent être proposées pour une analyse visuelle des prévisions météo-marines à l'échelle départementale, tandis que des représentations 3D peuvent être utilisées pour visualiser des scénarios de submersion à l'échelle locale, tout en mettant en évidence le rôle du contexte géospatial. Tout au long du projet [ANR ORACLES](#), les besoins, intérêts et choix de visualisation seront discutés de manière itérative avec les experts scientifiques du BRGM et de Météo-France impliqués dans le projet.

Profil recherché

Doctorat en Sciences de l'Information Géographique, Informatique, Géographie ou Géosciences, avec des compétences scientifiques solides en analyse et visualisation de données, ainsi que des compétences techniques en prototypage de méthodes associées.

Durée, rémunération, environnement de travail

Quand ? Dès que possible jusqu'à fin 2025.

Où ? Laboratoire LASTIG, équipe GEOVIS, IGN, 73 Avenue de Paris, Saint-Mandé (94).

Financement par l'Agence Nationale pour la Recherche ([ANR ORACLES](#)).

Contacts et candidature

Les candidat.e.s doivent envoyer un dossier de candidature indiquant CV, lettre de motivation, éventuellement résultats de projets réalisés, contacts de deux référents (noms et adresses mail), aux personnes suivantes:

[Sidonie Christophe](mailto:sidonie.christophe@ign.fr), LASTIG/GEOVIS : sidonie.christophe@ign.fr

[Jacques Gautier](mailto:Jacques.gautier@ign.fr), LASTIG/GEOVIS: Jacques.gautier@ign.fr

Sophie Lecacheux, BRGM, S.Lecacheux@brgm.fr.

Déborah Idier, BRGM, D.Idier@brgm.fr.

Références bibliographiques

Descamps, L., Labadie, C., Joly, A., Bazile, E., Arbogast, P., & Cébron, P. (2015). PEARP Météo-France short range ensemble prediction system. *Q.J.R. Met. Soc.*, 141: 1671-1685.

Gautier, J., Brédif, M., & Christophe, S. (2020, October). Co-Visualization of Air Temperature and Urban Data for Visual Exploration. In *IEEE VIS 2020*.

Idier D., Aurouet A., Bachoc F., Baills A., Betancourt J., Gamboa F., Klein T., López-Lopera A.F., Pedreros R., Rohmer J., Thibault A. (2021). A User-Oriented Local Coastal Flooding Early Warning System Using Metamodelling Techniques. *J. of Mar. Sc. & Eng.*, 9(11):1191. <https://doi.org/10.3390/jmse9111191>

Jarema, M., Demir, I., Kehrer, J., & Westermann, R. (2015, October). Comparative visual analysis of vector field ensembles. In *2015 IEEE Conference on Visual Analytics Science and Technology (VAST)* (pp. 81-88). IEEE.

Lecacheux, S., Rohmer, et al. (2020). Toward the probabilistic forecasting of cyclone-induced marine flooding by overtopping at Reunion Island aided by a time-varying random-forest classification approach. *Natural Hazards*, 1-25.

Perrin O., Christophe S., Jacquinod F., Payrastre O. (2020) Visual analysis of inconsistencies in hydraulic simulation data. *ISPRS Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*.

Wu, W., Emerton, R., Duan, Q., Wood, A. W., Wetterhall, F., & Robertson, D. E. (2020). Ensemble flood forecasting: Current status and future opportunities. *WIREs Water*. 2020; 7:e1432.