

Proposition de stage 2026

Instrumentation des ouvrages fluviaux (ponts et digues) soumis aux risques hydrauliques et climatiques : retour d'expérience, analyse des données et valeur de l'information

Encadrement et contacts :

Christophe Chevalier Mél : christophe.chevalier@univ-eiffel.fr
Yasmina Boussafir Mél : yasmina.boussafir@univ-eiffel.fr
Frédérique Larrarte Mél : frederique.larrarte@univ-eiffel.fr
Franziska Schmidt Mél : franziska.schmidt@univ-eiffel.fr

Lieu de stage : Université Gustave Eiffel • Département GERS avec contribution MAST
5 Boulevard Descartes • Champs-sur-Marne
77454 Marne-la-Vallée Cedex 2 • FRANCE

Durée du stage : 5 à 6 mois (indemnisés)

Contexte scientifique et opérationnel

Dans un contexte de changement climatique, l'intensification et la fréquence accrues des événements hydrologiques et climatiques extrêmes (crues soudaines, longues périodes de hautes ou basses eaux, sécheresses, ruissellements) renforcent la vulnérabilité des infrastructures fluviales telles que les ponts, digues et berges. Ces ouvrages jouent un rôle essentiel dans l'aménagement du territoire et la continuité des réseaux, et leur dégradation progressive ou brutale peut entraîner des conséquences majeures en termes de sécurité des personnes, de dommages environnementaux et de pertes socio-économiques.

Les mécanismes de détérioration liés aux sollicitations hydrauliques et météorologiques, notamment l'érosion et l'affouillement mais aussi les cycles hydriques, constituent des enjeux majeurs pour la durabilité de ces structures. Aujourd'hui, leur surveillance repose majoritairement sur des inspections visuelles périodiques, qui, bien qu'indispensables, ne permettent ni un suivi en continu de l'état des ouvrages ni une détection précoce de certains mécanismes d'endommagement.

Le **Projet Ciblé IRICLIM** (Recherche intégrée sur les risques liés au climat) du **PEPR IRIMA** (<https://www.pepr-risques.fr/fr> , **programme de recherche ANR France2030**) rassemble les acteurs clés visant à améliorer la gestion des catastrophes liées au climat en France métropolitaine. Le sujet proposé est partie intégrante d'une des actions de ce projet autour de la Vulnérabilité des structures (ponts et digues en milieu fluvial) par le développement et l'évaluation de méthodes de surveillance robustes, adaptées aux contraintes opérationnelles des gestionnaires et utiles à l'aide à la décision.

Des projets antérieurs portés par l'université Gustave Eiffel, pour l'instrumentation de ponts (SSHEAR <https://sshear.ifsttar.fr/>) ou des études sur les ouvrages en terre, mobilisant des approches géotechniques et/ou géophysiques (comme le remblai expérimental de TerDOUEST, la digue de St Clément les Levées, Digue2020, ou plus récemment l'instrumentation de la digue de La Riche), ont permis de déployer et de tester différents dispositifs de mesure. Ces expériences constituent un socle précieux pour analyser les apports réels de la surveillance instrumentée et réfléchir à l'optimisation des systèmes existants.



Figure 1 Instrumentations mises en place sur le site de la rivière Aurence (à gauche) et de la Loire (à droite)



Figure 2 Instrumentation du remblai expérimental TerDOUEST à Héricourt

Objectifs du stage

L'objectif général du stage est de contribuer à ces actions en cours en analysant et valorisant des données issues de dispositifs de surveillance instrumentée d'ouvrages fluviaux (ponts et/ou digues), afin de mieux comprendre leur comportement sous sollicitations hydrauliques et climatiques et, à terme, d'évaluer la **valeur de l'information** produite pour les gestionnaires et les acteurs socio-économiques.

Les objectifs spécifiques sont les suivants :

- acquérir une compréhension approfondie du fonctionnement des ponts et digues dans leur environnement fluvial, en lien avec les aléas hydrauliques et climatiques récurrents ou exceptionnels ;
- réaliser un état de l'art sur les méthodes d'instrumentation et de surveillance des ouvrages fluviaux ;
- s'approprier les dispositifs d'instrumentation existants ou déployés lors de projets antérieurs (capteurs, configurations, limites et incertitudes) ;
- analyser et interpréter les données issues de ces instrumentations ;
- proposer et tester, le cas échéant, des traitements de données innovants ou adaptés ;
- amorcer une réflexion sur la valeur de l'information produite par ces données dans une perspective d'aide à la décision.

Démarche et méthodologie

Le travail du stagiaire s'organisera autour des étapes suivantes :

1. **Appropriation du contexte et des ouvrages étudiés**
Le stagiaire se familiarisera avec les principes de fonctionnement des ponts et digues en milieu fluvial, les mécanismes de dégradation associés aux aléas hydrauliques et climatiques (érosion, affouillement, variations hydromécaniques) et les enjeux de sécurité et de gestion associés.
2. **État de l'art sur la surveillance et l'instrumentation**
Une revue bibliographique et technique portera sur les méthodes de surveillance existantes : capteurs géotechniques, géophysiques ou hydrauliques, systèmes de suivi continu, stratégies d'instrumentation, ainsi que leurs avantages, limites et coûts.
3. **Analyse des instrumentations existantes**
Le stagiaire prendra en main les dispositifs d'instrumentation déjà déployés dans le cadre de projets antérieurs (ponts et/ou ouvrages en terre), en comprenant leur logique de conception, leur implantation, la nature des mesures acquises et les incertitudes associées.

4. **Traitement et interprétation des données**

Les données disponibles feront l'objet d'analyses complémentaires et de traitements adaptés (séries temporelles, corrélations avec les conditions hydrologiques, détection de signatures d'événements). Des approches nouvelles ou améliorées pourront être proposées pour extraire des indicateurs pertinents du comportement des ouvrages.

5. **Première évaluation de la valeur de l'information**

Enfin, le stagiaire mènera une réflexion sur l'utilité opérationnelle des informations issues de l'instrumentation : capacité à améliorer le diagnostic de l'état des ouvrages, à anticiper des situations critiques ou à appuyer la décision des gestionnaires, en lien avec la théorie de la valeur de l'information.

Profil du/de la candidat·e

- Étudiant·e en Master 2 ou école d'ingénieur.es dans les domaines du génie civil, de la géotechnique, de l'hydraulique, des géosciences ou de l'ingénierie des données ;
- Intérêt pour les infrastructures, l'instrumentation, les capteurs, la physique des matériaux et des ouvrages, les risques naturels et l'analyse de données ;
- Esprit de synthèse ;
- Capacités rédactionnelles.

Il pourra être proposé un prolongement en thèse dans le cadre du projet IRICLIM.

Bibliographie

- Antoine R., Fauchard C., Guilbert V. et al. (2021), Geophysical and UAV-based observations over a flood defense structure: application to the POLDER2C's experimental dike. *Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci.*, XLIII-B3-2021, 237–242, <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLIII-B3-2021-237-2021>
- Belmokhtar M., Schmidt F., Chevalier C., Ture Savadkoochi A. (2025), Monitoring of a bridge experiencing scour using frequency domain decomposition mixed with DBSCAN algorithm: unsupervised modal analysis of output-only system. *Arch. Civ. Mech. Eng.* 25, 193 <https://doi.org/10.1007/s43452-025-01235-1>
- Bicalho, K., Boussafir, Y., Cui, Y.-J., 2018. Performance of an instrumented embankment constructed with lime-treated silty clay during four-years in the Northeast of France. *Transportation Geotechnics* 17, 100–116. <https://doi.org/10.1016/j.trgeo.2018.09.009>
- Boussafir, Y., Bicalho, K.V., Cui, Y.-J., Mercadier, D., 2018. Vers une meilleure compréhension des interactions sol-atmosphère d'un remblai grâce au monitoring.
- Boujia N., Schmidt F., Chevalier C., Siegert D., Pham Van Bang D.(2020), Using Rocking Frequencies of Bridge Piers for Scour Monitoring, *Structural Engineering, International*, <https://doi.org/10.1080/10168664.2020.1768811>
- CFBR, 2018, *European and US Levees and Flood Defences*, 173 pages
- Chevalier C., Larrarte F. (2022) Real time instability of flow close to a scour affected abutment. *Environmental Fluid Mechanics*, <https://doi.org/10.1007/s10652-022-09842-9>
- Cola S., Girardi V., Bersan S., Simonini P., Schenato L., De Polo F. (2021), An optical fiber-based monitoring system to study the seepage flow below the landside toe of a river levee, *J Civil Struct Health Monit* 11, 691–705, <https://doi.org/10.1007/s13349-021-00475-y>
- Giordano P. F., Prendergast L.J., Limongelli M.P. (2020), *J Civil Struct Health Monit*, 10(3): 485-496, <https://doi.org/10.1007/s13349-020-00398-0>
- INERIS, (2015), *Rapport d'étude DRS-12-126136-13631C, Maîtrise des risques liés aux ouvrages hydrauliques, État des techniques éprouvées et innovantes pour la surveillance des digues*, 117p.
- Jodry C., Palma Lopes S., Fargier Y. et al. (2019), 2D-ERT monitoring of soil moisture seasonal behaviour in a river levee: A case study. *J Appl Geophy*, 167: 140-151, <https://doi.org/10.1016/j.jappgeo.2019.05.008>
- Larrarte F., Chevalier C., Battist L., Chollet, H. (2020), *Hydraulics and bridges : A French case study of monitoring of a bridge affected by scour. Flow Measurement and Instrumentation*, 74, 101783, <https://doi.org/10.1016/j.owmeasinst.2020.101783>
- MEDDE Ministère de l'Écologie, du Développement Durable et de l'énergie ((2015) Décret n° 2015-526 du 12 mai 2015 relatif aux règles applicables aux ouvrages construits ou aménagés en vue de prévenir les inondations et aux règles de sûreté des ouvrages hydrauliques. <https://www.legifrance.gouv.fr/eli/decret/2015/5/12/2015-526/jo/texte>
- Mériaux P., Monier T., Tourment R., Mallet. T., Palma Lopes S., Maurin J., Pinhas M. (2012), *L'auscultation des digues de protection contre les inondations : un concept encore à inventer*, Colloque CFBR : « Auscultation des barrages et des digues - Pratiques et perspectives », Chambéry (FRA), nov. 2012
- SETRA, (2013), *Guide d'application de l'instruction technique pour la surveillance et l'entretien des ouvrages d'art - Fondations en site aquatique*, Fascicule 10.
- Simm J., Topple A., Mokhov I., Pyavt A. (2012) *Experiences with online dike monitoring. Work package 3 – D3.3, version 1.0, Urban Flood. Ref. UFD3.3V1OHRW*. 20 p.
- Van der Meij R., van den Ham G.A., Morris M.W. et al. (2012) *Examples of Data Combining Techniques for Assessment of Urban Flood Defences. 2nd European conference on Flood Risk Management FLOODrisk2012, Rotterdam, NLD*, 351-357