

## Internship Project

### Modelling and Territorial Characterization of Cascading Effects in the Context of Natural and Technological Risks

<b><u>Internship Duration</u></b>	6 months
<b><u>Start Date</u></b>	February 2025 (to be determined in agreement with the candidate)
<b><u>Internship Location</u></b>	Campus Universitaire Saint-Martin d'Hères GIPSA-Lab, 11 Rue des Mathématiques, 38400 Saint-Martin-d'Hères or IGE – Institut des Géosciences de l'Environnement/INRAE
<b><u>Internship Supervision</u></b>	Christophe BERENGUER (UGA, G-INP, GIPSA-LAB) et Jean-Marc TACNET (UGA/INRAE/IGE - ETNA)
<b><u>For further information or to apply, please contact:</u></b>	christophe.berenguer@grenoble-inp.fr jean-marc.tacnet@inrae.fr

**Keywords :** Natural and Technological Risks, Cascading Effects, Predictive Maintenance, Deterioration Models, Decision Support, Reliability Engineering

#### **Context and project objectives :**

Industrial sites (energy, chemical, processing units, materials, metallurgy, etc.) are exposed to a wide range of threats and failures caused by internal factors (component failures, independent or interacting systems, human errors) or external ones (natural phenomena, attacks, critical network failures). Simulation models incorporating stochastic elements and the modeling of physical phenomena are employed to describe the sequences of events and domino effects within an industrial site. This information is used preventively to anticipate and prepare for the management of events (potentially escalating into crises) by informing the design of emergency plans and facilitating exercises. Various detection, protection, and organizational measures are implemented to serve as safety barriers.

However, the approach often remains focused internally within industrial facilities, while threats and consequences also originate from and impact the external environment in terms of physical, natural, environmental, social, and health risks and consequences. The combination of potential internal failures and external threats, particularly in the context of global change, drives the need for new methodologies for risk analysis and management. There is thus a significant need to expand modeling and, more broadly, decision-making and risk management approaches to include NaTech-type scenarios, which can trigger simultaneous damages and cascading effects across a territory comprising multiple industrial sites and critical infrastructures (transportation, electrical, and communication networks, among others). Risk analysis will rely on modeling and simulations that must incorporate the probability of event occurrence as well as the physics and dynamics of phenomena and their effects on equipment to describe the dynamics of a large-scale NaTech crisis.

An initial application will focus on a territory exposed to storm surges and flooding, with the long-term goal of considering the temporal evolution of risk and the alteration or reduction of the effectiveness of adaptation measures to manage these risks. Risk analysis will rely on modeling and simulations that must incorporate the probability of event occurrence as well as the physics and dynamics of phenomena and their effects on equipment to describe the dynamics of a large-scale NaTech crisis. An initial application will focus on a territory exposed to storm surges and flooding, with the long-term goal of considering the temporal evolution of risk and the alteration or reduction of the effectiveness of adaptation measures to manage these risks.

The objective of the internship is to propose:

1. A dynamic simulation methodology that accounts for different types of vulnerabilities of industrial sites and critical infrastructures exposed to natural phenomena and various cascading sequences of events at the site and territorial scales.
2. The application of this approach in a decision-support context to analyze, characterize, and quantify cascading effects, systemic effects (costs, consequences), and to evaluate and manage safety barriers.

This research internship, which is strongly connected to practical and operational issues, represents an initial contribution to the approach and provides the opportunity to continue with a funded doctoral thesis that will extend the initial methodology.

#### **Desired Profile and Internship Conditions:**

This project is aimed at a rigorous and curious candidate with at least a BAC+5 level (or in the process of obtaining it), interested in applied interdisciplinary research in the fields of natural and technological risks. The project combines hydraulics, civil and industrial engineering, reliability engineering, numerical modeling, and decision support. The candidate should be capable of designing and developing a computer application. They must enjoy teamwork and have strong communication skills. The internship, lasting a minimum of six months, will take place at the GIPSA-Lab (Grenoble University Campus) or at IGE/INRAE.

## Sujet de stage

### Caractérisation territoriale des effets cascades dans un contexte de risques naturels et technologiques

<b>Durée du stage :</b>	6 mois
<b>Début du stage :</b>	février 2025 (à définir précisément avec le (la) candidat(e))
<b>Lieu de réalisation du stage :</b>	Campus Universitaire Saint-Martin d'Hères GIPSA-Lab, 11 Rue des Mathématiques, 38400 Saint-Martin-d'Hères ou IGE – Institut des Géosciences de l'Environnement/INRAE
<b>Encadrement du stage :</b>	Christophe BERENGUER (UGA, G-INP, GIPSA-LAB) et Jean-Marc TACNET (UGA/INRAE/IGE - ETNA)
<b>Demande d'informations ou candidature à retourner à :</b>	christophe.berenguer@grenoble-inp.fr jean-marc.tacnet@inrae.fr

#### Mots clés :

Risques naturels et technologiques, effet cascade, maintenance prévisionnelle, modèles de détérioration, aide à la décision, sûreté de fonctionnement

#### Contexte et objet du projet :

Les sites industriels (énergie, chimie, unités de transformation, matériaux, métallurgie...) sont soumis à un grand nombre de menaces et défaillances ayant des causes internes (défaillances matérielles de composants, systèmes indépendants ou en interaction, erreurs humaines) ou externes (phénomènes naturels, agressions, défaillances de réseaux critiques). Des modèles de simulation intégrant des éléments stochastiques et la modélisation de phénomènes physiques sont mis en œuvre pour décrire les séquences d'évènements et d'effets dominos à l'intérieur d'un site industriel. Ces informations sont utilisées de manière préventive pour anticiper et se préparer à la gestion d'évènements (pouvant évoluer en crise) en alimentant la conception de plans d'urgence et l'animation d'exercices. Différents dispositifs de détection, protection, organisations sont mis en place pour jouer le rôle de barrières de sécurité.

L'approche reste cependant souvent interne aux installations industrielles alors que les menaces et conséquences proviennent aussi de et affectent l'environnement extérieur en termes de risques et conséquences physiques, naturels, environnementaux, sociaux, sanitaires. Les possibles défaillances internes et les menaces externes, notamment associées au contexte de changement global se combinent et motivent la recherche de nouvelles méthodologies d'analyse et de gestion des risques. Il y a donc un enjeu et un besoin fort pour élargir les modélisations et plus largement les approches de d'aide à la décision et de gestion des risques pour considérer des scénarios de type NaTech susceptibles de provoquer des atteintes simultanées et des séquences d'effets cascades à l'échelle

d'un territoire comprenant différents sites industriels et infrastructures critiques (réseaux de transports, électriques, de communication...).

L'analyse des risques va utiliser des modélisations et simulations qui doivent intégrer la probabilité d'occurrence d'événements ainsi que la physique et la dynamique des phénomènes et de leurs effets sur les équipements pour décrire la dynamique d'une crise NaTech de grande ampleur. Une première application sera faite sur un territoire exposé à des vagues de submersion et à des crues avec l'objectif, à terme, de considérer l'évolution du risque dans le temps et la modification, réduction de l'efficacité de mesures d'adaptation pour maîtriser ces risques.

L'objectif du stage est de proposer :

- 1) Proposer une méthodologie de **simulation dynamique** permettant de rendre compte les différents types de vulnérabilités de sites industriels et d'infrastructures critiques exposés à des phénomènes naturels et différentes séquences d'événements en cascades à l'échelle du site, du territoire ;
- 2) Exploiter l'approche dans une optique d'aide à la décision permettant d'**analyser**, de caractériser et de quantifier les **effets cascade**, les **effets système** (coût, conséquences) et évaluer et gérer des **barrières de sécurité**.

Ce stage de recherche, fortement connectée à des problématiques pratiques et opérationnelles, est une première contribution à la démarche et offre la possibilité de poursuivre par une thèse de doctorat (financée) qui étendra l'approche initiale.

#### Profil souhaité et conditions de stage :

Ce projet s'adresse à un(e) candidat(e) rigoureux(se) et curieux(se) de niveau ou préparant BAC +5 minimum intéressé(e) par la recherche appliquée transdisciplinaire dans les domaines des risques naturels, technologiques en combinant l'hydraulique, le génie civil et industriel, la sûreté de fonctionnement, la modélisation numérique et l'aide à la décision.. Il(elle) devra être capable de concevoir et développer une application informatique. Le(a) candidat(e) doit avoir le goût pour le travail en équipe et une bonne capacité de communication. Le stage d'une durée minimale de 6 mois aura lieu au laboratoire GIPSA-Lab (Campus universitaire de Grenoble) ou à l'IGE /INRAE.