

## PROPOSITION SUJETS DE THESE CONTRATS DOCTORAUX 2025—2028

Contrat doctoral fléché FR Agorantic

Contrat doctoral fléché EUR InterMEDIUS

→ Dans le cas où vous souhaitez candidater sur les deux contrats doctoraux, veuillez cocher les deux cases.

Directeur·rice de thèse :	Fen ZHOU	Mail :	Fen.zhou@univ-avignon.fr
Laboratoire :	LIA	Téléphone :	
Co-directeur·rice et/ou co-encadrant·e :	Didier Josselin		
Laboratoire :	ESPACE		

**Titre en français :** RÉSILIENCE : Zonage des risques et routage résilient pour les réseaux optiques élastiques inter-data centers urbains

**Titre en anglais :** RESILIENCE: Risk zoning and rESILIENt routing for urban elastic optical inter data-Center nEtworks

**Résumé :** Les réseaux élastiques optiques inter-centres de données (EO-DCNs), bien qu'offrant une grande efficacité spectrale et une capacité de bande passante considérable, sont particulièrement vulnérables aux catastrophes naturelles à grande échelle, telles que les tremblements de terre, les inondations et les ouragans, qui peuvent endommager les infrastructures et perturber les services de communication. L'augmentation de la fréquence et de l'intensité de ces catastrophes représente un défi majeur pour la résilience de ces réseaux. Cette thèse de doctorat aborde ce défi par une approche en deux phases : d'abord, l'application de méthodologies géographiques rigoureuses pour identifier précisément les zones à risque ; ensuite, le développement de stratégies efficaces en termes de ressources pour le routage résilient et l'évacuation proactive des données, afin de minimiser les interruptions de service et la perte de données lors des événements catastrophiques.

**Mots clés :**

Réseaux Optiques Élastiques Inter-Centres de Données (EO-DCNs), Zonage des Catastrophes Naturel, Évaluation des Risques, Routage Résilient, Évacuation des Données, Optimisation des Réseaux

## 1- Présentation du sujet (3 pages maximum)

### 1.1 Contexte :

Les catastrophes naturelles, qu'elles soient prévisibles (par exemple, les inondations, les ouragans) ou imprévisibles (comme les tremblements de terre), causent des destructions massives et d'importantes pertes humaines. Par exemple, en octobre 2024, une dépression isolée de haute altitude (DANA) a frappé l'est de l'Espagne, provoquant des intempéries extrêmes, des crues soudaines et des conséquences tragiques, avec 224 morts et 13 personnes portées disparues [1]. Cette catastrophe a gravement touché des zones densément peuplées, causant d'importants dommages aux infrastructures, à l'environnement et aux communautés locales. De même, la France est exposée à des risques d'inondations majeurs, avec près d'un tiers de ses communes potentiellement concernées. La tempête Xynthia en février 2010 demeure l'une des catastrophes naturelles les plus dévastatrices du pays, causant 52 décès, des dégâts matériels considérables, l'inondation de plus de 50 000 hectares, et des dommages aux systèmes de défense contre les inondations le long de 200 km de côtes [2]. Un autre exemple marquant est la tempête Kirk d'octobre 2024, qui a entraîné de graves inondations en Seine-et-Marne, provoquant de nombreuses perturbations et la déclaration de zones sinistrées dans 132 communes [3]. Ces événements soulignent le besoin urgent de renforcer la résilience face aux catastrophes en Europe, d'autant plus que le changement climatique continue d'augmenter la fréquence et l'intensité de ces phénomènes [1].

Les réseaux de télécommunications urbains, tels que les réseaux optiques élastiques inter-centres de données (EO-DCNs) [4-7], sont particulièrement vulnérables aux catastrophes naturelles à grande échelle comme les tremblements de terre et les inondations. Ces événements peuvent endommager gravement l'infrastructure, entraînant des défaillances permanentes des nœuds et des liens du réseau [4-16]. La fréquence et l'intensité croissantes de ces catastrophes posent des défis majeurs pour la résilience des réseaux. Ces défaillances provoquent souvent des coupures d'électricité généralisées dans les centres de données et détruisent des antennes relais, perturbant ainsi les services de télécommunications et de cloud. Des interruptions de service peuvent priver des millions de personnes d'accès à Internet, affectant les activités économiques et des services essentiels comme la télémédecine, les systèmes de santé et les réseaux hospitaliers. L'absence de communication fiable pendant les crises complique les opérations de secours, qui dépendent de réseaux robustes pour coordonner efficacement les interventions et bénéficier de systèmes d'alerte efficaces [33, 34]. Par exemple, le séisme de Wenchuan en 2008 (magnitude 8,3) a perturbé plus de 30 000 km de câbles à fibres optiques et affecté 4 000 centres de télécommunications en Chine [11]. De même, le séisme et tsunami de 2011 au Japon ont gravement endommagé près de 1 500 bureaux de télécommunications le 11 mars, avec 700 bâtiments supplémentaires touchés lors d'une réplique le 7 avril [12]. Les ouragans, comme Katrina en 2005, ont également causé des défaillances majeures aux États-Unis, avec des coupures persistantes pendant plus de dix jours en raison de pannes électriques [13]. Ces catastrophes provoquent des « défaillances régionales » des réseaux optiques. Face à ces vulnérabilités, renforcer la résilience des systèmes de communication est essentiel pour assurer la continuité des services critiques. L'Union européenne a ainsi développé des stratégies pour la prévention, la préparation et la réponse aux catastrophes. Par exemple, l'Action COST sur les services de communication résilients vise à protéger les applications des utilisateurs contre les défaillances liées aux catastrophes [16].

### 1.2 Prévision et Suivi des Risques de Catastrophes Naturelles pour les EO-DCNs

Un zonage efficace des risques et une prévision précise des catastrophes naturelles sont essentiels pour atténuer les impacts sur les réseaux optiques élastiques inter-centres de données (EO-DCNs). Plutôt que d'utiliser des estimations approximatives des zones sinistrées fréquemment évoquées dans la littérature [4-16], cette section propose des méthodologies géographiques rigoureuses pour les catastrophes naturelles prévisibles et imprévisibles. Elle exploite des techniques avancées de modélisation et des bases de données spécialisées afin d'améliorer la résilience et les stratégies de réponse.

#### 1.2.1 Zonage des Catastrophes Naturelles Prévisibles et Impacts sur les EO-DCNs

Certaines catastrophes naturelles, telles que les inondations, les ouragans et les tornades, peuvent être anticipées grâce aux données météorologiques et hydrologiques, permettant ainsi des stratégies de

gestion proactive et de protection des réseaux. Ces événements prévisibles nécessitent une préparation avancée qui peut être optimisée par des modèles précis de zonage des risques et d'évaluation des impacts.

## Évaluation et Prévision des Risques d'Inondations et de Tempêtes

### • Bases de Données identifiées :

1. **Vigicrues (France)** : Fournit des données hydrologiques en temps réel et des alertes de risques d'inondations au niveau national (Vigicrues) [17].
2. **European Flood Awareness System (EFAS)** : Offre des prévisions et des alertes précoces pour les inondations à l'échelle européenne (EFAS).
3. **United States Geological Survey (USGS)** : Propose des informations sur les inondations aux États-Unis [21].
4. **Copernicus Emergency Management Service (EMS)** : Offre une surveillance complète des catastrophes, y compris les prévisions d'ouragans et les alertes en temps réel (Copernicus EMS).

### • Modélisation, Zonage, Prévision et Impacts sur les EO-DCNs :

Les modèles hydrologiques simulent les écoulements fluviaux et les précipitations [22]. Les systèmes de détection d'inondations basés sur satellite, tels que discutés dans [18, 20], combinent les données de télédétection avec des modèles traditionnels d'inondation pour améliorer la précision des prévisions. Les méthodes d'apprentissage automatique peuvent enrichir ces modèles en traitant de vastes volumes de données, y compris des données hydrologiques, des alertes de risques d'inondation [19, 24], et des contenus issus des réseaux sociaux pour suivre en temps réel les impacts des inondations [26].

#### 1.2.2 Zonage des Catastrophes Naturelles Imprévisibles et Impacts sur les EO-DCNs

Les catastrophes naturelles imprévisibles, en particulier les tremblements de terre, posent un défi majeur à la résilience des EO-DCNs. L'apparition soudaine de ces événements, combinée à leurs impacts étendus et souvent en cascade, exige des techniques avancées de zonage et de modélisation prédictive pour garantir la robustesse des réseaux.

## Évaluation des Risques Sismiques

### • Bases de Données identifiées :

- **United States Geological Survey (USGS)** : Fournit des cartes des risques sismiques et des données détaillées sur les séismes, utiles pour identifier les zones à risque (USGS Earthquake Hazards Program) [27].
- **European-Mediterranean Seismological Centre (EMSC)** : Offre un suivi en temps réel des événements sismiques en Europe et en Méditerranée (EMSC).
- **Global Seismic Hazard Assessment Program (GSHAP)** : Fournit des cartes probabilistes mondiales des risques sismiques pour évaluer les risques régionaux (GSHAP).

### Modélisation des Impacts Sismiques, Zonage des Défaillances en Cascade et Spatialement Corrélées, Impact sur les EO-DCNs :

Les modèles de risques sismiques se divisent en approches déterministes et probabilistes. Les modèles déterministes analysent les failles connues et les données historiques pour prédire des scénarios spécifiques de tremblements de terre, tandis que les modèles probabilistes évaluent l'activité sismique régionale pour estimer la probabilité d'un séisme dans une zone donnée. Ces modèles permettent de définir les **Groupes de Liens à Risque Partagé (SRLGs)** dans les EO-DCNs, essentiels pour concevoir des infrastructures résilientes face aux perturbations sismiques. Les tremblements de terre entraînent

souvent des défaillances corrélées et étendues dans les infrastructures réseau, dépassant parfois l'épicentre. Les zones à risque évoluent en fonction de la magnitude du séisme et des caractéristiques régionales (par exemple, risque de tsunami en zone côtière ou de glissements de terrain en zone montagneuse). Les dynamiques temporelles, incluant les répliques et essaims sismiques, compliquent davantage le zonage des zones sinistrées. Intégrer des cartes de risques sismiques aux topologies des EO-DCNs permet d'identifier les liens vulnérables et d'optimiser les mesures de préparation proactive [6, 14, 22].

En combinant des techniques précises de zonage des catastrophes avec des modèles robustes de prévision des risques et en exploitant des bases de données mondiales, les EO-DCNs seront mieux préparés à gérer les catastrophes naturelles prévisibles et imprévisibles. Ces techniques avancées seront appliquées pour identifier les zones sinistrées pertinentes, les groupes de risques partagés, ainsi que les alertes d'inondation sur des bancs d'essai EO-DCN classiques telles que les topologies **Cost-239**, **USBackbone à 24 nœuds**, **NSFNET à 14 nœuds**, **GEANT**, **topologie allemande à 7 nœuds** et **Tokyo à 23 nœuds** [4-16], largement utilisées pour les simulations en recherche. Ces efforts constituent la base pour développer des stratégies efficaces de **routage réseau résilient** et d'**évacuation des données**, discutées dans les sections suivantes.

### 1.3 Routage Résilient et Évacuation des Données dans les Réseaux Optiques Inter-Centres de Données Élastiques avec Modélisation Prédicative des Risques

Les réseaux de télécommunications, tels que les **réseaux optiques inter-centres de données élastiques (EO-DCNs)**, font face à de sérieuses menaces posées par des catastrophes de grande ampleur, qu'elles soient prévisibles (par exemple, les inondations et les ouragans) ou imprévisibles (comme les tremblements de terre). Une défaillance dans une **zone sinistrée (DZ)** peut affecter plusieurs liens et nœuds sur une large échelle et pendant une période relativement longue. L'interruption des réseaux peut entraîner l'arrêt des services cloud et de distribution de contenu, ce qui est particulièrement coûteux pour les réseaux inter-centres de données. Chaque minute d'indisponibilité d'un serveur de centre de données peut causer des pertes pouvant atteindre **8 800 dollars**, et une paralysie du réseau due à une catastrophe peut engendrer des pertes de plusieurs milliards de dollars. Compte tenu de la gravité des conséquences des catastrophes, il est impératif de développer des méthodes de protection pour assurer des **communications de bout en bout** dans les EO-DCNs. En se basant sur les zones sinistrées identifiées lors de la première phase, cette recherche se concentre sur deux stratégies principales : (1) **Stratégies d'Atténuation** : Utilisées immédiatement après l'apparition des signes précurseurs de catastrophes météorologiques prévisibles, telles que les inondations et les ouragans ; (2) **Mécanismes de Protection Proactive** : Pré-allocation de chemins de transmission alternatifs et de centres de données de secours pour se protéger contre les défaillances causées par des catastrophes imprévisibles comme les tremblements de terre. Ces approches visent à renforcer la résilience des EO-DCNs en réduisant les interruptions de service et les pertes financières lors de catastrophes naturelles.

#### 1. 3.1 Préparation aux Catastrophes Météorologiques Prévisibles

Pour certaines catastrophes météorologiques (par exemple, les ouragans, les inondations ou les tornades), il est possible d'émettre des alertes prévisionnelles permettant de mettre en place des mesures préventives afin de réduire les effets des catastrophes [14-15]. À cet égard, les chercheurs s'intéressent de plus en plus à la résolution du défi de l'**évacuation des données** afin de minimiser l'impact des catastrophes prévisibles. Ce défi consiste à **migrer rapidement et efficacement** les données (en particulier les données critiques comme celles des hôpitaux, universités, écoles, etc.) et les **machines virtuelles (VMs)** depuis des serveurs ou des centres de données (DCs) dans les EO-DCNs susceptibles d'être affectés vers des centres de données sûrs, via un **routage et une planification fiables**, avant l'échéance fixée par une alerte de catastrophe [7-9]. Pour garantir qu'aucune interruption de service (ou presque) ne survienne durant cette migration, il est essentiel de formuler un problème d'**optimisation du routage résilient et de la planification de l'évacuation des données**. Ce problème vise à **maximiser conjointement** le nombre de VMs migrées tout en minimisant le **temps d'arrêt des**

**services**, l'occupation des ressources réseau et la durée totale de la migration, un aspect encore peu étudié. Ces critères d'optimisation sont souvent en conflit, nécessitant d'explorer un compromis entre eux. Dans cette optique, des techniques d'optimisation efficaces telles que la **programmation linéaire en nombres entiers (ILP)**, les approches **(méta)-heuristiques** et l'**apprentissage profond par renforcement (DRL)** seront particulièrement utiles.

### 1.3.2 Routage et Reroutage Sensibles aux Catastrophes pour les Catastrophes Imprévisibles (Séismes)

Les séismes ont des effets dévastateurs sur les infrastructures de télécommunications, induisant des pannes régionales ou des zones de catastrophe. Dans la littérature, les techniques permettant d'assurer la résilience face aux séismes dans les EO-DCNs sont généralement classées en approches proactives et réactives [14-15]. Dans cette thèse de doctorat, nous nous concentrerons sur les approches proactives, où les zones de catastrophe sont identifiées et modélisées à l'avance (de manière déterministe ou probabiliste) grâce aux résultats obtenus lors de la phase de zonage des catastrophes, en tirant parti des expertises de nos collègues en géographie du laboratoire UMR ESPACE. Ensuite, les demandes de connexion doivent être préparées à l'avance de manière à minimiser les effets des catastrophes.

Une approche proactive traditionnelle consiste à fournir une paire de chemin optique primaire et de secours pour chaque connexion de bout en bout, de manière à ce que les chemins primaire et de secours soient routés dans deux groupes de risque partagé disjoints (SRG, c'est-à-dire qu'ils ne traverseront pas la même zone de panne due à une catastrophe) [5, 14-15]. De cette manière, les deux chemins ne seront pas simultanément perturbés en cas de séisme. Cependant, cette approche peut nécessiter un surprovisionnement en bande passante très élevé, ce qui peut devenir économiquement insoutenable. C'est pourquoi l'approvisionnement sensible aux catastrophes (DAP) est introduit [6]. Pour activer le DAP, il faut d'abord identifier les régions à faible ou aucun risque du réseau grâce aux résultats obtenus lors de la phase de zonage des catastrophes. Ensuite, les connexions les plus importantes sont routées le long des régions à faible risque du réseau afin de réduire le risque de perturbations (et les pénalités résultant de la perte de données) en cas de catastrophe, sans nécessairement utiliser de chemin de secours. De plus, la possibilité de répliquer des informations sur plusieurs centres de données (DCs) et la virtualisation des services à différents emplacements offrent de nombreuses opportunités pour un approvisionnement résilient face aux séismes en déployant une protection coopérative des chemins de secours de bout-en-bout. En conséquence, le concept de stockage coopératif (CSS) entre les DCs [4] et le routage multi-chemins résilients via le *Manycasting* depuis plusieurs DCs est une approche intéressante pour minimiser l'utilisation des ressources afin de protéger les chemins de routage traversant les zones de risque de catastrophe. Cependant, tant le CSS que le *Manycasting* ajoutent une dimension d'optimisation pour minimiser les ressources du réseau dans les EO-DCN, où des techniques d'optimisation (ILP, heuristique, CG ou DRL) joueront un rôle important.

## 1.4 Équipe de Recherche, Laboratoires impliqués et Approche Interdisciplinaire

Pour atteindre avec succès les objectifs de ce projet, l'expertise en évaluation géographique des risques et en optimisation de la résilience des réseaux est essentielle. L'équipe de recherche est composée de Didier Josselin (DR CNRS) du laboratoire UMR ESPACE et de Fen Zhou (MCF-HDR) du laboratoire LIA, dont les compétences complémentaires permettront d'avancer le projet. Didier Josselin, chercheur distingué du CNRS, reconnu pour son expertise en géographie, systèmes de transport urbain, SIG et évaluation des risques, travaillera sur une méthodologie géographique rigoureuse pour le zonage des risques de catastrophe, spécifiquement pour les inondations et les séismes dans les réseaux Elastic Optical Inter-DataCenter (EO-DCNs). Fen Zhou se spécialise dans l'optimisation de la résilience des réseaux et le routage. Il a supervisé trois thèses de doctorat sur la résilience des réseaux face aux catastrophes [28-30]. Leur collaboration établie inclut la co-direction de projets de doctorat réussis et l'intégration des connaissances géographiques avec les stratégies d'optimisation des réseaux [26,27,31,32]. Ce projet se fera en lien avec les travaux sur l'alerte de Johnny Douvinet [33, 34], dans le cadre de son IUF, qui pourra participer notamment aux CSI.

Ce projet s'inscrit parfaitement dans plusieurs axes de recherche du FR Agorantic : • **Axe 1** : Méthodologies et interdisciplinarité • **Axe 4** : Expériences et mises en récit de l'urbain • **Axe 5** : Structuration et exploitation des corpus (potentiellement). De plus, bien que, pour des raisons de conflit d'intérêt (Didier Josselin dirigeant l'EUR), nous ne postulons pas à la bourse InterMEDIUS, la nature interdisciplinaire du projet se lie directement aux thématiques de l'EUR InterMEDIUS, notamment dans le cadre des technologies numériques pour la prise de décision et la résilience territoriale dans la société contemporaine. Cette approche collaborative renforcera l'impact et la pertinence du projet face aux défis sociétaux pressants liés à la résilience face aux catastrophes et aux infrastructures urbaines.

## 2- Profil du/de la candidat(e)

Cette thèse de doctorat est présentée en première lecture en informatique (école doctorale ED536), et, en seconde possibilité, en Géographie quantitative (ED 537). Cela dépendra de la qualité et des profils des candidat.e.s. la thèse sera donc réalisée soit au laboratoire UMR ESPACE, soit au laboratoire LIA, avec des visites régulières prévues dans les deux laboratoires tout au long du projet. Nous encourageons les candidatures des étudiants en deuxième année de master ou des étudiants en dernière année d'école d'ingénieurs ayant une solide formation en modélisation et/ou mathématiques (comme la recherche opérationnelle, l'IA, l'apprentissage automatique, les mathématiques appliqués aux sciences sociales...) et un intérêt marqué pour la recherche interdisciplinaire (informatique, géographie quantitative). Une expérience en géographie et/ou en réseaux serait un atout. Les candidats doivent soumettre leur CV, leurs relevés de notes et une lettre de recommandation à [fen.zhou@univ-avignon.fr](mailto:fen.zhou@univ-avignon.fr) et [didier.josselin@cnrs.fr](mailto:didier.josselin@cnrs.fr).

## 3- Opportunités de mobilité à l'international du/de la doctorant(e) dans le cadre de sa thèse

Le futur doctorant aura l'opportunité de mener des visites de recherche auprès de l'équipe dirigée par le professeur Massimo Tornatore au Politecnico di Milano. Le professeur Tornatore, Fellow IEEE, est un expert pionnier en résilience des réseaux face aux catastrophes naturelles. Ses recherches approfondies dans ce domaine apportent une expertise précieuse qui enrichira considérablement l'expérience de recherche du doctorant. Le Dr Fen Zhou, membre de l'équipe de supervision, entretient une collaboration active avec le groupe du professeur Tornatore, comme en témoignent leurs publications conjointes dans les IEEE/ACM Transactions on Networking (2023) [35] et la conférence IEEE ICC 2024. Pour illustrer cette forte collaboration académique, le professeur Tornatore a été invité à donner un séminaire au LIA en 2018 et le rapporteur pour une thèse de doctorat supervisée par le Dr Zhou. En retour, le Dr Zhou a récemment été invité comme rapporteur et examinateur pour deux thèses de doctorat au sein de l'équipe du professeur Tornatore à Milan. Cette collaboration continue offrira au doctorant un accès à un réseau interdisciplinaire solide, favorisant les échanges scientifiques et enrichissant sa recherche grâce à l'exposition aux méthodologies de pointe en conception de réseaux résilients face aux catastrophes.

## 4- Références bibliographiques

- [1] [https://civil-protection-humanitarian-aid.ec.europa.eu/news-stories/stories/flash-floods-spain-joining-forces-rapid-recovery\\_en](https://civil-protection-humanitarian-aid.ec.europa.eu/news-stories/stories/flash-floods-spain-joining-forces-rapid-recovery_en)
- [2] B. Kolen, R. Slomp, S.N. Jonkman. The impacts of storm Xynthia February 27–28, 2010 in France: lessons for flood risk management. *Journal of flood risk management*, 6(3): s 261-278, 2013
- [3] <https://www.seine-et-marne.gouv.fr/Actions-de-l-Etat/Securite-et-protection-de-la-population/Prevention-des-risques-naturels-et-technologiques/Risques-naturels-en-Seine-et-Marne/Inondations/Le-risque-inondation>

- [4] Yuanhao Liu, Fen Zhou, Cao Chen, Zuqing Zhu, Tao Shang, Juan-Manuel Torres-Moreno: Disaster Protection in Inter-DataCenter Networks Leveraging Cooperative Storage. *IEEE Trans. Netw. Serv. Manag.* 18(3): 2598-2611 (2021)
- [5] Min Ju, Yuanhao Liu, Fen Zhou, Shilin Xiao. Disaster-Resilient and Distance-adaptive Services Provisioning in Elastic Optical Inter-Data Center Networks. *IEEE/Optica Journal of Lightwave Technology* : 1-14, March 2022.
- [6] S. Sedef Savas, M. Farhan Habib, Massimo Tornatore, Ferhat Dikbiyik, Biswanath Mukherjee: Network adaptability to disaster disruptions by exploiting degraded-service tolerance. *IEEE Commun. Mag.* 52(12): 58-65 (2014)
- [7] Omran Ayoub, Amaro de Sousa, Silvia Mendieta, Francesco Musumeci, Massimo Tornatore: Online Virtual Machine Evacuation for Disaster Resilience in Inter-Data Center Networks. *IEEE Trans. Netw. Serv. Manag.* 18(2): 1990-2001 (2021)
- [8] Sifat Ferdousi, Massimo Tornatore, M. Farhan Habib, Biswanath Mukherjee: Rapid Data Evacuation for Large-Scale Disasters in Optical Cloud Networks [Invited]. *JOCN* 7(12): B163-B172 (2015)
- [9] Zhuotong Li, Memedhe Ibrahim, Yongli Zhao, Biswanath Mukherjee, Jie Zhang, Massimo Tornatore: Content Evacuation in Inter-DC Optical Networks under Post-Disaster Cascading Failures. *ONDM 2024*: 1-5
- [10] H. Honda, H. Saito, Nation-wide disaster avoidance control against heavy rain, *IEEE/ACM Trans. Netw.* 27 (2019) 1084–1097.
- [11] Y. Ran, Considerations and suggestions on improvement of communication network disaster countermeasures after the Wenchuan earthquake, *IEEE Commun. Mag.* 49 (2011) 44–47.
- [12] K. Tanaka, Y. Yamazaki, T. Okazawa, T. Suzuki, T. Kishimoto, K. Iwata, Experiment on seismic disaster characteristics of underground cable, in: 14th World Con. Earthquake Eng., pp. 1–8.
- [13] L.K. Comfort, T.W. Haase, Communication, coherence, and collective action: the impact of hurricane Katrina on communications infrastructure, *Publ. Works Manag. Pol.* 10 (2006) 328–3.
- [14] Jacek Rak, Rita Girão-Silva, Teresa Gomes, Georgios Ellinas, Burak Kantarci, Massimo Tornatore: Disaster resilience of optical networks: State of the art, challenges, and opportunities. *Opt. Switch. Netw.* 42: 100619 (2021)
- [15] Jacek Rak, David Hutchison, János Tapolcai, Rasa Bruzgiene, Massimo Tornatore, Carmen Mas Machuca, Marija Furdek, Paul Smith: Fundamentals of Communication Networks Resilience to Disasters and Massive Disruptions. *Guide to Disaster-Resilient Communication Networks 2020*: 1-43
- [16] COST Action CA15127 – RECODIS: Resilient communication services protecting end-user applications from disaster-based failures. European Cooperation in Science and Technology. <http://www.cost.eu>.
- [17] <https://www.vigicrues.gouv.fr>
- [18] G.J. Schumann, Improving flood resilience through effective integration of earth observation data and modeling over large scales, in: *IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium, IGARSS, Fort Worth, TX, USA, 2017*, pp. 5595–5597.
- [19] D. Wagenaar, A. Curran, M. Balbi, A. Bhardwaj, R. Soden, E. Hartato, G.M. Sarica, L. Ruangpan, G. Molinaro, D. Lallemand, Invited perspectives: how machine learning will change flood risk and impact assessment, *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.* 20 (2020) 1149–1161
- [20] A.D. Metin, N.V. Dung, K. Schröter, S. Vorogushyn, B. Guse, H. Kreibich, B. Merz, The role of spatial dependence for large-scale flood risk estimation, *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.* 20 (2020) 967–979.
- [21] United States Geological Survey, USGS flood information, accessed June 10, 2020, [https://www.usgs.gov/mission-areas/water-resources/science/usgs-flood-information?qt-science\\_center\\_objects=0#qt-science\\_center\\_objects](https://www.usgs.gov/mission-areas/water-resources/science/usgs-flood-information?qt-science_center_objects=0#qt-science_center_objects), 2020.
- [22] A.E. Bandecchi, V. Pazzi, S. Morelli, L. Valori, N. Casagli, Geo-hydrological and seismic risk awareness at school: emergency preparedness and risk perception evaluation, *Int. J. Disaster Risk Reduct.* 40 (2019) 101280.
- [23] United States Geological Survey, Long-term national seismic hazard map, 2018, <https://www.usgs.gov/natural-hazards/earthquake-hazards/science/2018-united-states-lower-48-seismic-hazard-long-term>, 2018. (Accessed 10 June 2020).

- [24] S.M. Shanavas, V.P. Mishra, P. Maheshwari, Global disaster research and threat detection system, in: International Conference on Computational Intelligence and Knowledge Economy (ICCIKE), United Arab Emirates, Dubai, 2019, pp. 650–655.
- [25] Predict Disasters Using Social Media (<https://springml.com/blog/predicting-disasters-using-social-media/>).
- [26] M. Mathias, F. Zhou, J. Torres-Moreno, D. Josselin, M. Poli, and A. C. Linhares, “Personalized sightseeing tours: a model for visits in art museums,” *Int. J. Geogr. Inf. Sci.* 31(3): 591-616 (2017).
- [27] Mohamed Amine Ait Ouahmed, Didier Josselin, Fen Zhou. Relocation Optimization of Electric Cars in One-Way Car-sharing Systems: Modeling, Exact Solving and Heuristics Algorithms. *International Journal of Geographical Information Science*, 32(2): 367-398, 2018.
- [28] Mohamed Madani, Fen Zhou, Ahmed Meddahi. "Deploying Disaster-Resilient Service Function Chains Using Adaptive Multi-Path Routing. *IEEE Transactions on Network and Service Management*, pp1-14, accepted, Nov. 2024.
- [29] Y. Liu. Enhancing survivability for elastic optical inter-DataCenter Networks. PhD thesis, LIA, Avignon University. 2023.
- [30] M. Ju. Protection optimization in Next Generation Optical networks. PhD thesis, LIA, Avignon University. 2018.
- [31] Mohamed Amine Ait Ouahmed. Optimisation dans l'auto-partage à un seul sens avec voitures électriques et relocalisations. PhD thesis, LIA, Avignon University. 2018.
- [32] Mayeul Mathias. Recommandation de parcours culturels personnalisés : Étude interdisciplinaire de la proposition automatique de visites. PhD thesis, LIA, Avignon University. 2021.
- [33] Johnny Douvinet, Miangaly Rakoto, Delphine Grancher, Eric Daudé, Romain Moutard. Évaluer le contenu des notifications d’alerte diffusées en France via FR-Alert® : enjeux scientifiques et retombées opérationnelles. *NETCOM : Réseaux, communication et territoires / Networks and Communications Studies*, 2024, 37-3/4, <10.4000/w8a0>. <hal-04578516>
- [34] Johnny Douvinet, Fatima-Zahra Atmani, Maxime Deniaux, Matthieu Péroche, Noé Carles, et al.. A new dataset on milling time and public perception of Cell Broadcast tsunami alerts tested along the French Mediterranean coast on 19 January 2024. *Data in Brief*, 2024, pp.111073. <10.1016/j.dib.2024.111073>. <hal-04774713>
- [35] Cao Chen, Fen Zhou, Massimo Tornatore, Shilin Xiao: Maximizing Revenue With Adaptive Modulation and Multiple FECs in Flexible Optical Networks. *IEEE/ACM Trans. Netw.* 31(1): 220-233 (2023)

**J’ai informé le Directeur de mon unité du dépôt de cette proposition de sujet de thèse**

Les sujets devront être adressés **avant le 9 décembre 2024 midi** aux adresses [fr-agorantic@univ-avignon.fr](mailto:fr-agorantic@univ-avignon.fr) et [intermedius@univ-avignon.fr](mailto:intermedius@univ-avignon.fr)

Maximum 5 pages (titre fichier : acronymesujet-labo-nom-Dirthèse-AGORANTIC.InterMEDIUS)