

Sujet de Thèse
Contrat Doctoral de la SFR Agorantic
“Culture, Patrimoines, Sociétés numériques”

Unités de recherche concernées :

Laboratoire Informatique d'Avignon (LIA),
UMR ESPACE 7300 CNRS (ESPACE).

Directeur de thèse : Rachid El Azouzi (PR Informatique) – rachid.el-azouzi@univ-avignon.fr

Co-direction (une ADR sera déposée l'année prochaine, avec un projet d'HDR pour 2018):
Johnny Douvinet (MCF Géographie) – johnny.douvinet@univ-avignon.fr

Titre en français : Les réseaux DTN pour les environnements à circonstances critiques : une réelle plus value face à la survenue des catastrophes naturelles ?

Titre en anglais : Networking Smartphones for Victim Localization and Assessment System: Challenges and usefulness during natural disasters?

Mot-Clés : Réseaux opportunistes, Risques naturels, DTN.

Co-tutelle : Non

Axes Agorantic :

- B – Réseaux sociaux, structures, contenus et usages.
- C – Patrimoines, territoires et actions publiques.
- E – Accès au savoir, éthique, et méthodologies.

Profil du candidat :

- Maîtrise du français et de l'anglais
- Connaissance des réseaux DTN
- Sensibilité à la gestion des risques et aux catastrophes naturelles survenant sur le territoire français mais aussi à l'échelle mondiale
- Maîtrise d'au moins un langage de programmation (C / C ++ / Java).

Contexte de recherche :

Les catastrophes naturelles connaissent une recrudescence majeure aujourd'hui, en liens avec le contexte de changement climatique en cours et d'exposition accrue des populations dans des territoires à risque qui, auparavant, avaient été préservés de l'urbanisation [R1, R2]. Un des problèmes majeurs pour les secours est de localiser le plus vite possible les victimes et d'en détecter la gravité de façon à organiser et à mobiliser les actions au plus proche du temps réel. Mais dans de nombreux cas, les communications classiques comme Internet ou le téléphone (fixe ou mobiles) sont hors service pendant et/ou après une catastrophe (ex. à cause d'une panne des réseaux électriques, des réseaux de télécommunication ou de la violence de l'orage qui perturbe les liaisons et les relais). Ces problèmes compliquent la situation et en particulier la mise en relation des victimes avec les secours [R7, R8].

Si les internautes partagent leur localisation en temps réel (via les coordonnées GPS) et leurs déplacements (tracking sur Iphone), allant même jusqu'à diffuser ces données (individuelles ou collectives) sur des RSN plus ou moins ouverts (professionnels ou amis), ils souhaitent avoir en contrepartie accès à des réseaux urgentistes ou des appels de secours [R9]. C'est sans doute pour cette raison que les acteurs du monde humanitaire se sont vite saisis de cette question, développant des applications (Ushaidhi, 18, HumanLife, Croix Rouge...) pour permettre à leurs agents de faire des états des lieux, des points de situation ou des évaluations sur l'étendue des dégâts après les catastrophes. C'est ainsi le début de l'ère du Mobile Data Collection Systems (MDCS) ; sans avoir besoin d'un téléphone mobile, on peut renseigner des informations à partir d'un formulaire et les transmettre à un centre de décision [R10, R11]. En parallèle, c'est le début de la communication à double sens, qui se fait au départ à travers une implication assistée et contrôlée des citoyens dans la collecte [R2]. La demande se traduit de plus en plus par le développement d'applications hyperspécialisées. Si les premières applications dédiées à l'alerte crue datent de 2009 à l'échelle mondiale (avec *FloodAlert* aux Etats-Unis), il faut véritablement attendre l'année 2014 en France, et l'arrivée de très nombreuses applications, pour voir sur le marché des systèmes complets et opérationnels sur cette thématique (*Vialert*, *Signalert* ou *MyPublicCitizen* par exemple). Plusieurs structures (communes, bureaux d'étude, services de l'Etat, etc.) se sont eux aussi lancées dans cette direction en France (application *AlpRisk* dans les Alpes en février 2015, notification push pour la ville de Nimes en 2015) et les exemples se multiplient sur les risques et les catastrophes d'origine naturelle [R15, R16].

Objectifs de la thèse :

Le but de cette thèse est de proposer des solutions basées sur un **réseau opportuniste** [R6, R11, R12] , capable de s'adapter à n'importe quel type de catastrophe naturelle et capable de collecter des données pour la gestion d'urgence. Plus de 60% de la population mondiale (78 % en France) est désormais équipé d'un Smartphone, dès lors la mise en place d'un tel réseau opportuniste, devient possible [R13, R14]. Ce type de réseau ouvre des perspectives intéressantes aux services de secours afin d'exploiter les communications entre les personnes, que ce soit de façon volontaire (participation et collaboration des citoyens) ou involontaire

(transmission par le mode pair à pair des données enregistrées par les capteurs, indépendamment de la volonté des usagers). Explorer cette solution doit permettre de replacer le citoyen au cœur de sa propre sécurité (demandé par la loi de Modernisation de la Sécurité Civile de 2003) et d'expérimenter différents dispositifs, dans des contextes eux aussi différents (relief marqué, communes isolées, zones blanches non couvertes par le réseau 3G voire 2G).

Le réseau opportuniste, basé sur la technologie DTN (*Delay Tolerant Networks*), apporterait des solutions à des problèmes complexes pour les secours : coût élevé de l'infrastructure classique, forte augmentation des risques naturels, coût élevé des reports de trafic, qui devient rapidement dense pendant une catastrophe. La technologie DTN permet d'exploiter la mobilité des individus lorsqu'un nombre important de personnes (utilisant et/ou possédant un Smartphone) se croise sans arrêt dans une zone bien définie. Cependant, les Smartphones seront utilisés comme un appareil émetteur-récepteur d'un signal particulier, destiné à localiser rapidement son porteur au cas de besoin. Mais la mise en place d'un tel réseau devra prendre en charge de nombreuses problématiques, liées au routage, à l'énergie et à la capacité des réseaux notamment.

La thèse est organisée autour de quatre objectifs principaux qui se positionnent sur plusieurs axes méthodologiques : Modélisation, conception, application, évaluation. Le but est de développer une plateforme appelée "**SecurePhone**", qui permettra de localiser les victimes en utilisant le réseau des Smartphones en vue d'organiser de façon rapide les moyens de secours dans les meilleures conditions. Cette architecture sera composée :

- de téléphones intelligents qui sont utilisés comme des relais dans DTN
- de collecteurs/diffuseurs (véhicules de secours, drones, points d'accès) qui peuvent servir de points d'accès à l'Internet afin d'acheminer les messages de détresse vers le centre des secours.
- de diffuseurs, utilisés pour activer le mode "Secure" dans les smartphones.

Pour répondre à ces enjeux, il est nécessaire de mener un travail pluridisciplinaire. Ce projet sera divisé en deux parties : la conception du réseau DTN (en le testant sur divers territoires) et l'adaptation de l'outil "SecurePhone" pour différents types de catastrophe naturelle.

La première partie de la thèse sera focalisée sur l'étude de la faisabilité de notre plateforme au niveau local, régional et national pour mieux comprendre les spécificités des terrains en termes de vulnérabilités et de capacités [R4, R5]. Il s'agit non seulement de voir comment ces outils participent à la diffusion en temps réel d'informations et/ou de comportements à adopter face à des risques naturels, mais aussi d'expérimenter des applications urgentistes pour y intégrer les attentes des populations locales et formuler des recommandations à destination des élus et de la population. Ces outils pourraient devenir des leviers de résilience face aux dysfonctionnements des réseaux classiques de communication pendant une catastrophe (projet POIA).

La deuxième partie de la thèse sera focalisée sur la conception du réseau DTN en commençant par une étude théorique qui permettra de développer les algorithmes requis, les protocoles de

routage, la mobilité pendant une catastrophe naturelle. Les problèmes suivants sont des points spécifiques que ce projet propose d'aborder :

- Recueillir un ensemble de traces réalistes et synthétiques pendant une catastrophe naturelle [R3]. La mobilité joue un rôle très important sur la conception des protocoles dans les DTNs et elle permet aussi d'évaluer l'efficacité du réseau DTN d'acheminer les messages vers un centre de secours [R5].
- Plusieurs protocoles de routage ont été développés pour le réseau DTN avec l'hypothèse que le réseau est homogène (densité, mobilité, communication, batterie, capacité de stockage, etc.). La nature des applications étudiés dans ce projet nous amène à étudier comment les protocoles de routage dans les DTNs peuvent être affectés quand la densité des noeuds est en grande partie non homogène et/ou quand les noeuds ont des caractéristiques et des modèles divers de mobilité ;
- Etudier les problématique liés à la consommation d'énergie. Les utilisateurs possédant un Smartphone sont conscients du fait que les batteries de leurs téléphones portables ont une quantité d'énergie tout à fait limitée, et ils peuvent être disposés à participer à transmettre le contenu par relais. Spécifiquement, nous étudierons le mécanisme de coopération basé sur l'analyse du comportement de noeuds, et nous adapterons des schémas venant des développements les plus récents de l'algorithmique distribuée, de la théorie des jeux et des algorithmes d'apprentissage [R6].

Les solutions proposées seront évaluées par le simulateur ONE [R1] en utilisant les traces réelles observées pendant une catastrophe naturelle [R4]. Le simulateur sera aussi adapté pour couvrir plusieurs type de catastrophe (zone urbaine, zone rurale, petite ville, etc).

Liens avec des projets terminés ou en cours

Cette thèse vient dans la continuité de plusieurs projets :

- thèse de **Jules Kouadio** (soutenance en novembre 2016) qui avait pour objectif de voir la faisabilité et l'utilité d'une application Smartphone face à la survenue de crues rapides dans le départements du Vaucluse et du Var
- Projet **FP7 ICT CONGAS** (2012-2015) : Une partie du projet est consacrée sur l'études des mécanismes coopératifs pour le routage dans DTN
- Séminaire **SMARS** organisé les 25 et 26 mars 2015 à Avignon
- **Projet POIA SMARS** (déposé le 21 février 2016) qui porte sur les Smartphones et les RSN comme leviers de résilience dans les territoires alpins.
- Projet Action intégré avec le Maroc (2012-2015) Réseaux DTN Pour les environnements à circonStancescritiquES

Références des porteurs du projet de thèse

[R1] **Douvinet J.**, Van de Wiel M., Delahaye D., Cossart E. (2014). A flash flood hazard assessment in dry valleys (northern France) by cellular automata modeling. *Natural Hazards*, 75 (3), 2905-2929.

[R2] **Douvinet J.**, Mallet A., **Escudier A.**, et al. (2015). La simulation comme outil d'anticipation des crues rapides dans les bassins en Seine-Maritime, *Revue Internationale de Géomatique*, 4, 99-122.

[R3] **Douvinet J.**, Gisclard B., Kouadio J., Grasland L., Weiss K., Richaud A. (2016). Les Smartphones et les Réseaux Sociaux Numériques comme outils d'aide à l'alerte face aux crues rapides. *Cybergéo*.

[R3] A. Keranen, J. Ott., T. Ka rkk a lnen, "The one simulator for dtn protocol evaluation," in *Proceedings of the 2Nd International Conference on Simulation Tools and Techniques*, ser. Simutools '09, 2009, pp. 55:1–55:10.

[R4] <http://crowdad.org/index.html>

[R5] Tatiana~Seregina, Olivier~Brun, **Rachid~El-Azouzi**, Balakrishna Prabhu, "On the Design of a Reward-Based Incentive Mechanism for Delay Tolerant Networks, Accepted for publication in **IEEE Transactions on Mobile Computing**, 2016.

[R5] **Rachid El-Azouzi**, Francisco De Pellegrini, Habib SIDI, Vijay Kamble, "Evolutionary forwarding games in Delay Tolerant Networks: equilibria, mechanism design and stochastic approximation" **Computer Netwroks**, 2013.

Autres références bibliographiques

[R6] X. Zhang, G. Neglia, J. Kurose, and D. Towsley, "Performance modeling of epidemic routing," *Computer Networks*, vol. 51, pp. 2867–2891, 2007.

[R7] Boyd, D., Ellison, N. (2007). Social network sites: Definition, history, and scholarship. *Journal of Computer-Mediated Communication*, 13,1.

[R8] Corvey, J.W., Verma, S. Vieweg, S. Palmer, M. & Martin, J.H. (2010). Foundations of a multilayer annotation framework for Twitter communications during crisis events. Communication présentée à LREC 2012, 8th International Conference on Language Resources and Evaluation, Istanbul, Turquie. Récupéré le 25 juin 2015 du site de la LREC : http://www.lrecconf.org/proceedings/lrec2012/pdf/1008_Paper.pdf

[R9] Goodchild, M. F. (2007). Citizens as sensors : the world of volunteered geography. National Center for Geographic Information : http://www.ncgia.ucsb.edu/projects/vgi/docs/position/Goodchild_VGI2007.pdf

[R10] Laurila, J. K., Gatica-Perez, D., Aad, I., Blom, J., Bornet, O., Minh Tri Do, M., Dousse, O., Eberle, J. & Miettinen, M. (2013). From big smartphone data to worldwide research : the mobile data challenge. *Journal Persuasive and Mobile Computing*, 9(6),752-771. doi :10.1016/j.pmcj.2013.07.014

[R11] B. Chen and M. Chan, "Mobicent: a credit-based incentive system for disruption tolerant network," in *Proc. of IEEE INFOCOM*, 2010, pp. 1–9.

[R12] T. Ning, Z. Yang, X. Xie, and H. Wu, "Incentive-aware data dissemination in delay-tolerant mobile networks," in *Proc. of IEEE Sensor, Mesh and Ad Hoc Communications and Networks (SECON)*, 2011, pp. 539–547.

[R13] Sujoy Saha, Sushovan Anirudh Sheldekar Rijo Joseph C. Amartya Mukherjee and Subrata Nandi, "Post Disaster Management Using Delay Tolerant Network, Volume 162 of the series Communications in Computer and Information Science pp 170-184

[R14] S.Saha, V.K. Shah, R. Verma, R. Mandal and S.Nandi, Is It Worth Taking a Planned Approach to Design Ad-hoc Infrastructure for Post Disaster Communication?, in Proceedings of the ACM CHANTS'12, co-located with MobiCom 2012, August 22, 2012, Istanbul, Turkey.

[R15] Palen, L., Vieweg, S., Liu, S. B. & Hughes, A.L. (2007). Crisis in a networked world. Communication présentée à la Virginia Tech Event, Virginia, USA. University of Colorado, Department of Computer Science : https://www.cs.colorado.edu/~palen/palen_etal_sageoct.pdf

[R16] Palmer, N., Kemp, R., Kielmann, T., et Bal, H. (2012). Raven: Using smartphones for collaborative disaster data collection. Proceedings of the 9 th International ISCRAM Conference. Vancouver, Canada: L. Rothkrantz, J. Ristvej and Z. Franco, eds.