

Mémoire du projet ANR SARAH

Services distribués Asynchrones pour Réseaux mobiles Ad Hoc

F. Guidec
VALORIA
Univ. de Bretagne-Sud

S. Chaumette
LABRI
Univ. de Bordeaux I

F. Guinand
LITIS
Univ. du Havre

P.-F. Bonnefoi
XLIM
Univ. de Limoges

1 Introduction

Le projet SARAH (Services distribués Asynchrones pour Réseaux mobiles Ad Hoc) a été financé de 2005 à 2009 par l'Agence Nationale de la Recherche dans le cadre du programme ARA SSIA 2005 (Action de Recherche Amont – Sécurité, Systèmes embarqués et Intelligence Ambiante). Il avait pour objectif d'étudier les problèmes posés par les réseaux mobiles ad hoc (ou MANET¹) discontinus, et leur aptitude à supporter l'acheminement de données et le déploiement de services distribués. Ce mémoire résume les objectifs du projet et liste les principaux résultats scientifiques obtenus.

2 Objectifs

Le réseau mondial Internet constitue une infrastructure de communication fiable, performante, et de très grande envergure encourageant le déploiement de services qui peuvent en général être considérés comme étant accessibles à tout instant. L'essor de l'informatique diffuse propose à présent une vision nouvelle, dans laquelle les utilisateurs peuvent être équipés de terminaux mobiles communicants (TMC) capables d'interagir les uns avec les autres grâce à des communications sans fils à faible portée. Le projet SARAH avait pour objectif d'étudier les possibilités offertes par la communication de proximité, et les contraintes qui en découlent, pour supporter le déploiement et l'utilisation de services distribués sur des équipements interagissant exclusivement en mode ad hoc, c'est-à-dire sans être dépendants d'un quelconque réseau d'infrastructure. Le scénario-type considéré était celui d'une population d'individus équipés de TMC (e.g. ordinateurs portables, assistants numériques personnels, *smartphones*) dotés d'interfaces de communication à faible portée pouvant fonctionner en mode ad hoc (e.g. interfaces de type Wi-Fi ou Bluetooth).

Le projet SARAH s'est distingué fondamentalement de la

plupart des autres travaux menés dans le domaine des réseaux ad hoc par le fait qu'il n'a été fait aucune hypothèse optimiste concernant la façon dont les terminaux mobiles se déplacent dans leur environnement, ni concernant la densité et la répartition géographique de ces terminaux dans cet environnement, ni concernant le fait que ces terminaux soient toujours « allumés » et disposés à interagir avec des terminaux voisins. Au contraire nous avons formulé des hypothèses radicalement pessimistes concernant tous ces points. L'image résultante est celle d'un réseau ad hoc fortement partitionné et extrêmement dynamique, cette dynamique résultant du fait que les nœuds du réseau sont à la fois mobiles et volatiles (i.e. ces nœuds apparaissent et disparaissent fréquemment du réseau au gré des allumages/extinctions des terminaux).

Dans un réseau présentant de telles caractéristiques, les approches « traditionnelles » de déploiement de services se révèlent inapplicables. En effet ces approches reposent la plupart du temps sur un modèle client-serveur, et sont mises en œuvre en faisant l'hypothèse d'une connectivité permanente et de bout en bout entre clients et serveurs à travers le réseau, hypothèse qui peut n'être qu'occasionnellement – voire jamais – vérifiée dans le type de réseau ad hoc dynamique décrit plus haut .

Le projet SARAH était subdivisé en quatre thèmes complémentaires, portant respectivement sur les problématiques inhérentes au support de la communication dans un réseau mobile ad hoc discontinu, au support de services distribués dans ce type de réseau, à la sécurisation des communications et des services, et enfin aux techniques de simulation et d'analyse formelle permettant de valider les méthodes et outils ainsi développés.

Dans le domaine de la communication, les travaux du projet ont principalement porté sur la conception de protocoles de communication reposant sur le principe de la communication tolérant les ruptures de connectivité (*DTN : Disruption-Tolerant Networking*), qui dans le cadre des réseaux mobiles ad hoc consiste à exploiter les TMC en tant que « transporteurs » de l'information au cours de leurs

¹MANET : *Mobile Ad hoc NETWORK*.

déplacements dans le réseau. Ce mode de communication permet l'acheminement de messages dans un réseau non connexe (ou partitionné), les TMC assurant l'acheminement des messages entre des parties non connectées du réseau. Le principe de la communication DTN n'ayant été proposé que très récemment (i.e. au début des années 2000), les travaux dans ce domaine n'ont pas encore abouti à un standard de fait. Notre objectif dans le cadre du projet SARAH a donc été d'étudier les travaux en cours, d'évaluer l'applicabilité des approches proposées au contexte particulier des réseaux MANETs discontinus et de définir et mettre en œuvre un modèle spécifique répondant à nos besoins.

La gestion d'applications orientées services implique traditionnellement des opérations élémentaires telles que la découverte, la sélection, et la fourniture de services. Bien que certains travaux récents dans le domaine des plateformes de services aient été appliqués aux réseaux sans fils, ces travaux ne proposent pas de solutions applicables dans le type de réseau que nous considérons, car bien souvent les approches proposées reposent sur des hypothèses extrêmement optimistes concernant la mobilité et la connectivité des TMC. La communication DTN au sein d'un réseau mobile ad hoc oblige donc à concevoir de nouveaux modèles pour la gestion de services, et un support intergiciel pour de tels modèles. Conceptuellement, il s'agit notamment de faire en sorte que la découverte et l'annonce de services intègrent les propriétés temporelles du réseau, mais aussi de proposer de multiples modalités d'invocation de services. Ceci nécessite notamment une interaction étroite entre la plate-forme supportant les services et l'intergiciel de communication sous-jacent (thème 1). Par ailleurs, les services applicatifs eux-mêmes doivent être adaptés à une modalité de fonctionnement en mode pair à pair plutôt qu'en mode client-serveur.

Dans le type de réseau que nous considérons, des terminaux mobiles sont susceptibles d'échanger de l'information et des services, en faisant le cas échéant transiter et/ou entreposer les données échangées par d'autres terminaux. Dans un tel contexte, les problèmes relatifs à la confidentialité et à l'intégrité des données doivent naturellement être pris en compte. Cependant les approches classiques reposant par exemple sur des autorités de certification sont inapplicables au sein d'un réseau ad hoc, ouvert et dynamique. Notre objectif dans le projet SARAH était de tenir compte des contraintes apportées par le modèle de communication DTN afin de proposer des mécanismes de sécurité flexibles capables notamment de prendre en compte le caractère intrinsèquement asynchrone de la communication DTN.

L'expérimentation en vraie grandeur de la communication dans un MANET discontinu étant très difficile, nous avons choisi de développer des outils de simulation et d'analyse avec lesquels des scénarios de mobilité et de volatilité réalistes ont pu être modélisés, et nos protocoles et algorithmes validés. Enfin, les intergiciels de communi-

cation et de services DTN que nous avons développés ont été interfacés avec ces outils, l'objectif étant de pouvoir observer, évaluer, et finalement valider le comportement de ces intergiciels dans différentes conditions de fonctionnement.

3 Contributions scientifiques

Thème 1 : Support de la communication dans les MANETs discontinus

Supporter la communication dans les MANETs discontinus nécessite le développement de protocoles de communication spécifiques. Dans le cadre du projet SARAH, nous avons conçu un protocole combinant le principe de la communication DTN avec celui de l'acheminement basé-contenu (*Content-Based Networking*) [1, 2, 3]. Il permet la dissémination sélective de documents au sein du réseau. Tout terminal mobile participant au réseau ad hoc est configuré de façon à être plus ou moins sélectif vis-à-vis des documents qu'il est susceptible de recevoir des terminaux rencontrés au cours de ses déplacements, d'héberger dans son cache local, et de retransmettre enfin vers d'autres terminaux mobiles. Chaque étape élémentaire du modèle *store, carry, and forward* inhérent à la communication mobile DTN peut ainsi être réalisée de manière contrôlée.

Le problème de la diffusion a été abordé spécifiquement, via la proposition d'un algorithme original fondé sur la prise en compte à la fois de la densité hétérogène des nœuds et du partitionnement continu du réseau [4], et d'un second algorithme autorisant le contrôle de la diffusion par la source [5]. Par ailleurs, un travail de formalisation a été mené sur la définition d'un ensemble de primitives minimum pouvant être embarquées dans un intergiciel visant les MANETs discontinus [6]. Une implémentation partielle de cet ensemble de primitives a été réalisée [7].

Les protocoles étudiés ont été intégrés dans une plate-forme intergicielle baptisée DoDWAN (*Document Dissemination in Wireless Ad hoc Networks*). La plate-forme DoDWAN, développée en Java, offre notamment une API de type *publish-subscribe* destinée à être utilisée par la plate-forme de services développée dans le cadre du thème 2. L'implantation principale de DoDWAN exploite les interfaces de communication sans fil de type Wi-Fi. Un portage de l'intergiciel sur une plate-forme de test PR4G (radio tactique VHF utilisée dans le domaine militaire) a été également effectué [8]. Enfin, DoDWAN peut s'interfacer avec le simulateur MADHOC développé dans le cadre du thème 3, ce qui permet d'évaluer le comportement du protocole de dissémination sur lequel repose la plate-forme DoDWAN dans des réseaux mobiles de grande envergure.

Thème 2 : Services tolérant les délais

Le deuxième thème d'étude du projet a concerné la fourniture de services applicatifs adaptés aux MANETs discontinus. Nous avons développé un prototype de support de la découverte et de l'invocation de services asynchrones reposant sur le principe de communication DTN [9, 10, 11, 12, 13]. Ce prototype prend la forme d'un service OSGi et utilise l'intergiciel de communication DoDWAN. Il implémente les éléments de base de la programmation orientée services : la description, la découverte, et l'invocation distante de services. Ces éléments permettent les interactions asynchrones entre un fournisseur de services et ses clients. L'implémentation est adaptée aux spécificités des environnements ad hoc discontinus. La description des services prend en compte le contrat fonctionnel décrivant les offres et les besoins respectivement des fournisseurs et des clients. On y ajoute la description des propriétés non fonctionnelles comme notamment les préférences de l'utilisateur, et les disponibilités et la tolérance aux délais du service considéré. La découverte des services s'appuie sur la dissémination, basée sur le contenu, des informations de description. Différentes politiques de découverte sont applicables (selon l'appartenance à un groupe ou une communauté, selon un ensemble de préférences utilisateurs, etc.). L'invocation des services est fondée sur les protocoles utilisés dans le domaine des services Web (SOAP). Plusieurs algorithmes ont été mis en œuvre pour purger le réseau des appels et réponses redondants, et l'apport d'informations de géolocalisation pour la fourniture de services a été étudié [11]. Toutes les interactions entre fournisseurs et clients se font par échange asynchrone de messages, en s'appuyant sur l'API *publish/subscribe* mise en œuvre dans l'intergiciel DoDWAN. Le support de services a été interfacé avec le logiciel de simulation MADHOC, ce qui a permis de tester son comportement en prenant en compte plus d'une centaine d'équipements fournisseurs et clients de services en situation de mobilité réaliste.

Le volet applicatif a été également exploré durant le projet. Plusieurs logiciels fournissant des services classiques de communication ont été réalisés et testés : partage de fichiers [14], courrier électronique, messagerie instantanée, forum de discussion [15]. Ils ont été mis en œuvre en mode pair à pair et adaptées au contexte des MANETs discontinus. Des applications plus spécifiques (partage de carte tactique [16, 14], service d'information de secours [17], fusion de relevés de température collectées dans un réseau de capteurs [18], déploiement de logiciel [19]) ont aussi été développées.

Thème 3 : Sécurité pour les réseaux et services DTN

Le thème 3 du projet a porté sur l'étude des problèmes de sécurité posés par des scénarios dans lesquels tout terminal

peut être appelé à relayer les messages émis par un tiers, en l'absence de toute autorité de certification [20]. Une proposition a été faite dans laquelle l'utilisateur peut ajuster à volonté le niveau de sécurité. Une solution basée sur un IBE (*Identity Based Encryption*) permet d'envoyer un message sécurisé (chiffré, signé, ou les deux à la fois) sans qu'une négociation préalable soit nécessaire avec le destinataire du message. En effet, l'identité publique de l'utilisateur, expéditeur ou destinataire, est utilisée pour dériver de manière unique des clés de chiffrement asymétrique de type RSA. Cette approche permet d'obtenir des clés compatibles avec les bibliothèques de cryptographie standard de Java. Enfin, deux mises en œuvre ont été réalisées pour l'exécution de l'IBE, l'une basée sur une bibliothèque purement logicielle et l'autre utilisant un environnement d'exécution sécurisé basé sur des cartes à puce de type MultOS [21].

Par ailleurs, un protocole permettant la définition d'identités et de groupes a été développé, et expérimenté sur une plate-forme constituée de PDA communiquant à l'aide de la technologie sans fil Bluetooth et bénéficiant d'un environnement d'exécution sécurisé [20, 21, 22, 23].

Thème 4 : Simulation et évaluation des réseaux et services DTN

Deux plates-formes de simulation complémentaires ont été développées dans le cadre du projet SARAH : le simulateur de réseaux MADHOC [24], et le simulateur de services DA-GRS [25, 26, 27]. MADHOC est un simulateur à temps discret, implémentant divers modèles de mobilité parmi lesquels le classique *Random Waypoint Mobility Model*, mais également des modèles plus originaux comme le *Human Mobility Model* qui permet de simuler la mobilité humaine dans des environnements divers (e.g. réseau autoroutier, centre ville, centre commercial...).

Le simulateur DA-GRS repose sur un modèle de ré-étiquetage de graphes dynamiques. Ce modèle permet de représenter des algorithmes distribués dans un contexte mobile, par l'utilisation de ré-étiquetages locaux de graphes dynamiques. Pour faciliter l'interfaçage entre MADHOC et les autres outils développés dans le cadre du projet, nous avons défini un format de graphes dynamiques basé sur la description d'événements structurels (ajout/suppression/modification de sommets et d'arêtes) appelé DGS (pour *Dynamic Graph Stream*). DGS permet notamment d'assurer l'interopérabilité entre les outils MADHOC et DA-GRS. Il est également exploitable par la bibliothèque GraphStream [28], développée durant le projet pour de supporter la visualisation de graphes dynamiques.

Plusieurs algorithmes décentralisés destinés à fonctionner dans des MANETs discontinus ont été conçus et évalués en utilisant DA-GRS et MADHOC. Il s'agit d'algorithmes permettant la construction et le maintien de structures distribuées dans les MANETs discontinus. Parmi les

problèmes étudiés on peut notamment citer la construction et le maintien d'une forêt couvrante [29, 30], d'un arbre des plus courts chemins (définis à partir d'une station source), et la coloration de graphe à l'aide d'une mécanique réactive [31].

4 Valorisation

Les travaux évoqués ci-dessus se sont soldés par la publication d'une quarantaine d'articles scientifiques dans des revues et dans les actes de conférences internationales. Ces articles sont pour la plupart disponibles sur le site Web du projet². Sur ce site Web sont également mis à disposition de la communauté scientifique les divers outils logiciels développés au cours du projet (sous licence GPL pour la plupart).

Le projet SARAH a permis aux quatre laboratoires partenaires d'acquérir des compétences certaines dans le domaine des réseaux mobiles ad hoc à connectivité partielle ou sporadique, et de faire reconnaître ces compétences au niveau international. Nos travaux dans ce domaine se poursuivent d'ailleurs à présent dans le cadre de nouveaux projets, tant au niveau national (e.g. projets ANR) qu'au niveau international (e.g. projets européens) sur des sujets tels que la communication et la coordination au sein d'une flotte de drones, la collecte de données biométriques par des capteurs mobiles, etc.

Contributeurs

Les principaux contributeurs au projet SARAH ont été les suivants (par ordre alphabétique) : Cédric Gaël Aboue Nze, Jérémie Albert, Ève Atallah, Lionel Barrère, Salma Ben Sassi, Pierre-François Bonnefoi, Arnaud Casteigts, Serge Chaumette, Julien Franzolini, Frédéric Guidec, Frédéric Guinand, Julien Haillot, Luc Hogie, Nicolas Le Sommer, Yves Mahéo, Yoann Pigné, Romeo Said, Damien Sauveron.

Références

- [1] Julien Haillot and Frédéric Guidec. A Protocol for Content-Based Communication in Disconnected Mobile Ad Hoc Networks. In *IEEE 22nd International Conference on Advanced Information Networking and Applications (AINA'08)*, pages 188–195, Okinawa, Japan, March 2008. IEEE CS.
- [2] Julien Haillot and Frédéric Guidec. A Protocol for Content-Based Communication in Disconnected Mobile Ad Hoc Networks. *Mobile Information Systems*, 2009.
- [3] Frédéric Guidec and Yves Mahéo. Opportunistic Content-Based Dissemination in Disconnected Mobile Ad Hoc Networks. In *International Conference on Mobile Ubiquitous Computing, Systems, Services and Technologies (UBICOMM 2007)*, pages 49–54, Papeete, French Polynesia (Tahiti), November 2007. IEEE Computer Society Press.
- [4] Luc Hogie, Marcin Seredynski, Frédéric Guinand, and Pascal Bouvry. A Bandwidth-Efficient Broadcasting Protocol for Mobile Multi-Hop Ad Hoc Networks. In *5th International Conference on Networking (ICN 2006)*, Mauritius, April 2006. IEEE CS Press.
- [5] Luc Hogie, Grégoire Danoy, Pascal Bouvry, and Frédéric Guinand. A Context-Aware Broadcast Protocol for Mobile Wireless Networks. In *2nd International Conference on Modelling, Computation and Optimization in Information Systems and Management Sciences (MCO'08)*, volume 14 of *CCIS*, pages 507–519. Springer, September 2008.
- [6] Jérémie Albert and Serge Chaumette. Rationale for Defining NCIPs (Neighborhood and Context Interaction Primitives). In *Ambient Intelligence Developments (AmI.d'07)*, pages 144–153, Sophia Antipolis, France, September 2007. Springer.
- [7] Jérémie Albert, Jérôme Castang, and Serge Chaumette. MOnKey - A Portable Middleware On Key. In *20th International Conference on Parallel and Distributed Computing and Systems (PDCS'08)*, Orlando, Florida, USA, November 2008.
- [8] Julien Haillot, Frédéric Guidec, Serge Corlay, and Jacques Turbert. Disruption-Tolerant Content-Driven Information Dissemination in Partially Connected Military Tactical Radio Networks. In *28th IEEE Military Communication Conference (MILCOM 2009)*, Boston, USA, October 2009.
- [9] Romeo Said and Yves Mahéo. Toward a Platform for Service Discovery and Invocation in Disconnected Mobile Ad Hoc Networks. In *5th International Conference on Embedded and Ubiquitous Computing (EUC 2008)*, pages 238–244, Shanghai, China, December 2008. IEEE CS.
- [10] Yves Mahéo, Romeo Said, and Frédéric Guidec. Middleware Support for Delay-Tolerant Service Provision in Disconnected Mobile Ad Hoc Networks. In *Workshop on Java and Components for Parallelism, Distribution and Concurrency at IPDPS'08*, Miami, FL, USA, April 2008. IEEE CS.
- [11] Salma Ben Sassi and Nicolas Le Sommer. Towards an Opportunistic and Location-Aware Service Provision in Disconnected Mobile Ad Hoc Networks. In *2nd International ICST Conference on MOBILE Wireless MiddleWARE, Operating Systems, and Applications (Mobilware 2009)*, volume 7 of *LNICST*, pages 396–406, Berlin, Germany, April 2009. Springer.
- [12] Nicolas Le Sommer, Romeo Said, and Yves Mahéo. A Proxy-based Model for Service Provision in Opportunistic Networks. In *6th International Workshop on Middleware for Pervasive and Ad-Hoc Computing (MPAC'08)*, Louvain, Belgique, December 2008. ACM Press.
- [13] Nicolas Le Sommer. A Framework for Service Provision in Intermittently Connected Mobile Ad hoc Networks. In *8th IEEE International Symposium on a World of Wireless, Mobile and Multimedia Networks (WOWMOM 2007)*, Helsinki, Finland, June 2007. IEEE CS Press.

²<http://www-valoria.univ-ubs.fr/SARAH>

- [14] Lionel Barrère, Arnaud Casteigts, and Serge Chaumette. A Totally Decentralized Document Sharing System for Mobile Ad Hoc Networks. In *4th ACM International Workshop on Mobility Management and Wireless Access (MobiWac 2006)*, Malaga, Spain, October 2006.
- [15] Julien Haillot and Frédéric Guidec. Towards a Usenet-like Discussion System for Users of Disconnected MANETs. In *First IEEE International Workshop on Opportunistic Networking (WON'08)*, pages 1678–1683, Okinawa, Japan, March 2008.
- [16] Lionel Barrère, Serge Chaumette, and Jacques Turbert. A Tactical Active Information Sharing System for Military MANets. In *IEEE Military Communications Conference (MILCOM 2006)*, Washington, USA, October 2006.
- [17] Julien Franzolini, Frédéric Guinand, and Damien Olivier. DT-MANET for Rescue Information Services. In *22nd European Conference on Simulation and Modelling (ESM'08)*, Le Havre, France, October 2008.
- [18] Lionel Barrère, Serge Chaumette, and Cyril De Peretti. Delay Tolerant Dynamic Data Collection over a Sensor Network. In *26th IEEE Military Communication Conference (MILCOM 2007)*, Orlando, Florida, USA, October 2007.
- [19] Frédéric Guidec, Nicolas Le Sommer, and Yves Mahéo. Opportunistic Software Deployment in Disconnected Mobile Ad Hoc Networks. *International Journal of Handheld Computing Research*, 2009.
- [20] Pierre-François Bonnefoi, Damien Sauveron, and Jong Hyuk Park. MANETS : an exclusive choice between use and security? *Computing And Informatics*, 27(5), 2008. Special Issue on Interactive Multimedia & Intelligent Services in Mobile and Ubiquitous Computing.
- [21] Ève Atallah and Serge Chaumette. A Smart Card Based Distributed Identity Management Infrastructure for Mobile Ad hoc Networks. In *First IFIP International Workshop on Information Security Theory and Practices (WISTP 2007)*, Heraklion, Greece, May 2007.
- [22] Ève Atallah, Céline Burgod, Pierre-Francois Bonnefoi, and Damien Sauveron. Mobile Ad Hoc Network with Embedded Secure System. In *Ambient Intelligence Developments Conference (Aml.d 2006)*, Sophia Antipolis, France, September 2006. Springer.
- [23] Serge Chaumette, Olivier Ly, and Renaud Tabary. Secure program partitioning for hardware-based software protection. In *1st International Workshop on Remote Entrusting*, Trento, Italy, October 2008.
- [24] Luc Hogue, Frédéric Guinand, Grégoire Danoy, Pascal Bouvry, and Enrique Alba. Simulating Realistic Mobility Models for Large Heterogeneous MANETs. In *9th ACM/IEEE International Symposium on Modeling, Analysis and Simulation of Wireless and Mobile Systems (MSWIM 2006)*, Malaga, Spain, October 2006.
- [25] Arnaud Casteigts and Serge Chaumette. Dynamicity Aware Graph Relabeling Systems and the Constraint Based Synchronization : a Unifying Approach to Deal with Dynamic Networks. In *1st International Conference on Wireless Algorithms, Systems and Applications (WASA'06)*, volume 4138 of *LNCS*, pages 688–697, Xiuan, China, August 2006. Springer.
- [26] Arnaud Casteigts. Model Driven Capabilities of the DAGRS Model. In *International Conference on Autonomic and Autonomous Systems (ICAS'06)*, page 24, Silicon Valley, USA, July 2006. IEEE CS Press.
- [27] Arnaud Casteigts, Serge Chaumette, and Afonso Ferreira. Characterizing Topological Assumptions of Distributed Algorithms in Dynamic Networks. In *16th International Conference on Structural Information and Communication Complexity (SIROCCO'09)*, LNCS, Piran, Slovenia, May 2009. Springer.
- [28] Antoine Dutot, Frédéric Guinand, Damien Olivier, and Yoann Pigné. GraphStream : A Tool for Bridging the Gap between Complex Systems and Dynamic Graphs. In *Emergent Properties in Natural and Artificial Complex Systems (satellite conference EPNACS, within the 4th European Conference on Complex Systems)*, Dresden, Germany, October 2007.
- [29] Apivadee Piyatumrong, Pascal Bouvry, Frédéric Guinand, and Kittichai Lavangnananda. Trusted Spanning Trees for Delay Tolerant MANETs. In *IEEE/IFIP International Symposium on Trust, Security and Privacy for Pervasive Applications (TSP-08, collocated with EUC'08)*, pages 293–298, Shanghai, China, December 2008. IEEE CS Press.
- [30] Apivadee Piyatumrong, Pascal Bouvry, Frédéric Guinand, and Kittichai Lavangnananda. Trusted Spanning Trees for Delay Tolerant Mobile Ad Hoc Networks. In *IEEE Conference on Soft Computing in Industrial Applications (SM-Cia'08)*, Muroran, Japan, June 2008.
- [31] Antoine Dutot, Frédéric Guinand, Damien Olivier, and Yoann Pigné. On the Decentralized Dynamic Graph-Coloring Problem. In *Complex Systems and Self-Organization Modelling, (Workshop COSSOM 2007, in conjunction with ESM'07)*, St Julian's, Malta, October 2007.
- [32] Nicolas Le Sommer. Service Provision in Disconnected Mobile Ad Hoc Networks. In *International Conference on Mobile Ubiquitous Computing, Systems, Services and Technologies (UBICOMM 2007)*, pages 125–130, Papeete, French Polynesia (Tahiti), November 2007. IEEE Computer Society Press.