



## DIPLÔME NATIONAL DE DOCTORAT

(Arrêté du 25 mai 2016)

Date de la soutenance : **30 Mars 2017**

Nom de famille et prénom de l'auteur : **Laurent REYNAUD**

Titre de la thèse : « Stratégies de mobilité optimisées pour la tolérance aux perturbations dans les réseaux sans fil. »



### RÉSUMÉ DE THÈSE :

L'objectif de cette thèse est de proposer des stratégies d'optimisation protocolaire et architecturale adaptées aux cas d'usages pour lesquels les communications entre les nœuds d'un réseau sont susceptibles d'être fortement perturbées par des conditions de déploiement défavorables, sans que les mécanismes standards de réparation de panne prévus pour ce réseau puissent convenablement traiter et résorber les effets de ces perturbations. Il peut s'agir de divers contextes applicatifs, comme celui des réseaux de communication d'urgence, mis en œuvre suite à la survenue de désastres ou plus généralement d'incidents non planifiés capables de laisser les réseaux d'une zone affectée partiellement ou totalement endommagés. Les perturbations mentionnées peuvent être de différente nature : elles peuvent par exemple être provoquées par un dimensionnement du réseau défavorable (ex. nombre de nœuds trop faible, surface de dispersion des nœuds trop importante, portée des interfaces de communication sans fil trop réduites, ... en regard des autres paramètres de déploiement considérés). Elles peuvent aussi être provoquées par des causes externes, comme par exemple la présence non anticipée d'obstacles ou la survenue de sources d'interférences extérieures au réseau considéré. De manière générale, on constate qu'en présence de telles perturbations, un réseau non conçu pour spécifiquement fonctionner dans de telles conditions peut voir ses performances et la qualité d'expérience de ses utilisateurs baisser significativement.

Dans ce contexte, nous cherchons à comparer la perception que nous avons traditionnellement de la mobilité dans les réseaux sans fils, en particulier dans les réseaux ad hoc mobiles et les réseaux tolérants aux perturbations et aux délais, avec les principes de la mobilité contrôlée, selon lesquels un nœud est capable de participer directement à la détermination de sa trajectoire et à la réalisation de son déplacement. Nous définissons un système de forces virtuelles, comprenant diverses composantes répulsives, attractives, de frottement et d'alignement, pouvant être appliquées aux nœuds d'un réseau. Nous expliquons ensuite comment concrètement utiliser ces forces virtuelles dans un déploiement réseau, et nous spécifions une solution protocolaire utilisée selon diverses variations, que nous mettons en œuvre à travers des stratégies de mobilité contrôlée adaptées à différents environnements réseau. Nous prenons tout d'abord appui sur un scénario applicatif relatif à la lutte contre la progression d'une espèce invasive, le frelon asiatique, et décrivons un déploiement sur un réseau ad hoc sans fil s'appuyant sur un ensemble de véhicules mobiles aériens qui exécutent une première stratégie de mobilité contrôlée. Nous cherchons à identifier les plages de valeurs pour les paramètres-clés de notre protocole à base de forces virtuelles aboutissant aux meilleures performances du réseau constitué par l'ensemble des nœuds considérés. Par la suite, nous introduisons également un scénario de déploiement de réseau temporaire de secours en situation de désastre, toujours de type ad hoc sans fil, puis nous

présentons une analyse de la performance d'une seconde stratégie de mobilité contrôlée adaptée à cet environnement. Nous montrons en particulier comment cette stratégie se comporte lorsque le nombre de nœuds du réseau augmente. Nous abordons ensuite le contexte des réseaux utilisés en conditions défavorables et des mécanismes de tolérance aux perturbations. Nous cherchons ici à concevoir un troisième type de stratégie de mobilité contrôlée utilisant conjointement des mécanismes de tolérance aux perturbations et aux délais et les principes de mobilité contrôlée afin d'augmenter significativement les performances du réseau. Nous analysons ensuite comment cette stratégie permet de transmettre une partie du trafic utilisateur avec des délais courts, lorsqu'une route de bout-en-bout est pleinement constituée le long d'une chaîne de communication, tandis que le reste du trafic est acheminé avec des délais longs, au moyen du protocole de routage tolérant aux délais.

Nous nous intéressons enfin aux besoins spécifiques issus des scénarios réseau abordés, et détaillons sous cet angle notre approche de sélection concrète d'une plate-forme aérienne répondant à l'ensemble des besoins matériels et logiciels. Nous abordons les problématiques d'assemblage, d'intégration et de validation d'un nœud mobile aérien adapté à l'ensemble des besoins exprimés.