

# Etude du standard 802.11 dans le cadre des réseaux ad-hoc : de la simulation à l'expérimentation

Dominique Dhoutaut

## Contexte

Les réseaux ad-hoc sont auto-organisés et ne reposent sur aucune infrastructure fixe. Les éléments les composant sont en général reliés par radio, potentiellement mobiles, et peuvent être amenés à entrer ou sortir du réseau à tout moment. Ces réseaux sont caractérisés par la capacité de chaque participant d'agir à la fois comme client et comme routeur du réseau. Si un émetteur n'est pas à portée directe de la machine destination, les informations devront être transmises de proche en proche, le long d'un chemin établi et maintenu par le réseau en cas de modification de la topologie (ces réseaux sont d'ailleurs qualifiés de multi-sauts).

Le domaine des réseaux ad-hoc est vaste et récent. Un travail conséquent est actuellement effectué dans le groupe MANET de l'IETF dans le but de normaliser un ou des protocoles de routage pour ces réseaux. Ces travaux, ainsi que de nombreux autres portants sur des protocoles de plus haut niveau (qualité de service, découverte de services, ...) s'appuient sur des simulations utilisant en particulier la norme 802.11 de l'IEEE (qui est plutôt connue du grand public grâce au label Wi-Fi).

802.11 est conçue avant tout pour des réseaux bâtis autour d'une infrastructure fixe de stations de base reliées entre elles par un réseau filaire. Le travail présenté porte sur l'utilisation de cette norme comme support pour les réseaux ad-hoc multi-sauts, domaine pour lequel elle n'a donc pas été prévue à l'origine.

## Les simulations, les limites de 802.11 qu'elles mettent en lumière

Dans un premier temps, nous présenterons un certain nombre de simulations (exploitant le simulateur de réseaux NS2). Elles montreront en particulier que de graves problèmes d'équité au niveau de l'accès au médium peuvent apparaître. Dans de nombreuses situations typiques des réseaux ad-hoc certains mobiles peuvent voir leur accès fortement réduit. Certains mobiles ne pouvant parfois presque plus communiquer avec leurs voisins, ceci a un impact direct sur les applications, mais aussi sur les protocoles de routages eux mêmes, et risque de provoquer un effondrement du réseau.

Nous avons donc travaillé à la compréhension et l'analyse de ces problèmes mis en lumière par la simulation. En sus de problèmes déjà largement étudiés dans la littérature (par exemple les nœuds cachés), le fait que dans un réseau ad-hoc des mobiles puissent se gêner les uns les autres sans pour autant avoir de moyen de communiquer apporte de nombreuses contraintes supplémentaires. L'étude (par la théorie et la simulation) de ces contraintes et de leurs interactions avec certains mécanismes prévus par la norme 802.11 nous ont logiquement amené à proposer des solutions aux problèmes d'équité.

Certaines solutions s'affranchissent de toute communication entre les mobiles se gênant potentiellement. D'autres solutions essaient de tirer parti d'une connaissance d'une région plus étendue que le voisinage direct pour obtenir des résultats s'approchant de l'idéal. Ces solutions donnent des résultats tout à fait intéressants dans des contextes problématiques et malheureusement fréquents dans le monde ad hoc.

## **Le passage en environnement réel, différences avec 802.11 simulé**

Au fur et à mesure que notre compréhension de la norme 802.11 et des phénomènes liés à son utilisation dans les réseaux ad-hoc s'étoffait, il nous est apparu que la réalité était plus complexe. En environnement réel, des phénomènes physiques non présents dans les simulations entrent en jeu. Afin de mieux les cerner, et afin de mieux savoir ce qu'il est possible d'attendre de la norme 802.11 dans notre contexte, nous avons donc mené de nombreuses expérimentations à l'aide d'outils que nous avons développé. Dans un premier temps, ces mesures ont porté sur des scénarios simples permettant d'extraire les caractéristiques principales de 802.11. Ces mesures ont ainsi permis de mettre en lumière des problèmes jusqu'alors présentés de façon théorique par la communauté (par exemple le problème des "zones grise"), mais également d'autres jusqu'alors ignorés ou non pris en compte (les portée réelle de communication et de détection de porteuse ainsi que l'instabilité des liens en particulier).

Dans un deuxième temps, nous avons mené des expérimentations sur des scénarios plus complexes et typiques des réseaux ad-hoc (sauts multiples, interférences entre mobiles ne pouvant pas communiquer entre eux,...). Pour ce faire nous avons amélioré nos outils, et en particulier proposé et implanté une méthode permettant d'obtenir un historique extrêmement précis de nos mesures. Ces expérimentations ont d'une part confirmé les problèmes soulevés par certaines simulations, et d'autre part nous ont permis d'implémenter, de tester et de valider certaines des solutions aux problèmes d'équité que nous avions avais proposées précédemment.

## **Perspectives**

Dans nos travaux, nous avons cherché à mettre en lumière et classifier les problèmes rencontrés lorsque l'on utilise 802.11 pour construire des réseaux ad hoc multi-sauts. Pour nos besoins, nous avons développé des outils (d'aide à l'analyse des résultats de simulation et de mesure, d'aide à la réalisation et à la synchronisation de mesures en environnement réel). Ces outils nous ont donné entière satisfaction mais pourrait encore être améliorés. Dans le domaine des réseaux ad hoc, il est en effet primordial que les concepteurs de protocole de routage aient une perception la plus juste possible du comportement réel des couches basses de 802.11 sur lesquelles ils s'appuient. La correction en regard de nos mesures réelles de certains éléments mal gérés (les interférences en rafales en particulier) dans les simulateurs seraient un premier pas dans cette voie.

Pour chaque type de problème que nous avons rencontré nous avons analysé son impact sur les protocoles de niveau supérieur (en particulier le routage). Nous avons également proposé plusieurs solutions assez simples à certains problèmes, et elles ont donné des résultats encourageants. Mais là encore, il pourrait être possible de construire des solutions plus élaborées, plus robustes ou moins pénalisantes en terme de bande passante.