



**HAL**  
open science

## D'une modélisation déterministe du canal de transmission à une simulation efficace de la qualité des liens radios pour les réseaux ad'hoc

Rudy Delahaye, Pierre Combeau, Yannis Pousset, Anne-Marie Poussard,  
Rodolphe Vauzelle

### ► To cite this version:

Rudy Delahaye, Pierre Combeau, Yannis Pousset, Anne-Marie Poussard, Rodolphe Vauzelle. D'une modélisation déterministe du canal de transmission à une simulation efficace de la qualité des liens radios pour les réseaux ad'hoc. Journées Nationales Microondes (JNM), May 2007, Toulouse, France. hal-00349150

**HAL Id: hal-00349150**

**<https://hal.science/hal-00349150v1>**

Submitted on 1 Mar 2021

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

## D'une modélisation déterministe du canal de transmission à une simulation efficace de la qualité des liens radios pour les réseaux ad hoc

Ruddy Delahaye, Pierre Combeau, Yannis Pousset, Anne-Marie Poussard, Rodolphe Vauzelle

Université de Poitiers, Laboratoire SIC, Bd Marie et Pierre Curie, 86962 Futuroscope - Chasseneuil Cedex, France

delahaye@sic.sp2mi.univ-poitiers.fr

### I. Contexte et objectif

Les travaux présentés dans cet article s'inscrivent dans le contexte des réseaux ad hoc. Rappelons que ceux-ci sont constitués d'un ensemble de terminaux mobiles (nœuds) s'échangeant des informations dans un environnement quelconque sans infrastructure fixe. De tels réseaux sont auto-configurables car le routage de l'information s'effectue d'une façon adaptative selon la qualité des liens radioélectriques (aussi appelés « arcs ») reliant chaque nœud à ses voisins. Un tel réseau peut donc être représenté par un graphe pondéré et orienté, constitué de nœuds et d'arcs (figure 1.a) évoluant à chaque itération temporelle et que l'on cherche à parcourir d'une façon efficace pour trouver la route optimale suivie par l'information entre une « source » et une « destination » (figure 1.b).

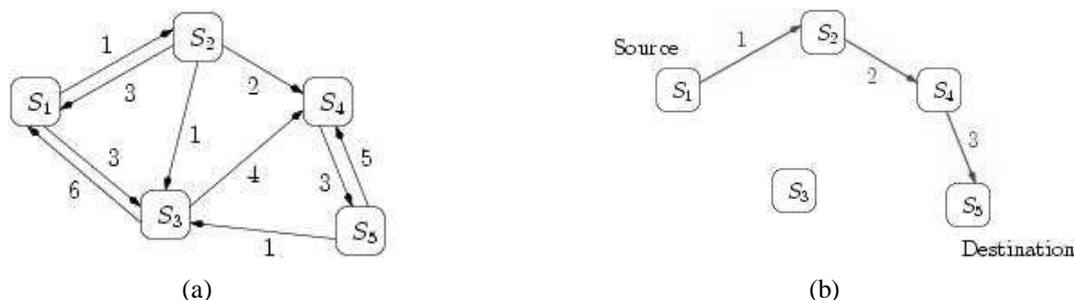


Figure 1 : Illustration d'un graphe orienté pondéré (a) et de la route optimale obtenue par parcours de ce graphe (b)

Plusieurs critères de pondération des arcs peuvent être considérés mais, dans tous les cas, l'atténuation des liens radio est un élément clé. Toutefois, dans toutes les plateformes actuelles de simulation, cette atténuation est calculée de façon très simpliste et indépendamment de l'environnement dans lequel évolue le réseau. En effet, les deux approches classiquement utilisées sont le modèle en espace libre et le modèle à deux trajets [1].

Dans cet article, nous proposons une simulation efficace du canal de transmission prenant en compte les spécificités du milieu de propagation, tout en conduisant à des temps de calcul acceptables. Cette solution est présentée dans la section II. Sa mise en œuvre dans une plateforme de simulation de la couche physique de réseaux ad hoc développée au laboratoire SIC est exposée au paragraphe III. Les résultats obtenus sont ensuite présentés dans la section IV.

### II. Simulation efficace du canal de transmission

#### II.1. Principe

Pour estimer l'affaiblissement de propagation associé à chaque lien radio en tenant compte de l'environnement, nous avons développé une modélisation du canal basée sur un tracé de rayons 3D [2] mais modifiée afin de répondre aux contraintes liées au contexte. En effet, compte tenu du nombre important de nœuds pouvant constituer le réseau et leur mobilité, il est nécessaire d'évaluer très rapidement cette atténuation. Une mise en œuvre d'un tracé de rayons à chaque itération temporelle pour l'ensemble des liens radios est ainsi inadaptée pour des raisons de temps de calcul.

L'approche proposée consiste à réduire le nombre de simulations du canal en définissant des zones que nous avons appelées « zones homogènes » dans lesquelles les variations de certains paramètres (puissance reçue, dispersion des retards) du canal sont jugées comme faibles. Cette notion de zones homogènes correspond ainsi à une extension de la notion de zones de stationnarité (WSSUS) en introduisant un critère moins exigeant que la stationnarité des moments

statistiques d'ordre 1 et 2. On obtient ainsi des zones dans lesquelles le comportement du canal est suffisamment stable pour la problématique traitée ici. Ainsi, tant que les extrémités des liaisons radioélectriques ne sortent pas de leur zone homogène respective, malgré leur déplacement, le canal n'est pas re-simulé à chaque itération temporelle par tracé de rayons.

## II.2. Taille des zones homogènes

Il est supposé que les zones homogènes sont de forme circulaire ; il faut donc déterminer leur rayon moyen dans l'environnement étudié. Celui-ci est obtenu à partir de la fonction d'autocorrélation à 50% de la puissance de réception pour un grand nombre de parcours uniformément répartis dans l'environnement afin d'être le plus représentatif possible. Onze émetteurs ont été considérés et pour chacun d'eux, nous avons étudié le comportement du canal pour différentes distances émetteur-zones de réception variant entre 50m et 350m, la portée moyenne des liens radio dans notre étude.

Puis, nous avons défini, pour chacune de ces distances, 8 zones de réception uniformément répartis dans l'espace à l'aide d'un pas angulaire de  $\pi/4$  comme l'illustre la figure 2. Enfin, dans chacune des zones ainsi construites, nous avons considéré 8 déplacements rectilignes de récepteur s'éloignant du centre de la zone dans différentes directions de l'espace en considérant encore une fois un pas angulaire de  $\pi/4$ .

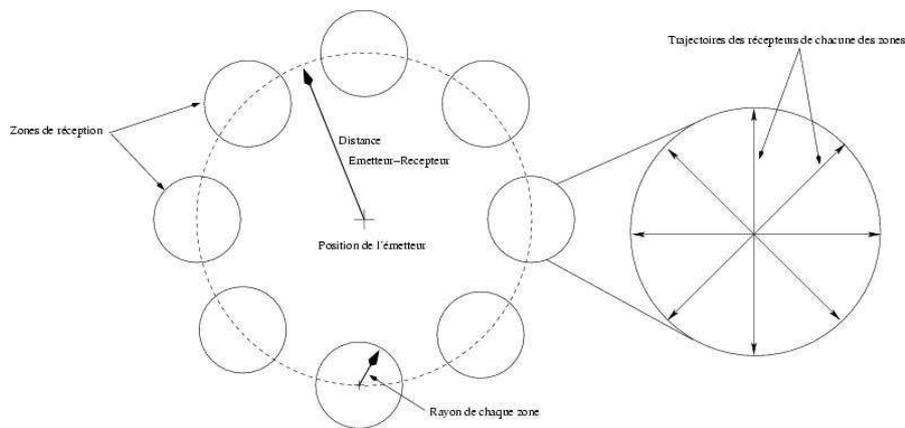


Figure 2 : Illustration des zones de réception et de la trajectoire des récepteurs dans ces zones pour une distance moyenne émetteur-récepteur, pour un émetteur

Soulignons tout de même que l'utilisation de trajectoires rectilignes se justifie car la plupart des modèles de mobilité utilisés, et notamment le notre, conduisent à des noeuds ayant de telles trajectoires par tronçon. Notons également que les zones de réception doivent être suffisamment grandes afin que les trajectoires des récepteurs soient de longueur supérieure à la distance homogène moyenne du canal que l'on cherche à estimer. Nous avons donc considéré dans notre étude des trajectoires d'une longueur de 20m.

Maintenant que toutes les trajectoires des récepteurs sont définies, il est possible par un modèle à tracé de rayons de simuler l'évolution de la puissance reçue sur chacune d'entre elles en considérant une discrétisation spatiale de celles-ci. Le choix du pas spatial correspondant est directement lié à l'échelle de variation du canal que l'on souhaite étudier. Aussi, pour des fluctuations à grande échelle de l'atténuation, nous avons considéré un pas de l'ordre de la longueur d'onde lambda, à savoir 0,1m.

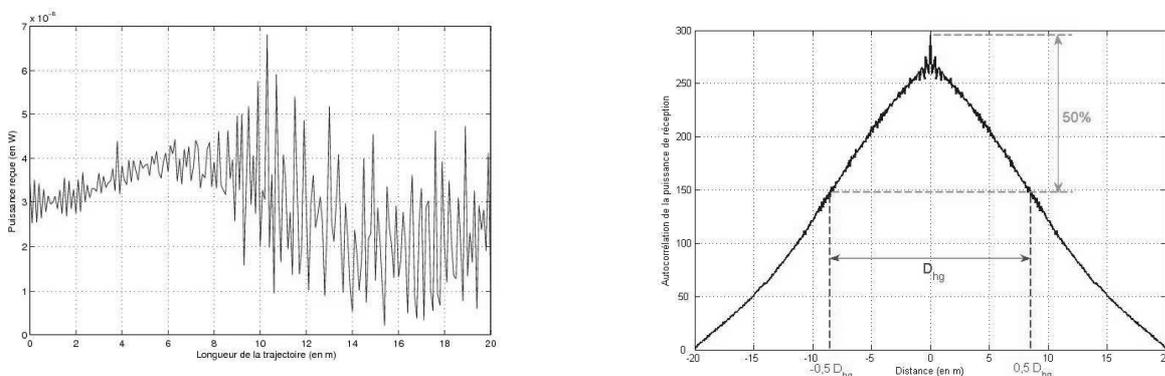


Figure 3 : Illustration de l'évolution de la puissance reçue pour une trajectoire et de la fonction d'autocorrélation associée

La figure 3 est un exemple illustrant l'évolution de la puissance reçue pour l'une des trajectoires considérée pour une distance émetteur-zone de réception égale à 50m et la fonction d'autocorrélation associée.

Finalement, si l'on estime le rayon moyen issu de l'analyse des fonctions d'autocorrélation associées à l'ensemble des trajectoires de réception considérées, nous obtenons alors une valeur de 13,2m. Ainsi, la puissance reçue pour un lien radio au sein de notre environnement d'étude, peut être supposée comme constante sur 13m environ et ce, indépendamment du sens et de la direction du déplacement.

### III. Mise en œuvre

Une plateforme de simulation permettant de prédire les routes optimales de l'information dans un réseau ad-hoc a été développée au laboratoire SIC. Son synoptique est présenté sur la figure 4. Le noyau de simulation consiste à parcourir, à chaque itération temporelle, le graphe [3] associé au réseau et à déterminer la route optimale suivie par une information entre une source et une destination ; celle-ci minimise la somme des atténuations correspondant aux arcs concernés. Toutes ces atténuations sont calculées par le modèle présenté au paragraphe II.

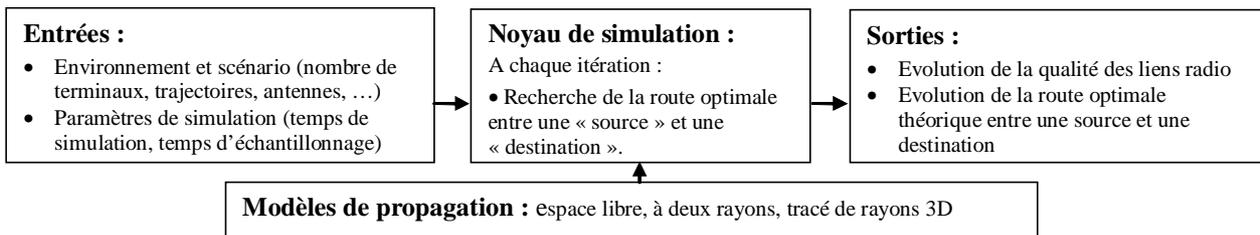


Figure 4 : Synoptique de la plateforme de simulation développée

## IV. Résultats

### IV.1. Scénario étudié

L'étude a été réalisée dans un environnement de type suburbain représentant le campus de l'Université de Poitiers. Cet environnement constitué de bâtiments et décrit en 3D contient 40 nœuds (notés Ni) dont les trajectoires sont illustrées par la figure 5. Les vitesses de ces derniers sont comprises entre 0 et 50 km/h

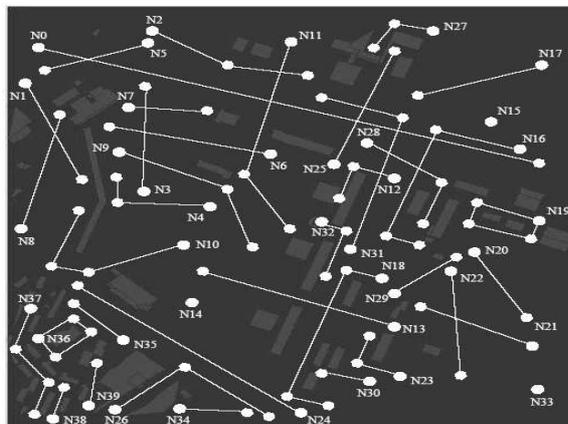


Figure 5 : Environnement et scénario étudiés

### IV.2. Evaluation de l'optimisation proposée

Présentons maintenant le gain en temps de simulation et la perte de précision associés à l'optimisation décrite dans la section II.

En introduisant la notion de zone homogène du canal au cours de l'exécution de notre scénario d'étude, on montre que le gain en temps pour l'estimation des liens radio à l'aide d'un modèle à tracé de rayons est indépendant du débit et est égal à 63%.

Concernant la précision, elle a tout d'abord été évaluée en calculant l'écart entre les pourcentages de liens radio inexistantes issus de la simulation de notre scénario en considérant ou pas la notion de zone homogène. Quel que soit le débit considéré, cet écart est faible, autour de 1.5%.

En outre, la précision peut aussi être évaluée en s'intéressant à la variation de topologie en comparant deux à deux tous les liens existants. Le pourcentage de liens différents est alors aussi très faible, de l'ordre de 2%.

La topologie du réseau étudié est donc très peu influencée par la mise en oeuvre de la notion de zone homogène du canal. Par contre, le gain en temps de calcul est très significatif. Soulignons en outre que ce gain en temps est d'autant plus important que le pas temporel de la simulation et la vitesse des terminaux sont faibles. En effet, ces derniers se déplacent alors très peu d'une itération temporelle à l'autre et restent donc plus longtemps dans leurs zones homogènes respectives. A titre d'exemple, si l'on réduit de moitié la vitesse de l'ensemble des terminaux, alors ce gain est augmenté de plus de 10% sur l'ensemble de notre scénario d'étude.

### IV.3. Intérêt du modèle de propagation proposé

Dans cette section, nous présentons l'impact du modèle de propagation développé par rapport aux modèles classiques, pour calculer l'atténuation associée à chaque lien radio sur la circulation de l'information dans le réseau. Pour cela, la figure 7 montre l'évaluation du pourcentage de liens inexistant dans le réseau pour les trois modélisations du canal considérées (modèle en espace libre, modèle à deux rayons et modèle développé).

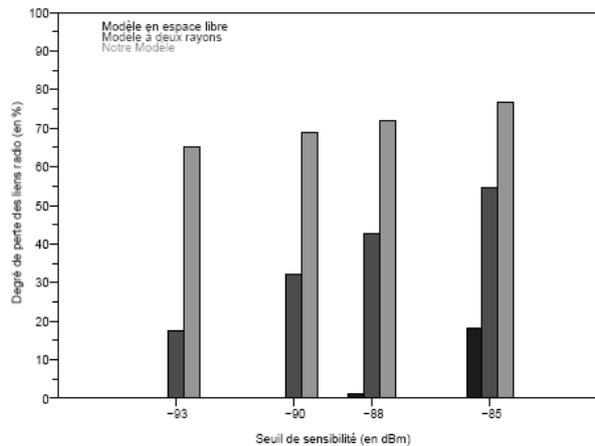


Figure 7 : Pourcentage de liens radio inexistant

Il s'agit des liens pour lesquels le bilan de liaison conduit à une puissance reçue supérieure au seuil de sensibilité. Sur la figure, quatre seuils sont indiqués, chacun correspondant à un débit particulier : -93dBm pour 1Mb/s, -90dBm pour 2Mb/s, -88dBm pour 12Mb/s, -85dBm pour 24Mb/s. On observe que le nombre de liens inexistant augmente en fonction du seuil donc du débit. En outre, le modèle optimisé à rayons conduit à un nombre toujours plus important que les deux autres modèles. Ces deux remarques sont tout à fait normales car plus le débit augmente, plus la liaison doit être de bonne qualité, et cette qualité dépend très étroitement des conditions de propagation que seul le modèle à rayon permet de prendre en compte. Cela peut se traduire par un pourcentage de routes différentes entre une source et une destination. Par exemple, pour un seuil de -85dBm ce pourcentage vaut 73% et 77% entre l'approche proposée et respectivement le modèle en espace libre et celui à deux trajets.

## V. Conclusion et perspectives

L'étude proposée a permis d'étudier l'intérêt d'une modélisation précise du canal dans un contexte de réseau ad hoc. Il apparaît que la prise en compte de l'environnement de propagation est un élément important pour l'évaluation de la qualité d'un lien radio. Toutefois, cette approche présente l'inconvénient de générer des temps de calcul pouvant être conséquents. Une solution a donc été proposée basée sur le concept de zone homogène. Une réduction du temps de calcul de près de 70% a été obtenue sans dégradation significative de la précision.

Des résultats complémentaires liés notamment à différents scénarios et types d'environnements sont en cours de validation afin de tester la robustesse de l'approche proposée.

[1] A. J. Rustako, N. Amitay, G. J. Owens, and R. S. Roman, « Radio Propagation at Micro-wave Frequencies for Line-Of-Sight Microcellular Mobile and Personal Communications ».IEEE Transactions on Vehicular Technology, 40(1) :203-210, February 1991.

[2] F. Escarieu, Y. Pousset, L. Aveneau, and R. Vauzelle « Outdoor and indoor channel characterization with a 3D ray tracing propagation model in urban environment », IEEE PIMRC, 2004.

[3] IEEE Std 802.11g-2003, « Part 11: Wireless Lan Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) specifications Further Higher-Speed Data Rate Extension in the 2.4GHz band », 2003.