

# Impact des conditions de transmission sur la qualité des échanges d'information entre véhicules en environnement urbain réel.

**Rodolphe VAUZELLE, Wassim HAMIDOUCHE, Anne Marie POUSSARD et Yannis POUSSET**

*Université de Poitiers, laboratoire XLIM-SIC, UMR CNRS 6172.*

*Bât. SP2MI – Téléport 2 - Boulevard Marie et Pierre Curie - BP 30179 –*

*86962 Futuroscope Chasseneuil Cedex,*

*{vauzelle,hamidouche,poussard,pousset}@sic.univ-poitiers.fr*

---

*RÉSUMÉ. Dans la plupart des simulations de réseaux ad'hoc, la couche physique est considérée de façon très simple. En outre, le routage de l'information est effectué en cherchant à minimiser uniquement le nombre de sauts ou le temps de transfert de l'information. Dans cet article, les auteurs présentent deux contributions. L'une consiste à considérer un modèle de propagation 3D prenant en compte les spécificités du milieu de propagation pour des couches physiques SISO et MIMO. L'autre permet d'introduire le TEB comme métrique de qualité du lien radio pour le routage. L'impact de ces deux éléments est évalué dans deux environnements.*

*ABSTRACT. In most of ad'hoc network simulator, the physical layer is considered with a simple approach. Moreover, the information routing is realized in order to only minimize the number of hops or the transmission time. In this paper, the authors propose two contributions: one consists in considering a 3D propagation model taking into account the characteristics of the propagation environment for SISO and MIMO physical layers. The other allows to introduce the BER as metric of quality of the radio link. The impact of these two elements is evaluated in two environments.*

*MOTS-CLÉS canaux de transmission multi-trajets, couche physique, routage de l'information, communications entre véhicules.*

*KEYWORDS: multi-paths transmission channel, physical layer, information routing, vehicle to vehicle communication.*

---

## 1. Introduction

L'échange d'informations entre mobiles, sans infrastructure fixe, peut être considéré comme un réseau ad'hoc dont les nœuds mobiles tels que des véhicules évoluent dans un environnement particulier selon des trajectoires quelconques. Le réseau est dit auto-configurable car le routage de l'information s'effectue d'une façon adaptative selon la qualité des liens radioélectriques reliant chaque nœud à ses voisins.

Dans toutes les plateformes actuelles de simulation de ces réseaux, la couche physique est considérée d'une façon simple et peu réaliste. Il n'est ainsi pas possible de prendre en compte les caractéristiques des liens radioélectriques liées à l'environnement de propagation, bien qu'elles aient un impact évident sur le routage de l'information. En effet, elles agissent directement sur le nombre de sauts nécessaire pour aller de la source à la destination, sur le temps de transfert de l'information, sur le débit possible et, bien sûr, sur la qualité des liens en terme de taux d'erreurs binaires, donc de pertes de paquets. L'évaluation réaliste des performances de la couche physique est donc un élément clé dans l'analyse de la qualité de services pouvant exister sur un réseau.

Tout d'abord, cet article présente le simulateur de propagation d'ondes en milieu urbain dense. Il permet de modéliser les canaux de transmission existant entre les différents nœuds mobiles du réseau ad'hoc. Ces informations sont ensuite injectées dans une chaîne de communication SISO ou MIMO selon la norme IEEE.802.11 a ou n considérée, qui est présentée en section 3. Ensuite, l'impact de cette couche physique réaliste, car prenant en compte les spécificités du site, sur les performances des échanges d'information est présenté en section 4.

## 2. Simulation en 3D du canal de transmission

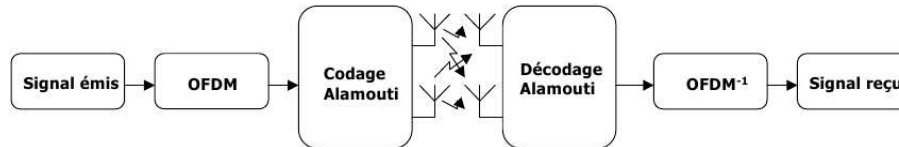
Ce simulateur s'appuie sur l'association d'une technique de tracé de rayons 3D, pour la recherche de trajets, et d'une méthode asymptotique en fréquence qui repose sur l'Optique Géométrique et la Théorie Uniforme de la Diffraction.

Pour une liaison émetteur-récepteur choisie, il peut déterminer et caractériser de manière semi-déterministe [1] l'ensemble des trajets existants en termes de retard, atténuation, phase et polarisation, mais aussi en termes de position des points d'interactions électromagnétiques entre l'onde transmise et l'environnement. De ce fait, il est possible de caractériser complètement le canal en bande étroite et large, notamment à partir de la réponse impulsionnelle complexe. Il est également possible de suivre l'évolution de cette réponse impulsionnelle en considérant un parcours de déplacement de l'émetteur et/ou du récepteur. Ce simulateur offre la possibilité de travailler en indoor ou en outdoor.

Enfin, il permet d'étudier des canaux SISO et MIMO. Dans le deuxième cas, il fournira la matrice de canal de laquelle il sera possible de déduire des informations essentielles telles que la capacité et la corrélation entre sous canaux.

Les entrées de ce simulateur de canal dont l'interface est présentée sur la figure 1, sont de trois natures :





**Figure 2 :** Chaîne de transmission MIMO avec prise en compte du canal multi-trajets par la matrice canal simulé.

### 3.2. Intégration de la couche physique réaliste dans une simulation réseau

La plupart des protocoles de routage pour les réseaux ad'hoc tel que OLSR [6] cherchent à minimiser le nombre de sauts. En effet, leur objectif premier est de minimiser le nombre de retransmission afin de limiter au maximum l'engorgement. Ce critère est perfectible. En effet, il ne traduit pas différents niveaux de qualité du lien radio mais réagit plutôt de façon binaire. Soit le lien est identifié comme utilisable sur un critère de puissance reçue par exemple, soit il ne l'est pas.

La démarche proposée consiste à introduire dans le routage la qualité du lien radio non plus de façon binaire mais de manière plus fine. Il s'agit ainsi de prendre en compte le TEB en plus du nombre de sauts comme critère de sélection des routes et que ce TEB soit évalué en considérant les conditions de propagation des ondes radios. La recherche de la route effectuée par l'algorithme classique de Dijkstra utilise donc une métrique enrichie dans l'approche proposée. Ainsi parmi les routes présentant un nombre minimum de sauts, celle qui est retenue présente le meilleur TEB qui s'exprime par :

$$TEB \approx 1 - \prod_{i=1,N} (1 - TEB_i)$$

où :  $-N$  représente le nombre de liens radio de la route;

-  $TEB_i$  correspond au TEB du  $i$ ème lien de la route.

## 4. Impact de l'approche proposée sur la qualité des échanges d'information

L'objectif de cette section est de présenter et d'analyser des exemples de résultats illustrant l'impact du réalisme de la couche physique sur les performances d'un réseau ad'hoc. Deux types de résultats sont proposés dans des scénarios qui sont décrits. D'une part, dans le cas d'informations transmises de type pseudo-aléatoire, des métriques liées au comportement du réseau sont considérées : pourcentage de paquets de données délivrées et nombre de sauts moyens par route. D'autre part, dans le cas de transmission de vidéo, nous introduisons en plus une métrique de qualité supplémentaire, le pourcentage de vidéo reçue.

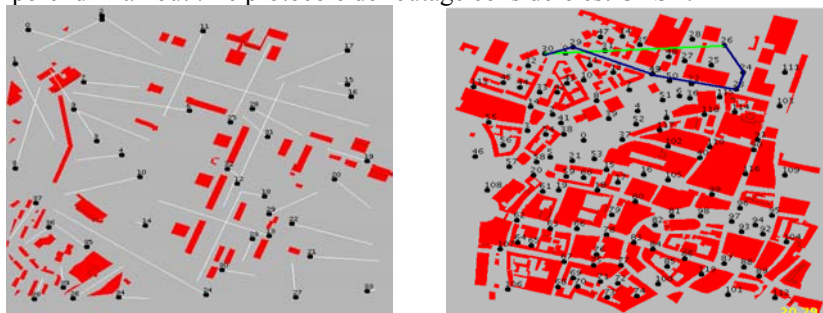
### 4.1. Echange d'information de type pseudo-aléatoires

#### 4.1.1. Description des scénarios

Tout d'abord, décrivons le scénario. Les simulations ont été effectuées dans deux environnements présentés sur la figure 3 en vue de dessus : partie du campus universitaire de Poitiers de dimension 800m x 800m (figure 3a) et partie du centre ville de Munich de dimension 1100m x 1100m (environnement étudié dans le cadre du COST 270, figure 3b). Le premier est représentatif d'un environnement suburbain alors que le deuxième est considéré comme urbain dense. Sur ces figures, le sol est de couleur grise et les bâtiments sont en rouge.

Dans ces deux milieux, 40 nœuds ayant une vitesse comprise entre 0 et 50 km/h ont été placés et se déplacent selon un modèle de mobilité générant des déplacements selon des trajectoires rectilignes par morceau et toujours à l'extérieur des bâtiments.

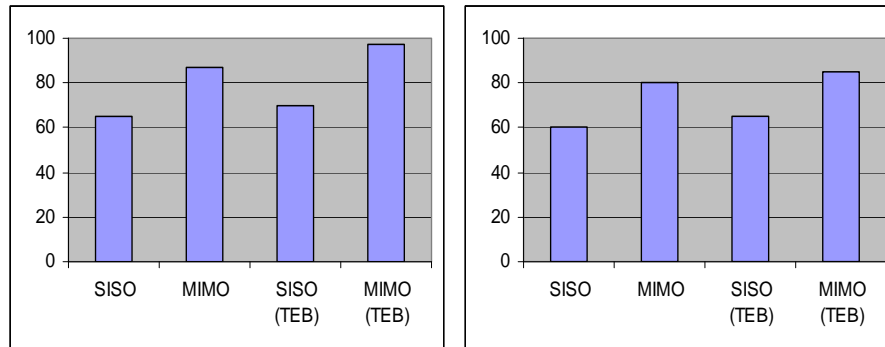
Les simulations ont été effectuées dans le cadre des normes 802.11a/n. Aussi, la fréquence utilisée est 5.2 GHz et la puissance d'émission est de 100mW. Ces normes proposent plusieurs débits possibles ; nous avons sélectionné les débits de 6 Mbps et de 54 Mbps. Ces débits imposent la modulation OFDM avec comme modulation pour les sous porteuses une BPSK pour le premier débit et une QAM possédant une constellation à 64 états pour le second débit. En outre, pour la norme 802.11n, nous utilisons une configuration MIMO 2x2 en respectant le code spatio-temporel d'Alamouti. Le protocole de routage considéré est OLSR.



**Figure 3 :** Environnements étudiés de type suburbain (a) et urbain dense (b)

#### 4.1.2. Résultats

Concernant le taux de paquets délivrés, pour les deux environnements étudiés, la figure 4 présente les résultats associés aux deux couches physiques (SISO et MIMO) en considérant ou pas la prise en compte du TEB dans le routage de l'information. Il faut noter que seuls les résultats pour le débit de 6 Mb/s sont présentés. Dans le cas du débit de 54 Mb/s, toutes les performances sont diminuées d'environ 30%.



**Figure 4 :** Taux de paquets délivrés (en %) selon la couche physique considérée et la prise en compte ou non du TEB dans le routage en environnements suburbain (a) et urbain dense (b).

Pour les deux milieux, deux points majeurs ressortent.

Indépendamment de la prise en compte du TEB dans le routage, il apparaît qu'une couche physique MIMO présente un taux de paquets délivrés supérieur à celui en SISO. Cela est satisfaisant car le choix de la technique d'Alamouti en MIMO a pour objectif d'améliorer la robustesse des liens radios et donc implicitement le taux de paquets délivrés.

En outre, pour une couche physique donnée, SISO ou MIMO, l'utilisation du TEB dans le routage améliore le taux de paquets délivrés. Cela est aussi conforme à l'attente car cette approche permet de retenir les routes qui présentent la meilleure qualité et pas seulement le nombre minimum de sauts.

Enfin, il apparaît que le taux de paquets délivrés est toujours supérieur dans l'environnement suburbain quelle que soit la configuration considérée. Cela est compréhensible car il s'agit d'un environnement moins dense donc présentant des conditions de transmission moins difficile. Les performances se rapprochent alors des conditions en espace libre qui, pour information, conduisent à un taux de paquets délivrés de 100%.

Toutefois, il faut souligner que les performances très satisfaisantes du routage utilisant le critère TEB se font au détriment du nombre de sauts comme le montre le tableau 1 pour Munich. Il faut souligner que le nombre de sauts est légèrement supérieur à 2 en considérant l'espace libre.

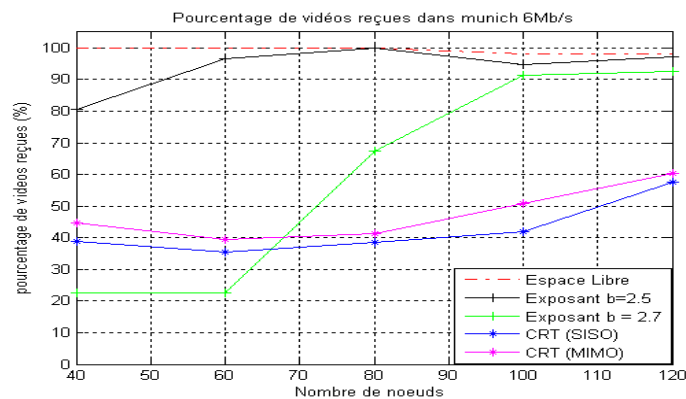
Couche physique	SISO	MIMO	SISO (TEB)	MIMO (TEB)
Nombre de sauts	2,9	3,45	3,3	3,6

**Tableau 1 :** Nombre moyen de sauts par route pour l'environnement de Munich.

#### 4.1. Echange d'information de type vidéo

Cette section présente maintenant un exemple de résultat lorsque l'information transmise dans le réseau est une vidéo de la séquence "Foreman" en format QCIF (176x144 pixels/image). Une séquence de 300 images de la vidéo est codée à 15 images/s à l'aide du profil étendu du codeur vidéo H264/AVC. Le scénario est le même que précédemment dans l'environnement urbain dense si ce n'est que l'impact du nombre de nœuds est étudié. En outre, le protocole de routage est maintenant AODV [7].

La figure 5 présente le pourcentage de vidéos reçues en fonction du nombre de nœuds pour les couches physiques précédentes SISO et MIMO ainsi que pour des couches classiques basées sur les modèles de propagation en espace libre et à exposant [8] avec  $\beta = 2,5$  et  $\beta = 2,7$ . Ces dernières servent ici de référence. Sur cette figure, il apparaît que pratiquement quel que soit le nombre de nœuds le modèle en espace libre conduit au résultat le plus optimiste, suivi de ceux associés au modèle à exposant pour  $\beta = 2,5$  puis  $\beta = 2,7$  et enfin ceux en MIMO puis SISO, ce qui est tout à fait conforme aux attentes. La couche physique MIMO est, comme dans le paragraphe précédent, plus robuste que celle basée sur du SISO.



**Figure 5 :** Pourcentage de vidéos reçues en fonction de la couche physique et du nombre de nœuds

Enfin, on peut observer qu'en fonction du nombre de nœuds les performances s'améliorent. Cela s'explique par le fait qu'il est possible de trouver des liens radios de très bonnes qualités ; par contre, les routes sont obtenues en augmentant le nombre de sauts par route.

## 5. Conclusion

Dans la plupart des simulations de réseau ad'hoc, la couche physique est modélisée de façon très simpliste. Le modèle de propagation des ondes est

statistique tel que celui en espace libre ou à exposant. De même, le routage de l'information est basé sur uniquement un objectif de réduction du nombre de sauts ou du temps de transfert de l'information.

Dans cet article, nous présentons deux contributions. D'une part, le modèle de propagation est un modèle 3D basé sur un tracé de rayons prenant ainsi en compte les spécificités du milieu de propagation. D'autre part, ce modèle de canal est intégré dans une chaîne de transmission afin d'évaluer un TEB lié aux propriétés de chaque lien et qui sert de métrique supplémentaire pour le routage de l'information. Cette approche permet ainsi d'introduire une notion de qualité de service dans ce routage. L'impact de ces deux contributions sur le résultat est significatif.

Remerciement

Cette étude a été réalisée dans le cadre du projet ANR RNRT SEREADMO

### **Bibliographie**

- [1] Delahaye R., Combeau P., Pousset Y., Poussard A.-M., Vauzelle R., « D'une modélisation déterministe du canal de transmission à une simulation efficace de la qualité des liens radios pour les réseaux ad hoc », JNM '07, Toulouse, Mai 2007
- [2] Stepanov I., Rothermel K., "On the impact of a more realistic physical layer on MANET simulations results", Elsevier Ad Hoc Networks Journal, vol 6., n°1 , pp. 61-78, Sept. 2006.
- [3] Delahaye R., Poussard A.-M., Pousset Y., Vauzelle R., "Propagation Models and Physical Layer Quality Criteria Influence on Ad hoc Networks Routing », 7th ITST, France - June 2007
- [4] IT++ : Librairie C++ dédiée aux communications numériques. <http://itpp.sourceforge.net/>.
- [5] Alamouti S.M., "A simple transmit diversity technique for wireless communications" Selected Areas in Communications, IEEE Journal on Volume 16, Issue 8, Page(s):1451 – 1458, Oct. 1998
- [6] Clausen T. and Jacquet P., "Optimized Link State Routing protocol". Technical report, IETF (Internet Engineering Task Force), September 2003. Request For Comment (RFC) and 3626.
- [7] Perkins C.E., Belding-Royer E.M. and Das S., "Ad Hoc On Demand Distance Vector (AODV) Routing." IETF RFC 3561
- [8] Gibson J., "The Communications Handbook", CRC Press, 1997, ISBN 0849383498.