



HAL
open science

Répartition de diffuseurs pour l'ajustement des caractéristiques d'un canal de propagation simulé dans un contexte V2V

J Narrainen, Philippe Besnier, M Gatsinzi Ibambe

► **To cite this version:**

J Narrainen, Philippe Besnier, M Gatsinzi Ibambe. Répartition de diffuseurs pour l'ajustement des caractéristiques d'un canal de propagation simulé dans un contexte V2V. Journées Nationales Microondes, Jun 2015, Bordeaux, France. hal-01201781

HAL Id: hal-01201781

<https://hal.science/hal-01201781>

Submitted on 18 Sep 2015

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.

Répartition de diffuseurs pour l'ajustement des caractéristiques d'un canal de propagation simulé dans un contexte V2V

J. Narrainen^{1,2}, P. Besnier², M. Gatsinzi Ibambe¹

¹RENAULT S.A.S, Technocentre Renault, 78084 Guyancourt Cedex, France

²IETR UMR CNRS 6164 – INSA de Rennes, 20 Av. des Buttes de Coësmes 35043 Rennes, France

Résumé

Dans ce papier, nous proposons une méthode de type géométrique-stochastique pour modéliser des canaux de propagation d'un système de communication sans-fil de véhicule à véhicule et véhicule à infrastructure (V2X). Cette méthode permet de définir des scénarios dynamiques et sa flexibilité nous offre la possibilité de paramétrer les caractéristiques d'un canal de propagation. Nous montrons pour l'essentiel de quelle manière l'agencement et le nombre de diffuseurs de forme simple peuvent contribuer à influencer les statistiques de l'étalement des retards et la distribution des angles d'arrivée.

1. Introduction et objectifs

Avec l'augmentation du trafic routier et l'émergence des technologies de communication sans-fil, les systèmes V2X suscitent les intérêts des constructeurs automobiles car ils permettront principalement d'améliorer la sécurité routière et de proposer des services d'info-divertissement.

Le but de ces travaux de recherche est de disposer d'outils d'évaluation des performances des systèmes de communication V2X à l'aide de la simulation. Les modèles de simulation intégreront la couche physique des émetteurs/récepteurs, les propriétés des antennes et la description du canal de propagation selon chaque scénario de roulage. Cette communication est consacrée exclusivement à la définition des modèles de canaux de propagation. Ils sont en général élaborés selon différentes méthodes. Certains sont issus de campagnes de mesure [1], d'autres de calculs purement déterministes [2]. Ces derniers sont réalisés avec un simulateur à tracé de rayon 3D. Ces modèles nécessitent une description complète de l'environnement à simuler et peuvent être coûteux en temps de simulation. Une troisième famille de méthode, appelée géométrique-stochastique (Geometrically-Based Stochastic Channel Model) [3], autorise une approche plus souple en termes de modélisation de canaux aux statistiques variables suivant les scénarios envisagés. L'aspect géométrique de ces modèles permet de calculer la contribution des trajets, décrivant l'interaction entre l'onde qui se propage et les diffuseurs, grâce à un tracé de rayon. Notre but est de s'attacher à simuler des scénarios de roulage virtuels

qui représenteraient des situations discriminées en termes d'étalement des retards, d'angles d'arrivée, de spectres Doppler, ...

De manière préliminaire, nous montrons comment les méthodes de type GBSCM peuvent moduler les caractéristiques d'un canal de propagation. Les modèles simulés pourront ensuite servir de cas test pour étudier les choix technologiques d'antennes et leur emplacement dans les véhicules.

2. Modélisation des scénarios avec la méthode GBSCM

Nous souhaitons représenter des scénarios routiers où deux véhicules sont en situation dynamique. La modulation des caractéristiques du canal s'effectuera, par l'application de la méthode GBSCM, en utilisant des diffuseurs plans parfaitement conducteurs. Les diffuseurs font 1.5 m x 2 m de dimension et sont donc très grands par rapport à la longueur d'onde à 5,9 GHz, la fréquence centrale de la communication V2X. Les variables dans chaque configuration seront le nombre de diffuseurs et leur positionnement par rapport aux antennes.

Le simulateur utilisé (FEKO), basé sur la théorie uniforme de diffraction, effectue un tracé de rayon 3D. Le nombre maximal d'interactions (réflexion et diffraction) est limité à 3. FEKO n'est pas adapté pour simuler des scénarios variant dans le domaine temporel. Afin, d'obtenir une séquence temporelle, plusieurs scénarios statiques (*snapshots*) successifs doivent être simulés. Des séries de 1000 « *snapshots* » sont ainsi créées pour représenter le dynamisme.

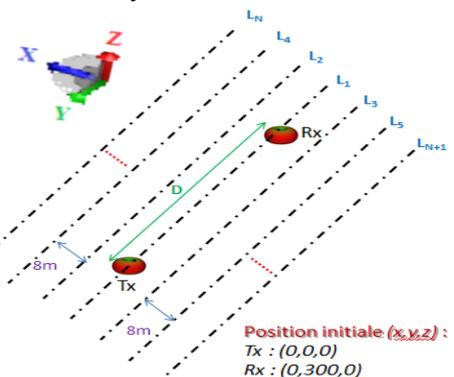


Figure 1 : Schéma généralisé représentant l'environnement simulé.

Sur la figure 1, nous avons un schéma représentant l'environnement simulé. La distance, D , entre l'émetteur Tx et le récepteur Rx est fixée à 300m. Les diffuseurs sont disposés sur les lignes espacées entre elles de 8m. Les diffuseurs, dont le nombre total est N , peuvent être répartis en deux sous-groupes : N_{INT} , ceux se trouvant entre le Tx et Rx et N_{EXT} , le nombre de diffuseurs placés en avant de Tx ($y < 0$) et après le Rx ($y > 0$). Compte tenu du nombre important de diffuseurs, nous avons recours à un positionnement automatisé suivant des lois de répartition probabilistes. Les positions des diffuseurs sur l'axe des y sont tirées selon une loi uniforme dans les intervalles adaptés à chaque configuration. Si ces derniers sont bien ajustés, ils peuvent émuler les caractéristiques des canaux de propagation selon différents environnements de roulage. Avec ce caractère aléatoire des positionnements des diffuseurs, plusieurs réalisations de chaque configuration sont nécessaires afin de vérifier la reproductibilité des résultats.

3. Simulation de scénarios de roulage.

3.a. Description des trois configurations simulées

Dans cette partie, nous allons décrire les trois configurations qui représentent trois scénarios distincts en termes de caractéristiques des canaux de propagation. Dans la première configuration (notée config. 1), 33 N_{INT} diffuseurs, répartis sur 11 lignes, sont positionnés intégralement dans l'intervalle $y \sim [20, 280]$.

La deuxième configuration (notée config. 2) contient 33 N_{INT} diffuseurs dans l'intervalle $y \sim [20, 280]$ et 22 N_{EXT} diffuseurs qui sont équitablement positionnés avant le Tx ($y \sim [-220, -20]$) et après le Rx ($y \sim [320, 520]$). La figure 2 illustre une réalisation particulière de cette configuration.

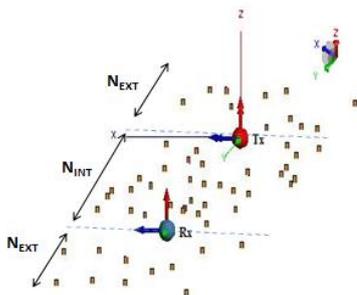


Figure 2. Une réalisation de la config.2 simulée sur FEKO. Les antennes Tx et Rx représentent les deux véhicules en mobilité.

Dans la troisième configuration (notée config. 3) 26 diffuseurs sont répartis sur 5 lignes. 16 N_{INT} sont placés dans le même intervalle que dans les deux premières configurations. De plus, 10 N_{EXT} diffuseurs sont placés équitablement avant le Tx ($y \sim [-55, -45]$) et après le Rx ($y \sim [345, 355]$).

Dans un premier temps les diffuseurs sont statiques. Seules les antennes (Tx et Rx) bougent à une vitesse de V m/s selon le scénario choisi. Les antennes sont représentées directement par leur diagramme de rayonnement. Dans notre cas, un dipôle parfait (isotrope dans le plan azimutal) est considéré. En simulant, pour

une configuration, les 1000 « snapshots » représentant le dynamisme, nous pouvons reconstruire le Profil des Retards en Puissance (figure 3).

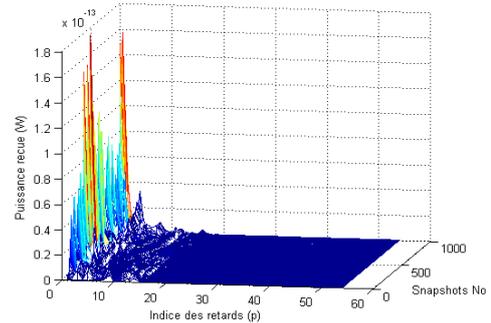


Figure 3. PRP pour une réalisation de la config. 2.

3.b. Puissance reçue en fonction des retards

La réponse sur le récepteur est décomposée en intervalles de temps ou « tap » de 100ns. Ainsi, un signal reçu au cours de l'intervalle $[100(n-1), 100n]$ ns appartient au $n^{\text{ième}}$ « tap ». La figure 4 représente la puissance cumulée en fonction du retard pour les 8 différentes réalisations de chaque configuration.

Avec la config.1, environ 90% de la puissance totale est regroupée dans les 4 premiers « taps ». Dans la config. 2, les 10 à 13 premiers « taps », selon la réalisation, contiennent 90% de la puissance totale reçue, selon les réalisations. Pour les réalisations de la config. 3, le premier « tap » contient seulement 20% de la puissance totale et ce n'est qu'au 31^{ème} « tap » que nous récupérons 90% de la puissance totale sur le récepteur.

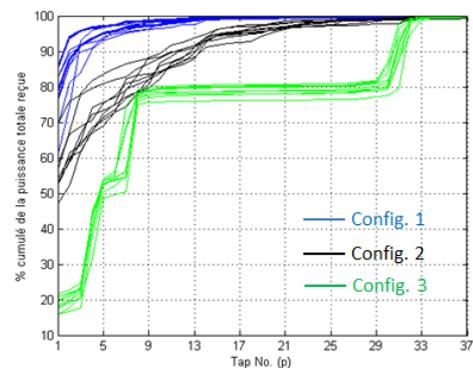


Figure 4. Pourcentage de la puissance totale reçue en fonction du retard. (1 « tap » = 100 ns)

3.c. Étalement des retards

Une comparaison de l'étalement des retards fait l'objet de cette troisième partie. Cette comparaison est effectuée entre configurations et vis-à-vis de certains canaux caractérisés issus de la littérature ouverte. La propagation par trajets multiples engendre un grand nombre de trajets retardés dans le temps. Le profil d'étalement des retards au sens RMS (τ_{RMS}) caractérise, au cours du temps, la dispersion de la puissance dans le domaine des retards :

$$\tau_{RMS} = \sqrt{\frac{\sum_{p=0}^{P-1} P_p \tau_p^2}{\sum_{p=0}^{P-1} P_p} - (\bar{\tau})^2} \quad \text{où} \quad \bar{\tau} = \frac{\sum_{p=0}^{P-1} P_p \tau_p}{\sum_{p=0}^{P-1} P_p}$$

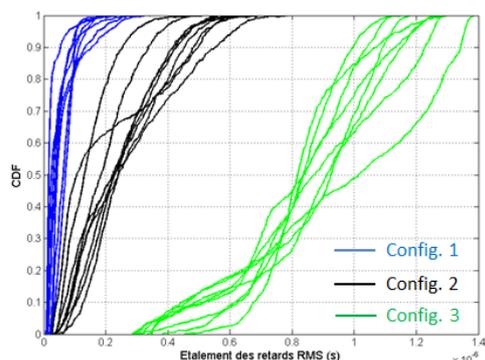


Figure 5 : Fonction de répartition de τ_{RMS} sur les 1000 snapshots.

La figure 5 montre que les trois configurations permettent de balayer un spectre très large en termes d'étalement des retards. Cependant, il existe une plus grande dispersion des réalisations sur les τ_{RMS} pour la config. 3.

Le minimum et le maximum des quantiles à 10%, 90% ainsi que la moyenne des τ_{RMS} pour les différentes réalisations de chacune des trois configurations ont été retenus et reportés dans le tableau 1. Nous pouvons tout d'abord remarquer que ces trois scénarios sont bien discriminés du point de vue de l'étalement des retards.

	Config. 1		Config. 2		Config. 3	
τ_{RMS} (ns)	min	max	min	max	min	max
Quantile à 10 %	11	37	43	128	444	675
τ_{RMS} moyen	26	87	144	271	803	959
Quantile à 90 %	55	154	254	553	996	1340

Tableau 1. Les statistiques sur la répartition de τ_{RMS} selon les configurations simulées.

4. Comparaison des résultats de simulation avec les résultats issus de la littérature.

A travers la littérature, nous avons repérés quelques campagnes de sondage de canal qui ont été réalisées pour extraire les réponses impulsionnelles et ainsi les différentes caractéristiques déterminantes d'un canal de propagation selon les principaux environnements considérés : rural, autoroute et urbain respectivement [4]. Le tableau 2 résume les spectres d'étalement des retards observés selon chaque scenario :

τ_{RMS} (ns)	Rural	Autoroute	Urbain
Quantile à 10 %	20	30	30
τ_{RMS} moyen	22-52	41 – 247	47-373
Quantile à 90 %	150	340	1100

Tableau 2. Les statistiques sur la répartition des τ_{RMS} selon les environnements de roulage.

Les τ_{RMS} obtenus à partir de nos simulations (tableau 1) sont proches avec les résultats obtenus à partir des différentes campagnes de mesure (tableau 2) même si nous constatons que les valeurs des quantiles à 10% et celles des τ_{RMS} moyens pour la config. 3 sont relativement élevées. De plus, nous comparons, en figure 6, les huit réalisations de la config. 2 avec trois

différentes fonctions cumulées des étalements des retards issues de la mesure et résumées dans [4] :

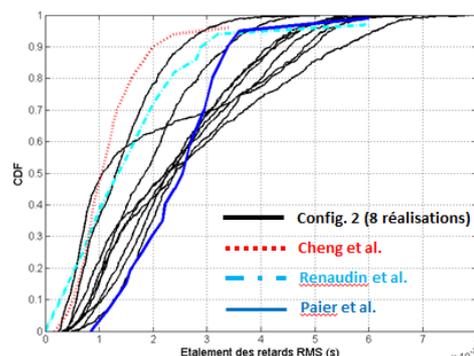


Figure 6 : Comparaison des CDFs des τ_{RMS} pour des scénarios « autoroutes ».

Une bonne corrélation entre nos résultats de simulation et ceux extraits des campagnes de mesure peut être notée. Il peut en être déduit, à partir de ces comparaisons, que les configurations 1, 2 et 3 simulées s'apparentent aux scénarios « rural », « autoroute » et « urbain » respectivement.

Il est également nécessaire de déterminer la distribution angulaire pour ces différentes configurations afin de vérifier si elles peuvent également se rapprocher des scénarios de type « rural », « autoroute » et « urbain ».

5. Etude sur la distribution angulaire selon chaque configuration simulée.

Dans le cadre d'une communication véhicule à véhicule, les antennes se retrouvent approximativement à la même hauteur que les diffuseurs présents dans l'environnement. De ce fait, les multi-trajets, parvenant des diffuseurs, arrivent sur l'antenne de réception principalement dans le plan azimutal. La dispersion angulaire en élévation, relativement faible, est négligée pour cette étude.

Les angles d'arrivée sur le récepteur sont ici calculés par construction géométrique pour chaque trajet. La figure 7 illustre un « snapshot » de la config. 1 avec un tracé de rayon de quelques trajets. Il est important de noter l'orientation angulaire du scénario simulé. Un trajet en vue directe provenant de l'émetteur arrivera avec un angle de 270° sur le récepteur.

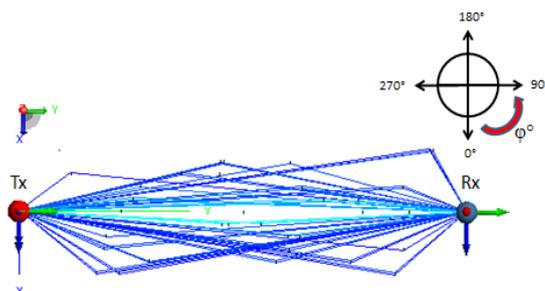


Figure 7 : « snapshot » de la config. 1 en vue du dessus avec l'orientation angulaire du Tx par rapport au Rx.

Nous évaluons la probabilité d'occurrence, par intervalle de 5°, pour chacune de nos trois configurations sur toute la durée du dynamisme (une seule réalisation).

5.a. Config. 1 (scénario rural)

N'ayant pas de diffuseurs de type N_{EXT} , le tracé de rayon effectué par simulation sur FEKO présente un étalement angulaire sectoriel ce qui est représentatif d'un scénario rural. Dans ce dernier, il y a très peu de bâtiment. Le mécanisme de propagation dominant reste le trajet direct augmenté les réflexions/diffractions sur l'habitable des voitures. Il y a, donc, une dispersion angulaire très faible en zone rurale.

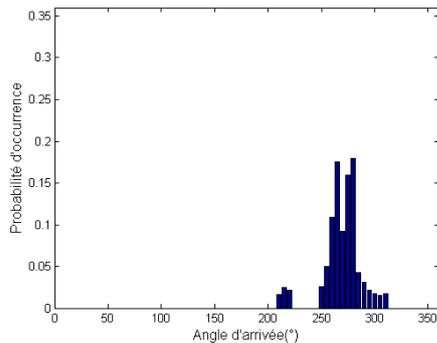


Figure 8 : Etalement angulaire de la config. 1.

5.b. Config. 2 (scénario autoroute)

Dans la config. 2, nous avons un plus grand étalement angulaire que dans la configuration précédente dû à la présence des 22 diffuseurs N_{EXT} (figure 9).

Généralement, les éléments contribuant aux trajets multiples sont plus nombreux dans un environnement autoroute (forte densité de véhicules, panneaux, barrières, mur de séparation de voie) comparé à un scénario rural.

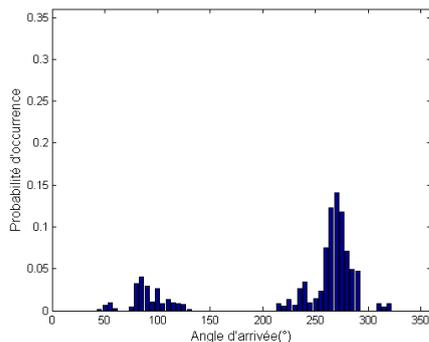


Figure 9 : Etalement angulaire de la config. 2.

5.c. Config. 3 (scénario urbain)

La dispersion angulaire (figure 10), bien qu'elle soit bi-sectorielle, n'est pas assez grande pour bien représenter un scénario urbain. Cela est dû au nombre assez faible de diffuseurs dans cette configuration. N doit être plus grand et les diffuseurs doivent être positionnés à une distance perpendiculaire à l'axe de direction des véhicules plus grande, afin d'enrichir le scénario avec des trajets multiples provenant des angles variés. C'est l'objet des investigations en cours.

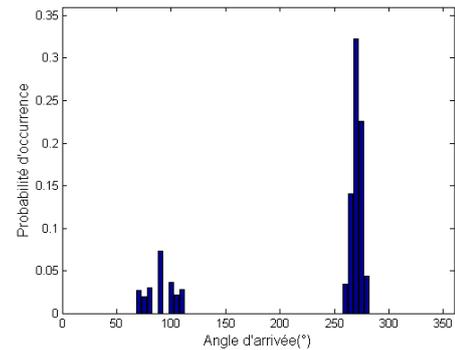


Figure 10 : Etalement angulaire de la config. 3.

6. Conclusion

Dans ce papier, nous avons proposé une méthode de modélisation de canal appartenant à la famille des méthodes de type géométrique-stochastique. Nous avons démontré qu'il est possible, à l'aide de trois configurations constituant des éléments simples, de moduler l'étalement de retards en jouant sur leur positionnement et leur nombre. Les trois scénarios présentés et simulés sont aisément discriminés en termes de statistiques d'étalement des retards et des angles d'arrivées sur le récepteur.

Nos futurs travaux consistent à intégrer des diagrammes de rayonnement réalistes dans nos modèles de canal de propagation afin de modéliser le bilan de liaison complet de la communication selon les emplacements des antennes dans la voiture. La qualité de service en termes de BER/PER sera ensuite évaluée après intégration de la couche physique du standard 802.11p dédié aux communications V2X [5].

7. Bibliographie

- [1] A. Paier, J. Karedal, N. Cznik, H. Hofstetter, C. Dumard, T. Zemen, F. Tufvesson, C. Mecklenbrauker, A. Molisch, "First car-to-car and car-to-infrastructure radio channel measurement at 5.2 GHz," in Proc IEEE 18th International Symposium on Personal, Indoor and Mobile Radio Communications, PIMRC 2007, August 2007.
- [2] J. Maurer, T. Fügen, T. Schäfer and W. Wiesbeck "A new inter-vehicle communications (IVC) channel model", *Proc. IEEE 60th VTC*, vol. 1, pp.9-13 2004
- [3] J. Karedal, F. Tufvesson, N. Cznik, A. Paier, C. Dumard, T. Zemen, C. F. Mecklenbräuker and A. F. Molisch "A geometry-based stochastic MIMO model for vehicle-to-vehicle communications", *IEEE Trans. Wireless Commun.*, vol. 8, no. 7, pp.3646-3657 2009
- [4] A. Molisch et al., "A survey on vehicle-to-vehicle propagation channels", *IEEE Wireless Communications*, vol.16, no.6, pp.12-22, Dec 2009
- [5] I. Ivan, P. Besnier, X. Bunlon, L. Le Danvic, M. Crussière and M. Drissi., "Influence of propagation channel modeling on V2X physical layer performance," European Conference on Antennas and Propagation, EuCAP 2010, Barcelona, Spain, May 2010.