

## Influence du médium radio sur le phénomène d'équité dans le cas des stations cachées

Tahiry Razafindralambo, Jean-Marie Gorce, Fabrice Valois

► **To cite this version:**

Tahiry Razafindralambo, Jean-Marie Gorce, Fabrice Valois. Influence du médium radio sur le phénomène d'équité dans le cas des stations cachées. 9ème Rencontres Francophones sur les Aspects Algorithmiques des Télécommunications, May 2007, Ile d'Oléron, France. pp.105-108, 2007. <inria-00176958>

**HAL Id: inria-00176958**

**<https://hal.inria.fr/inria-00176958>**

Submitted on 5 Oct 2007

**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.

# Influence du médium radio sur le phénomène d'équité dans le cas des stations cachées

Tahiry Razafindralambo, Jean-Marie Gorce, Fabrice Valois

Email : {prenom.nom}@insa-lyon.fr – ARES INRIA / CITI, INSA-Lyon, F-69621, France

---

La plupart des modèles analytiques pour l'évaluation des performances des réseaux radio repose sur l'hypothèse d'un canal radio idéal, impliquant que les phénomènes physiques sous-jacents sont négligés. Il en va ainsi des effets de masque (*shadowing*), des chemins multiples à l'origine des évanouissements (*fading*), des erreurs de transmission liées à la modulation et des interférences. La prise en compte de l'ensemble de ces phénomènes ne peut se faire qu'au prix d'une très forte augmentation de complexité, difficile à intégrer dans les modèles analytiques. Nous tirons profit de l'approche compositionnelle d'un algèbre de processus pour contrer cette complexité et nous proposons d'intégrer la probabilité d'erreur de transmission dans un modèle analytique de réseau 802.11. Nous mesurons l'impact d'une telle modélisation sur l'équité obtenue dans le cas particulier des stations cachées.

---

## 1 Introduction

A cause des problèmes de performances et d'équité dûs au mécanisme de gestion de collisions BEB (*Binary Exponential Backoff*) de 802.11, de nombreux protocoles moins agressifs ont été proposées (AIMD, MILD)<sup>†</sup>. Cependant, leur évaluation de performances s'appuie sur une hypothèse de canal radio idéal : pas d'erreur de transmission, pas d'interférences, pas de phénomènes d'évanouissement ni d'effets de masque. Nous proposons ici de relaxer l'hypothèse classique de liaison à seuil. Nous commençons par supprimer l'effet de seuil, puis nous introduisons un modèle d'erreurs corrélées. Ce travail montre l'impact du taux d'erreur paquet et l'effet de la corrélation des erreurs sur les performances et l'équité dans le cas des nœuds cachés. Ce travail se base sur un algèbre de processus stochastique et étend les travaux de [TR06]. Cet article s'organise comme suit : nous débutons par une discussion sur les différents phénomènes inhérents au canal radio et les moyens de les modéliser. Puis, en section 3, nous décrivons les modèles utilisés. Les résultats de performances sont discutés dans la section 4, nous apportons une conclusion dans la section 5.

## 2 Propriétés du canal radio et hypothèses

De nombreux protocoles pour réseaux radio ont été conçus comme une extension des protocoles sur support filaire : les conditions *idéales* supposées du canal radio s'appuient donc sur des axiomes erronés [KNE03]. Les nombreux phénomènes physiques qui peuvent être pris en compte [ZHKS06] affectent 3 principes fondamentaux : la qualité des liens radio, la géométrie du voisinage, et la dépendance inter-liens.

**1) La qualité des liens radio :** *Principe de la liaison à seuil.* La liaison entre 2 nœuds d'un réseau radio est soit parfaite, soit inexistante. Ce principe dérive du théorème de Shannon affirmant qu'il existe un rapport signal à bruit seuil, au-dessous duquel la transmission est impossible, et sans erreur au-delà. Une telle hypothèse permet à un nœud source de classer tous les nœuds du réseau en 2 catégories : les voisins, qui sont à portée et les autres. Chaque lien radio  $l(x, x')$  entre 2 nœuds  $x$  et  $x'$ , est donc booléen. Relâcher ce principe de seuil consiste à introduire une incertitude de transmission. Le lien  $l(x, x')$  devient alors une probabilité de transmission.

**2) La géométrie du voisinage :** *Principe d'isotropie.* L'existence d'une liaison radio entre 2 nœuds dépend uniquement de la distance qui les sépare. Les antennes sont supposées omnidirectionnelles, les

---

<sup>†</sup> AIMD : Additive Increase Multiplicative Decrease, MILD : Multiplicative Increase Linear Decrease

puissances d'émission identiques et l'affaiblissement de propagation est modélisé par une loi isotrope de type  $A(d) = A_0 \cdot d^{-\alpha}$ . Cette hypothèse, associée à la précédente, conduit au modèle à disque reposant sur l'existence d'une portée de référence. Le voisinage est alors décrit par un graphe géométrique [CWK<sup>+</sup>05, ZHKS06]. Si le 1<sup>er</sup> principe de seuil est relâché, ce 2<sup>ème</sup> principe s'écrit  $l(x, x') = f(d(x, x'))$ . Ici, le second principe n'a pas d'intérêt pour nous car nous décrivons la topologie du problème directement à partir des liaisons en puissance, sans notion de position géographique.

**3) L'inter-dépendance entre les liens :** *Principe d'indépendance.* La qualité de chaque liaison radio est indépendante des autres. Cette hypothèse permet d'éviter tous les problèmes d'interférences. Dans notre cas ce 3<sup>ème</sup> principe est pris en compte dans la gestion de l'accès au canal et dans les hypothèses liées à la topologie.

Relâcher le premier principe consiste simplement à introduire un taux d'erreur paquet (TEP). Mais nous nous intéressons également aux statistiques d'ordre 2 du TEP, c'est à dire à la corrélation de l'erreur qui est liée aux propriétés d'évanouissement du canal. Dans un canal idéal (de type bruit blanc additif gaussien, BBAG), les erreurs étant liées uniquement au bruit électronique du récepteur, la probabilité d'erreur est un processus indépendant pour chaque paquet. Au contraire, lors de la présence d'évanouissements liés aux chemins multiples, la puissance du signal reçue varie au cours du temps, ce qui entraîne une variation du rapport signal à bruit et donc une variation de la probabilité d'erreur. Si la vitesse d'émission des paquets est plus rapide que la vitesse d'évolution du canal radio, la probabilité d'erreur devient un processus corrélé engendrant des erreurs par rafale. Cette corrélation peut être représentée par un processus markovien (le plus simple est le modèle de Gilbert-Elliot) comme nous le faisons ici.

### 3 Modélisation

Nous proposons un modèle analytique basé sur PEPA<sup>‡</sup>, un algèbre de processus stochastique pour l'évaluation de performances des réseaux et des systèmes. PEPA fournit un ensemble réduit d'opérateurs permettant de construire des modèles complexes, d'où la notion d'approche compositionnelle. De plus, la réduction d'espace d'états est rendu possible grâce à la notion de congruence. Nous nous appuyons sur [TR06] détaillant un modèle générique pour l'étude des réseaux ad hoc. Contrairement au modèle de Bianchi [Bia00], notre modèle permet grâce à l'approche compositionnelle d'étudier *facilement* différentes topologies, intensités de trafic, etc.

La méthodologie proposée dans [TR06] divise un réseaux ad-hoc en composantes : Le générateur de trafic, un buffer pour les paquets générés, la méthode d'accès, l'algorithme de backoff et l'interaction entre les nœuds du réseau. Ces composantes sont liées entre elles pour former le modèle complet. A partir de ce modèle, nous avons rajouté une composante représentant l'état du médium radio qui est liée à la composante représentant l'interaction entre les nœuds. Des techniques similaires à celles de [TR06] sont utilisées ici pour générer une probabilité d'erreur sur chaque paquet. Chaque réception de paquet au niveau MAC (*Medium Access Control*) est correcte (sans collision) avec une probabilité calculée à partir d'un TEP, corrélée ou non aux erreurs précédentes. Notons qu'ici des collisions dues aux stations cachées peuvent survenir au niveau MAC, et la transmission est correcte d'un point de vue collision, celle-ci peut être erronée d'un point de vue de l'état du canal radio au moment de la transmission.

### 4 Evaluation de Performance

**Modèle d'erreur impliquant le TEB/TEP** Dans cette section, nous présentons des résultats d'évaluation de performances calculés pour une configuration de nœud caché, à l'aide de notre modèle. L'analyse est menée pour un canal BBAG, i.e. avec un TEB (*Taux d'Erreur Binaire*) constant. Les résultats sont donnés en fonction de la taille des paquets. Pour cela, la probabilité d'erreur est introduite dans le modèle sous forme de taux d'erreur paquet ( $TEP = 1 - (1 - TEB)^{bit}$ ), où *bit* est le nombre total de bits par paquet. Ainsi le TEP augmente avec la taille de paquet pour une même valeur de TEB.

*Efficacité :* La figure 1(a) montre la probabilité de succès d'une transmission en fonction de la taille des paquets. Pour un fort TEB ( $TEB = 10e^{-3}$  à  $10e^{-4}$ ), la probabilité de succès est proche de 0. Pour un

<sup>‡</sup> Performance Evaluation Process Algebra [Hil94]

## Influence du médium radio sur le phénomène d'équité dans les réseaux ad hoc

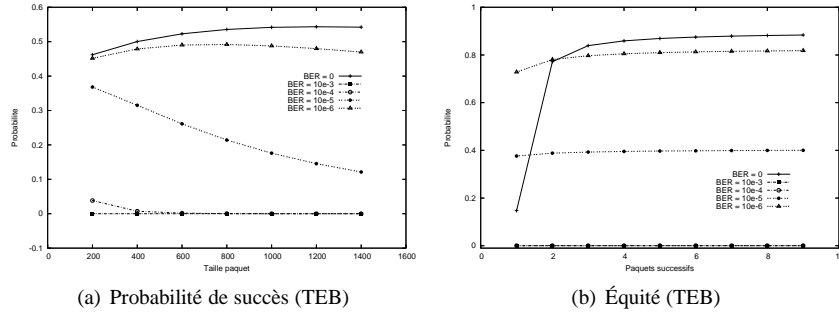


FIG. 1: Influence du TEB sur les performances et l'équité

TEB un peu plus faible ( $TEB 10e^{-5}$ ), le taux de succès de transmission diminue lorsque la taille des paquets augmente : les erreurs de transmission prédominent. Par contre, pour des taux d'erreur beaucoup plus faibles ( $TEB \leq 10^{-6}$ ) les courbes présentent un maximum qui met en évidence l'existence d'un compromis entre erreur de transmission (plus importantes pour les grands paquets) et surcharge du canal due à la politique d'accès au médium (plus importantes pour les petits paquets). Ces premiers résultats montrent l'importance de l'erreur de transmission et l'intérêt de notre modèle pour en rendre compte.

*Équité* : La métrique d'équité que nous utilisons dans cet article ( $\alpha$ ) permet de rendre compte de l'équité à long terme et à court terme.  $\alpha_i$  est la probabilité pour que le  $i^{eme}$  paquet soit correct sachant que les  $(i-1)^{emes}$  précédentes transmissions sont correctes et proviennent du même émetteur. Cette métrique reflète l'équité à court terme car elle met en avant la probabilité pour une station de monopoliser le médium. Cette métrique d'équité avec TEB est représentée à la figure 1(b). L'équité augmente lorsque le TEB augmente car la probabilité qu'un nœud monopolise le médium diminue. En effet, avec un  $TEB = 10e^{-5}$  et des paquets de 1000 octets, la couche MAC se comporte de manière équitable à court et à long terme car la valeur de  $\alpha_i$  est proche de  $1/2$  quelque soit  $i$ . Cela signifie qu'après chaque transmission les nœuds ont la même probabilité ( $1/2$ ) d'envoyer correctement un paquet. Ce résultat montre que l'inéquité bien connue de 802.11 est fortement réduite lorsque l'on prend en compte une probabilité d'erreur de transmission.

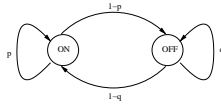


FIG. 2: Modèle d'erreurs corrélées

$$\begin{aligned} error_{ON} &= (suc, \mu_{est}).error_{ON} + (move, p).error_{OFF} + (move, 1-p).error_{ON}; \\ error_{OFF} &= (col, \mu_{est}).error_{OFF} + (move, 1-q).error_{ON} + (move, q).error_{OFF}; \end{aligned}$$

FIG. 3: Modèle PEPA pour les erreurs corrélées

**Modèle d'erreurs corrélées** Dans cette section nous introduisons un modèle de corrélation d'erreur (fig. 2) représenté par une chaîne de Markov à deux états (modèle de Gilbert-Elliot). Notons que d'autres modèles plus sophistiqués existent. La figure 3 représente le modèle PEPA correspondant à cette chaîne de Markov. Les deux états (*OFF*, *ON*) désignent des périodes durant lesquelles la qualité du lien radio est respectivement dégradée ou de bonne qualité. Ces périodes ont une durée moyenne de respectivement  $\lambda_{OFF}$  et  $\lambda_{ON}$ , et distribuées de manière exponentielle. Le canal passe d'un état dégradé à un état correct avec une probabilité  $(1-p)$ . Nous avons considéré plusieurs valeurs de  $\lambda_{ON}$  : ( $2600\mu s$ ,  $4300\mu s$ ,  $8600\mu s$ ,  $13000\mu s$ ) alors que  $\lambda_{OFF}$  est fixé à  $4300\mu s$ . Dans les différentes figures, la notation  $col\ 5 / succ\ x, 5$  signifie que la période  $\lambda_{OFF}$  correspond à l'envoi de 5 paquets et  $x$  représente en temps paquet la durée de  $\lambda_{ON}$ . Ainsi,  $x$  prend les valeurs 3 ( $2600\mu s$ ), 5 ( $4300\mu s$ ), 10 ( $8600\mu s$ ) et 15 ( $13000\mu s$ ). Par exemple la combinaison  $col = 5 / succ = 10$ , est équivalente à ( $\lambda_{OFF} = 4300\mu s$ ,  $\lambda_{ON} = 8600\mu s$ ).

*Efficacité* : La figure 4(a) montre l'effet des erreurs corrélées sur l'efficacité. Cette figure met en avant l'impact des rafales d'erreurs dans le cas des stations cachées et nous voyons que plus le temps passé dans l'état *ON* est grand, plus l'efficacité augmente ce qui correspond au comportement attendu. Comparés aux résultats de la figure 1(a), les résultats de la figure 4(a) sont complètement différents parce que dans le se-

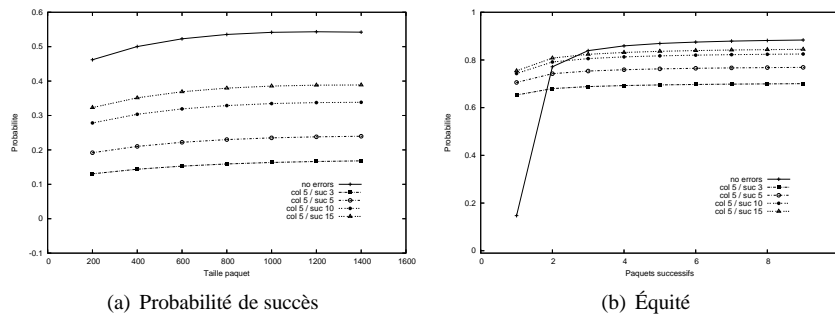


FIG. 4: Influence des erreurs corrélées sur les performances et l'équité

cond cas, tous les paquets envoyés durant la période *ON* sont reçus correctement, et tous les paquets envoyés durant la période *OFF* sont erronés. La figure 4(a) montre aussi qu'en ayant la même durée *ON/OFF*, on divise par deux la probabilité d'occupation du médium. Cela signifie que le *Binary Exponential Backoff* est bien conçu quand il s'agit de gérer les erreurs corrélées. Intuitivement nous pouvons penser qu'un algorithme de backoff moins agressif, ne gèrera pas aussi bien les erreurs corrélées.

*Équité* : La figure 4(b) montre l'effet des erreurs corrélées sur l'équité. Nous voyons dans ce cas aussi qu'introduire des erreurs sur le réseau augmente l'équité. Par comparaison aux résultats obtenus avec l'introduction d'un TEB, l'introduction d'erreurs corrélées n'affecte pas de manière significative l'équité dans le réseau. Cette faible variation de l'équité est due au fait que le *Binary Exponential Backoff* implémenté dans 802.11 est conçu pour supporter ce genre d'erreur, car un nœud considère que le médium a repris un état stable après une transmission correcte.

## 5 Conclusion

Dans cet article, nous proposons une évaluation analytique du scénario bien connu des stations cachées (utilisant 802.11) en considérant différents modèles de canal radio. Nous considérons l'impact de l'introduction d'un TEB et l'introduction d'erreurs corrélées. Les performances comme la probabilité de succès et l'équité sont mesurées. Les résultats montrent, comme attendu, que l'introduction d'erreurs (TEB ou corrélées) réduit l'efficacité mais aussi que l'équité est accrue. Suivant le modèle d'erreurs étudié les impacts sont différents car le protocole permet de gérer correctement certains types d'erreurs. Nos travaux actuels s'orientent vers l'étude de modèle d'erreurs plus complexe.

## Références

- [Bia00] G. Bianchi. Performance analysis of the ieee 802.11 dcf. *IEEE JSAC*, 2000.
- [CWK<sup>+</sup>05] A. Cerpa, J.L. Wong, L. Kuang, M. Potkonjak, and D. Estrin. Statistical model of lossy links in wireless networks. In *ACM/IEEE IPSN'05*, 2005.
- [Hil94] J. Hillston. A compositional approach to performance modelling. *PhD. Thesis, The University of Edinburgh.*, 1994.
- [KNE03] David Kotz, Calvin Newport, and Chip Elliott. The mistaken axioms of wireless-network research. Technical report, Dartmouth College Computer Science, July 2003.
- [TR06] F. Valois T. Razafindralambo. Modeling methodology for wireless lans performance evaluation. In *4th Hets-Nets Conference*, Ilkley, West Yorkshire, U.K., September 2006.
- [ZHKS06] G. Zhou, T. HE, S. Krishnamurthy, and J. Stankovic. Models and solutions for radio irregularity in wireless sensor networks. *ACM Transactions on Sensor Networks*, 2(2) :221–262, May 2006.