

---

# Note sur les performances de TCP dans un environnement sans-fil multisaut

Mehdi Bezahaf\* — Thomas Begin\* — Bruno Baynat\* — Serge Fdida\*

Université Pierre et Marie Curie - Laboratoire LIP6/CNRS\*  
{Mehdi.Bezahaf, Thomas.Begin, Bruno.Baynat, Serge.Fdida}@lip6.fr

---

*RÉSUMÉ.* Ces travaux portent sur le comportement du protocole TCP dans un réseau sans-fil multisaut situé en intérieur. Dans cette note nous nous limitons à une topologie en chaîne. D'abord, nous évaluons le débit maximal que peut supporter un chemin multisaut en fonction du nombre de flots TCP existants. Ensuite, nous mesurons le débit maximal que peut atteindre un flot TCP en fonction du nombre de sauts qu'il emprunte. Enfin, nous comparons nos résultats à ceux obtenus théoriquement.

*ABSTRACT.* This work is devoted to the behavior of TCP when it takes place in an internal multihop wireless network. We limit our study to topologies of chains. First, we evaluate the maximum throughput that a multihop path can sustain as a function of the number of TCP flows. Then, we measure the maximum throughput that a TCP flow can attain as a function of the number of hops involved in the path. Finally, we compare our results to theoretical estimates by other researchers.

*MOTS-CLÉS :* Flots TCP ; Réseaux Sans-fil Multisauts ; Performances ; Débit ; Mesures.

*KEY WORDS :* TCP Flows ; Multihop Wireless Networks ; Performance ; Throughput ; Measurements.

---

## 1. Introduction

TCP, le protocole de transport le plus utilisé, assure l'ordonnancement des paquets à leur arrivée, la retransmission des paquets perdus ainsi qu'un contrôle de congestion. Dans les réseaux sans-fil, les atténuations de signal et les interférences peuvent dégrader provisoirement la qualité des liens radios. Aussi, la perte d'un paquet peut ne pas être directement liée à la surutilisation d'une ressource comme le suppose le mécanisme de contrôle de congestion de TCP. Ces phénomènes ont été constatés et étudiés et ils peuvent avoir pour effet de dégrader les performances des flots TCP concernés en réduisant abusément leur débit [XYL 01, FU 03].

Dans cette note, nous étudions le comportement du protocole TCP dans un réseau sans-fil multi-saut situé en intérieur. Nous commençons par évaluer le débit maximal que peut supporter un chemin multisaut sur une topologie en chaîne en fonction du nombre de flots TCP existants. Ensuite, nous mesurons le débit maximal que peut atteindre un flot TCP en fonction du nombre de sauts qu'il emprunte. Enfin, nous comparons nos résultats à ceux théoriquement obtenus [LI 01].

## 2. Etat de l'art

Plusieurs travaux ont permis d'estimer théoriquement la capacité nominale des réseaux sans-fil multisauts pour diverses topologies [GUP 00, JUN 03, LI 01]. D'autres travaux ont décrit l'impact des liens sans-fil sur le comportement de TCP et ont proposé des solutions pour en améliorer les performances [FU 03, GER 99]. Il est à noter que la plupart de ces travaux ont été réalisés par une analyse théorique ou par une simulation du réseau dans des conditions radios qui peuvent être qualifiées de favorables. Une originalité de notre étude est qu'elle a été entièrement réalisée par expérimentation réelle sur un réseau sans-fil multisaut installé à l'intérieur d'un bâtiment. En ce sens, ce travail peut être vu comme complémentaire aux travaux précédemment cités.

## 3. Résultats expérimentaux

### Description de la plate-forme

Le réseau considéré se situe à l'intérieur d'un bâtiment (i.e. Laboratoire d'Informatique de Paris 6) abritant également d'autres réseaux sans-fil. Il se caractérise par une architecture multisaut en IPv6. Dans cette note, nous nous limitons à une topologie en chaîne comprenant de 2 à 7 noeuds (cf. Figure 1). Les noeuds sont fixes et le routage entre les noeuds s'effectue par des tables de routage statiques. La couche MAC est implémentée en 802.11 b/g et tous les liens radios partagent le même canal. Nous avons utilisé iPerf [iPERF] pour générer tous nos flots. Notons enfin que l'algorithme de contrôle de congestion dans la version de TCP utilisée est TCP-Reno.



Figure 1. Topologie en chaîne

Dans cette note, le *débit moyen maximal* d'un chemin multisaut, noté  $\bar{X}_{max}$ , correspond à l'intensité maximale du trafic TCP pouvant être supportée. Lorsqu'un seul flot TCP existe sur le chemin,  $\bar{X}_{max}$  représente donc le débit moyen que le flot peut atteindre. Si plusieurs flots TCP coexistent,  $\bar{X}_{max}$  se calcule comme la somme des débits moyens que chacun de ces flots atteint.

### Nombre de flots TCP variables

Dans la Figure 2, nous avons représenté  $\bar{X}_{max}$  en fonction du nombre de flots TCP. Les résultats indiquent que la valeur de  $\bar{X}_{max}$  ne dépend pas significativement du nombre de flots TCP existants

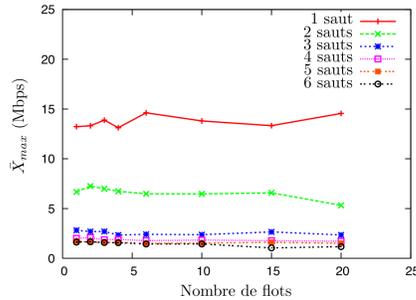


Figure 2.  $\bar{X}_{max}$  fonction du nombre de flots TCP

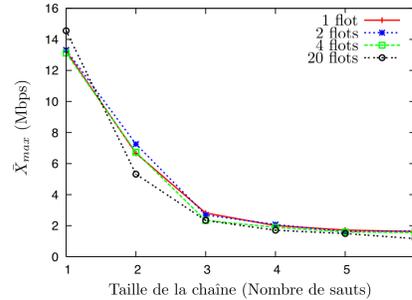


Figure 3.  $\bar{X}_{max}$  fonction du nombre de sauts

sur le chemin. Ce comportement semble se manifester quel que soit le nombre de sauts dans la topologie considérée. Nos résultats tendent donc à montrer qu'un seul flot TCP ne permet pas une meilleure utilisation des ressources d'un chemin multisaut que plusieurs flots TCP simultanés.

#### Nombre de sauts variables

La Figure 3 représente  $\bar{X}_{max}$  en fonction du nombre de sauts empruntés par les flots. Cette figure montre que la valeur de  $\bar{X}_{max}$  diminue rapidement jusqu'à 3 ou 4 sauts, puis que sa valeur semble se maintenir autour d'un niveau constant. Nous comparons ces résultats avec ceux obtenus par Li et al. [LI 01] sur la même topologie mais avec des liens radios de capacité différente (2Mbps au lieu de 54Mbps<sup>1</sup>). Nous observons que l'allure générale de nos mesures est très semblable à celles présentées dans [LI 01]. De plus, nos résultats vérifient la propriété décrite dans [LI 01] : à partir d'une certaine taille de la chaîne, le débit maximal, ici  $\bar{X}_{max}$ , se réduit à  $\frac{1}{7}$  de sa valeur maximale atteinte pour un seul saut.

#### 4. Conclusion et travaux futurs

Ces résultats expérimentaux s'intéressent à la capacité d'un chemin sans-fil multisaut lorsque le trafic est véhiculé par TCP. Pour cela, nous avons mesuré le débit moyen maximal qui peut être acheminé pour différentes configurations d'une topologie en chaîne. Nos travaux futurs viseront à caractériser les performances des flots TCP pour différents niveaux d'utilisation des ressources du réseau et à en proposer un modèle analytique simple.

#### 5. Bibliographie

- [LI 01] J. Li, C. Blake, D. De Couto, H. Lee et R. Morris. « Capacity of Ad Hoc Wireless Networks », *Proceedings of MobiCom '01*, 61-69, 2001.
- [GUP 00] P. Gupta et P. Kumar. « The capacity of wireless networks », *IEEE Transactions on Information Theory*, Vol. 42, N. 2, 388-404, 2000.
- [JUN 03] J. Jun et M. Sichitiu. « The nominal capacity of wireless mesh networks ». *IEEE wireless communications*, Vol. 10, N. 5, 8-14, 2003.
- [FU 03] Z. Fu, P. Zérfos, H. Luo, S. Lu, L. Zhang et M. Gerla. « The impact of multihop wireless channel on TCP throughput and loss », *Proceedings of INFOCOM 2003*, 1744- 1753, 2003.
- [GER 99] M. Gerla, R. Bagrodia, L. Zhang, K. Tang et L. Wang. « TCP over wireless multihop protocols : Simulation and experiments », *Proceedings of ICC 1999*, 1089-1094, 1999.
- [iPERF] A. Tirumala, F. Qin, J. Dugan, J. Ferguson et K. Gibbs. « Iperf : The TCP/UDP Bandwidth Measurement Tool », <http://dast.nlanr.net/Projects/Iperf/>.
- [XYL 01] G. Xylomenos, G. Polyzos, P. Mahonen et M. Saaranen. « TCP performance issues over wireless links », *IEEE communications magazine*, Vol. 3, N. 4, 52-58, 2001.

1. Il n'est donc pas surprenant que nos valeurs mesurées pour  $\bar{X}_{max}$  soient très supérieures à celles de Li et al.