

INTEGRATION DU CONCEPT MULTIHOMING AUX RESEAUX MOBILES AD HOC

S. SADOUNI, M. BENSLAMA

Laboratoire d'Electromagnétisme et Télécommunications
Université des Frères Mentouri Constantine, Algérie

Reçu le 09 Janvier 2014 – Accepté le 12 Mai 2014

Résumé

Dans le domaine des télécommunications la mobilité constitue le nouveau mode de communication utilisé, en Offrant une grande flexibilité d'emploi, pour ses différents utilisateurs qui exigent une connexion continue avec une bonne qualité de service.

Dans ce document nous ferons en sorte d'intégrer le concept du *Multihoming* aux réseaux mobiles, afin d'augmenter: leurs robustesse, leurs résistance aux effets de mobilité, avec l'optimisation des ressources réseaux. Pour cela, nous avons choisi le protocole BGP qui prendra en charge l'introduction du concept *Multihoming* sur des réseaux MANET (Réseaux Mobile Ad Hoc), en le feront cohabiter avec d'autres protocoles de routage Ad Hoc.

En premier lieu, avec AODV pour la catégorie des protocoles réactifs ensuite c'est au tour d'OLSR pour les protocoles proactif. Ce qui nous permettra de définir avec quelle catégorie de protocole de routage l'intégration du *Multihoming* sera la plus favorable, ainsi que les mécanismes importants à prendre en considération.

Mots clés : MANET, *Multihoming*, BGP, AODV, OLSR.

Abstract

In the field of telecommunications, mobility represents new practical ways of communication that are known to be vaguely flexible in terms of use; for users expect to enjoy constant and good quality service.

Through this paper, we will make an attempt to introduce the Multihoming concept to mobile networks in order to increase their strength and resistance toward the effects of mobility, along with the optimization of network resources. For this purpose, we opted for the BGP protocol, the one which take into charge the introduction of the Multihoming concept to MANET (Mobile Ad Hoc networks) ; all this is achieved by its cohabitation with other Ad Hoc routing protocols.

At first, we will proceed by AODV for the reactive protocol category, afterwards we will move to the OLSR for the proactive ones. This, in turn, will allow us to determine the routing protocol category that fits the most favorable to the Multihoming integration as a new concept, in addition to the crucial mechanisms that ought to be taken into consideration.

Key words: MANET, *Multihoming*, BGP, AODV, OLSR.

ملخص

في مجال الاتصالات السلكية و اللاسلكية يمثل التنقل النمط الجديد من الاتصال المستخدم مانحا مرونة أكبر في الاستعمال لمختلف مستخدميه الذين يطالبون باتصال مستمر و جودة عالية للخدمات

في هذا البحث سنعمل على دمج مفهوم "الميلتيهومينغ" الى شبكات المحمول وذلك من أجل : زيادة قوتها و مقاومتها لآثار التنقل ,مع تحسين الاستفادة من موارد الشبكة.ولهذا اخترنا البرتوكول "BGP" الذي سيحمل على عاتقه ادماج مفهوم "الميلتيهومينغ" الى شبكات " مانيت" (شبكات المحمول الأدوك) وذلك بجعل البروتوكول المذكور سابقا; يتعايش مع برتوكولات التوجيه الخاصة بشبكات "الأدوك".

أولا مع البرتوكول "AODV" من فئة برتوكولات رد الفعل وبعد ذلك يأتي دور "OLSR" لفئة البرتوكولات الاستباقية. مما يسمح لنا بتحديد فئة برتوكولات التوجيه التي يكون دمج "الميلتيهومينغ" معها أكثر ملائمة وأهم الآليات التي يجب أخذها بعين الاعتبار

كلمات مفتاحية : مانيت الميلتيهومينغ , AODV, BGP OLSR,

Un réseau Mobile a pour inconvénients majeurs : le changement continu de sa topologie, et la variation des caractéristiques et performances des liens entre deux nœuds. Pour cela, les réseaux mobiles sont classés en contrôle de puissance, voire même le transfert automatique intercellulaire en se servant du mécanisme du *Handover* [1].

En pratique, pour une architecture pareille, les ressources radios sont très rares ; pour les optimiser; une station mobile ne peut avoir qu'une seule connexion à un moment donné au travers d'une deux catégories :

Les réseaux avec infrastructure fixe préexistante, et les réseaux sans infrastructure.

Concernant la première catégorie, l'infrastructure centralisée contrôle et organise toutes les communications entre les différents éléments du réseau. Elle prend ainsi en charge des tâches importantes telles que: la sécurité, la seule interface.

Ce qui nous envoie à la deuxième catégorie des réseaux MANET (Réseaux Mobile Ad Hoc). Dans cette dernière, toutes les unités se déplacent librement sans aucune administration centralisée; les obligeant ainsi à s'organiser automatiquement pour se déployer rapidement. Chaque nœud est susceptible d'être mis à contribution pour participer au routage, et pour retransmettre les paquets d'un nœud qui n'est pas en mesure d'atteindre sa destination.

Les protocoles MANET utilisent diverses techniques de routage pour l'acheminement correct des paquets. Seulement aucune limitation sur le nombre des liens créés entre deux nœuds n'est imposée. Ce qui, nous permet d'intégrer le concept du *Multihoming* sans tomber dans une contradiction avec les normes du standard IEEE 802.11 [2].

Dans cet article nous montrerons que l'intégration du *Multihoming* avec une telle topologie, augmentera la robustesse du réseau comme on l'espère pour contrer les effets de la mobilité. De plus, il faut connaître les mécanismes qui entreront en jeu pour favoriser le bon fonctionnement du *Multihoming* à ce type de réseaux. Suivant les contraintes liées à ce type de réseaux ; tel que l'optimisation de la charge et des ressources réseaux. Pour se faire, dans la section 2, nous aborderons le concept du *Multihoming*, et son intégration à un réseau mobile, en se focalisant sur le fonctionnement du protocole BGP.

La section 3 sera consacrée à la présentation des réseaux MANET de la norme IEEE 802.11, et au routage d'informations mais nous nous intéresserons plus particulièrement aux catégories des protocoles réactifs, présentés par AODV et celle des protocoles proactifs illustrer par OLSR. Pour démontrer de manière statistique les avantages attendus de l'intégration du *Multihoming* à des réseaux mobiles, nous simulerons un réseau Ad Hoc sur lequel nous réaliserons plusieurs scénarios.

Les uns pour la catégorie des protocoles réactifs, et le reste pour celle des protocoles proactifs dans la section 4. Enfin la section 5 nous permettra de conclure et d'indiquer les perspectives de ce modeste travail.

1. MULTIHOMING ET PROTOCOLE DE ROUTAGE BGP

Le *Multihoming* est un concept qui existe déjà dans les réseaux filaires, il donne à un nœud la possibilité d'utiliser simultanément plusieurs interfaces réseaux; en passant ainsi de l'une vers l'autre sans interrompre les transmissions de données en cours [3]. Sur le réseau Internet une telle configuration permet à un client d'avoir une connexion permanente et simultanée à plusieurs FAI (fournisseur d'accès à Internet) afin d'améliorer sa QoS, et de s'assurer un réseau de soutien, outre avoir des solutions de partage de charge, qui a pour conséquence une augmentation de débit.

Enfin comme dernier avantage la réalisation du routage intelligent (*smart routing*), en choisissant entre plusieurs routages BGP pour un préfixe donné en fonction de QoS, proposée par les différents FAI sur les différents chemins.

1.1. Le Multihoming dans les Réseaux Mobiles

Un réseau mobile est dit Multi-domicilié lorsqu'il a plusieurs points d'ancrage à Internet, c'est-à-dire lorsqu'il est simultanément connecté à Internet via plusieurs MRs; ou lorsqu'un MR a plusieurs interfaces externes, ou plusieurs adresses sur son interface externe [4].

Les motivations et les bénéfices attendus sont les mêmes pour un réseau fixe, mais la mobilité rend cette configuration plus avantageuse. En effet, une telle configuration permet de pallier aux pannes, de partager les flux et la charge, de mettre en place des préférences ou plus simplement de garantir un meilleur accès à l'Internet en faisant appel à différentes technologies [5]

1.2. Le Protocole BGP

Border Gateway Protocol est l'un des protocoles de routage qui forme notamment le cœur du réseau Internet. Son objectif est d'échanger des informations sur la disponibilité des réseaux. En maintenant à jour une liste des systèmes autonomes (AS) [6] de laquelle peuvent être exclues les boucles ou certaines AS qui ne présentent pas d'intérêt. Les connexions entre voisins BGP (*neighbours*) communiquent entre eux via une session TCP, en échangeant dynamiquement les annonces de routes [RFC1771]. Le protocole BGP est basé sur l'algorithme de *Bellman-Ford* [7] et supporte le routage sans classe, il est qualifié de protocole à vecteur de chemin (*path vector protocol*)[9]. Comme le font tous les protocoles, BGP maintient des tables de routage, transmet les mises à jour des routes à ses voisins et base ses décisions de routage sur une métrique.

L'inconvénient du BGP provient du fait qu'il n'a pas de vision globale de la topologie de routage et envoie donc uniquement à ses voisins les annonces de routes. Mais encore il ne dispose pas d'un système d'équilibrage de charge entre plusieurs liens, sans tenir compte de la congestion éventuelle de certains. Le protocole BGP reste sensible à l'oscillation rapide des routes, ce qui peut causer une surcharge et nuire à la stabilité du routage [8]

2. LES RESEAUX MANET

Le concept des réseaux mobiles Ad Hoc a été développé; à la base pour étendre les notions de mobilité à tous les composants de l'environnement.

Car il peut contenir des plates-formes mobiles appelées nœuds qui sont libres de se déplacer sans contrainte. Constituant ainsi un système autonome capable de s'organiser sans infrastructure définie préalablement ; par le biais de ses nœuds ; qui peuvent communiquer directement entre eux, s'ils sont situés à portée radio, en utilisant un certain nombre de protocoles de routage [RFC 2501].

Un réseau Mobile MANET possède des caractéristiques particulières comparé aux autres réseaux sans fil [9] les plus importantes d'entre elles sont :

- Une Topologie Dynamique
- Multi-saut

Ce qui va engendrer un certain nombre de **Contraintes** : Bande passante limitée, Taux d'erreur élevé, Capacité des liens variables, Faible débit, Durée d'utilisation restreinte...etc.

2.1 Routages dans les réseaux MANET :

Vue toutes ces contraintes, Pour être réellement opérationnel dans un environnement mobile Ad Hoc, le protocole de routage prend en compte trois phases [10] :

- **Dissémination de l'information de routage** pour connaître suffisamment d'éléments la topologie du réseau
- **Sélection du chemin**: parmi l'ensemble obtenu en fonction de certains critères
- **Maintenance des routes** : tenir compte des changements de la topologie et mettre à jour les routes qui viennent à être coupées.

Il existe trois grandes catégories de protocoles de routages dans les réseaux MANET

2.1.1. Les Protocoles de Routage Proactifs [11]:

Essaie de maintenir les meilleurs chemins existants vers toutes les destinations possibles. Les routes sont sauvegardées même si elles ne sont pas utilisées. Le plus abouti de ces protocoles est OLSR (*Optimized Link State Routing*): basé sur l'algorithme à état de liens, il Utilise un format unique pour tous ces messages.

Ce protocole de routage utilise plusieurs messages :

HELLO comme mécanisme de détection de voisinage
TC (Topologie Control) Aide les autres nœuds à construire leur table topologique, et de routage.

Afin de réduire le nombre des messages de contrôle inutiles lors de l'inondation dans le réseau le protocole OLSR utilise Le concept des relais multipoint MPR, où chaque nœud choisit une sous partie minimale (**MPR_SET**) de ses voisins symétriques à un saut [12].

2.1.2. Les Protocoles de Routage Réactifs :

Ou à la demande, créent et maintiennent les routes selon les besoins. Le plus connu de ces protocoles est AODV (*Ad Hoc On demand Distance Vector Routing*) utilise un mécanisme de diffusion (*Broadcast*) pour découvrir les routes valides. Il définit deux types d'opération [12,13]:

Découverte de Routes : Utilise deux types de message

- RREQ (*Route REQuest*)
- RREP (*Route REPLY*)

Maintenance des routes pour réparer une route lorsque celle-ci est brisée, utilise le message

- RERR *Route ERROR*.

Pendant cette opération ce protocole prévoit un mécanisme pour réparer une route localement pour économiser l'émission de messages de routage [14]

2.1.3 Les Protocoles de Routage Hybrides :

Ce type de protocole, utilise une technique proactive pour la connaissance de la topologie locale, par contre pour ce qui est des nœuds plus lointains ; un schéma réactif prend le relais[15]. Pour être plus précis sur les avantages du Multihoming, nous allons exposer dans ce document que les deux catégories précédentes de protocoles.

3. SIMULATION D'UN RESEAU MANT INTEGRANT LE CONCEPT DU MULTIHOMING

Pour bien constater l'impact de l'intégration du Multihoming sur un réseau Mobile nous avons utilisé le logiciel de simulation réseaux OPNET (Optimized Network Engineering Tools), pour modéliser le fonctionnement d'un réseau MANET. D'une taille moyenne il s'étend sur une surface de Seize (16) km² et Constitué de 9 stations mobiles de type *MANET_station_adv* avec les interfaces de communications WLAN 1, 2,5.5, 11 Mbps. En plus 3 routeurs sans fil de type *Wlan_ethernet_router*, avec une interface WLAN IEEE 802.11, configurés pour supporter le protocole BGP et constituer un AS Au niveau de chacun.

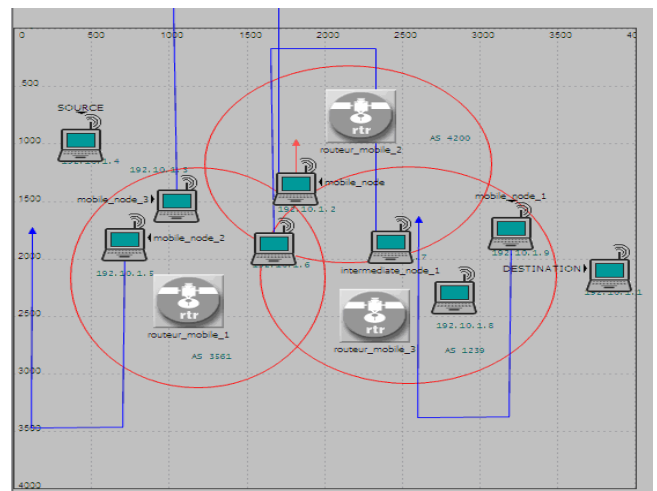


Figure 1 : Topologie du Réseau Ad Hoc Simulé

Le protocole BGP s'occupe d'intégrer le concept de *Multihoming*, pour cela il maintient à jour la liste des trois ASs seulement il ne dispose pas d'une vision globale de la topologie. C'est là que le protocole AODV et OLSR intervient pour découvrir et prévenir les changements de la topologie. Pour notre part on a réalisé deux scénarios pour chaque protocole :

- Un réseau Ad Hoc avec mobilité simple intégrant le *Multihoming*.
- Un réseau Ad Hoc avec mobilité développée intégrant le *Multihoming*.

3.1. Les Statistiques Collectées

Nous collecterons des statistiques globales qui incluent la totalité des nœuds du réseau : AODV / OLSR ROUTING TRAFFIC SENT. En ce qui concerne les statistiques individuelles : Nœud source /Nœud destination : IP TRAFFIC SENT/ IP TRAFFIC RECEIVED. Enfin Nœuds Routeur mobile 3 IP TRAFFIC RECEIVED.

Le début de l'émission des paquets d'informations commence après la 100^{ème} secondes par le nœud source. Alors que la simulation durera 500 secondes, l'unité de mesurer est le: Paquets/Seconde.

Pour ne pas tomber dans une contradiction causée par les contraintes du protocole BGP, nous allons programmer le comportement du protocole BGP sur les trois routeurs sans fil. Ce qui aura pour effet de permettre à chaque routeur d'avoir plusieurs connexions en même temps, avec les nœuds dans sa zone de couverture et les autres routeurs sans fil. D'autre part, avec cette configuration un nœud peut avoir deux types de lien :

- **Des Connexions Directes** avec les nœuds proches, se trouvant dans sa zone de couverture.
- **Des Connexions Indirecte** avec des nœuds lointains, en d'hors de sa zone de couverture en passant par les routeurs sans fil.

Au début de la simulation, on programme une liste de voisinage initiale dans les routeurs sans fil. Pour le bon fonctionnement du protocole BGP ces listes de voisinage seront mises à jour suivant le dynamisme de la topologie du réseau.

3.2. Discussion des Résultats

3.2.1. Première Partie Protocole de Routage Réactif AODV

En faisant la comparaison entre les statistiques collectées précédemment sur les deux scénarios on constate l'absence de trafic dès le début de la simulation jusqu'à la 100^{ème} seconde (protocole à la demande). Ensuite les mesures montrent que les deux scénarios sont similaires pour le trafic de routage AODV avec une légère augmentation pour la mobilité développée. Expliquer par l'envoi de messages supplémentaires de découverte et maintenance de route. Causé par les changements rapides et importants au niveau de la topologie figure 2.

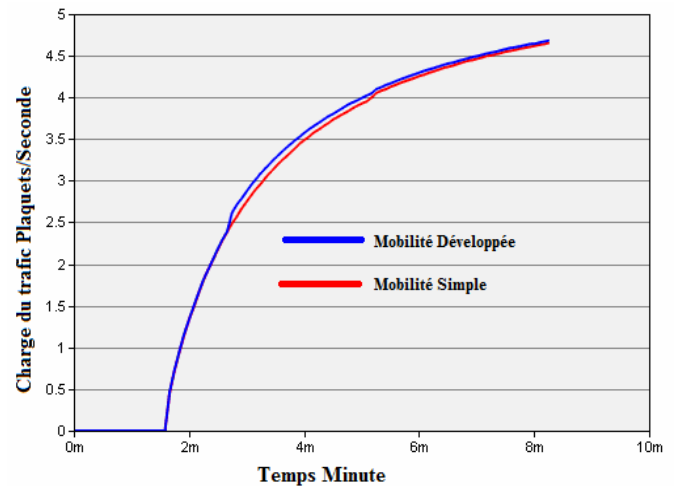


Figure 2 : La Charge du Trafic de Routage AODV dans tout le Réseau

Alors que pour le trafic envoyé par la source et celui reçu par la destination ; pour les deux scénarios, on constate une similarité parfaite présentée dans les figures 3 et 4. Ce qui démontre que malgré les effets de la mobilité développée le trafic envoyé et reçu n'a pas changé.

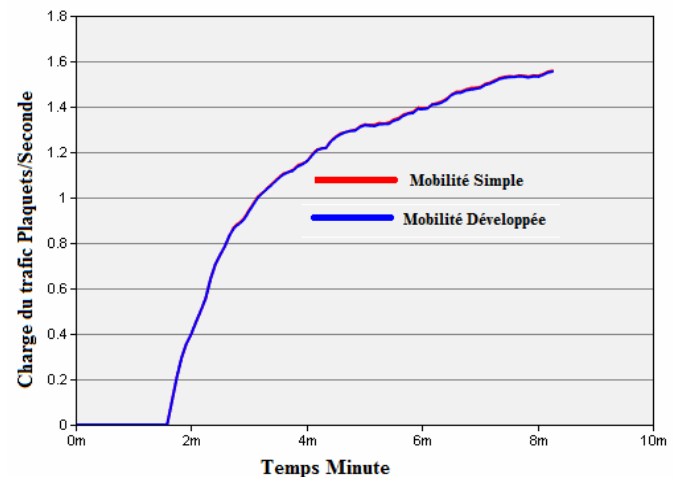


Figure 3 : Le Trafic Envoyé par la Source

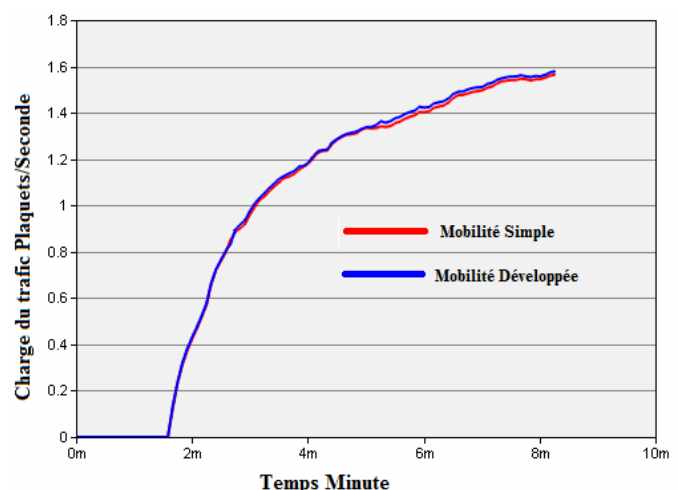


Figure 4 : Le Trafic Reçu par la Destination

S'adapter au changement de la topologie pour maintenir la continuité des communications implique une augmentation de la charge du trafic de routage, qu'on peut constater sur la figure 5. Présentant une comparaison entre la charge du trafic reçue par le routeur 3 (à proximité du nœud destination).

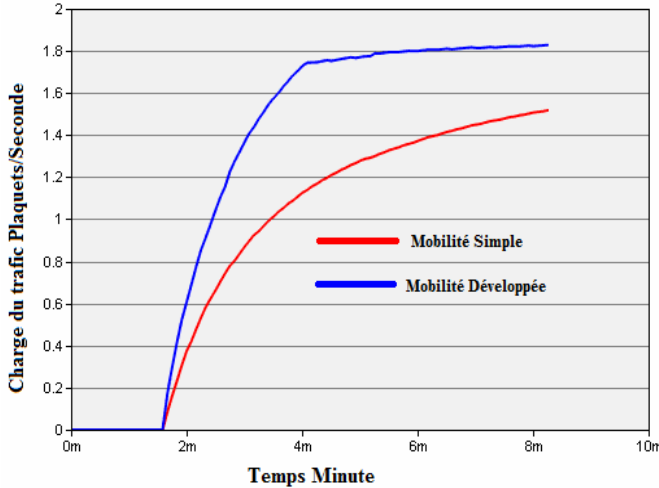


Figure 5 : La Charge du Trafic Reçue par le Routeur 3

Concernant le trafic envoyé par la source, les mesures des deux scénarios sont parfaitement identiques figure 7. Alors que pour la destination, le trafic reçu dans le cas de la mobilité développée est plus important que celui de la mobilité simple figure 8 causée par le trafic de routage OLSR.

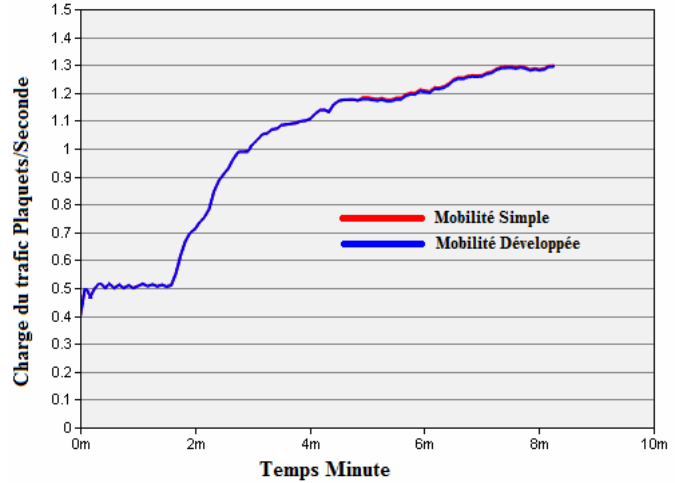


Figure 7 : le Trafic Envoyé par la Source

3.2.2. Deuxième partie protocole de routage proactif OLSR

Dans cette partie, nous étudierons l'impact du *Multihoming* en l'intégrant sur la même topologie, sauf que cette fois-ci, elle utilise pour le routage d'information le protocole proactif OLSR.

La première remarque à formuler, est l'envoi automatique et simultané d'un grand nombre de paquets de routage OLSR dès le début de la simulation (protocole proactif) figure 6. Mais en comparant les mesures prises pour le trafic de routage OLSR on constate une importante différence de charge entre les deux scénarios; cette différence est due au changement de topologie qui implique le recalcul des *MPR_SET* et des routes vers toutes les destinations. En plus des *TC* et *HELLO* qui chargent le réseau par l'effet du *Multihoming*.

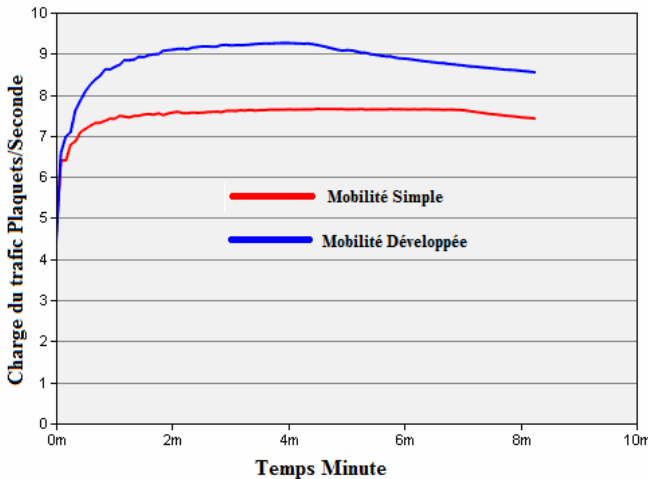


Figure 6 : La Charge du Trafic de Routage OLSR dans tout le Réseau

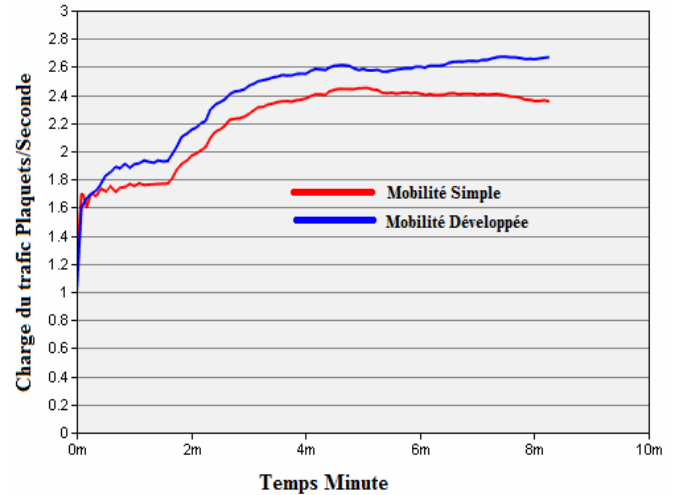


Figure 8 : Le Trafic Reçu par la Destination

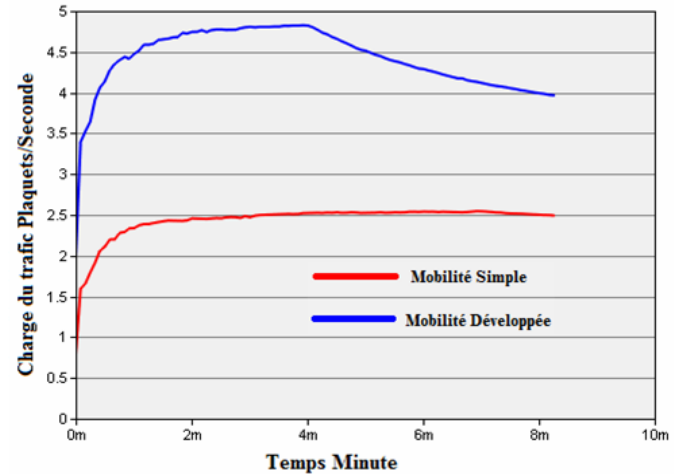


Figure 9 : La Charge du Trafic Reçue par le Routeur 3

Mais le plus important est de constater que, malgré la charge importante qui transite sur le AS du routeur 3 ; le trafic des paquets reçus au niveau du nœud destination n'est pas le même pour les deux scénarios.

Le *Multihoming* permet à un nœud de conserver plusieurs connexions actives en même temps, et de passer automatiquement d'un lien défectueux à un autre. Avec le protocole proactif OLSR ; Les routes sont sauvegardées par un échange continu des messages de mise à jour des chemins même si elles ne sont pas utilisées. Par contre AODV utilise son mécanisme de réparation locale au niveau du nœud qui détecte la panne, et économise l'émission des messages de recherche et réponse de routes pour éviter le problème de congestion.

Pour connaître la catégorie de protocole de routage Ad Hoc avec laquelle le concept du *Multihoming* sera le plus performant, nous avons comparé les charges de trafic reçu par le 3^{ème} routeur avec les deux protocoles de routage figure 10.

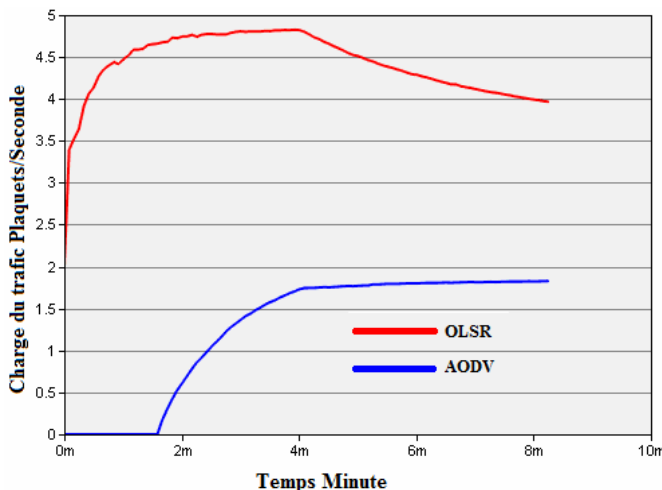


Figure 10 : Le Trafic Reçu par le Routeur 3 pour les Deux Protocoles

OLSR provoque une importante augmentation de la charge du trafic mais reste sensible aux effets de la mobilité, par contre avec la moitié du trafic de routage AODV conserve le même trafic reçu par le nœud destination quelque soit l'étendue de la mobilité.

CONCLUSION

De cette modeste étude, on a pu démontrer que l'intégration du concept *Multihoming* à un réseau Mobile MANET augmentera sa robustesse, ainsi que sa résistance aux effets de la mobilité. Mais elle en sera plus avantageuse en matière d'optimisation de charge et économie des ressources réseaux avec la catégorie des protocoles de routages réactifs, qu'avec celle des protocoles proactifs.

Seulement dans cet article, nous nous sommes permis de proposer un certain nombre de suggestions afin d'optimiser l'intégration du *Multihoming* aux réseaux

mobiles tel que : Intégrer un mécanisme de maintenance locale des routes au niveau de chaque nœud, comparable à celui du protocole AODV. Utiliser un mécanisme d'équilibrage de charge au niveau des ASs, mis au niveau des routeurs qui ont des liaisons de type *Inter-Autonomous System*. Diminuer le temps de réponse aux demandes de route par la création automatique des tables de voisinage ; pour chaque AS. Sécuriser le réseau avec l'utilisation d'une procédure d'identification et d'authentification au niveau des ASs. Mais encore réaliser un réseau totalement mobile revient à éliminer les ASs définitivement de notre topologie, et essayer une nouvelle approche telle que le protocole de routage SCTP.

Références

- [1] E. Colin, F. Berna, Routage et re-routage dans les réseaux mobiles, Université Montpellier II, IUP Génie Mathématiques et Informatique, 2001
- [2] IEEE Standard for Information Technology – Telecommunications and Information Exchange between Systems, Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications, 2003.
- [3] S.Fabrizi, B. Wertlen, Roaming in the Mobile Internet, ScienceDirect, 2008.
- [4] X.F.Caballero : ,Étude d'IPsec Projet d'une API_IPsec pour la Mobilité et le Multihoming,2008.
- [5] T.Ernst, Le support des réseaux mobiles dans IPv6, 2001.
- [6] S.Fabrizi, B.Wertlen, Roaming in the Mobile Internet, ScienceDirect Telecommunications Policy 2008.
- [7] Cedric de Launois, Bruno Quoitin, Olivier Bonaventure, Leveraging network performance with IPv6 multihoming and multiple provider-dependent aggregatable prefixes, ScienceDirect, Computer Networks 50, 2006.
- [8] Ioannis Ioannidis, Bogdan Carbutar, Cristina Nita-Rotaru, High Throughput Routing in Hybrid Cellular and Ad-Hoc Networks, Purdue University, West Lafayette, 2007
- [9] S. Dhar, MANET: Applications, Issues and Challenges for the Future, International Journal of Business Data Communications and Networkin , June 2005.
- [10] M.Atmani, F. Ameza, N. Aassam: , Les technologies sans fil Le routage dans les réseaux Ad Hoc(OLSR et AODV, licence Académique en Informatique, 2007.
- [11] A.Atir. Etude de L'Attaque du Trou de Ver avec le Routage Proactif dans les Réseaux Ad hoc. Université de Bejaia, Algérie, 2006.
- [12] R.Timóteo, A. Adnane, C. Bidan, Ludovic Mé, Analyse de la confiance implicite requise dans le routage Ad HocOLSR, Campus de Rennes, 2008
- [13] S. Marti, T.J. Giuli, K. Lai, and M. Baker. Mitigating Routing Misbehavior in Mobile Ad Hoc Networks. ACM MOBICOM, Boston MA, USA, 2000.
- [14] C. Perkins, E. Belding-Royer and S. Das, "Ad Hoc demand distance vector (AODV) routing", RFC 3561, IETF, July 2003
- [15] C. Liu, J.Kaiser, "A Survey of Mobile Ad Hoc network Routing Protocols", University of Ulm Tech.Report Series, Nr. 2003-08