

Rapport final

Sujet TPE 01 : Allocation de ressources dans les réseaux radio ad hoc

Étudiant : Nguyen Huy Thanh

Promotion 13 de l'IFI

I. Analyse du sujet

Les premières années du 21 siècle reconnaissent le développement miraculeux de la technique mobile. Avec le téléphone portable, l'ordinateur portable devient de plus en plus universel. Avant, l'ordinateur et le téléphone portable étaient des marchandises luxueuses mais maintenant, ce sont des choses qui ne peuvent pas être dénués. Nous utilise l'ordinateur pour travailler, étudier et nous reposer aussi. Dans l'ère informatique, nous avons besoin de travailler et nous communiquer tout le temps. En conséquence, l'ordinateur portable est le parfait choix de personnes du 21 siècle.

Bien que la plupart de l'ordinateur portable ait des autres méthodes pour se connecter au réseau (comme LAN, modem...), presque tous entre nous utilisons la technologie sans fil IEEE 802.11 comme la principale méthode de connexion parce que sa mobilité, sa flexibilité et sa facilitation d'utilisation. Pour se connecter au réseau en utilisant la connexion sans fils, il y a deux approches différents : Soit nous nous connectons à l'infrastructure fixe de réseau par point d'accès sans fil, soit nous établissons un nouveau réseau constitué d'entités mobiles (on appelle ce type de réseau le réseau radio ad hoc (MANET – mobile ad hoc network)). Quand la première approche est en train d'être utilisé partout, la deuxième approche vient de commencer à commercialiser.

Les réseaux radio ad hoc représentent les systèmes complexes distribués contenant des nœuds mobiles sans fil qui peuvent s'organiser libéralement et dynamiquement à la topologie temporaire et arbitraire de réseaux ad hoc. Chaque entité (*nœud*) communique directement avec sa voisine. Pour communiquer avec d'autres entités, il lui est nécessaire de faire passer ses données par d'autres qui se chargeront de les acheminer. Pour cela, il est d'abord primordial que les entités se situent les unes par rapport aux autres, et soient capables de construire des routes entre elles. Parce que la mobilité des nœuds, la topologie de réseaux pourrait changer rapidement et imprévisiblement. En échangeant ses avantages (la mobilité, la flexibilité, l'extensibilité et la simplicité de gestion), MANET devrait faire face à des nouveaux problèmes à côté des problèmes traditionnels de réseaux et communication sans fil (le médium de communication est moins fiable que le médium en fil, le canal de la transmission est sans protégé, ...). Ce sont des problèmes : l'autonomie et le manque de l'infrastructure, plusieurs bonds routage, le change dynamique de la topologie de réseaux, la variation de la capacité de nœud, la contrainte d'énergie et l'extensibilité de réseaux.

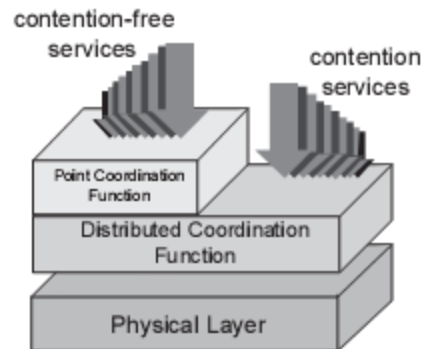
Mon sujet de recherche est « Allocation de ressources dans les réseaux radio ad hoc ». C'est un sujet de type d'analyse appliquée dans le domaine de réseau, concernant le sous-domaine de réseaux sans fil. D'après la consigne du sujet, je vais travailler principalement avec le problème

du partage de ressources, surtout le problème du partage de médium. Parce que dans le réseau sans fil, le médium de communication est un médium partagé, ainsi tous nœuds qui veulent transmettre les données sur le médium doivent se mettre d'accord sur une méthode d'accès au médium pour pouvoir utiliser et partager le médium. Pourtant mon travail n'est pas chercher des nouvelles méthodes d'accès au médium mais comparer des solutions d'allocation de bande passante qu'on a proposées (inclure celui utilisé dans 802.11) pour estimer véritablement ces solutions. En conséquence, je devrais étudier les différents algorithmes d'allocation de ressources, spécialement les allocations d'équité Max-Min ou proportionnelle. Je devrais aussi étudier le simulateur NS2 (The Network Simulator) qui est un programme de simulateur dans le domaine de recherche de réseaux pour que je puisse évaluer les solutions d'allocation de ressources. Dans le deuxième semestre, je devrai réaliser les algorithmes et les évaluer avec l'aide du simulateur NS2. Je devrai aussi écrire un programme en C++ pour transformer des topologies en NS2 en des graphes de dépendance. À la fin du deuxième semestre, je devrai finir le programme et avoir la comparaison entre les solutions d'allocation de ressources.

Parce que mes résultats du travail sont réalisés en simulateur, peut-être les résultats ne sont pas accord avec la réalité. Et parce que les topologies que je vais utiliser sont seulement des cas représentatifs, les résultats ne pourraient pas dominer tous les topologies dans la réalité.

II. Etat de l'art du sujet

L'IEEE 802.11 est le actuel standard de réseaux sans fils. Il spécialise les deux couches : la couche de physique et la couche de MAC (Contrôle d'accès au médium - Medium Access Control) (la sous-couche de la couche de liaison données) dans le modèle de sept couches d'OSI. couche de MAC offre deux types de services : le service contentieux qui est réalisé par le DCF (la fonction de coordination distribuée) et le service non-contentieux qui est réalisé par le PCF (la fonction de coordination en point - Point Coordination Function). Le DCF fournit la méthode fondamentale d'accès du 802.11 MAC protocole et est basé sur le schéma CSMA/CA (accès multiple avec écoute de porteuse et évitement de collision - Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance). Le PCF est réalisé sur le DCF et est utilisé dans le mode basant l'infrastructure, alors nous ne le dirons plus.



de
La

Figure 1

Dans les réseaux radio ad hoc, le DCF est utilisé pour accéder le médium. Avant de transmettre une trame de données, la station doit entendre le canal pour déterminer si autre station est en train de transmettre une trame. Si le canal est inactif dans un période plus long que le période DIFS (spécialisé par le standard 802.11), la station va transmettre la trame. Si le canal est occupé dans ce période, la station doit choisir un intervalle fortuit appelé « backoff time » entre 0 et un intervalle CW (la fenêtre contentieuse) pour initialiser le compteur. Le compteur est diminué immédiatement quand le canal est inactif de nouveau dans un période plus longue que le période DIFS, s'arrêter quand le canal est occupé, et continuer à diminuer quand le canal est inactif dans un période plus long que le période DIFS de nouveau. La station va retransmettre sa trame quand le compteur atteint zéro.

Le choix d'un intervalle fortuit diminue la probabilité de collision mais il ne prévient pas tous les collisions. Quand une collision se passe, la fenêtre contentieuse CW des transmetteurs est double et la trame est retransmise par le processus au-dessus. Si la collision se passe de nouveau, la CW continue à être double jusqu'à le valeur maximal de le standard. Si la trame doit être retransmise un nombre de fois définit par

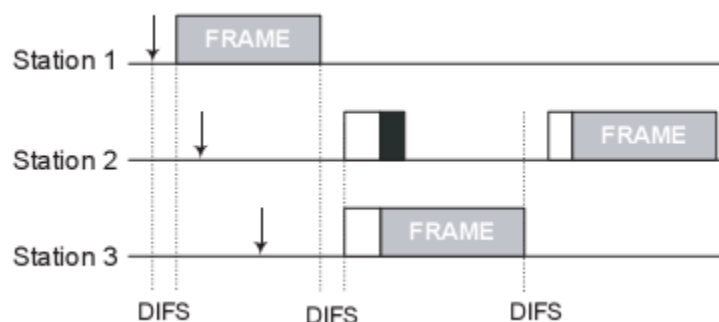


Figure 2

le standard, elle est laissée tomber et la CW est remise.

Parce que les transmetteurs ne peuvent pas toujours détecter la collision, le récepteur doit confirmer le succès de la trame. Après recevoir une trame de données, il attend un intervalle appelé SIFS et émet la trame confirmée. Si le transmetteur (de la trame de données) ne reçoit la trame confirmée, il considère que la collision se passe et il va transmettre

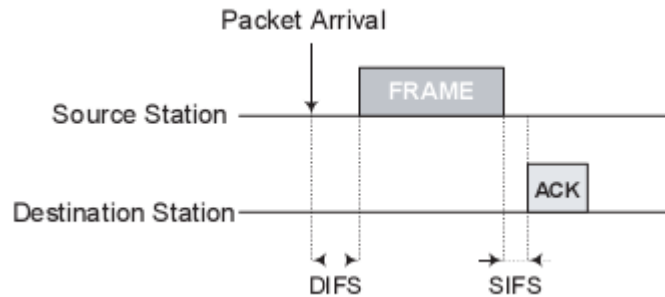


Figure 3

la trame. L'intervalle SIFS est plus petit que DIFS pour que le récepteur puisse confirmer la trame avant que les autres stations puissent transmettre les trames de données.

Si la station reçoit une trame qu'elle ne peut pas décoder, elle doit attendre un intervalle EIFS quand le canal est inactif. Cet intervalle est plus long que DIFS et pour but de protéger la transmission de la trame confirmée. Pendant le temps attendu, si la station reçoit une trame intégrale, l'EIFS va s'arrêter et la méthode normale continue.

La méthode d'accès au médium de DCF ne résout pas le problème de nœuds cachés. Ce problème apparaît quand deux nœuds qui ne peuvent pas se regarder envoient simultanément des trames à un autre nœud. L'IEEE 802.11 ont un mécanisme optionnel pour résoudre ce problème. Avant de transmettre une trame de données, l'émetteur envoie une trame RTS (Request To Send – Demander d'envoyer) au récepteur pour demander s'il peut transmettre une trame dans la durée signifié dans RTS. Si le récepteur croit que l'émetteur pourra faire, il envoie une trame CTS (Clear To Send – Prêt à émettre) qui contient aussi la durée pour accepter la proposition. Les deux trames, RTS et CTS, sont entendues par les voisins de l'émetteur et du récepteur, alors tout les nœuds réservent le médium au l'émetteur dans la durée signifié.

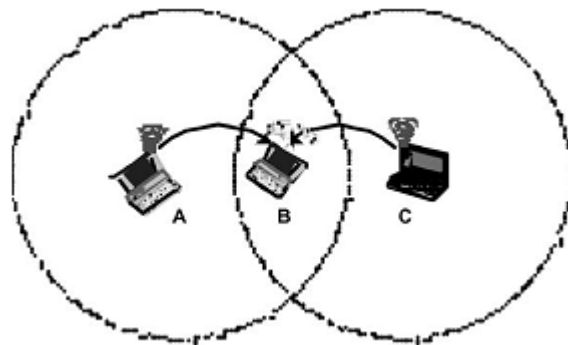


Figure 4

Plusieurs recherches dans le domaine des réseaux radio ad hoc ont signifié que l'IEEE 802.11 a quelques problèmes de performance et d'équité. D'après [4], il y a trois catégories principales de ce problème. La première catégorie est que le débit réalisable des nœuds diminue, alors le débit global diminue. La deuxième catégorie est que quelques flux utilisent la plupart de bande passante alors les autres flux ont seulement une petite bande passante. C'est le problème d'équité à long terme. La troisième catégorie est le problème d'équité à court terme quand des flux

émettent en rafale. Chaque problème apparaît avec des configurations différentes de topologies de réseaux radio ad hoc. Ces problèmes arrivent parce que l'émetteur est empêché d'accéder le médium et [4] nous donne trois causes :

1. Le médium est occupé à long terme.
2. Le « backoff time » est long parce que la fenêtre contentieuse augmente après la collision répété
3. L'émetteur doit attendre un intervalle EIFS (plus long) au lieu de DIFS parce qu'il y a des transmissions à distance.

Parce que l'inefficacité et l'inégalité de l'IEEE 802.11, plusieurs recherches a été réalisé pour chercher la méthode d'accès du médium plus efficace et plus égale. D'ici, nous s'intéressons seulement des protocoles d'accès du médium qui améliorer l'équité. Je vais donner quelques protocoles que j'ai étudiés.

Dans [5], les auteurs proposent une autre méthode d'accès du médium appelé MadMac. Cette méthode n'utilise que les informations que l'IEEE 802.11 fournit. L'idée principale de cette méthode est que : s'il un nœud reconnaît qu'il partage le médium avec autres nœuds, avant de transmettre une nouvelle trame, il doit attendre une durée. Après cette durée, il va utiliser la méthode d'accès du médium de l'IEEE 802.11 (ex. DIFS plus le « backoff » time). La durée est pour but de permettre les autres nœuds de finir leur attente et transmettre leurs trames. Alors, la transmission se passe alternativement et l'équité augmente. Un nœud détecte le partage du médium quand il sent l'activité sur le canal ou quand il y a des collisions sur ses trames. Pour résoudre le problème quand les autres nœuds ne peuvent pas accéder le médium parce que un nœud utilise le canal tout le temps (ce nœud croie qu'il y a seulement lui-même qui utilise le canal parce que il n'y a ni d'activité ni de collision), MadMac demande à le nœud d'augmenter la fenêtre contentieuse après réussir transmettre un nombre de trames.

Dans [6], on a proposé une méthode d'accès du médium basé sur le la longueur de trame. Cette méthode estime le début d'un nœud (W_{ei}) et les autres nœuds (W_{eo}) par la longueur de trame qu'il envoie et reçoit. Dépendant du type de trame, l'algorithme de la méthode va recalculer le début du nœud W_{ei} ou le début des autres W_{eo} . En basant ces deux débuts, le nœud calcule l'index d'équité FI pour voir s'il a eu plus de partage de médium qu'il est digne d'avoir. Si oui, il va doubler sa fenêtre contentieuse jusqu'à la valeur maximal pour que les autres puisse avoir plus de chance de transmettre des trames. S'il a moins de partage de médium, il va diminuer sa fenêtre contentieuse. S'il en a assez, il maintient sa fenêtre contentieuse.

Dans [7], le protocole d'accès du médium MACAW propose d'utiliser un autre algorithme de backoff et des trames de contrôle additionnelles pour augmenter le début et alléger l'iniquité. L'algorithme de backoff de MACAW adapte la fenêtre contentieuse comme suivant : s'il y a des collisions, la fenêtre contentieuse multiplie par 1.5 mais si une trame est réussie à transmission, la fenêtre contentieuse diminue par 1. Cette approche évite l'escalade de la fenêtre contentieuse

après un succès de transmission. Une autre propose de MACAW est qu'on ajoute un champ dans la trame qui contient la fenêtre contentieuse. Quand un nœud reçoit une trame, il copie la fenêtre contentieuse dans la trame et utilise cette valeur comme sa fenêtre contentieuse. Alors après une trame réussie, tout le nœud dans le rayon qui peut entendre la trame a la même fenêtre contentieuse, l'équité donc augmente. MACAW propose également le concept « équité par courant », cela veut dire que chaque courant de données qui est originaire du même nœud ou des nœuds différents est traité également. Et MACAW exécute l'algorithme de backoff indépendamment pour chaque courant.

Dans [9], l'auteur propose un protocole d'accès au médium PNAV qui est une variation de 802.11 mais il améliore l'équité pendant qu'il maintient l'efficacité de 802.11. Son idéal principal est d'éviter les transmissions successives systématiques du même nœud par introduction un temps d'attention, un NAV virtuel, après chaque émission. Le probabilité de NAV est compté adaptable à l'utilité perçue du NAV précédent.

Il reste plusieurs propose d'améliorer la performance et l'équité comme le protocole $p_{i,j}$ -persistant et le protocole CGF [8] que je n'ai encore étudiés.

Pour évaluer le niveau d'équité de chaque méthode d'accès au médium, on pourrait comparer le résultat qu'on obtient de cette méthode avec début des flux qui suit un schéma de l'allocation d'équité Max-Min. L'équité Max-Min pourrait obtenir par l'algorithme d'allocation Max-Min suivant : Pour tous les flux, on commence à zéro et les augmente ensemble jusqu'à quand un ou des flux atteignent leur capacité. On laisse passer des flux qui atteignent leur capacité et continue à augmenter ensemble les flux qui ne atteignent pas leur capacité jusqu'à quand un ou des flux atteignent leur capacité. On continue à augmenter les flux jusqu'à quand tous les flux atteignent leur capacité ou quand on ne peut pas augmenter les flux parce que la capacité de médium a atteint sa limite.

Pour identifier le début des flux d'une configuration de réseaux, on applique l'algorithme d'allocation Max-Min sur le graphe de contention de flux du réseau. Le graphe de contention de flux est construit comme suivant : un flux du réseau devient un nœud du graphe de contention. Si deux flux sont en compétition, alors les deux nœuds associés dans le graphe de contention ont reliés par une arête. La figure 5 donne un exemple de graphe de contention.

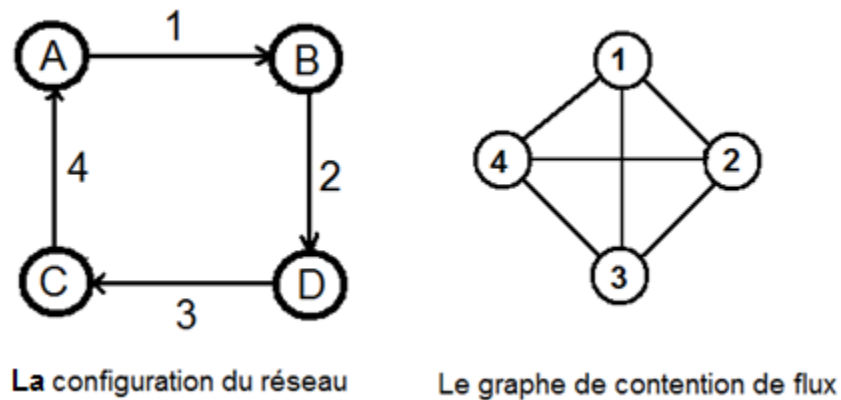


Figure 5 Un exemple de graphe de contention

III. Le simulateur de réseaux NS2

Dans mon travail j'utilise le simulateur de réseaux NS2 pour simuler les scénarios des réseaux radio ad hoc. NS2 est un simulateur des événements discrets adressés aux recherches des réseaux. Il fournit des supports pour la simulation de TCP, routing et les protocoles multicast sur les réseaux fils et sans fils.

NS2 est développé à l'université UC Berkely. Il est écrit par les langages C++ et OTcl, la version orienté objet de langage de scripts Tcl. Le langage C++ nous permet de archiver l'efficacité dans la simulation et le temps d'exécution plus vite. C'est utile dans les définitions et opérations des protocoles. Le langage OTcl nous permet de définir une topologie de réseaux, les protocoles et applications particulière facilement.

Nous pouvons télécharger la version dernière de NS2 à l'adresse <http://www.isi.edu/nsnam/ns/>. Dans mon travail, j'ai utilisé la version de ns-allinone-2.31 pour simuler les scénarios.

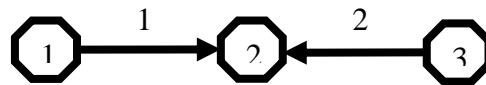
IV. Les scénarios

Les scénarios que je vais créer sont les scénarios des réseaux radio ad hoc. Ces scénarios va exécuter par NS2 et donner les résultats étant les débits des flux dans les scénarios correspondants aux protocoles d'accès au médium utilisés. Suivant ce sont les attributs defaults des nœuds et des flux dans les scénarios :

- Les nœuds utilisent le protocole de routing ASR (Ce protocole est un protocole de routing statique développé par Mr. Tahiry Razafindralambo-mon encadrement de TPE).
- La portée d'onde de nœuds est 250m
- Le débit physique de l'interface sans fils des nœuds est 11Mbps

Pour chaque scenario, je vais le simuler avec les protocoles d'accès au médium de 802.11, MadMac et PNAV.

1. Le scénario de nœuds cachés



Le scénario de nœuds cachés

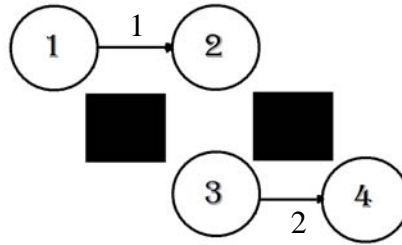


Le graphe de contention

Les débits des flux dans le scénario qui suivent l'équité Max-Min sont :

| | |
|--------|----------|
| Flux 1 | 5,5 Mbps |
| Flux 2 | 5,5 Mbps |
| Total | 11 Mbps |

2. Un autre scénario de nœuds cachés



Un autre scénario de nœuds cachés

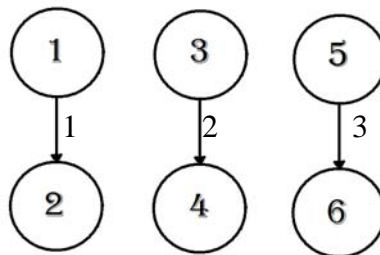


Le graphe de contention

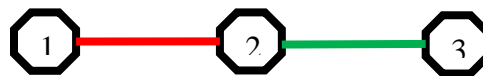
Les débits des flux dans le scénario qui suivent l'équité Max-Min sont :

| | |
|--------|----------|
| Flux 1 | 5,5 Mbps |
| Flux 2 | 5,5 Mbps |
| Total | 11 Mbps |

3. Le scénario de trois paires



Le scénario de trois paires

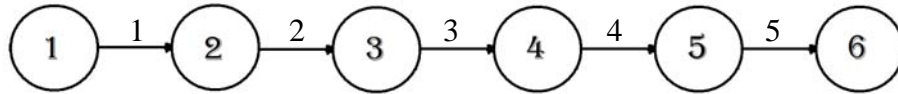


Le graphe de contention

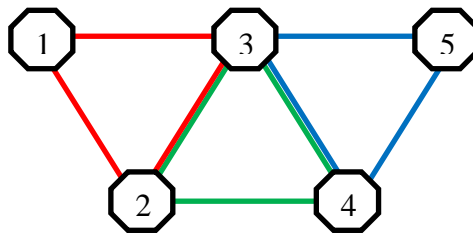
Les débits des flux dans le scénario qui suivent l'équité Max-Min sont :

| | |
|--------|-----------|
| Flux 1 | 5,5 Mbps |
| Flux 2 | 5,5 Mbps |
| Flux 3 | 5,5 Mbps |
| Total | 16,5 Mbps |

4. Le scénario de chaînes



Le scénario de chaînes



Le graphe de contention

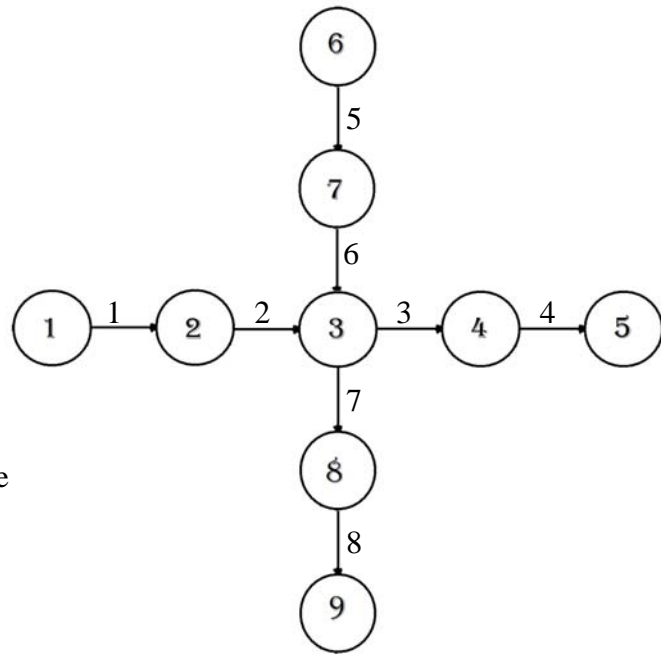
Les débits des flux dans le scénario qui suivent l'équité Max-Min sont :

| | |
|--------|-------------|
| Flux 1 | 3,667 Mbps |
| Flux 2 | 3,667 Mbps |
| Flux 3 | 3,667 Mbps |
| Flux 4 | 3,667 Mbps |
| Flux 5 | 3,667 Mbps |
| Total | 18,333 Mbps |

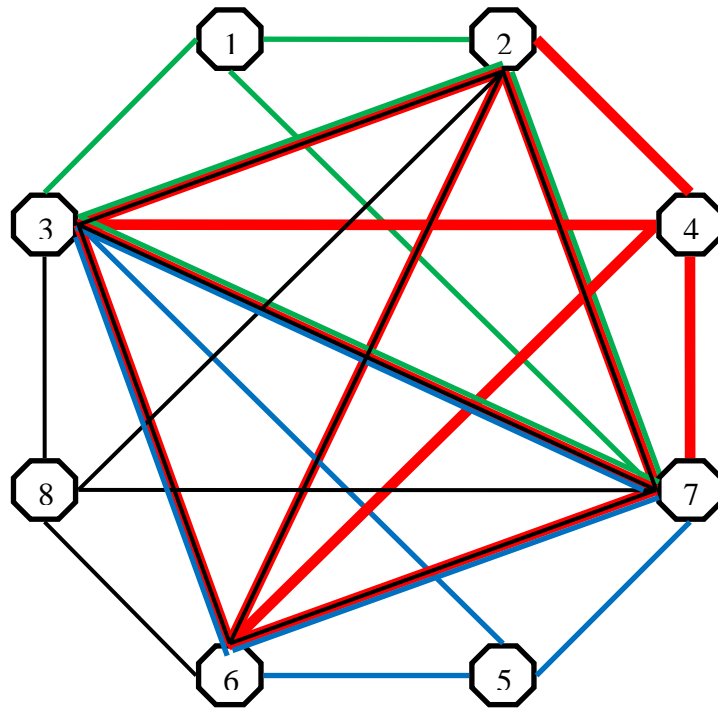
5. Le scénario d'étoile

Les débits des flux dans le scénario qui suivent l'équité Max-Min sont :

| | |
|--------|----------|
| Flux 1 | 4,4 Mbps |
| Flux 2 | 2,2 Mbps |
| Flux 3 | 2,2 Mbps |
| Flux 4 | 2,2 Mbps |
| Flux 5 | 4,4 Mbps |
| Flux 6 | 2,2 Mbps |
| Flux 7 | 2,2 Mbps |
| Flux 8 | 2,2 Mbps |
| Total | 22 Mbps |



Le scénario d'étoile



Le graphe de contention

6. Le scénario de nœuds exposés



Le scénario de nœuds exposés



Le graphe de contention

Les débits des flux dans le scénario qui suivent l'équité Max-Min sont :

| | |
|--------|---------|
| Flux 1 | 5,5Mbps |
| Flux 2 | 5,5Mbps |
| Total | 11Mbps |

Dans le cas de ce scénario, deux flux 1 et 2 peuvent activer en même temps mais ils ne sont pas en conflit. Et nous avons les débits des flux dans le scénario qui suivent l'équité Max-Min :

| | |
|--------|---------|
| Flux 1 | 11 Mbps |
| Flux 2 | 11 Mbps |
| Total | 22 Mbps |

V- Les méthodes pour analyser les résultats

Mon travail est concerné à l'évaluation de l'équité des protocoles d'accès au médium d'un réseau radio ad hoc. Il y a différents schémas d'équité, mais dans mon travail je m'intéresse à l'équité Max-Min que j'ai mentionné dans la partie de l'état de l'art.

Pour mesurer l'équité des protocoles d'accès au médium, j'utilise l'index d'équité de Jain. L'index d'équité de Jain est défini suivant :

$$Index = \frac{(\sum_i x_i)^2}{n \cdot \sum_i (x_i^2)}$$

Où $x_i = \frac{d_i}{d_i^*}$ avec d_i est le débit actuel du flux i et d_i^* est le débit du flux i dans un schéma d'équité. Les avantages de l'index d'équité de Jain sont qu'il est compris entre 0 et 1 et qu'il a une relation positive directe avec l'équité et qu'il peut appliquer sur n'importe quelle échelle des solutions. Le principal inconvénient de l'index d'équité de Jain est qu'il se fixe à un schéma d'équité, alors pour pouvoir évaluer une solution, nous devons savoir quel schéma d'équité avec lequel nous allons comparer. Dans mon cas, nous avons su que ce schéma est le schéma d'équité Max-Min.

Dans ce rapport, j'évalue aussi l'efficacité des protocoles d'accès au médium. Pour juger leur efficacité, je compare le débit total obtenu des protocoles dans chaque scénario que je vais simuler. Parce qu'il y a un compromis entre efficacité et équité, alors le point de repère pour les comparaisons est le débit total obtenu quand nous appliquons le schéma MaxMin.

VI. L'analyse des résultats

1. Le scénario de nœuds cachés

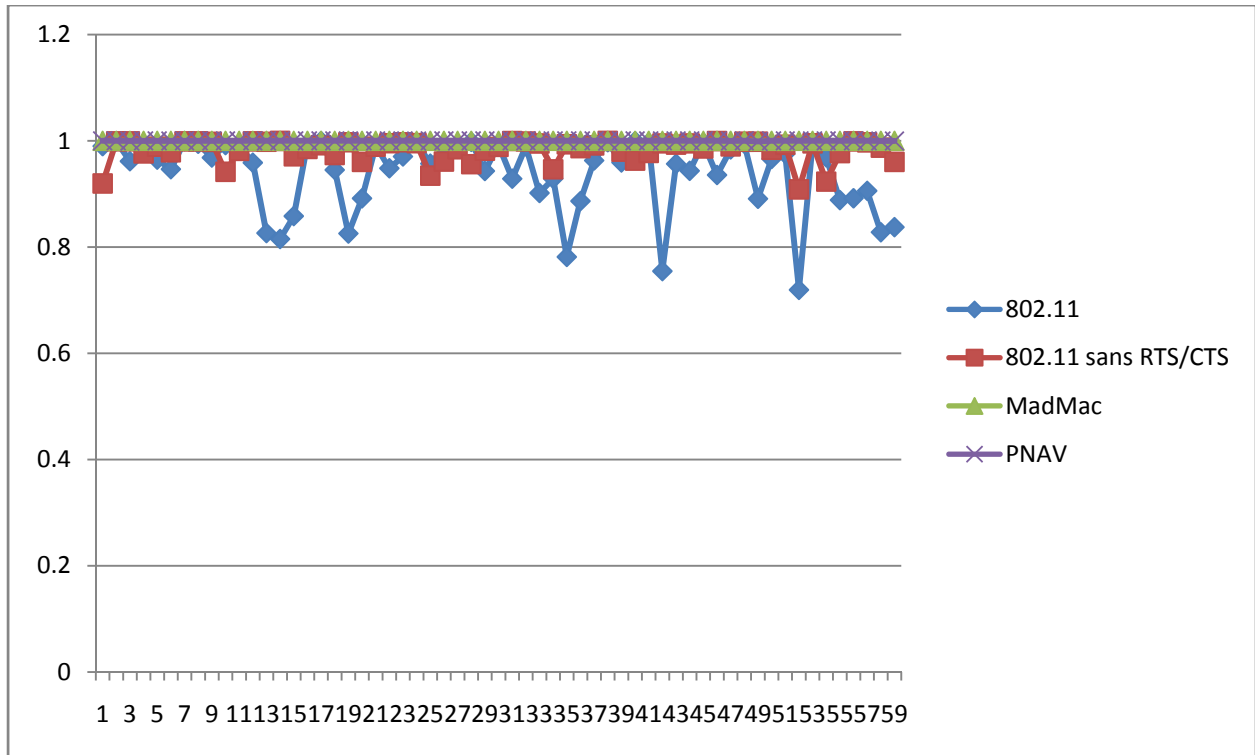


Figure 6: L'index d'équité de Jain de scénario de nœuds cachés

| | |
|---------------------|----------|
| 802.11 | 0.939605 |
| 802.11 sans RTS/CTS | 0.982127 |
| MadMac | 0.999999 |
| PNAV | 0.999922 |

Table 1: L'index moyen de scénario de nœuds cachés

Accordant le résultat obtenu dans la simulation du scénario de nœuds cachés, nous voyons que les débits de flux de deux protocoles MadMac et PNAV sont stables et équilibrés dans le court terme ainsi que le long terme. Les variables des flux de ces deux protocoles ne sont pas grands. Tandis que avec le protocole de 802.11 (avec ou sans RTS/CTS), les débits de flux sont équilibrés dans le long terme mais dans le court terme, il existe le déséquilibre entre les débits de flux. Le mécanisme RTS/CTS aide le protocole 802.11 d'atteindre meilleur équilibre dans le long terme mais dans le court terme il cause le déséquilibre plus sérieux.

Dans quatre protocoles, dans ce scénario, MadMac atteint le plus grand débit total tandis que PNAV a le débit total le plus petit. Le débit total de MadMac est surmonté les débits totaux des autres protocoles. Le débit total de PNAV est plus petit. L'inefficacité est un problème que

PNAV doit résoudre. Les débits total de 802.11 (avec ou sans RTS/CTS) ne sont pas différents, cependant le mécanisme réduit un peu le débit total de 802.11

| Protocole | Flux | Débit (kbps) | Variables (kbps) |
|---------------------|--------|--------------|------------------|
| 802.11 | Flux 1 | 1788.7 | 669.6-2668.5 |
| | Flux 2 | 1784.3 | 946.88-2897 |
| | Total | 3572.98 | 3428.32-3656.48 |
| 802.11 sans RTS/CTS | Flux 1 | 1835.4 | 1373-2368.3 |
| | Flux 2 | 1789.6 | 1176.8-2310.7 |
| | Total | 3625 | 3340.32-3830.08 |
| MadMac | Flux 1 | 2879.2 | 2798.9-2888.6 |
| | Flux 2 | 2879.2 | 2790.9-2888.6 |
| | Total | 5758.47 | 5589.76-5769.12 |
| PNAV | Flux 1 | 856.11 | 824.32-873.12 |
| | Flux 2 | 860.53 | 832.32-889.44 |
| | Total | 1716.65 | 1656.64-1754.4 |

Table 2: Les débits moyens des flux de scénario de nœuds cachés

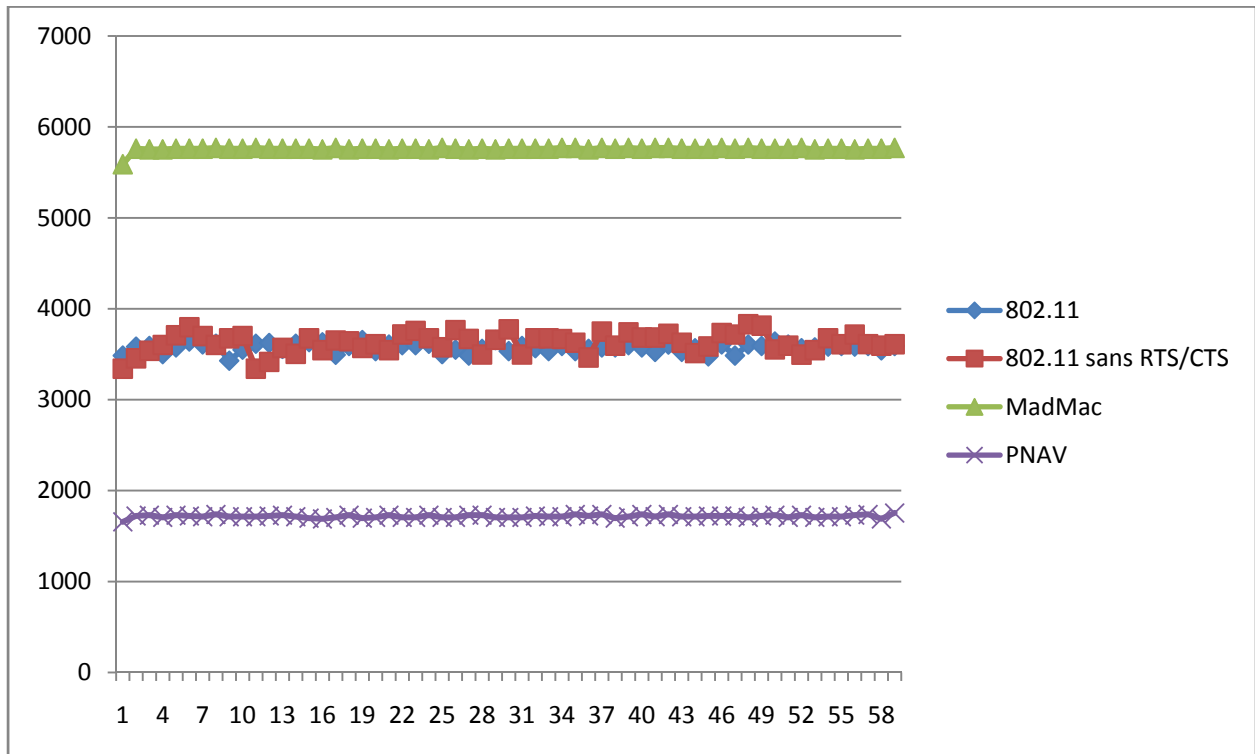


Figure 7: Le débit total de scénario de nœuds cachés

2. Le scénario d'autres nœuds cachés

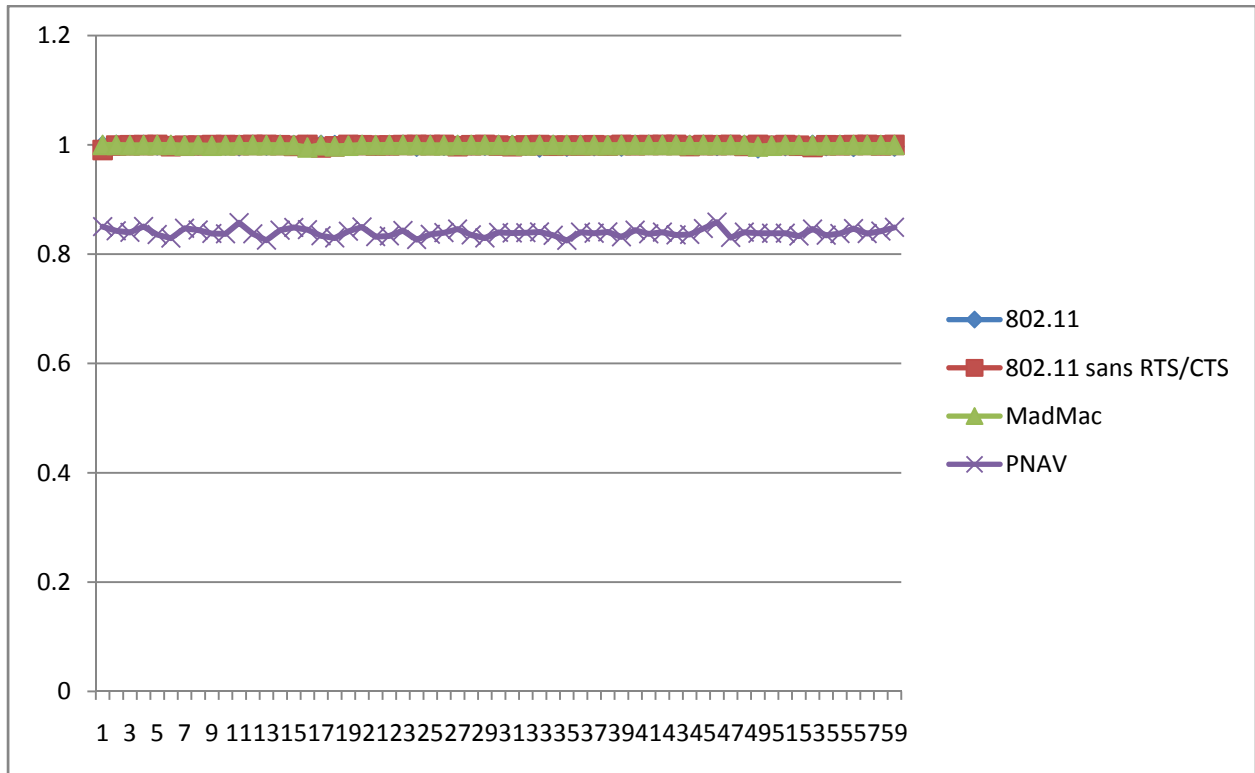


Figure 8: L'index d'équité de Jain de scénario d'autres nœuds cachés

| | |
|---------------------|----------|
| 802.11 | 0.998868 |
| 802.11 sans RTS/CTS | 0.998974 |
| MadMac | 0.999529 |
| PNAV | 0.839484 |

Table 3: L'index moyen de scénario d'autres nœuds cachés

| Protocole | Flux | Débit (kbps) | Variables (kbps) |
|---------------------|--------|--------------|------------------|
| 802.11 | Flux 1 | 2021.74 | 1876.8-2178.72 |
| | Flux 2 | 2043.5 | 1893.1-2203.2 |
| | Total | 4065.2 | 3941.28-4096.32 |
| 802.11 sans RTS/CTS | Flux 1 | 2776.62 | 2333.92-2986.56 |
| | Flux 2 | 2790 | 2594.9-2962.1 |
| | Total | 5566.65 | 5173.76-5605.92 |
| MadMac | Flux 1 | 2469.72 | 1705.44-2807.04 |
| | Flux 2 | 2398.1 | 1485.3-2774.4 |
| | Total | 4867.8 | 3190.72-5581.44 |
| PNAV | Flux 1 | 2027.28 | 1917.6-2137.92 |
| | Flux 2 | 793.59 | 767.04-824.16 |
| | Total | 2820.87 | 2709.12-2929.44 |

Table 4: Les débits moyens des flux de scénario d'autres nœuds cachés

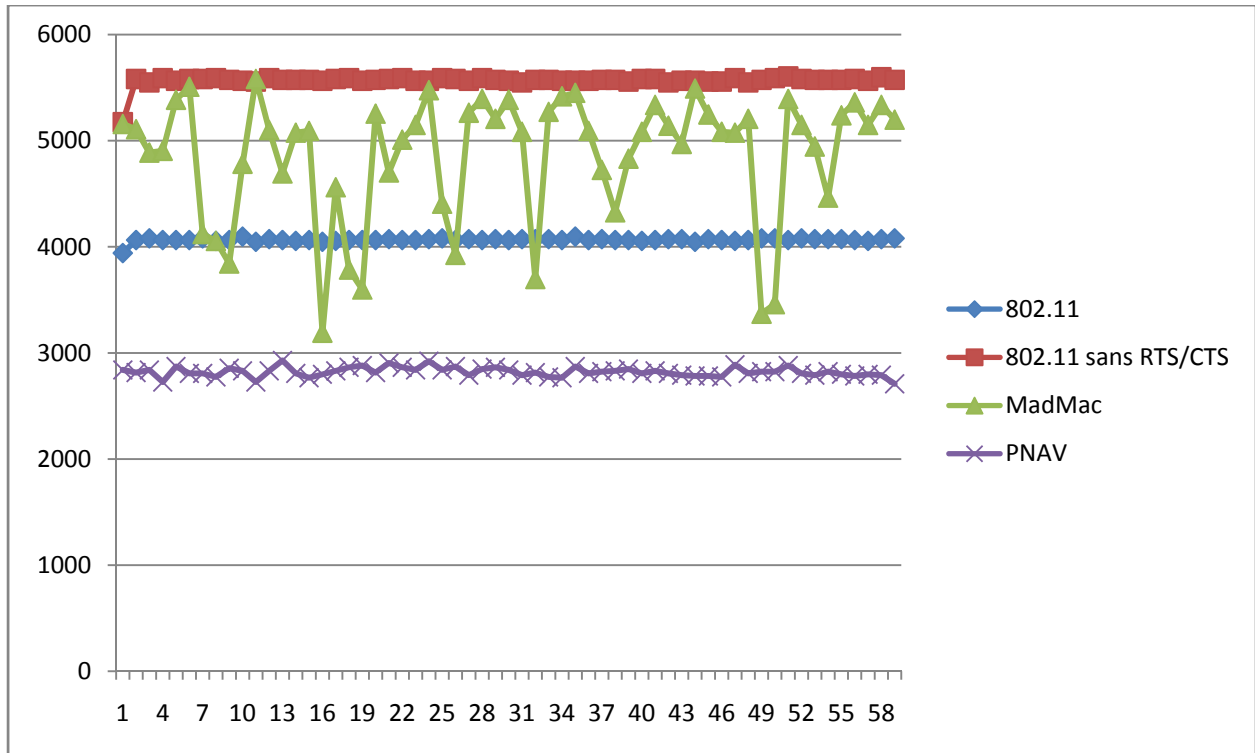


Figure 9: Le débit total de scénario d'autres nœuds cachés

Contrairement au le scénario nœuds cachés, dans le scénario d'autre nœuds cachés, les débits de flux de 802.11 sont stables et équilibrés dans le court terme ainsi que dans le long terme. Le protocole MadMac garde encore l'équilibre mais les débits varient accordé le temps. Le plus surpris est le cas de PNAV. Il ne garde plus l'équilibre dans le premier scénario. La différence entre deux flux est trop visible.

Dans ce scénario, le débit total de MadMac est bien mais le débit total de 802.11 sans le mécanisme RTS/CTS est surmonté. Néanmoins, avec le mécanisme RTS/CTS, le débit total de 802.11 réduit un peu fortement. Le débit total de PNAV est toujours petit.

3. Le scénario de trois paires

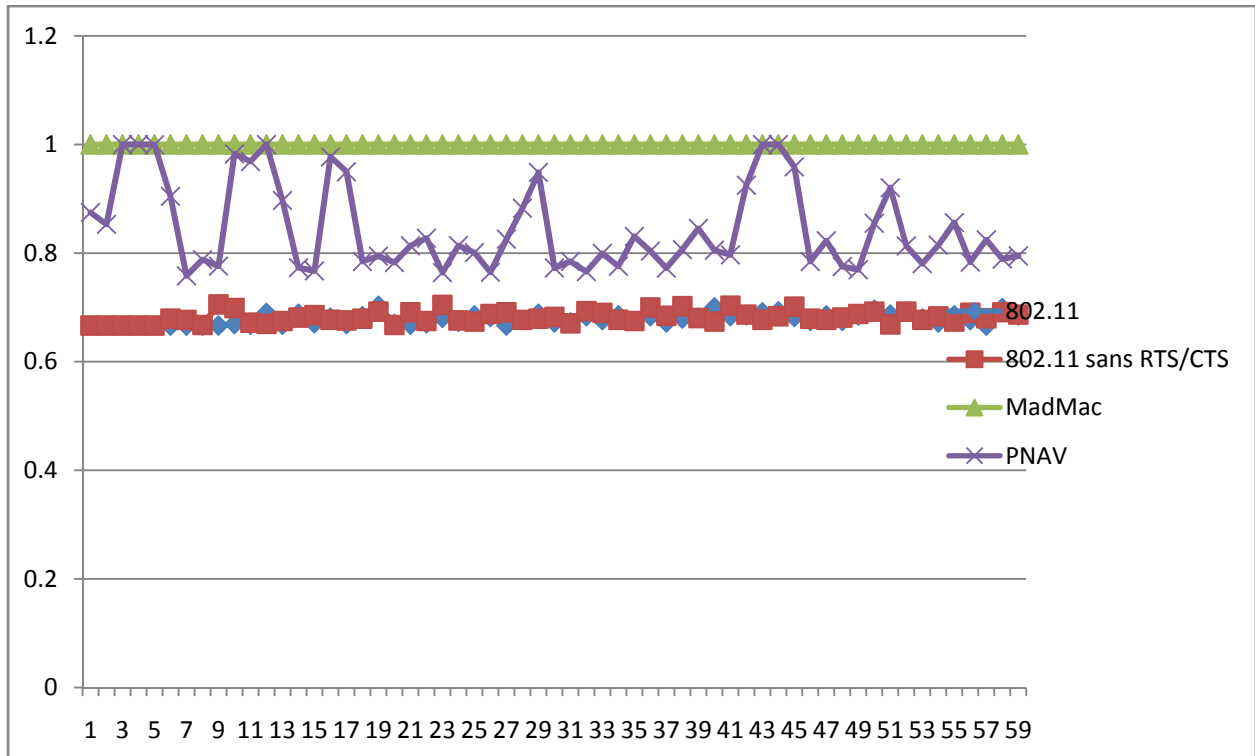


Figure 10: L'index d'équité de Jain de scénario de trois paires

| | |
|---------------------|----------|
| 802.11 | 0.678501 |
| 802.11 sans RTS/CTS | 0.68208 |
| MadMac | 0.999999 |
| PNAV | 0.845777 |

Table 5:L'index moyen de scénario de trois paires

| Protocole | Flux | Débit (kbps) | Variables (kbps) |
|---------------------|--------|--------------|------------------|
| 802.11 | Flux 1 | 3805.5 | 3672-3892.3 |
| | Flux 2 | 67.3546 | 0-204 |
| | Flux 3 | 3803.4 | 3688.3-3892.3 |
| | Total | 7676.21 | 7556.16-7784.64 |
| 802.11 sans RTS/CTS | Flux 1 | 5096.1 | 4920.5-5222.4 |
| | Flux 2 | 117.836 | 0-293.76 |
| | Flux 3 | 5097.9 | 4920.5-5230.6 |
| | Total | 10311.9 | 10110.2-10453 |
| MadMac | Flux 1 | 2862.5 | 2847.8-2872.3 |
| | Flux 2 | 2862.36 | 2847.84-2864.16 |
| | Flux 3 | 2862.5 | 2856-2872.3 |
| | Total | 8587.36 | 8551.68-8608.8 |
| PNAV | Flux 1 | 756.39 | 685.44-881.28 |
| | Flux 2 | 1706.55 | 840.48-2105.28 |
| | Flux 3 | 755.42 | 677.28-864.96 |
| | Total | 3218.36 | 2554.08-3574.08 |

Table 6: Les débits moyens des flux de scénario de trois paires

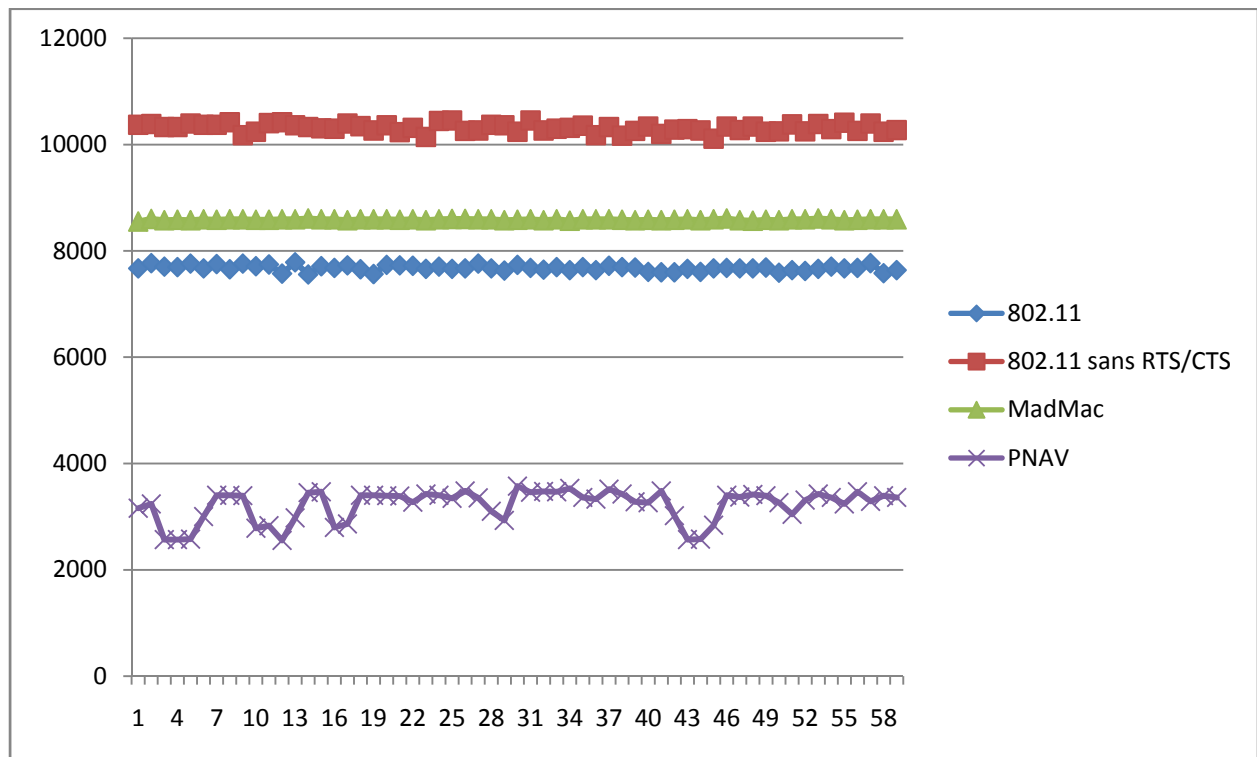


Figure 11: Le débit total de scénario de trois paires

Dans ce scénario, le protocole de 802.11 révèle clairement ses défauts. Dans deux cas avec ou sans le mécanisme RTS/CTS, le flux au centre est toujours affamé. Ses deux flux voisins occupent la bande de passante dans plus de temps. Évidemment, dans ce scénario le protocole de 802.11 ne suit pas le schéma d'équité Max-Min. Au contraire, le protocole MadMac suit bien le schéma d'équité Max-Min. Il n'y a pas de différence entre les trois flux. Il y a une surprise dans le cas du protocole PNAV. Pour ce protocole, le flux au centre a le débit deux fois plus que le débit de ses deux flux voisins. Ce résultat est inattendu parce qu'en général, le flux au centre est affamé à cause de les activités de ses deux flux voisins.

L'ordre de débit total dans ce scénario est semble de celui dans le scénario d'autres nœuds cachés. Comme les scénarios avant, le mécanisme RTS/CTS de 802.11 cause la réduction de débit total de 802.11. Mais d'ici, il y a un point à celui on doit faire attention. Le débit total de MadMac sont un peut petit de celui de 802.11 sans le mécanisme RTS/CTS. Mais ce ne signifie pas que le protocole 802.11 sans le mécanisme RTS/CTS soit plus efficace que le protocole MadMac parce que dans ce scénario, le protocole MadMac suit précisément le schéma d'équité Max-Min tandis que 802.11 ne le suit pas. Et nous devons retenir qu'il y a un compromis entre efficacité et équité alors nous ne pouvons pas comparer l'efficacité de deux protocoles qui suivent deux schémas différents.

4. Le scénario de chaînes

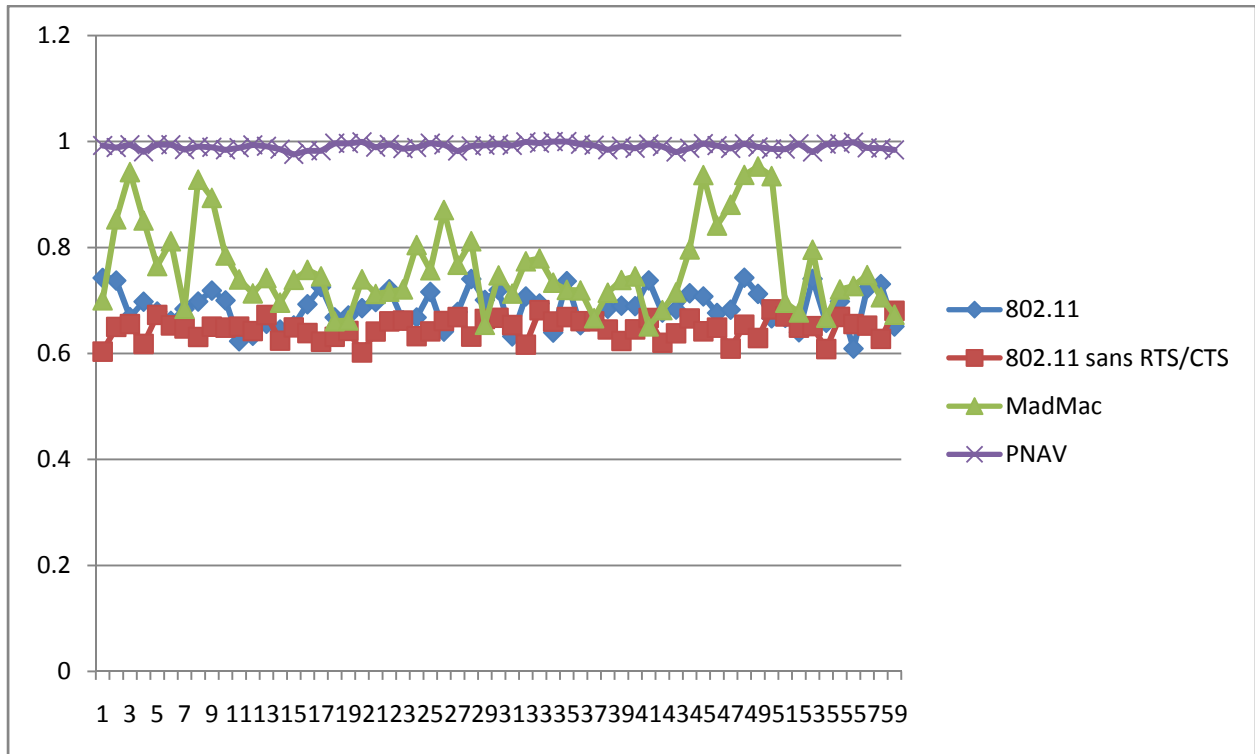


Figure 12:L'index d'équité de Jain de scénario de chaînes

| | |
|---------------------|----------|
| 802.11 | 0.686444 |
| 802.11 sans RTS/CTS | 0.647066 |
| MadMac | 0.763016 |
| PNAV | 0.990611 |

Table 7:L'index moyen de scénario de chaînes

| Protocole | Flux | Débit (kbps) | Variables (kbps) |
|---------------------|--------|--------------|------------------|
| 802.11 | Flux 1 | 2556.3 | 1852.3-3125.3 |
| | Flux 2 | 587.167 | 204.16-1052.8 |
| | Flux 3 | 63.4929 | 0-220.32 |
| | Flux 4 | 1694.38 | 1468.8-1950.24 |
| | Flux 5 | 2283.56 | 1942.08-2513.28 |
| | Total | 7184.9 | 6650.72-7426.08 |
| 802.11 sans RTS/CTS | Flux 1 | 3189 | 2562.4-3851.5 |
| | Flux 2 | 558.427 | 204.16-930.4 |
| | Flux 3 | 0 | 0 |
| | Flux 4 | 2182.87 | 1974.88-2415.36 |
| | Flux 5 | 3430.93 | 3239.52-3606.72 |
| | Total | 9361.28 | 9001.12-9743.04 |
| MadMac | Flux 1 | 1307.8 | 848.64-2089 |
| | Flux 2 | 869.676 | 351.36-2072.64 |
| | Flux 3 | 466.229 | 187.68-1216 |
| | Flux 4 | 2283.83 | 1175.04-2709.12 |
| | Flux 5 | 2519.92 | 1991.04-2774.4 |
| | Total | 7447.43 | 6283.68-9368.16 |
| PNAV | Flux 1 | 807.99 | 718.08-1020 |
| | Flux 2 | 936.052 | 799.68-1044.48 |
| | Flux 3 | 980.588 | 824.16-1134.24 |
| | Flux 4 | 1014.61 | 848.64-1191.36 |
| | Flux 5 | 927.612 | 840.48-1101.6 |
| | Total | 4666.85 | 4267.68-5083.68 |

Table 8: Les débits moyens des flux de scénario de chaînes

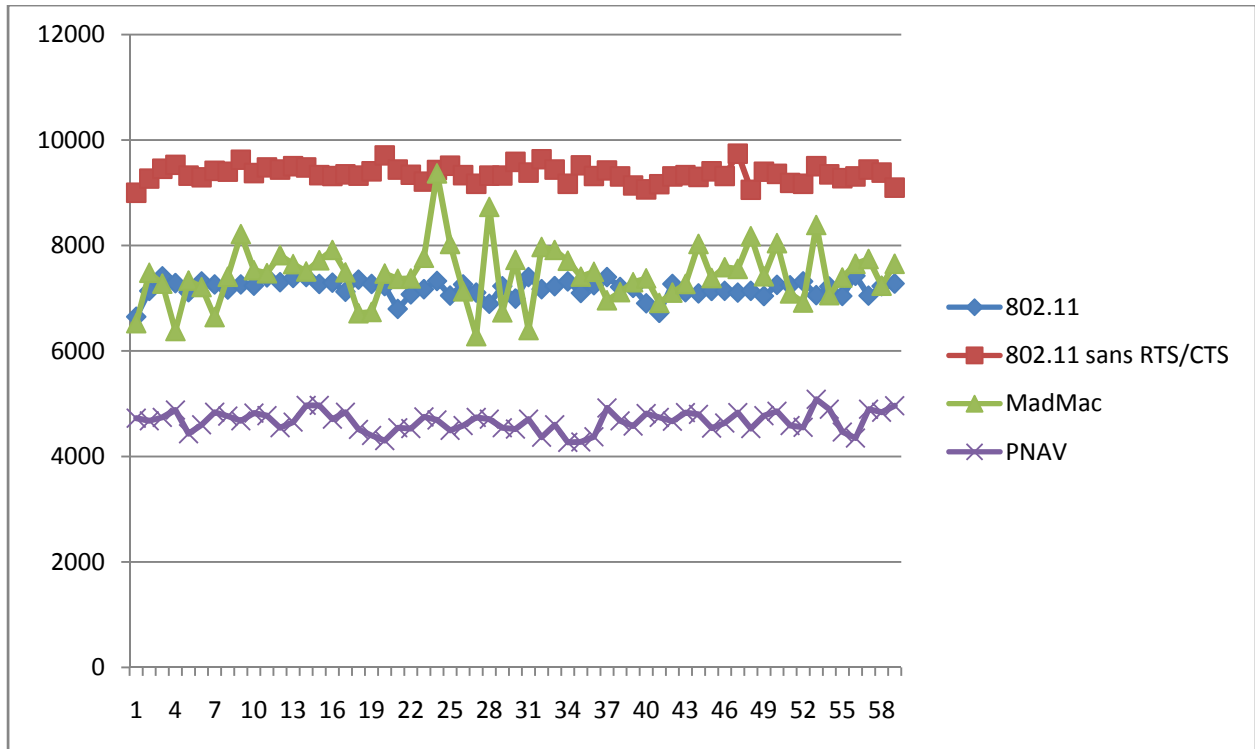


Figure 13: Le débit total de scénario de chaînes

Dans ce scénario, le protocole de 802.11 continue à révéler ses défauts. Sans le mécanisme RTS/CTS, 802.11 ne peut pas résoudre le problème de nœuds cachés et la contention entre des flux. Par conséquent, le débit de flux au centre du chaîne sont réduit à zéro. Avec le mécanisme RTS/CTS, 802.11 a amélioré un peu le résultat mais ce n'est pas suffisant. Le flux au centre de chaîne est régulièrement affamé. Pour ce scénario, le protocole MadMac atteint le résultat plus meilleur que 802.11. Pourtant, parce que MadMac utilise seulement les informations de la couche Mac de 802.11 pour trouver s'il y a des autres nœuds activés sur la bande de passante et il base sur 802.11, son amélioration n'est pas infinie. Le résultat obtenu est acceptable mais il ne proche pas de celui qui suit le schéma d'équité Max-Min. Dans ce scénario, le résultat obtenu du protocole PNAV est le meilleur. Il suit précisément le schéma d'équité de MaxMin. Les débits des flux ne sont pas plus différents. Il y a juste un seul regret, c'est que l'efficacité de ce protocole n'est pas haute.

Comme le scénario d'autres nœuds cachés et le scénario de trois paires, l'ordre des débits totaux ne change pas. Comme les scénarios avant, le mécanisme RTS/CTS de 802.11 cause la réduction de débit total de 802.11. Même avec le scénario de trois paires, le débit total de MadMac sont un peut petit de celui de 802.11 sans le mécanisme RTS/CTS mais ce ne signifie pas que le protocole 802.11 sans le mécanisme RTS/CTS soit plus efficace que le protocole MadMac

5. Le scénario d'étoile

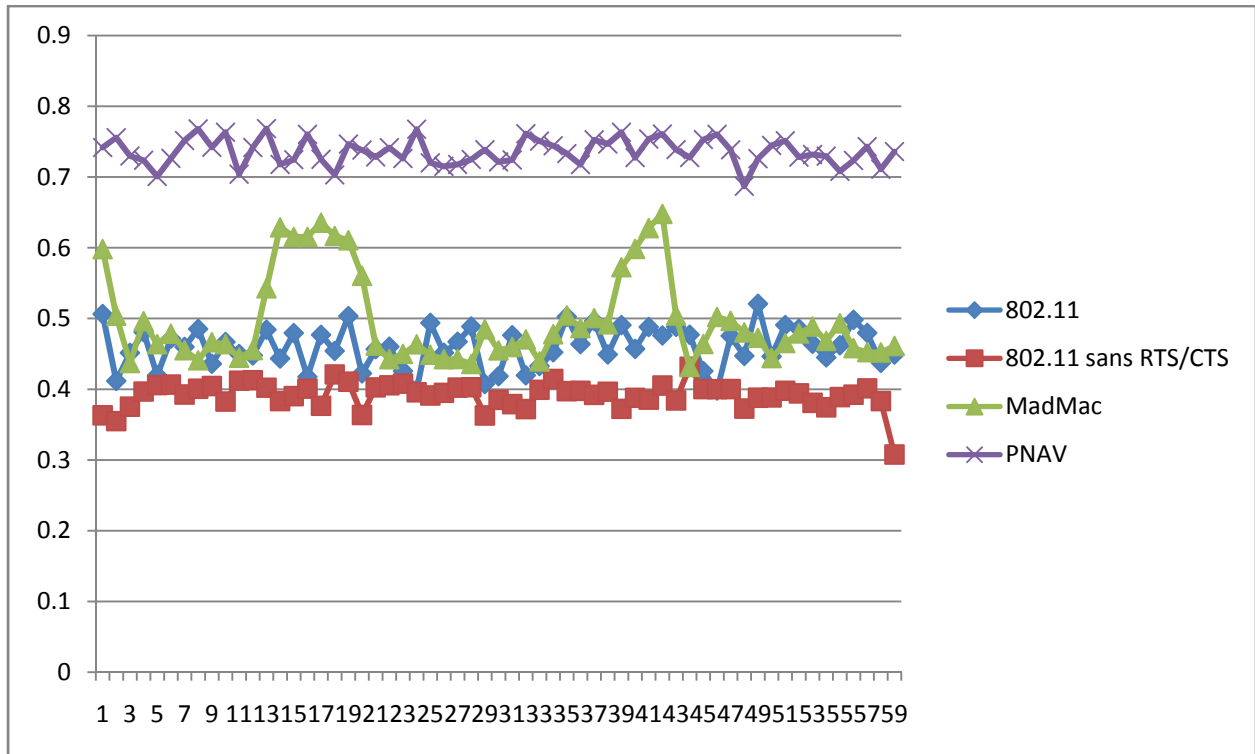


Figure 14:L'index d'équité de Jain de scénario d'étoile

| | |
|---------------------|----------|
| 802.11 | 0.459838 |
| 802.11 sans RTS/CTS | 0.39152 |
| MadMac | 0.497456 |
| PNAV | 0.735671 |

Table 9:L'index moyen de scénario d'étoile

| Protocole | Flux | Débit (kbps) | Variables (kbps) |
|---------------------|--------|--------------|------------------|
| 802.11 | Flux 1 | 1018.7 | 604-1477.3 |
| | Flux 2 | 90.932 | 32.64-180 |
| | Flux 3 | 1011.84 | 709.92-1240.32 |
| | Flux 4 | 1992 | 1632-2366.4 |
| | Flux 5 | 430.42 | 181.28-761.44 |
| | Flux 6 | 45.006 | 0-326.4 |
| | Flux 7 | 0.138 | 0-8.16 |
| | Flux 8 | 905.21 | 538.56-1346.4 |
| | Total | 5494.25 | 4733.28-5943.04 |
| 802.11 sans RTS/CTS | Flux 1 | 474.17 | 229.76-753.12 |
| | Flux 2 | 3.0427 | 0-179.52 |
| | Flux 3 | 1148.07 | 824.16-1403.52 |
| | Flux 4 | 1725.8 | 1061-2015.5 |
| | Flux 5 | 427.64 | 188-735.2 |
| | Flux 6 | 0 | 0 |
| | Flux 7 | 1.383 | 0-81.6 |
| | Flux 8 | 2599.7 | 2146.1-3296.6 |
| | Total | 6379.81 | 6016.16-6686.4 |
| MadMac | Flux 1 | 323.93 | 91.04-491.84 |
| | Flux 2 | 611.7 | 212.8-979.2 |
| | Flux 3 | 1907.92 | 1077.12-2284.8 |
| | Flux 4 | 710.08 | 301.92-1632.2 |
| | Flux 5 | 242.56 | 16.8-506.08 |
| | Flux 6 | 740.43 | 147.2-1403.5 |
| | Flux 7 | 0.415 | 0-24.48 |
| | Flux 8 | 444.24 | 146.88-1558.7 |
| | Total | 4981.27 | 4245.92-5317.44 |
| PNAV | Flux 1 | 499.94 | 318.88-653.12 |
| | Flux 2 | 869.67 | 701.76-979.2 |
| | Flux 3 | 1079.75 | 856.8-1240.32 |
| | Flux 4 | 826.23 | 783.36-905.76 |
| | Flux 5 | 470.16 | 311.36-653.28 |
| | Flux 6 | 809.36 | 718.08-905.76 |
| | Flux 7 | 0.83 | 0-48.96 |
| | Flux 8 | 771.88 | 734.4-807.84 |
| | Total | 5327.83 | 4881.28-5639.36 |

Table 10: Les débits moyens des flux de scénario d'étoile

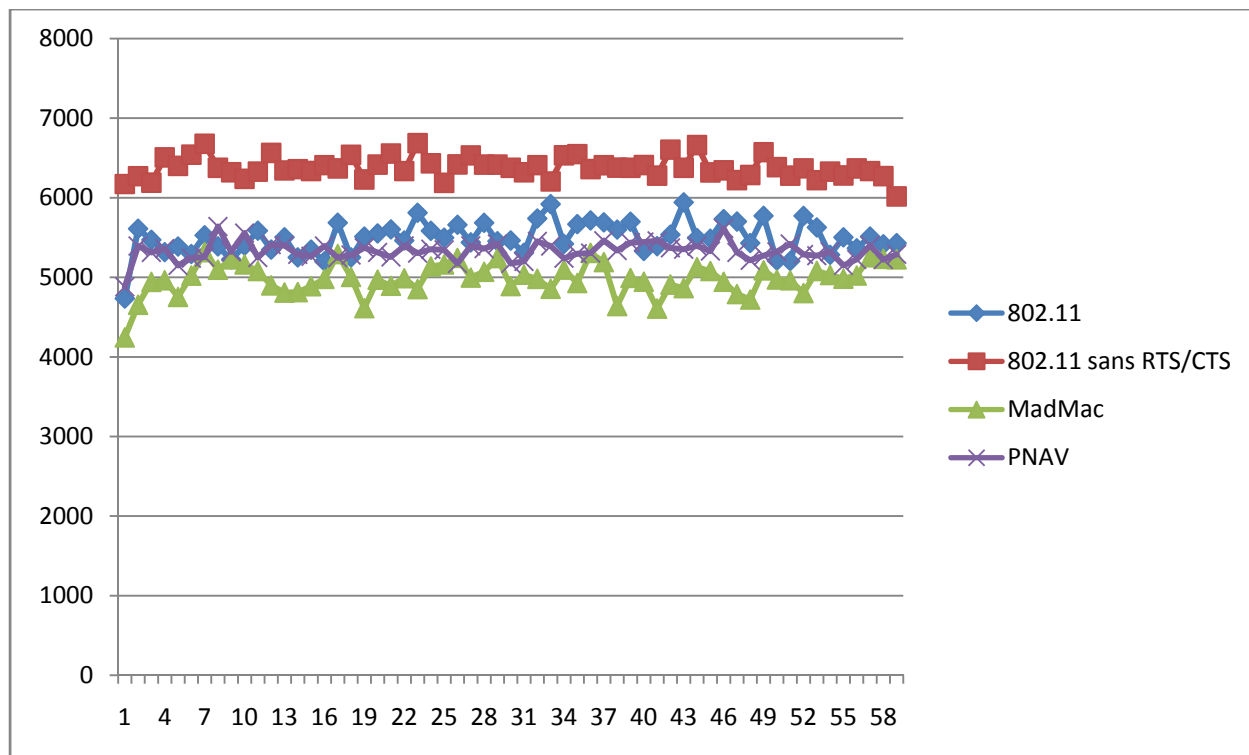


Figure 15: Le débit total de scénario d'étoile

Dans un scénario qui est compliqué comme ce scénario, il n'y a pas de protocole qui satisfait le schéma d'équité de MaxMin. Dans le schéma d'équité de MaxMin, les débits des flux 1 et 5 sont le plus grand mais dans les résultats obtenus, cette condition n'est pas vraie. Et le débit de flux 7 est égal aux débits des flux 2, 3, 4, 6, 7, 8 mais dans les résultats obtenus, le débit de ce flux est presque zéro. Malgré cela, comme nous pouvons voir sur les résultats, le protocole PNAV continue à prouver ses avantages. Il n'est seulement d'maintenir l'approche de schéma d'équité de MaxMin mais aussi avoir une bonne efficacité. Dans ce scénario, son débit total est seulement moins que celui de 802.11 sans le mécanisme RTS/CTS. Pour ce scénario, le résultat obtenu du protocole MadMac est acceptable mais il n'est pas bien. Pour ce scénario, les résultats de 802.11 ne sont pas bien. Ce résultat encore une fois montre les défauts du protocole 802.11

C'est la première fois que le débit total de MadMac est le plus petit débit dans les protocoles. Ce résultat peut être expliqué par la raison suivante. C'est parce que MadMac doit maintenir l'équité possible dans sa capacité alors cela va influencer son efficacité.

6. Le scénario de nœuds exposés

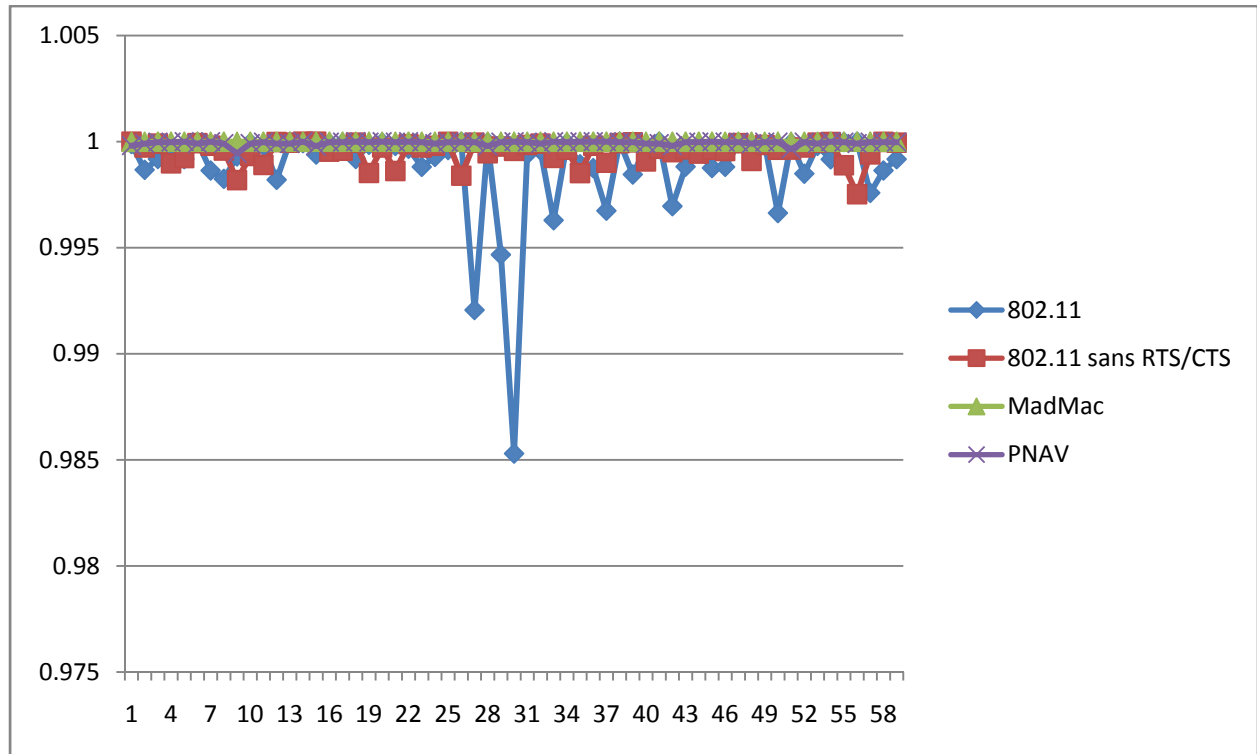


Figure 16:L'index d'équité de Jain de scénario de nœuds exposés

| | |
|---------------------|----------|
| 802.11 | 0.998773 |
| 802.11 sans RTS/CTS | 0.999522 |
| MadMac | 0.999999 |
| PNAV | 0.999941 |

Table 11:L'index moyen de scénario de nœuds exposés

| Protocole | Flux | Débit (kbps) | Variables (kbps) |
|---------------------|--------|--------------|------------------|
| 802.11 | Flux 1 | 2016.5 | 1852.3-2211.4 |
| | Flux 2 | 1987.7 | 1729.9-2129.8 |
| | Total | 4004.21 | 3924.96-4096.32 |
| 802.11 sans RTS/CTS | Flux 1 | 2962.9 | 2839.7-3092.6 |
| | Flux 2 | 2942.2 | 2798.9-3068.2 |
| | Total | 5905.08 | 5785.44-5989.44 |
| MadMac | Flux 1 | 2877 | 2545.9-2888.6 |
| | Flux 2 | 2877.2 | 2562.2-2888.6 |
| | Total | 5754.18 | 5108.16-5777.28 |
| PNAV | Flux 1 | 860.26 | 848.64-889.44 |
| | Flux 2 | 859.43 | 848.64-905.92 |
| | Total | 1719.69 | 1697.2-1787.2 |

Table 12: Les débits moyens des flux de scénario de nœuds exposés

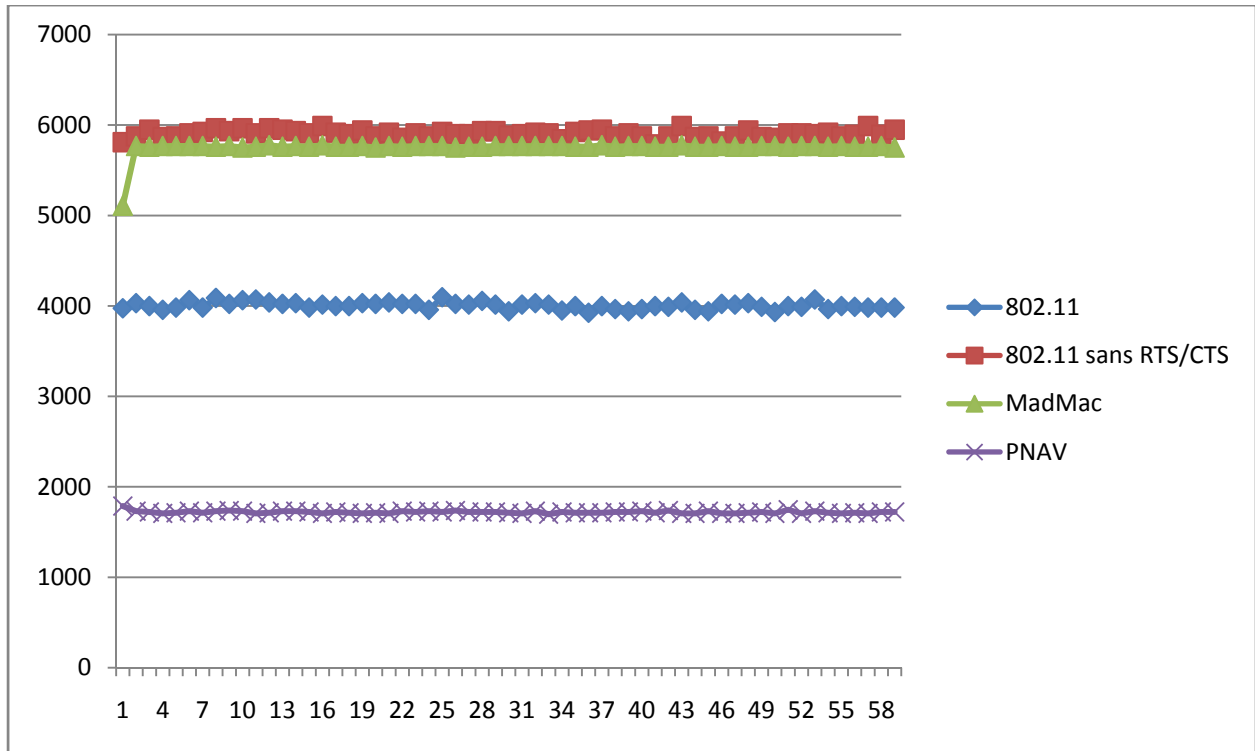


Figure 17: Le débit total de scénario de nœuds exposés

Pour un scénario simple comme ce scénario, tous les protocoles semblent d'observer le schéma d'équité de MaxMin. Ce que nous nous intéressons dans ce scénario est l'efficacité des protocoles. Aucun protocole ne résout le problème de nœuds exposés. Dans le cas idéal, le débit de chaque flux peut atteindre 11Mbps mais dans les résultats obtenu, les débits des flux sont égaux des débits des flux dans le scénario de nœuds cachés. Cela signifie que pour ces protocoles, ils ne reconnaissent pas le problème de nœuds exposés et ils le traite comme un problème de nœuds cachés.

VII. Conclusions

Dans ce rapport, nous avons étudié théoriquement les réseaux radio ad hoc. Nous avons aussi étudié le protocole d'accès au médium de 802.11 et ses problèmes de performance et d'équité. Nous avons discuté des solutions pour résoudre ces problèmes et proposé quelques protocoles d'accès au médium qui améliore l'équité comme MadMac, PNAV... Egalement dans la partie théorique, nous avons mentionné le schéma d'équité de MaxMin et le graphe de contention des flux.

Dans la partie pratique, nous avons créé six scénarios : nœuds cachés, autres nœuds cachés, trois paires, chaîne, étoile et nœuds exposés pour faire la simulation des protocoles d'accès au médium : 802.11, MadMac et PNAV par utiliser le simulateur de réseaux NS2. Après obtenir les résultats de la simulation, nous avons réalisé l'analyse ces résultats. Le résultat obtenu signifie les défauts du protocole 802.11 dans le problème de l'équité. Il signifie aussi que le protocole MadMac et PNAV donnent les résultats plus équilibré que 802.11 dans la plupart des cas et ils suivent souvent le schéma d'équité de MaxMin. Le protocole de MadMac donnent le résultat aussi efficace que 802.11 mais PNAV non plus. Dans les scénarios plus compliqués, PNAV donne le résultat aussi efficace que les autres protocoles mais dans les scénarios simples, son efficacité n'est pas bon.

Le résultat de mon travail reflète une petite partie dans l'étude de ces protocoles parce que pour mon travail, je recherche seulement si ces protocoles suivent le schéma d'équité de Max-Min et mon travail est limité dans les scénarios que j'ai créé.

Par la suite, il faut plusieurs études pour que nous puissions estimer précisément les deux protocoles MadMac et PNAV. Par exemple, nous pouvons rechercher les influences des protocoles des hautes couches (TCP, protocole de routing...) sur l'équité et l'efficacité de ces protocoles. Où nous pouvons étudier les influences du cas où les débits change dans le processus de transmission des données.

References:

Liste des references de manuels techniques :

1. IEEE Standard for Information Technology Telecommunications and Information Exchange between Systems. Local and Metropolitan Area Network – Specific Requirements – Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications, 1997.
2. Kevin Fall and Kannan Varadhan. The NS manual. The NS2 homepage (<http://www.isi.edu/nsnam/ns>). November 9, 2007

Liste des références scientifiques :

3. Imrich Chlamtac and Marco Conti and Jennifer J.-N. Liu. Mobile ad hoc networking imperatives and challenges. Ad Hoc Networks, vol. 1, pages 13--64, 2003
4. J. J. Garcia-Luna-Aceves and Yu Wang. Collision Avoidance Protocols in ad hoc networks. In Adhoc networks: Technologies and protocols. Pages 23 – 61. Springer Science + Business Media, Inc. 2005
4. Claude Chaudet and Dominique Dhoutaut and Isabelle Guérin Lassous. Performance issues with IEEE 802.11 in ad hoc networking. IEEE Communication Magazine, volume 43, number 7, July 2005.
5. Tahiry Razafindralambo and Isabelle Guérin Lassous. Increasing Fairness and Efficiency using the MadMac Protocol in Ad Hoc Networks.
6. Yu Wang and Brahim Bensaou. Achieving Fairness in IEEE 802.11 DFWMAC with Variable Packet Lengths. In GlobeCom, 2001
7. Vaduvur Bharghavan and Alan Demers and Scott Shenker and Lixia Zhang. Macaw: a media access protocol for wireless lan's. In SIGCOMM '94: Proceedings of the conference on Communications architectures, protocols and applications, pages 212–225, New York, NY, USA, 1994. ACM Press.
8. Zuyuan Fang and Brahim Bensaou. Fair bandwidth sharing algorithms based on game theory frameworks for wireless ad-hoc networks. In IEEE INFOCOM, 2004
9. Claude Chaudet and Guillaume Chelius and Hervé Meunier, and David Simplot-Ryl Adaptive Probabilistic NAV to Increase Fairness in Ad Hoc 802.11 MAC Layer. In MedHoc NET, 2005
10. Raj Jain. Throughput Fairness Index: An Explanation, 1999