



Institut de la Francophonie
pour l'Informatique

Rapport final

Études des modèles sans fil dans NS2

Encadrement : Victor Moraru (IFI)

Isabelle Guérin Lassous (Univ de Lyon 1)

Rémi Vannier (Univ de Lyon 1)

Étudiant : Pham Van Viet

Promotion: 14

Hanoi, Septembre 2009

TABLE DES MATIERES

1. INTRODUCTION.....	6
1.1. CONTEXTE.....	6
1.2. OBJECTIFS	6
1.3. DEFINITION PREREQUISE	6
1.4. PLAN DU RAPPORT.....	7
2. ÉTAT DE L'ART	8
2.1. CONNAISSANCES DU MILIEU	8
2.1.1. Standard IEEE 802.11	8
2.1.2. Couche MAC.....	9
2.1.3. Couche physique.....	10
2.1.3.1. Format des trames de 802.11	10
2.1.3.2. Processus de réception en 802.11	10
2.1.3.3. Effet de capture de la couche physique de 802.11	11
2.2. IMPLÉMENTATION D'IEEE 802.11 DANS NS2.....	12
2.2.1. Modèle NS-2 original (NS-2origin)	12
2.2.2. Modèle NS-2Ext (NS-2Ext).....	13
2.2.3. Modèle NS2-MIRACLE (dei802.11mr).....	15
2.2.4. Comparaison de trois modules	16
3. RÉALISATION PRATIQUE	17
3.1. PRÉSENTATION GÉNÉRALE.....	17
3.2. DISTANCE DE COMMUNICATION	18
3.2.1. Distance de communication avec TwoRayGround	18
3.2.1.1. Modèle NS-2.33 Original	18
3.2.1.2. Modèle NS-2.33Ext	21
3.2.1.3. Modèle NS2-MIRACLE	23
3.2.2. Distance de Communication Avec Shadowing.....	25
3.2.2.1. Modèle NS-2.33 Original	25
3.2.2.2. Modèle NS-2.33Ext	26
3.2.3. Distance De Détection De Porteuse	27
3.2.3.1. Scénario de Deux Paires.....	27
a. <i>Modèle NS-2 Original</i>	28
b. <i>Modèle NS-2 Ext</i>	30
c. <i>Modèle NS2-MIRACLE</i>	31
3.2.3.2. Scénario De Nœud Caché.....	33

<i>a. Modèle NS2-Original</i>	33
<i>b. Modèle NS2-Ext</i>	36
4. CONCLUSION ET PERSPECTIVES	39
4.1. CONCLUSION	39
4.2. PERSPECTIVES	39

TABLE DES FIGURES

Figure 1 - Architecture logique du standard IEEE 802.11b	8
Figure 2 - Framework de la simulation du réseau sans fils dans NS-2	12
Figure 3 - Architecture de la modulation d'IEEE 802.11 révisé	13
Figure 4 - État de la couche PHY	14
Figure 5 - Architecture du modèle NS2-MIRACLE.....	15
Figure 6 - Une paire communique.....	18
Figure 7 - Distance de communication du modèle NS-2 Original avec TwoRayGround	19
Figure 8 - Distance de communication du modèle NS-2 Ext avec TwoRayGround.....	22
Figure 9 - Distance de communication du modèle NS2-MIRACLE avec TwoRayGround.....	24
Figure 10 - Distance de communication du modèle NS-2 original avec Shadowing.....	26
Figure 11 - Distance de communication du modèle NS-2.33Ext avec Shadowing.....	27
Figure 12 - La communication de deux paires	28
Figure 13 - Distance de détection de porteuse du modèle NS-2 original avec deux paires.....	29
Figure 14 - Distance de détection de porteuse du modèle NS-2Ext avec deux paires	31
Figure 15 - Distance de détection de porteuse du modèle NS2-MIRACLE avec deux paires.....	32
Figure 16 - Nœud cachée.....	33
Figure 17 - Résultat du nœud caché du modèle NS-2 original avec non RTS.....	34
Figure 18 - Résultat du nœud caché du modèle NS-2 original avec RTS	35
Figure 19 - Résultat du nœud caché du modèle NS-2Ext avec non RTS	37
Figure 20 - Résultat du nœud caché du modèle NS-2Ext avec RTS.....	37

TABLE DES ACRONYMES

Acronyme	Mot complet
CSMA/CA	Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance
DCF	Distributed Coordination Function
DIFS	DCF InterFrame Spacing
EIFS	Extended InterFrame Spacing
FFC	First Frame Capture
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers
LAN	Local Area Network
MAC	Media Access Control
MIM	Message-In-Message
NAV	Network Allocator Vector
NS2	Network simulator
RF	Radio Frequency
SFC	Second Frame Capture
SIFS	Short InterFrame Spacing
PCF	Point Coordination Function
PER	Packet Error Rate
PHY	Physique
PLCP	Physical Layer Convergence Procedure
WLAN	Wireless LAN

1. INTRODUCTION

1.1. CONTEXTE

Dans le domaine de recherche en télécommunication et en réseau d'ordinateurs, les simulateurs sont souvent utilisés pour imiter et étudier des comportements d'un réseau en calculant l'interaction entre ses entités différentes tels que des hôtes/routeurs, des paquets, la liaison de données, en utilisant des formules mathématiques ou en reproduisant ses comportements dans la réalité. Actuellement, on peut lister plusieurs logiciels commerciaux et aussi ceux de sources ouvertes pour simuler le réseau comme NS2 (Network simulator), adevs, QualNet, NeST 2.6 (FTP), etc. Et on peut dire que NS2 est l'un des simulateurs les plus utilisés car il y a beaucoup de résultats obtenus dans la recherche en réseaux (filaire et aussi sans fil) s'appuient sur ce simulateur. Cependant, il apparaît des problèmes concernant ses extensions sans fil parce que NS2 a été créé par des chercheurs travaillant seulement sur les réseaux filaires. C'est la raison pour laquelle le modèle de propagation radio et le modèle de la couche physique sont très simplifiés à cause de la compatibilité.

Récemment, NS2 a été amélioré en ajoutant le module simulant plus proprement la couche physique et MAC du standard IEEE 802.11. Cet avancement joue un rôle très important dans la recherche en réseaux locaux sans fil. Pourtant, à ce moment-là, des avantages et des inconvénients de chaque module ne sont pas clairs et évidents pour la communauté des chercheurs dans le monde sans fil. Alors, ce sujet a pour objectif de faire des études comparatives entre le standard 802.11 et des modules 802.11 fournis dans NS2.

1.2. OBJECTIFS

Ce projet se situe dans le domaine de réseau sans fil et plus concrètement, il s'intéresse beaucoup à la comparaison des modules de l'implémentation de l'IEEE 802.11 dans NS2. Premièrement, l'objectif de ce travail est d'étudier le standard IEEE 802.11, notamment la couche MAC (Media Access Control) et la couche PHY (Physique) d'un LAN (Local Area Network) avec la façon de connecter sans fil - le réseau local sans fil ou WLAN (Wireless LAN). Dans mon sujet, je m'intéresse au IEEE 802.11a, IEEE 802.11b et IEEE 802.11g. Ensuite, l'étude des modules 802.11 de deux couches MAC et PHY qui sont fournis dans NS2 est aussi nécessaire pour pouvoir faire une comparaison entre des modules en théorie du standard 802.11 et ceux réels dans NS2. Cette comparaison est réalisée par la mise en place des scénarios de test pertinents, le choix des paramètres à évaluer et la phase de test.

1.3. DEFINITION PREREQUIS

Path Loss la perte de puissance du signal de la fréquence de radio quand ce signal propage dans l'air. Path loss dépend de :

- La distance entre l'émetteur et le récepteur
- Les obstacles sur la route de propagation entre l'émetteur et le récepteur
- La hauteur de l'antenne

PER le rapport entre des paquets erreurs reçus et la somme des paquets reçus dans un intervalle de temps.

RXThresh_ Le seuil de réception. Si la puissance d'un signal est supérieure au seuil de réception, ce signal est reçu avec succès.

SINR le rapport entre la puissance d'un signal reçu et la somme des puissances de différents signaux interférents et bruits reçus.

SNR le rapport entre la puissance d'un signal reçu et la somme des puissances des bruits reçus.

1.4. PLAN DU RAPPORT

Ce rapport se compose de 3 parties principales :

- Partie 2 : Je vais introduire de connaissances principales concernant au standard IEEE 802.11 et à l'implémentation des modules 802.11 dans NS2.
- Partie 3 : Je vais présenter des scénarios réalisés et des résultats obtenus.
- Partie 4 : Je vais conclure mon travail avec quelques perspectives.

2. ÉTAT DE L'ART

2.1. CONNAISSANCES DU MILIEU

Avant de présenter des façons différentes d'implémentation du standard IEEE 802.11 dans NS2, je vais aborder des concepts importants concernant mon travail.

2.1.1. Standard IEEE 802.11

Originellement, le standard 802.11 opère dans la bande de fréquences de 900 MHz et offre un débit jusqu'à 2 Mb/s. En 1999, 802.11 passe dans la bande de fréquences de 2,4 GHz avec des débits allant toujours jusqu'à 2 Mb/s. Deux autres extensions sont venues pour compléter cette norme en 1999 : 802.11b qui fonctionne dans la bande de fréquences de 2,4 GHz et offre des débits jusqu'à 11 Mb/s et 802.11a qui fonctionne dans la bande de fréquences de 5 GHz et qui offre des débits allant jusqu'à 54 Mb/s. Tout récemment, en 2003, l'extension 802.11g a été proposée. Elle fonctionne dans la bande de fréquences de 2,4 GHz et offre des débits allant jusqu'à 54 Mb/s. Deux modes d'opération définis dans ce standard sont: le mode *infrastructure* qui requiert la présence des stations de base et le mode *ad-hoc* qui ne nécessite aucune infrastructure préalable. En plus, elle propose aussi deux modes d'accès au médium radio : le mode centralisé (ou **PCF - Point Coordination Function**) qui nécessite l'utilisation de stations de base pour gérer les accès et le mode distribué (ou **DCF - Distributed Coordination Function**) où chaque terminal prend seulement la décision d'accéder au canal ou de retarder sa transmission. Ces deux modes d'accès au médium radio peuvent être utilisés dans le mode *infrastructure* tandis que seul le mode distribuée est possible dans le mode *ad-hoc*.

Ce standard fournit une définition du MAC (Media Access Control) et de la couche PHY (Physique) pour le réseau local sans fil. Par exemple, l'architecture d'IEEE 802.11b peut être présentée comme la suivante :

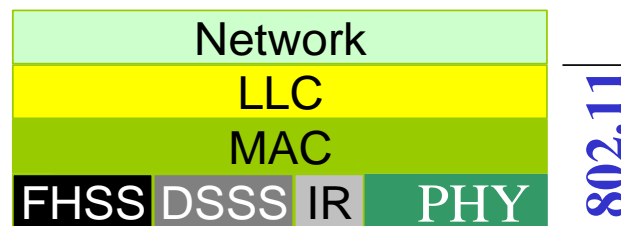


Figure 1 - Architecture logique du standard IEEE 802.11b

Concernant la technique DSSS de ce standard, elle divise la bande de fréquence en 14 sous-canaux de 22 MHz chacun. Cependant, ces sous-canaux fournissent un signal bruité car les canaux adjacents ont des bandes passantes qui se recouvrent partiellement, et peuvent donc se perturber mutuellement.

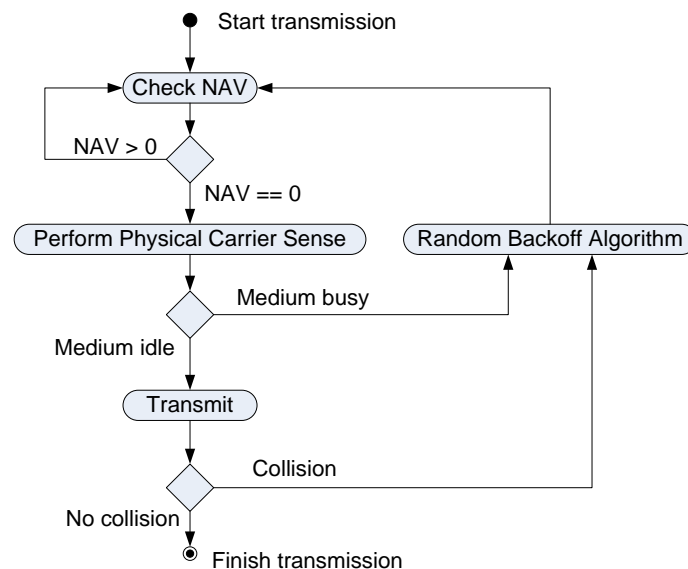
La transmission des données s'effectue intégralement, pour ce mode, sur le même canal. Pour remédier au problème des bruits, on a recours à une technique qui remplace chaque bit par une séquence de bits prédéfinie (10110111000 pour représenter un 1, et son complément pour représenter un 0 par exemple).

Les données sont envoyées sur une large bande qui permet un débit élevé, mais qui rend le système peu résistant aux perturbations.

2.1.2. Couche MAC

Pour le mode DFC de 802.11, le protocole d'accès au médium radio fait partie de la famille des protocoles de type **CSMA/CA (Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance)**. Ces protocoles sont basés sur une écoute active du canal radio afin de déterminer si le canal est libre ou non. Si un signal est reçu avec une puissance supérieure à un seuil appelé « seuil de détection de porteuse », alors le médium est considéré comme occupé et la station qui veut envoyer des informations doit attendre. Le mode DFC peut présenter comme l'architecture suivante :

Le mécanisme de RTS/CTS : un problème célèbre et souvent mentionné dans littérature est le problème de station cachée : deux stations indépendantes, i.e. non à portée de communication l'une de l'autre et ni en détection de porteuse, cherche à envoyer des paquets à un même destinataire. Dans cette configuration, il ne détecte pas leur activité réciproque sur le médium radio et donc considère que le médium est libre et qu'ils peuvent envoyer leur paquet. Pour empêcher l'apparition d'une telle situation, le mode DFC fournit un mode optionnel d'échange de paquet de contrôle appelé RTS et CTS. Avant de transmettre ses données, un émetteur envoie un paquet de contrôle RTS à son destinataire. Tous les mobiles à portée de communication de l'émetteur qui ont reçu ce RTS savent qu'une communication va voir lieu. Comme la durée de communication est précisée dans le paquet RTS, ces mobiles peuvent alors se bloquer et s'empêcher d'émettre pendant toute cette période. Cette opération est réalisée grâce au NAV qui stocke la valeur de cette durée et qui joue le rôle d'horloge. Le récepteur qui reçoit le RTS renvoie le paquet de contrôle CTS s'il n'est pas lui-même bloqué par son NAV. Le RTS a le même effet que le RTS pour les mobiles à portée de communication du récepteur. A la réception du CTS, l'émetteur sait que le médium a été réservé et qu'il peut donc émettre ses données. Ce mécanisme permet de réduire la plupart des collisions dans les configurations de station cachées. Le mode DFC peut être présenté comme le diagramme suivant :



2.1.3. Couche physique

2.1.3.1. Format des trames de 802.11

Une trame d'IEEE 802.11 peut être décrite comme la suivante :

PLCP Preamble	PLCP Header	MAC frame (variable size)	MAC CRC
---------------	-------------	---------------------------	---------

Selon [1][3][4] et [8], une trame de 802.11 est constituée :

- Le préambule d'en-tête physique - **PLCP Preamble (Physical Layer Convergence Procedure)**, il permet à la station de se synchroniser sur le début du signal qu'elle reçoit. Pour IEEE 802.11a, cette partie contient des symboles OFDM avec la bande de fréquences de 5 GHz et qui offre des débits de 6 à 54 Mbps. Pour IEEE 802.11b, ce standard utilise la technique DSSS à haut vitesse et il fonctionne dans la bande de fréquences des 2,4 GHz et qui offre des débits de 5.5Mbps à 11Mbps.
- Un en-tête PLCP (**PLCP Header**) contient des informations sur la trame comme la modulation ou le codage utilisée, la longueur de la partie de données, etc.
- Un en-tête MAC et des données : l'en-tête MAC contient différents champs comme des informations de contrôle, la durée de la trame suivante, différents adresses suivante le type de trame émise et une séquence de contrôle. L'en-tête MAC et des données sont émis au débit demandé. Par exemple avec 802.11b, ces débits peuvent être 1 Mb/s, 2 Mb/s, 5,5 Mb/s ou 11Mb/s.

2.1.3.2. Processus de réception en 802.11

Selon [3] et [4], pour la réception d'une trame de 802.11, un récepteur doit passer trois étapes suivantes:

- Détection du préambule : une trame de 802.11 commence toujours par un préambule de l'en-tête physique (PLCP preamble). Quand un récepteur écoute sur le canal, il continue à chercher le début d'une trame grâce à la démodulation le signal reçu. Cet en-tête dépend de la version de 802.11, par exemple avec 802.11b offre deux types d'en-tête physique : un l'en-tête long envoyé à 1Mbps et un en-tête court dont une partie est émise à 1Mbps et l'autre à 2Mbps.
- Si la détection du préambule est réussie, le récepteur va continuer à trouver l'en-tête PLCP suivant le préambule. Si la réception de l'en-tête PLCP est réussie, ce récepteur devient l'état de réception.
- Si la réception de l'en-tête PLCP est réussie, le récepteur va recevoir la partie MAC. L'état de réception est réussi si le récepteur passe le test du CRC. S'il y a des problèmes dans la durée de réception de la partie MAC, par exemple la trame du MAC corrompue, le récepteur génère une erreur de MAC CRC.

D'après [4] on peut conclure la structure d'une trame comme la suite :

Le préambule de la trame de la couche physique a pour but d'avertir le récepteur de l'arrivée d'une trame et le récepteur capte le signal de cette trame. Après le préambule c'est l'en-tête PLCP, il contient le détail de la trame comme la modulation, la vitesse de codage, la longueur de trame, etc. Le préambule et l'en-tête de trame sont modulés par la méthode BPSK dans la plupart

Étude des modèles sans fil dans NS2

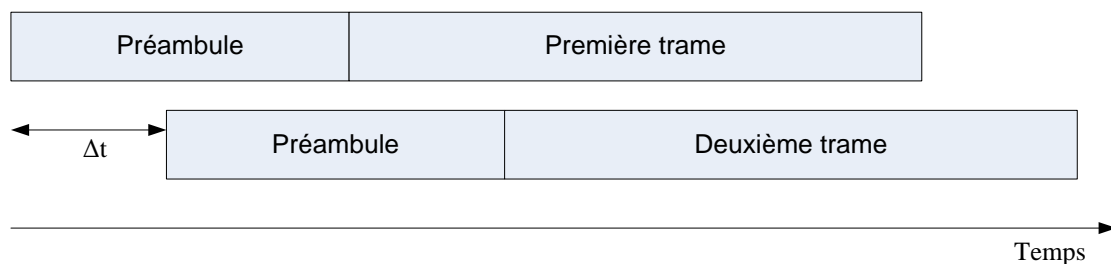
du signal de configurations de 802.11. Le préambule n'a pas la vitesse de codage. L'en-tête PLCP est encodé en $\frac{1}{2}$ la vitesse de codage. La partie suivante de l'en-tête PLCP est modulée et décodée par le récepteur grâce à l'information dans l'en-tête PLCP.

Alors pour réception avec succès d'une trame de 802.11, le récepteur doit passer les trois étapes sans erreur : la détection du préambule, l'en-tête PLCP et le test du MAC CRC.

2.1.3.3. Effet de capture de la couche physique de 802.11

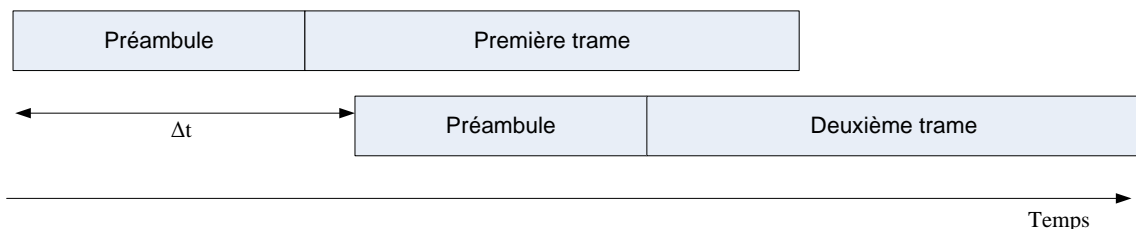
A partir de description du processus de réception en 802.11, on peut diviser la capture d'une trame en trois cas suivants [3], [4]:

- Cas 1 : La seconde trame arrive pendant le temps de détection du préambule de première trame



Plus précisément, la seconde trame arrive quand le récepteur ne finit pas de recevoir le préambule de première trame. Dans ce cas, si la puissance du signal de la seconde trame est plus grande qu'un seuil de capture (appelé **capture threshold**), le récepteur écarte le préambule de la première trame et commence à recevoir le préambule de seconde trame (**SFC - Second Frame Capture**). Le récepteur traite la puissance de première trame comme la puissance d'interférence. Si la valeur SINR de la seconde trame est suffisante pour recevoir le préambule, l'en-tête physique PLCP et la trame MAC sans erreur, alors la seconde trame est reçue avec succès. Si la puissance du signal de deuxième trame n'est pas suffisante pour recevoir le préambule ou au-dessous du seuil de capture, alors le récepteur retient la réception du préambule de première trame. (**FFC - First Frame Capture**) et la puissance du signal de deuxième trame est traitée comme la puissance d'interférence. La réception de la première trame est réussie si le préambule, l'en-tête et le test CRC MAC sont reçus sans erreur.

- Cas 2 : La deuxième trame arrive quand le récepteur a fini de recevoir le préambule de première trame

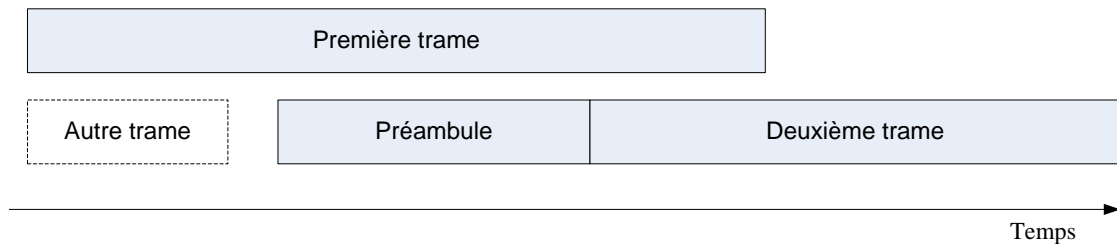


Dans ce cas, si la réception de l'en-tête PLCP de première trame est réussie, le récepteur va continuer à recevoir la partie MAC (état de réception). Par rapport de réception de

Étude des modèles sans fil dans NS2

deuxième trame, si le mode **MIM (Message-In-Message)** est utilisé et la puissance de deuxième trame est plus grande que le seuil de capture, le récepteur écarte la première trame et il reçoit la deuxième trame (SFC). Si le mode MIM n'est pas utilisé or la puissance du signal de deuxième trame est au-dessous du seuil de capture, le récepteur retient la réception de première trame (FFC). Le récepteur traite la puissance du signal de trame non pas reçu comme la puissance d'interférence.

- Cas 3 : Deuxième trame arrive quand le récepteur est en état inoccupé ou le récepteur écoute sur le canal.



Dans ce cas, la première trame n'est pas capturée à cause de l'autre trame ou l'émetteur de première trame ne se situe pas dans la zone de communication de récepteur. Dans ce cas, le récepteur est en état d'écoute et il peut commencer à recevoir la deuxième trame.

2.2. IMPLÉMENTATION D'IEEE 802.11 DANS NS2

Afin de pouvoir comparer des modules 802.11 dans NS2, je vais présenter trois modèles principaux d'implémentation d'IEEE 802.11 qui s'y trouvent.

2.2.1. Modèle NS-2 original (NS-2origin)

D'après [4] et [7], ce modèle se compose des modules comme la figure suivante :

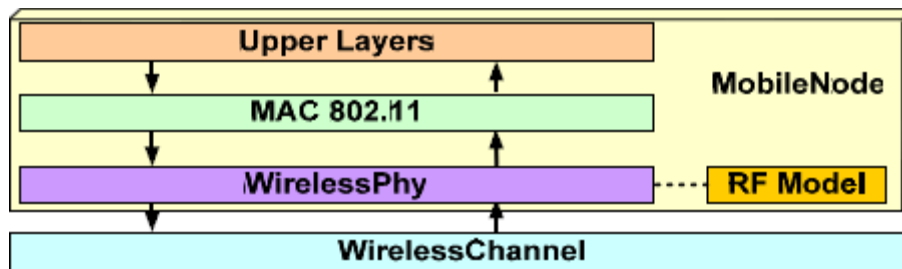


Figure 2 - Framework de la simulation du réseau sans fils dans NS-2

Selon [3], la fonction de chaque module peut décrire comme la suivante :

- **Le module WirelessChannel** est utilisé pour interconnecter tous les nœuds mobiles dans un scénario de simulation et pour échanger des trames entre un émetteur et des récepteurs dans la zone de communication. Il ne gère pas l'interférence et pas la collision.
- **Le module WirelessPhy** : Quand une trame arrive au WirelessPhy à partir du WirelessChannel, il demande la puissance de réception P_t du module **RF (Radio Frequency)** pour cette trame. Si P_t est supérieure au seuil de détection transporteuse

Étude des modèles sans fil dans NS2

(*Carrier Sense Threshold*), il envoie cette trame au module MAC 802.11. Et si une trame lui arrive du module MAC 802.11, il ne passe qu'au module WirelessPhy.

- **Le modèle RF** est utilisé pour déterminer la puissance de chaque trame reçue qui arrive à WirelessPhy. La puissance individuelle dépend de chaque modèle de propagation, de la distance entre l'émetteur et le récepteur. D'après [5], dans NS-2 existe trois modèles de propagation : *two-ray ground, free space and shadowing*
- **Le module MAC 802.11** comprend la plupart des fonctions de la norme IEEE 802.11. Il se compose de la gestion d'accès au canal, de la fonction de détection l'en-tête physique et de la fonction de gestion de la collision.

D'après [3], l'implémentation de réception d'une trame d'IEEE 802.11 dans NS-2 peut décrire comme la carte suivante :

- Quand une nouvelle trame arrive à un récepteur (appelé *NEW*), sa puissance du signal $rss(NEW)$ est comparée avec une valeur *RXSens* - la valeur minimale qu'une trame peut être reçue. Cette valeur est choisie précédemment et ne change pas pendant la simulation. Si $rss(NEW)$ est inférieure à la valeur *RXSens*, cette trame est écartée. Dans la réalité, il est vraiment que la puissance du signal de cette trame doit ajouter à la valeur de l'interférence pour faire effectuer sur la réception d'autre trame. Par contre, si sa $rss(NEW)$ est supérieure à *RXSens*, le récepteur commence à la recevoir. Cette trame devient la trame reçue (appelé *RCV*) et la couche *PHY* devient l'état de réception (*receiving*). Quand une trame est en état *RCV*, si une autre nouvelle trame arrive, NS-2 origine traite comme la suivante : si la puissance de la trame *RCV* est supérieure à la puissance de la nouvelle trame par tout au moins une valeur *CPTThres* fois- le seuil de capture, défaut dans NS-2 origine: 10 dB, la nouvelle trame est écartée et la trame *RCV* est capturée. A l'inverse, toutes les deux trames sont écartées.

2.2.2. Modèle NS-2Ext (NS-2Ext)

NS-2Ext offre une architecture plus logique que celle de *NS-2 original*. Plus précisément, ce modèle peut décrire comme la figure suivante :

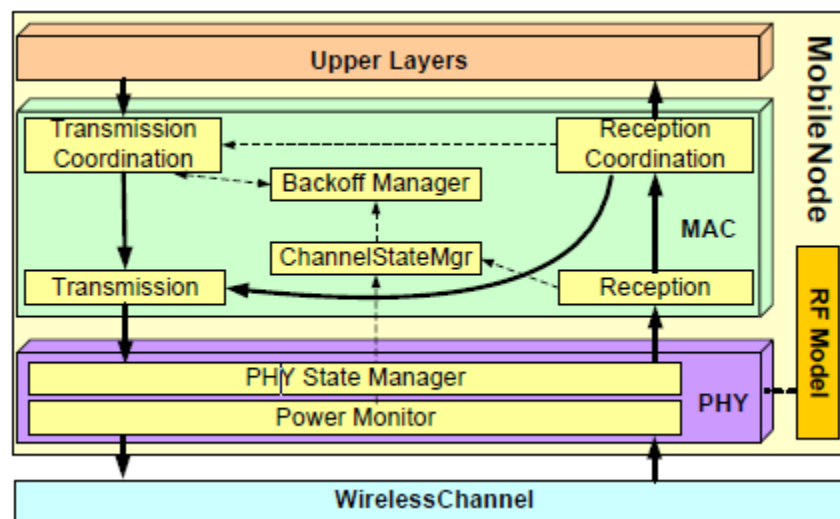


Figure 3 - Architecture de la modulation d'IEEE 802.11 révisé

Étude des modèles sans fil dans NS2

Dans ce modèle, la couche physique (**PHY**) se compose de deux modules :

- **Power monitor** : Ce module interconnecte directement au modèle RF. Les informations du signal reçu sont traitées et gérées dans ce module comme la gestion et le traitement du bruit, de l'interférence. Il garde les bruits, les interférences de chaque nœud pendant sa durée respective.
- **Gestion de l'état physique (PHY State Manager)** : Ce module traite la réception d'une trame comme le préambule, l'en-tête PLCP, les données, etc. On peut décrire ce traitement en détaillé comme la figure suivante :

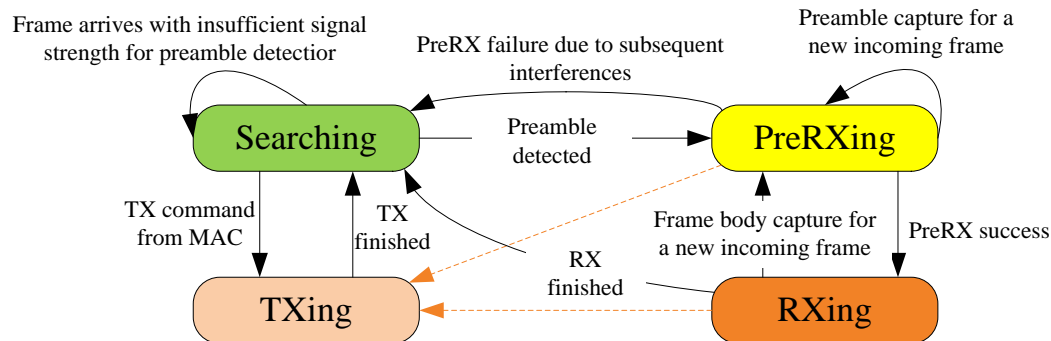


Figure 4 - État de la couche PHY

Plus concrètement, un nœud est en état **Searching** s'il est libre. Dans cet état, si la puissance du signal d'une trame qui arrive du module **WirelessChannel** est suffisante pour la détection du préambule ($SINR > BPSK \text{ threshold}$), **PHY** se déplace son état à **PreRXing** dans la durée du préambule et de l'en-tête PLCP de cette trame. Si la puissance de ce signal n'est pas suffisante pour détecter, **PHY** écarte cette trame, dans ce cas il faut traiter ce signal comme l'interférence dans la durée de cette trame. Si dans la durée du préambule et de l'en-tête PLCP, la valeur **SINR** est supérieure à **SINR** de **BPSK** et à la moitié de la vitesse de codage, **PHY** se déplace son état à **RXing** dans la durée de données de cette trame. Si une nouvelle trame arrive du canal et sa puissance de ce signal peut empêcher la réception du préambule et de l'en-tête PLCP de la trame courante, **PHY** retourne à **Searching**. Si la puissance du signal de nouvelle trame est suffisante pour capturer son préambule, **PHY** est dans **PreRXing** pour cette nouvelle trame.

Dans la durée de **RXing**, si **SINR** est inférieure au seuil de modulation (**SINR** de **BPSK**) et de vitesse de codage utilisé pour cette trame, après la durée de données, **PHY** ajoute un drapeau d'erreur à cette trame et passe cette trame à la couche **MAC**. **RXing** retourne à l'état **Searching**.

Si une trame arrive à la couche **MAC**, **PHY** déplace son état à **TXing** en durée de cette trame. Dans cet état, si une autre trame arrive à **PHY** du canal, cette trame est écartée et **Power monitor** considère sa puissance du signal comme l'interférence.

Pour la couche MAC, elle se compose des modules suivants :

- **Le module de transmission** : il est l'interface entre la couche MAC et la couche physique. Son rôle est de passer tous les types de trame à PHY comme : la trame RTS à

partir du module transmission coordination (Transmission coordination module), ACK et CTS à partir du module coordination de réception (réception coordination module).

- **Le module de réception** : ses fonctions sont de tester CRC, de filtrer l'adresse pour des trames reçues sans erreur puis de l'envoyer au module correspondant, avec des trames reçues avec erreur. Son rôle est de tester cette trame si elle contient NAV puis de l'écartier.
- **Le module de gestion de l'état du canal (Channel state manager)** : il maintient l'état de détection de porteuse physique et virtuelle du mécanisme CSMA d'IEEE 802.11.
- **Le module de gestion de Backoff (Backoff management)** : il maintient le compteur de backoff pour supporter le mécanisme CSMA/CD de la couche MAC de la norme IEEE 802.11.
- **Le module de coordination de transmission (Transmission coordination module)** : il gère l'accès au canal des paquets à partir de la couche supérieure.
- **Le module de coordination de réception (Réception coordination module)** : il reçoit le signal de control et la trame de données à partir du module de réception puis l'envoie au module correspondant.

2.2.3. Modèle NS2-MIRACLE (dei802.11mr)

Le modèle NS2-MIRACLE peut être présenté comme le suivant :

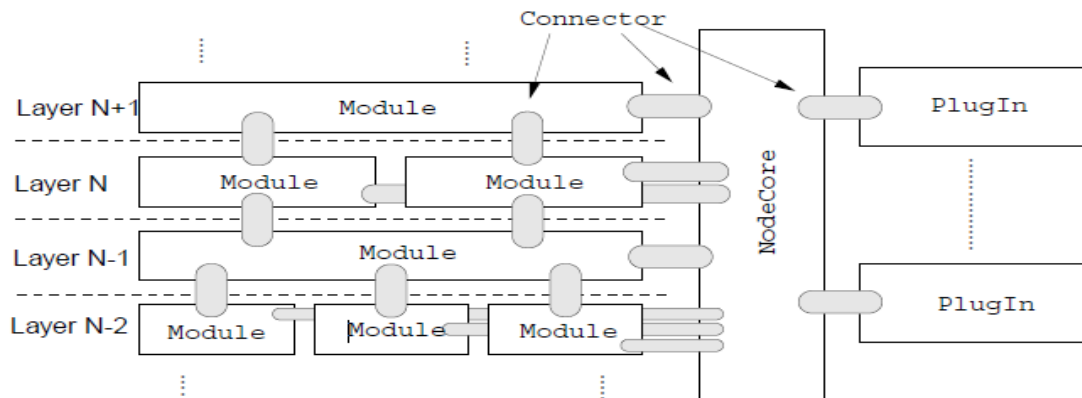


Figure 5 - Architecture du modèle NS2-MIRACLE

Avec cette architecture, il peut exister plusieurs modules en même couche du protocole et ces modules peuvent interconnecter avec les autres grâce à l'objet **Connector**. Dans la simulation, chaque module peut être : PHY, MAC, la couche de routage, etc. Les modules en chaque couche connectent à l'objet unique - **NodeCore**.

Selon [2], ce modèle donne des solutions pour résoudre quelques problèmes dans le modèle NS-2 original et ajoute des fonctionnalités pour améliorer ce modèle. Plus précisément :

- Ce modèle supporte des différents modes de la couche physique du standard IEEE 802.11 : des vitesses différentes de transmission, la modulation et le codage de schémas du standard IEEE 802.11.

- Il utilise le modèle d'erreur basé sur SINR :
 - Il utilise **PER (Paquet Error Rate)** pour déterminer la perte aléatoire du paquet.
 - NS2-MIRACLE fournit la valeur de PER du standard IEEE 802.11b et IEEE 802.11g.
 - SINR est calculée grâce à la puissance du signal, à l'interférence et au bruit.
 - L'interférence est calculée par le modèle gaussien.
- La capture de modèle est implémentée dans ce modèle.

2.2.4. Comparaison de trois modules

- Le modèle de propagation : Tous les trois modules (*NS-2.33 original*, *NS-2.33Ext* et *NS2-MIRACLE*) supportent deux modèles de propagation: *Free space*, *two-ray ground* mais deux modules *NS-2.33 original* et *NS-2.33Ext* supportent aussi le modèle de propagation *shadowing*.
- Le canal de communication (wireless channel) : tous les trois modules n'utilisent que le canal pour envoyer des informations de l'émetteur au récepteur.
- L'architecture : l'architecture du module *NS-2.33Ext* semble plus logique que celle du module *NS-2.33 originale*. L'architecture du module *NS2-MIRACLE* fait faciliter la simulation des scénarios de multi couche et de l'architecture du multi-stack.
- L'effet de capture : le module *NS-2.33 original* n'implémente pas l'effet de capture. Mais les deux modèles : *NS-2.33Ext* et *NS2-MIRACLE* implémente l'effet de capture.
- La gestion de collision : le module *NS-2.33 original* gère la collision grâce à façon très simple et irréaliste.
- Deux modules *NS-2.33Ext* et *NS2-MIRACLE* calculent la valeur **SINR** dans la simulation pour gérer la réception des informations.
- Pour recevoir des informations : le module *NS-2.33 original* utilise le seuil de réception. Le module *NS-2.33Ext* utilise la valeur défaut de **SINR**, par exemple : le mode de modulation **BPSK** utilise la valeur **SINR** = 2.5118 watts. Le module *NS2-MIRACLE* utilise un table de **PER** pour recevoir des informations et ce module a construit deux tables de **PER** : une table de **PER** de IEEE 802.11b et une table de **PER** de IEEE 802.11g.

3. RÉALISATION PRATIQUE

3.1. PRÉSENTATION GÉNÉRALE

Dans cette partie, je vais implémenter des scénarios pour comparer trois modèles - le modèle *NS-2 original*, le modèle *NS-2Ext* et le modèle *NS2-MIRACLE* - sur les critères suivants :

- La distance de communication
- La distance de détection de porteuse

En plus, l'implémentation de la méthode DFC de la couche MAC de trois modèles est aussi réalisée.

Comme vous connaissez, la distance de communication dépend du modèle de propagation de l'onde radio implémentée dans chaque modèle. Par ailleurs, la propagation de l'onde radio dans l'espace dépend de l'antenne et de l'environnement dans lequel l'onde se propage. Dans un espace réaliste, il y a toujours des obstacles et des bruits. Par conséquent, l'onde va se froter et diminuer. Alors, un simulateur réaliste doit implémenter le modèle de propagation qui est influencé par l'environnement. Dans *NS-2.33 original* et *NS-2.33Ext* il y a trois modèles de propagations : **TwoRayGround**, **Shadowing** et **FreeSpace**. Dans *NS2-MIRACLE* il y a trois modèles de propagations : **MrcITwoRayGround**, **MrcIFreeSpace** et **FullPropation**. Le modèle **FullPropagation** est implémenté le plus réaliste parce que ce modèle implémente le modèle de *passloss*, l'interférence entre des signaux de wireless dans l'air.

L'implémentation de deux modèles **MrcITwoRayGround** et **MrcIFreeSpace** et celle de deux modèles **TwoRayGround** et **FreeSpace** sont pareilles. Pour comparer la distance de communication, je vais utiliser le modèle **TwoRayGround** avec les trois modèles : *NS-2.33 original*, *NS-2.33Ext* et *NS2-MIRACLE* et le modèle **Shadowing** avec deux modèles : *NS-2.33 original* et *NS-2.33Ext*.

Pour comparer la distance de détection de porteuse, dans les simulations, je vais utiliser la modèle de propagation **TwoRayGround**. Ce modèle considère qu'il existe un chemin direct entre l'émetteur (appelé Direct Path) et le récepteur et un chemin de réflexion de la terre (appelé Ground Reflection Path). Ce modèle utilise la formule suivante pour calculer la puissance du paquet reçu:

$$P_r(d) = \frac{P_t * G_t * G_r * (h_t^2 * h_r^2)}{d^4 * L}$$

Dans cette formule

- $P_r(d)$ est la puissance du paquet reçu à la distance d
- P_t est la puissance du paquet envoyé - la puissance à l'émetteur
- G_t et G_r sont le gain de l'antenne d'émission et celui de récepteur correspondant.
- h_t et h_r sont le haut de l'antenne d'émission et de récepteur correspondant.
- L est égal à 1
- d est la distance entre récepteur et émetteur

3.2. DISTANCE DE COMMUNICATION

Pour comparer la distance de communication, j'ai utilisé le scénario comme le suivant :

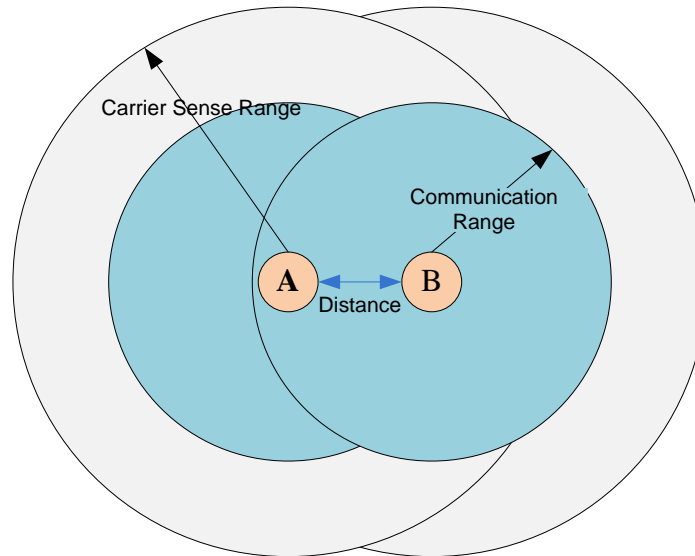


Figure 6 - Une paire se communique

Pendant la simulation, j'ai changé la distance entre la station A et la station B. Dans ce cas, la distance de communication de deux stations A et B a la même valeur. Quand une station ne se trouve pas dans la zone de communication, alors elle ne peut pas échanger des informations avec son voisin.

3.2.1. Distance de communication avec TwoRayGround

3.2.1.1. Modèle NS-2.33 Original

- Paramètres de simulation du modèle NS-2.33 original :

Paramètre	Valeur
Bande passante	11Mbps
Modèle de propagation	Propagation/TwoRayGround
Modèle de queue d'interface	Queue/DropTail/PriQueue
Phy/WirelessPhy CPTresh (dB)	10.0
Phy/WirelessPhy CSTresh (Watt)	1.559e-11
Phy/WirelessPhy RXThresh (Watt)	3.652e-10
Phy/WirelessPhy frequency (MHz)	2437e6

Étude des modèles sans fil dans NS2

Phy/WirelessPhy RXThresh (Watt) Pt_	0.28183815
Taille de paquet (byte)	1000
Temps de simulation	120s
Temps entre deux paquets (<i>intervalle</i>)	0.001s
Débit de flux TCP (byte/s)	10^6+6 (8Mbps)
RTSThreshold_ (byte)	30000

- **Résultat**

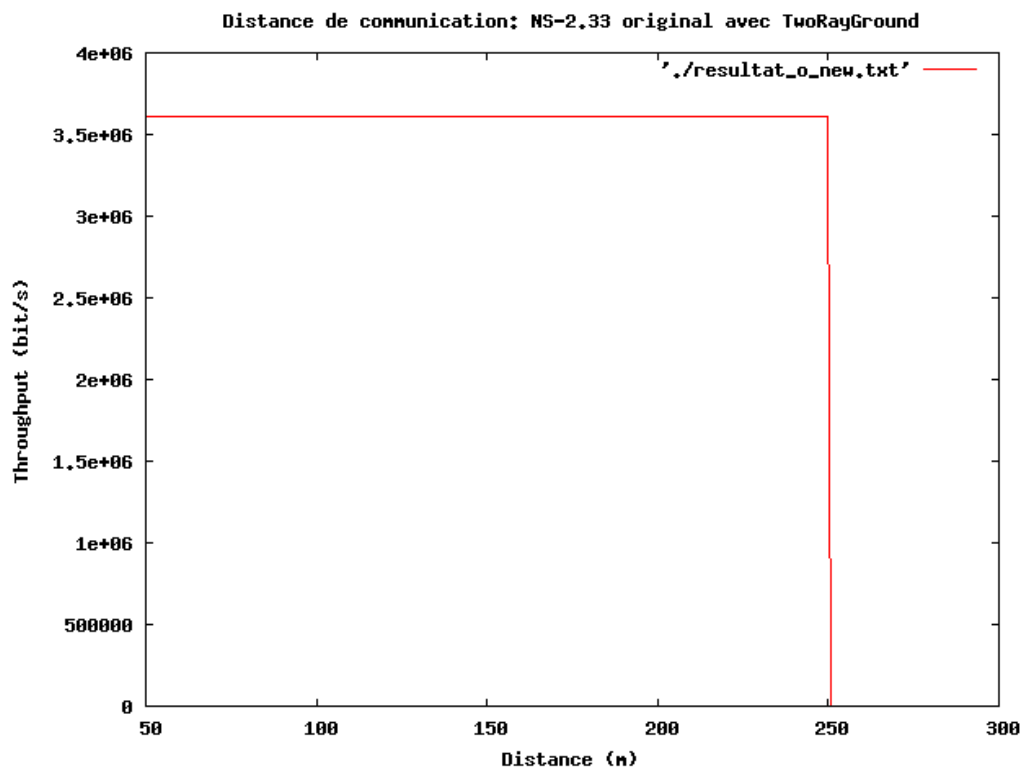


Figure 7 - Distance de communication du modèle NS-2 Original avec TwoRayGround

- **Analyse du résultat**

Avec le modèle de propagation **TwoRayGround**, la distance de communication du modèle NS-2.33 original est exacte de **250m** avec des paramètres de simulation précédents. Quand la distance entre deux nœuds d'émetteur et de récepteur change, le throughput au récepteur ne change pas. On sait que ce résultat n'existe pas dans la réalité parce que dans le réseau sans fils, quand la distance entre l'émetteur et le récepteur augmente, le throughput au récepteur diminue. Ce résultat est causé par l'implémentation du modèle de propagation **TwoRayGround**. Avec ce

Étude des modèles sans fil dans NS2

modèle, la diminution de la puissance du signal est seulement influencée par la distance, pas par l'interférence, par des obstacles, par le bruit, etc. entre l'émetteur et le récepteur.

Pour recevoir un paquet, ce modèle se base seulement sur les valeurs : **P_r**, **CSThresh**, **RXThresh** et il est implémenté comme :

```

Pr = propagation_->Pr(&p->txinfo_, &s, this);
    if (Pr < CSThresh_) {
        pkt_recvd = 0;
        goto DONE;
    }
    if (Pr < RXThresh_) {
        /*
         * We can detect, but not successfully receive
         * this packet.
         */
        hdr_cmn *hdr = HDR_CMN(p);
        hdr->error() = 1;
.....
}

```

Premièrement, si un paquet arrive au canal, ce modèle calcule la puissance de ce paquet. Puis cette puissance est comparée avec le seuil de détection de porteuse. Si elle est inférieure à ce seuil, alors ce paquet est écarté. Si la puissance de ce paquet est supérieure au seuil de détection de porteuse mais inférieure au seuil de réception, alors le modèle ajoute une erreur à l'en-tête de ce paquet. En conséquence, pour pouvoir recevoir avec succès un paquet, ce paquet doit avoir la valeur de la puissance est supérieure à la valeur du seuil de détection de porteuse et à celle du seuil de réception. Cependant, le modèle *NS-2.33 original* n'implémente pas l'effet de capture.

Je voudrais donner un exemple avec des paramètres de simulation précédents en utilisant un utile dans *NS-2.33 original* et en calculant la valeur de la puissance du signal d'un paquet à la distance de 250m et 251m.

Paramètre	Distance de Communication (m)	
	250	251
Pt_o	0.28183815 watts	
RXThresh_o	3.652e-10 watts	
CSThresh_o	1.559e-11 watts	
freq_o	2437e+6 Hz	
Valeur de puissance	3.652e-10 watts = RXThresh _o reçu avec succès	3.594e-10 watts <RXThresh _o reçu avec une erreur

Étude des modèles sans fil dans NS2

Avec le résultat obtenu, on peut dire que le modèle de propagation **TwoRayGround** implémenté dans *NS-2.33 original* n'existe pas dans réalité et ce modèle n'est pas acceptable.

3.2.1.2. Modèle NS-2.33Ext

- *Paramètres de simulation du modèle NS-2.33Ext :*

Paramètre	Valeur
Méthode de modulation	BPSK
SINR(défaut)	2.5118 watts
Bande passante	11Mbps
Modèle de propagation	Propagation/TwoRayGround
Modèle de queue d'interface	Queue/DropTail/PriQueue
Phy/WirelessPhy CStresh (Watt)	1.559e-11
Phy/WirelessPhy frequency (MHz)	2437e6
Phy/WirelessPhy (Watt) Pt_	0.28183815
Taille de paquet (byte)	1000
Temps de simulation	120s
Temps entre deux paquets (intervalle)	0.001s
Débit de flux TCP (byte/s)	10 ^e +6 (8Mbps)
RTSThreshold_ (byte)	30000

- *Résultat*

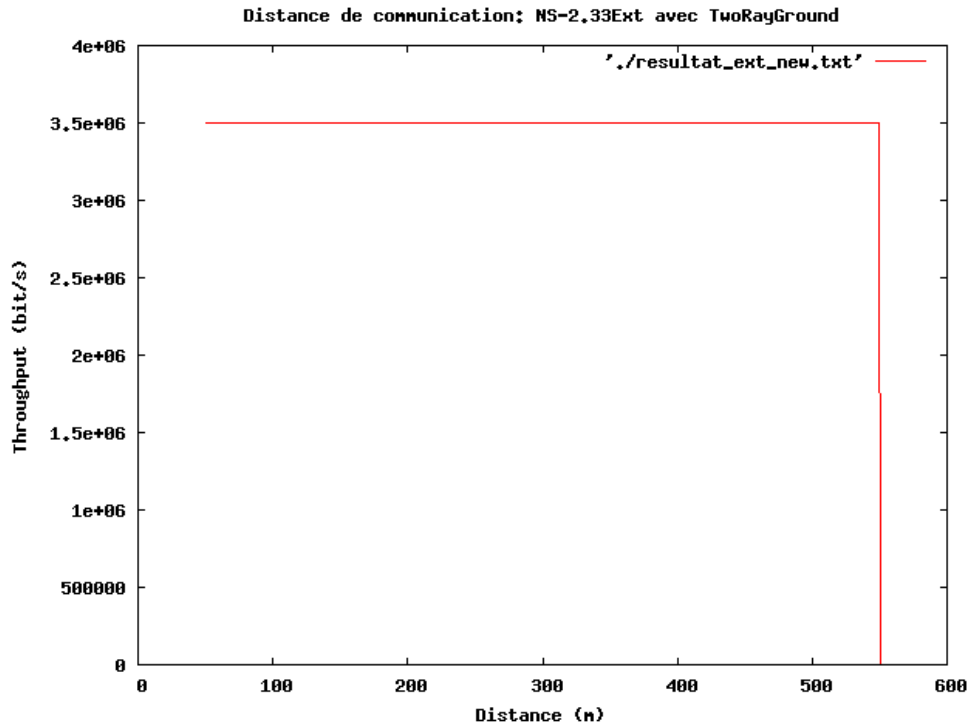


Figure 8 - Distance de communication du modèle NS-2Ext avec TwoRayGround

- *Analyse du résultat*

Avec le modèle de propagation **TwoRayGround**, la distance de communication du modèle *NS-2.33Ext* est exacte de **550m** avec les mêmes paramètres de simulation utilisé dans *NS-2.33 original*. Dans la simulation, quand la distance entre deux nœuds de transmetteur et de récepteur change, le throughput au récepteur ne change pas. Le modèle *NS-2.33Ext* utilise le même modèle de propagation communication du modèle *NS-2.33 original*.

Avec le modèle *NS-2.33Ext*, pour recevoir un paquet, le récepteur n'utilise pas le seuil de réception **RXThresh** comme le modèle *NS-2.33 original*. Ce modèle implémente l'effet de capture pour pouvoir recevoir avec succès un paquet.

Par exemple, dans la simulation, j'ai utilisé des valeurs de configuration défaut de *NS-2.33Ext*

Paramètre	Distance de Communication (m)	
	550	551
Méthode de modulation	BPSK	
Valeur SINR	2.5118 watts (4dB)	
noise_floor_	-101 dBm	
Valeur détection de porteuse	1.559e-11 watts	

Étude des modèles sans fil dans NS2

Valeur de puissance	1.559e-11 watts = CStresh reçu avec succès	1.547e-11watts < CStresh n'est pas reçu
----------------------------	--	---

J'ai utilisé un utile de *NS-2.33Ext* pour calculer la valeur du signal d'un paquet à chaque distance différente. On suppose que quand un paquet arrive au récepteur à 550m, le récepteur est libre (en état **SEARCHING**): la valeur de puissance du signal est de 1.559e-11 watts (= **CStresh**), la valeur **SINR** de ce paquet est de $(1.559e-11/\text{noise_floor_}) >$ la valeur **SINR** défaut 2.5118 watts utilisé avec cette modulation, alors ce paquet est reçu avec succès. Quand la distance de récepteur est de 551m, la valeur de puissance du signal est de 1.547e-11 watts est inférieure à la valeur de détection de porteuse 1.559e-11 watts, alors ce paquet n'est pas reçu.

NS-2.33Ext n'utilise pas le seuil réception pour recevoir un paquet mais quand on simule le modèle de propagation **TwoRayGround**, on obtient le thoughtp irréaliste.

3.2.1.3. Modèle NS2-MIRACLE

- **Paramètres de simulation du modèle NS2 Miracle :**

Paramètre	Valeur
Bande passante	11Mbps
Modèle de propagation	Propagation/MrcITwoRayGround
Modèle de queue d'interface	Queue/DropTail/PriQueue
Phy/WirelessPhy CStresh (Watt)	1.559e-11
Phy/WirelessPhy frequency (MHz)	2437e6
Phy/WirelessPhy (Watt) Pt_	0.28183815
Taille de paquet (byte)	1000
Temps de simulation	120s
Temps entre deux paquets (intervalle)	0.001s
Débit de flux TCP (byte/s)	10^6+6 (8Mbps)
RTSThreshold_ (byte)	30000

- **Résultat**

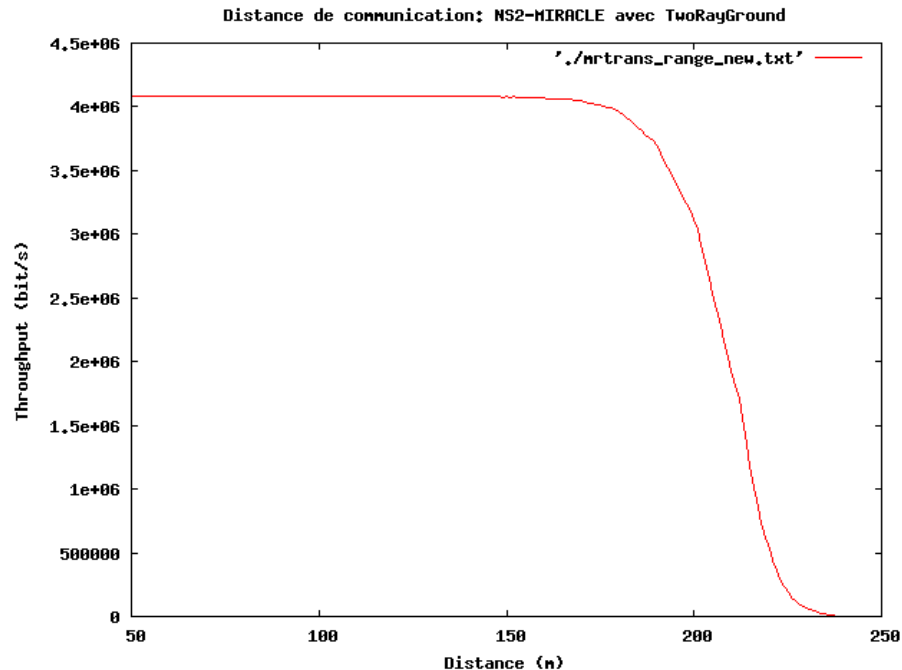


Figure 9 - Distance de communication du modèle NS2-MIRACLE avec TwoRayGround

- **Analyse du résultat**

Avec le modèle de propagation **MrclTwoRayGround**, la distance de communication est près de **230m**. Quand la distance entre le transmetteur et le récepteur est inférieure à **170m**, le throughput ne change pas. Mais si la distance est supérieure à **170m**, le throughput diminue très vite.

Pour recevoir un paquet avec succès, NS2-MIRACLE ajoute deux objets : **PowerProfile** et **Packet Error Rate (PER)**.

PowerProfile est utilisé pour suivre la somme de puissance des signaux qui existent dans la durée de simulation. La source de ces signaux est des nœuds mobiles dans la simulation et le bruit que l'on ajoute dans TCL script. Cette somme est utilisée pour calculer la somme des bruits et des interférences. L'objet **PER** utilise **PowerProfile** pour calculer et mettre à jour la valeur **SNT**, **SINR** et la méthode **get_per** de l'objet **PER** renvoie la valeur **PER** du paquet échangé entre l'émetteur et le récepteur. Quand le récepteur reçoit un paquet, il utilise l'événement que l'objet **PER** a ajouté quand cet objet calcule la valeur PER de ce paquet pour décider de recevoir un paquet avec succès ou non.

Plus précisément, dans la simulation, j'ai utilisé le modèle de propagation **MrclTwoRayGround** et la couche Physique. L'implémentation de la couche **PHY** et de la propagation **MrclTwoRayGround** sont les mêmes avec le modèle *NS-2.33 original* et *NS-2.33Ext*. J'ai utilisé une table **PER** pour tous les deux nœuds. *NS2-MIRACLE* a construit deux tables de PER pour consulter la valeur de **PER** d'un paquet dans la simulation: une table d'IEEE 802.11b et IEEE 802.11g. Avec ce script, j'ai utilisé la table de **PER** d'IEEE 802.11b pour simuler. Pour chaque nœud, j'ai créé aussi un objet **PowerProfile** pour suivre la puissance de transmission de chaque paquet. Quand la distance entre l'émetteur et le récepteur augmente, la puissance du signal de chaque paquet au récepteur diminue. Alors la valeur **SNR** diminue, la valeur **PER** augmente.

Étude des modèles sans fil dans NS2

C'est pourquoi quand simuler avec le modèle *NS2-MIRACLE*, la distance augmente, le throughput diminue.

Le code est comme le suivant:

```
if (ABS(noise_) > DBL_MIN)
    {
        snr1 = 10*log10(pkt_pow/(noise_));
        per1 = get_per( pm, snr1, len);
    }
else
    per1 = 0;

if (ABS(noise_ + interf) > DBL_MIN)
    {
        snr2 = 10*log10(pkt_pow/(noise_ + interf));
        per2 = get_per( pm, snr2, len);
    }
else
    per2=0;

double x = RNG::default_rng()->uniform_double();//la valeur est entre 0 et 1
if (x<per1)
    return PKT_ERROR_NOISE; //reçu avec non succès
else if (x<per2)
    return PKT_ERROR_INTERFERENCE ; //reçu avec non succès
else
    return PKT_OK; //reçu avec succès
```

Ce modèle donne le résultat plus réaliste que deux modèles précédents.

3.2.2. Distance de Communication Avec Shadowing

Dans cette partie j'utilise les paramètres comme dans 3.2.1.1 et 3.2.1.2 avec le modèle de propagation Shadowing.

3.2.2.1. Modèle NS-2.33 Original

- *Résultat*

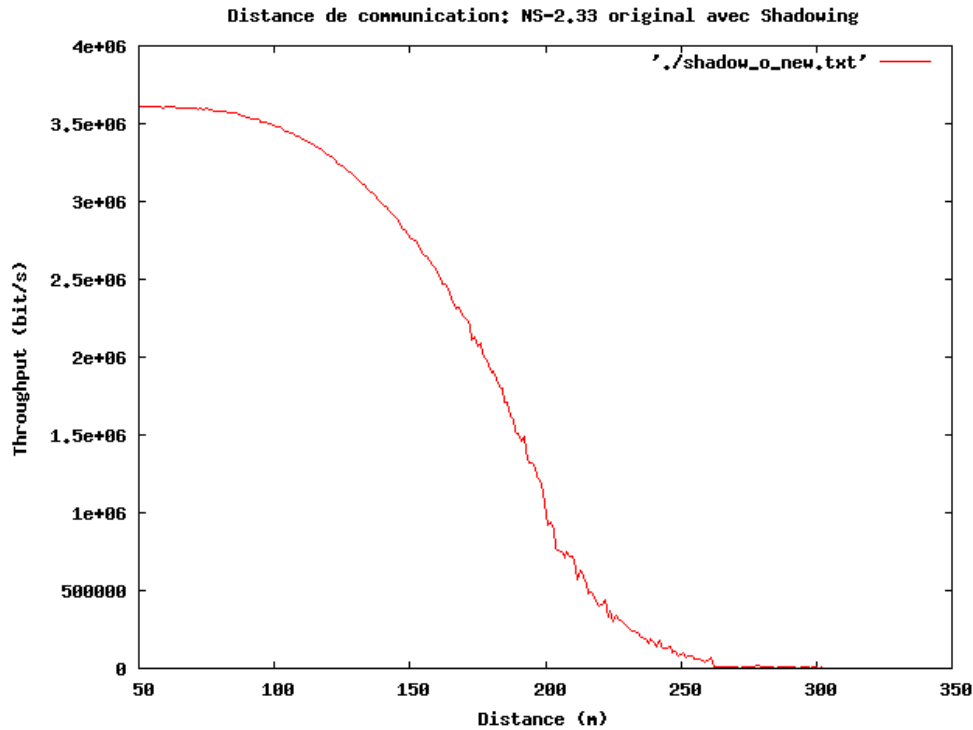


Figure 10 - Distance de communication du modèle NS-2 original avec Shadowing

- *Analyse du résultat*

Avec le modèle de propagation, quand la distance est supérieure à **50m**, le throughput au récepteur diminue. La distance augmente, le throughput diminue aussi. La distance de communication est un peu grande **250m**.

Avec ce modèle de propagation, la diminution du signal est seulement influencée par la distance. Cette diminution concerne aussi une variable aléatoire. Le signal reçu au récepteur est une expression exponentielle de **10** qui concerne une variable aléatoire. Avec cette formule, la distance augmente, le paquet est perdu de plus en plus.

La simulation utilisée cette propagation donne un résultat acceptable.

3.2.2.2. Modèle NS-2.33Ext

- *Résultat*

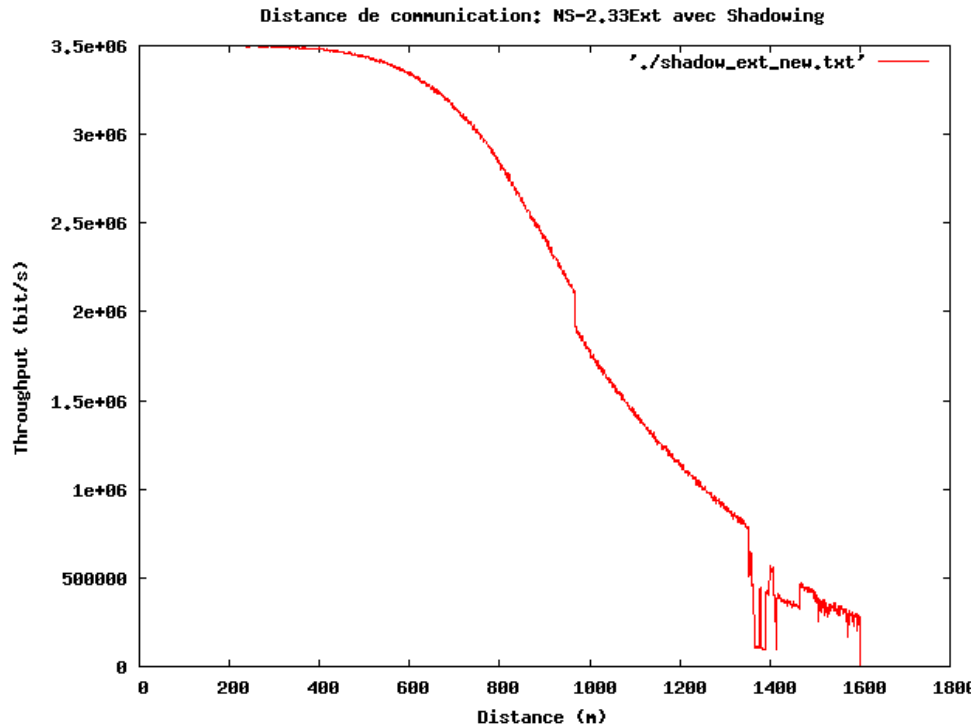


Figure 11 - Distance de communication du modèle NS-2.33Ext avec Shadowing

- *Analyse du résultat*

La simulation utilise ce modèle de propagation avec le module *NS-2.33Ext*, la distance de simulation est de **1600m**. Quand la distance est supérieure à 200m, le throughput diminue. Quand la distance augmente, le throughput diminue de plus en plus.

3.2.3. Distance De Détection De Porteuse

Pour comparer la distance de détection de porteuse, j'ai utilisé deux scénarios : un scénario de nœud caché et un scénario de deux paires.

3.2.3.1. Scénario de Deux Paires

Dans ce scénario, il y a deux paires :

- Paire 1 : A envoie des informations à B
- Paire 2 : C envoie des informations à D

En plus, j'ai changé la distance entre deux stations d'émission A et C. La distance entre A et B et la distance entre C et D ne change pas toujours. Quand A et C sont proches, ils se trouvent dans la zone de détection de porteuse de l'autre. La station A, par exemple, veut envoyer des informations à B, elle écoute le canal. Si la puissance du canal est supérieure à un seuil de détection de porteuse, il va attendre le canal devient libre pour envoyer des informations.

Quand A et C sont suffisamment éloignés, autrement dit A ou C n'est pas dans la zone de détection de porteuse de l'autre, A et C vont envoyer des informations simultanément à B et D correspondants. Dans ce scénario, je n'utilise pas la méthode **RTS/CTS**.

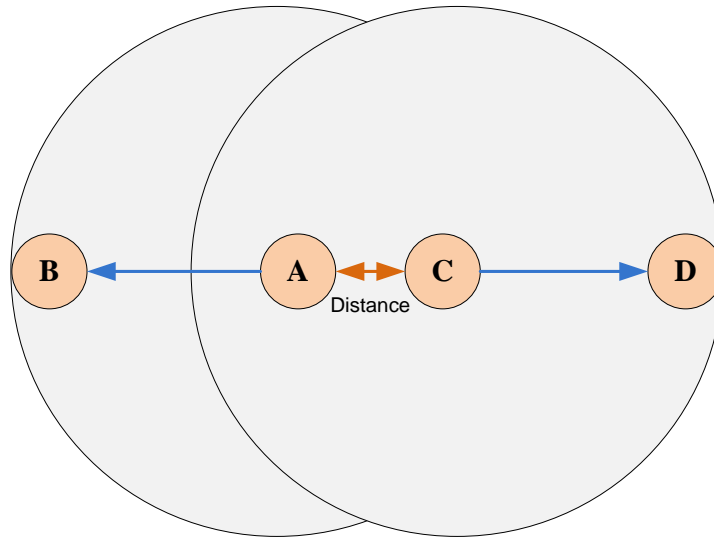


Figure 12 - La communication de deux paires

a. Modèle NS-2 Original

- **Paramètres de simulation du modèle NS-2 Original :**

Paramètres	Valeur
Bande passante	11Mbps
Modèle de propagation	Propagation/TwoRayGround
Modèle de queue d'interface	Queue/DropTail/PriQueue
Phy/WirelessPhy CPTresh (dB)	10.0
Phy/WirelessPhy CSTresh (Watt)	1.559e-11
Phy/WirelessPhy RXThresh (Watt)	3.652e-10
Phy/WirelessPhy frequency (MHz)	2437e6
Phy/WirelessPhy (Watt) Pt_	0.28183815
Taille de paquet (byte)	1000
Temps de simulation	120s
Temps entre deux paquets (intervalle)	0.001s
Débit de flux TCP (byte/s)	10^6+6 (8Mbps)

RTSThreshold_ (byte)	30000
----------------------	-------

- *Résultat*

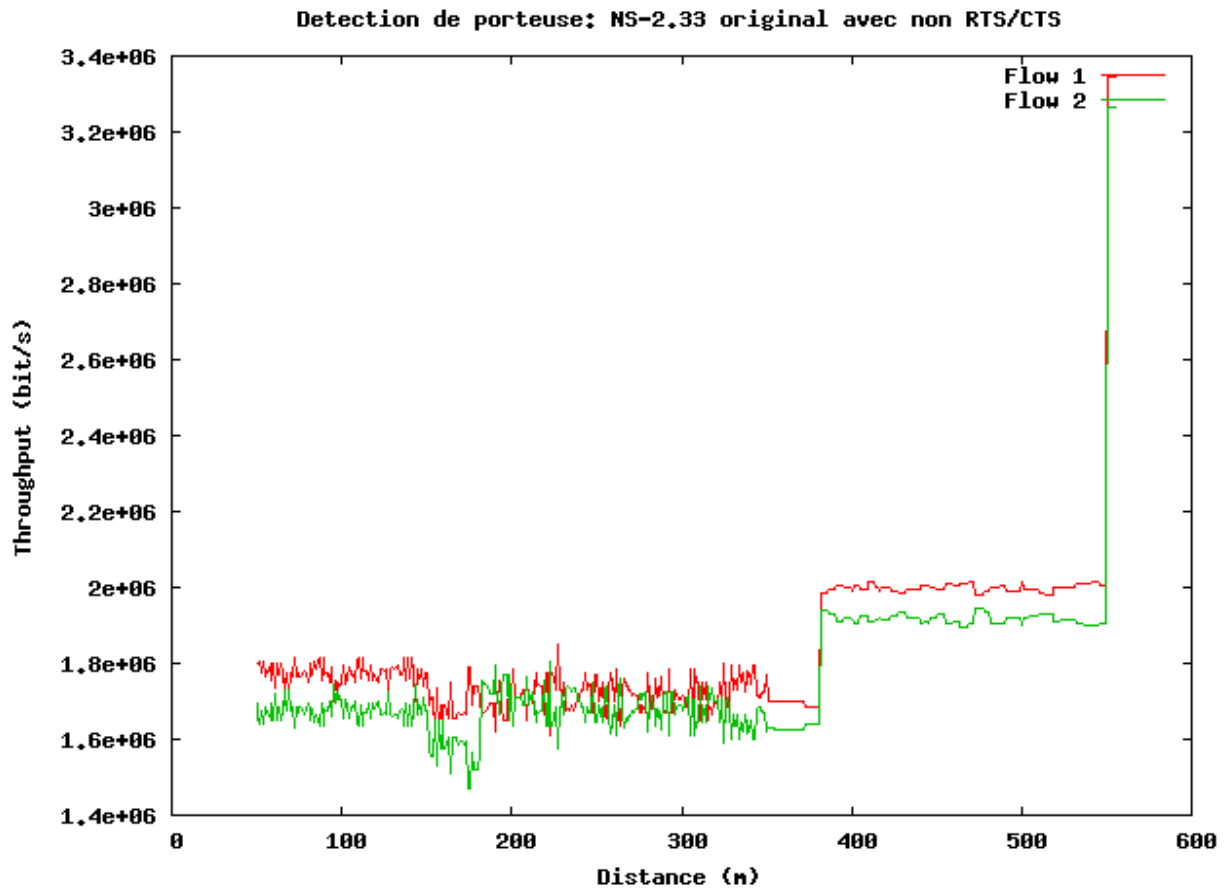


Figure 13 - Distance de détection de porteuse du modèle NS-2 original avec deux paires

- *Analyse du résultat*

Quand la distance entre deux émetteurs est inférieure à **550m**, la somme de throughput de deux récepteurs est près de **3.5 Mb/s**. Quand la distance entre deux émetteurs est supérieure à 550m, le throughput de deux récepteurs est le même et près de **3.5Mb/s**. Quand la distance entre deux émetteurs est inférieure à **550m**, ces deux émetteurs sont dans la zone de détection de porteuse d'autre. Dans cette zone, par exemple, quand l'émetteur A veut transmettre un paquet, il écoute le canal. Si la puissance du signal sur ce canal est supérieure au seuil de détection de porteuse, il ne transmet pas tout de suite et il attend le canal libre pour transmettre son paquet. Avec l'émetteur B, quand il veut transmettre un paquet, il va faire comme la façon de A. Dans ce cas, deux émetteurs partage un canal.

Quand la distance entre A et B est supérieure à **550m**, deux émetteurs ne sont pas dans la zone de détection de porteuse d'autre. S'il veut transmettre un paquet, il utilise le canal pour le transmettre.

b. Modèle NS-2Ext

- **Paramètres de simulation du modèle NS-2Ext :**

Paramètres	Valeur
Bande passante	11Mbps
Modèle de propagation	Propagation/TwoRayGround
Modèle de queue d'interface	Queue/DropTail/PriQueue
Phy/WirelessPhy CStresh (Watt)	1.559e-11
Phy/WirelessPhy frequency (MHz)	2437e6
Phy/WirelessPhy (Watt) Pt_	0.28183815
Taille de paquet (byte)	1000
Temps de simulation	120s
Temps entre deux paquets (intervalle)	0.001s
Débit de flux TCP (bit/s)	10 ^e +6 (8Mbps)
RTSThreshold_ (byte)	30000

- **Résultat**

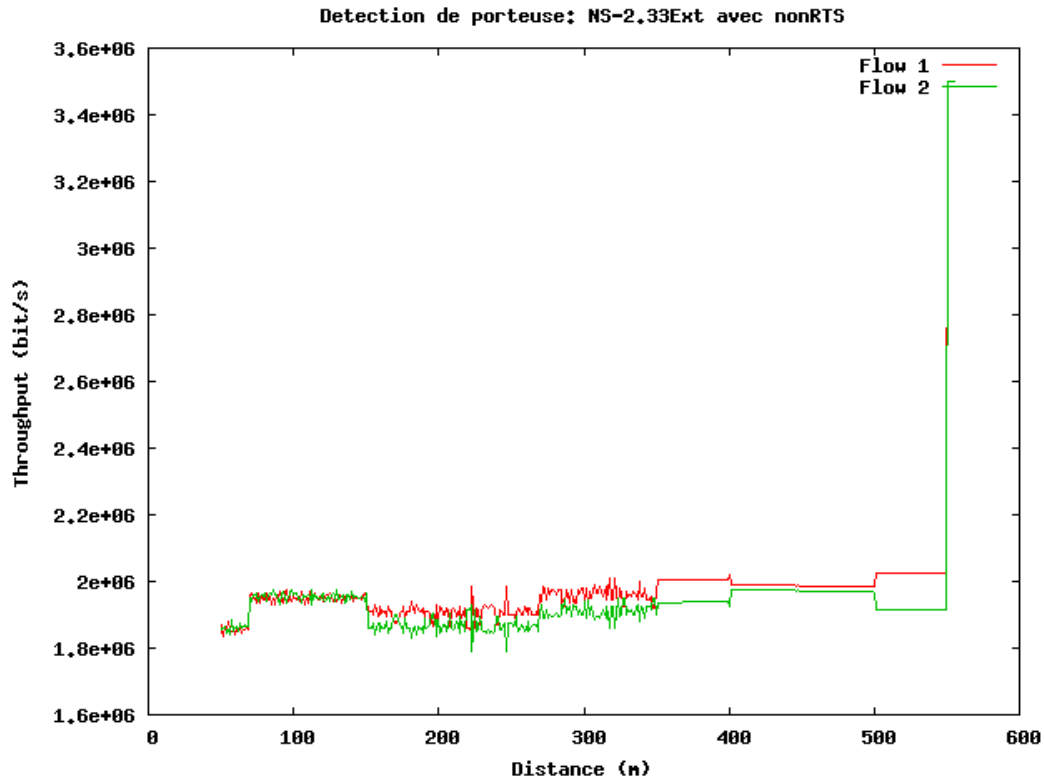


Figure 14 - Distance de détection de porteuse du modèle NS-2Ext avec deux paires

- **Analyse du résultat**

Ce modèle est la même avec le modèle *NS-2.33 original*. Quand la distance est inférieure à **550m**, le throughput de deux récepteurs est petit car un émetteur se trouve dans la zone de détection de porteuse de l'autre. Dans ce cas ils doivent partager le canal. Quand la distance est supérieure à **550m**, le throughput de deux récepteurs augmente. Mais avec le modèle *NS-2.33Ext*, quand la distance est inférieure à **550m**, la somme de throughput n'est pas égale au throughput quand la distance est supérieure à **550m**.

c. Modèle NS2-MIRACLE

- **Paramètres de simulation du modèle NS-2 Miracle :**

Paramètres	Valeur
Bande passante	11Mbps
Modèle de propagation	Propagation/TwoRayGround
Modèle de queue d'interface	Queue/DropTail/PriQueue
Phy/WirelessPhy CStresh (Watt)	1.559e-11

Étude des modèles sans fil dans NS2

Phy/WirelessPhy frequency (MHz)	2437e6
Phy/WirelessPhy (Watt) Pt_	0.28183815
Taille de paquet (byte)	1000
Temps de simulation	120s
Temps entre deux paquets (intervalle)	0.001s
Débit de flux TCP (byte/s)	10^6+6 (8Mbps)
RTSThreshold_ (byte)	30000

- **Résultat**

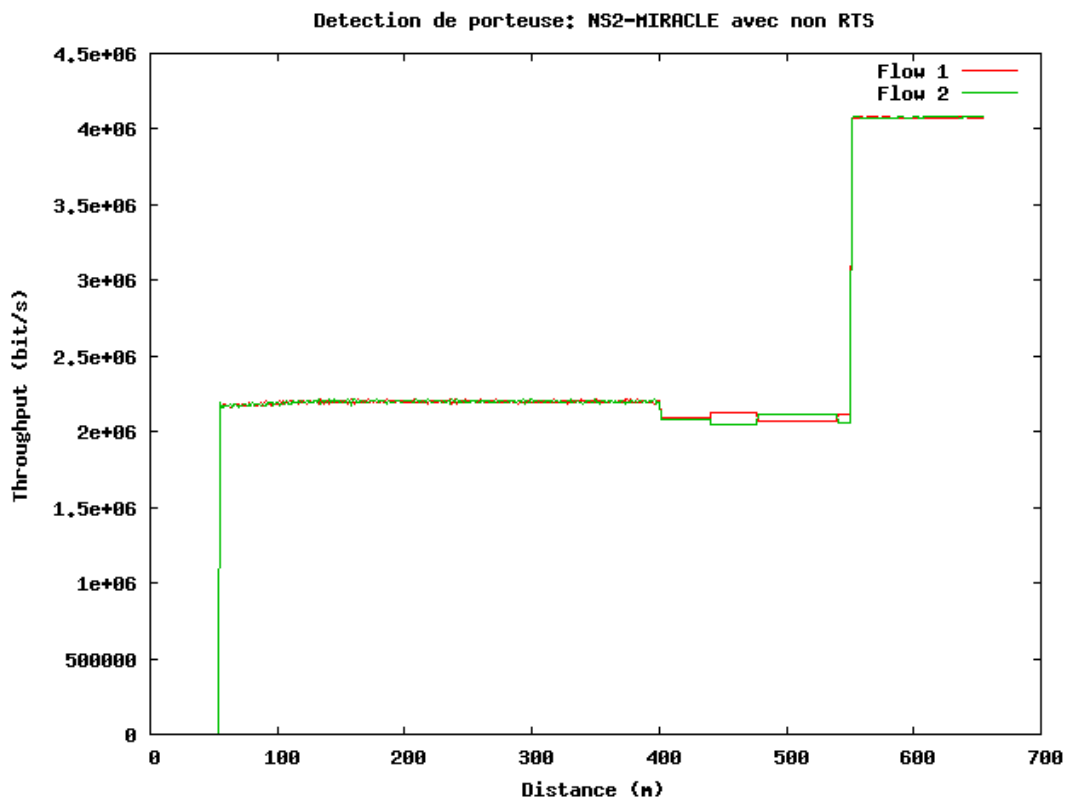


Figure 15 - Distance de détection de porteuse du modèle NS2-MIRACLE avec deux paires

- **Analyse du résultat**

Avec ce modèle, quand la distance entre deux émetteurs est inférieure à **50m**, le throughput de deux récepteurs est égal à **0**. Quand la distance entre deux émetteurs est entre **50m** et **550m**, le throughput de deux récepteurs est pareil et bas. Quand la distance est supérieure à **550m**, le throughput de deux récepteurs augmente. C'est parce que quand la distance est supérieure à

550m, l'émetteur n'est pas dans la zone de détection de porteuse d'autre, il ne doit pas partager le canal.

3.2.3.2. Scénario De Nœud Caché

Dans ce scénario, la distance entre B et A est la même de celle entre C et A. Pour faire une étude comparative de l'implémentation le mode **DFC** du standard IEEE 802.11, j'ai changé la distance entre B et A et la distance entre C et A. Au début, B est dans la zone de détection de porteuse de C et C est dans la zone de détection de porteuse de B.

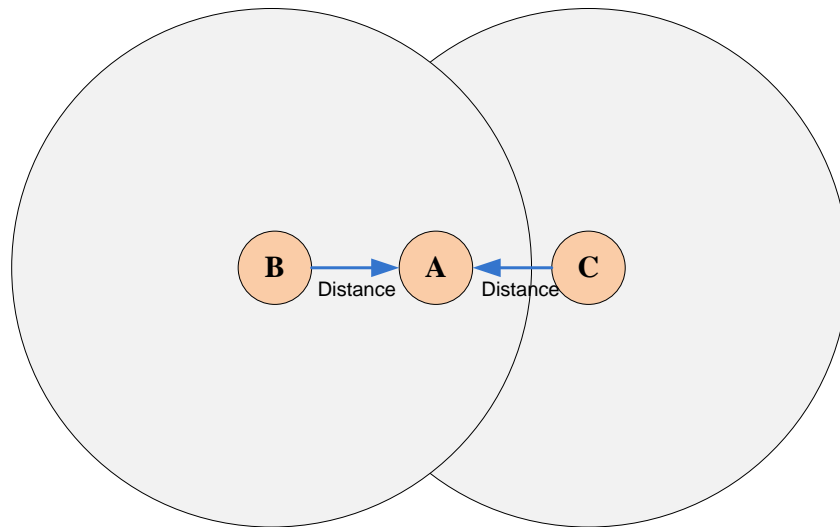


Figure 16 - Nœud caché

a. Modèle NS2-Original

- Paramètres de simulation du modèle NS-2 Original :

Paramètres	Valeur
Bande passante	11Mbps
Modèle de propagation	Propagation/TwoRayGround
Modèle de queue d'interface	Queue/DropTail/PriQueue
Phy/WirelessPhy CPTresh (dB)	10.0
Phy/WirelessPhy CSTresh (Watt)	1.559e-11
Phy/WirelessPhy RXThresh (Watt)	1.559e-11
Phy/WirelessPhy frequency (MHz)	2437e6
Phy/WirelessPhy (Watt) Pt_	0.28183815

Étude des modèles sans fil dans NS2

Taille de paquet (byte)	1000
Temps de simulation	120s
Temps entre deux paquets (intervalle)	0.001s
Débit de flux UDP (byte/s)	10^6 (8Mbps)
RTSThreshold_ (byte)	30000

- **Résultat**

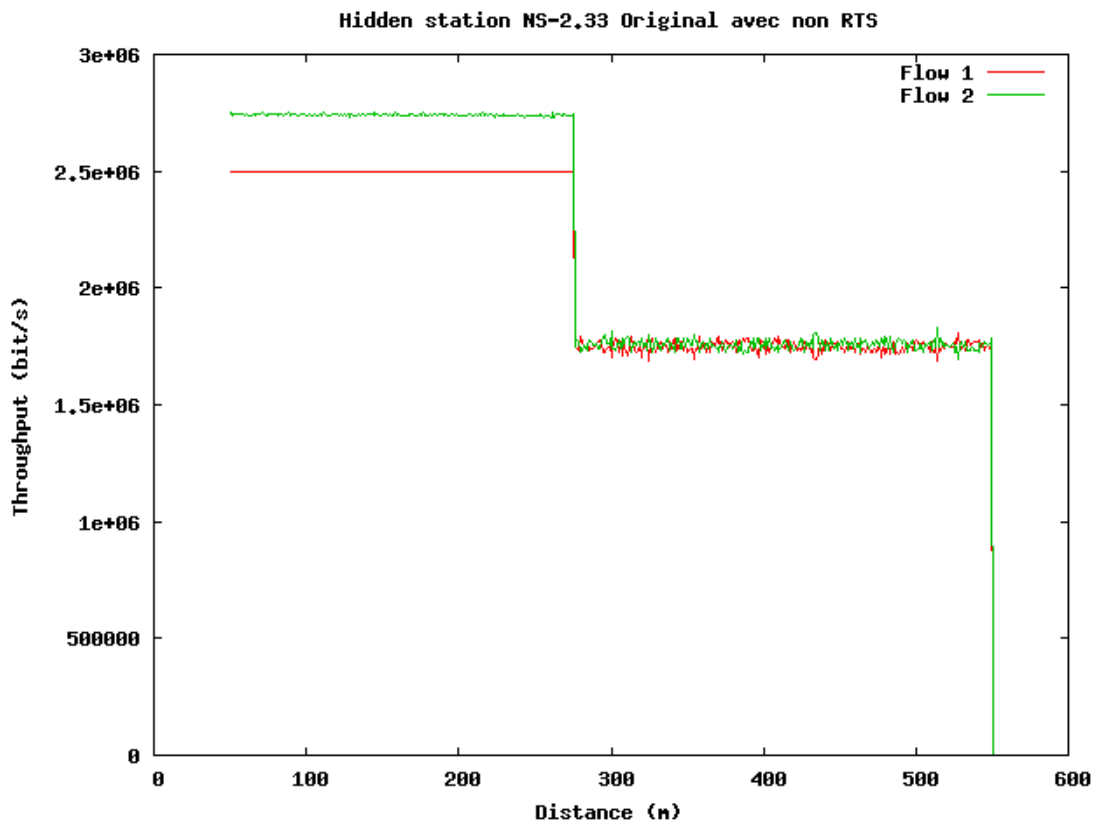


Figure 17 - Résultat du nœud caché du modèle NS-2 original avec non RTS

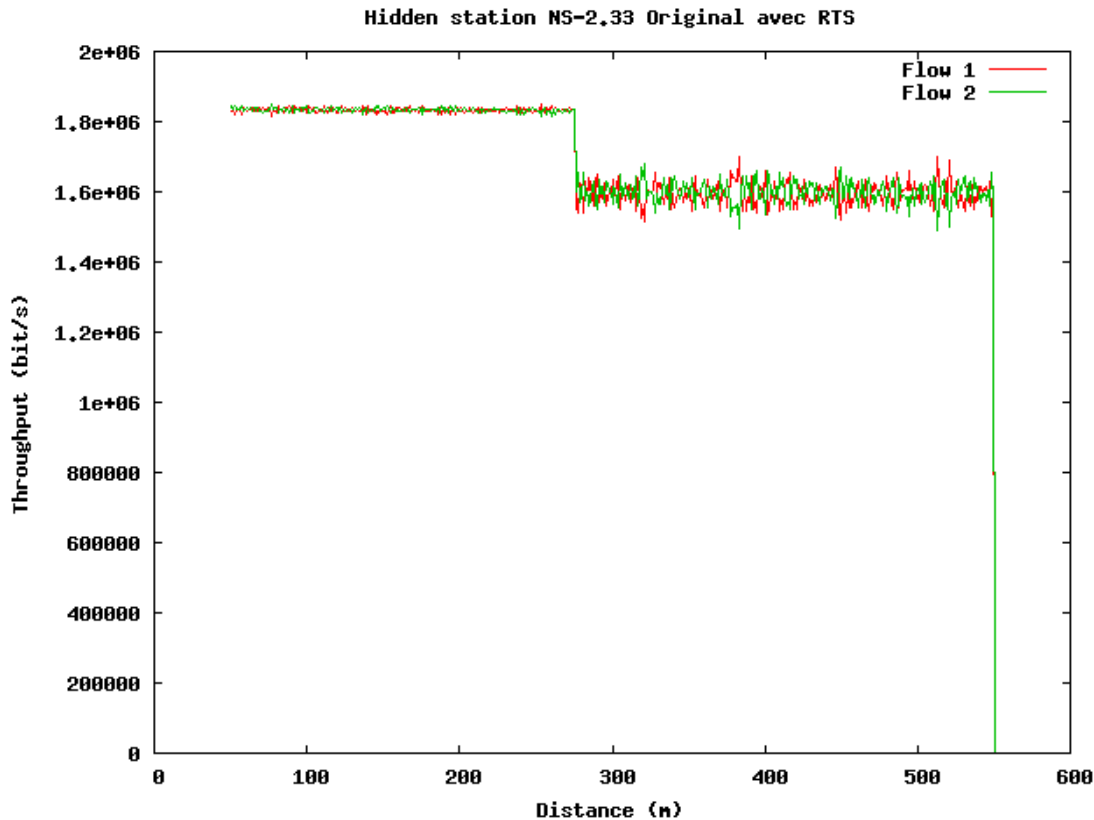


Figure 18 - Résultat du nœud caché du modèle NS-2 original avec RTS

- *Analyse du résultat*

Dans cette simulation, je dois étudier la distance de détection de porteuse, je dois donc allonger la distance de communication. Pour faire ça, j'ai utilisé la valeur le seuil de détection de porteuse égal à celui de communication ($CSThresh = RXThresh$) et la distance de simulation est égal à celle de détection de porteuse (= 550m)

Quand on utilise la méthode **DCF** avec non **RTS/CTS**, on a obtenu le résultat comme la figure 17. Dans ce cas, l'émetteur B et l'émetteur C se trouvent dans la zone de détection de porteuse de l'autre. Si B ou C veut envoyer le paquet à A, alors, premièrement, B ou C doit écouter le canal et si le canal est occupé, il doit attendre. On suppose que B veuille envoyer un paquet à A, B écoute donc le canal, s'il voit que le canal est occupé, il doit attendre un temps (**DIFS**). Dans cette simulation, il n'y a que deux nœuds qui envoient des informations à A. Après le temps **DIFS**, B peut envoyer des informations à A. Avec C, s'il veut envoyer les informations à A, il va faire comme avant. Dans ce cas, il n'y a pas de collision à A et B et C partagent un canal. Quand la distance entre B et A et la distance entre C et A sont inférieure de **275m**, la distance entre B et C est de $275 + 275 = 550m$, B et C sont dans la zone de détection de porteuse de l'autre. Dans ce cas, le débit de B à A et de C à A est près de **2,6Mb/s**.

Quand la distance entre B et A et celle entre C et A sont supérieure à **275m**. Dans ce cas, B et C ne sont pas dans la zone de détection de porteuse de l'autre. B et C peuvent envoyer simultanément à A, alors il y a des collisions à A. Dans ce cas, le débit de B à A et celui de C à A diminuent et près de **1,6Mb/s**.

Étude des modèles sans fil dans NS2

Quand on active la méthode **RTS/CTS**, on obtenu le résultat comme la figure 18. Si la distance entre B et A et celle entre C et A sont inférieures à **275m**, le débit entre B et A et celui entre C et A sont inférieures au débit entre B et A et à celui entre C et A dans le cas où on n'utilise pas la méthode **RTS/CTS**. Quand on utilise la méthode **RTS/CTS**, le débit diminue parce que les émetteurs doivent utiliser le canal pour échanger les informations de contrôle avec le récepteur et la vitesse de transmission des informations de contrôle (**1Mbps**) est inférieure à celle de transmission de données (**11Mbps**).

Quand la distance entre B et A et la distance entre C et A sont supérieures de **275m**, le débit entre C et A et celui entre B et A diminuent et sont les mêmes avec le résultat obtenu quand on n'utilise pas la méthode **RTS/CTS**.

b. Modèle NS2-Ext

- **Paramètres de simulation du modèle NS-2Ext :**

Paramètres	Valeur
Bande passante	11Mbps
Modèle de propagation	Propagation/TwoRayGround
Modèle de queue d'interface	Queue/DropTail/PriQueue
Phy/WirelessPhyExt CStresh (Watt)	1.559e-11
Phy/WirelessPhyExt frequency (MHz)	2437e6
Phy/WirelessPhyExt (Watt) Pt_	0.28183815
Taille de paquet (byte)	1000
Temps de simulation	120s
Temps entre deux paquets (intervalle)	0.001s
Débit de flux UDP (byte/s)	10 ⁶ +6(8Mbps)
RTSThreshold_ (byte)	30000

- **Résultat**

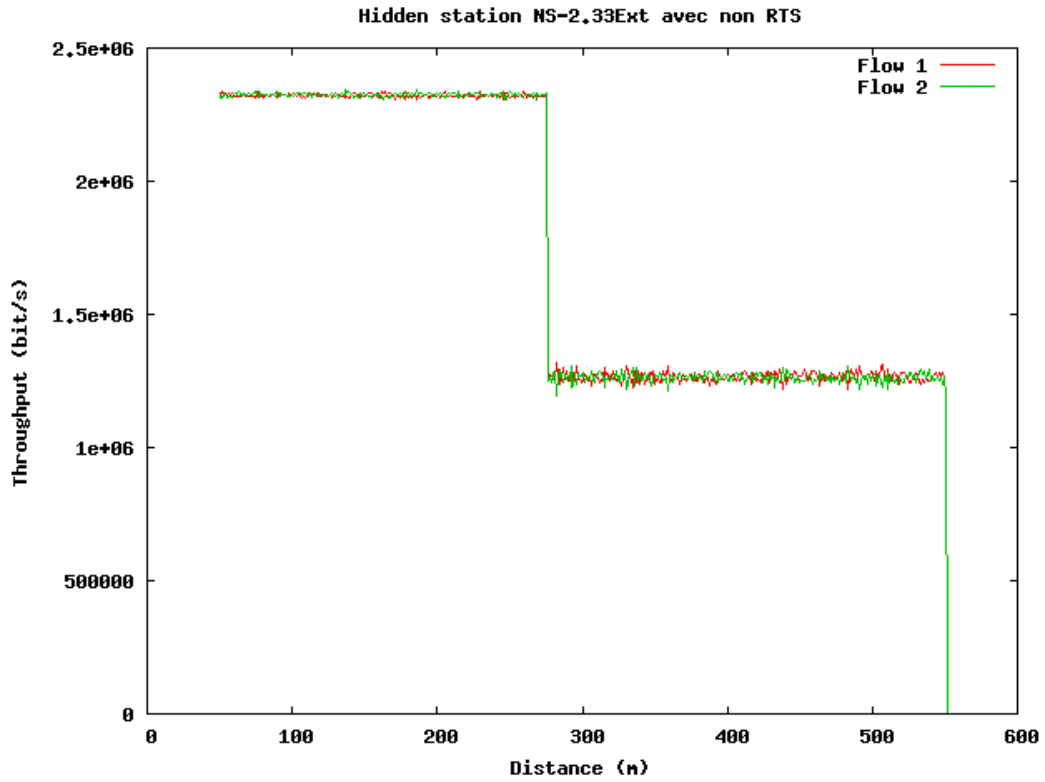


Figure 19 - Résultat du nœud caché du modèle NS-2Ext avec non RTS

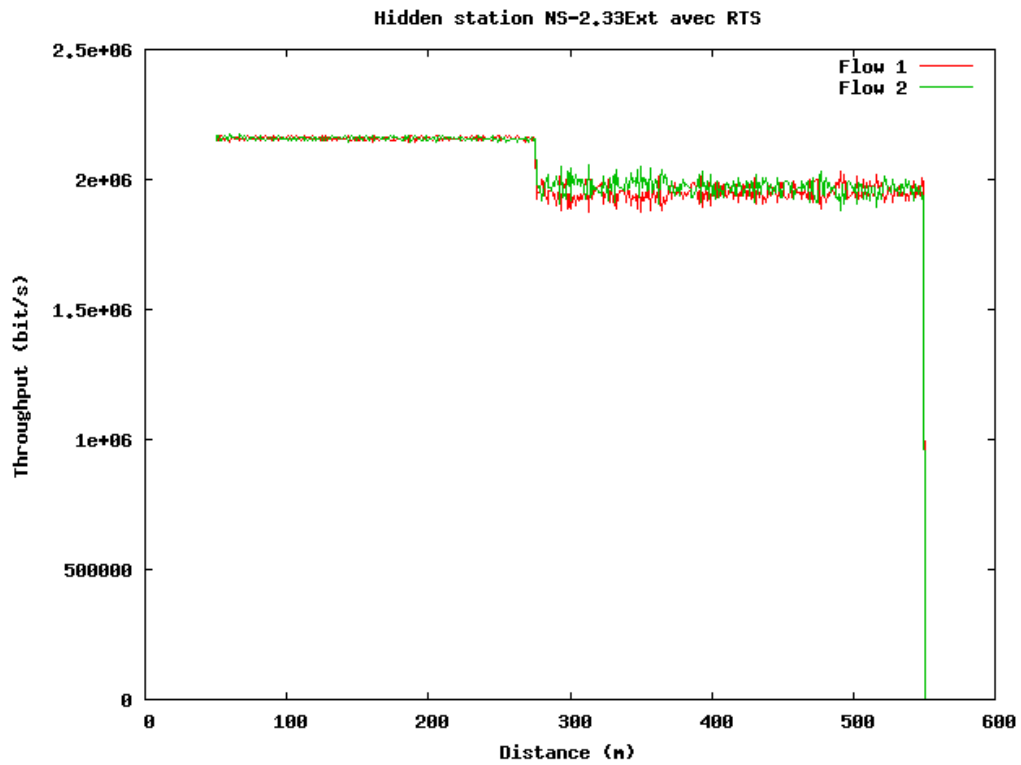


Figure 20 - Résultat du nœud caché du modèle NS-2Ext avec RTS

- *Analyse du résultat*

Le résultat obtenu du modèle *NS-2.33Ext* est différent de celui obtenu de *NS-2.33 original*.

Quand on n'utilise pas la méthode **RTS/CTS**, la distance entre B et A et celle entre C et A sont inférieures à **275m**, le throughput de B à A et celui de C à A sont égaux et près de **2,3Mb/s**. Dans ce cas, B et C sont dans la zone de détection de porteuse de l'autre. La station B, par exemple, veut envoyer des informations à A, elle doit écouter le canal. Si le canal est occupé, il doit attendre. Dans la zone de détection de porteuse, B et C partagent un canal.

Mais quand la distance entre B et A et celle entre C et A sont supérieures à 275m, le throughput de B à A et celui de C à A diminuent beaucoup et sont près de **1,2Mb/s**. Dans ce cas, B et C peuvent envoyer simultanément des informations à A et il y a des collisions à A, c'est pourquoi le throughput diminue.

Quand on utilise la méthode **RTS/CTS**, la distance entre B et A et celle entre C et A inférieures à **275m**, le throughput de B à A et celui de C à A sont égaux et près de **2,2Mb/s**. Le throughput diminue parce B et C doivent utiliser le canal pour échanger les informations de contrôle avec A et la vitesse des informations de contrôle (**1Mbs**) est plus petite que la vitesse de données (**11Mbs**).

La distance entre B et A et celle entre C et A supérieures à **275m**, le throughput de B à A et celui de C à A diminuent un peu et ils sont les mêmes et égaux à **2Mb/s**. Dans ce cas le throughput est plus grand que le throughput quand on n'utilise pas la méthode **RTS/CTS**.

4. CONCLUSION ET PERSPECTIVES

4.1. CONCLUSION

Premièrement, dans des scénarios de simulation, j'ai utilisé le modèle de propagation **TwoRayGround**. Cependant, par rapport à l'implémentation dans NS-2.33, ce modèle ne considère pas le cas où la distance entre l'émetteur et le récepteur est égale à 0. En réalité, ce cas n'existe pas mais dans la simulation peut-être il existe. Il y a donc des résultats irréalistes.

Deuxièmement, ce modèle considère qu'il existe un chemin direct entre l'émetteur et le récepteur et celui de réflexion de la terre. D'après [6], quand la distance entre l'émetteur et le récepteur est éloignée, ce modèle donne le résultat juste. A partir de la formule de ce modèle, ce modèle utilise une grande décroissance de la puissance. Mais quand la distance entre l'émetteur et le récepteur est petite, ce modèle ne donne pas de bons résultats en raison des interférences destructives et négatives des deux ondes, ceux qui provoquent des oscillations.

Dans ce TPE, j'ai étudié le standard IEEE 802.11 - un standard est très important car il est utilisé dans beaucoup de réseaux locaux sans fil. J'ai aussi étudié l'implémentation de la couche physique de ce standard dans deux modèles : *NS-2 original* et *NS-2Ext*. Je trouve que le modèle 802.11 dans *NS-2 original* est très simple : ce modèle n'implémente pas l'effet de capture de trame 802.11, l'accumulation la valeur **SINR**, etc. Pourtant, le modèle 802.11 dans *NS-2Ext* est plus logique et réaliste que le modèle *NS-2 original* : ce modèle implémente l'effet de capture de trame 802.11, la collision est gérée plus réaliste.

Dans beaucoup de documents, je trouve aussi que le problème de *multipath fading* et le canal de **Rice** ou **Rayleigh** est réaliste. C'est une caractéristique fondamentale de la propagation des ondes. Mais ces problèmes ne sont pas inclus dans l'implémentation de deux modèles *NS-2.33 original* et *Ext*.

Dans la partie pratique, j'ai créé trois scénarios pour comparer deux modèles sur la distance de communication et celle de détection de porteuse. Pour étudier la distance de communication, j'ai utilisé un scénario d'une paire. Pour étudier la distance de détection de porteuse, j'ai utilisé un scénario de nœud caché, et un scénario de deux paires. Avec le résultat obtenu, il me semble que le modèle *NS-2Ext* est plus réaliste que le modèle *NS-2 original*.

Par rapport le modèle NS2-MIRACLE, il a pour but de résoudre le problème de multicanaux du modèle *NS-2 original*. En plus, c'est lui qui hérite principalement des fonctions du modèle *NS-2.33 original* et est ajouté la façon pour capturer des paquets. Cette façon utilise la table de **PER**. Ce modèle donne le résultat plus réaliste que deux modèles *NS-2.33 original* et *NS-2.333Ext* mais la façon de simulation est très difficile, il n'est pas normalisé dans simulation.

Dans le domaine de simulation du réseau sans fil, il y a beaucoup d'études pour améliorer le simulateur NS-2. Mon étude est une petite partie. Quand j'ai utilisé NS-2.33 pour étudier, la version NS-2.34 et NS-3.4 est sorties. Avec NS-3, il va reconstruire totalement l'implémentation du réseau filaire comme le réseau sans fil.

4.2. PERSPECTIVES

Pour améliorer ce travail, il faut mieux choisir des paramètres dans les scripts de simulation. Dans la partie pratique. J'ai utilisé seulement les valeurs défaut données dans NS2.

Étude des modèles sans fil dans NS2

- Je n'ai pas encore comparé la performance dans le cas où on utilise RTS/CTS avec le cas où on ne l'utilise pas.
- Il reste des parties que je n'ai pas simulées, par exemple, deux modèles *NS-2.33Ext* et *NS2-MIRACLE* implémentent l'effet de capture mais je n'ai pas encore comparé la performance avec le cas où on n'utilise pas l'effet de capture.
- Pour obtenir le résultat réaliste, on doit construire un modèle de propagation qui doit concerne à path loss, fading model, le bruit dans l'air et l'interférence de l'autre signal.

Références

- [1] I. G. Lassous, *Réseaux ad hoc*, Cours MIF11 de l'Université Claude Bernard - Lyon 1, 2007 - 2009
- [2] N. Baldo, F. Maguolo, M. Miozzo, M. Rossi et M. Zorzi, *ns2-MIRACLE: a Modular Framework for Multi-Technology and Cross-Layer Support in Network Simulator 2*, Departement of Information Engineering - University of Padova, Italy, 2007
- [3] J. Ryu, J. Lee, S.J. Lee et T. Kwon, *Revamping the IEEE 802.11a PHY Simulation Models*, School of Computer Science and Engineering, Seoul National University, Korea, 2008
- [4] Q. Chen, F. Schmidt-Eisenlohr, D. Jiang, M. Torrent-Moreno, L. Delgrossi et H. Hartenstein, *Overhaul of IEEE 802.11 Modeling and Simulation in NS-2*, DaimlerChrysler Research and Design North America Inc., 2007
- [5] Q. Chen, D. Jiang, V. Taliwal, L. Delgrossi, *IEEE 802.11 based Vehicular Communication Simulation Design for NS-2*, DaimlerChrysler Research and Technology North America, Inc., 2006
- [6] I. Stepanov, D. Herrscher, K. Rothermel, *On the Impact of Radio Propagation Models on MANET Simulation Results*, Institute of Parallel and Distributed Systems, University Stuttgart, 2005
- [7] Le simulateur du réseau – ns-2: <http://www.isi.edu/nsnam/ns/> (Consulté le 7 mars 2009)
- [8] LAN/MAN Standards Committed of the IEEE Computer Society, *Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications, Part 11 of IEEE Standard for Information Technology Telecommunications and Information Exchange between Systems. Local and Metropolitan Area Network – Specific Requirements*, 1997