Analyse de performance de handover vertical entre réseaux UMTS et WLAN

Chapitre IV : Étude de performance dans le cadre d'une mobilité hétérogène : cas UMTS/802.11

Nous commençons ce chapitre par introduire les métriques de performance, en second lieu nous décrivons l'architecture proposée, puis le modèle de simulation sera présenté en en troisième, et en dernier lieu nous analysons les différents résultats obtenus.

INTRODUCTION

Les protocoles de mobilité permettent le support du *handover* entre les deux architectures. A présent, il est intéressant d'expliciter l'exécution à proprement parler du *handover* inter-système entre UMTS et 802.11. En effet, le protocole de mobilité autorise l'interaction de couche réseau ou supérieur entre les deux réseaux. Cependant, UMTS traite la mobilité par *handover* et resélection de cellule alors que 802.11 traite la mobilité par transitions.

↳ Problématique de la recherche

Constitue les réseaux hétérogènes dans nos jours un domaine de recherche très important, vu le nombre des normes mobiles qui n'a cessé d'augmenter et les problèmes d'interaction qu'en résulte nous allons essayer dans cette section de répondre sur les questions suivantes : Comment les réseaux hétérogènes est considéré comme un nouveau domaine de recherche ? C'est quoi la mobilité dans ces réseaux ? Par la suite nous présentons notre étude de cas pratique UMTS/802.11, et finalement Quel est l'impacte de la sécurité dans le cas de *handover* ?

Avec la croissance exponentielle de l'Internet et l'expansion des réseaux cellulaires, l'Internet sans fil devient une réalité. En raison de la bande passante limitée et du prix de service élevé des réseaux cellulaires, il y a une tendance d'intégrer le WLAN et les réseaux cellulaires, qui fourniront aux utilisateurs la connexion à l'Internet "n'importe quand et n'importe où" (*any-time, any-where*) aussi bien avec un débit plus important et moins coûteux de données dans la zone de couverture qui est limitée.

Cette évolution de réseau, et l'émergence de nouveau protocole IP tel qu'IPv6, nous mène vers l'hypothèse que les plus part des réseaux sans fil qui interagir par l'intermédiaire d'IP que ces interactions seront basé sur une plateforme IPv6 dans le future.

La gestion de la mobilité est considérée comme étant le principal élément dans ce nouveau type de réseau, nous voulons dire par cela que le *handover* entre ces différents réseaux faira l'objet da notre étude.

I. Les métriques de performance

Dans cette section, nous discutons les métriques de performance utilisées pour mesurer les effets de *handover* sur la performance de MN.

1. La durée de *handover* (*handover latancy*)

La durée (ou latence) de *handover* est le temps nécessaire pour accomplir le *handover*. Elle inclut la détection de mouvement, la prise de décision, l'attribution de la nouvelle adresse et la redirection du trafic. Le début de *handover* est l'instant où la MN entre/quitte la cellule. Pendant le *handover*, la MN ne peut pas utilisée l'interface sur laquelle oriente son flux, jusqu'à ce que le *handover* s'achève. Cependant, pendant le *handover*, la MN pourrait émettre et recevoir des paquets sur une autre interface.

2. Les paquets perdus (*Packet loss*)

Les paquets perdus sont le rapport entre les paquets jetés en raison des erreurs et les paquets prévus pendant le *handover*.

3. la probabilité de générer un faux trigger (*Probability of wrong link trigger generation*)

Le *trigger* est une procédure déclenché par une entité et générant un événement à exécuter par une autre entité homologue. La génération d'un faux trigger peut être expliquée par un MN comme le début de *handover*. Quelques *triggers* (par exemple *Link down*) sont générés par la suite d'une perte de paquet ou d'une mesure de qualité de signal, un MN peut déclenche un faux *trigger* à cause d'une collision ou d'une interférence temporaire.

4. Le facteur de déconnexion (*Disconnection factor*)

Le facteur de déconnexion est le rapport entre le temps de déconnexion, quand un MN ne peut pas recevoir du trafic à travers ses interfaces, et la durée de *handover*. Le temps de déconnexion varie entre 0 et la durée de *handover*. Par exemple, si l'une des interfaces du MN tombe en panne, le MN sera déconnecté cette interface jusqu'à ce qu'il accomplisse un *handover* vertical sur une autre interface. Dans ce cas-ci, le temps de déconnexion sera égal à la durée de *handover*.

5. la charge de signalisation (*Signalling load*)

Elle comprend la charge de signalisation et de contrôle des messages engendré par l'utilisation de *Mobile IPv6 et* produit par le MN et le réseau résulte de *handover* d'un AR à un autre.

6. Le débit *(Throughput)*

Le calcul du débit est essentiel pour évaluer le taux de données reçu par MN**.** Le débit peut être perturbé par la perte et la retransmission de paquet causé par dégradation de *handover* et de signal.

II. L'architecture proposée à l'étude

L'architecture proposée consiste à interconnecter le réseau UMTS et IEEE 802.11 pour permettre à simuler le *handover* entre le deux réseaux.

Elle comprend d'une part un réseau IEEE 802.11 et d'autre part un réseau UMTS et un nœud d'interconnexion. La section suivante détaille le modèle de simulation pour permettre la simulation de ladite architecture.

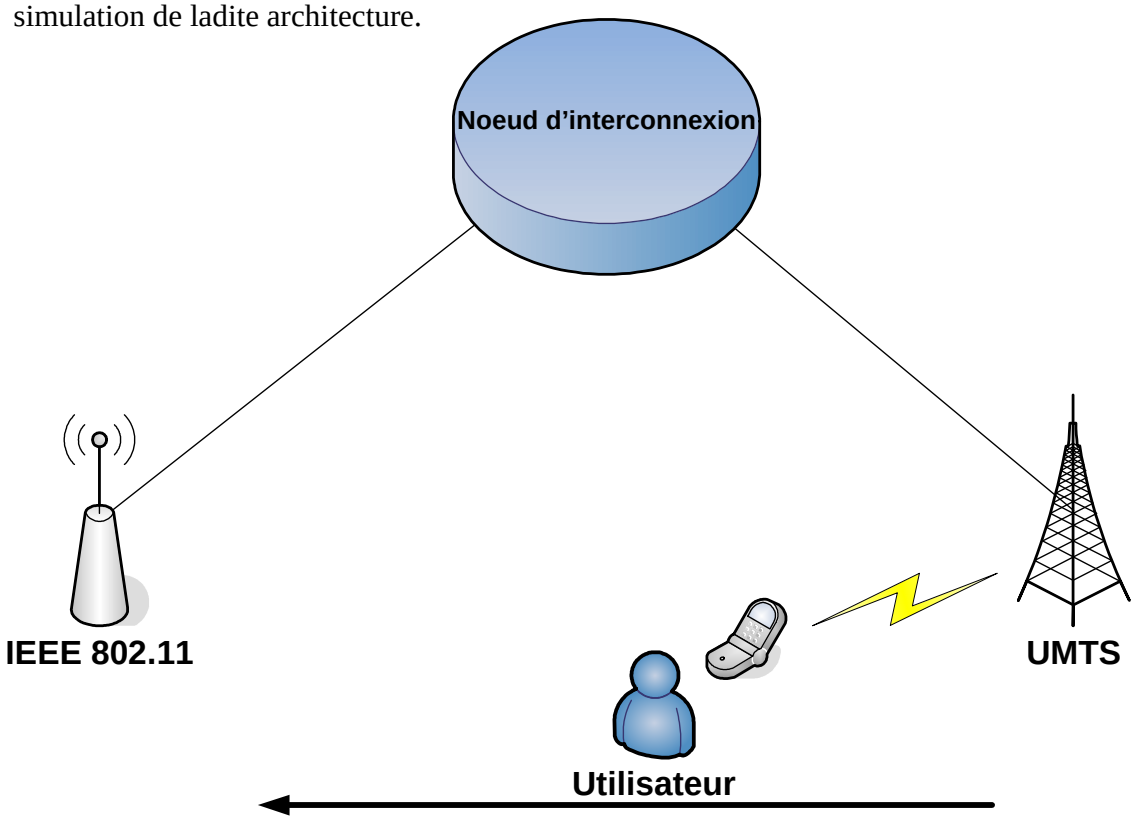

Figure 26 : Architecture proposée

III. Le Modèle de Simulation

Dans cette section nous décrivons le modèle de simulation et nous détaillons par la suite les différents éléments.

1. L'architecture implémentée

L'architecture implémenté repose sur le standard IEEE 802.21 **[29]**, il est constitué principalement de trois composante : le réseau sans fil *IEEE 802.11*, le réseau d'*UMTS* et l'entité de *Handover*. La figure ci-dessous décrit l'architecture implémentée.

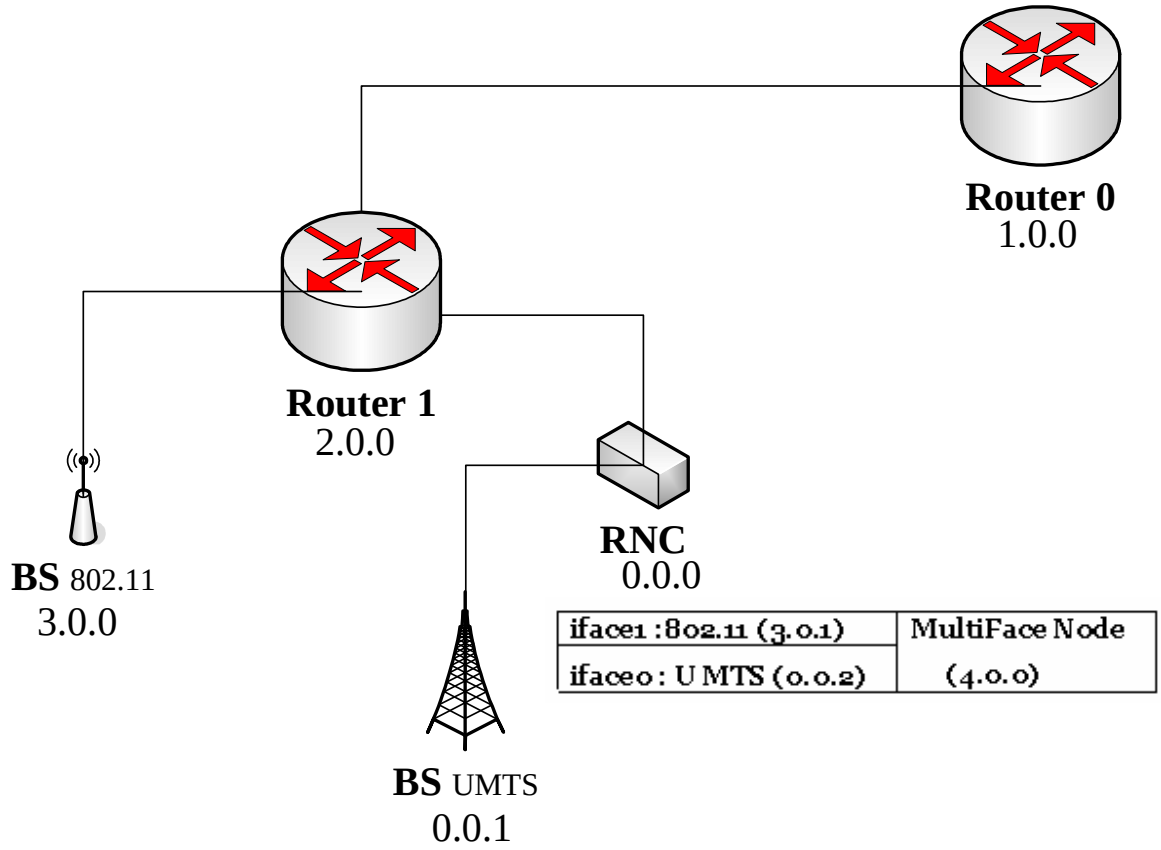

Figure 27 : Architecture implémenté

c. Implémentation dans NS-2

La simulation a était effectuée sur la version ns-2.29, des modifications et des améliorations pour ns-2 ont était réalisés afin de se conformer avec le standard IEEE 802.21. Parmi ces changements nous citons :

- ✧ Intégration du modèle *UMTS* dans le noyau de NS,
- ✧ Conception d'un nœud hétérogène d'interfaces multiples,
- ✧ Implémentation Agent *Neighbor Discovery* (découverte de voisins) pour permettre au couche 3 un mécanisme efficace de découverte des voisins,
- ✧ Un agent *Media Independent Handover* implémentant les événements et les commandes de 802.21,
- ✧ Modules de *handover* supportant les différentes politiques.

d. IEEE 802.11 & NS-2

Le modèle 802.11 disponible dans NS-2 a été modifié pour s'adapter avec les besoins de mobilité de IEEE 802.21; Les dispositifs suivants ont été ajoutés au modèle :

- ✧ Transmission de messages *beacon* par AP,
- ✧ L2 triggers (voir le paragraphe **e**),
- ✧ Association Demande/Réponse et balayage multiple de canal.

Le procédé de *handover* L2 comprend les trois étapes suivantes : **(1)** une étape de découverte où le MN détermine l'ensemble d'APs disponibles, **(2**) une étape d'authentification où le MN et le AP s'authentifient selon les protocoles d'IEEE 802.1X et d'IEEE 802.11i, et **(3)** l'étape d'association où le MN demande une association avec AP sélectionné. Le modèle de simulation actuel n'inclut pas l'étape d'authentification.

e. UMTS & NS-2

Le modèle UMTS utilisé est basés sur le modèle d'EURANE **[30]** (*Enhanced UMTS Radio Access Network*). Les extensions EURANE développé dans le cadre du projet SEACORN pour *Ericsson Telecommunication B.V.* a été considérées pour ce projet. EURANE ajoute 3 noeuds à savoir: le RNC, la BS et l'UE UMTS autorisant le support des canaux FACH, RACH, DCH et HS-DSCH. Les canaux FACH et RACH sont des canaux communs aux UEs d'une même cellule alors que le canal DCH est un canal dédié pour UE. Le canal HS-DSCH permet le transport de données utilisateur à haut débit grâce à la technique HSDPA. Ces noeuds implémentés sont caractérisés principalement par les services de segmentation et retransmission de données. Le *handover* entre canaux RACH/FACH et DCH est supporté.
Les hypothèses principales dans ce modèle sont comme suit. Tous les noeuds sont accessibles à tout instant et la cellule d'UMTS couvre toute la surface de simulation sauf indication contraire.

f. L'entité de handover implementé

Afin de modéliser la mécanisme du *handover* inter-système UMTS/802.11, une implémentation de *MIH Function* conformément au standard 802.21, la figure ci-dessous présente l'architecture utilisée.

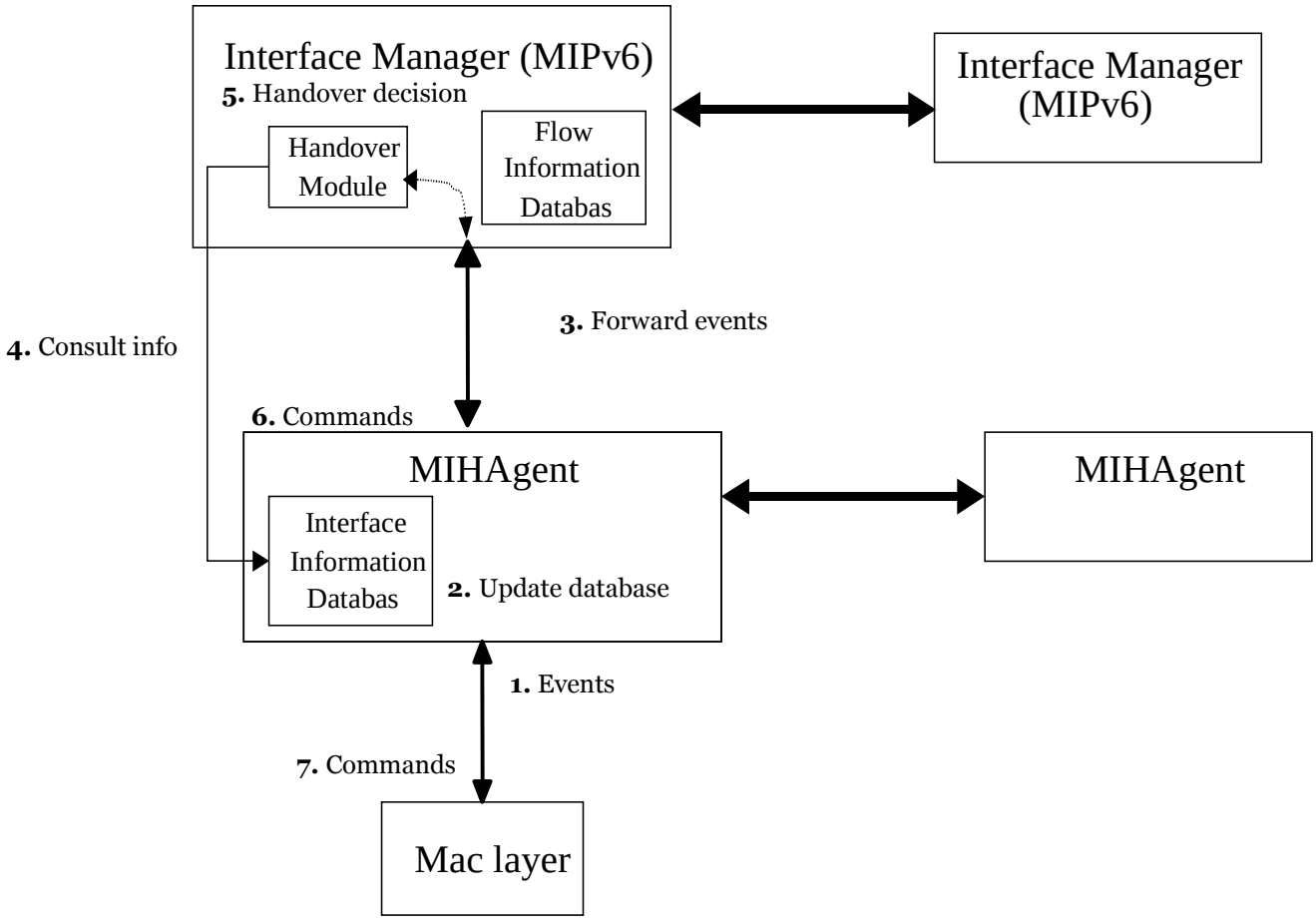

Figure 28: Le modèle de MIH dans NS-2

Les fonctionnalités suivantes sont actuellement implémentées dans le modèle :

Catégorie	Fonction
Event Service	Link Event Register Link Event Deregister Link Detected Link UP Link Down Link Going Down Link Event Rollback
Command Service	MIH statistique MIH *Handover* Initialisation
MIH Protocol	Event Registration Link Events Handover Initialisation (demande/réponse) Statistique (demande/réponse)

La figure 29 représente l'interaction de MIHF avec les différents composants du noeud. Le MIHF est implémenté comme agent et peut donc envoyer les paquets de la couche 3 au MIHF distant. Le MIHF contient la liste d'interfaces locales pour obtenir leur statut et pour

contrôler leur comportement. L'utilisateur MIH est également implémenté comme agent et enregistré avec MIHF pour recevoir des événements des interfaces locales et distantes.

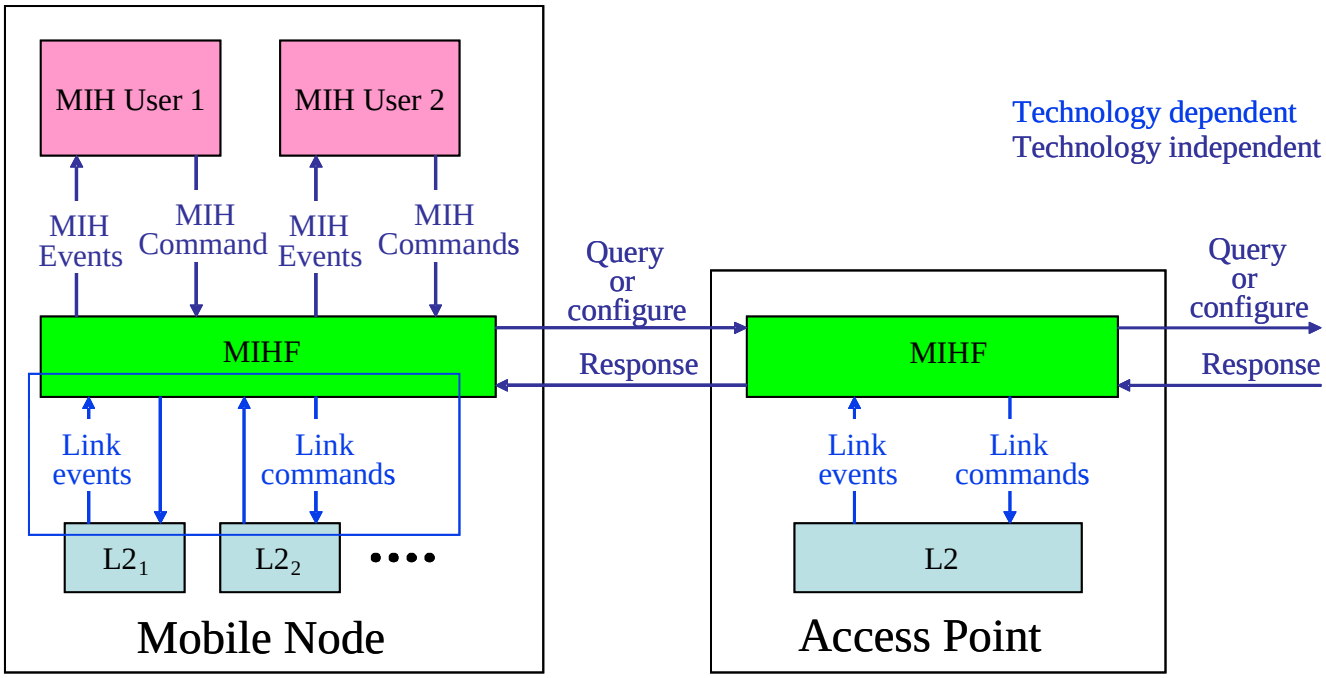

Figure 29: Vue d'ensemble de conception de MIH

g. Triggers

Les *triggers* (déclenchements en français) suivants ont été implémenté dans le MN de 802.11.

i. Link Detected

À la couche MAC, l'événement *Link Detected* est généré lors de la réception d'un message de *beacon* provenant d'un autre AP (mode passif). Si un MN fonctionne en mode actif, alors il envoie le résultat de l'étape découverte au module de *handover*. Un *Link Detected* est alors généré pour chaque AP trouvé.

ii. Link Up

Un *Link Up* est généré lors de la réception d'un message de *Association Response* (association du MN avec un AP) avec un acquittement indiquant que le MN est accepté dans la cellule.

iii. Link Down

L'événement de *Link Down* est généré quand la couche MAC du MN est déconnecté d'un AP. Ceci se produit pour l'un des cas suivant :

- ✧ N paquets consécutifs sont arrivés avec des erreurs. Par défaut N est égal à 5.

- ✧ Une AsR est reçu indiquant que le MN est rejeté de son AP actuel.
- ✧ La couche MAC du MN est demandé pour se cxonnecté à un AP.

iv. Link Going Down

Un *link Going Down* est généré quand la puissance entre deux paquets consécutifs au niveau du récepteur diminue. Posons P_n (en watt) la puissance du nième paquet reçu, et P_{Th} la puissance exigée pour recevoir des paquets sans erreurs, un *link Going Down* est déclenché, si les deux conditions suivantes sont verifiées :

$P_n < \alpha P_{Th}$ (1)
$P_n < P_{n-1}$ (2)

Où α est le coefficient de seuil de niveau d'énergie.

v. Link Rollback

Un *Link Rollback* est étroitement lié avec *Link Going Down*. Si un paquet avec un niveau d'énergie élevé est reçu après un *Link Going Down*, alors la couche génére un *Link Rollback* pour annuler le dernier *Link Going Down* produit. Ainsi, un *Link Rollback* est produit si les trois conditions suivantes sont verifiées :

$P_{n-2} > P_{n-1}$ (1)
$P_{n-1} < \alpha P_{Th}$ (2)
$P_n > P_{n-1}$ (3)

vi. Link Handoff Imminent

Un *Link Handoff Imminent* est généré au niveau de la couche MAC à chaque changement de l'AP.

vii. Link Handoff Complete

Un *link Handoff Complete* est généré lors de la réception d'un message *AsR* qui indique que l'association avec l'AP cible est acceptée.

2. Le Scénario de Simulation

Le scénario considéré pour les résultats de simulation qui suivent se compose d'une cellule WLAN située à l'intérieur d'une cellule UMTS (voir figure 6). Nous supposons qu'un MN (équipé d'une interface multiple) est connecté au réseau UMTS avant qu'il traverse le réseau WLAN. Dans ce scénario le MN effectue deux *handover*. La première *handover* de WLAN à UMTS est exécutée quand le MN entre dans la zone couverte par l'AP de WLAN. L'autre *handover* entre WLAN et UMTS est exécutée quand le MN quitte la zone de couverture de AP du WLAN.

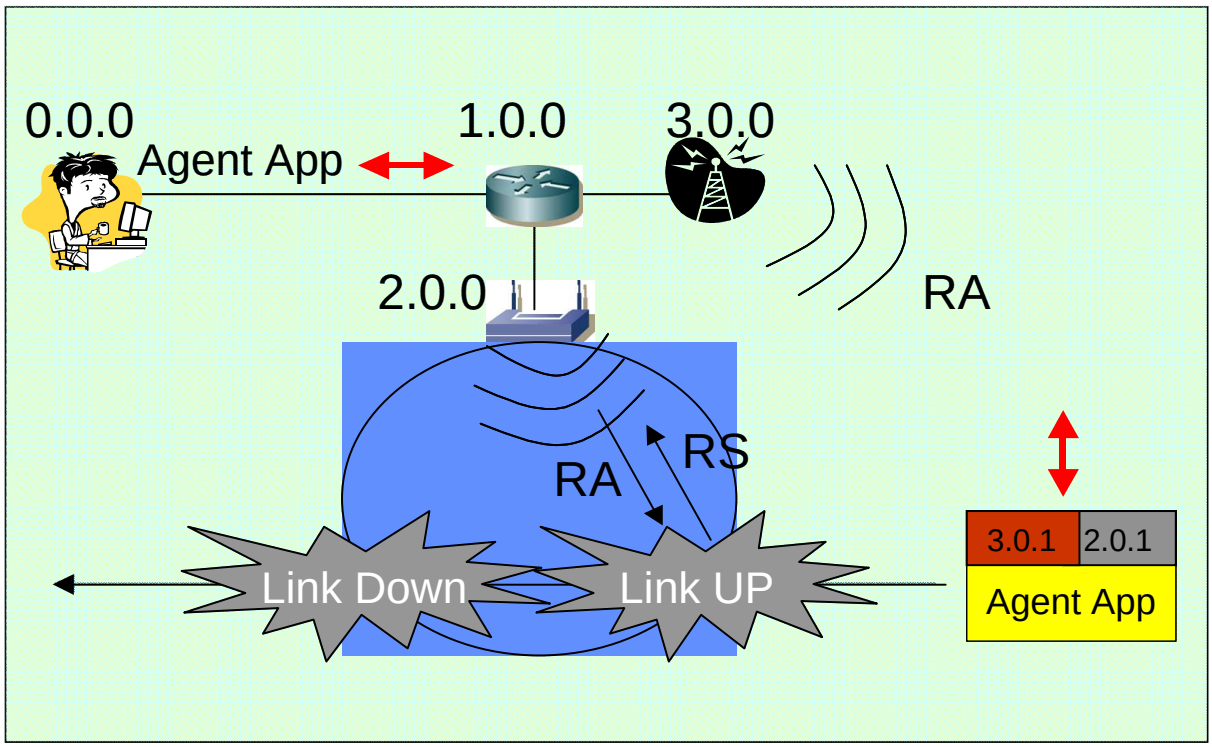

Figure 30 : Scénario de simulation

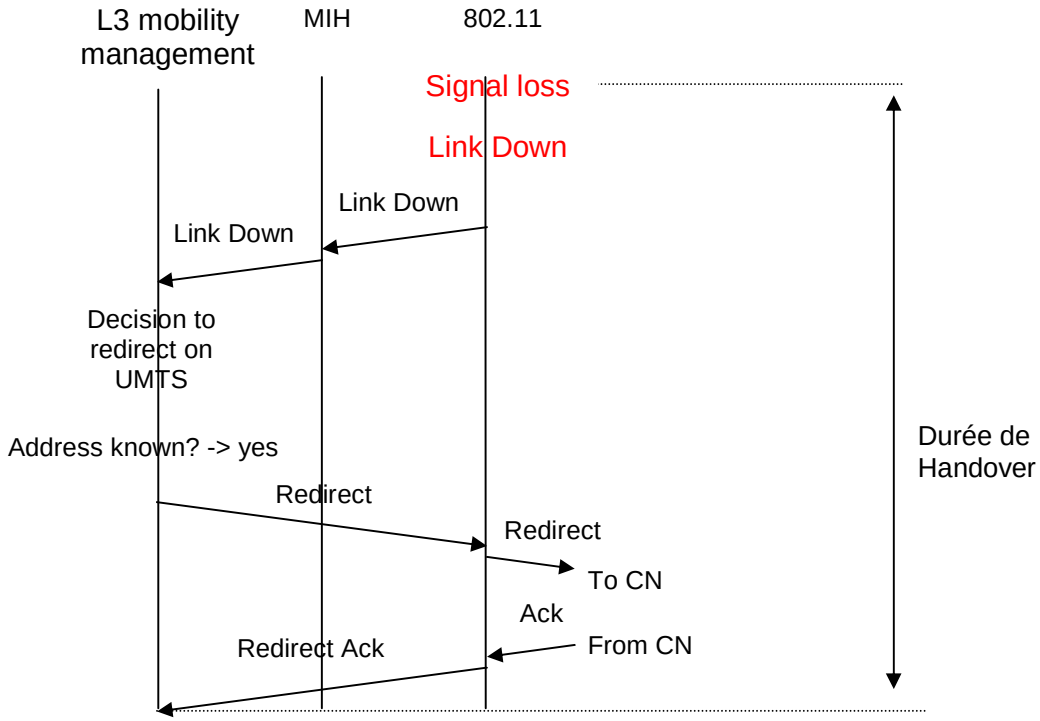

Figure 31 : Le MN quitte la cellule de WLAN

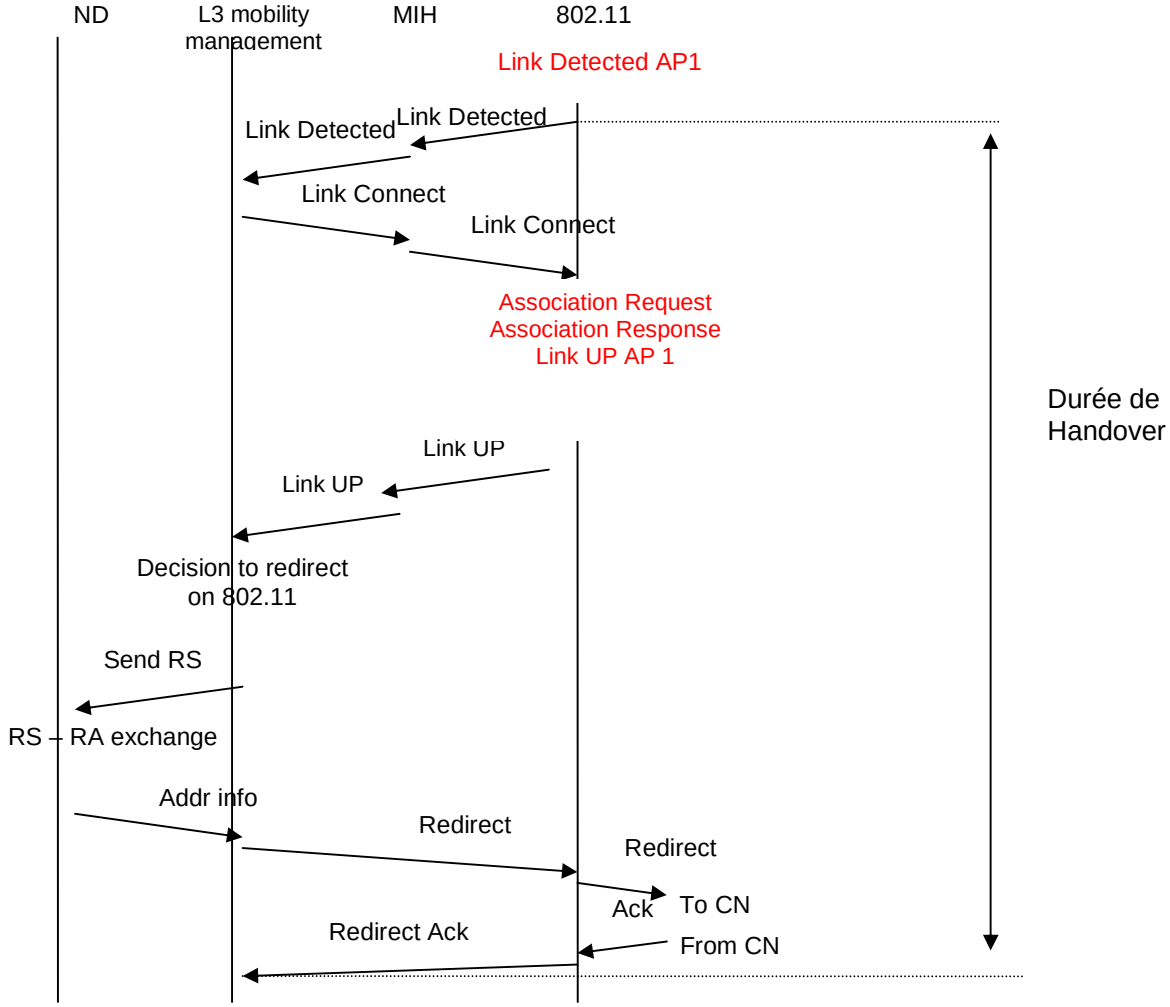

Figure 32 : Le MN entre dans la cellule de WLAN

Les détaillées illustrée sur les figures 7 et 8, sont comme suit :

- ✧ Le MN commence dans UMTS et se déplace vers le WLAN,
- ✧ Une fois que le MN entre dans WLAN, il reçoit une *beacon* de l'AP et envoie un *Link Detected* au module de MIH.
- ✧ Le module de MIH questionne le module de *handover* à propos de l'interface à utiliser.
- ✧ Dès que l'interface de WLAN est l'interface préférée à utiliser, le module de *handover* demande une connexion à l'AP et redirige le trafic du MN vers le WLAN.
- ✧ Le module de MIH envoie une commande de connexion à la couche MAC. Ceci marque le début de l'étape d'association.
- ✧ Une fois que la connexion avec la couche 2 est établi, un *Link UP* est généré par la couche MAC et envoyé au module de MIH. Le MIH déclenche alors un message RS afin de découvrir le préfixe d'IP du nouveau lien.
- ✧ L'AR répondant au RS suit les règles définies par le module ND (c.-à-d. dépendant de MAX_RA_DELAY_TIME et MIN_DELAY_BETWEEN_RA comme défini dans RFC2461).
- ✧ Quand le MN reçoit le RA, il rédirige le trafic vers l'interface de WLAN.

- ✧ En quittant la cellule, le MN reçoit des paquets avec des erreurs. Quand le nombre de paquets consécutifs reçus par erreur atteint un seuil choisi, un *Link Down* est produit généré et la couche MAC est déconnectée.
- ✧ Le module de *handover* reçoit un *Link Down* et rédirige le trafic vers UMTS (par le module de MIH).

IV. Résultats de Simulation

Après avoir décrit le scénario utilisé, nous discutons dans cette partie les résultats obtenus.

1. Effet du MAX_RA_DELAY_TIME sur la performance de Handover

Quand le MN entre dans la cellule de WLAN, un *Link Up* est généré dès que la connexion L2 sera établie (réception d'un RaS réussi), et un RS est émis. La détection de mouvement est accomplie quand le MN reçoit le premier message RA. La seule variable dans ce processus est le retard introduit par l'AR quand elle répond à un RS, qui dépend du MAX_RA_DELAY. La figure **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**27 montre l'impact du MAX_RA_DELAY_TIME sur la durée du *handover*, quand le MAX_RA_DELAY_TIME change de 0 à 0.5s, elle prouve que la durée du *handover* change linéairement de 110ms à 350ms quand MAX_RA_DELAY_TIME change de 0 à 0.5s. La raison pour laquelle qu'un délai aléatoire du retard est nécessaire avant d'envoyer un RA en *multicast* pour éviter des collisions quand plusieurs routeurs opérationnels sur le même lien. Ce délai permet également à un routeur de recueillir plusieurs sollicitations et de répondre avec un seul RA à plusieurs sollicitations reçues au cours d'une courte durée.
Il est important de noter que l'utilisation d'un *Link Up* permet d'améliorer la bande passante due aux RA. En outre, si MAX_RA_DELAY_TIME est configuré convenablement (devrait dépendre du nombre de routeurs présent sur le lien), la durée de *handover* peut être réduite jusqu'à 110ms.
La figure 10 montre l'importance ou l'efficacité de détection de mouvement. Il change de 15% quand il n'y a aucun retard dans la réponse de RS, à 70% quand un délai aléatoire entre 0 et 500ms est introduit.

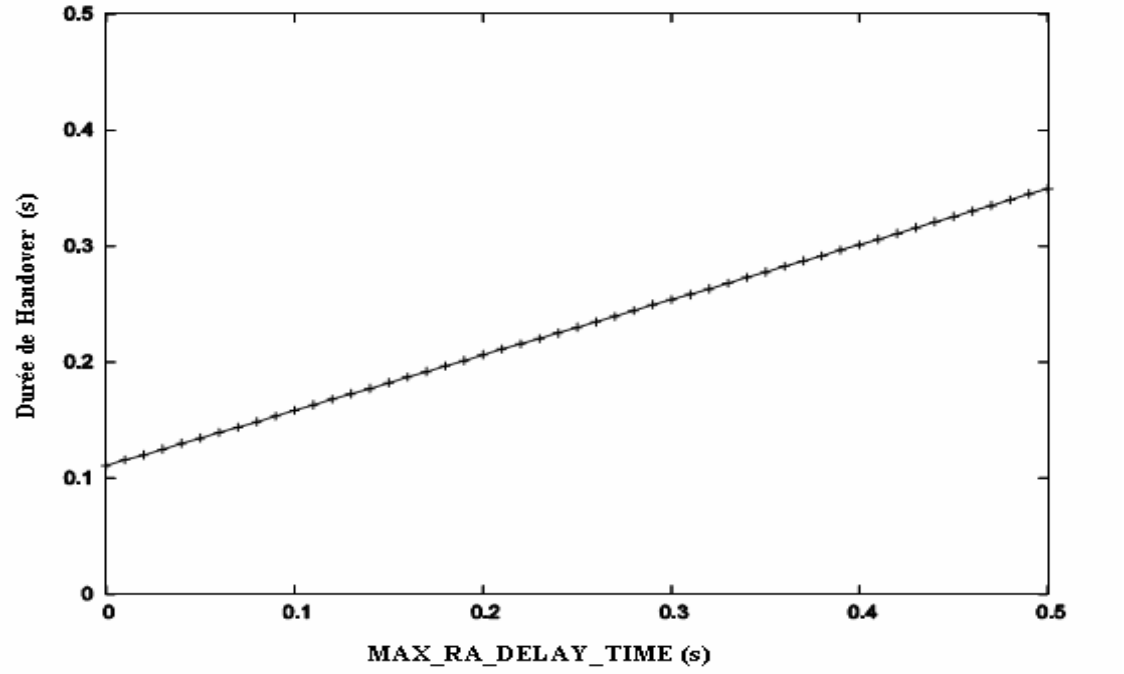

Figure 33 : Impact de MAX_RA_DELAY sur la durée de *handover* d'UMTS à WLAN

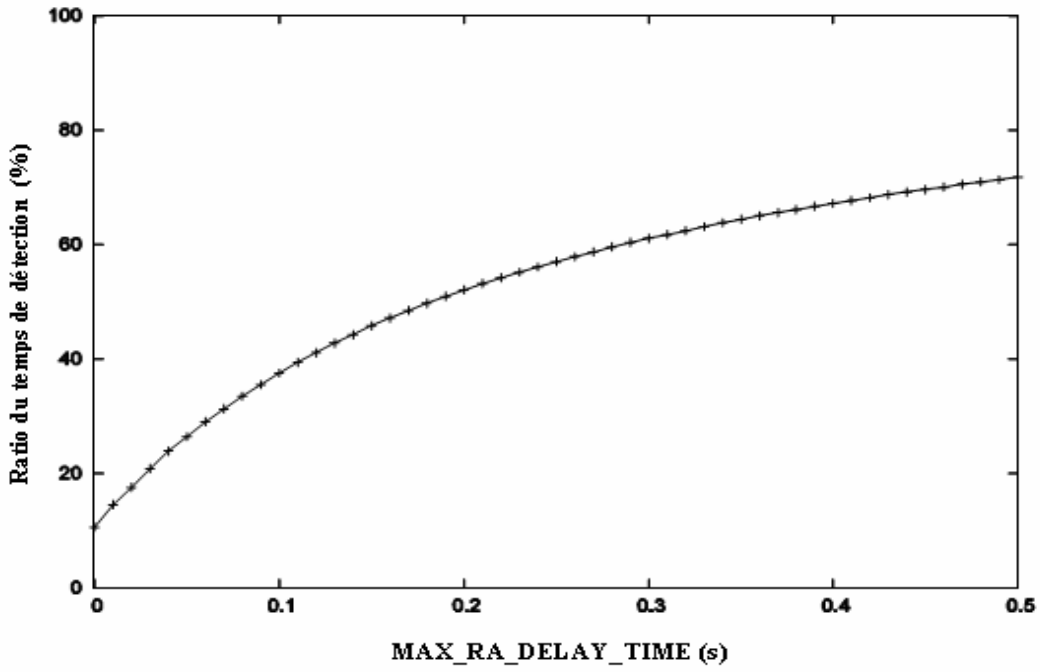

Figure 34: Impact de MAX_RA_DELAY sur la détection du mouvement durant le *handover* de UMTS à WLAN

2. L'influence du seuil de "*beacon*" manqué sur la performance du *handover*

Quand le MN quitte WLAN, il génère un *Link Down* suivant les conditions décrites dans la section ***1.g.iv*** Ensuite, le MN redirige le trafic vers l'interface UMTS, qui est déjà configurée

(c.-à-d., il n'y a aucun besoin de découvrir le routeur par défaut ou de créer une nouvelle adresse). Dans cette section, nous supposons qu'un *Link Down* est généré après un certain nombre de *beacon* consécutives manqués.

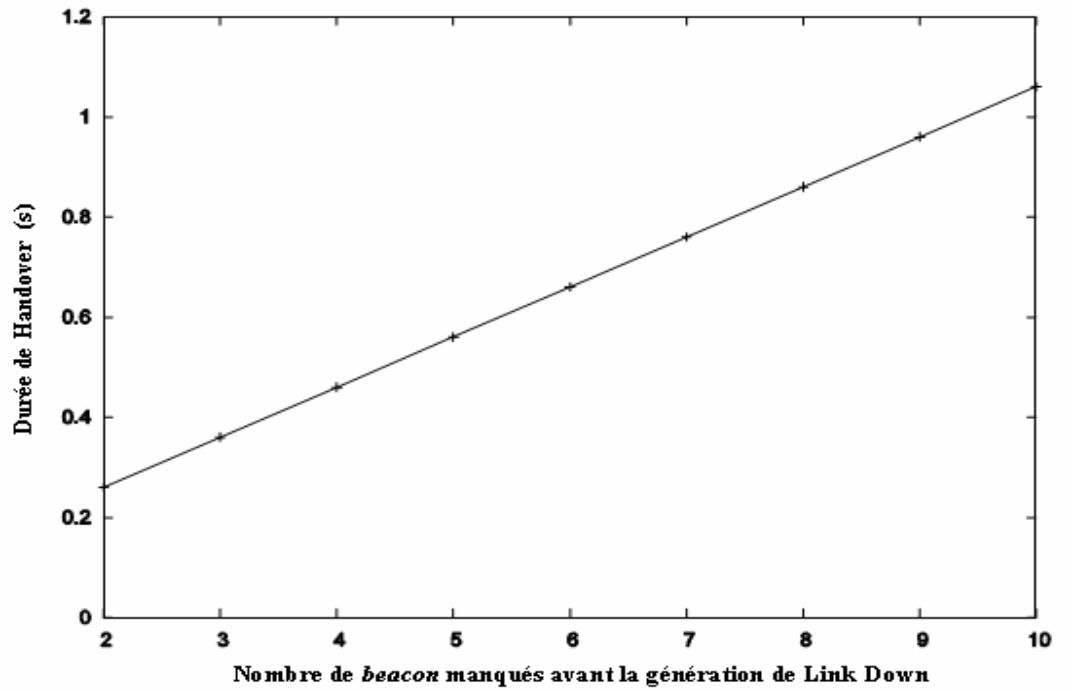

Figure 35: L'impact du nombre de *beacon* consécutifs manqués sur le *handover* de WLAN vers UMTS

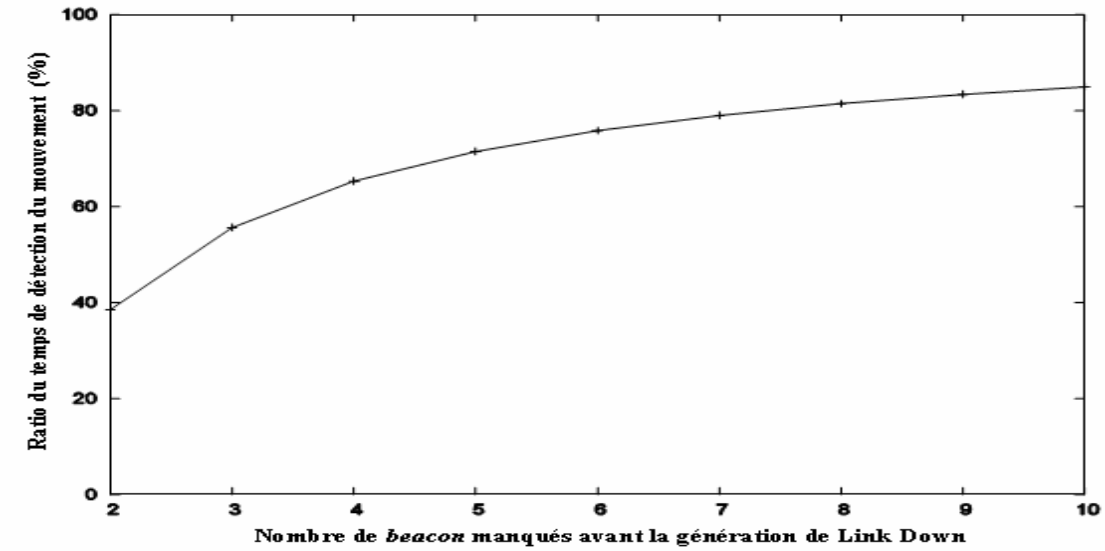

Figure 36: L'impact du nombre de *beacon* consécutifs manqués sur la détection du mouvement durant le *handover* d'UMTS vers WLAN

La figure 35 montre l'impact du nombre de *beacon* consécutif manqué sur la durée de *handover*. Nous ramarquons que pour chaque nouvel *beacon* manqué et avant de générer un *Link Down* une augmentation de la durée de *handover* par 100ms. La figure 36 montre l'efficacité de détection de mouvement, qui change de 38% à 84% de la durée de *handover*.

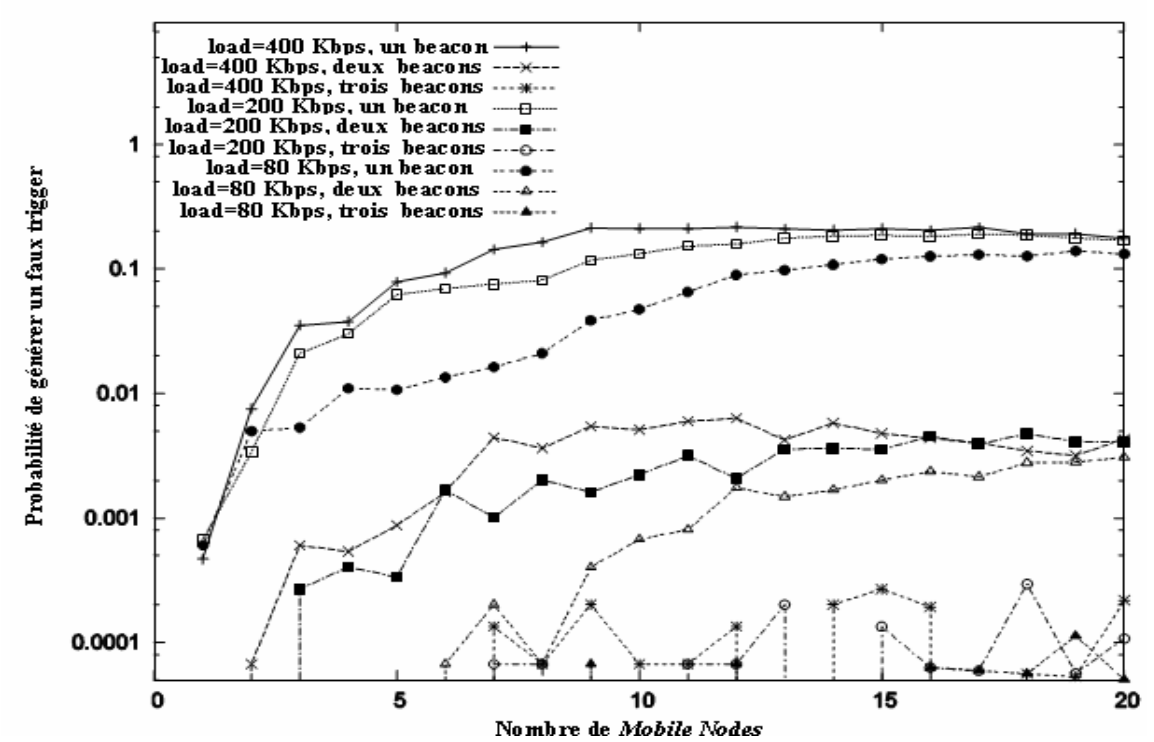

Figure 37: Probabilité de générer un faux *Link Down* quand ce *Link Down* est basé sur le nombre de *beacon* manqués

Afin de permettre le meilleur choix du seuil de *beacon* manqué, la figure 37 montre à la probabilité qu'un faux *Link Down* est généré en respectant le de *beacon* consécutifs manqués. Dans ce cas-ci, le nombre de stations stationnaires dans le WLAN change de 1 à 20. Les résultats de la figure 37 sont donnés pour différentes charge (*load*) par station. Quand le seuil considéré est un seul *beacon* manqué, la probabilité de générer un faux *Link Down* est élevée. Quand le WLAN contient plus que 5 stations, la probabilité de manquer un *beacon* est entre 1/100 et 1/10 quand la *load* offerte par station est égal à 80 kbit/S. La probabilité de générer un faux *Link Down* est aux alentours de 1/10 pour les *loads* de 200 et 400 Kbit/S. si un *Link Down* est généré après deux *beacon* consécutifs manqués, la probabilité de produire un faux événement est toujours au-dessous de 1/250.
En conclusion, il est important de savoir la valeur de la charge (*load*) afin de déterminer le seuil toléré pour les *beacon manqués* avant la génération d'un *Link Down*. D'après les résultats de simulation obtenus, ce seuil peut être égal à 2 par défaut.

3. L'effet du seuil d'erreur de paquet sur la performance du *handover*

La figure 38 montre l'impact du seuil d'erreur de paquet sur la durée du *handover*. La durée du *handover* augmente de 160ms à 358ms quand le seuil d'erreur de paquet varie de 1 à 50. La figure 39 montre l'efficacité de détection de mouvement durant le *handover*.
La figure 40 montre la probabilité de générer un faux *Link Down* en fonction de charge (*load)* d'un seul AP. La probabilité de générer un faux événement avec un seuil d'erreur vaut 3 paquets est négligeable (approximativement 1/10000). Par conséquent, la valeur recommandée - seuil d'erreur de paquet- soit 4.

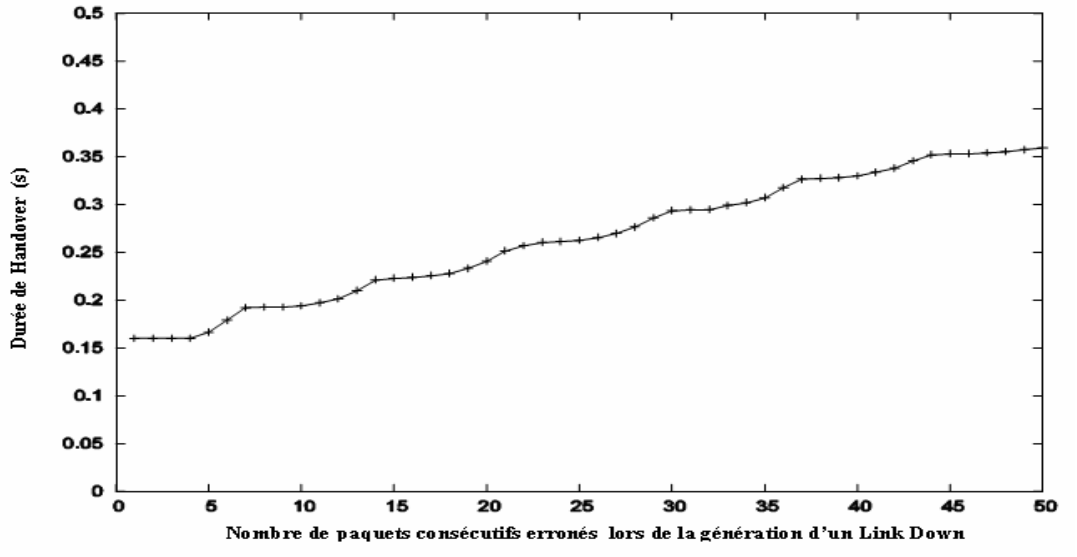

Figure 38 : Impact du nombre de paquets consécutifs reçus avec erreurs sur le *handover de* UMTS vers WLAN

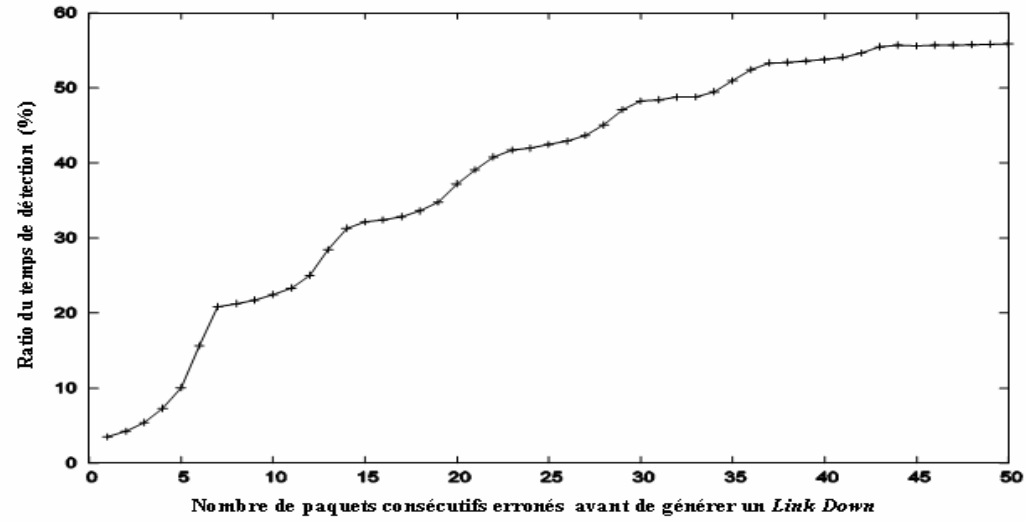

Figure 39 : Impact du nombre de paquets consécutifs resçus avec erreurs sur le rapport de la détection de mouvement durant le *handover* d'UMTS vers WLAN

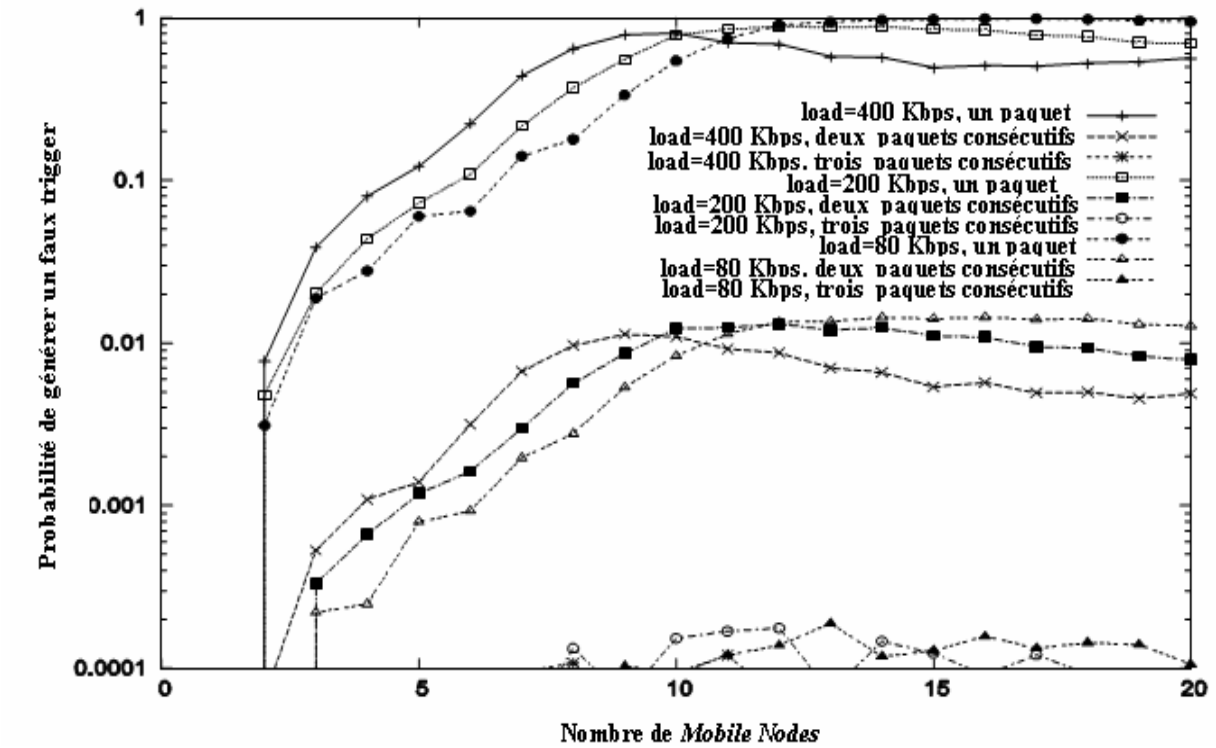

Figure 40 : Probabilité de générer un faux *Link Down*, quand ce *Link Down* est basé sur le nombre de paquets reçus avec erreurs