

## **Proposition d'une approche opportuniste de gestion à la mobilité dans les réseaux communautaires sans fil basée sur le modèle de Markov**

**Askidi ABDOU\*, Thomas DJOTIO NDIÉ et Gilber NDJANPONG NANA**

*LIRIMA, MASECNESS, École Nationale Supérieure Polytechnique du Cameroun,  
Université de Yaoundé I, BP 8390 Yaoundé, Cameroun*

---

\* Correspondance, courriel : [abdou\\_askidi@yahoo.fr](mailto:abdou_askidi@yahoo.fr)

### **Résumé**

De nos jours, la technologie réseau et radio mobile a fait l'objet de progrès considérables. On assiste au déploiement de différentes normes des réseaux mobiles tels que le GSM, l'UMTS et sans fil comme le Wi-Fi (IEEE802.11) et le WIMAX (IEEE 802.16). Les réseaux communautaires sans fil, se sont de plus rapidement développés avec l'apparition du Wi-Fi grâce à leur simplicité, rapidité et faible coût de déploiement. Dès lors, ils constituent une alternative intéressante aux réseaux locaux classiques. La gestion de la mobilité dans les réseaux sans fil constitue aujourd'hui un véritable défi dans ce type de réseaux avec la prolifération des terminaux mobiles. Un utilisateur mobile peut changer son point d'accès réseau en se déplaçant, sans interrompre la session de service en cours, c'est-à-dire subir les transferts intercellulaires. Notre étude se situe au niveau des couches haute du modèle OSI (réseau, application et transport) d'où notre choix est porté sur les protocoles SCTP / mSCTP de la couche transport pour soutenir la mobilité grâce au multihoming avec la reconfiguration dynamique d'adresse RDA, et des pertes négligeables de paquets. Nous avons modélisé la gestion de la mobilité en utilisant la chaîne de Markov. Au travers des études, sur les fonctions d'agrégations nous avons également dégagé les taux de transmission qui montre une meilleure qualité de service (QoS).

**Mots-clés :** *réseaux communautaires sans fil (RCoSF), mobilité, la chaîne de Markov, SCTP / mSCTP, multihoming, fonctions d'agrégations, QoS.*

### **Abstract**

**Proposal of an opportunistic approach to managing mobility in wireless community networks based on the Markov model**

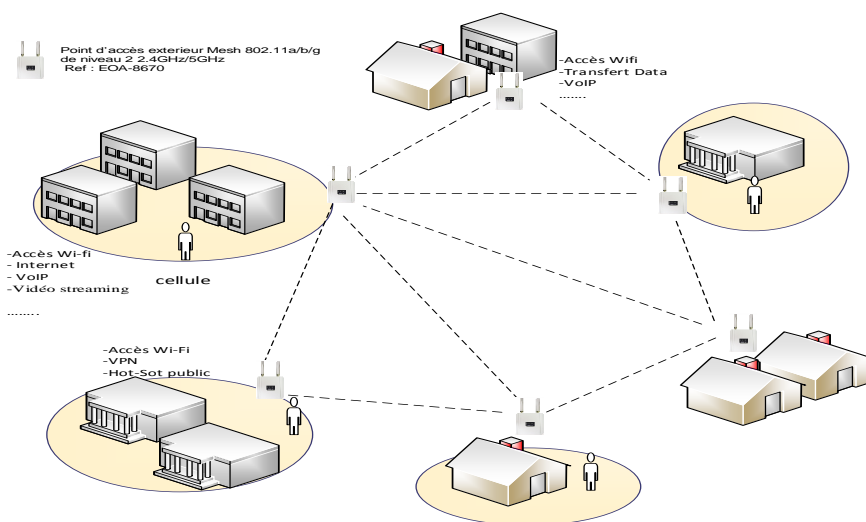
Today, there has been considerable progress in network and mobile radio technology. We are witnessing the deployment of different standards of mobile networks such as GSM, UMTS and wireless, such as Wi-Fi (IEEE802.11) and WIMAX (IEEE 802.16). Wireless community networks have grown rapidly with the emergence of Wi-Fi thanks to their simplicity, speed and low deployment cost. They are therefore an interesting alternative to conventional local networks. The management of mobility in wireless networks is now a challenge in this type of networks with the proliferation of mobile terminals. A mobile user can change his or her network access point by moving, without interrupting the current service session, that is, undergoing handover. Our study is located at the top layer of the OSI model (network, application and transport) from where we choose the SCTP / mSCTP protocols of the transport layer to support mobility thanks to multihoming

with dynamic address reconfiguration RDA, and negligible losses of packets. We have modeled the mobility management using the Markov chain. Through the studies, on the functions of aggregations we also revealed the transmission rates which shows a better quality of service (QoS).

**Keywords :** *community wireless networks (WSN), mobility, the Markov chain, SCTP / SCTP multihoming, functions of aggregations ,QoS.*

## 1. Introduction

Les systèmes de télécommunication ont subi en l'espace de deux décennies des évolutions et bouleversements profonds. De nos jours, nous avons à faire au déploiement de plusieurs réseaux utilisant des technologies différentes. Il s'agit des réseaux de télécommunications tels que (GSM, UMTS) et les réseaux sans fil [(l'IEEE802.11 (Wi-Fi) et IEEE 802.16 (WIMAX)]. Le déploiement des réseaux GSM, UMTS, WIMAX est très coûteux par rapport au réseau sans fil IEEE 802.11x pour son implantation simple et rapide avec un coût relativement faible. Notons également qu'en 1985, la U.S. Fédéral Communications Commission (FCC) a décidé de libérer les bandes réservées aux usages industriels, scientifiques et médicaux (ISM) comprises entre 902 et 928 MHz, 2,4 et 2,483 GHz, et 5,725 et 5,875 GHz, pour l'utilisation publique sans licence des technologies WLAN [1]. Notons également que [2], nous montre qu'un grand nombre des réseaux communautaires présente une architecture sans fil maillé Wi-Fi (Mesh). Les réseaux sans fil maillé Wi-Fi (Mesh) autorisent un déploiement rapide et simplifié, une grande évolutivité de la couverture et, de par leur maillage, une forte tolérance aux pannes et aux interférences, réduisant significativement les coûts d'installation et d'exploitation des réseaux. La **Figure 1** nous présente une architecture sans fil maillée représentant un domaine (universités, écoles, etc.). Dans le cadre de ce papier, nous nous focaliserons, en particulier sur la gestion de la mobilité, la garantie de la qualité de service (QoS) dans les réseaux communautaires sans fil basés sur la 802.11x. Dans un contexte de proximité, ces types des réseaux sont adéquats et permet à un utilisateur de se connecter partout qu'il soit : à l'intérieur ou à l'extérieur (des bâtiments). Pendant leurs déplacements (passage d'une cellule à une autre), il est important que les communications soient stables (sans interruptions), fiables et transparentes pour garantir un niveau de QoS meilleure sinon acceptables. Nous avons retenu le protocole de mobilité niveau transport mSCTP pour des avantages notamment le multihoming.



**Figure 1 :** *Architecture pour réseaux communautaires sans fil maillé Wi-Fi (Mesh)*

Cette architecture de réseau communautaire sans fil comprend : Un accès fil (Wi-Fi) sur tous les sites; les point d'accès extérieur Mesh 802.11 a/ b / g de niveau 2 2.4 GHz / 5 GHz; Hot Spots permettant un accès Internet par Wi-Fi; Le VPN SSL permet de garantir la sécurité des accès aux ressources du réseau interne en utilisant un tunnel SSL entre le client (connecté à un réseau public) et le boîtier VPN. Il s'agit dans ce papier de faire un choix sur un protocole de mobilité qui répond notre contexte de la gestion de la mobilité dans les réseaux communautaires sans fil. Après études sur les couches hautes du modèle OSI (réseau, application et transport), le choix est porté sur le protocole mSCTP de niveau transport pour des avantages notamment le multihoming par rapport aux protocoles de niveau réseau (MIP) et application (SIP). Nous avons fait recours aux chaînes de Markov pour la modélisation du protocole mSCTP et les fonctions d'agrégation pour montrer la qualité de service(QoS) de type audio. La suite de cet article respectera le plan suivant, dans session 2, nous présentons la démarche qui nous a permis de modéliser le Protocole de gestion de la mobilité mSCTP, dans la session 3, nous présentons les résultats, Avant de conclure le papier, dans la session 5, nous faisons une brève discussion à la session 4.

## 2. Méthodologie

### 2-1. Protocoles de gestion de la mobilité : état de l'art

Dans cette section nous présentons une synthèse des protocoles de mobilité les plus pertinents au niveau des couches hautes du modèle OSI : réseau, transport et application. Nous présentons les avantages et inconvénients de chaque protocole et justifions notre choix du protocole mSCTP.

#### *2-1-1. Mobilité au niveau réseau : protocole mobile IP (MIP)*

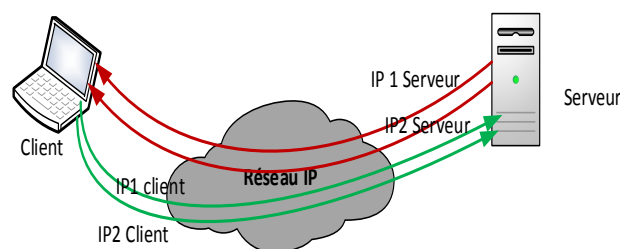
Mobile IP (MIP) [3, 4] est présentée comme la solution actuelle pour résoudre les problèmes de rupture de communication durant les déplacements des entités (nœuds, terminaux) dans des réseaux IP. Ce protocole permet aux entités mobiles de se déplacer de réseaux en réseaux sans rompre leurs sessions en cours. Le nœud mobile obtient une nouvelle adresse IP temporaire à chaque entrée dans un réseau visité, grâce au protocole DHCP et s'enregistre auprès de son agent mère et de l'agent visité du nouveau réseau. Cette adresse indique la position courante du nœud mobile. Il devra la communiquer à son agent mère, agent qui se charge d'intercepter les paquets dans le réseau principal du nœud mobile et de les lui transmettre à sa position courante. IP mobile peut se diviser en IPv4 mobile (MIPv4) et IPv6 mobile (MIPv6) selon la version du protocole IP associé. Ces deux protocoles fournissent fondamentalement des fonctionnalités similaires avec quelques exceptions dans le détail des mécanismes de fonctionnement. Bien que le protocole IPv6 Mobile permette de résoudre le problème de routage de paquets triangulaire utilisé dans le protocole IPv4 Mobile, il souffre encore de plusieurs faiblesses. Parmi ces faiblesses, nous citons : Le délai du handover qui est long. Particulièrement, le délai de la phase de détection de mouvement, celui de la phase d'auto-configuration d'adresses et celui de la phase de mise à jour d'association sont très long pour les applications en temps réel. La perte de paquets pendant le handover peut être importante [5]. Les conséquences sont (HMIP, hierarchical MIP), (FMIP, fast handover for MIP) et F-HMIP sont des améliorations de MIP dans le but de réduire les pertes de paquets. Toutefois, aucune de ces nouvelles solutions ne permet d'avoir un faible trafic de signalisation, un délai de relève minimal et une perte de paquets tolérable [3, 6].

### 2-1-2. Mobilité au niveau application : protocole SIP

SIP (Session Initiation Protocol) [3, 4] est un protocole de signalisation de niveau application défini par l'IETF. Il permet l'établissement, la libération et la modification des sessions multimédias. Il s'appuie sur un modèle client / serveur et propose l'adressage URL SIP (Uniform Resource Locator) qui ressemble à une adresse E-mail. Donc un utilisateur du protocole SIP est joignable grâce à son URL SIP. Lorsque l'entité mobile se déplace dans un nouveau réseau ou système, la procédure d'enregistrement SIP est répétée pour mettre à jour la localisation. Les informations de localisation mises à jour seront aussi référencées par le serveur proxy (parfois appelé serveur mandataire) durant l'initialisation de session générée ou terminée par l'agent d'utilisateur (AU). Le protocole SIP [4] de base ne fournit pas la gestion transparente du transfert intercellulaire. Toutefois, lors d'un mouvement, le protocole SIP ne peut pas garantir le maintien d'une session TCP / UDP. Cependant, le protocole SIP peut être utilisé en conjonction avec d'autres protocoles gestion du transfert intercellulaire tels que : IP mobile (MIP); IP cellulaire (CIP) ou mSCTP (mobile Stream control transmission protocol). Dans la section suivante nous présentons le protocole SCTP / mSCTP, sur lequel est porté notre choix grâce à sa fonction multihoming qui est une des ses particularités qui consiste au fait que plusieurs adresses IP peuvent être activées au sein d'une même association. Un mécanisme de contrôle d'erreurs qui permet de détecter les pertes, la rupture de séquences ou la duplication de paquets et une configuration dynamique des adresses durant une association [4].

### 2-1-3. Mobilité au niveau transport : protocole SCTP / mSCTP

Le protocole de transport des commandes de flux (SCTP) [3, 4], est un protocole de bout en bout, orienté connexion (ou plus précisément nommé association), qui transporte des flux de données multiples. Le multihoming<sup>1</sup> et multistreaming<sup>2</sup> [3, 5, 11] qui manquaient au TCP permet aux points de terminaison SCTP de prendre en charge plusieurs adresses IP (**Figure 2**). Le multihoming protège une association des défaillances de réseau potentielles en dirigeant le trafic sur les adresses IP de remplacement. Durant l'initialisation d'une association, les points de terminaison SCTP échangent les listes d'adresses IP. Chaque point de terminaison peut donc envoyer et recevoir des messages de toutes les adresses IP dont la liste est détenue par le point d'extrémité. Par exemple, une des adresses IP figurant sur la liste sera désignée comme adresse primaire durant l'initialisation. Si l'adresse primaire perd des paquets de données de façon répétée, tous les paquets de données suivants seront transmis à une adresse de remplacement jusqu'à ce que l'adresse primaire puisse être rétablie.



**Figure 2 :** Exemple de nœuds SCTP multihomed

#### 2-1-3-1. Gestion des adresses IP

Pour effectuer une transmission vers un nœud multihomed, l'émetteur choisit préalablement une des adresses possibles qui correspondra au chemin primaire (lors de l'établissement de l'association). L'émetteur ne doit

par la suite envoyer des données que par ce chemin primaire. De plus, pour acquitter des paquets SCTP d'un noeud multihomed, l'émetteur des chunks SACK devrait utiliser le même chemin que celui emprunté par les chunks de données reçus [8]. Cependant, lorsque le récepteur obtient plusieurs chunks dupliqués, il peut supposer que ses chunks SACK empruntent un chemin défaillant, il serait alors peut être judicieux d'utiliser une autre adresse secondaire. Lorsque le chemin primaire devient inaccessible (suite à une congestion, ou à une perte de données importante), SCTP basculera tout le trafic sur un des chemins secondaires de l'association considérée.

<sup>1</sup> possibilité d'utiliser plusieurs adresses Ipv4 ou / et Ipv6 pendant une association ;

<sup>2</sup> transmission de plusieurs flots (Stream) de données au sein d'une même association (multiplexage de flots).

### *2-1-3-2. Contrôle des adresses empruntées (ou des chemins)*

SCTP se doit de contrôler régulièrement les différentes adresses d'un noeud multihomed. Pour cela il considère deux états possibles pour chacun des chemins possibles : actif ou inactif. Le chemin primaire étant considéré actif, la disponibilité des alternatives est contrôlée par l'envoi régulier de chunks HEARTBEAT Request, qui doivent être acquittés par un chunk HEARTBEAT ACK. Si une adresse ne répond pas après plusieurs HEARTBEAT<sup>3</sup> infructueux, le chemin est considéré inactif.

### *2-1-3-3. Transfert de données dans une association avec multihoming*

Comme indiqué dans la [8], l'utilisation du multihoming en SCTP ajoute au protocole les fonctions de base suivantes :

- Dans une association, un chemin unique est considéré primaire. Ceci signifie qu'une des adresses IP affectées au récepteur de l'association est choisie pour être l'adresse primaire ;
- Lors de l'acquiescement des chunks reçus, les chunks SACK doivent emprunter le même chemin qui a été emprunté par les chunks reçus ;
- Dans le cas de retransmission de chunk vers un point terminal multihomed, le récepteur doit choisir une adresse de destination autre que celle à laquelle le chunk de données original a été envoyé.

Ainsi le mécanisme multihoming, supporté par des machines et des équipements réseau, est une solution techniquement faisable et de plus en plus économique(9).

### *2-1-3-4. Multihoming et mobilité*

On note que le caractère multihoming de SCTP permet de prendre en charge la mobilité sur IP. Plus précisément, le protocole SCTP avec une extension de configuration dynamique d'adresse peut servir à fournir un transfert intercellulaire en douceur aux terminaux (MT) qui passent dans différentes régions de réseaux IP au cours d'une session d'activité. Ceci est appelé SCTP mobile (mSCTP) et s'applique aussi bien à IPv4 qu'à IPv6 [4]. La mobilité est gérée grâce aux chunk<sup>4</sup> : Address ConFiguRation Change (ASCONF) et Address ConFiguRation Acknowledgement (ASCONF-ACK) qui offrent la possibilité de reconfigurer des adresses IP au cours de l'association ; Changer la route primaire (Routage vers une nouvelle adresse primaire); Échanger des informations d'adaptation de couche durant l'établissement d'association. Ces adresses utilisent les paramètres tels que : Add IP Address (ASCONF) : permet d'ajouter une nouvelle adresse IP à l'association en cours; Delete IP Address (ASCONF) : permet de supprimer une adresse IP de l'association en cours etc.

## 2-2. Notre contribution : modélisation du protocole mSCTP à l'aide de la chaîne de Markov

Nous mettons en évidence la chaîne de Markov pour modéliser le protocole mSCTP qui constitue pour nous le protocole promoteur pour la gestion de la mobilité et la fonction d'agrégation pour montrer la qualité de service (QoS). Nous considérons un réseau cellulaire composé de  $n$  cellules et supposons que celles-ci sont toutes homogènes et statistiquement identiques.

### 2-2-1. Description intuitive du modèle

Un processus aléatoire concerne un système, non déterminisme ou à déterminisme inconnu, évoluant au cours du temps, et caractérisé par une fonction  $X$  dite variable aléatoire. Cette fonction, définie sur  $\mathbb{N}$  ou un intervalle de  $\mathbb{R}$ , selon la modélisation temps discret / temps continu est à valeur dans l'ensemble  $E$  des états du système.  $E$  sera fini, et représente notre système composé de :

<sup>3</sup> messages d'écoute

<sup>4</sup> suites d'octets formés d'une en-tête et de données composants un paquet SCTP

$C = \{C_1, C_2, \dots, C_i, \dots, C_n\} = \{1, 2, \dots, i, \dots, n\}$  représente l'ensemble de cellules ou des états de l'environnement du système.  $P_{ij} = P(X_{t+1} = j \mid X_t = i)$  est la probabilité de transition de l'état  $i$  vers l'état  $j$  pendant les instant  $t$  et  $t + 1$ . C'est un système sans mémoire car l'état futur du système ne dépend que de son état présent (C'est la propriété de Markov).  $P_i(i)$  est la probabilité pour que le terminale mobile se trouve dans la cellule  $C_i$  à l'instant  $t$ .  $m$  est le nombre de connexion (ou plus précisément nommé association dans la terminologie SCTP) entre les deux instant  $t$  et  $t + 1$ . mSCTP( $t$ ) est un sous ensemble de  $C$ . La matrice  $M_{t+1} = [P_{ij}]_{t+1}$  est une matrice de transition (matrice carrée d'ordre  $n$  qui modélise les transitions de la dynamique du système de l'instant  $t$  à l'instant  $t + 1$ ). Lorsque pour tout instant  $t$ ,  $M_t = M_{t+1}$ , alors le système est dit homogène (c'est un cas particulier de gestion des problèmes markoviens dans la pratique).

### 2-2-2. Description formelle du modèle

$$P_{ij} = t[i, j] / g(i) \quad (1)$$

$$g(i) = \sum_{j=1}^n t(i, j) \quad (2)$$

(2) est le nombre de transitions qui ont comme point de départ la cellule  $i$  pendant les  $m$  associations.  $t[i, j]$  est le nombre de transitions de la cellule  $i$  à la cellule  $j$  pendant les  $m$  associations avec le système.

$$P_i(i) = K(i) / m \quad (3)$$

avec,  $\sum_{i=1}^n P_i(i) = 1$  et  $P_{ij} \geq 0$  pour  $i, j \in E$ . (matrice carrée dont chaque élément est un réel compris entre 0 et 1 et dont la somme des éléments de chaque ligne vaut 1).

$$\text{Et } \sum_{i=1}^n K(i) = m \quad (4)$$

$K(i)$  est le nombre de fois que l'on se connecte à la cellule  $C_i$  pendant les  $m$  associations.

$$V = (P_i(C_1), P_i(C_2), P_i(C_3), \dots, P_i(C_n)) = (P_i(1), P_i(2), P_i(3), \dots, P_i(n)) \tag{5}$$

est le vecteur probabilité de positionnement à l'instant  $t$  de l'utilisateur dans le système des  $n$  cellules.

$$P_{t+1}(j) = \sum_{i=1}^n P_i^{(i)} * P_{ij} \tag{6}$$

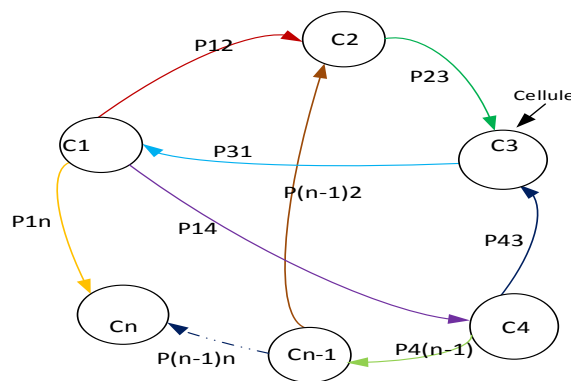
est la probabilité pour que le terminal mobile se trouve dans la cellule  $C_j$  à l'instant  $t + 1$ .

Considérons un paramètre  $\delta$ , avec  $\delta \in [0,1]$ , le seuil fixe ou variable, pour sélectionner les cellules de grandes probabilités retenu par le protocole mSCTP.

$$\text{donc, mSCTP} = \{C_i / P_{t+1}(i) \geq \delta \} \tag{7}$$

**2-2-3. Graphe sous forme de chaîne de Markov**

La matrice de transition d'une chaîne de Markov finie peut être associée à un graphe dont les sommets sont les états.  $P_{ij}$  sont les probabilités de transition d'état  $(i)$  vers  $(j)$  (**Figure 3**).



**Figure 3 :** Graphe associé à une matrice de transition entre  $n$  états

**2-2-4. Proposition des fonctions d'agrégation pour montrer la qualité de service (QoS)**

Les fonctions d'agrégation nous permettent d'apporter un jugement quantifiable sur plusieurs transitions intercellulaires pouvant garantir la qualité de service. Pour atteindre un consensus sur ces jugements, des fonctions d'agrégation classiques ont été proposées : la moyenne arithmétique et quasi-arithmétique, la moyenne géométrique et quasi- géométrique, la médiane et bien d'autres encore [10, 12]. Si  $P_{ij} = P(X_{t+1} = j | X_t = i)$  est la probabilité de transition de l'état  $i$  vers l'état  $j$  pendant les instant  $t$  et  $t + 1$ , pour  $n = 4$  (nombre de cellules), le graphe de la **Figure 3** nous donne :  $P_{11} = 0$  ;  $P_{12} = 0,5$  ;  $P_{22} = 0$  ;  $P_{23} = 1$  ;  $P_{31} = 1$  ;  $P_{33} = 0$  ;  $P_{43} = 1$  ;  $P_{14} = 0,5$  ;  $P_{44} = 0$ . Notons également que  $C_1$  est l'état initial, à chaque état correspond un temps aléatoire de moyenne (0,139 s ; 0,138 s ; 0,137 s ; 0,140 s) par exemple pour des données de type l'audio streaming [13]. Soit  $T_i$  le taux de transmission lors de la  $i^{\text{ème}}$  associations  $\Rightarrow T_i = F(T_1, T_2, T_3, \dots, T_n) \in [0,1]$  D'ou  $T_i$  représente la qualité de service (QoS) et  $F$  la fonction d'agrégation.  $T_i = \frac{Q^{i+1}}{Q^i} \in [0,1]$  avec  $Q^{i+1} \leq Q^i$  qui est la quantité d'information transmise de  $C_i$  à  $C_{i+1}$ . A cet instant de transmission nous supposons que l'utilisateur ne reçoit aucune nouvelle information. Si

U est l'ensemble des informations reçu étant dans la nouvelle cellule, alors  $Q_{i+1} = Q'_{i+1} + U$ , avec  $Q_{i+1} \geq Q'_{i+1}$  qui est également la quantité d'information mise à la disposition de l'utilisateur à l'entrée de la deuxième zone de transmission (2<sup>ème</sup> Handover).

#### 2-2-4-1. Cherchons la fonction d'agrégation qui répond à notre contexte d'application

[10, 12, 22] nous montre que la fonction de compromis se situent par définition entre les fonctions de disjonctifs et conjonctifs et remplit la plupart les Propriétés des fonctions d'agrégation d'où par conséquent il nous sera utile pour mieux répondre à la qualité de service dans notre contexte.

#### 2-2-4-2. Les opérateurs de compromis

Deux moyenne font leur entrée dans la contribution des fonctions d'agrégation; la moyenne arithmétique

$$F(x) = f\left[\frac{1}{m} \sum_{i=1}^m f(x_i)\right] \quad (8)$$

et la moyenne quasi-linéaire,

$$F(x) = f\left[\sum_{i=1}^m w_i f(x_i)\right] \quad (9)$$

Parmi les deux fonctions (8) et (9), la moyenne quasi-linéaire se distingue grâce à son poids  $w_i$  (puissance du signal) qui représente les poids du handover et dépend de l'altitude entre deux antennes en interférence, et aussi les obstacles géographiques tout en vérifiant la condition  $\sum_{i=1}^m w_i = 1$  avec  $w_i \in [0,1]$ .

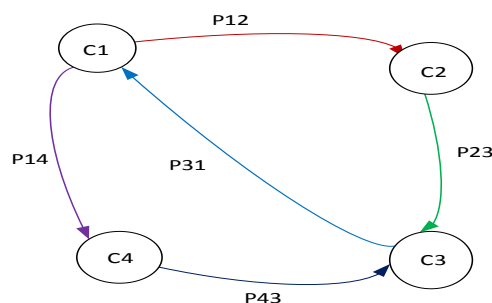
### 3. Résultats

#### 3-1. Mobilité des utilisateurs

Ce résultat de simulation sous Matlab nous permet de savoir dans quelles cellules l'utilisateur peut se déplacer librement à l'instant  $t + 1$  à partir de (6) défini de la façon suivante :

$$P_{t+1}(i) = \sum_{j=1}^n P_t(i) * P_{ij}$$

Nous présentons un graphe de 4 cellules ( $n = 4$ ) et 5 associations ( $m = 5$ ) comme le montre la **Figure 4**.



**Figure 4 :** Représentation d'un graphe de 4 cellules et 5 associations



Nous savons que  $P_{ij} = t [i, j] / g(i)$  avec  $g(i) = \sum_{j=1}^n t(i, j)$  (10)

(10) nous donne  $g(i) = \sum_{j=1}^4 t(i, j) = t(1,1) + t(1,2) + t(1,3) + t(1,4)$  (11)

Calculons  $P_{ij} = t [i, j] / g(i)$  et  $P_{t+i}(j) = \sum_{i=1}^n P_i(i) * P_{ij}$  (12)

On sait que:

$P_t(i) = K(i) / 5$  avec  $\sum_{i=1}^4 K(i) = 5$  (13)

$K(1) = 1 ; K(2) = 1 ; K(3) = 2 ; K(4) = 1$

donc,  $P_t(1) = 1 / 5 ; P_t(2) = 1 / 5 ; P_t(3) = 2 / 5 ; P_t(4) = 1 / 5$

or, on sait que  $P_{t+i}(j) = \sum_{i=1}^n P_i(i) * P_{ij}$

$$\begin{bmatrix} P_{t+1}(1) \\ P_{t+2}(2) \\ P_{t+3}(3) \\ P_{t+4}(4) \end{bmatrix} = (P_t(1), P_t(2), P_t(3), P_t(4)) * M \quad (14)$$

$$\begin{bmatrix} P_{t+1}(1) \\ P_{t+2}(2) \\ P_{t+3}(3) \\ P_{t+4}(4) \end{bmatrix} = P_t(1)P(2), P_t(3), P_t(4)) * \begin{pmatrix} P_{1,1} & \dots & \dots & P_{1,4} \\ P_{2,1} & \dots & \dots & P_{2,4} \\ P_{3,1} & \dots & \dots & P_{3,4} \\ P_{4,1} & \dots & \dots & P_{4,4} \end{pmatrix} \quad (15)$$

donc,  $P_{t+1}(1) = P_t(1)P(1, 1) + P_t(2)P(2, 1) + P_t(3)P(3,1) + P_t(4)P(4,1)$

Cette expression donne bien :  $P_{t+i}(j) = \sum_{i=1}^n P_i(i) * P_{ij}$

Enfin, la simulation réalisée sous une plateforme Matlab nous donne.

$T = [0 \ 1 \ 0 \ 1; 0 \ 0 \ 1 \ 0; 1 \ 0 \ 0 \ 0; 0 \ 0 \ 1 \ 0]$

T =

$$\begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}$$

[C] = cellules Markov (T, 1 / 3,1)

$$\begin{aligned}
 P &= \\
 &\begin{array}{cccc}
 0 & 0.5000 & 0 & 0.5000 \\
 0 & 0 & 1.0000 & 0 \\
 1.0000 & 0 & 0 & 0 \\
 0 & 0 & 1.0000 & 0
 \end{array} \\
 C &= \begin{array}{cccc}
 1 & 0 & 1 & 0
 \end{array} \\
 &= \{C_1, C_3\}
 \end{aligned}$$

La simulation sous Matlab nous a permis d'obtenir si on se fixe un seuil  $\delta = \frac{1}{3}$ , alors mSCTP à l'instant  $t + 1$  est égale à :  $mSCTP(t + 1) = \{C_i / P_{t+1}(i) \geq \delta\} = \{C_1, C_3\}$  Si le critère de choix dans l'ensemble mSCTP ( $t + 1$ ) est la cellule ayant la plus grande probabilité, alors l'utilisateur pourra être basculer entre C1 ou C3 sans conséquence

### 3-2. Qualité de service lors d'un transfert intercellulaire

Nous proposons quatre cas selon différents niveaux<sup>5</sup> [2] en variant les fonctions.

- 1<sup>er</sup> cas : Handover avec un niveau (**Figure 5**).

Mesurons la qualité de service lorsque  $f$  est une fonction identité c'est à dire  $f(x) = x$  alors

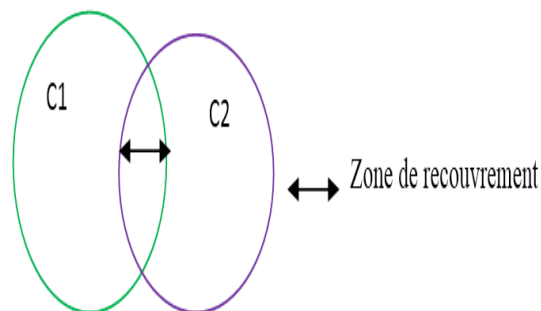
$$T = F(x) = f^{-1}[\sum_{i=1}^m w_i f(x_i)] = \sum_{i=1}^m w_i x_i$$

Posons :  $Q_i = t_i * D_i$  ( $t_i$  est le temps aléatoire de transmission pour chaque cellule et  $D_i$  le débit).

$$T_i = \frac{Q^{i+1}}{Q_i} \text{ avec } Q_{i+1} = Q_{i+1} + \text{nouvelles informations}$$

<sup>5</sup> variation de la vitesse par rapport au point d'accès

Nous prenons pour exemple la conversion audio avec 0,139 s ; 0,138 s ; 0,137 s ; 0,140 s ; 0,145 s les temps aléatoires attribués à chaque état et un débit constant de 40 kbit / s pour toutes les cellules  $C_i$ .



**Figure 5 : Handover avec un niveau**

Nous présentons en premier le résultats de simulation en fonction de  $f$  qui est une fonction identité c'est à dire  $f(x) = x$ , du poids  $w$  et de qualité de service  $T$  (**Figure 6**).

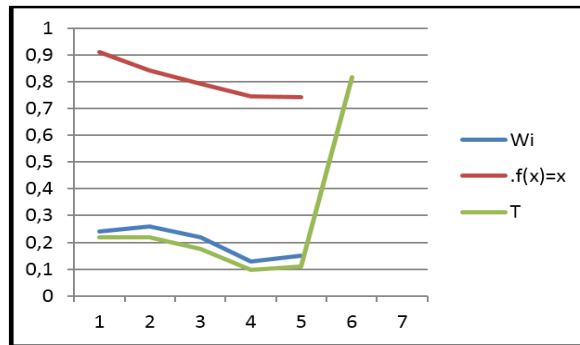


Figure 6 : Qualité de service lors d'un transfert intercellulaire avec un niveau, Ici  $T = 0,82 \in [0,1]$

- 2<sup>ème</sup> cas : Handover avec deux niveaux (Figure 7)

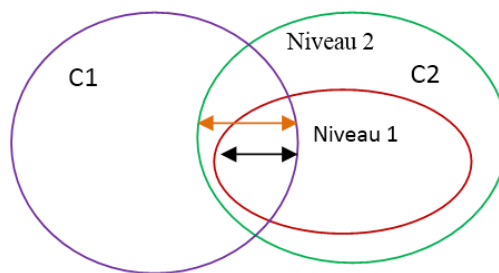


Figure 7 : Handover avec deux niveaux

Si  $D_i$  est constant par niveau :  $Q'_2 = D_1 t'_2 + D_2 t''_2$  avec  $t = t'_2 + t''_2$  et  $Q_1$  connu (5 kbits / s) alors  $T_1 = \frac{Q'_2}{Q_1}$ .

Nous maintenons toujours la conversation audio de données : 0,125 s ; 0,130 s ; 0,125 s ; 0,125 s pour le niveau 1 et 0,139 s ; 0,138 s ; 0,137 s ; 0,140 s ; 0,145 pour le niveau 2  $Q_{i+1} = Q'_{i+1} +$  des nouvelles informations. Les associations suivantes sont calculées en fonction de la Figure 6.

1<sup>ère</sup> association :  $Q_1 = 5k \text{ bits}$ ,  $Q'_2 = D_1 * t_2 + D_2 * t'_2$  alors  $T_1 = \frac{Q'_2}{Q_1}$  ; 2<sup>ème</sup> :  $Q'_3 = D_1 * t'_3 + D_2 * t''_3$  alors

$T_2 = \frac{Q'_3}{Q'_2}$  ; 3<sup>ème</sup> :  $Q'_1 = D_1 * t'_1 + t''_1 D_2$  alors  $T_3 = \frac{Q'_1}{Q'_3}$  ; 4<sup>ème</sup> :  $Q'_4 = D_1 t'_4 + D_2 * t''_4$  alors  $T^4 = \frac{Q'_4}{Q'_1}$  ;

5<sup>ème</sup> :  $Q''_3 = D_1 * t'_3 + D_2 * t''_3$  alors  $T_5 = \frac{Q'_3}{Q'_4}$ . Nous présentons le résultat de simulation en fonction de  $f$  qui est une fonction identité c'est à dire  $f(x) = x$ , du poids  $w$  et de qualité de service  $T$  (Figure 8).

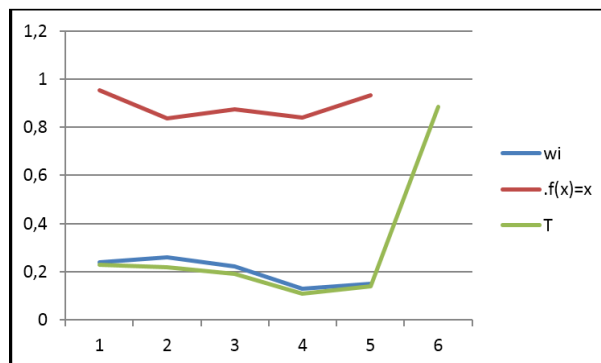
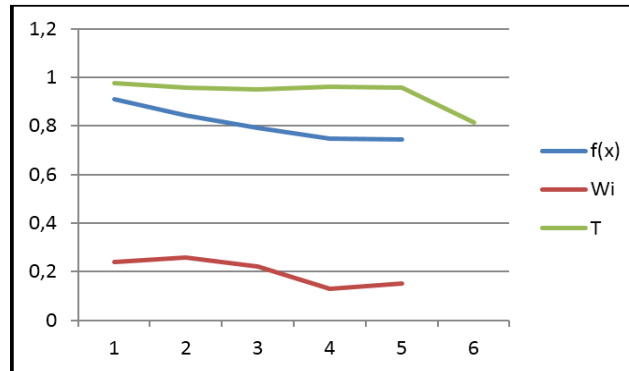


Figure 8 : Qualité de service lors d'un transfert intercellulaire entre deux niveaux, Ici  $T = 0,892 \in [0,1]$

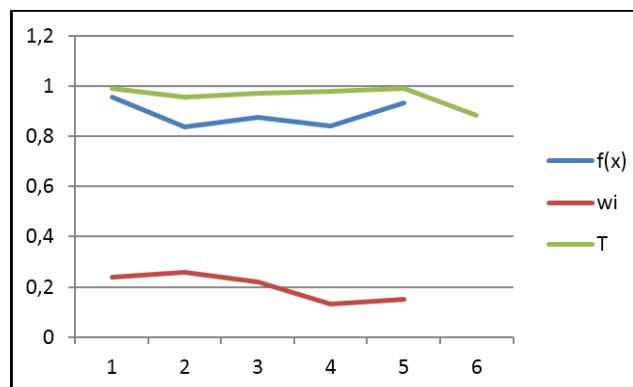
Reprenons le calcul de la qualité de service dans les deux cas précédents, lorsque  $f(x) = \log x$  c'est à dire  $T = F(x) = f^{-1}[\sum_{i=1}^m w_i f(x_i)] = \prod_{i=1}^m x_i^{w_i}$

- 3<sup>ème</sup> cas : Handover avec un niveau (**Figure 9**)



**Figure 9 :** Qualité de service lors d'un transfert intercellulaire avec un niveau,  $T = 0,815 \in [0,1]$

- 4<sup>ème</sup> cas : Handover avec deux niveaux (**Figure 10**)



**Figure 10 :** Qualité de service lors d'un transfert intercellulaire entre deux niveaux,  $T = 0,883 \in [0,1]$

- *Interprétation des Figures 6, 8, 9 et 10*

Nous constatons, au vu des deux premiers figures une amélioration de la qualité de services au second. Nous constatons également que lorsqu'on change la fonction d'agrégation, les taux de transmission de la quatrième figure offre une meilleure qualité de service que le troisième. Cela confirme que la deuxième et quatrième figure présente des caractéristiques plus proches de la réalité ; car il est rare que le débit soit constant dans une cellule.

#### 4. Discussion

Il est question au cours de nos études de proposer un protocole pour assurer la mobilité transparente dans les réseaux communautaires sans fil. Au préalable Mobile IP (MIP) [1, 4] a été proposer pour résoudre les problèmes de rupture de communication durant les déplacements des nœuds mobiles dans des réseaux IP, mais [5] nous fais comprendre qu'il ne prend pas en charge le transfert intercellulaire rapide pour les

applications sensibles au délai et aux pertes de paquets. Pour résoudre ce problème, des extensions de MIP, telles que le MIP à transfert rapide (FMIP, fast handover for MIP) et le MIP hiérarchisé (HMIP, hierarchical MIP), mais ceux-ci ne garantissent pas un délai de relève minimal et une perte de paquets tolérable. Un second protocole à proposer est SIP. Ce protocole SIP fournit la gestion de la localisation pour la mobilité des terminaux. Mais dans [4], SIP ne fournit pas la gestion transparente du transfert intercellulaire. Toutefois, lors d'un mouvement, le protocole SIP ne peut pas garantir le maintien d'une session TCP ou assurer la mise en correspondance des ports UDP [4]. Un troisième protocole SCTP / mSCTP est proposé et grâce à sa technique du Multi-homing qui présente des avantages telles que : ouvrir plusieurs connections IP avec une même association, un mécanisme de contrôle d'erreur qui permet de détecter les pertes, la rupture de séquences ou la duplication de paquets et une configuration dynamique des adresses durant une association. La modélisation de mSCTP est faite en utilisant la chaîne de Markov d'où les résultats ont été donnés sous Matlab pour  $n = 4$  (nombre de cellules) et  $m = 5$  (nombre d'association) et en choisissant Pour un seuil  $\delta = 1 / 3$  l'utilisateur pourra être basculé en C1 ou C3 sans conséquence. L'utilisation des fonctions d'agrégation nous a permis de montrer la qualité de service de type audio.

## 5. Conclusion

Il est question pour nous tout au long de ce papier de présenter la gestion de la mobilité dans les réseaux communautaires sans fil. Après études des couches haute du modèle OSI (réseau, application et transport) tout en présentant les avantages et les inconvénients des différents protocoles de mobilité. Ces différentes études nous ont amené à proposer le protocole SCTP / mSCTP comme protocole promoteur de ma mobilité dans les réseaux communautaires sans fil, compte tenu des avantages qu'il présente grâce à la technique du Multihoming. Nous avons également modélisé le protocole de mobilité mSCTP en utilisant les chaînes de Markov en temps continue et enfin les études sur les fonctions d'agréations nous ont permis de montrer la qualité de service sur l'application de type audio.

## Références

- [1] - JEAN-BAPTISTE SANGLA, Résumé de l'étude SagaTel sur les marchés du WiFi en France, (2007).
- [2] - PHILIPPE ATELIN, Réseaux sans fil 802.11 : Technologie - Déploiement - Sécurisation, (2010) 224 p.
- [3] - Prescriptions de gestion de la mobilité au niveau des interfaces de nœuds de réseau pour les systèmes postérieurs aux IMT-2000, (12 / 2004).
- [4] - GUY PULLOLE, Les réseaux, 5<sup>ème</sup> et 6<sup>ème</sup> édition, (Septembre 2006).
- [5] - MOHAMED RABBIE NAIMI, Évaluation des Performances de Mobile SCTP dans l'Équilibrage de Charge basée sur le Type de Flux dans les réseaux NEMO. Mémoire de Magister, UNIVERSITE ABOUBEKR BELKAID d'Algérie, (2012) 117 p.
- [6] - GUOZHI WEI, Optimisation du handover dans le protocole IPV6 Mobile avec la méthode E-HCF. Thèse de doctorat, Université PARIS XII, (2007) 140 p.
- [7] - ERIC MEURISSE, L'UMTS et les hauts débits mobiles», (2007).
- [8] - R. STEWART, Q. XIE, K. MORNEAULT, C. SHARP, H. SCHWARZBAUER, T. TAYLOR, I. RYTINA, M. KALLA, L.ZHANG, V. PAXSON, «Stream Control Transmission Protocol», RFC2960, Internet Engineering Task Force, (2000).
- [9] - J. IYENGAR, K. SHAH, P. AMER, R. STEWART, «Concurrent Multipath Transfer Using SCTP Multihoming», SPECTS, (2004).

- [10] - M. ARIF, S. HAFID, T. BROUARD1 N. VINCENT, AWFO (un opérateur d'agrégation) pour la reconnaissance des formes AWFO (an aggregation operator) for pattern recognition, (2005).
- [11] - GERARD MICHEL COCHARD, Réseaux cellulaires GSM ; GPRS;UMT, (2002).
- [12] - JEAN-LUC MARICHAL, Fonctions d'agrégation pour la décision, 4 (2003).
- [13] - RECOMMANDATION UIT-R M.1079-2, (1994-2000-2003).
- [14] - GUY PULLOLE, Les réseaux, 5<sup>ème</sup> et 6<sup>ème</sup> édition, (Septembre 2006).
- [15] - DAVID COUPIER, PROCESSUS.STOCHASTIQUES, ouvrage, (Janvier 2014) 54 p.
- [16] - RIEGEL, M. TUEXEN, «Mobile SCTP», draft-riegel-tuexen-mobile-sctp-04.txt, Internet- Draft, (October 2004).
- [17] - NICOLAS MONTAVONT, LA MOBILITE DANS LES RESEAUX IP, (2001).
- [18] - E. POMMIES, S. ROBIN, Introduction aux chaînes de Markov homogènes, (2004).
- [19] - FRANÇOIS BUNTSCHU, RUDOLF SCHEURER, ANTOINE DELLEY, SCTP (Stream Control Transmission Protocol) une alternative à TCP et UDP, (2003).
- [21] - Groupe PDMIA, Processus Décisionnels de Markov en Intelligence Artificielle, (2008).
- [21] - É. PARDOUX, Processus de Markov et applications : Algorithmes, Réseaux, Génome et Finance, 11 (Septembre 2006).
- [22] - MICHEL GRABISCH, PATRICE PERNY, Agrégation Multicritère, 12 (3) (2002).