



HAL
open science

Performances optimales d'une allocation globale de ressources radio dans des réseaux hétérogènes

Déthié Dione, Salimata Gueye Diagne, Coumba Diallo

► **To cite this version:**

Déthié Dione, Salimata Gueye Diagne, Coumba Diallo. Performances optimales d'une allocation globale de ressources radio dans des réseaux hétérogènes. 2017. hal-01529156

HAL Id: hal-01529156

<https://hal.science/hal-01529156v1>

Preprint submitted on 30 May 2017

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Performances optimales d'une allocation globale de ressources radio dans des réseaux hétérogènes

Déthié Dione¹, Salimata Gueye Diagne¹, Coumba Diallo¹
dethiedione79@gmail.com

1-Université Cheikh Anta Diop de Dakar, Senegal

Abstract

L'évolution des réseaux sans fil et mobiles devient de plus en plus rapide, ainsi l'allocation optimale de ressources radio est un problème qui s'impose. Ce développement de réseaux de télécommunications est accompagné d'un déploiement efficient de réseaux sans fil tels que le Wireless Fidelity et des réseaux mobiles comme le LongTerm Evolution(LTE). Dans cet article, nous proposons un algorithme améliorant l'allocation globale de ressources radio dans le cadre d'un système hétérogène de réseaux sans fil et mobile à l'aide de la programmation dynamique notamment le principe d'optimalité de Bellman. Nous avons pris en compte la mobilité des utilisateurs en utilisant le modèle 2D Fluid Flow pour obtenir de meilleures performances testées numériquement par le Network Simulator 3(NS3).

Keys word:

Optimisation, LTE, Wimax, Handover, Principe d'optimalité de Bellman.

1 Introduction

Nous assistons à une croissance de plus en plus rapide des réseaux sans fil et mobiles. Ce développement des réseaux a entraîné un déploiement de divers types de réseaux tels le Wireless Fidelity(Wi-Fi), le Wimax, le Global System Mobile(GSM), le UMTS et tout dernièrement le LongTerm Evolution(LTE).

Ces différentes technologies ont participé à l'amélioration de la communication des utilisateurs qui deviennent de plus en plus exigeant quant à la qualité du service(Qos). Nous prenons en compte la mobilité des utilisateurs et les types de services auxquels il est connecté pour leur satisfaction. Pour modéliser la mobilité des utilisateurs nous avons utilisé le **2D Fluid Flow**. En effet, dans ce modèle de mobilité, les utilisateurs se déplacent dans toutes les directions dans la zone de service avec les même probabilités. Il est souvent utilisé pour représenter les caractéristiques de la circulation sur les grandes voies et d'autres situations similaires avec un flux constant de terminaux mobiles.

L'intégration des réseaux sans fil et mobiles est de nos jours une nécessité pour la satisfaction des utilisateurs dont la demande est de plus en plus forte. La mobilité globale des services et des utilisateurs rendent difficile cette tâche. Cependant ces réseaux sont dotés de caractéristiques

pour supporter des services et des utilisateurs différents et mobiles. Ainsi de nouvelles méthodes de sauvegarde, de transmission et d'allocation des ressources radio s'imposent.

Nous avons noté dans la littérature les techniques d'allocation les plus utilisées. L'utilisation efficace des ressources radio a fait l'objet de beaucoup de recherches car, la gestion efficace de ces ressources permet d'améliorer les performances des réseaux de télécommunication. Nous présentons ici quelques algorithmes d'ordonnement des ressources radio:

Les algorithmes classiques: Ils sont simples et anciens dérivés du filaire. Il s'agit du Round Robin et l'allocation aléatoire. Le Round Robin est la plus connue dans les réseaux sans fils [2] [3]. Son principe est d'attribuer à tour de rôle une même quantité d'unités de ressources à tous les utilisateurs. L'allocation aléatoire, le Random Access (RA) [4], consiste à allouer la ressource radio de façon aléatoire entre les utilisateurs.

Les algorithmes équitables: Pour corriger les insuffisances des algorithmes précédents, ils apportent une amélioration en prenant en compte la notion d'équité ou de différence de services [1]. Il s'agit du Fair Queuing (FQ), du Max-Min Fair (FQ), et du Weighted Fair Queuing (WFQ). Dans l'algorithme du Fair Queuing (FQ) [5] [10], pour une transmission de débit D , chacun des N utilisateurs actifs sera servi à hauteur de $\frac{D}{N}$. Il est donc plus équitable que le Round Robin. Dans le Max-Min Fair [11] [15], l'allocation des unités de ressources consiste à les attribuer de façon itérative, de manière à ce que le débit global offert à chaque utilisateur augmente progressivement et de façon identique jusqu'à ce qu'aucune unité de ressource ne soit attribué à un utilisateur qui aura atteint le débit qu'il demande. Le Weighted Fair Queuing est une amélioration du Fair Queuing [13] [14]. Il utilise un système de pondération qui permet d'accorder plus d'unités de ressources à certaines transmissions. Il prend donc en compte la qualité de service.

Les algorithmes opportunistes: Ils ont été développés pour tirer profit de la diversité fréquentielle et de plusieurs utilisateurs pour attribuer les unités de ressources en privilégiant les conditions de transmission/réception les plus favorables (meilleur rapport signal/bruit). Ce sont le Maximum Signal-to-Noise Ratio (MaxSNR) et le Proportional Fair (PF). Le MaxSNR connu également sous le nom de Maximum Carrier to Interférence ratio (MaxC/I). Dans cet algorithme la priorité est donnée à la transmission qui a le plus grand rapport signal/bruit [17] [18]. Le Proportional Fair a pour principe d'allouer un intervalle de temps d'une sous-porteuse considérée, à l'utilisateur qui a les conditions de transmissions les plus favorables par rapport à la moyenne (des transmissions dans la sous-porteuse) [15] [16]. Dans ce principe, les mobiles ne sont pris que lorsque leurs conditions radio sont bonnes et permettent de tirer le meilleur profit des unités de ressources.

La contribution dans nos travaux se repose sur notre modèle d'allocation de ressources radio à un utilisateur. Par ailleurs, contrairement aux autres travaux, nous avons pris la programmation dynamique comme une technique importante de résolution du problème d'optimisation qui consiste à obtenir une allocation optimale de ressources radio à un utilisateur.

Nous avons organisé notre article de la manière suivante: La section 2 introduit le modèle du système hétérogène étudié où tous les paramètres du système sont définis. L'allocation de ressources radio à un utilisateur est établi au niveau de la section 3. Par la section 4, nous avons développé le modèle mathématique de l'allocation des ressources aux utilisateurs, qui est basé sur la programmation dynamique. La méthode de résolution du modèle mathématique est donnée à la section 5. Les résultats obtenus sont simulés puis analysés à la section 6. Nous avons terminé notre étude à la section 7 par une conclusion et des perspectives.

2 Modèle hétérogène des réseaux mobiles et sans fil

Le modèle d'un système hétérogène de réseaux est donné par la figure 6.1. En effet, nous avons une zone de service circulaire Z_1 couverte intégralement par un réseau mobile. Cette zone de service est répartie en plusieurs sous-zones circulaires homogènes $(Z_i)_{2 \leq i \leq m}$ dont chacune est couverte par un réseau sans fil.

Ainsi les réseaux mobile et sans fil se chevauchent dans les sous-zones Z_i et les réseaux sans fil sont disjoints entre eux. Nous notons par Z_0 la partie de la zone de service non couverte par un réseau sans fil. Les utilisateurs se dotant d'appareil à accès multiples, ont la possibilité de changer de connections dans les zones où les réseaux se chevauchent en choisissant automatiquement le réseau ayant le nombre de ressources le plus élevé.

$$Z_0 = Z_1 - \bigcup_{j=1}^m Z_j \quad (1)$$

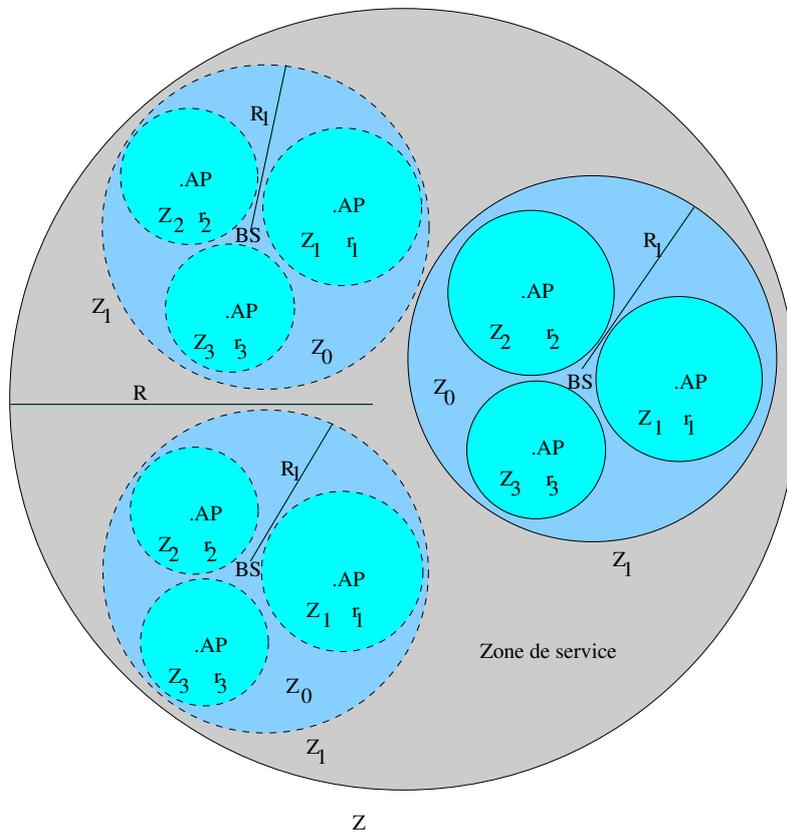


Figure 1: Model cluster service zone

3 Allocation de ressources radio

Si un utilisateur se trouve dans une zone Z_i où coexistent les deux réseaux mobile et sans fil alors il a la possibilité de se connecter soit nouvellement ou par handover au réseau mobile ou sans fil. Si le nombre de ressources est plus élevé pour le réseau mobile alors l'utilisateur s'y connecte sinon il les ressources sont bloquées pour se connecter au réseau sans fil comme l'indique l'anagramme de technique d'allocation des ressources radio ci-dessous:

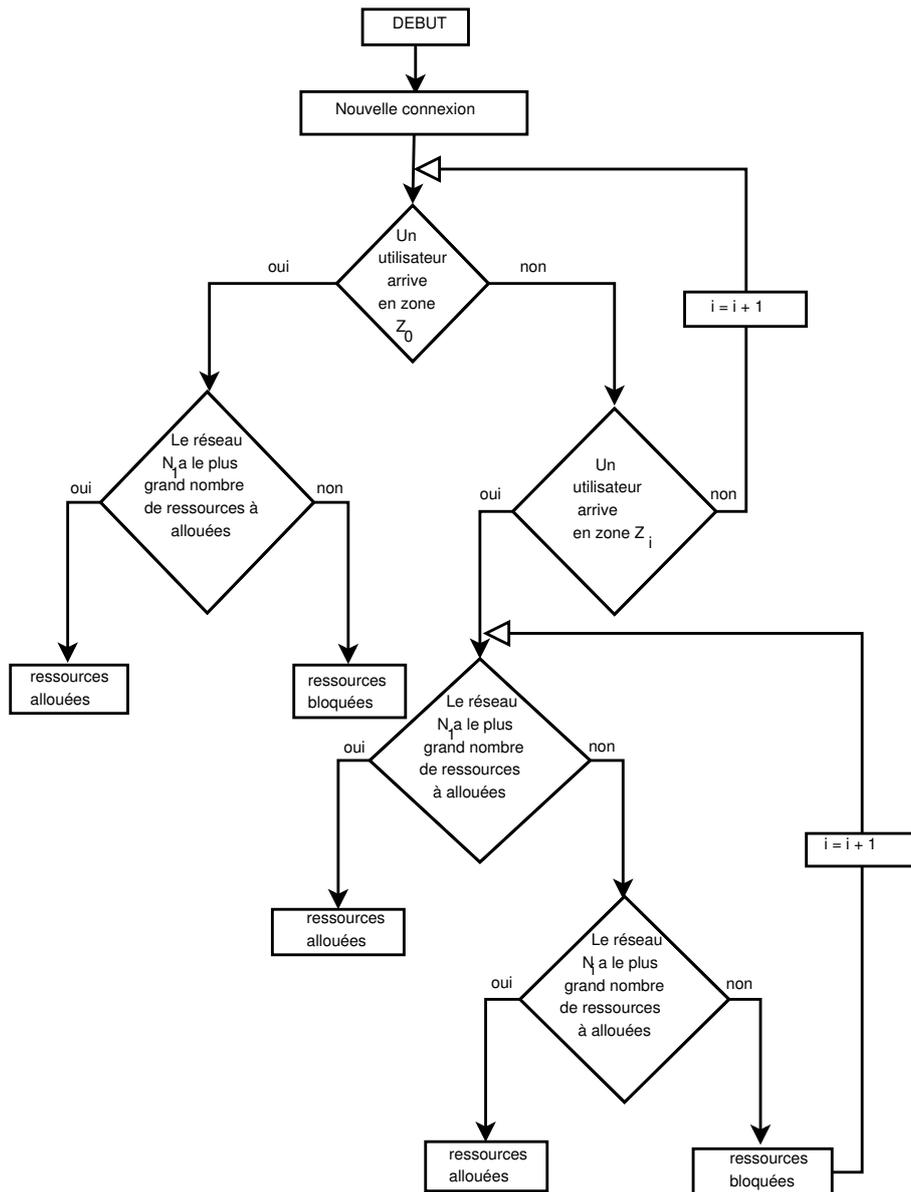


Figure 2: Technique d'allocation des ressources

4 Modèle mathématique

4.1 Ensembles, Paramètres et Variables

Z : Ensemble des zones, $z \in Z$;

I : Ensemble des utilisateurs, $i \in I$;

K : Ensemble des services, $k \in K$;

R : Ensemble des réseaux, $r \in R$;

$\tau_{z,z'}$: Taux de sortie de la zone z vers la cellule z' ;

$\tau_z^{i,k}$: Taux moyen de demande d'accès à un service k par un utilisateur i dans la zone z ;

\mathbb{P}_z^i : Probabilité de trouver un utilisateur i dans une zone z ;

$x_{z,r}^t$: Ressources disponibles du réseau r dans la zone z à l'étape t ;

La variable du problème d'optimisation utilisée est le nombre d'unités de ressources qu'il faut attribuer pour permettre à un utilisateur de connecter.

$y_{z,r}^{i,t}$: Ressources allouées à l'utilisateur i par le réseau r dans la zone z à l'étape t . Ces ressources dépendent directement sur celles disponibles, de la probabilité de trouver un utilisateur et du taux moyen de handover. Elles sont calculées par la formule:

$$y_{z,r}^{i,t} = \sum_{k \in K} x_{z,r}^t (\mathbb{P}_z^i + \tau_z^H) \tau_z^{i,k} \quad (2)$$

Où le taux moyen de handover(H) est donné par:

$$\tau_z^H = U_z^k \times \tau_{z,z'}$$

Selon le modèle de mobilité 2D Fluid Flow, le taux de sortie de la zone de service Z vers la cellule Z_i est défini par:

$$\tau_{z,z'} = \frac{E(v) \times L_{Z_i}}{\pi \times A(z)}$$

$E(v)$ est la vitesse moyenne des utilisateurs mobiles dans la zone de service, L_{Z_i} est la longueur du périmètre de la cellule Z_i et $A(z)$ est la surface de la zone de service. La probabilité de trouver un utilisateur dans une sous zone $A(z)$ est:

$$\mathbb{P}_z^i = \frac{A(z)}{A(z_{tot})}$$

Avec: $A(z)$: Aire de la sous zone z et $A(z_{tot})$: Aire de la zone totale de service.

Le taux demande d'accès à un service k $\tau_z^{i,k}$ est donné par:

$$\tau_{z_i}^{i,k} = \mathbb{P}_z^i \times \tau_z^{i,k}$$

Comme les unités de ressources sont limitées alors elles dépendent du nombre de sous-porteuses et de l'espacement entre elles lors de leur subdivision. L'OFDM a pour but de répartir sur l'ensemble des sous-porteuses les transmissions radio établies. Un signal émis est réparti sur toutes les sous-porteuses du réseau (ce qui améliore le débit). La modulation dans le système OFDM règle le problème d'utilisateur éloigné car le type de modulation permet de prendre en

compte le paramètre distance, elle permet aussi d'assurer la puissance de la transmission selon la distance de transport. Elle agit comme un recouvrement qui protège le signal dans son acheminement.

Table 1: Paramètres de Modulation

$N_{of,r}^{i,t}$	Le nombre de symbole OFDM du réseau r occupé par l'utilisateur i à l'étape t
$N_{bit,r}^{i,t}$	Le nombre de bits de la modulation du réseau r occupé par l'utilisateur i à l'étape t
K_r	Nombre de sous-porteuses d'un réseau r

4.2 Fonction objectif et Contraintes

Les ressources disponibles sont limitées, on alloue en tenant compte du maximum à atteindre. Cette inégalité montre qu'on ne peut pas allouer les unités de ressources radio à un utilisateur au delà de ce qui est disponible.

Nous disposons des paramètres qui nous permettent de déterminer la fonction d'occupation d'un utilisateur se trouvant dans des réseaux hétérogène.

$$g^{i,t}(y_{z,r}^{i,t}) = \max(f_1^{i,t}(y_{z,r}^{i,t}), f_2^{i,t}(y_{z,r}^{i,t}), \dots, f_r^{i,t}(y_{z,r}^{i,t})) \quad (3)$$

Sous les contraintes suivantes:

$$\sum_{i \in I} y_{z,r}^{i,t} \leq x_{z,r}^t \quad (4)$$

$$y_{z,r}^{i,t} \geq 0 \quad (5)$$

$$x_{z,r}^t \geq 0 \quad (6)$$

Où on a:

$$f_r^{i,t}(y_{z,r}^{i,t}) = K_r \times N_{of,r}^{i,t} \times N_{bit,r}^{i,t} \times y_{z,r}^{i,t}$$

Nous supposons que les nombres de sous-porteuses des réseaux $(K_r)_{r \in \mathbb{N}}$ suivent une suite croissante, $(K_r \leq K_{r+1})$.

$$\begin{aligned} x_{z,r}^{t+1} &= x_{z,r}^t - \sum_{i \in I} y_{z,r}^{i,t} \\ &= x_{z,r}^t - \sum_{i \in I} \sum_{k \in K} x_{z,r}^t (\mathbb{P}_z^i + \tau_z^H) \tau_z^{i,k} \\ &= x_{z,r}^t (1 - \sum_{i \in I} \sum_{k \in K} (\mathbb{P}_z^i + \tau_z^H) \tau_z^{i,k}) \\ &= x_{z,r}^0 [1 - \sum_{i \in I} \sum_{k \in K} (\mathbb{P}_z^i + \tau_z^H) \tau_z^{i,k}]^{n+1} \end{aligned}$$

5 Méthode de résolution basée sur les équations de Bellman en programmation dynamique

Compte tenu de l'aspect dynamique de l'allocation de ressources dans des réseaux hétérogènes, nous utilisons la programmation dynamique pour résoudre le modèle mathématique obtenu dans la section précédente.

5.1 Programmation dynamique

La programmation dynamique est une méthode de résolution exacte en optimisation. Elle fait intervenir des étapes au cours desquelles des décisions ou politiques optimales doivent être prises. Elle décompose un problème initial en une série de sous-problèmes de taille plus petite, qui peuvent eux même être décomposés encore pour atteindre des sous-problèmes de taille élémentaire dont la résolution est simple, ce qui constitue un avantage de la résolution par la programmation dynamique. La nature séquentielle d'un problème peut donc amener à choisir la programmation dynamique pour le résoudre.

Le problème d'optimisation se présente comme une décision à prendre pour chaque état possible du système. En effet, selon la disponibilité des ressources et le besoin d'un utilisateur, nous devons lui allouer des ressources radio pour sa connexion. Cette similitude fait que la programmation dynamique est adaptée au problème.

5.1.1 Principe d'optimalité de Bellman:

Dans la résolution des problèmes d'optimisation par la programmation dynamique, on obtient la solution du problème initial à l'aide de celles des sous-problèmes. Cette méthode de résolution se repose sur un principe appelé *Principe d'optimalité de Bellman*: dont l'énoncé est:

" Une politique optimale a la propriété que, quels que soient l'état initial et la décision initiale, les décisions restantes doivent constituer une politique optimale vis-à-vis de l'état résultant de la première décision."

5.1.2 Équation de Bellman:

L'équation de Bellman régit un système dynamique sur $t = 0, 1, \dots, T - 1, T$ à temps discret dans un horizon fini T .

- E_t état du système à l'instant t ;
- $\Gamma(E_t)$ ensemble des actions à l'état E_t ;
- $a_t \in \Gamma(E_t)$ action parmi celles possibles lorsque le système est à l'état E_t ;
Si Φ est la fonction de transfert alors on a:

$$E_{t+1} = \Phi(E_t, a_t)$$

- Soit $F(E_t, a_t)$ la fonction de coût à choisir l'action a_t si le système est à l'état E_t ;

◦ Le coût global après T étape lorsqu'on arrive à l'état E_{T+1} est ainsi donnée par:

$$Z_T^*(E_{T+1}) = \min_{a_t} \left\{ \sum_{t=0}^T F(E_t, a_t) \right\}$$

Alors:

$$Z_T^*(E_{T+1}) = \min_{a_t \in \Gamma(E_t); E_{t+1} = \Phi(E_t, a_t)} \left\{ \sum_{t=0}^T F(E_t, a_t) + Z_T^*(E_{T-1}) \right\}$$

5.2 Résolution du modèle d'allocation des ressources:

Notons par:

t une étape discrète du système dynamique à horizon fini T , $t = 0, 1, \dots, T$

$x_{z,r}^t$: état du système au début de l'étape t .

L'ensemble des actions $\Gamma(x_{z,r}^t)$ si le système est à l'état $x_{z,r}^t$ est défini par:

$$\Gamma(x_{z,r}^t) = \{w^t : w^t = (\mathbb{P}_z^i + \tau_z^H) \tau_z^{i,k}\} \quad (7)$$

En notant par Φ la fonction de transfert alors on a:

$$x_{z,r}^{t+1} = \Phi(x_{z,r}^t, w^t) \quad (8)$$

$$\begin{aligned} \Phi(x_{z,r}^t, w^t) &= x_{z,r}^t - \sum_{i \in I} y_{z,r}^{i,t} \\ &= x_{z,r}^t - x_{z,r}^t w^t \\ &= x_{z,r}^t (1 - w^t) \end{aligned}$$

La fonction $F(x_{z,r}^t, w^t)$ de coût à choisir l'action w^t si le système est à l'état $x_{z,r}^t$ qui correspond à la fonction d'occupation de l'utilisateur i est ainsi définie:

$$\begin{aligned} F(x_{z,r}^t, w^t) &= K_r \times N_{of,r}^{i,t} \times N_{bit,r}^{i,t} \times y_{z,r}^{i,t} \\ &= K_r \times N_{of,r}^{i,t} \times N_{bit,r}^{i,t} \times (x_{z,r}^t - x_{z,r}^{t+1}) \\ &= K_r \times N_{of,r}^{i,t} \times N_{bit,r}^{i,t} \times (x_{z,r}^t w^t) \end{aligned}$$

Le nombre global d'unités de ressource allouées un utilisateur après T étape lorsqu'on arrive à l'état x^{T+1} est ainsi donnée par:

$$Z_T^*(x^{T+1}) = \max_{w^t} \left\{ \sum_{t=0}^T F(x^t, w^t) \right\}$$

Alors:

$$Z_T^*(x^{T+1}) = \max_{w^t \in \Gamma(x^t); x^{t+1} = \Phi(x^t, w^t)} \left\{ \sum_{t=0}^T F(x^t, w^t) + Z_T^*(x^{T-1}) \right\}$$

Le nombre d'unités de ressources attribué est le maximum qui permet d'écouler le flux de l'utilisateur. Chaque unité de ressources transporte une quantité de donnée déterminé par la division de la bande passante et l'unité de temps considéré.

6 Application à l'allocation de ressources des réseaux hétérogènes LTE et WIMAX

Orthogonal Frequency Division Multiplexing(OFDM) est une technique de modulation qui supporte la mobilité des utilisateurs. La partie opérationnelle du OFDM est l'OFDMA qui est technologie de codage radio de type " accès multiple par répartition de fréquence" qui est notamment utilisée dans le réseau LongTerm Evolution(LTE). Elle est utilisé dans d'autres réseaux tels que l'UMTS.

L'objectif est donc de partager une ressource radio commune(bande de fréquence) et d'en attribuer dynamiquement des parties aux utilisateurs. Le principe de l'OFDMA est de répartir sur un grand nombre de sous-porteuses le signal numérique que l'on souhaite transmettre. Cette modulation consiste à réaliser un accès multiple en assignant aux utilisateurs des sous-parties de l'ensemble des sous-porteuses constituant la bande passante libre. Cette technique permet de supporter un grand nombre d'utilisateurs ayant des exigences variables en termes de qualité de services.

6.1 Modèle mathématique

En considérant un utilisateur quelconque en communication, il occupe soit les ressources du réseau mobile LTE soit celui du WIMAX selon que l'un ou l'autre lui donne pleine satisfaction.

Table 2: Paramètres de Modulation

$N_{of,r}^{i,t}$	Le nombre de symbole OFDM du réseau LTE ou WIMAX occupé par l'utilisateur i à l'étape t avec $r \in \{1, 2\}$.
$N_{bit,r}^{i,t}$	Le nombre de bits de la modulation du réseau LTE ou WIMAX occupé par l'utilisateur i à l'étape t avec $r \in \{1, 2\}$.
$(K_r)_{r \in \{1,2\}}$	Nombre de sous-porteuses du réseau (noté K_1 ou K_2 selon que l'utilisateur est connecté au LTE ou WIMAX).

La fonction d'occupation d'un utilisateur i se trouvant uniquement dans le réseau LTE à qui on a attribué $y_{z,1}^{i,t}$ ressources dans une zone z à l'étape t est donnée par:

$$g_1^{i,t}(y_{z,1}^{i,t}) = K_1 \times N_{of,1}^{i,t} \times N_{bit,1}^{i,t} \times y_{z,1}^{i,t} \quad (9)$$

Si l'utilisateur est connecté au réseau sans fil WIMAX alors la fonction d'occupation devient:

$$h_2^{i,t}(y_{z,2}^{i,t}) = K_2 \times N_{of,2}^{i,t} \times N_{bit,2}^{i,t} \times y_{z,2}^{i,t} \quad (10)$$

Nous constatons que la différence se trouve au niveau des nombres de sous-porteuses. En effet, le réseau LTE ayant la plus grande bande passante que le WIMAX nous avons :

$$K_1 \leq K_2$$

La fonction d'occupation dépendant de la distance et de la quantité de données à transférer à travers la modulation. Ainsi, elle n'est pas la même selon qu'on se connecte au réseau mobile LTE ou au sans fil WIMAX. L'hétérogénéité des réseaux LTE et WIMAX permet à l'utilisateur de choisir le meilleur réseau selon sa position en termes de ressources disponibles.

Nous définissons ainsi pour un utilisateur i la fonction d'occupation dans un système hétérogène réseaux WIMAX et LTE par:

$$f_r^{i,t}(y_{z,r}^{i,t}) = \max(g_i(y_{z,1}^{i,t}), h_i(y_{z,2}^{i,t})) \quad (11)$$

Comme nous cherchons à allouer $y_{z,r}^{i,t}$ ressources radio pour maximiser la fonction d'occupation alors nous établissons le problème d'optimisation suivant:

$$\begin{aligned} & \max \sum_{i=1}^n f_i(y_{z,r}^{i,t}) \\ s.c/ & \left\{ \begin{array}{l} \sum_{i \in I} y_{z,r}^{i,t} \leq x_{z,r}^t \quad r \in \{1, 2\} \\ y_{z,r}^{i,t} \geq 0 \quad r \in \{1, 2\} \\ x_{z,r}^t \geq 0 \quad r \in \{1, 2\} \end{array} \right. \end{aligned}$$

6.2 Résultats numériques et interprétation

Le test numérique a pour objectif de nous déterminer le nombre de ressources alloué à chaque utilisateur et aussi l'état du système à chaque étape (débit). Pour cela nous avons besoin des différents paramètres relatifs aux réseaux LTE et WIMAX tels la modulation, le nombre de bits et surtout le nombre d'utilisateurs que nous avons assignés dans le tableau 6.2.

Algorithm 1 Principe d'allocation optimale des ressources à horizon fini

ENTRÉES: Z : Ensemble des zones z : Une zone au hasard I : Ensemble des utilisateurs i : Un utilisateur donné R : Ensemble des réseaux r : Un réseau choisi T : Horizon fini t : Une étape donnée K : Ensemble des services k : Un service choisi $\tau_{z,z'}$: Taux de sortie de la zone z vers la cellule z' ; $\tau_z^{i,k}$: Taux moyen de demande d'accès à un service k par un utilisateur i dans la zone z ; \mathbb{P}_z^i : Probabilité de trouver un utilisateur i dans une zone z ; $x_{z,r}^t$: Ressources disponibles du réseau r dans la zone z à l'étape t ; $y_{z,r}^{i,t}$: Ressources allouées à l'utilisateur i par le réseau r dans la zone z à l'étape t ; Γ : Ensemble des politiques optimales;**DÉBUT:** $x_{z,r}^0 \leftarrow 0$ **POUR** $t = 0:T$ **FAIT****SI** $w^t \in \Gamma$ **ALORS**

$$w^t = (\mathbb{P}_z^i + \tau_z^H) \tau_z^{i,k}$$

$$x_{z,r}^{t+1} = \Phi(x_{z,r}^t, w^t)$$

$$\Phi(x_{z,r}^t, w^t) = x_{z,r}^t (1 - w^t)$$

$$F(x_{z,r}^t, w^t) = K_r \times N_{of,r}^{i,t} \times N_{bit,r}^{i,t} \times (x_{z,r}^t w^t)$$

$$Z_T^*(x^{T+1}) = \max_{w^t} \{ \sum_{t=0}^T F(x^t, w^t) \}$$

$$Z_T^*(x^{T+1}) = \max_{w^t \in \Gamma(x^t); x^{t+1} = \Phi(x^t, w^t)} \{ \sum_{t=0}^T F(x^t, w^t) + Z_T^*(x^{T-1}) \}$$

FIN SI**FIN POUR**

Le tableau 6.2 résume les résultats de notre simulation. Les deux dernières colonnes obtenues par notre algorithme sont respectivement le nombre d'unités de ressources radio attribué à chaque utilisateur et l'état du système c'est à dire la quantité de données qui transitent pendant ce moment(c'est le débit à cet instant)

Utilisateurs	Modulation		Nombre de Bits
0	2	6	0
1	6	4	2500
2	6	2	3000
3	2	4	4000
4	4	6	2250
5	2	6	1500
6	4	2	3200
7	2	6	4500
8	2	4	6000
9	6	4	5000
10	4	6	1600
11	6	2	7000
12	4	2	1450
13	6	2	800
14	4	2	700

Utilisateurs	Modulation		Taille des données	Nombre de Bits	État du système
0	2	6	0	0	0
1	6	4	2500	4	3168
2	6	2	3000	5	7128
3	2	4	4000	20	11448
4	4	6	2250	7	14220
5	2	6	1500	5	16200
6	4	2	3200	8	19656
7	2	6	6000	12	24408
8	2	4	5000	29	30672
9	6	4	1600	7	36216
10	4	6	7000	5	38376
11	2	4	1450	43	45600
12	6	2	1450	3	47976
13	4	2	3800	3	49272
14	4	2	7000	2	50852

7 Conclusion

L'allocation optimale des ressources radio disponibles étant un problème d'optimisation car il doit se faire en tenant compte de la disponibilité des ressources et de la maximisation du besoin des utilisateurs, nous avons choisi la programmation dynamique pour apporter une méthode d'allocation. Le changement d'état à chaque fois qu'on a un nouvel utilisateur et la décision de lui attribuer un nombre de ressources selon son besoin, justifient l'application de la méthode

pour ce problème.

L'algorithme proposé part du principe qu'une communication établie est continue jusqu'à ce qu'il y ait épuisement des ressources pour des nouveaux utilisateurs. Cet algorithme en prenant en compte le besoin réel de l'utilisateur et la maximisation du débit du réseau hétérogène considéré, contribue à la satisfaction de l'utilisateur et de l'opérateur ; ce qui est un apport important en télécommunications.

La prise en compte du temps de communication (car lorsqu'il termine sa communication un utilisateur libère des ressources), de la mobilité (prédiction de la trajectoire) des coûts de signalisation, de la forme réelle de la cellule, des conditions de propagation des signaux radio etc sont des facteurs à prendre en compte pour l'élaboration d'un algorithme de gestion efficace des ressources radio, et constituent des perspectives intéressantes de recherches.

References

1. C.Gueguen : Allocation des ressources dans les réseaux sans fil à large bande multi-porteuses. *Université Pierre et Marie Curie - Paris 6*, **2012**.
2. J.Nagle : On packet switches with infinite storage, *IEEE Transaction on communications*, vol35 no 4 ; pp 435-438. **Avril 1987**.
3. S.S.Kanhhere, H.Sethu and A.B.Parekh : Fair and efficient packet scheduling using elastic round robin. *IEEE Transactions on parallel and distributed systems*, vol13, pp :324-336, **March 2002**.
4. G.Mergen and L.Tong: Random scheduling medium access for wireless ad hoc networks. *In Proceeding IEEE Int Conf on MILCOM*, vol2, pp 868-872 **October 2002**.
5. J.R.Moorman and J.W.Lockwood Implementation of the multiclass priority fair queuing (MFPQ) algorithm for extending quality of service in existing backbones, *to conference(GLOBECOM)* vol 5, pp :2752-2757 **1999**.
6. Jabban, A.; Nasser, Y. and Helard, M. SINR based network selection strategy in integrated heterogeneous networks, *in proceeding of International conference on Telecommunication(ICT2012)*, **April 2012**, p.1-6.
7. Jabban, A.; Nasser, Y. and Helard, M. Performance Analysis of heterogeneous networks based on SINR selection strategy in , *in proceeding of International conference on Telecommunication(ICT2013)*, **May 2013**.
8. Jabban, A. Optimisation et analyse des réseaux intelligents et des réseaux hétérogènes, *THESE INSA Rennes en Electronique et Télécommunications*, **Aout 2013**.
9. NS3 CONSORTIUM(Georgia Institute of Technology, ICSI Center for Internet Research and 'Planète' INRIA Sophia-Antipolis), Website of the Research Educational Network on Development and Application, <http://www.nsnam.org/docs/doxygen>, **2006**.

10. A.Varma and D.Stiliadis : Hardware implementation of fair queuing algorithms for asynchronous transfer networks, *IEEE communications Magazine*, vol 35, pp :54-68 **1997**
11. B.Song, Y-H.Lin and R.L.Cruz : Weighted max-min fair beamforming, power control and scheduling for a MISO downlink, *IEEE Transactions on wireless communications*, vol 7, pp :464-469 **February 2009**
12. L.Tabatabaee and V.Tassiulas : Max-min fair self-randomized scheduler for input-buffered switches, *In workshop on High performance switching and routing (HPSR)* pp :299-3003 **2004.**
13. A.Francini and F.M.Chiussi : A weighted fair queuing scheduler with decoupled bandwidth switches, *In proc IEEE Int Conf on communications (ICC)*, vol 3, pp :1821-1827, **November 2001**
14. H.Tayvar and H.Alnuweiri : The complexity of computing virtual-time in weighted fair queuing schedulers, *in Proc IEEE Int Conf on Communications(ICC)*, vol 4, pp : 1996-2002, **June 2004**
15. C.Yang, W.Wang, Y.Qian and X.Zhang : A weighted proportionnal fair scheduler to maximize best-effort service utility in multicell network *in Proc IEEE Int Symposium on Personal n Indoor and Mobile Radio Communications (PIMRC)*, pp :1-5, **September 2008**
16. R.Kwan, C.Leung and J.Zhang : Proportionnal fair multiuser scheduling in LTE *IEEE signal Processing Letters*, vol 16, pp :461-464, **June 2009**
17. R.Knopp and P.Humblet : Information capacity and power control in single-cell multiuser communications, *in Proceeding IEEE Int Conf. of Communications (ICC)*, vol1, pp :331-335, **June 1995**
18. X.Wang and W.Xiang : An OFDM-TDMA/SA MAC protocol with Qos constraints for broadband wireless LANs ACM/, *Springer Wireless Networks*, vol 12, no2, pp :159-170, **2006**