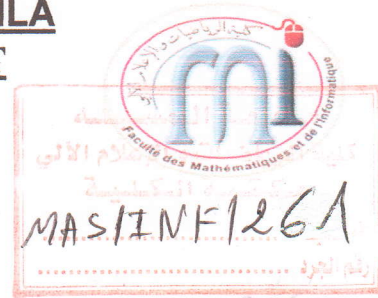




**UNIVERSITE MOHAMED BOUDIAF - M'SILA**  
**FACULTE DES MATHÉMATIQUES ET**  
**DE L'INFORMATIQUE**

**DEPARTEMENT D'INFORMATIQUE**



**MEMOIRE de fin d'étude**

**Présenté pour l'obtention du diplôme de MASTER**

**Domaine : Mathématiques et Informatique**

**Filière : Informatique**

**Spécialité : Technologie de l'Information et de la Communication**

**Par : YAHYAOUI Chahra zed**

**SUJET**

**Amélioration des performances de réseau LTE  
par la technologie femtocell**

**Soutenu publiquement le : / /2016 devant le jury composé de :**

.....	Université de M'sila	Président
Mr. BENOUIS Mohamed	Université de M'sila	Rapporteur
.....	Université de M'sila	Examineur
.....	Université de M'sila	Examineur

**Promotion : 2015 /2016**

# TABLE DES MATIERES

<b>INTRODUCTION GENERAL</b> .....	1
<b>1 Introduction</b> .....	3
<b>2 Les différentes normes téléphonies</b> .....	3
<b>2.1 La première génération NMT (NordicTelephone Mobile)</b> .....	3
2.1.1 Succès et limitations de 1G .....	3
<b>2.2 La deuxième génération GSM (Global system for Mobile communication)</b> .....	3
2.2.1 Architecture GSM .....	4
2.2.2 Les interfaces.....	7
2.2.3 Succès et limitations du réseau GSM.....	8
<b>2.3 Les réseaux 2,5G « GPRS » et 2.75G « EDGE »</b> .....	8
2.3.1 Architecture.....	9
2.3.2 Les interfaces du reseau GPRS .....	11
2.3.3 Succès et limitations du réseau GPRS.....	12
2.3.4 EDGE (Enhanced Data rates for GSM Evolution).....	12
<b>2.4 Le réseau de troisième génération UMTS</b> .....	12
2.4.1 Architecture Réseau UMTS .....	12
2.4.2 Interfaces de communication.....	15
2.4.3 Succès et limitations du réseau UMTS.....	15
<b>2.5 Le réseau de quatrième génération LTE</b> .....	15
2.5.1 Buts de la 4G.....	16
2.5.2 Architecture de LTE.....	16
2.5.3 Architecture Protocolaire de la liaison Radio.....	20
2.5.4 Structure de trame LTE.....	23
2.5.5 Technique de multiplexage .....	24
2.5.6. les interface de réseaux LTE .....	26
2.5.7 Les caractéristiques fondamentales de la 4G .....	26
2.5.8 Le mode d'adressage dans la LTE .....	27
2.5.8 Les canaux LTE .....	27
<b>3 Conclusion</b> .....	31
<b>1 Introduction</b> .....	33
<b>2 LTE-Advanced</b> .....	33
<b>2.1 Agrégation des porteuses</b> .....	34
<b>2.2 La coordination multi-point (CoMP)</b> .....	35
<b>2.3 Les Relais (RN)</b> .....	35

2.4 Comparaison entre LTE et LTE-Advanced .....	35
<b>3 Les réseaux hétérogènes.....</b>	<b>35</b>
2.1 Objectifs de les HetNets .....	36
2.2 L'apport des HetNets.....	36
2.3 Le déploiement des réseaux hétérogènes.....	37
2.3.1 Cellule Macro-Micro.....	38
2.3.2 Cellule Pico .....	38
2.3.3 Cellule Femto.....	39
2.3.4 Les points d'accès (Wifi-Femto).....	39
2.4 Les performances des HetNets.....	40
2.4.1 Cout du déploiement (TCO).....	40
2.4.2 Amélioration de la couverture cellulaire .....	41
2.5 Les Défis des HetNets.....	41
2.5.1 Le problème des interférences.....	41
2.5.2 L'auto-organisation des HetNets.....	43
2.5.3 Gestion de la mobilité (Handover).....	44
<b>3 Conclusion.....</b>	<b>45</b>
<b>1 Introduction .....</b>	<b>47</b>
<b>2 La simulation comme un outil de dimensionnement.....</b>	<b>47</b>
<b>3 Choix de simulateur.....</b>	<b>47</b>
3.1 LTE –SIM .....	48
3.2 OPNET .....	48
3.3 NS-3 .....	49
3.3.1 Présentation du simulateur NS3 .....	49
<b>4 Les outils complémentaires pour l'interprétation et le calcul des résultats.....</b>	<b>50</b>
4.1 Octave.....	50
4.2 Gnuplot.....	51
<b>5 Les indicateurs de performances utilisés dans notre simulation.....</b>	<b>52</b>
5.1 SINR (dB).....	52
5.2 Débit moyen (Kb/S).....	52
5.3 Nombre de paquet perdu .....	52
<b>7 Scénarios de simulation .....</b>	<b>58</b>
7.1 Architecture sur NS3 .....	58
7.2 Paramètres de simulation .....	59
7.3 Calcul et interprétation des résultats de simulation.....	60
7.3.1 Les paramètre de notre configuration.....	60

## LISTES DES TABLEAUX

7.3.2 Résultats .....	60
8 Conclusion.....	63
<b>CONCLUSION GENERALE .....</b>	<b>64</b>
<b>BIBLIOGRAPHIE.....</b>	<b>65</b>
Tableau 1.4 : Les équipements de réseau UMTS .....	14
Tableau 1.5 : Interfaces de communication .....	15
Tableau 1.6 : Tableau d'équivalence .....	25
Tableau 1.7 : les interfaces de réseaux LTE .....	26
Tableau 1.8 : les canaux physiques LTE .....	28
Tableau 1.9 : les canaux de transport LTE .....	29
Tableau 1.10 : les canaux logique LTE .....	30
Tableau 2.1 : Comparaison entre LTE et LTE-Advanced .....	35
Tableau 2.2 : Tableau des différents scénarios d'intégrances .....	42
Tableau 3.1 : les paramètres de simulation(Test1) .....	53
Tableau 3.2 : Tableau de paramètres de simulation(Test2) .....	59

## INTRODUCTION GENERAL

Les réseaux mobiles et sans fil ont connu un essor sans précédent ces dernières années. Il s'agit d'une part du déploiement de plusieurs générations successives de réseaux de télécommunications essentiellement dédiés à la téléphonie (2G, GSM) puis plus orientés vers le multimédia (3G, UMTS). D'autre part, les réseaux locaux sans fil sont rentrés dans la vie Quotidienne au travers de standards phares tels que WiFi, Bluetooth, etc.

La quatrième génération (4G) apporte un véritablement tournant dans le foisonnement et la disparité des solutions existantes. L'objectif cette fois sera certes d'augmenter les débits et les applications prises en charge par ces réseaux mais encore de construire un cadre permettant leur interopérabilité. Des premières solutions sont déjà disponibles auprès de la plupart des opérateurs de télécommunications mais la plupart d'entre elles sont des solutions spécifiques à un type d'interconnexion et à un opérateur.

Une caractéristique importante des réseaux 4G est l'intégration de différents réseaux hétérogènes sous le nom de réseaux à base Femtocell (HetNets) et y assuré une connectivité transparente du point de vue de l'utilisateur. En fait, un HetNet est un réseau qui pourrait combiner différentes technologies d'accès radio [Radio Access Technologies(RATs)] et/ou des cellules multi-niveaux avec différents dimensionnements de couverture (femto, pico, micro).

L'objectif de notre travail consiste à étudier les réseaux hétérogènes (HetNets) mis en place dans les réseaux LTE.

Pour mener à bien ce travail, nous avons consacré :

- Le chapitre 1 à présenter les technologies de téléphonie mobile et leur évolution de la (1G) jusqu'à la norme LTE.
- Dans le deuxième chapitre, nous allons effectuer une conception du réseau LTE-A et les réseaux hétérogènes qui seront l'objet de notre simulation dans le dernier chapitre.
- Dans le dernier chapitre, nous allons déployer et simuler la technique des « HetNets » au sein d'un Réseau LTE et interpréter les résultats de la simulation.

## CONCLUSION GENERALE

Dans ce mémoire nous nous sommes intéressés à la technologie Femtocelle dans les réseaux LTE ou « HetNets » qui est une technique parmi plusieurs introduite pour atteindre les attentes LTE-A.

Certes nous avons investi un axe de recherche très pointu qui est orienté Telecom plus qu'informatique, mais la télécommunication converge de jours en jours vers l'informatique puisque à partir de la norme LTE, l'Architecture des réseaux cellulaire devient une Architecture Tout-IP, ça veut dire que tous les services offerts par l'opérateur (la voix, le service FTTP, la vidéo en streaming , technologie parallèle , maison intelligent ) seront acheminé dans des réseaux de données à base du protocole IPv6.

Notre projet de fin d'étude a été une suite logique de chapitres. Tout d'abord, nous avons fait un travail de synthèse (Etat de l'art) sur tous les réseaux cellulaires, de la 1G jusqu'à la LTE-A. en premier lieu nous avons motivé notre choix en précisant que les réseaux LTE sont confrontés aux défis de fournir une énorme capacité de données avec une bonne couverture dans des zones précises. Ceci à obliger les opérateurs et les constructeurs à trouver des solutions pour répondre aux problématiques, d'où l'apparition des réseaux hétérogènes qui ont mis l'accent sur la technique de superposition dans le réseau afin de décharger le trafic à petites cellules et satisfaire les besoins des clients.

En deuxième lieu, nous avons proposé une Conception pour nos scenarios afin qu'on puisse les déployés dans le simulateur

Enfin, nous avons simulé et tester l'apport de la technique Femtocelle dans les réseaux LTE, et nous avons pu valider les propositions du départ.

Comme perspectives, nous proposons plusieurs améliorations complémentaires à notre travail :

- ✦ Introduire les Pico celles dans notre Architecture pour constituer un autre niveau dans la nouvelle architecture et diversifier les scénarios possibles.
- ✦ Déployer et simuler un réseau hétérogène hybride utilisant deux technologies d'accès radio LTE et WiFi, Wimax pour les Femto celle

## BIBLIOGRAPHIE

### Mémoire

- [01] AHMED Ahmed Mr. CHAROU Mohamed Etude des mécanismes du Handover du réseau UMTS Projet de Fin d'Etude pour l'obtention du Diplôme d'ingénieur d'état SPECIALITE Télécommunications JUIN 2009
- [02] BELBAL Yahia, SOUALMIA Abdelbasset Etude et proposition des techniques de migration optimales des réseaux 2G vers les réseaux 3G, projet de fin d'études Pour l'obtention du Diplôme d'Ingénieur d'Etat en Télécommunications 2012/2013
- [03] Belghoul Djamel Eddine - Mebarkia Walid Etude Et Modélisation Du Déploiement Des Réseaux Hétérogènes Lte-Advanced Mémoire de fin d'études Présenté en vue de l'obtention du diplôme d'ingénieur d'état en informatique 2013/2014
- [04] Chekroud Zeghlelou Optimisation Radio 3g+
- [05] Fouatih Iman Et Kaïd Omar, Sécurité Mobile Et Qos Lte
- [06] Gauthier Guezewane Gbowe Les Réseaux Mobile 3g : Evolution Et Ingénierie Mémoire De Fin De Cycle Pour L'obtention Du Master 2
- [07] Germinç Seide Planification D'un Réseau De Quatrième Génération A Partir D'un Réseau De Troisième Génération Mémoire Présente En Vue De L'obtention Du Diplôme De Maitrisées Sciences Appliquées Génie Informatique Aout 2011
- [08] Ghanemi Abdeldjalil, Ould-Aïssa Arabie Evolution De 2g Au 4g, projet de fin d'études pour l'obtention du diplôme d'ingénieur d'état en télécommunication 2009/2010
- [09] Hassen Sabah, Etude Et Mise En œuvre De Routage Pour Les Services Radio Mobiles Multimédia, Ecole Supérieur De Télécommunication De Tunis, 2005/2006
- [10] Kaci Toufik Afettouche Farid, La Qualité De Service Dans Les Réseaux Mobiles Mqos Institut National Des Télécommunication Et Des Technologies De L'information Et De La Communication 2013/2014
- [11] Melle Bouchentouf Hadjer, Mr Boudghene Stambouli Riyad, Etude Des Performances Des Réseaux 4g(Lte), Mémoire Pour l'obtention du diplôme de MASTER en Télécommunications, 2013.

[12] Oussama Rhouma, Gestion D'interférence Dans Un Réseau Lte Hétérogène Par Contrôle D'admission Cognitif

[13] Saadat Mohamed, Mahdaoui Loubna Qualité De Service D'un Flux Vidéo Dans Un Réseau Mobile (Umts), Institut National Des Télécommunications Et Des Technologies De L'information Et De La Communication, Juin 2009

[14] Yahia Korichi Otmane Bouhamida Modélisation Et Simulation Du Problème Du Trou Noir Dans Les Réseaux Mobiles P2p

[15] Zeroki Ali –bouslaah oualid optimization 2G 3G INTTIC ING 32

### **Article**

[16] A. Khandekar, N. Bhushan, J. Tingfang, and V. Vanghi, "Lte-Advanced: Heterogeneous Networks," In Wireless Conference (EW), 2010, Pp. 978–982, 2010 European

[17] Christos Bouras, Vasileios Kokkinos, Konstantinos Kontodimas A Simulation Framework for LTE-A Systems with Femtocell Overlays Web

[18] F. Capozzi, G. Piro, L. A. Grieco, G. Boggia, P. Camarda A system-level simulation framework for LTE Femtocells

[19] I. F. Akyildiz, D. M. Gutierrez-Estevez, R. Balakrishnan, and E. Chavarria-Reyes, "LTE-Advanced and the evolution to Beyond 4G (B4G) systems," Physical Communication, vol. 10, pp. 31–60, Mar. 2014

[20] J. Wannstrom, "LTE-advanced," Third Generation Partnership Project (3GPP), 2012

[21] Juan Camilo Chaparro-Marroquín Comparison between measurement events for LTE handover in rural and urban scenarios involving femto-cell deployment

[22] Z. Mayer, J. Li, A. Papadogiannis, and T. Svensson, "On the impact of backhaul channel reliability on cooperative wireless networks," in Communications (ICC), 2013 IEEE International Conference on, 2013, pp. 5284–5289.

### **Overage**

[23] Enhancement in heterogeneous networks," Wireless Communications, IEEE', vol. 18

[24] Y. Dong, "LTE-Advanced: Radio Access Network Resource Management."

[25] S.-P. Yeh, S. Talwar, G. Wu, N. Himayat, And K. Johansson, "Capacity And Coverage Enhancement In Heterogeneous Networks," *Wireless Communications, Ieee*, Vol. 18, No. 3,

**Site web:**

[26] <http://www.3gpp.org/technologies>

[27] <http://Www.Gnu.Org>

[28] <http://Www.Gnu.Org/Software/Octave/>

[29] [http://Www.Memoireonline.Com/10/12/6366/M\\_Conception-Et-Devollopment](http://Www.Memoireonline.Com/10/12/6366/M_Conception-Et-Devollopment)

[30] <http://Www.Octave.Org>

[31] <Http://Www.Opnet.Com/>

[32] <http://Www1.Cse.Wustl.Edu/~Jain/Cse567-08/Ftp/Simtools/Index.Html>

[33] <https://Www.Nsnam.Org/>

[34] Stéphane Giroden (Réseaux Gsm, Gprs, Umts Architecture Evolutive Pour Une Stratégie Service) Juin 2001-2002 <Www.Giroden.Com>

## الملخص:

LTE\_A هو اول شبكة للجيل الرابع التي تسمح بتوفير معدلات مرتفعة من التدفق تتجاوز 1 جيجا في حالة توقف المستعمل ويصل الى 100-ميغا اثناء حركته وذلك بفضل تقنيات جد معاصرة تسمح بالحفاظ على معدلات تدفق عالية في أي نقطة من الخلية من بين هذه التقنيات تقنية Femtocelle. هذه الأخيرة تضمن جودة عالية من الخدمة للمستخدم

الهدف من عملنا هذا هو دراسة الشبكات الغير متجانسة HetNets القائمة على شبكات الدخول LTE حيث تتعاون خلية عملاقة Macro بطريقة سلسلة مع خلايا ذكية femto،Pico صغيرة الحجم التي تعمل على تحسين التدفق والتغطية وكذا تطوير القدرة الاجمالية للشبكة كل هذا من اجل الارتقاء الى مستوى تقنية LTE-A

الكلمات المفتاحية: محاكات، HetNets، femocell، macrocelle، LTE

## Abstract

The LTE-A (Long Term Evolution Advanced) is the first real 4G network that can provide greater than 1 Gb / s data rates in stationary mode and 100 Mb / s in moving. These results are the direct consequence of the new technique deployment "Femtocel" that can maintain flow rates at any point in the cell, provide a high QoS for users and grow the capacity of the system.

The aim of our work is to study the heterogeneous networks (HetNets), based on the LTE access network in which a macro-cell cooperates seamlessly with intelligent small-cells (pico, femto) that improve the throughput, coverage and increase the overall capacity of the network to achieve the performance of LTE-Advanced.

**Key word:** LTE, (HetNets), Femtocel, Macrocel, simulation

## Résumé

La technologie LTE-A (Long Term Evolution Advanced) représente le premier véritable réseau 4G qui permet de fournir des débits supérieurs à 1 Gb/s à l'arrêt et à 100 Mb/s en mouvement, et ceci grâce à des nouvelles techniques très récentes qui permettent de maintenir les débits en tout point de la cellule. Parmi ces techniques, la technologie Femtocelle. Cette dernière permet de garantir une haute qualité de service (QoS) pour l'utilisateur et de croître la capacité du système.

L'objectif de notre travail est d'étudier les réseaux hétérogènes (HetNets) basés sur le réseau d'accès LTE où une cellule « macro » coopère de manière transparente avec des cellules intelligentes de petit format (femto,pico) qui améliorent le débit, la couverture et accroissent la capacité globale du réseau afin d'atteindre les performances LTE-Advanced.

**Mots clé:** LTE, HetNets, femto, macro, simulation