

MEMOIRE

DE STAGE DE FIN D'ETUDES

Pour l'obtention du

Diplôme de mastère professionnel

« Nouvelles Technologies des Télécommunications et Réseaux (N2TR) »

Présenté par :

Tarek TOUHAMI

La mise en place d'un outil d'optimisation d'un réseau Advanced LTE Pour Tunisie Telecom

Réalisé à

Tunisie Telecom

Soutenu le : 29 Juin 2015

:

Devant le jury

Président : Mme. Emna SOUISSI

Encadreur : M. Khaled GHORBEL

Rapporteur : Mme.Houda REKAYA

Membre : M. Brahim SAADI

Année Universitaire : 2014 / 2015.

Dédicace

*A mes parents AMMAR et NABIHA pour leurs
Sacrifices, leur encouragement continu et leur*

Dévouement inconditionnel.

A mes chères sœurs Imen,

Chanez et Souha.

A ma fiancée Kawther

*A tous mes amis pour leur
soutien aux moments difficiles.*

*A tous ceux qui m'ont
aidé et encouragé de près ou de loin.*

*A tous ceux qui
m'aiment et que j'aime.*

TAREK 

Remerciements

Ce travail a été réalisé dans le cadre de notre projet de fin d'études au sein de la société Tunisie Télécom, pour l'obtention du Master professionnel en Nouvelles Technologies en Télécommunications et Réseaux à l'Université Virtuelle de Tunis (*UVT*).

Au terme de ce travail, nous tenons à remercier sincèrement notre encadreur de l'UVT M Ghorbel Khaled, pour sa serviabilité et ses hautes qualités morales, pour son soutien et ses conseils avisés.

Nous adressons également notre profonde gratitude et nos remerciements à notre encadreur M Saadi Brahim, ingénieur à Tunisie Télécom, pour son assistance, ses conseils judicieux et sa disponibilité.

Nos sincères remerciements iront également à tous nos enseignants de l'UVT pour la formation qu'ils nous ont donnée ainsi qu'aux membres du jury qui ont accepté de juger ce travail.

Finalement nous ne manquerons pas de remercier tous ceux qui n'ont épargné aucun effort, de près ou de loin, pour nous permettre d'accomplir ce travail.

Table de matière

Liste des figures	4
Liste des tableaux	5
Liste des Abréviations	6
Introduction générale	1
Cahier des charges	2
Chapitre 1 : Mise en cadre du projet	3
Introduction	4
1.1 Problématique	4
1.2 Solution envisagée	4
1.3 Objectifs et approches	5
Conclusion.....	5
Chapitre 2 : Introduction au réseau Advanced LTE	6
Introduction	7
2.1 Présentation du LTE	7
2.2 Architecture d'un réseau LTE-A	8
2.3 User Equipment UE	9
2.4 Réseau d'accès Evolved-UTRAN	9
2.5 Réseaux cœur EPC.....	10
2.5.1 Mobility Manager Entity (MME).....	11
2.5.2 Home Subscriber Server (HSS).....	11
2.5.3 Serving Gateway (SGW)	11
2.5.4 Packet Data Network Gateway (PGW).....	11
2.5.5 Policy and Charging Rules Function (PCRF)	12
2.6 Technique d'accès.....	12
2.6.1 OFDM.....	13

Conclusion.....	15
Chapitre 3 : Dimensionnement du Réseau Mobile LTE-Advanced	16
Introduction	17
3.1 Processus de dimensionnement d'eNodeB	17
3.2 Dimensionnement orienté couverture.....	20
3.2.1 Bilan de liaison	20
3.2.2 Modèle de Propagation :	25
3.2.3 Le modèle Cost231-Hata	26
3.2.4 Détermination du nombre de sites.....	26
3.3 Dimensionnement orienté capacité	28
3.3.1 Introduction	28
3.3.2 Planification de la capacité LTE	28
3.3.3 Calcul du débit moyenne du site (Cell throughput)	29
3.3.4 Estimation de la demande de trafic et le facteur surréservation (overbooking Factor) 31	
3.3.5 Capacité en fonction du nombre des sites.....	32
Conclusion :.....	32
Chapitre 4 : Conception	33
Introduction	37
4.1 Spécification des besoins.....	37
4.1.1 Besoins fonctionnels	37
4.1.2 Besoins non fonctionnels	38
4.2 Outils de conception	38
4.2.1 Choix du langage de modélisation	38
4.2.2 Logiciel de modélisation : Microsoft Visual studio ultimate 2012.....	39
4.3 Les diagrammes UML	39

4.3.1	Le diagramme de cas d'utilisation	39
4.3.2	Le diagramme de classe	40
4.3.3	Le diagramme de séquence.....	42
	Conclusion.....	47
	Chapitre 5 : Réalisation et planification	48
	Introduction	49
5.1	Etude technique.....	49
5.1.1	Matériels de base :.....	49
5.1.2	Environnement logiciel.....	49
5.2	Présentation des interfaces	50
5.2.1	L'interface d'authentification.....	50
5.2.2	Interface d'accueil	52
5.2.3	Interface paramètre Zone	52
5.2.4	Interface Radio Link budget (bilan de liaison radio)	53
5.2.5	Interface Cell Radius COST-HATA 231	54
5.2.6	Interface Résultat de dimensionnement de couverture	55
5.2.7	Interface dimensionnement de capacité	55
5.2.8	Interface résultat Final de dimensionnement de capacité	56
5.2.9	Interface consultation.....	57
5.3	La phase de planification.....	57
5.3.1	Présentation de l'environnement de travail	57
5.3.2	Etape de planification Atoll	58
	Conclusion.....	65
	Conclusion générale et perspectives	66
	Bibliographies	68
	Annexes	71

Liste des figures

Figure 2.1 : Evolution vers LTE-A [1].	8
Figure 2.2 : architecture de LTE [2].	9
Figure 2.3 : Architecture E-UTRAN [3].	10
Figure 2.4 : Architecture d'EPC [4].	12
Figure 2.5 : Modulation FDMA [5].	13
Figure 2.6 : Différence entre OFDMA et SC-FDMA pour l'allocation des porteuses [6].	15
Figure 3.1 : Radio Link Budget pour une liaison descendante [12].	21
Figure 3.2 : Radio Link Budget pour une liaison montante [12].	22
Figure 3.3 : variation SINR en fonction de nombre de bloc de ressources [13].	23
Figure 3.4 : le SINR pour liaison montante et descendante [14].	24
Figure 3.1 : Configuration des secteurs cellulaires [15].	27
Figure 4.1 : diagramme de cas d'utilisation globale.	39
Figure 4.2 : Diagramme de classe.	41
Figure 4.3 : diagramme de séquence Authentification.	43
Figure 4.4 : Diagramme de séquence générale.	45
Figure 5.4 : les interfaces graphiques.	50
Figure 5.5 : Interface d'authentification.	51
Figure 5.6 : Echec d'authentification.	51
Figure 5.7 : interface d'accueil.	52
Figure 5.8 : interface paramètre zone.	53
Figure 5.9 : interface Radio Link budget.	53
Figure 5.10: Interface Cell Radius COST-HATA 231.	54
Figure 5.11 : Interface Résultat de dimensionnement de couverture.	55
Figure 5.12 : Interface dimensionnement de capacité.	56
Figure 5.13 : Interface résultat dimensionnement de capacité.	56
Figure 5.14 : Interface consultation des anciennes opérations.	57
Figure 5.15 : type de projet dans ATOLL.	58
Figure 5.16 : systèmes de coordonnées dans ATOLL.	58
Figure 5.17 : carte topographie de Tozeur ville.	59
Figure 5.18 : Implémentation des sites dans la carte.	60
Figure 5.19 : les paramètres de l'émetteur et du récepteur.	60

Figure 5.20 : Simulation du zone orienté couverture.....	61
Figure 5.21 : Histogramme de la prédiction de couverture	62
Figure 5.22 : Simulation du zone orienté débit DL (throughput)	63
Figure 5.23 : Histogramme coverage by DL throughput.....	63
Figure 5.24 : Simulation du zone orienté rapport signal / bruit	64
Figure 5.24 : résultat final de la simulation	65
Figure A1 : comparaison du RLB entre dufferent technologie en uplink et downlink	73

Liste des tableaux

Tableau 1 : Empreinte du site en fonction du nombre de secteurs [16]	27
Tableau 2 : Débit moyen des cellules DL pour le LTE [17]	30
Tableau 3 : Scénario du cas S'authentifier	44
Tableau 4 : Scénario du cas dimensionner	46
Tableau 4 : Les perte des feeders par rapport la frequence	72
Tableau 5 : Etude de cas de dimensionnement à Munich avec 2 frequence 700 Mhz et 2600 Mhz	73

Liste des Abréviations

- 3GPP:** Third Generation Partnership Project
- AMC:** Adaptative Modulation Codage
- ARQ:** Automatic Repeat Request
- CCCH:** Common Control Channel
- CDMA:** Code Division Multiple Access
- CP:** Cyclic Prefix
- CQI:** Channel Quality Indicator
- DFT:** Discrete Fourier Transform
- DL:** Downlink
- DL-SCH:** Downlink Shared Channel
- DTCH:** Dedicated Traffic Channel
- DwPTS:** Downlink Pilot Time Slot
- EDGE:** Enhanced Data Rates for GSM Evolution
- EIR:** Equipment Identity Register
- ENodeB:** E-UTRAN NodeB
- EPA:** Extended Pedestrian Model A
- EPC:** Evolved Packet Core
- EPS:** Evolved Packet System
- ETU:** Extended Typical Urban
- E-UTRAN:** Evolved Universal Terrestrial Radio Access Network
- EVA:** Extended Vehicular Model A
- FDD:** Frequency Division Duplex
- FDMA:** Frequency-Division Multiple Access
- GPRS:** General Packet Radio Service
- GSM:** Global System for Mobile
- HLR:** Home Location Register
- HSDPA:** High-Speed Downlink Packet Access
- HSPA:** High-Speed Packet Access
- HSS:** Home Subscriber Server
- HSUPA:** High-Speed Uplink Packet Access

IEEE: Institute of Electrical and Electronics Engineers

IP: Internet Protocol

LTE: Long-Term Evolution

MAPL: Maximum Allowable Path Loss

MCCH: Multicast Control Channel

MCH: Multicast Channel

MCS: Modulation and Coding Scheme

MIMO: Multiple-Input Multiple-Output

MME: Mobility Management Entity

PUSCH: Physical Uplink Shared Channel

QAM: Quadrature Amplitude Modulation

QoS: Quality-of-Service

QPSK: Quadrature Phase-Shift Keying

RACH: Random Access Channel

RAN: Radio Access Network

RB: Resource Block

RE: Resource Element

RF: Radio Frequency

RS: Reference Symbol

S1: The interface between eNodeB and the Evolved Packet Core.

SAE: System Architecture Evolution

SC-FDMA: Single Carrier- Frequency Division Multiple Access

SGSN: Serving GPRS Support Node

S-GW: Serving Gateway

SIMO: Single Input Multiple Output

SINR: Signal-to-Interference-and-Noise Ratio

SNR: Signal-to-Noise Ratio

SOH: System Overhead

SSS: Secondary Synchronization Signal

SU-MIMO: Single-User MIMO

TDD: Time-Division Duplex

TTI: Transmission Time Interval

UE: User Equipment

UL: Uplink

UL-SCH: Uplink – Shared Channel

UMTS: Universal Mobile Telecommunications System

UTRAN: Universal Terrestrial Radio Access Network

WCDMA: Wideband Code Division Multiple Access

X2: The interface between eNodeB.

OFDM: Orthogonal Frequency-Division Multiplexing

OFDMA: Orthogonal Frequency-Division Multiple Access

PAPR: Peak-to-Average Power Ratio

PBCH: Physical Broadcast Channel

PCCH: Paging Control Channel

PCFICH: Physical Control Format Indicator Channel

PCH: Paging Channel

PCRF: Policy Charging and Rules Function

PDCCH: Physical Downlink Control Channel

PDCP: Packet Data Convergence Protocol

PDSCH: Physical Downlink Shared Channel

PDU: Packet Data Unit

P-GW: PDN-Gateway

PHICH: Physical Hybrid-ARQ Indicator Channel

PMCH: Physical Multicast Channel

POH: Protocol Overhead

PRACH: Physical Random Access Channel

PRB: Physical Resource Block

PS: Packet Switched

PSS: Primary Synchronization Signal

PUCCH: Physical up Link Control Channel

Résumé

Ce travail est lié au dimensionnement des réseaux d'accès radio LTE et au développement de l'outil de dimensionnement. Les différentes étapes du processus de dimensionnement sont énumérées et expliquées. Les méthodes et modèles pour la couverture et la planification des capacités sont développées pour le dimensionnement des réseaux d'accès radio LTE. L'accent est mis sur le budget de la liaison radio avec une couverture détaillée et de la capacité. Les résultats sont traités dans un outil simple d'utilisation pour le dimensionnement.

En se référant à des résultats et des valeurs donnés par Tunisie télécom portant sur la phase zéro du réseau 3G, nous donnons une recommandation pour l'implantation du réseau A-LTE.

Mots-clés : 3GPP, LTE, dimensionnement, la planification du réseau, la capacité, les modèles de propagation.

Abstract

This work is related to the dimensioning of LTE radio access networks and the development of tool for dimensioning. The different stages of the design process are listed and explained. Methods and models for coverage and capacity planning are developed for the design of the LTE radio access networks. The focus is on the budget of the radio link with detailed coverage and capacity. The results are produced in a simple to use tool for sizing.

Referring to the results and the values given by Tunisia Telecom on zero phase of 3G network, we provide a recommendation for the implementation of A-LTE network.

Keywords: 3GPP, Advanced LTE, Dimensioning, Network Planning, Capacity, propagation models.

Introduction générale

Le réseau radio mobile est aujourd'hui un domaine en pleine effervescence. Pendant la dernière décennie, les évolutions des télécommunications ont donné naissance à une nouvelle gamme de services qui dépasse les services classiques afin de satisfaire l'accroissement du nombre des utilisateurs et les exigences des taux de données élevés.

Le succès de la technologie de type 3G, qui permet aux utilisateurs d'avoir accès à un réseau Internet mobile, a conduit à un élargissement des réseaux de télécommunication. Ces réseaux ont favorisé l'intégration des services innovants et ont offert un débit approprié, permettant aux opérateurs de répondre à des besoins spécifiques.

Cette évolution a conduit les opérateurs à adapter leurs méthodes de dimensionnement et de planification aux nouvelles technologies. La complexité au niveau du réseau est augmentée, et elle devient encore plus importante lorsque les réseaux regroupaient plusieurs technologies d'accès pour former un réseau hétérogène. La prochaine évolution des technologies de communications sans fil concerne les réseaux mobiles de prochaine génération, dont le développement est basé sur l'infrastructure préexistante. La planification doit répondre à de nouveaux défis, l'accroissement des nouveaux services, la compatibilité avec les réseaux actuels, la gestion intercellulaire des utilisateurs ainsi que la qualité de service.

Dans ce cadre, se réalise notre projet de fin d'étude qui est effectué en collaboration avec la société Tunisie Telecom. Au cours de notre rapport, nous avons cinq chapitres à mettre en œuvre. Nous entamerons le travail par le premier chapitre qui sert à mettre en cadre notre projet, le deuxième chapitre qui donnera un aperçu général du réseau LTE, son architecture, ses caractéristiques, ses technologies d'accès et ses protocoles. Une troisième partie sera consacrée pour détailler le dimensionnement orienté vers la couverture et la capacité. Dans la partie suivante nous élaborons la conception et la réalisation par l'exposition des différentes interfaces de l'application et nous validerons notre solution par une simulation avec ATOLL. A la fin, nous terminerons avec une conclusion qui récapitule notre travail et qui présente les connaissances acquises suite à ce projet de fin d'étude.

Cahier des charges

Titre du projet : La mise en place d'un outil d'optimisation d'un réseau Advanced LTE Pour Tunisie Telecom

Encadré par : M. Ghorbel khaled

M.Saadi Brahim

Cahier de charges :

- Recherche bibliographique sur le réseau LTE
- Développement d'un outil de dimensionnement des EnodeB des réseaux Advanced LTE
- Test de validation pour notre outil de dimensionnement réalisé avec l'outil de planification radio Atoll

Méthodologie : Au cours de ce projet, nous adopterons une démarche qui a le plan suivant :

- Phase d'étude théorique.
- Phase de conception.
- Phase de réalisation.
- Phase de test.

Mots clés : A-LTE, dimensionnement orienté capacité et couverture, planification, bilan de Liaison, modèle de trafic, eNodeB....

Outils : C# - Atoll 3.2.1

Chapitre 1 : Mise en cadre du projet

Introduction

Ce premier chapitre sert à mettre en cadre notre projet, dans ce contexte nous présentons tout d'abord la problématique et Solution envisagée, enfin nous ferons un aperçu sur les approches et les objectifs.

1.1 Problématique

Le dimensionnement fournit la première évaluation rapide de configuration du réseau sans fil probables. Le dimensionnement du réseau cellulaire est directement lié à la qualité et l'efficacité du réseau, et peut affecter profondément son développement.

Le dimensionnement est une partie du processus de planification de l'ensemble, qui comprend également, la planification détaillée et l'optimisation du réseau cellulaire. Le but de cet exercice est de fournir une méthode pour concevoir le réseau cellulaire sans fil de sorte qu'il satisfait aux exigences énoncées et formulées par les clients. Ce processus peut être modifié pour s'adapter aux besoins de n'importe quel réseau cellulaire sans fil. Il s'agit d'un processus très important dans le déploiement du réseau.

1.2 Solution envisagée

Ce processus complexe comporte beaucoup de tâches, notamment l'établissement du bilan de liaison radio, le choix d'un modèle de propagation convenable, l'établissement d'un modèle de trafic et le calcul de la capacité de la cellule.

Cela se fait à l'aide de l'outil de dimensionnement pour l'accès et le réseau. Une solution de dimensionnement des eNodeB orienté couverture.

Le dimensionnement utilise des modèles relativement simples pour la modélisation des conditions réelles par rapport à la planification détaillée, des modèles plus simples et des méthodes de réduire le temps nécessaire pour dimensionnement. Dans l'ensemble, la planification est un processus itératif couvrant la conception, la synthèse et la réalisation.

D'autre part, l'outil de dimensionnement doit être suffisamment précis pour fournir des résultats avec un niveau de précision acceptable, lorsqu'il est chargé avec le profil de trafic prévu et la base d'abonnés. Le dimensionnement du réseau cellulaire sans fil suit ces étapes de bases suivantes :

- Données / Analyse du trafic
- Estimation de la couverture
- Capacité d'évaluation

Un ensemble approprié d'entrées est essentiel pour le dimensionnement des réseaux cellulaires. Le dimensionnement nécessite certains éléments de données fondamentales. Ces paramètres incluent la population des abonnés, la répartition du trafic, l'air géographique à couvrir, la bande de fréquence attribuée, la couverture et la capacité. Les modèles de propagation doivent être sélectionnés et modifiés en fonction de la zone et bande de fréquence.

1.3 Objectifs et approches

Ce projet décrit le processus de dimensionnement de réseau 3GPP LTE (3rd Generation Partnership Project Long Term Evolution), ses modèles, les méthodes et les outils de mise au point de dimensionnement du réseau. Les principaux objectifs sont les suivants :

- Présentation des fonctionnalités LTE pertinentes pour le dimensionnement.
- Définition des modèles de base pour le dimensionnement du réseau d'accès.
- Estimation de couverture.
- Estimation des éléments du réseau.
- Développement et description d'un outil de dimensionnement.

Conclusion

Ce premier chapitre, dédié pour la mise en cadre du projet, a été réparti en trois parties. La première partie a été consacrée à l'étude de la problématique La deuxième partie était la solution qu'on a choisie ainsi que sur les approches et les objectifs du projet.

Chapitre 2 : Introduction au réseau Advanced LTE

Introduction

Ce premier chapitre est consacré pour la présentation du réseau radio mobile LTE Long Term Evolution. Dans ce premier chapitre, nous présenterons les différentes composantes de la Technologie LTE-Advanced et ses caractéristiques, les canaux radio, les technologies OFDMA, SC-FDMA, MIMO et les types de modulation-codage.

2.1 Présentation du LTE

3GPP (Third generation partnership project) a commencé à travailler sur l'évolution des systèmes mobiles 3G en novembre 2004. L'occasion a été l'évolution RAN Work Shop, à Toronto, au Canada. Cet atelier a été ouvert pour tous les organismes intéressés, les membres et les non-membres de 3GPP. Cela a conduit à la participation de plus de 40 contributeurs de tous les domaines du business Mobile. Il s'agissait d'opérateurs, de fabricants et des instituts de recherche en donnant leur avis sur l'évolution de l'Universal Terrestrial Radio accès réseau (UTRAN). Un ensemble d'exigences de niveau élevé a été identifié dans l'atelier afin d'affiner la fourniture du service et réduire les coûts pour l'utilisateur et l'opérateur.

En somme, les principaux objectifs et cibles du développement du LTE –A peuvent être énoncés par l'augmentation de la capacité du système et réduire le coût par bit, ainsi que l'utilisation du spectre 2G et 3G existants avec le nouveau spectre. Ainsi la réalisation notable de la hausse des taux de données mis en balance avec les systèmes 3G existants. Avec l'objectif de 100 Mbps en liaison montante et sur 50 Mbps en liaison descendante, la couverture plus large en offrant des débits supérieurs au plus large des domaines et souplesse d'utilisation des bandes de fréquences existantes et nouvelles.

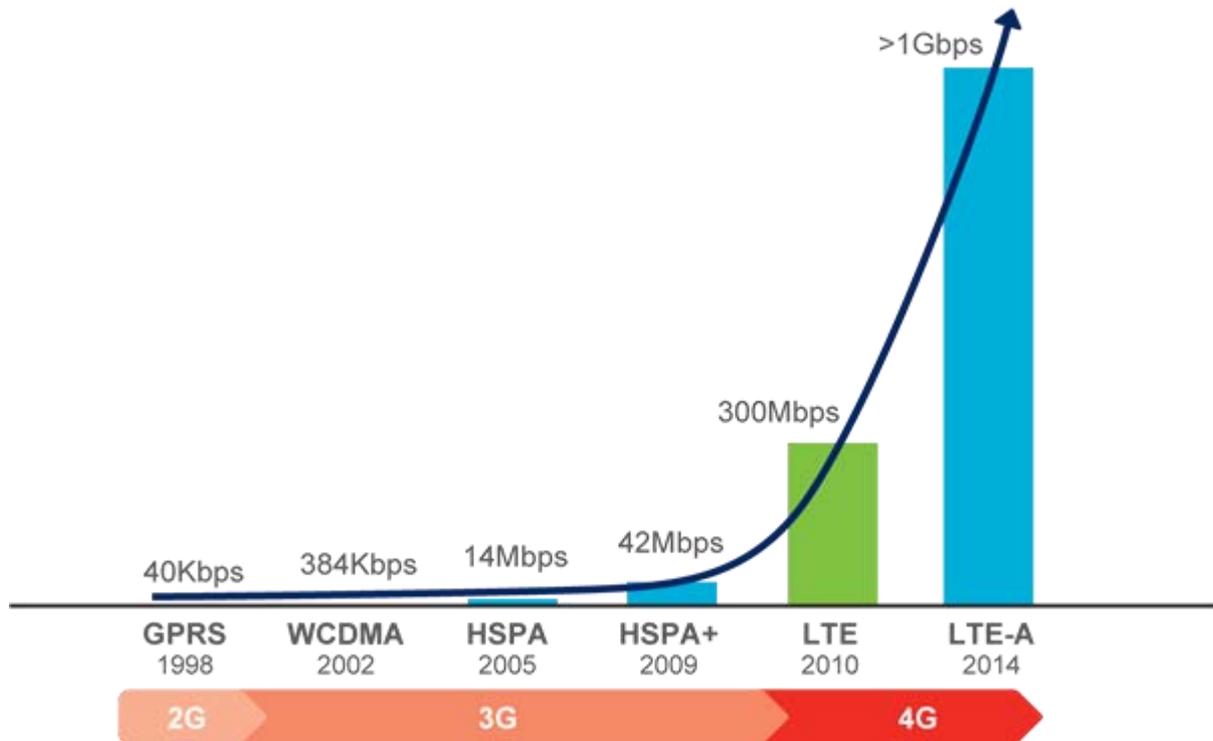


Figure 2.1 : Evolution vers LTE-A [1].

2.2 Architecture d'un réseau LTE-A

L'architecture du réseau d'accès A-LTE n'a pas subi des modifications énormes, par rapport à l'architecture en LTE SAE. La seule évolution a été la présence du nœud relais qui s'introduit entre l'UE et l'eNodeB, et son installation est optionnelle [2].

L'architecture générale du réseau LTE comporte 3 parties :

- User Equipment
- Un réseau d'accès : l'E-UTRAN
- Un réseau cœur : Réseau tout-IP

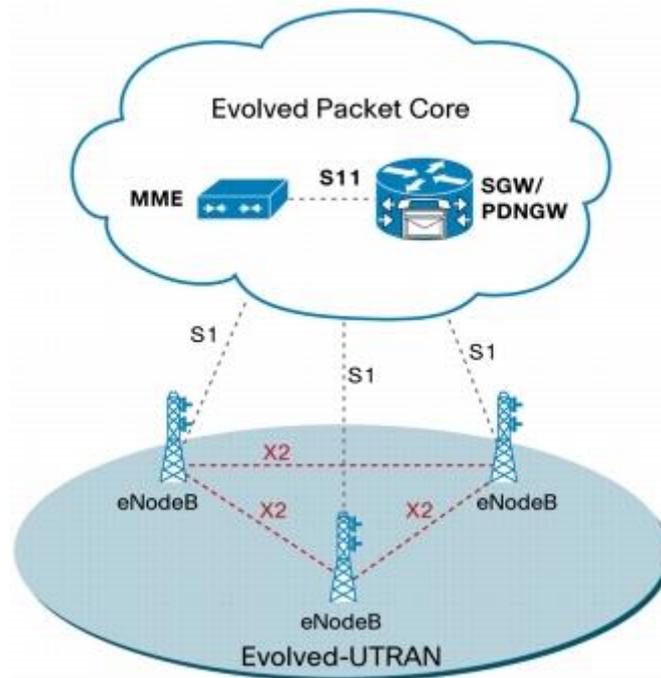


Figure 2.2 : architecture de LTE [2].

2.3 User Equipment UE

Il s'agit de l'équipement terminal (laptop, Smartphone...) utilisé par les usagers du réseau.

2.4 Réseau d'accès Evolved-UTRAN

Il ne contient que des eNodeB qui assurent l'échange radio avec l'E-UTRAN. A la différence de la 3G, les fonctions supportées par le RNC ont été réparties entre l'eNodeB et les entités du réseau cœur SGW [3].

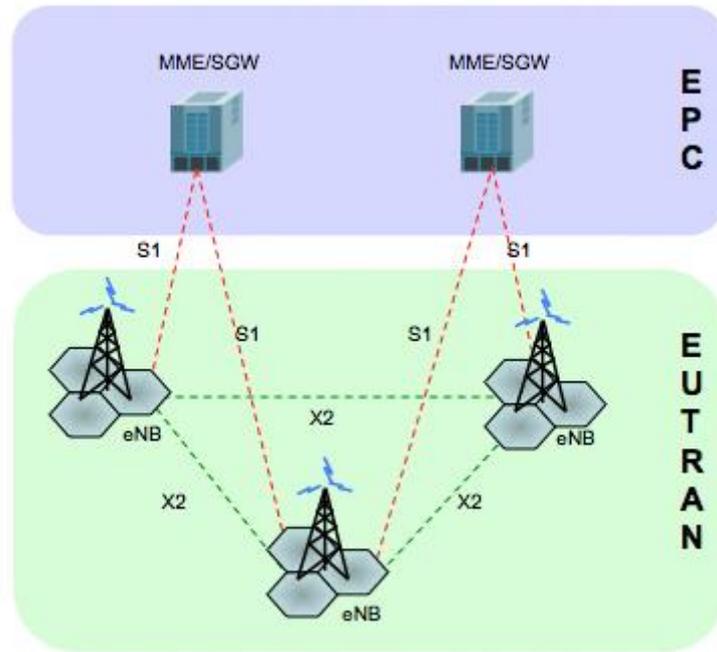


Figure 2.3 : Architecture E-UTRAN [3].

Les eNodeB sont reliés entre eux par une interface X2.

- **L'interface X2** : c'est une interface logique. Elle est introduite dans le but de permettre aux eNodeBs d'échanger des informations de signalisation durant handover ou la signalisation, sans faire intervenir le réseau cœur. L'eNodeB est relié au cœur du réseau à travers l'interface S1.
- **L'interface S1** : c'est l'interface intermédiaire entre le réseau d'accès et le réseau cœur. Elle peut être divisée en deux interfaces élémentaires : Cette dernière consiste en **S1-U** (S1- Usager) entre l'eNodeB et le SGW et **S1-C** (S1-Contrôle) entre l'eNodeB et le MME.

Les eNodeB ont offert deux qualités au réseau : la sécurité en cas de problème d'un relais et le partage des ressources équitable en cas de saturation du lien principale.

2.5 Réseaux cœur EPC

Les principaux nœuds logiques de l'EPC sont :

2.5.1 Mobility Manager Entity (MME)

Le MME est le nœud qui gère la signalisation entre l'UE et le réseau cœur. Il est responsable de la gestion de la connexion de signalisation qui est prise en charge par le protocole NAS et de la sécurité entre le réseau et l'UE. Il a en charge la gestion des phases d'établissement, la reconfiguration et le relâche des bearers. Il maintient un contexte contenant notamment les paramètres de sécurité et les capacités radio et réseau de l'UE tant que celui-ci est enregistré au réseau [3].

2.5.2 Home Subscriber Server (HSS)

Le HSS est la base de données contenant les informations de souscriptions de l'utilisateur telles que le profil de QoS de l'abonné ou les restrictions d'accès en itinérance. Il contient également les informations concernant les réseaux de données (PDN) auxquels l'utilisateur peut se connecter. Le HSS supporte des informations dynamiques telles que l'identité du MME auquel l'utilisateur est actuellement attaché. Il peut aussi intégrer le centre d'authentification ou AuC (*Authentication Center*) qui permet l'authentification des abonnés et fournit les clés de chiffrement nécessaires.

2.5.3 Serving Gateway (SGW)

La S-GW permet le transfert des paquets IP vers les utilisateurs du réseau. Elle sert de point d'ancrage d'une part pour les bearers de données lorsque l'UE est en mobilité entre plusieurs eNodeB et d'autre part pour l'interfonctionnement avec d'autres technologies d'accès comme l'UMTS ou le GPRS [3].

La S-GW conserve également des contextes sur les bearers de l'UE lorsqu'il est en veille. Si elle reçoit des données destinées à un UE en veille, la S-GW contacte le MME pour notifier l'UE et rétablir ainsi les bearers associés aux contextes. Par ailleurs, la S-GW gère quelques fonctions annexes au sein du réseau visité dans le contexte d'itinérance, telles que l'envoi d'informations pour la facturation et les interceptions légales.

2.5.4 Packet Data Network Gateway (PGW)

La P-GW a pour premier rôle d'allouer une adresse IP à l'UE. Elle permet également de mettre en application la qualité de service. Elle supporte la fonction appelée *Deep Packet*

Inspection [4] ou inspection approfondie des paquets, qui analyse les paquets du plan usager, identifie la nature des flux, applique les règles prédéfinies pour tous les clients ou par client

en fonction de l'offre souscrite. La PGW permet aussi de mettre en œuvre la facturation par flux de données, conformément aux règles définies par le PCRF. Enfin, elle sert de point d'ancrage pour l'interfonctionnement avec d'autres technologies d'accès non 3GPP telles que CDMA2000 et WiMAX.

2.5.5 Policy and Charging Rules Function (PCRF)

Le PCRF est un nœud optionnel au sein de l'architecture EPC, qui permet de gérer l'accès au réseau de données (PDN) en fonction du forfait de l'abonné. Il peut également indiquer les caractéristiques de QoS à appliquer sur les flux de données lors de l'établissement d'une session ou en cours de session [4].

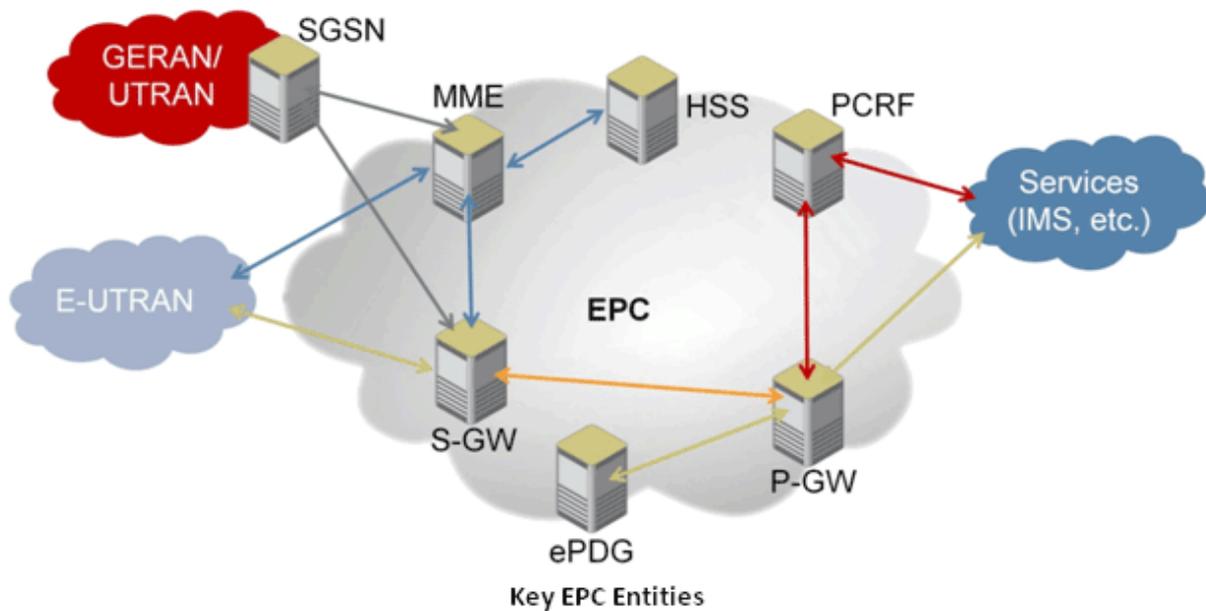


Figure 2.4 : Architecture d'EPC [4].

2.6 Technique d'accès

Pour tout système radio mobile, il faut définir une technique d'accès qui permet une gestion des ressources radio disponibles. Pour les réseaux LTE-Advanced, la technique OFDMA est utilisée dans le sens descendant et la technique SC-FDMA (single carrier Frequency Division Multiple Access) est appliquée dans le sens montant [5].

2.6.1 OFDM

Le multiplexage OFDM est une technique qui consiste à subdiviser la bande de transmission en N sous canaux, conduisant à une augmentation de la durée symboles. C'est une technique de modulation multi-porteuses à base de transformée de Fourier rapide qui permet de diviser le flux de données à transmettre en N sous flux de données parallèles, qui seront transmis sur des sous bandes orthogonales différentes. Cette technique permet d'offrir une grande efficacité au niveau de l'utilisation du spectre et de la puissance grâce à l'utilisation de N sous-porteuse orthogonales et très proche l'une de l'autre.

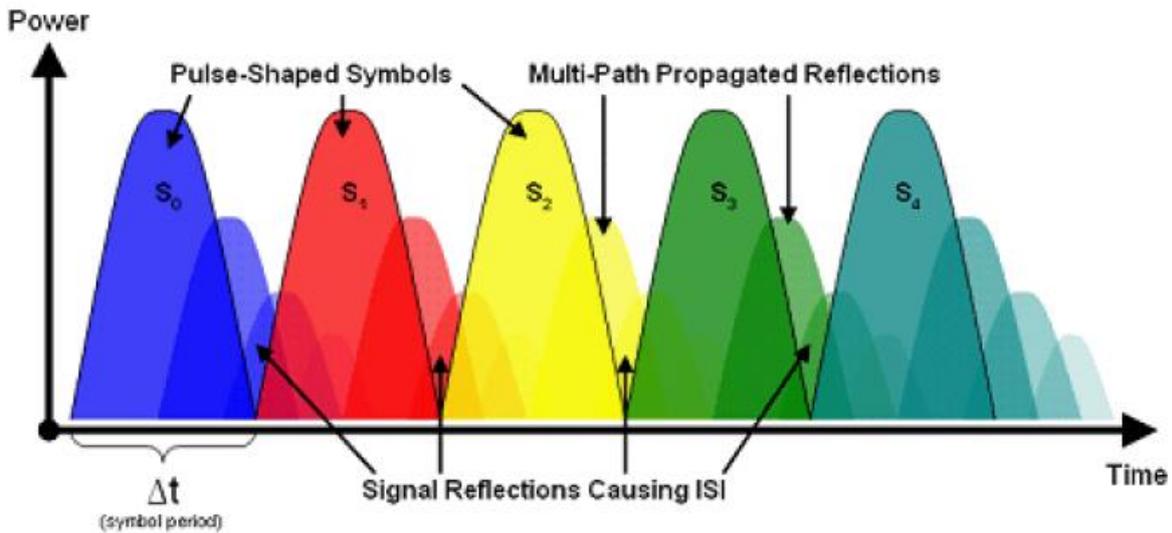


Figure 2.5 : Modulation FDMA [5]

De plus, l'augmentation de la durée symbole accroît la robustesse de l'OFDM face au temps de propagation du aux trajets multiples (NLOS). D'autre part, une grande immunité contre les interférences inter-symboles créée par la propagation NLOS est apportée par l'insertion d'un temps de garde appelé aussi préfixe cyclique (CP). En effet, le symbole OFDM est allongé avec ce préfixe qui doit être plus grand que le plus grand des retards qui apparaissent dans le canal. Si un symbole d'une transmission précédente arrive en retard à cause de la propagation multi-trajets, il entre en collision avec le CP du symbole actuel, et comme la taille du CP est suffisante, cette collision ne peut pas affecter le reste du symbole, où il y a les informations utiles.

a) OFDMA (Orthogonal Frequency Division Multiple Access)

L'OFDMA est une technique, à la fois, de multiplexage basé sur l'OFDM et d'accès multiple qui permet de multiplexer un flux de données issus de plusieurs utilisateurs grâce à l'utilisation de la technique de sous-canalisation. L'OFDMA consiste à introduire trois types de sous-porteuse :

- Sous porteuses pilotes pour la synchronisation et l'estimation du canal.
- Sous porteuses de données pour la transmission de données.
- Sous porteuses nulles au symbole pour lutter contre l'interférence Co-canal.

LTE utilise la technique OFDMA en voie descendante car elle nécessite une alimentation importante de l'amplificateur. Ceci ne pose pas problème pour une station de base fixe, mais cela n'est pas adapté à un émetteur alimenté par une batterie (cas d'un terminal mobile). Pour cela, LTE utilise en voie montante SC-FDMA qui est très similaire à

OFDMA, mais plus efficace en consommation d'énergie [5].

b) SC-FDMA

Pour la voie montante, on utilise un dérivé de l'OFDM appelé SC-FDMA [6] qui permet une meilleure couverture pour les amplificateurs de puissance utilisés par les UE. Le SC-FDMA offre des performances et une complexité globale similaire à l'OFDMA mais utilise une technique de multiplexage fréquentiel à une seule porteuse. La figure 1.6 montre la différence entre les deux méthodes d'accès OFDMA et SC-FDMA :

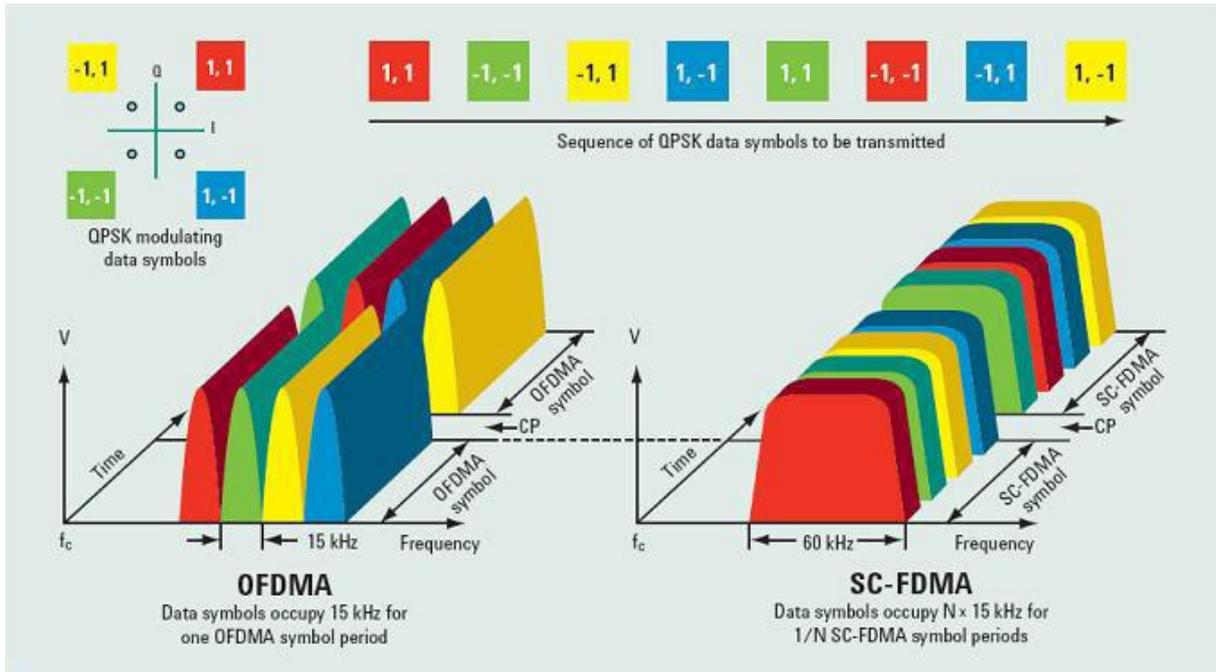


Figure 2.6 : Différence entre OFDMA et SC-FDMA pour l'allocation des porteuses [6].

Conclusion

Dans ce chapitre nous avons présenté la nouvelle génération Advanced LTE release 10. Une bonne connaissance de l'architecture et de ses caractéristiques permet aux planificateurs de mieux gérer les ressources, de faciliter l'évolution du réseau en intégrant des technologies plus performantes, qui leur permettent de fournir en même temps des services de bonne qualité. Le chapitre suivant est une étude sur la planification et le dimensionnement du réseau A-LTE dans laquelle nous détaillons le processus de dimensionnement du réseau d'accès LTE/LTE-Advanced.

Chapitre 3 : Dimensionnement du Réseau Mobile LTE-Advanced

Introduction

Le dimensionnement est la phase initiale de la planification du réseau. Il fournit la première estimation du nombre d'éléments du réseau ainsi que la capacité de ces éléments. Le but du dimensionnement est d'estimer le nombre requis de stations de base radio nécessaires pour soutenir un trafic spécifié dans une zone bien définie.

Dans ce chapitre, nous présenterons notre processus de dimensionnement du réseau LTE.

3.1 Processus de dimensionnement d'eNodeB

Le dimensionnement des eNodeB est la partie la plus sensible du processus de dimensionnement. Pour dimensionner les eNodeB, nous avons besoin de suivre deux méthodes : un dimensionnement orienté couverture et un dimensionnement orienté capacité. Le premier tient compte des exigences en couverture et la deuxième donne une estimation des ressources nécessaires pour supporter un trafic de données avec un certain niveau de QoS. En outre, le nombre des eNodeB sera le plus du nombre résultant de deux approches.

$$\text{NbreNodeB} = \text{Max} \{ \text{NbreNodeB (couverture)}, \text{NbreNodeB (capacité)} \}$$

Le dimensionnement est basé sur un ensemble de paramètres d'entrée et les résultats fournis sont pertinents pour cet ensemble de paramètres d'entrée. Ces paramètres incluent la région sous examen, l'étendue du trafic et de QoS requis. Le dimensionnement prévoit l'évaluation des besoins en infrastructures de réseaux. Cela se fait avec l'aide de l'outil pour les accès principaux réseaux et de dimensionnement. Il utilise des modèles relativement plus simples pour la modélisation des conditions réelles par rapport à la planification détaillée. Des méthodes et des modèles plus simples permettent de réduire le temps nécessaire pour le dimensionnement. En revanche, l'outil de dimensionnement doit être suffisamment précis pour fournir des résultats avec un niveau acceptable de précision, lors du chargement avec profil du trafic attendu et le nombre d'abonnés. Le dimensionnement de réseau cellulaire sans fil est directement lié à la qualité et à l'efficacité du réseau et peut affecter profondément son développement. Le dimensionnement de réseau cellulaire sans fil suit ces étapes de base :

- Analyse du Traffic/donnés
- Estimation de la couverture.
- Evaluation de la capacité

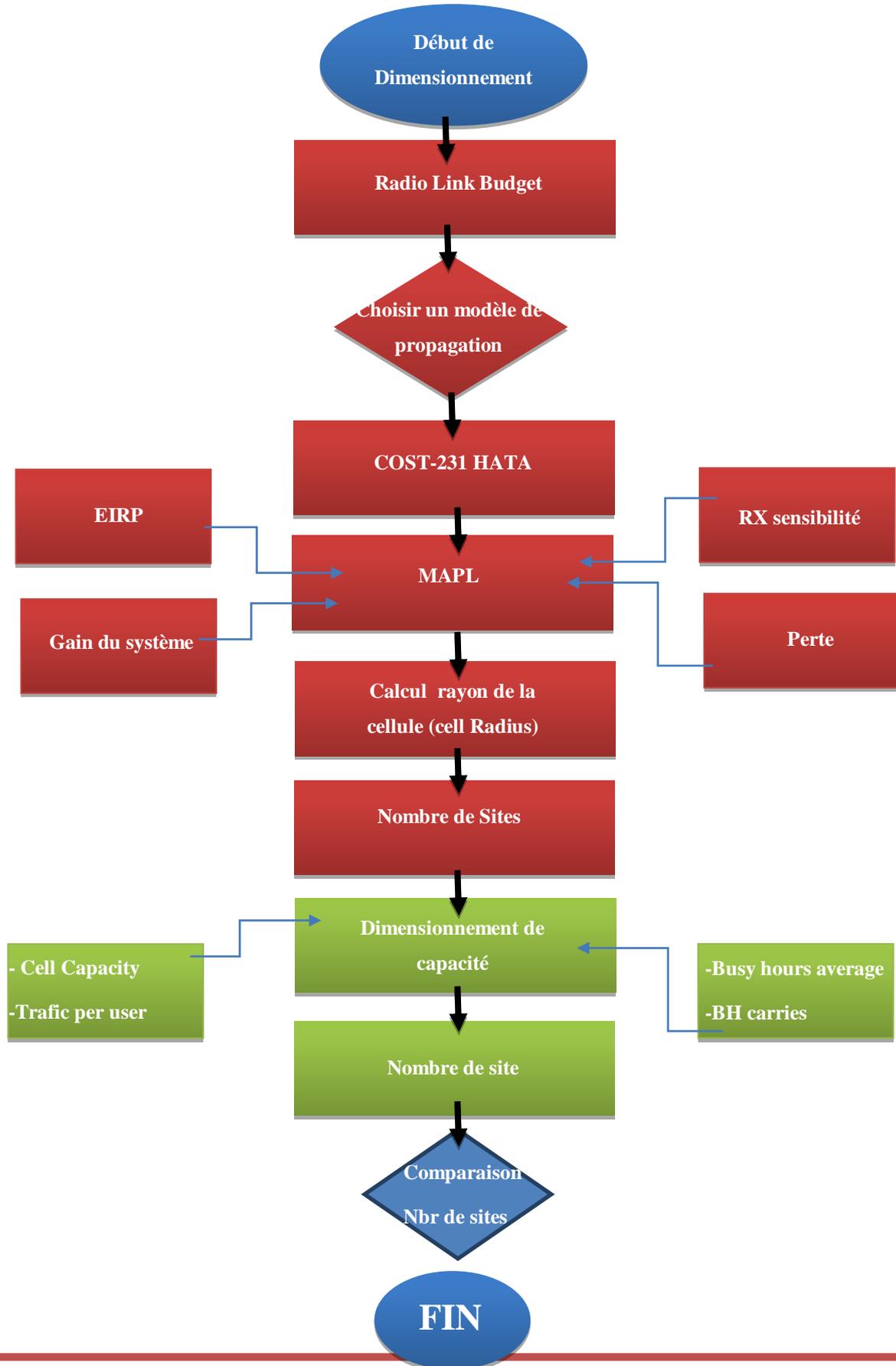
Chapitre 3: Dimensionnement du Réseau Mobile LTE-Advanced

Un ensemble approprié d'entrées est vital pour le dimensionnement pour obtenir des résultats précis. Le dimensionnement cellulaire nécessite quelques éléments fondamentaux de données. Ces paramètres incluent la population de l'abonné, la répartition du trafic, la zone géographique à couvrir, la bande de fréquence, la bande passante allouée, et les exigences de couverture et de capacité. Les modèles de propagation doivent être sélectionnés et modifiés (si nécessaire) en fonction de la zone et la bande de fréquences. Ceci est nécessaire pour estimer la couverture.

Les paramètres spécifiques au système comme, la puissance d'émission des antennes, leurs gains, l'estimation des pertes du système, le type de système d'antenne utilisé, etc., doivent être connus avant le début du dimensionnement du réseau sans fil cellulaire. Chaque réseau sans fil possède son propre ensemble de paramètres [7].

L'analyse du trafic donne une estimation du trafic à transporter par le système. Les différents types de trafic qui seront effectués par le réseau seront modélisés. Les types de trafic peuvent inclure les appels vocaux, VoIP, PS ou CS trafic. Les frais généraux portés par chaque type de trafic sont calculés et inclus dans le modèle. Les temps et la quantité de trafic est également prévue pour d'évaluer la performance du réseau et déterminer si le réseau peut satisfaire aux exigences énoncées.

- Processus du dimensionnement du réseau A-LTE :



3.2 Dimensionnement orienté couverture

Pour couvrir une surface donnée, nous devons déterminer le nombre de stations requises pour éviter l'échec d'accès, la coupure de communication et les taux de handover. Pour ce faire, nous devons suivre les étapes suivantes :

3.2.1 Bilan de liaison

Le RLB donne la perte de trajet maximale autorisée, et à partir de laquelle la taille des cellules est calculée en utilisant un modèle de propagation approprié.

Le RLB pris en compte : les puissances d'émission, les gains, les pertes d'antenne, les gains de diversité, les marges d'interférence.

Pour LTE, l'équation MAPL est comme suit (en dB) :(1)

Downlink: $MAPL = EIRPDL - SUE - LNF - IMDL - Lpen - LbodyLoss + GEU \text{ Antenna}$

Uplink: $MAPL = EIRPUL - SeNB - LNF - IMUL - Lpen - LbodyLoss + GeNB \text{ Antenna} + GeNB$

Avec :

- MAPL = Perte de trajet totale rencontrée par le signal envoyé de l'émetteur au récepteur (dB)
- EIRP : puissance de rayonnement isotrope équivalente
- S-Rx : sensibilité de récepteur
- LNF : log normal fading margin
- IM : Interférence Margin
- G -antenne : Gain de l'antenne d'émission
- G-shad - Gain contre le Shadowing
- L-pen – perte de Pénétration
- L-feeder : perte de Feeder

Chapitre 3: Dimensionnement du Réseau Mobile LTE-Advanced

- L-body – perte de pénétration du corps humain

La figure ci-dessus illustre le bilan de liaison pour la liaison montant descendante.

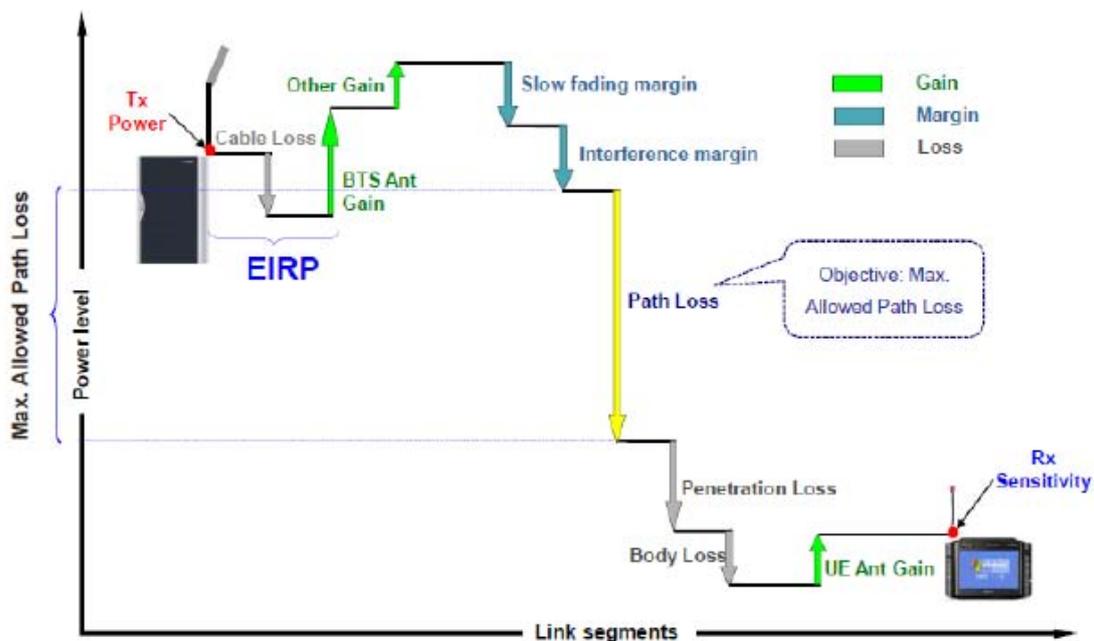


Figure 3.1 : Radio Link Budget pour une liaison descendante [12].

La figure ci-dessous illustre l'équation de bilan de liaison pour les liens montants :

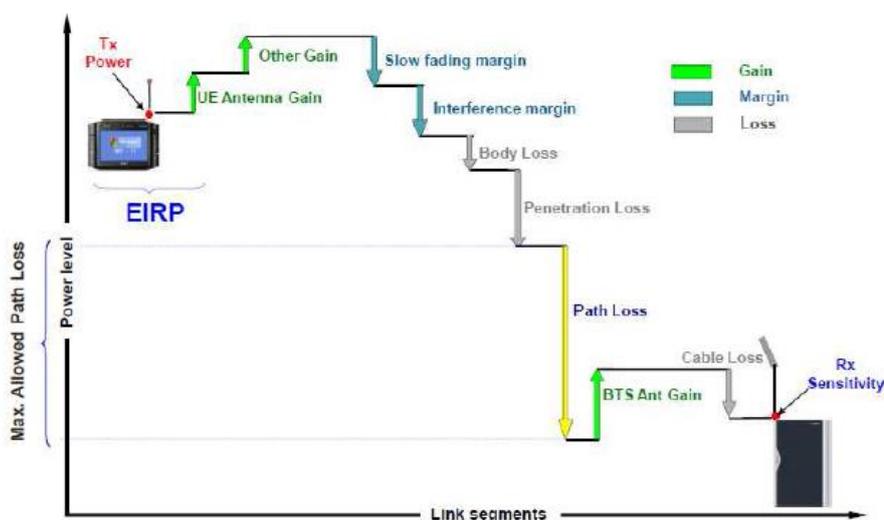


Figure 3.2 : Radio Link Budget pour une liaison montante [12]

➤ **Puissance de rayonnement isotrope équivalente (EIRP) :**

EIRP est synonyme de la puissance qui serait soit rayonnée par une antenne isotrope théorique pour atteindre la densité maximale observée dans la direction d'antenne maximale Gain.

- $EIRP_{DL} = P_{eNB\ Tx} - L_{eNB\ feeders} - L_{eNB\ Jumpers} - L_{eNB\ connectors} + G_{Antenna}$
- $EIRP_{UL} = PUE_{Tx} + G_{Antenna} - L_{body}$

➤ **Sensibilité de récepteur (S_{rx})**

La sensibilité de réception indique le niveau de signal minimal qui peut encore être reçu avec succès.

- $S_{rx} = N_{sub-T} + SINR + F_{noise} + N_{RB}$

Avec :

N_{sub-T} = Puissance de bruit thermique par sous-porteuse (correspond à 15 kHz)

SINR : Signal d'Interférence et de bruit

F_{noise} : Receiver Noise Figure

N_{RB} – Nombre de ressource block

➤ **Puissance du bruit thermique (N_{sub-T})**

- $N_{sub-T} = k \times T \times B$

Avec :

N_{sub-T} : puissance bruit thermique

T: Température [Kelvin]

K : Constante de Boltzmann

B : Bande passante

➤ Signal à Interférence et Bruit (SINR)

Le signal à Interférence et Bruit (SINR) est le rapport de puissance de signal utile à brouillage total qui provient des cellules voisines ainsi que le bruit thermique.

Signal à Interférence et Bruit SINR est le principal indicateur de performance pour le LTE. Le bord de la cellule est défini en fonction du SINR requis pour un débit de cellule donnée. Donc, la connaissance exacte du SINR requis est au cœur de l'authenticité de la RLB et donc du processus de dimensionnement. Le SINR requis dépend sur les facteurs suivants :

- Modulation et de codage (MCS)
- Modèle de canal de propagation

Plus le MCS est utilisé, plus le SINR est nécessaire et vice-versa. Cela signifie que l'utilisation de QPSK $\frac{1}{2}$ aura un SINR inférieur à celui exigé 16-QAM $\frac{1}{2}$ [8].

Le SINR dépend du nombre du bloc de ressource comme l'indique la figure suivante :

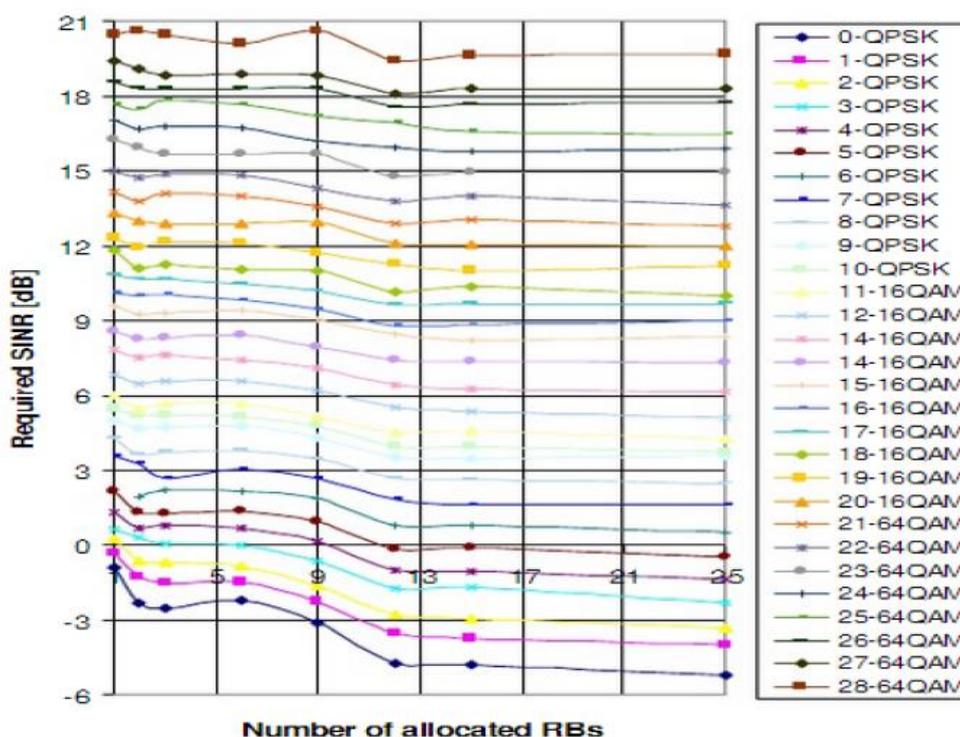


Figure 3.3 : variation SINR en fonction de nombre de bloc de ressources [13]

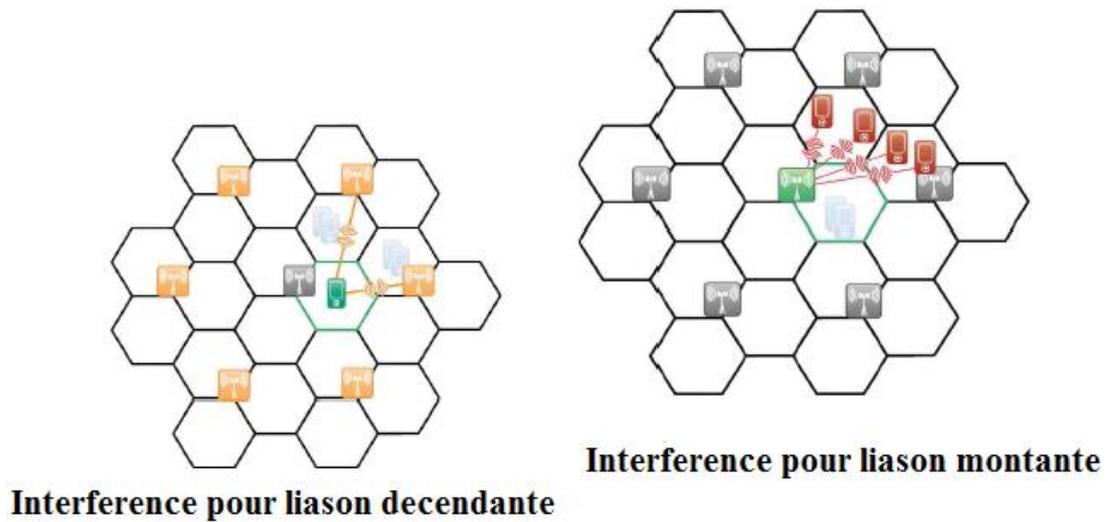


Figure 3.4 : le SINR pour liaison montante et descendante [14]

L'équation est comme suit :

- $I_{own} = [(\eta \times P_{Total} - PRB \times N_{Used\ RB}) / L] \times (1 - \alpha) = 0$
- $I_{oth} = [(PRB \times N_{used-RB}) / L] \times \eta \times (1/G)$

Avec :

P_{Total} = puissance de transmission totale maximale d'eNodeB

PRB = alimentation par bloc de ressources

$N_{Used\ RB}$ = nombre de blocs de ressource assignés à l'utilisateur

L = signal attenuation (path loss)

G = G-factor

η = cell load (le montant moyen des ressources de fréquences occupées pendant la période d'intérêt)

α - orthogonally factor

➤ **Interférence Margin**

- $IM = 10 \log (1 - SINR \times \eta \times (1/G))$

➤ **Fading Margin**

- $LNF = X * s$

Avec:

σ = Le écart-type du lent fading

X = Valeur calculée selon la loi journal normale

3.2.2 Modèle de Propagation :

Le modèle de propagation permet d'estimer la valeur de l'atténuation du trajet. On distingue plusieurs types de modèles :

- **Modèles empiriques** : est une formule mathématique utilisée pour permettre de prédire l'impact d'un émetteur sur une certaine zone de réception.
- **Modèles physiques** : prédire la propagation des ondes radio et calculer les trajets des ondes radio en tenant compte des phénomènes de réflexion et diffraction.

Pour notre étude nous allons choisir le modèle de propagation empirique. Sa formule dépend de plusieurs facteurs, à savoir :

- La fréquence de l'onde.
- TX hauteur de l'antenne (Les hauteurs des antennes de l'émission et de la réception)
- RX hauteur de l'antenne et d'autres
- La distance parcourue.
- Type de terrain.
- Clutter (caractéristiques et densité des bâtiments), etc.

Ces modèles ne peuvent pas prédire le comportement 100% exact de la liaison radio, mais ils prédisent le comportement le plus probable. Ils sont utilisés pour prédire le rayon de la cellule à partir de la perte de trajet maximale autorisée.

Il est décisif de noter que les modèles de propagation dépendent du type de zones selon qu'elles soient urbaines, suburbaines et rurales.

La modèle le plus fréquent est **COST-231 HATA Model** : il est basé sur les mesures d'HATA tenue dans la région de Tokyo au Japon .Le modèle Hata est d'ailleurs le modèle de propagation utilisé par **Tunisie Telecom**.

3.2.3 Le modèle Cost231-Hata

Le modèle Cost231-Hata [9] est une dilatation du modèle Okumura-Hata à 2 GHz dans les zones urbaines, puis l'aboutir, en ajoutant des achèvements correctifs pour tous les autres entourages (suburbain et rural). L'affaiblissement L_u énoncé en dB est donné par :

- Pour un environnement urbain

$$L = 46.3 + 33.9 \log_{10}(f) - 13.82 \log_{10}(h_b) - a(h_m) + (44.9 - 6.55 \log_{10}(h_b)) \log_{10}(d) + C_m \quad (2)$$

Avec :

- Pour la zone urbaine est suburbaine :

$$a(h_m) = (1.1 \log_{10}(f) - 0.7) h_m - 1.56 \log_{10}(f) + 0.8 \quad (3)$$

- Pour la zone urbaine dense :

$$a(h_m) = 3.2 (\log_{10}(11.75 h_m))^2$$

- Pour la zone urbaine, suburbaine **C_m=0 dB**
- Pour la zone urbaine dense **C_m=3 dB**.

3.2.4 Détermination du nombre de sites

Après avoir déduit l'affaiblissement du parcours maximum (MAPL) par l'institution d'un bilan de liaison immuable, nous tentons de déterminer le rayon de la cellule en utilisant le modèle de propagation adapté. En effet, lorsque l'affaiblissement de parcours est pareil à sa valeur maximale, la distance parcourue est semblable au rayon de la cellule. Nous allons saisir un exemple pour bien admettre le principe. Nous supposons que la zone d'affectation est urbaine et que nous allons y apposer le modèle Cost231-Hata d'équation (2) :

$$R_{cell} = 10^{\frac{MAPL - 46.3 - 33.9 \log_{10}(f) + 13.82 \log_{10}(h_b) + a(h_m)}{[44.9 - 6.55 \log_{10}(h_b)]}} \quad (3)$$

Une fois le rayon de la cellule R_{cell} est calculé, nous pouvons calculer l’empreinte du site, que nous notons S_{cell} . Cette dernière dépend du nombre de secteurs par site, que nous notons $N_{secteur}$. La figure ci-dessous exprime la configuration des secteurs :

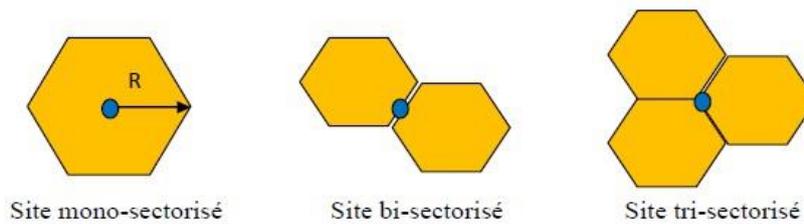


Figure 3.1 : Configuration des secteurs cellulaires [15]

Nombre de secteur par site	Empreinte
Mono-sectorisé	$S_{cell} = 2.6 * R_{cell}^2$
Bi-sectorisé	$S_{cell} = 1.3 * 2.6 * R_{cell}^2$
Tri-sectorisé	$S_{cell} = 1.95 * 2.6 * R_{cell}^2$

Tableau 1 : Empreinte du site en fonction du nombre de secteurs [16]

Après la résolution de l’empreinte du site, nous pouvons déterminer le nombre de sites adéquat pour la couverture pour une zone à l’aide de cette formule :

$$N_{eNodeB} = E \left(\frac{\text{Area size}}{S_{cell}} \right) + 1 \quad (4)$$

Avec :

Area size : est la surface de la zone de déploiement.

3.3 Dimensionnement orienté capacité

3.3.1 Introduction

L'objectif de cette partie est de décrire le dimensionnement de la capacité pour le réseau LTE et d'interpréter les méthodes utilisées et les agents ayant un impact sur la démarche de planification de la capacité. Cette partie est dissociée en plusieurs sections. La première section décrit les estimations de débit des cellules, tandis que la seconde partie est sur le calcul de la demande de trafic. Les sections suivantes exposent l'évaluation de capacité des sites relevés.

3.3.2 Planification de la capacité LTE

La planification de capacité attribue une estimation des ressources essentielles pour soutenir un trafic avec un certain niveau de QoS a offert.

La capacité théorique du réseau est réduite par le nombre d'eNodeB installés dans le réseau. La capacité de la cellule en LTE est appêtée par plusieurs facteurs, y compris niveau de l'assombrissement (brouillage), adaptation de planificateur de paquets, modulation de la prise en charge et des systèmes de codage.

Le Link Budget (dimensionnement de couverture) déclenche la perte de chemin d'accès maximal autorisé et la portée maximale de la cellule, alors que la couverture planification tient compte de l'interférence en fournissant un modèle approprié. La LTE présente aussi des capacités comme son prédécesseur des systèmes 3 G.

Par conséquent, l'augmentation des interférences et des bruits en augmentant le nombre d'utilisateurs va diminuer la couverture cellulaire, forçant le rayon de la cellule à devenir plus petits. En LTE, le principal indicateur de la capacité est la distribution du SINR dans la cellule. Dans cette étude, par souci de simplicité, le réseau accès LTE est supposé être limité dans la couverture par la direction de l'UL et la capacité de DL. L'évaluation de la capacité a besoin des deux tâches suivantes qui doivent être remplies :

- Être en mesure d'estimer le débit des cellules correspondant aux paramètres utilisés pour calculer le rayon de la cellule.

- Analyser les entrées de trafic fournies par l'opérateur pour calculer la demande de trafic, qui comprennent le montant des abonnés, la composition du trafic et les données sur la répartition géographique des abonnés dans la zone de déploiement.

3.3.3 Calcul du débit moyenne du site (Cell throughput)

L'objectif de la tâche de planification de la capacité est d'obtenir une estimation du nombre de sites basée sur les besoins en capacité. Les exigences de capacité sont définies par les opérateurs de réseau basées sur leur trafic prévu. Un débit moyen de cellules est nécessaire pour calculer le nombre de sites en se fondant sur la capacité. L'évaluation plus précise de la capacité (débit sous certaines contraintes) de la cellule est donnée en exécutant des simulations. Dès lors, le dimensionnement se fait généralement à l'aide d'un classeur Excel, la meilleure solution pour calculer le débit de la cellule est un mappage direct de distribution SINR obtenu depuis un simulateur dans MCS (ainsi, le débit binaire) ou directement dans un débit moyen de résultats au niveau du lien approprié [10].

L'estimation de la capacité exige donc des résultats de la simulation suivante :

- Tableau de répartition moyenne SINR (résultat niveau système), qui fournit le SIN probabilité
- Débit moyen ou efficacité spectrale par rapport à la moyenne de table SINR (lien niveau résultat)

Parmi les autres facteurs, les milieux de propagation différents (modèles de propagation, distance entre les sites) et les configurations de l'antenne se répercutent sur les résultats ci-dessus. Ainsi, plusieurs tables devraient être disponibles par exemple pour les zones urbaines, suburbaines et rurales. La probabilité SINR est obtenue en calculant la probabilité d'occurrence d'une valeur donnée de SINR au bord de la cellule. Toutes ces simulations du niveau système sont exécutées avec une distance entre les sites prédéfinis. En suivant cette méthode, les taux de bit pour chaque MCS proviennent des paramètres OFDM pour LTE. Puis les valeurs SINR pour soutenir chaque MCS proviennent des tables de recherche qui sont générées à partir des simulations du niveau de lien.

Chapitre 3: Dimensionnement du Réseau Mobile LTE-Advanced

Par la suite, MCS, pris en charge par chaque valeur de SINR est sélectionné en utilisant la SINR minimale autorisée d'après les résultats de niveau de lien. Cela donne le taux correspondant de données prises en charge par la MCS. De cette façon, le débit de données correspondant à chaque valeur SINR est obtenu pour un scénario spécifique. Pour le modèle urbain de canal et une distance entre les sites fixe de 1732 m, le débit des liaisons descendantes pour LTE est indiqué dans le tableau 2.

MCS	SINR (min) (dB)	Débit de site en DL (Mbps)
QPSK 1/3	-0.75	4.00
QPSK 1/2	1.50	6.00
QPSK 2/3	3.50	8.00
16QAM 1/2	7.00	12.00
16QAM 2/3	9.50	16.01
16QAM 4/5	11.50	19.20
64QAM 1/2	11.50	21.0
64QAM 2/3	14.7	24.01

Tableau 2 : Débit moyen des cellules DL pour le LTE [17]

Débit de la cellule est calculé aussi comme suit :

$$\text{CellThroughput} = \sum_{\text{allSINRvalues}} (\text{SINR_Occurrence_Probability} \cdot \text{AverageThroughputSINR}) \quad (7)$$

Avec :

SINR_Occurrence_probabaility = Probabilité d'occurrence d'une valeur SINR spécifique au bord de la cellule obtenue à l'aide de simulations

AveThroughputSINR = Débit moyen correspond à la valeur SINR

3.3.4 Estimation de la demande de trafic et le facteur surréservation (overbooking Factor)

Étant donné que la bande passante donnée peut seulement fournir une certaine quantité de capacité, puis la demande de trafic doit être comprise. La partie complexe est l'analyse de l'affluence des types d'abonnés différents et des profils de trafic. Le résultat requis est le facteur de surréservation qui décrit le niveau de multiplexage ou le nombre d'utilisateurs qui partagent un canal donné ou la capacité.

Les entrées principales sont énumérées ci-dessous :

- Composition du trafic et analyse de l'heure de pointe
- Densité des abonnés
- Volume de données par utilisateur
- Débit de pointe et moyenne
- Profil de trafic quotidien

Le dimensionnement de la capacité se fait séparément pour différents secteurs de services (urbains, suburbains et ruraux). Si nous utilisons des exigences correspondant au trafic aux heures de pointe, cela aboutirait à un overdimensioning. Les ressources précieuses seront gaspillées durant d'autres heures de la journée et le coût du réseau sera beaucoup plus élevé. C'est pourquoi il est important de définir le facteur de surréservation (OBF), OBF est le nombre moyen d'utilisateurs qui peuvent partager une unité donnée du canal. La voie de traitement utilisé dans le dimensionnement est le débit de pointe. Si nous supposons une charge des canaux de 100 pour cent, alors l'OBF est simplement égal au rapport entre le pic et les taux moyens.

Cependant, il n'est pas sécuritaire de dimensionner le réseau avec un chargement à 100 %. Par conséquent, le facteur d'utilisation de paramètre est introduit. Dans la plupart des réseaux de données, le facteur d'utilisation est inférieur à 85 pour cent afin de garantir la qualité de Service (QoS), le coefficient de surréservation (overbooking Factor) est calculé comme suit :

$$\text{OverbookingFactor} = \text{PeakToAverageRatio} \cdot \text{UtilisationFactor} \quad (8)$$

3.3.5 Capacité en fonction du nombre des sites

Avec la connaissance de l'estimation de la demande de trafic et les facteurs impliqués, dans l'ensemble les taux de données requis peuvent être calculés. Selon le facteur de surréservation décrit ci-dessus, le débit total pour le calcul de la capacité est :

$$\text{OverallDataRate} = \text{NumberOfUsers} \cdot \text{PeakDataRate} \cdot \text{OverbookingFactor} \quad (9)$$

Le nombre de sites nécessaires pour supporter le trafic total calculé ci-dessus est simplement :

$$\text{NumSitesCapacity} = \frac{\text{OverallDataRate}}{\text{SiteCapacity}} \quad (10)$$

Où le SiteCapacity est un multiple de production cellulaire, qui dépend du nombre de cellules par site (sans tenir compte de toute limitation matérielle).

Comme ce fut déjà pour l'évaluation de la couverture, le comptage des sites est effectué pour chaque type de zone de service. Dans les réseaux réels, le nombre est plus petit lors des premières années de fonctionnement du réseau, lorsque le nombre d'utilisateurs est tout à fait minime. Mais comme la demande augmente et plus des utilisateurs sont ajoutés au service, le nombre de sites de capacité prend les devants et des cellules plus petites sont nécessaires.

Conclusion :

Nous avons réservé ce chapitre pour traiter le principe de dimensionnement de l'eNodeB qui fait intervenir deux composantes : couverture et capacité. Toutes ces notions seront nécessaires par la suite pour la conception et le développement de notre outil, qui est le sujet du chapitre suivant.

Chapitre 4 : Conception

Introduction

La conception est une phase importante dans le cycle de développement d'un projet. Le support de cette phase par des techniques et des outils appropriés est délicat pour produire une application de grande qualité. La conception doit prendre en compte les besoins, l'expérience et les capacités de l'utilisateur. Ainsi, nous allons utiliser le standard industriel de modélisation des objets UML 2.0 (Unified Modeling Language) qui est l'outil le plus approprié à être utilisé dans ce cadre.

Dans ce chapitre, nous élaborerons une étude conceptuelle détaillée de notre application, telle que le diagramme des classes, les diagrammes d'activités et les diagrammes de cas d'utilisation.

4.1 Spécification des besoins

La phase spécification est une étape primordiale dans le déroulement du projet. Dans cette section, nous allons présenter et modéliser les choix pris au cours de la conception et de la réalisation.

4.1.1 Besoins fonctionnels

Les besoins de ce travail viennent de la nécessité de pallier les insuffisances des couvertures pour le système LTE. Cela nécessite une bonne conception pour dimensionner les zones et de bien partager les capacités pour gérer les besoins des abonnés.

Ces fonctionnalités nécessitent généralement la présence de l'état actuel d'un équipement donné comme un ENodeB. Pour satisfaire ces besoins, notre outil doit prendre en charge plusieurs fonctionnalités qui visent essentiellement à assurer à l'administrateur pouvoir de dimensionner des EnodeB selon la couverture et la capacité. Après l'étude et l'analyse des méthodes déjà faite au 2ème chapitre, on conclut que les fonctionnalités de l'outil sont :

- Dimensionnement orienté couverture pour eNodeB : établir le bilan de liaison radio calculer l'affaiblissement de trajet maximum pour déduire le rayon de la cellule, et par suite les nombres des eNodeB.
- Dimensionnement orienté capacité pour eNodeB établir le modèle de trafic, calculer la capacité de la cellule, estimer le débit binaire du site et enfin déduire le nombre des eNodeB.
- Elaborer un rapport qui contient tous les paramètres qui interviennent dans le dimensionnement.

4.1.2 Besoins non fonctionnels

Ce sont des nécessités qui ne concernent pas précisément le comportement du système mais plutôt l'assimilation des contraintes internes peut être présentée dans les points suivants :

- Le code doit être clair pour permettre de futures évolutions et améliorations.
- L'ergonomie : l'application donne une interface simple et facile à utiliser.
- La sécurité : l'application doit respecter la confidentialité des données.
- Garantir l'intégrité et l'agrégation des données à chaque mise à jour et à chaque intégration.

4.2 Outils de conception

4.2.1 Choix du langage de modélisation

On a choisi UML (Unified Modeling Language) qui est un langage graphique conçu pour représenter et détailler les composants d'un système. Ce choix est justifié essentiellement par diverses opportunités qu'offre ce langage.

Par voie de conséquence, UML :

- Standardise l'élaboration et la construction des logiciels ;
- Limite les ambiguïtés grâce à son formalisme ;
- Normalise les concepts et les objets ;
- Facilite la représentation et la compréhension des solutions objets ;
- Construit un langage universel indépendant des langages de programmation.

La modélisation UML contient 3 types de vue :

- **les vues statiques :**
 - Diagrammes de classes.
- **Le vue fonctionnel :**
 - Diagramme de cas d'utilisation.
- **les vues dynamiques :**
 - Diagrammes de séquence.

4.2.2 Logiciel de modélisation : Microsoft Visual studio ultimate 2012

Visual Studio est un ensemble complet d'outils de développement permettant de générer des applications Web ASP.NET, des Services XML, des applications bureautiques et des applications mobiles. Visual Basic, Visual C++, Visual C# et Visual J# utilisent tous le même environnement de développement intégré (IDE, Integrated Développement Environnement) , le visuel studio ultimate Edition prend en charge non seulement UML mais aussi la DRE et SysML .

4.3 Les diagrammes UML

4.3.1 Le diagramme de cas d'utilisation

Un diagramme de cas d'utilisation décrit le comportement d'un système du point de vue d'un utilisateur ce qui sert à comprendre et à structurer ses besoins qui sont le but attendu par le système à développer. Ainsi, il a pour fonction de représenter les acteurs, les cas d'utilisation et les relations entre eux.

- **Diagramme de cas d'utilisation globale**

Dans cette partie, nous identifions les besoins de l'outil ainsi que les services offertes par notre application.

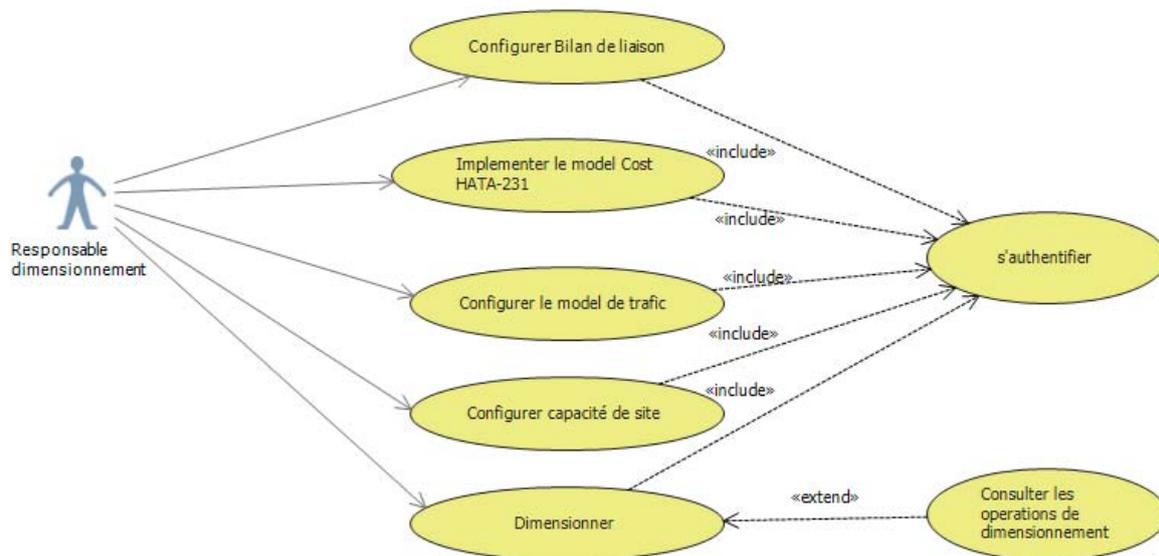


Figure 4.1 : diagramme de cas d'utilisation globale

L'acteur de l'application : le responsable de dimensionnement c'est la seule personne qui a le droit d'accéder à l'application pour effectuer l'opération de dimensionnement, il doit donc tout d'abord s'identifier.

Il a une tâche globale qui est de gérer des opérations de dimensionnement, et il peut consulter ces tâches et ajouter.

Par la suite il peut commencer la saisie des paramètres d'entrée et les exigences de couverture tel que configurer le bilan de liaison et implémenter le modèle cost hata 231 puis de capacité tel que configurer le model de trafic et configurer les capacités des sites dans les menus suivants : nouvelle opération.

L'acteur doit saisir les paramètres d'entrée et les exigences de couverture tout d'abord tel que **Radio Link Budget, max path loss, Rayon de cellule** dans le menu : nouvelle opération. Les sorties de ce module sont :

- Le rayon de la couverture.
- Nombre d'eNodeB.

Ensuite, le responsable de dimensionnement calcule la capacité totale des abonnés d'une région déjà choisie au début de chaque nouvelle opération, puis il configuré la capacité des sites.

Les sorties de ce module sont :

- Le trafic total des abonnés.
- La capacité de la cellule en DL.
- Le nombre d'eNodeB.

4.3.2 Le diagramme de classe

Il représente les classes intervenant dans l'outil de planification. Le diagramme de classe est une représentation statique des éléments qui composent un système et de leurs relations.

Chaque application qui va mettre en œuvre le système sera une instance des différentes classes qui le compose. A ce titre il faudra bien garder à l'esprit qu'une classe est un modèle et l'objet sa réalisation. Le fonctionnement dynamique d'une classe pourra être modélisé à travers des diagrammes d'état ou d'activité

Dans notre cas, le diagramme de classes contient les classes primordiales utilisées dans notre application avec leurs différents attributs qui seront utilisés plus tard comme des paramètres, ainsi que les relations entre les classes qui précisent le fonctionnement de notre outil.

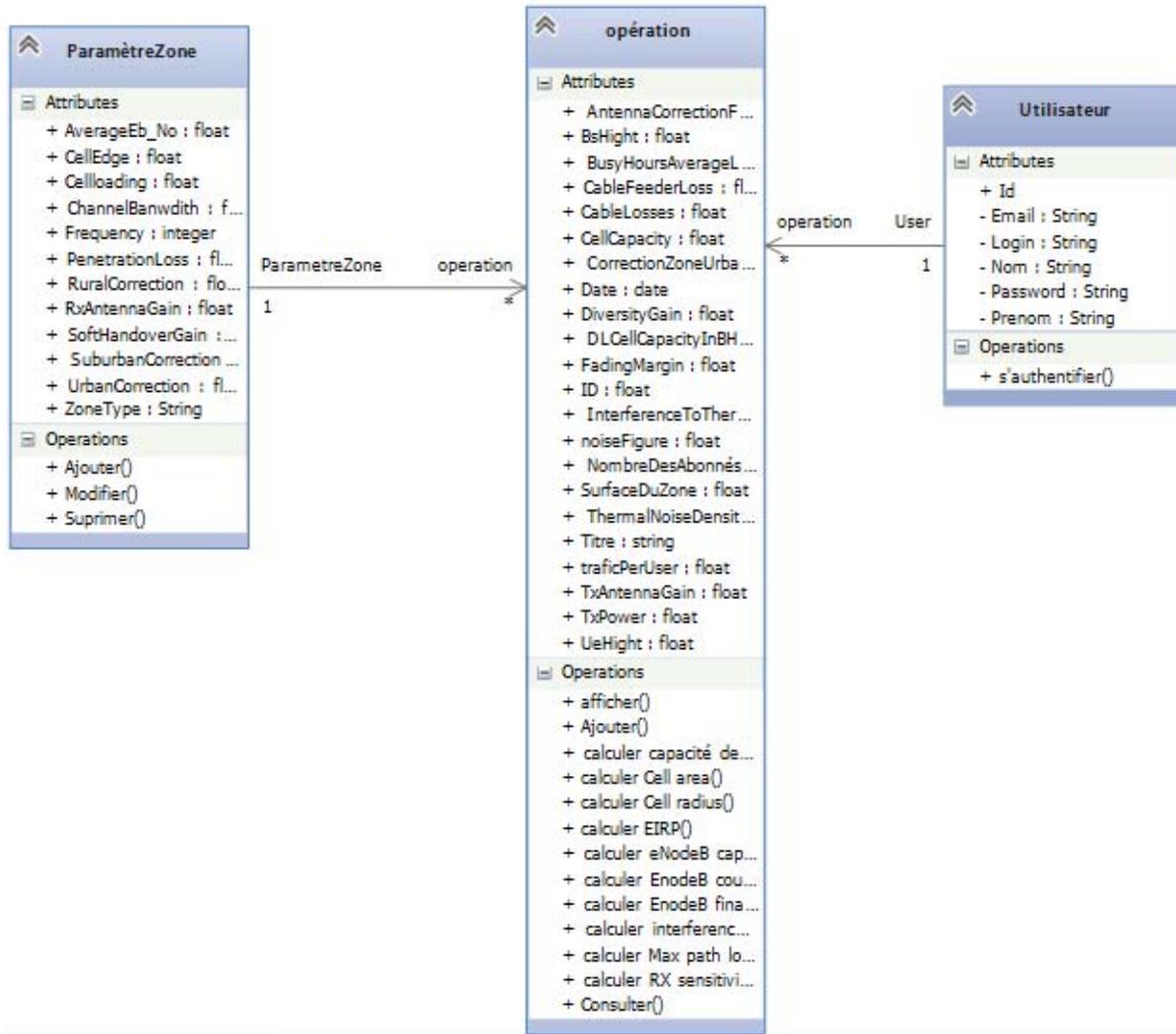


Figure 4.2 : Diagramme de classe

• **Description**

Dans cette partie, nous expliquons le but de l’implémentation de chaque classe dans notre outil de Dimensionnement.

- Classe Paramètre zone : les attributs de cette classe contiennent tous les paramètres de la zone à planifier, comme le type d’une zone (dense urbaine , urbaine, rurale),la fréquence à utiliser et la perte de pénétration, il y a comme méthodes 3 fonctions à savoir ajouter , modifier et supprimer , cette classe a une association avec la classe

d'opération, chaque paramètre zone peut subir plusieurs opérations mais chaque opération ne peut contenir qu'un paramètre zone .

- Classe Opération : tout le calcul du dimensionnement orienté capacité et orienté couverture sera fait dans cette classe, Dans laquelle le système va calculer (par des équations mathématiques bien déterminées, voir chapitre3) et afficher les paramètres suivants : EIRP, Max path loss, surface de cellule, rayon d'une cellule et nombre EnodeB capacité et couverture et résultat final de nombre EnodeB.
- Classe User : les attributs associés présentent les informations propres à chaque utilisateur (responsable de dimensionnement), chaque utilisateur peut exécuter plusieurs opérations mais au contraire chaque opération n'est exécutée que par un seul utilisateur.

4.3.3 Le diagramme de séquence

Les principales informations contenues dans un diagramme de séquence sont les messages échangés entre les lignes de vie, présentés dans un ordre chronologique. Ainsi, contrairement au diagramme de communication, le temps y est représenté explicitement par une dimension (la dimension verticale) qui s'écoule de haut en bas.

- *Diagramme de séquence : Authentification*

Pour des raisons de sécurité, seul le responsable de dimensionnement a le droit d'accès à l'application. Cette procédure se déroule comme suit :

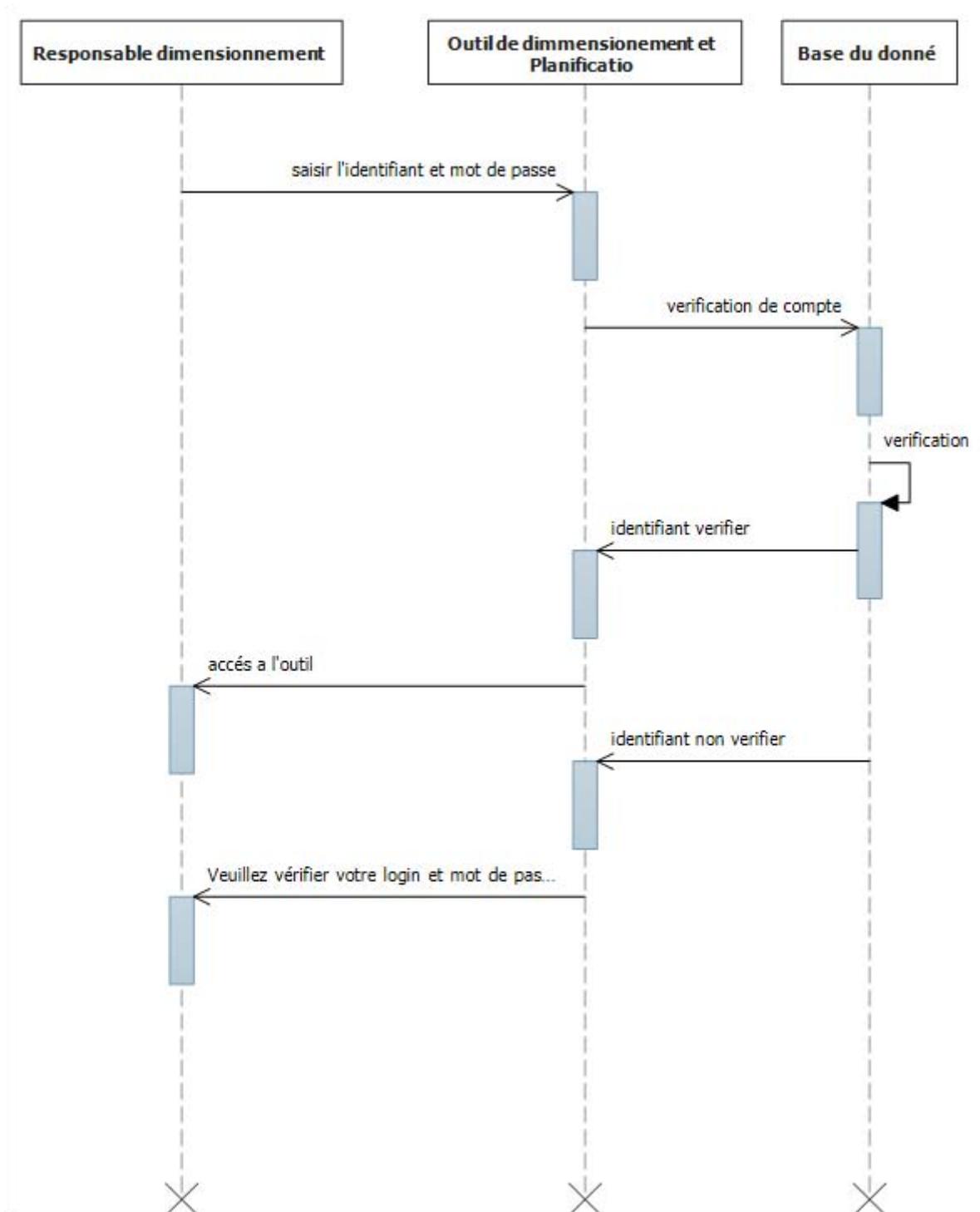


Figure 4.3 : diagramme de séquence Authentification

- Scénario du cas s’authentifier :

Cas d'utilisation	S'authentifier
Acteur	responsable de dimensionnement
Précondition	L'utilisateur demande l'accès à l'outil de dimensionnement A-LTE
Scénario nominal	<p>Le système demande d'entrer le nom d'utilisateur et le mot de passe</p> <p>L'utilisateur saisie son nom d'utilisateur et son mot de passe</p> <p>Le système vérifie le nom d'utilisateur et le mot de passe</p> <p>4. Le système ouvre l'outil</p>
Enchaînements alternatifs	<p>A1 : Le nom d'utilisateur et le mot de passe sont erronés</p> <p>L'enchaînement A6 se produit au point 3 du scénario nominal</p> <p>5. Le système affiche un message « Vérifiez votre Login et mot de passe »</p>
	Le scénario nominal reprend au point 2

Tableau 3 : Scénario du cas S'authentifier

- Diagramme de séquence : générale

Le diagramme de séquence générale est une représentation séquentielle des activités du système. Il a pour rôle de représenter les différentes périodes d'activité des objets. Une période d'activité correspond au temps pendant lequel un objet effectue une action, soit directement, soit par l'intermédiaire d'un autre objet qui lui sert de sous-traitant.

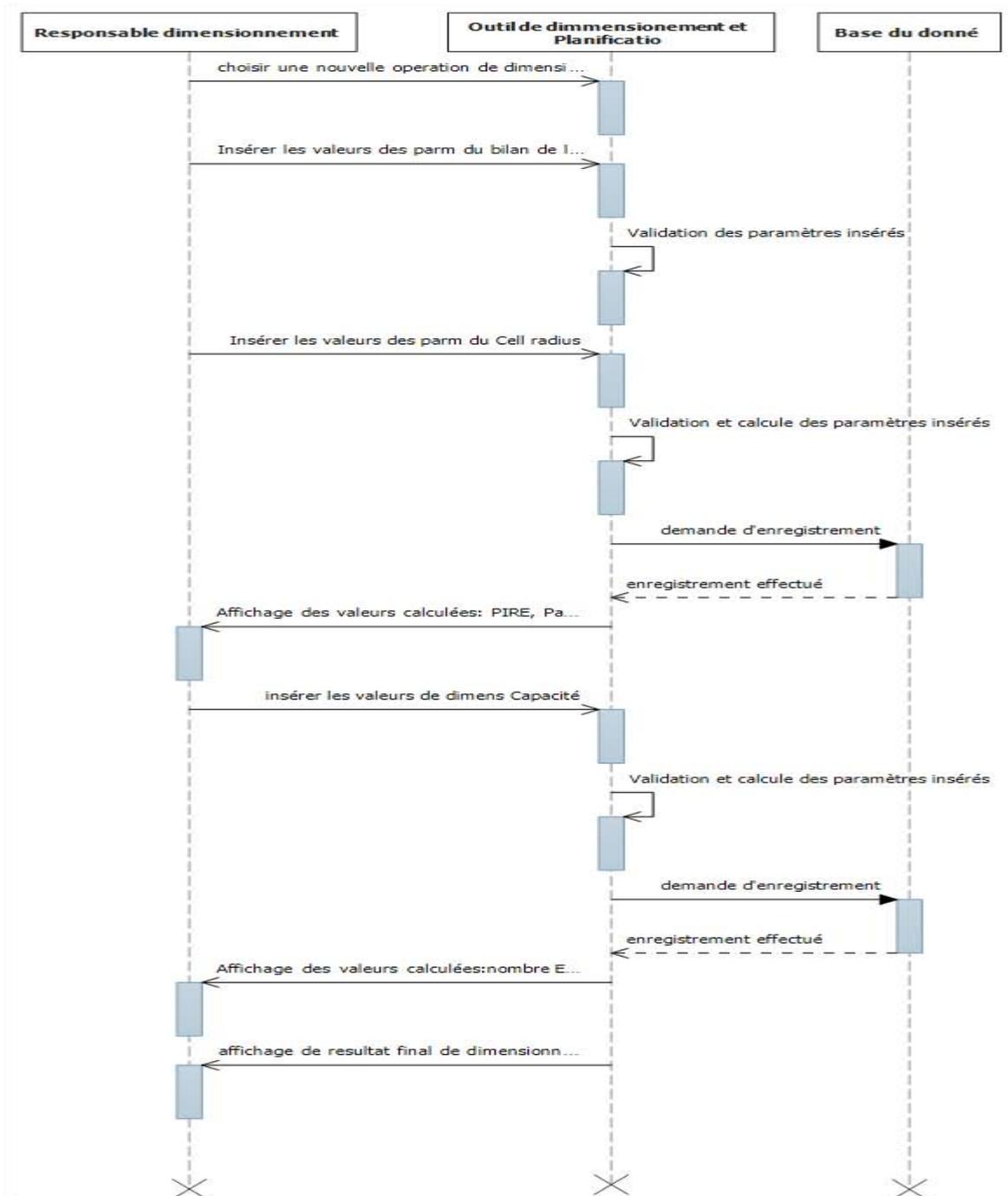


Figure 4.4 : Diagramme de séquence générale

- Description du cas d'utilisation de dimensionner :

Cas d'utilisation	dimensionner
Acteur	Responsable de dimensionnement

Pré-condition	Responsable de dimensionnement s'authentifie et accède à son espace
Scénario nominal	<ol style="list-style-type: none"> 1. Le système affiche une interface de saisie des paramètres Zone (titre d'opération, type de zone, fréquence, bande passante, cell edge, cell loading, gain du softhandover, building /car pénétration loss et average Eb/N0) 2. Le responsable dimensionnement saisit la valeur de chaque paramètre. 3. Le système affiche une interface de saisie de bilan de liaison 4. Le responsable dimensionnement saisit la valeur de chaque paramètre et validé par l'outil 5. Le système affiche une interface de saisie de rayon de cellule en Cost HATA 231 6. Le responsable dimensionnement saisit la valeur de chaque paramètre et validé par l'outil 7. Enregistrement à la base de données 8. Le système affiche le résultat de dimensionnement de couverture 9. Insérer les valeurs de dimensionnement de capacité 10. Validation et calcul du paramétré inséré 11. Enregistrement à la base de données 12. Le système affiche le résultat de dimensionnement de capacité 13. Le système affiche le résultat de dimensionnement final

Tableau 4 : Scénario du cas dimensionner

Conclusion

Dans ce chapitre nous avons précisé la spécification des besoins fonctionnels et non fonctionnels qui consiste en l'identification des cas d'utilisation. En effet, nous avons accumulé les différents éléments de modélisation de notre solution qui nous aide dans la réalisation de notre application

Après l'identification des différents scénarios, nous allons présenter dans le chapitre suivant la réalisation détaillée de notre application.

Chapitre 5 : Réalisation et planification

Introduction

Dans cette partie nous allons présenter l'ensemble de la bibliothèque et de la technologie utilisée dans la réalisation de ce projet. Ainsi que l'application réalisée avec ces interfaces.

5.1 Etude technique

L'étude technique est une phase d'adaptation de la conception à l'architecture technique. Elle a pour objectif de décrire au plan fonctionnel la solution à réaliser d'une manière détaillée ainsi que la description des traitements. Cette étude, qui suit l'étude détaillée, constitue le complément de spécification informatique nécessaire pour assurer la réalisation du futur système.

Cette étude permet également de déterminer :

- La structure informatique de la base de données,
- L'architecture des programmes,
- La structure de chaque programme et l'accès aux données.

Pour la réalisation de notre application, nous avons eu recours à plusieurs moyens matériels et logiciels :

5.1.1 Matériels de base :

Les différentes étapes de réalisation de notre projet sont réalisées sur une machine présentant les caractéristiques suivantes :

- Processeur Intel (R) Core (TM) i5 -2430M 2.40 GHz (4 CPU).
- Disque dur de capacité : 500Go.
- Mémoire RAM : 4 Go.
- Système d'exploitation : Windows 8 Professionnel avec 64 bits

5.1.2 Environnement logiciel



Visual C#

C# est un langage de programmation conçu pour la création d'une large gamme d'applications qui s'exécutent sur le .NET Framework. C# est simple, puissant, de type sécurisé et orienté

objet. Avec ses nombreuses innovations, C# permet le développement rapide d'applications tout en conservant la simplicité et l'élégance des langages de style C.

Visual C# est une implémentation du langage C# par Microsoft. Visual Studio prend en charge Visual C# avec un éditeur de code complet, un compilateur, des modèles de projet, des concepteurs, des Assistants Code, un débogueur puissant et simple d'utilisation, ainsi que d'autres outils. La bibliothèque de classes .NET Framework donne accès à de nombreux services de système d'exploitation et d'autres classes utiles et bien conçues qui permettent d'accélérer considérablement le cycle de développement.



MySQL (My Structured Query Language-Langage de requêtes structurées) est un système de gestion de base de données relationnelle dédiée Open source. Il est très rapide, fiable et facile à utiliser et gratuit. Il est été développé à l'origine pour gérer de très grandes bases de données beaucoup plus rapidement que d'autres programmes. Il offre un ensemble de fonctionnalités large et riche. Sa rapidité et sa sécurisation en font un outil idéal pour les applications internet.

5.2Présentation des interfaces

Après les phases d'étude de l'existant, pour la conception et la modélisation fonctionnelle et organisationnelle nous avons développé les interfaces de notre application, notre application se compose essentiellement de quatre interfaces comme l'indique la figure ci-dessous.

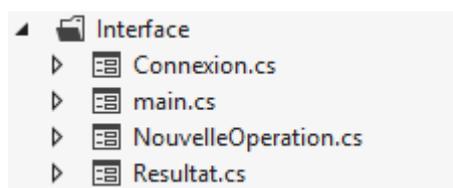


Figure 5.4 : les interfaces graphiques

5.2.1 L'interface d'authentification

La page d'accueil sert à authentifier les utilisateurs de l'application au moyen d'un identifiant et un mot de passe. Si l'identifiant est non valide un message de demande pour vérifier les paramètres de connections s'affiche :



Figure 5.5 : Interface d'authentification

Si l'un de deux paramètres est faux, un message apparaît comme celui-ci :

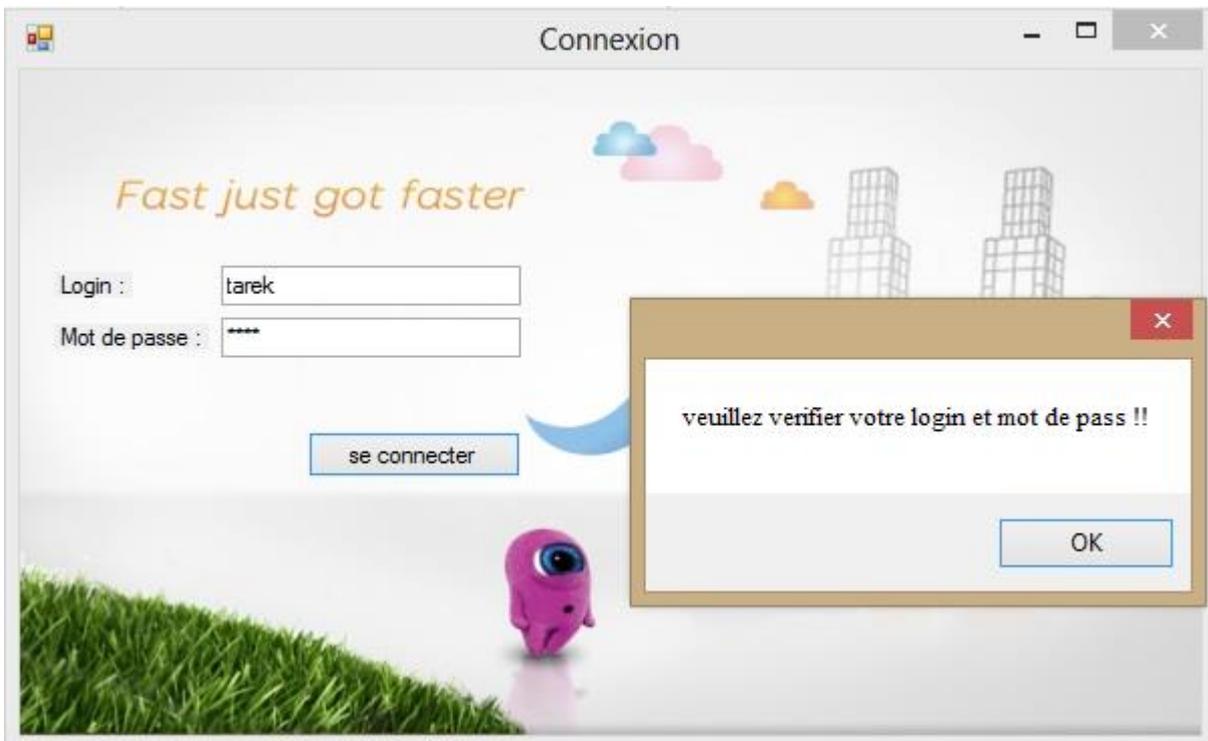


Figure 5.6 : Echec d'authentification

5.2.2 Interface d'accueil

Cette interface contient deux menus, pour gérer une nouvelle opération de dimensionnement (couverture + capacité), le responsable de dimensionnement peut aussi consulter l'historique des anciennes opérations.

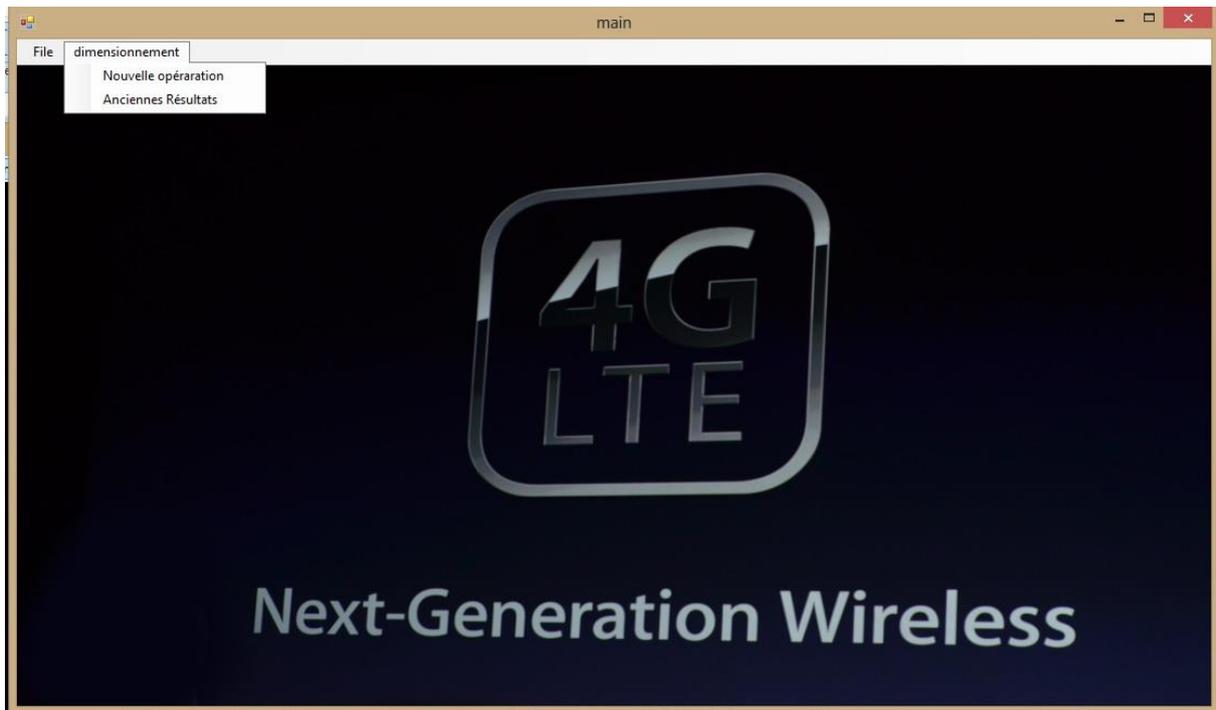


Figure 5.7 : interface d'accueil

5.2.3 Interface paramètre Zone

Cette interface sert à représenter les différents paramètres généraux qui sont essentiels pour le dimensionnement LTE-A. Elle comprend les champs suivants : la fréquence, la largeur de la bande, le type de système, etc. ..., qui sont nécessaires pour le dimensionnement orienté couverture. Cette interface est présentée sur la figure 5.8.

Figure 5.8 : interface paramètre zone

On introduit tout d’abord un titre d’opération pour faciliter la consultation par la suite et on introduit les caractéristiques de la zone à dimensionner. Le bouton « suivant » nous donne l’interface bilan de liaison radio (radio Link budget).

5.2.4 Interface Radio Link budget (bilan de liaison radio)

Cette interface permet d’afficher : le débit au bord de la cellule en UL, la puissance d’antenne, le gain d’antenne, le facteur de bruit, etc. ..., qui sont nécessaires pour le dimensionnement orienté couverture.

Figure 5.9 : interface Radio Link budget

A travers cette interface on introduit, les valeurs concernant le transmetteur, le bouton « default » introduit aussi des valeurs prés définie par le fournisseur le plus indiqué ERICSSON.

5.2.5 Interface Cell Radius COST-HATA 231

La modèle de propagation Cost-231 Hata fournit des paramètres qui permettent le calcul du rayon de couverture ainsi que le nombre de sites.

Parameter	Value
Ue height (m)	1,5
Antenna Correction factor (db)	0,06
Urban Correction (db)	0
BS Height (m)	30
Suburban correction (db)	13,14
Open Country Correction(db)	34,09
Area size	32

Figure 5.10: Interface Cell Radius COST-HATA 231

Cette interface est destiné pour choisir le paramétrage pour calculer le rayon de la cellule en appliquant le model COST HATA-231, tels que :

- Hauteur de l'abonné (UE height).
- Hauteur de l'EnodeB (BS height).
- Surface de la zone à étudier.
- Facteur de correction d'antenne
- Correction du milieu suburbain
- Correction du milieu urbain
- Correction de la zone rurale

5.2.6 Interface Résultat de dimensionnement de couverture

Après le calcul des paramètres précédents, le résultat final s'affiche dans cette fenêtre qui contient l'EIRP, l'interférence noise density, le max pathloss, le rx sensibilité, le rayon du site, la couverture d'un site et enfin le nombre des stations EnodeB à déployer.

Coverage dimensioning result	
EIRP (dbm)	21
Interference Noise density N (dBm/Hz)	-120
Rx Sensitivity (dBm)	-117,8
Max Path Loss (dB)	133,8
Cell Radius (m)	0,59965770222734
Cell Area (km²)	3,04026455029262
eNODEB Number	10

Figure 5.11 : Interface Résultat de dimensionnement de couverture

Le rayon de la cellule (cell radius) est calculé en appliquant l'équation mathématique n°3 dans le chapitre n°3, Max path loss est calculé suivant l'équation n°1 dans le chapitre 3 et enfin le nombre des EnodeB en appliquant l'équation n°4.

Le bouton « Dim capacité » nous affiche l'écran de dimensionnement de capacité.

5.2.7 Interface dimensionnement de capacité

Cette fenêtre, présentée figure 5.12, contient tous les paramètres indispensables au calcul de la capacité de la cellule en UL tels que :

- Débit total du site par mois
- Capacité moyenne de la cellule
- Trafic par utilisateur
- Chargement des cellules
- Nombre d'utilisateur pris en charge dans un site.

The screenshot shows a software window titled "NouvelleOperation" with a "Capacity Dimensioning" section. It features six input fields arranged in two columns:

- Cell capacity (mbps): 35
- Busy hours carries: 0,15
- Busy hours average loading: 0,5
- Traffic per user (Gb): 5
- DL cell capacity in BH: 0
- Number of subscriber: 8000

At the bottom, there are three buttons: "Default" on the left, and "Annuler" and "Suivant >>" on the right.

Figure 5.12 : Interface dimensionnement de capacité

Après avoir rempli les différents champs des paramètres concernant le trafic des abonnés et des sites, le bouton suivant affiche le Nombre estimé d’EnodeB à déployer.

5.2.8 Interface résultat Final de dimensionnement de capacité

Cette interface présente les résultats du calcul du dimensionnement capacité et est visible figure 5.13, Elle permet d’afficher :

- La capacité d’un site.
- le nombre d’eNodeB.

The screenshot shows the same "NouvelleOperation" window, but now displaying the results of the calculation. It features two input fields:

- Site capacity: 4614,258
- Nombres of eNODEB: 8

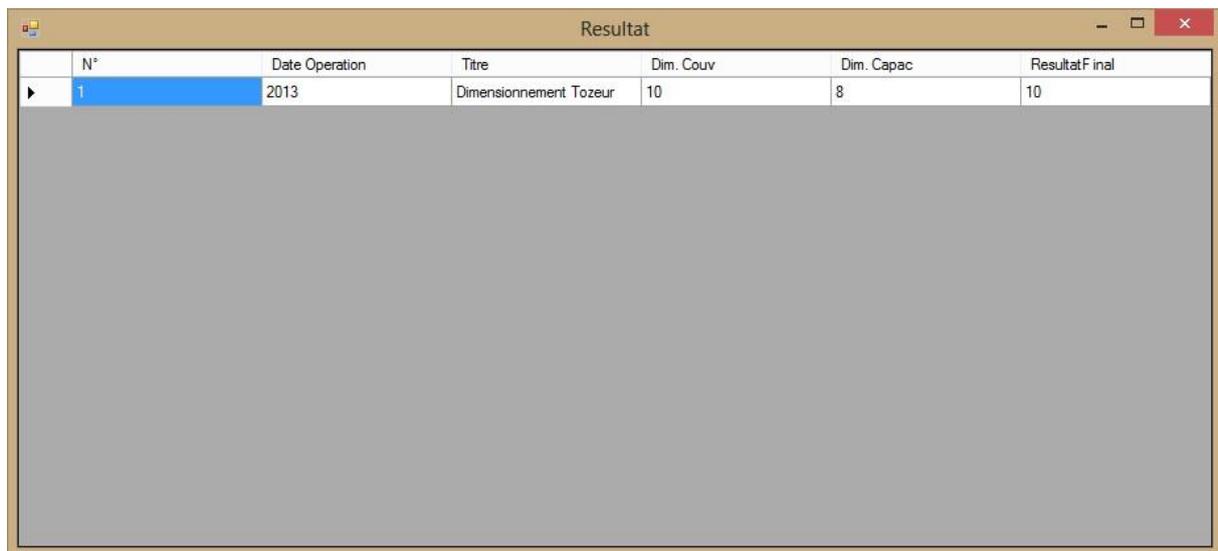
A "Suivant >>" button is located at the bottom right of the window.

Figure 5.13 : Interface résultat dimensionnement de capacité

Le bouton suivant affiche le rapport final en comparant les deux résultats de nombres d'EnodeB dans les deux différents dimensionnements (couverture et capacité) on choisissant le plus grand.

5.2.9 Interface consultation

Après avoir terminé une opération, on peut consulter nos anciennes opérations dans le menu « consultation ».



N°	Date Operation	Titre	Dim. Couv	Dim. Capac	Resultat Final
1	2013	Dimensionnement Tozeur	10	8	10

Figure 5.14 : Interface consultation des anciennes opérations

5.3 La phase de planification

5.3.1 Présentation de l'environnement de travail

Nous avons choisi pour la planification et l'implémentation des sites le simulateur Atoll Wireless network engineering 3.1.2.58, nous pouvons planifier plusieurs type de systèmes de radio mobile tel que : GSM, GPRS, UMTS, WCDMA, WIMAX et LTE, nous avons choisi LTE.

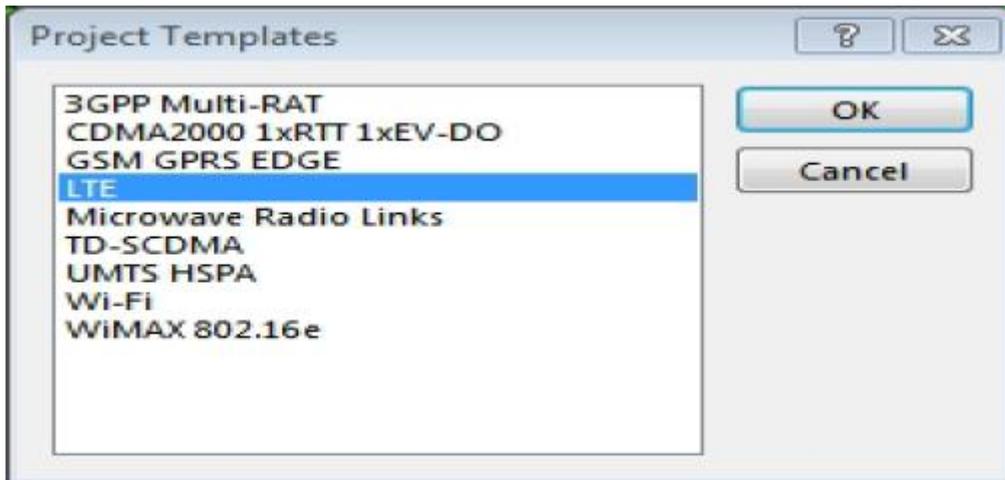


Figure 5.15 : type de projet dans ATOLL

5.3.2 Etape de planification Atoll

- Choix de systèmes de coordonnées

Tout d'abord il faut choisir le système de coordonnées :

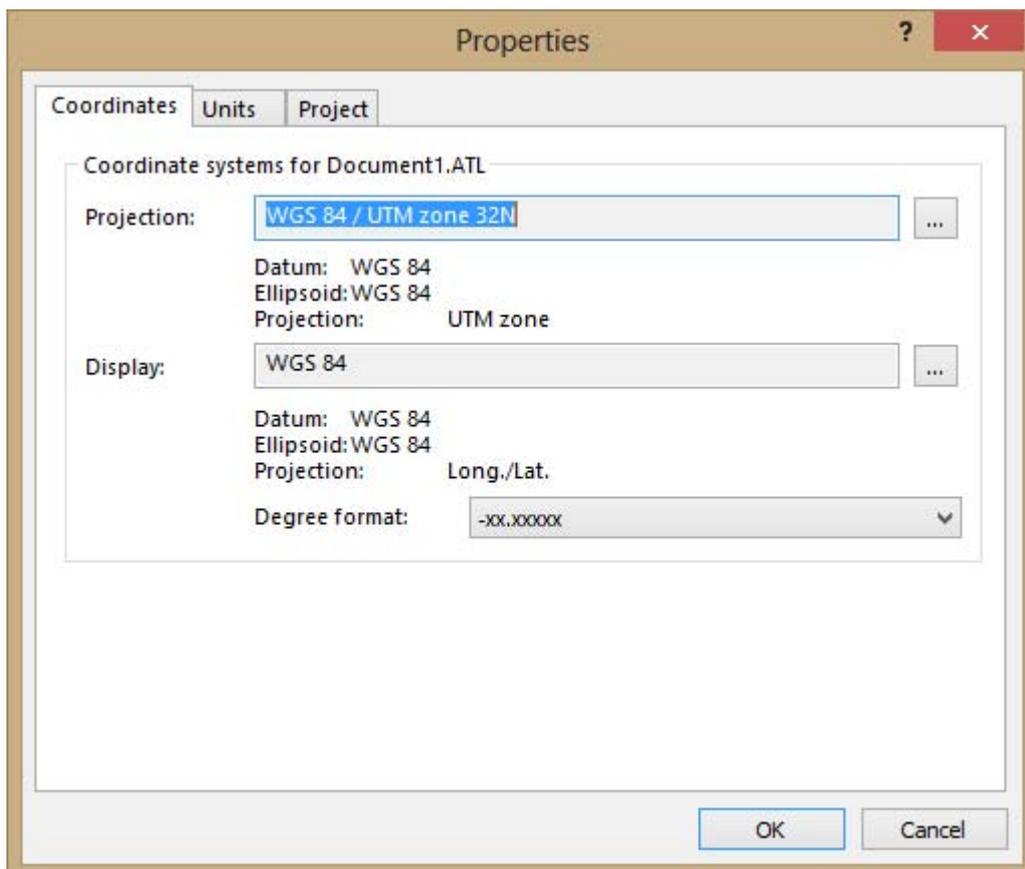


Figure 5.16 : systèmes de coordonnées dans ATOLL

- **Zone de couverture :**

Le but du projet est de dimensionner et de planifier des sites EnodeB dans la zone « Tozeur ville ». La zone de couverture a une superficie de 32m². On va assurer une bonne couverture et une qualité de signal (rapport signal/bruit) optimisé et un débit de navigation optimal.

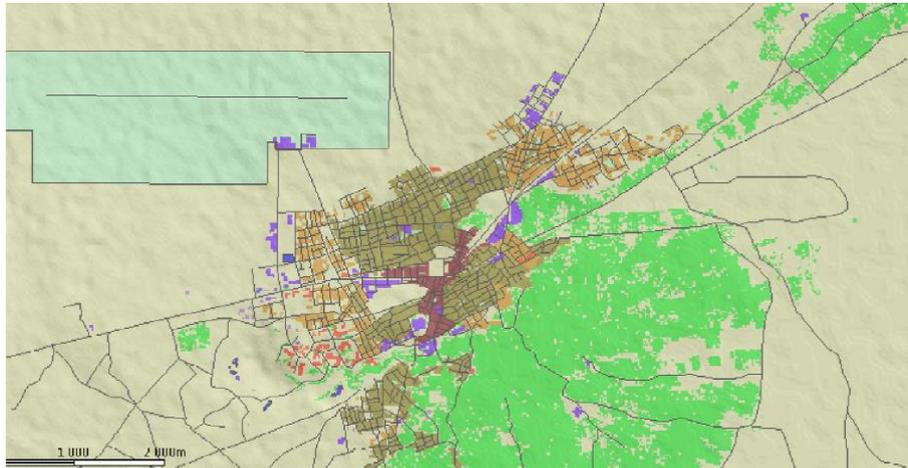


Figure 5.17 : carte topographie de Tozeur ville

La carte contient les données topographiques et morphologiques de la zone à planifier. Les données peuvent être aussi sous forme de vecteurs indiquant par exemple les routes, le bord de la mer, les lacs, les aéroports....

- **Implémentation des sites :**

Nous avons introduit 12 sites tri sectoriels comme l'indique notre outil de dimensionnement et nous avons choisi la zone exacte à planifier, par un contour de la forme hexagonale par la Computation zone. On mentionne ses limites par Focus zone.

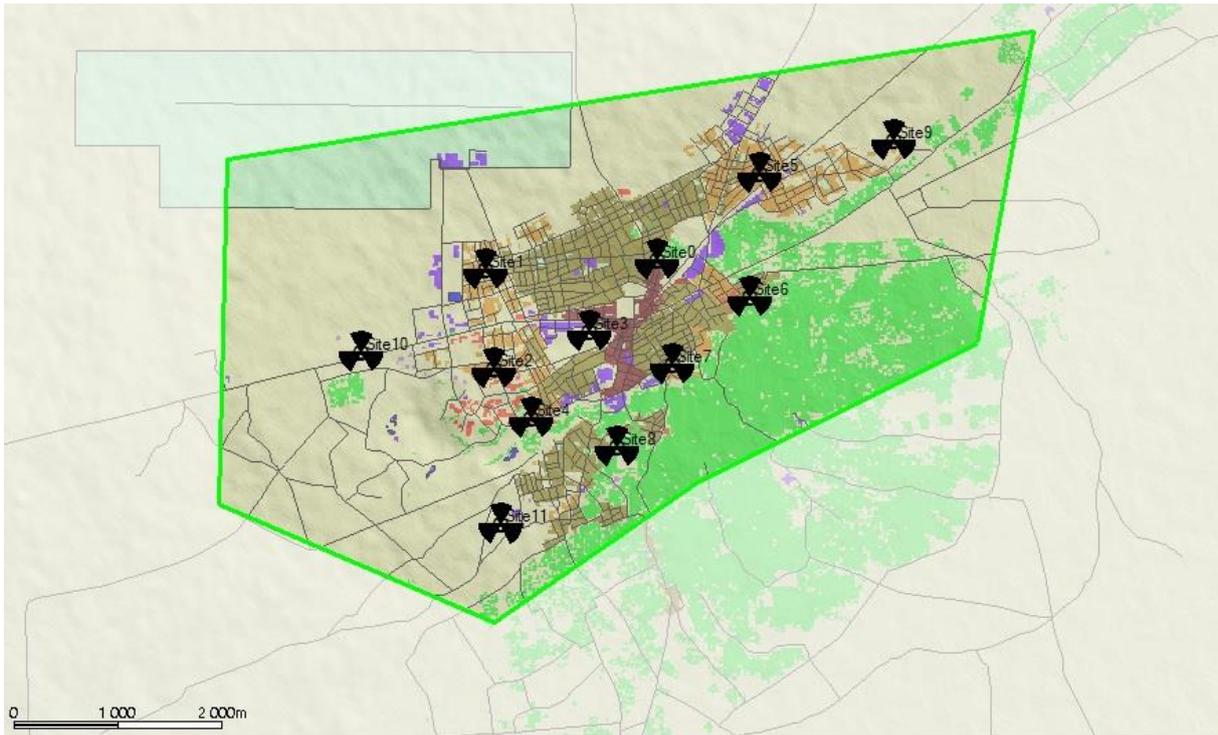


Figure 5.18 : Implémentation des sites dans la carte

Il faut configurer tout d'abord le calcul des paramètres de l'émetteur et du récepteur en indiquant la perte due au bruit et la perte totale.

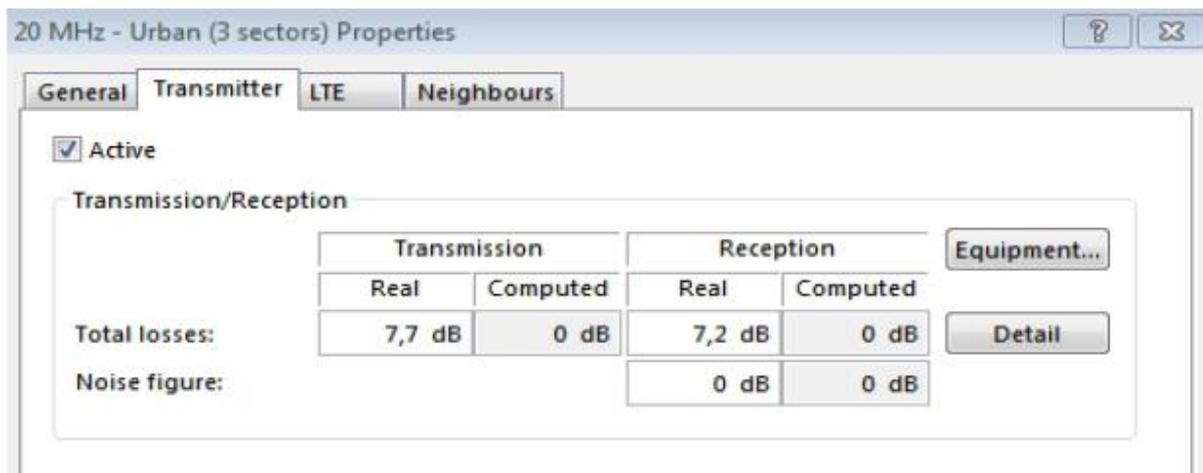


Figure 5.19 : les paramètres de l'émetteur et du récepteur

- **Simulation orientée couverture**

Nous testons la couverture en activant les sites qui ont été déterminés, information disponible sur la figure suivante.

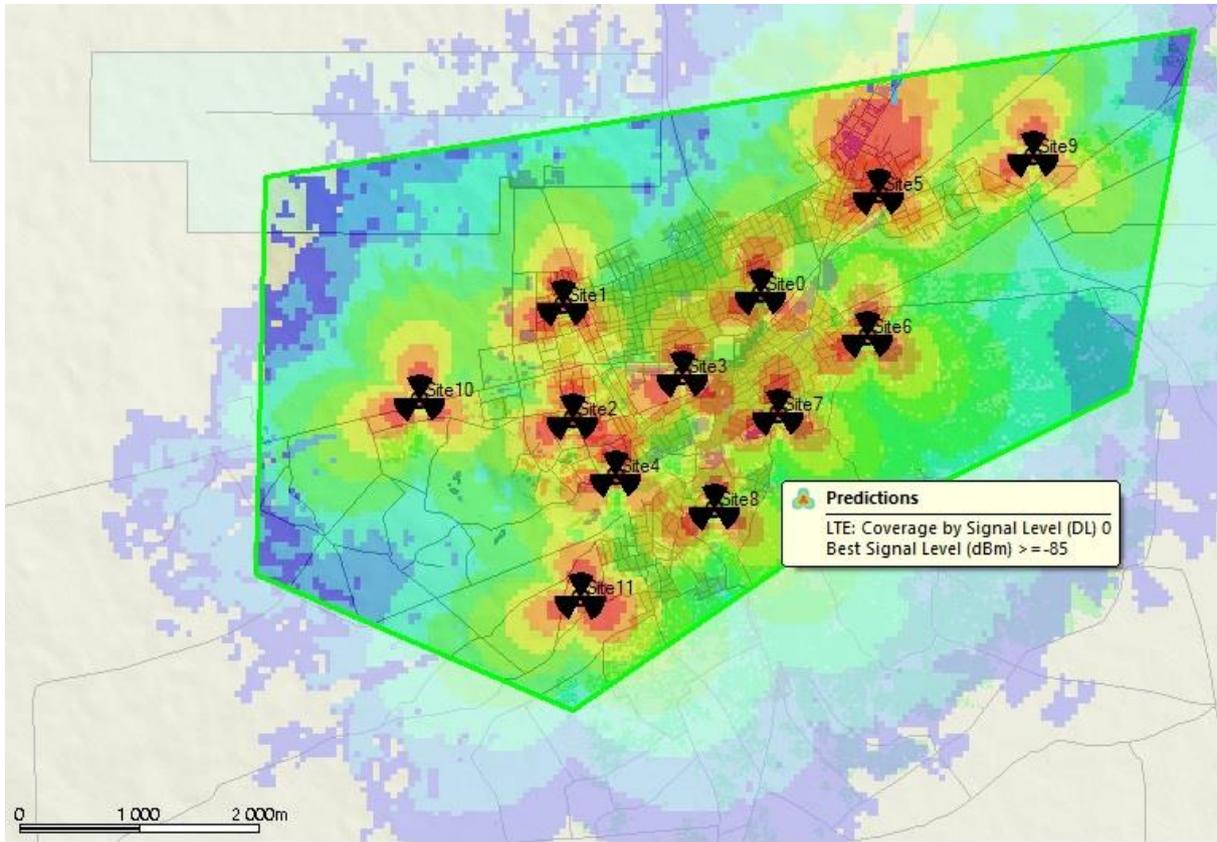


Figure 5.20 : Simulation du zone orienté couverture

On distingue ici que la plupart de la zone est couverte avec un haut niveau de signal (signal level $< 70\text{dbm}$ en rouge). Donc la répartition des sites est bien planifiée.

Nous remarquons que les valeurs de puissance du signal les plus élevées sont concentrées autour des sites, et ces valeurs diminuent en s' éloignant des émetteurs à cause des atténuations.

L' histogramme suivant (figure n° 4.21) démontre le pourcentage de zones couvertes en fonction du niveau du signal.

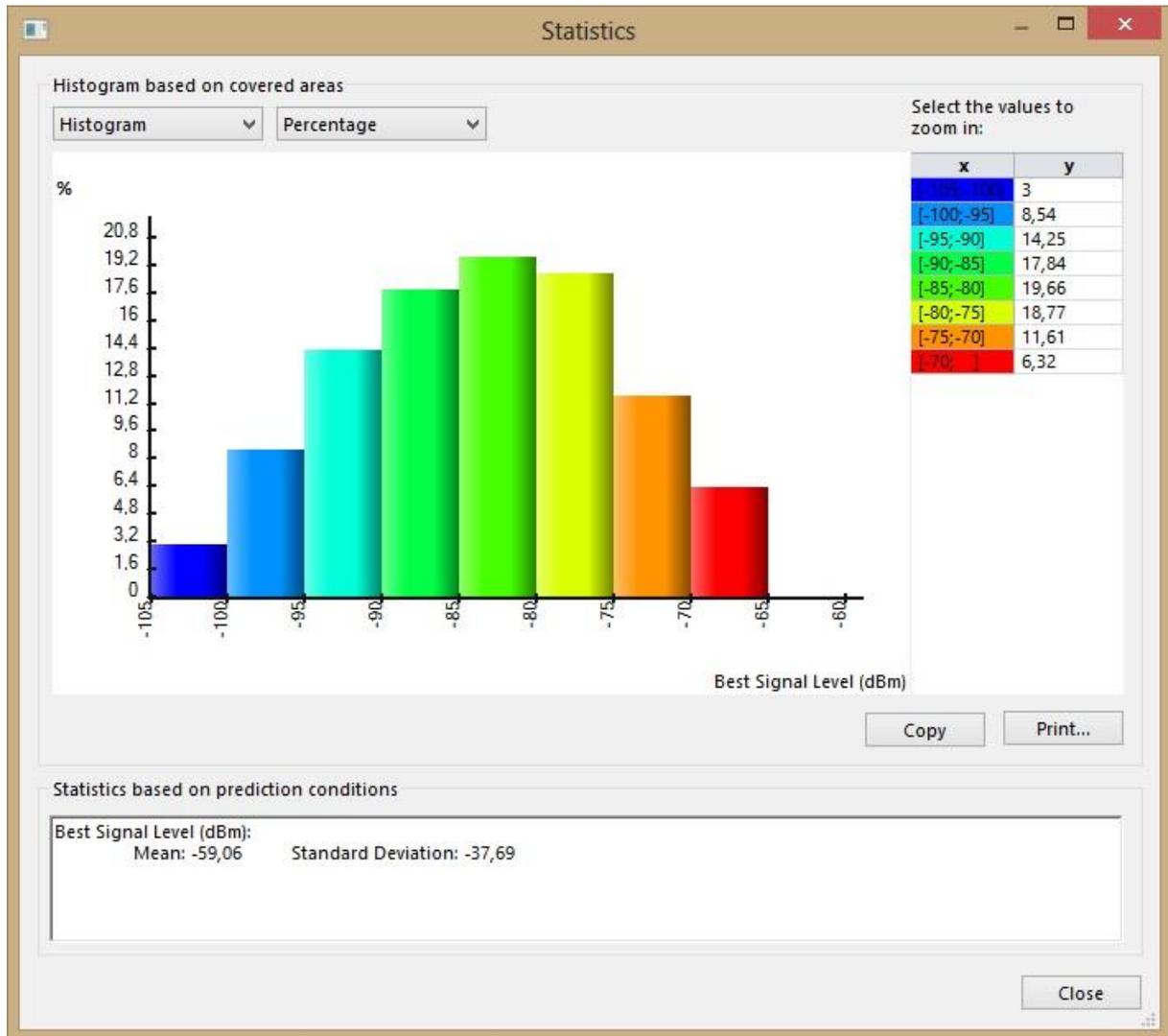


Figure 5.21 : Histogramme de la prédiction de couverture

- **Simulation orientée débit de navigation (trafic)**

Nous testons le débit DL en activant les sites mis.

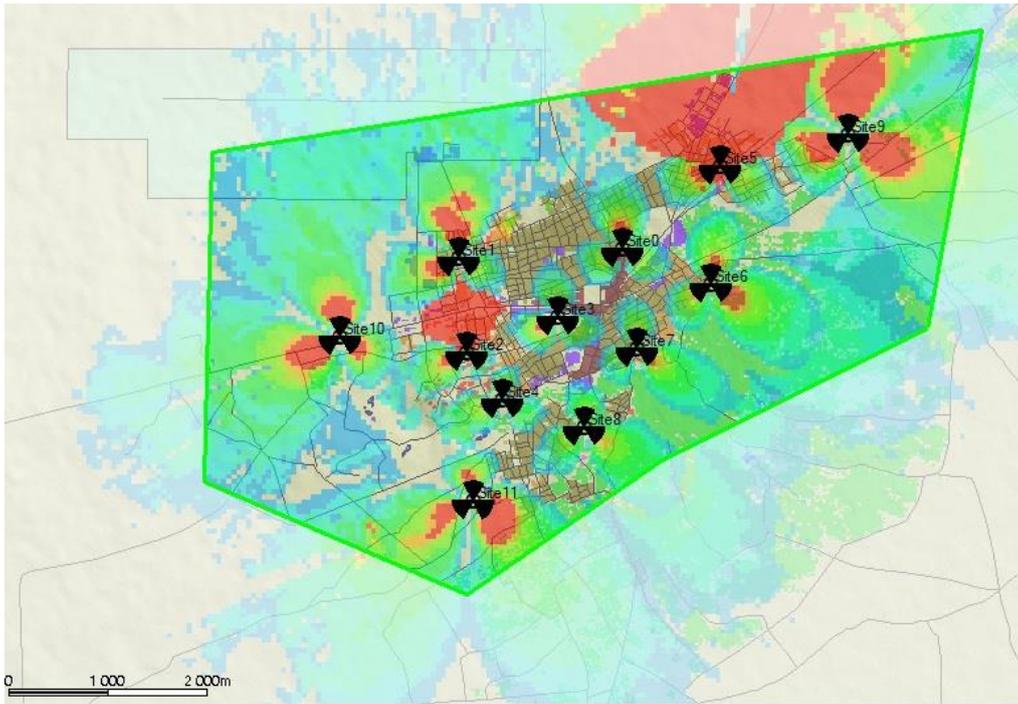


Figure 5.22 : Simulation du zone orienté débit DL (throughput)

La plupart de la ville possède un débit d'accès élevé (400 Mbps) indiqué par la couleur rouge et jaune dans la carte. L'histogramme suivant (figure n° 4.23) montre les débits de zones couvertes en fonction de la surface de la zone planifiée.

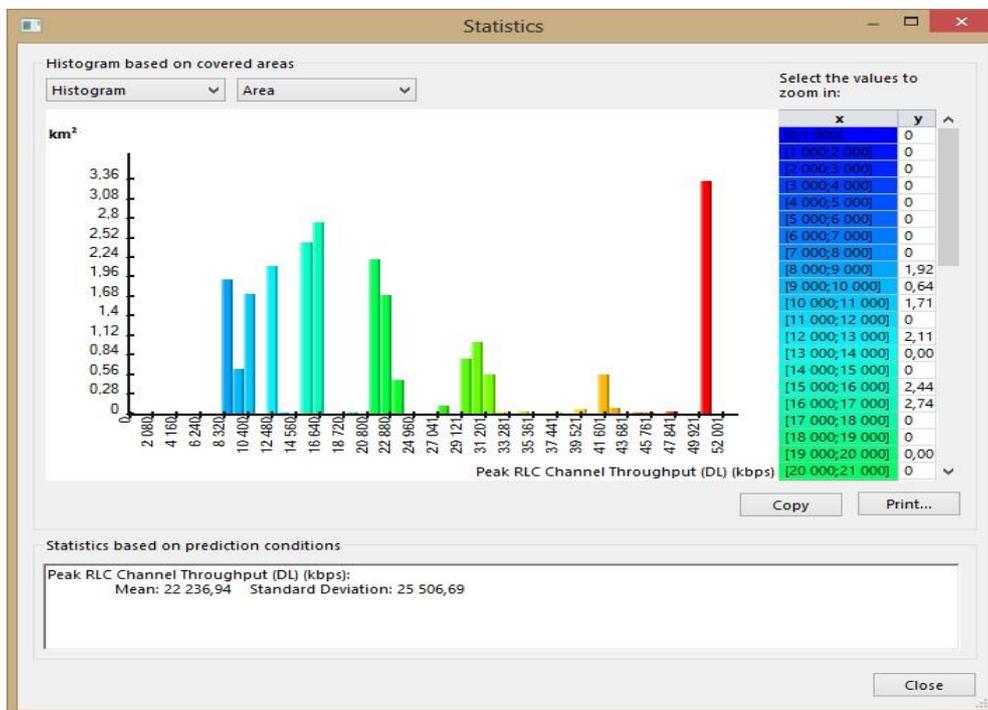


Figure 5.23 : Histogramme coverage by DL throughput

- **Simulation orienté rapport signal/bruit (C/N)**

Nous testons le rapport signal/bruit en activant les sites mis.

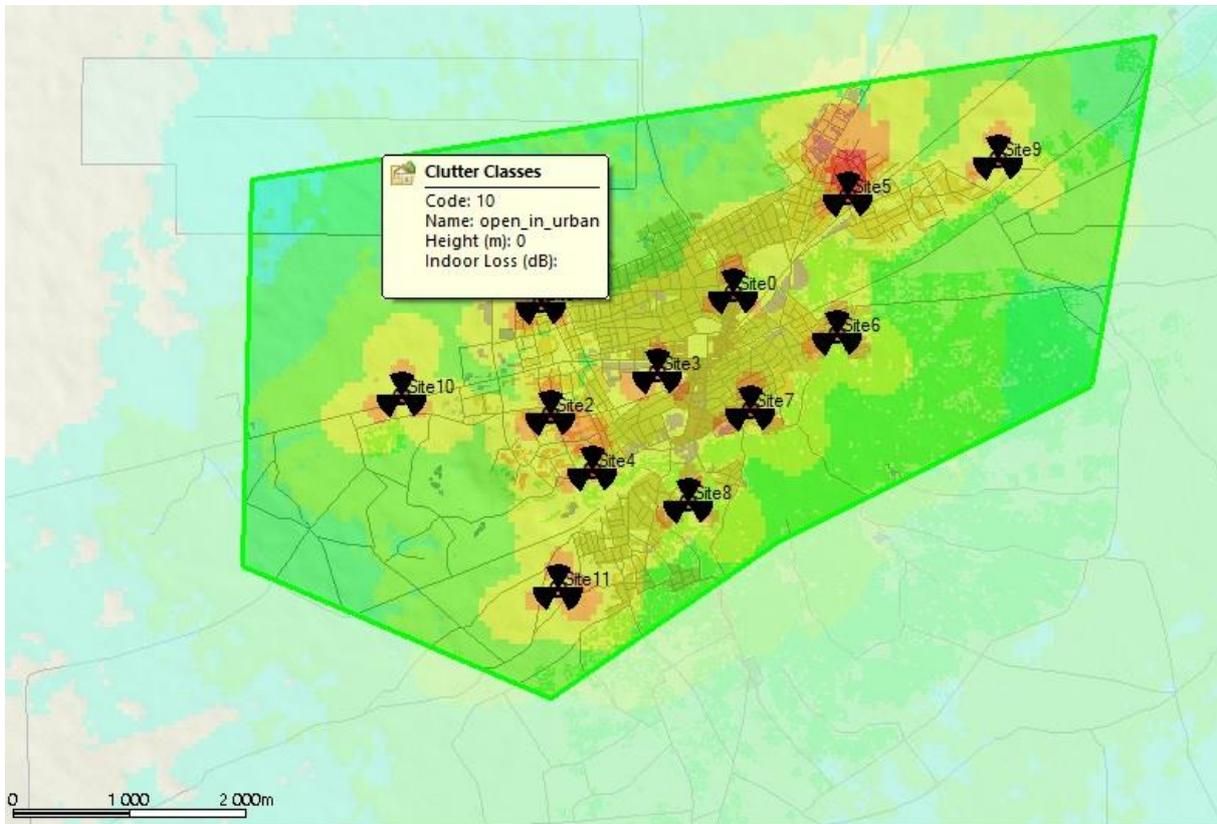


Figure 5.24 : Simulation du zone orienté rapport signal / bruit

Nous remarquons que le niveau du rapport signal sur bruit C/N autour des sites est satisfaisant (absence du couleur bleue qui présente le signal bruité).

- **Résultat de la simulation :**

L'impression d'écran suivante illustre le résultat de la simulation (couverture + capacité).

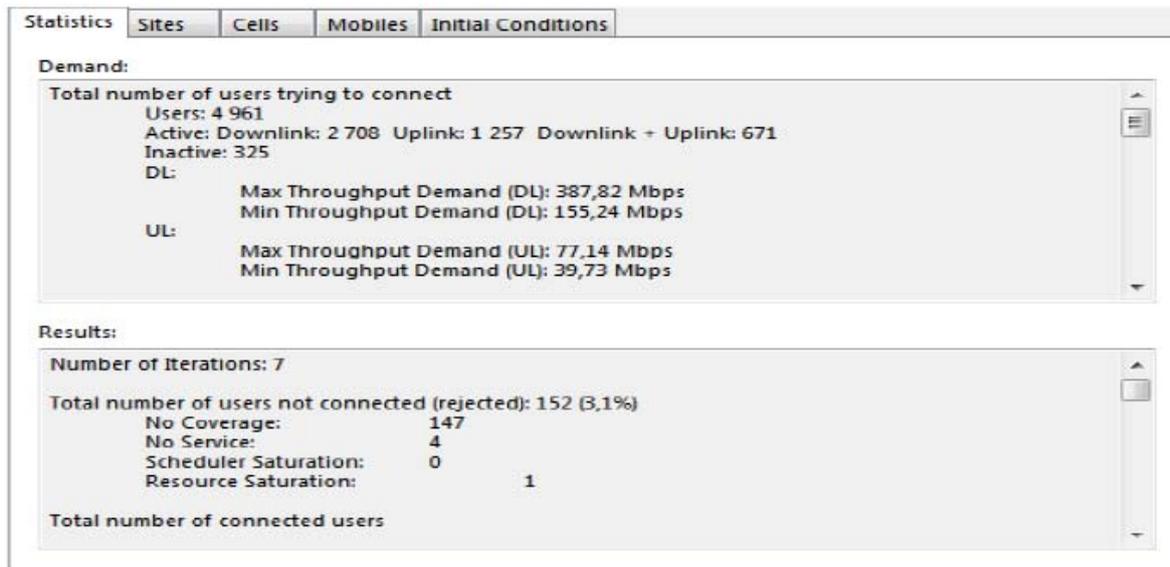


Figure 5.24 : résultat final de la simulation

Conclusion

Dans ce chapitre de réalisation et de planification, nous avons suivi toutes les étapes de réalisation de notre application. Ainsi, nous avons effectués des impressions d'écran dans lesquelles nous démontrons les différentes étapes de l'application. Enfin, une partie de planification finale sert à entériner les résultats obtenus.

Conclusion générale et perspectives

Les progrès dans le domaine des télécommunications est croissant. De ce fait, de nos jours, un abonné est susceptible non seulement d' établir une connexion à tout moment pour récupérer ce dont il a besoin, mais en plus, il est capable de d'accéder à d'une multitude de services à travers le même réseau. C'est le principe de la convergence des réseaux auxquels répondent les réseaux de nouvelle génération et en particulier le LTE-A. l'objectif principal de ce projet était de créer un outil évolutif de planification et de dimensionnement du réseau d' accès de l' E-UTRAN pour fournir une solution d'estimation dans LTE-Advanced.

Nous avons donc commencé par une présentation générale de la technologie Radio Mobile LTE, des innovations apportées en comparaison aux technologies précédentes, les caractéristiques de l' architecture LTE-A, les différentes interfaces, mais aussi les canaux radio, les exigences LTE-A et les QoS offert. Puis nous avons complété cela par une étude bibliographique approfondie sur le dimensionnement orienté capacité et orienté couverture. Ce processus, caractérisé par sa complexité, est nécessaire pour fixer le nombre des sites optimisés et pour pourvoir générer des statistiques qui paraissent très utiles à la phase de planification.

Après ce travail de présentation, nous avons exposé l'outil développé en décrivant les interfaces graphiques avec des valeurs réelles pour les interpréter par la suite dans le cadre de la validation de notre solution. Une fois les résultats obtenus, nous avons procédé à L'interprétation et à la phase de validation .Nous avons comparés les résultats obtenus par une simulation sur ATOLL afin de les comparer avec les solutions théoriques et pratiques sur une zone bien définie.

Bien que les résultats obtenus soient en général concluants, quelques points peuvent les améliorer. Avec plus de temps, nous aurions pu ajouter un module cartographique à notre application pour permettre la lecture des modèles numériques du terrain, le paramétrage des sites, la sélection des emplacements des sites et l' élaboration des prédictions et des simulations dans la zone d' étude pour accomplir le processus de la planification.

Bibliographies

- [1] **Pierre Beaufile** . "Réseaux 4G technologies et services", hermès science, novembre 2008.
- [2] http://www.efort.com/r_tutoriels/LTE_SAE_EFORT.pdf consulté le 08/08/14
- [3] **Yvon Sosthène Yameogo** , Études de nouvelles techniques d'estimation et d'égalisation de canal adaptés au système SC-FDMA, 2011.
- [4] **Office fédéral de la communication OFCOM**, Notice d'information 3GPP-LTE , mai 2010
- [5] **China Mobile**, Implementing LTE FDD/TDD Convergence Network in the age of Mobile Internet, juin 2013.
- [6] **Muhammad Razin Ibn Azad** , Multiple Antenna Technique (MIMO) , 29 May, 2012
- [7] **Yannick Bouguen** , LTE et les réseaux 4G , 2012
- [8] **Mohamed daoued** , A-LTE planning , Project de fin études ,juin 2013.
- [9] **Abdul basset syed** , Dimensioning of LTE Network , these master , fevrier 2009
- [10] **3GPP Technical Specification TS 36.300 V8.2.0**, "E-UTRA and E-UTRAN Overall Description; Stage 2"
- [11] **3GPP Technical Report TR 25.813**, "Radio Interface Protocol Aspects for Evolved UTRA", version 7.0.0
- [12] **Preben Mogensen**, "LTE Capacity compared to the Shannon Bound," IEEE 65th Vehicular Technology Conference, 2007. VTC2007-Spring. April 2007.
- [13] **3GPP Technical Specification TS 36.211 V8.0.0**, "E-UTRA Physical channels and Modulation"
- [14] "Introduction to Wireless Links for Digital Communications: Radio Link Budget". , Enigmatic consulté le 10/11/14, site web:
http://www.enigmaticconsulting.com/Communications_articles/Radio_intro_article/Radio_intro_article.html
- [15] **Hunukumbure. M.; Vadgama. S.**; "Radio Network Dimensioning and Planning for WiMAX Networks". Fujitsu consulté le 25/10/14 ,site web:

www.fujitsu.com/downloads/MAG/vol43-4/paper09.pdf.

[16]“Introduction to Wireless Links for Digital Communications: Radio Link Budget”.

Ajouter 29 Novembre, 2007, de la part Enigmatic Consulté le 17/10/14, site

web:http://www.enigmaticconsulting.com/Communications_articles/Radio_intro_article/Radio_intro_article.html

[17]**3GPP technical Report** TS 36.414 V0.1.1, “E-UTRAN; S1 data transport”.

[18]**Bissell, C. Chapman, D.**, “Modelling applications of spreadsheets [in engineering],”
IEEE .Juillet 1989.

Annexes

Annexe 1 : Câbles Losses

Type	Size	Feeders Loss (dB/100m)											
		450 MHz	700 MHz	800 MHz	900 MHz	1700 MHz	1800 MHz	2000 MHz	2100 MHz	2300 MHz	2500 MHz	3400 MHz	500 0 MHz
L DFA	1/2"	4.7	6	6.4	6.8	9.7	10	10.6	11	11.5	12	14	18
AL5	7/8"	2.7	3	3.6	4	5.5	5.7	6.7	6	6.5	6.8	8	10
LDP6	5/4"	1.7	2	2	2.6	3.8	4	4	4.3	4.5	4.8		
AL7	13/8"	1.5	2	2	2	3	3	3	3.7	4	4		

Tableau 4 : Les perte des feeders par rapport la frequence

Annexe 2 : Etude de cas de dimensionnement à Munich avec 2 fréquence 700 Mhz et 2600 Mhz

Cities	Number of User	morphology	Number Sites of 700 MHz	Number sites of 2.6 GHz
Altstadt-Lehel	169.884	Urban	5	6
Ludwigsvorstadt-Isarvorstadt	411.624	Urban	12	14
Maxvorstadt	414.522	Urban	12	15
Schwabing-West	535.977	Urban	15	19
Au-Haidhausen	489.438	Urban	14	17
Sendling	334.314	Urban	10	12
Sendling-Westpark	458.127	Urban	13	16
Schwanthalerhöhe	234.927	Urban	7	8
Neuhausen-Nymphenburg	761.436	Urban	21	26
Moosach	429.786	Urban	12	15
Milbertshofen-Am Hart	602.928	Urban	17	21
Schwabing-Freimann	561.87	Urban	16	19
Bogenhausen	680.913	Urban	19	24
Berg am Laim	351.081	Urban	10	12
Trudering-Riem	485.235	Urban	14	17
Ramersdorf-Perlach	924.201	Urban	26	32
Obergiesing	423.063	Urban	12	15
Untergiesing-Harlaching	432.675	Urban	12	15

Thalkirchen- Obersendling - Forstenried- Fürstenried- Solln	726.309	Urban	20	25
Hadern	404.937	Urban	12	14
Pasing-Obermenzing	573.867	Urban	16	20
Aubing-Lochhausen- Langwied	340.713	Urban	10	12
Allach-Untermenzing	249.57	Urban	7	9
Feldmoching-Hasenberg	488.205	Urban	14	17
Laim	450.738	Urban	13	16
Munich Center	11936.34		339	416

Tableau 5 : Etude de cas de dimensionnement à Munich avec 2 fréquence 700 Mhz et 2600 Mhz

Annexe 3 : Comparaison de RLB (radio Link Budget) entre GSM/HSPA/LTE

Link budgets Comparison GSM/HSPA/LTE

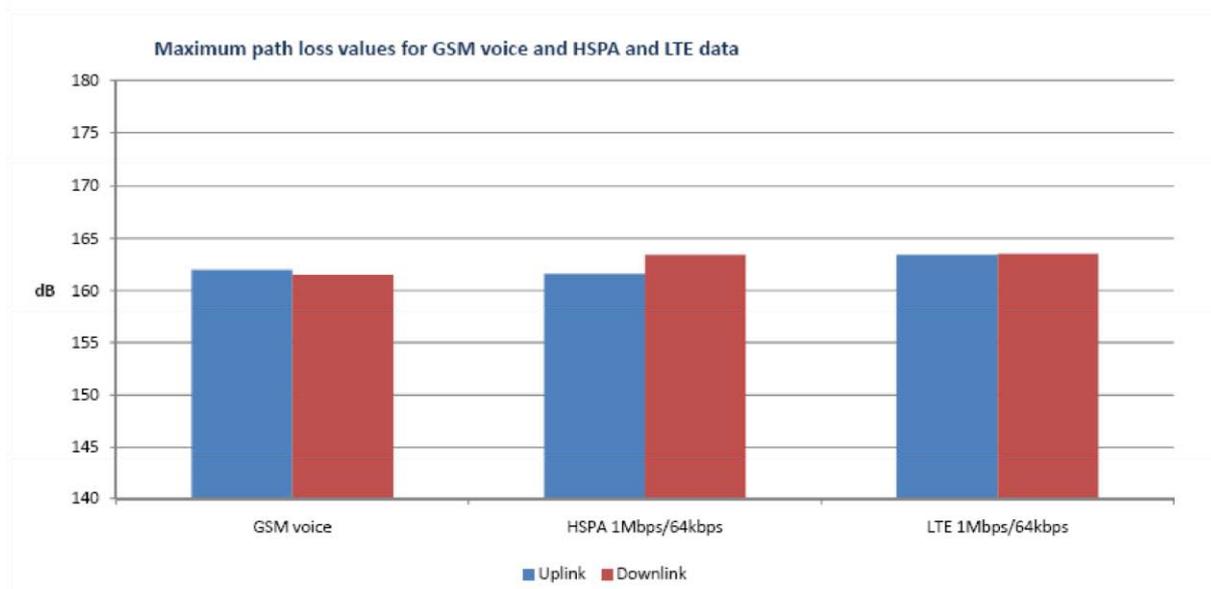


Figure A1 : comparaison du RLB entre different technologie en uplink et downlink

