



Ministère de l'Enseignement supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Abdelhamid Ibn Badis de Mostaganem



Faculté des Sciences et de la Technologie

Mémoire

Présenté pour obtenir

LE DIPLOME DE MASTER

Filière : Génie Electrique

Spécialité : Télécommunication

THÈME

Planification et dimensionnement d'un réseau LTE

Présenté par : TABTI Abdelhadi

NABI Imad

Soutenu le 30 /06 /2024 devant le jury composé de :

Présidente : ABBAD Amel Professeur Université de Mostaganem

Examinatrice : BENDANI Djazia MAA Université de Mostaganem

Encadrante : BECHIRI Fatiha MCA Université de Mostaganem

Co-encadrant : BENBEKHTI MCB Université de Mostaganem

REMERCIEMENTS

Nous tenons tout d'abord à remercier Dieu le tout puissant et miséricordieux, qui nous a donné de la force et de la patience d'accomplir ce modeste travail puis nos parents pour tous leurs efforts depuis nos naissances à ces moments. Vous êtes tous ce que nous avons.

En second lieu, nous tenons à remercier notre encadrante Mme BECHIRI Fatiha de ses précieux conseils pour l'orientation, la confiance, la patience, qui sont derrière un mémoire considérable sans laquelle ce travail n'aurait pas pu être mené au bon part, qu'elle trouve dans ce travail un hommage vivant à sa haute personnalité, ainsi que Mr BENBEKHTI notre co – encadrant.

Nos vifs remerciements vont également aux membres du jury : Mme ABBAD Amel présidente du jury, Mme BENDANI Djazia notre Examinatrice, pour l'intérêt qu'ells ont porté à notre recherche en acceptant d'examiner notre travail et de l'enrichir par leurs propositions.

En troisième lieu, nous tenons à remercier tous nos enseignants durant le cycle de formation universitaire à l'université « Abdelhamid ibn Baddis » département d'électronique ainsi que le personnel administratif.

Enfin, nous tenons également à remercier toutes les personnes qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail :

A ma très chère mère ;

A mon très cher père ;

A mes frères ;

A mes sœurs ;

A tous mes amis ;

*A tous mes enseignants et tous mes amis qui
n'ont pas cessé de m'encourager afin de réaliser
parfaitement ce projet.*

IMAD.

Dédicaces

Je dédie ce travail :

A ma mère.

A mon père.

A tous mes frères.

A tous mes enseignants et tous mes amis qui n'ont pas cessé de m'encourager afin de réaliser parfaitement ce projet.

Abdelhadi.

Sommaire :

Introduction générale.....	1
Chapitre I: le réseau LTE	
I.1. Introduction	3
I.2. Historique	6
I.3. 3. Le réseau LTE :	6
I.4. Caractéristiques de LTE	7
I.4. 1. Débits et fréquences du réseau LTE	7
I.4. 2. Latence.....	7
I.4. 2. 1. Latence du plan de contrôle	8
I.4. 2. 2. Latence du plan usager	8
I.4. 3. La mobilité	8
I.5. L'objectif de LTE	11
I.6. L'architecture de réseau LTE	11
I.7.1. La technologie MIMO (Multiple Input Multiple Output).....	11

I.7.2 concept de bloc de sources.....	13
I.7.3. Les canaux radio.....	16
I.8. Conclusion.....	21

Chapitre II : Dimensionnement d'un réseau LTE

II.1.Introduction	23
II.2.Processus de dimensionnement	23
II.2.1.Pré-dimensionnement	23
II.2.2.Dimensionnement de la couverture	24
II.2.3.Dimensionnement de la capacité	24
II.2.4.Optimisation	25
II.3.Bilan de la Liaison	25
II.3.1. Bilan de la Liaison montante	26
II.3.2. Bilan de la Liaison descendante.....	27
II.3.3.Modèle de propagation :	27
II.4.Dimensionnement de capacité.....	29
II.4.1. Calcul dimensionnement de capacité pour les uplink.....	30
II.4. 1. 1. Débit de la cellule	30
II.4. 2. Calcul dimensionnement de capacité pour les down Link.....	31

II.4. 2. 1. SINR	31
II.4. 2. 2. Débit Cellulaire.....	31
II.4.3.Calcul le rayon de cellule pour la liaison montante.....	31
II.4.4.Le nombre de site.....	32
II. 5.Dimensionnement de l'interface S1 et X2	35
II.6.Conclusion.....	37

Chapitre III : Simulation sur ATOLL

III.1.Introduction	38
III.2.Présentation de logiciel atoll	38
III.3. Démarrage d'un projet Atoll.....	39
III. 3. 1. Ouverture d'un nouveau projet.....	39
III.3. 3. Ajout d'une carte	41
III.3.4. Etude de cas :Planification du réseau 4G dans la ville de Hadjaj.....	41
III.3.4.1Méthodologie	43
III.3. 4. 2. Création de site	43
III.3. 4. 3. Création d'une cellule.....	45
III.4. Notre étude Résultats et analyses.....	47

III.4.1. Prédiction de couverture par niveau de signal.....	47
III.4. 2. Prédiction de Couverture par émetteur	52
III.4. 3. Prédiction de zone de recouvrement DL	53
III.5. Conclusion :.....	55
Conclusion générale	56

Liste des figures :

Chapitre 1 : le réseau LTE

Figure.I.1. Evolution du réseau mobile.....	5
Figure .I. 2. L'architecture de réseau 4G	9
Figure. 3. Schéma détaillé de fonctionnement de chaque block de l'architecture de réseau LTE	10
Figure.I. 4 : Schémas représentatifs des systèmes SISO, MISO, SIMO et MIMO.....	12
Figure.I. 5 : S/N cas de MIMO et diversité TX.....	12
Figure.I.6 : Bloc de ressources.....	14
Figure.I.7 : La différence entre OFDMA et SC-FDMA.....	15
Figure .I.8 : Association entre canaux logiques, de transport et physiques en voie montante	20
Figure.I .9 : Association entre canaux logiques, de transport et physiques en voie Descendante.....	21
Chapitre II : Dimensionnement d'un réseau LTE	33
Figure II.1 : Configuration des secteurs cellulaire.....	33
Figure II.2: Modèle hexagonales de cellule omnidirectionnel.....	34
Figure II.3: Modèle hexagonales de cellule tri-sectoriel.....	39.

Chapitre III : SIMULATION SUR ATTOL

Figure III.1 : Fenêtre du logiciel atoll.....	40
Figure III.2 : Nouveau document Atoll avec le modèle LTE.....	40
Figure III.3 : Réglage des paramètres de projection et de formats.....	41
Figure III.4 : l'ajout d'une carte.....	42
Figure III.5: Carte de l'Algérie	42
Figure III.6: la zone de la ville de Hadjaj.....	43
Figure III.7 : Prédiction de positionnement des sites	44
Figure III.8: Prédiction d'une couverture par niveau de signal.....	45
Figure III.9: Prédiction de la couverture par émetteur.....	46
Figure III.10: Choix de modèle de propagation.....	46
Figure III.11 : Réglage des paramètres de site.....	47
Figure III.12 : Réglage des paramètres de cellule.....	47
Figure III.13 : Positionnement des sites.....	48
Figure III.14 : Choix de la prédiction.....	49
Figure III.15 : La pré prédiction de couverture par niveau de signal.	49
Figure III.16: l'histogramme de la couverture par niveau de signal.....	50
Figure III.17: Légende de la prédiction de la couverture par niveau de signal.....	51
Figure III.18 :L'ajout des nouveaux sites.....	51
Figure III.19: La prédiction d'une couverture par niveau de signal.....	52

Figure III.20: Histogramme de la couverture par niveau de signal.....	52
Figure III.21 : Le choix de la prédiction.....	53
Figure III.22: Résultat de la prédiction de la couverture par émetteur.....	53
Figure III.24 : Carte de recouvrement.....	54
Figure III.25 : Histogramme de la Carte de recouvrement.....	54
Figure III.26 : Légende de la Carte de recouvrement... ..	55

Listes des tableaux :

Chapitre 1 : le réseau LTE

Tableau. 1. comparaison entre les cinq générations de communication mobile.....	5
Tableau.I .2 : N_{symb} par slot OFDM en fonction de préfixe cyclique.....	14
Tableau.I.3 : Canaux logiques.....	16
Tableau.I .4 : Canaux de transports.....	18
Tableau.I .5 : Canaux physiques pour la voie montante.....	19
Tableau.I .6 : Canaux physiques pour la voie descendante.....	20

Chapitre II : Dimensionnement d'un Réseau LTE

Tableau.II. 1. Résumé du calcul MAPL de liaison montante.....	26
Tableau. II. 2. Résumé du calcul MAPL de liaison descendante.....	27
Tableau .II.3 : Empreinte du site en fonction du nombre de secteurs.....	33
Tableau.II.4. : Surface de zone.....	34

Liste des Abréviations :

1G : première génération

2G : deuxième génération

3G : troisième génération

4G : quatrième génération

5G : cinquième génération

B

BTS: Base Transceiver Station

BSS: Base Station Sub-System

BSC: Base Station Controller

C

CoMP: Coordinated Multipoint

CN: Core Network

E

Eq: Equation

EDGE: Enhanced Data Rates For GSM Evolution

EPS: Evolved Packet System

EPC: Evolved Packet Core

E-UTRAN: Evolved UMTS Terrestrial Radio Access Network

EnodeB: Evolved NodeB

F

FDD: Frequency Division Duplexing

G

GSM: Global System for Mobile

GPRS: Generation Packet Radio Service

GGSN: Gateway GPRS Support Node

H

H⁺ : Symbolise le HSPA+

HS: Hight Speed

HSDPA: Hight Speed Dowlink Packet Access

HSUPA: Hight Speed Uplink Packet Access

HSPA: Hight Speed Packet Access

I

IP: Internet Protocol

IMS: IP Multimedia Sub-system

IU : International Telecommunications Union

L

LTE: Long Term Evolution

LOS: Line-Of-Sight

M

MIMO: Multiple Input Multiple Output

MAPL: Maximum Allowable PathLoss

MS Mobile Station

MAC: Medium Access Control

MME: Mobility Management Entity

N

NAS : strate de non accès

NR : New Radio

nRB : nombre de blocs de ressources

NLOS: Non-Line-Of-Sight

O

OFDM: Orthogonal Frequency Division Multiplexing

OFDMA: Orthogonal Frequency Division Multiplexing Access

OMC: Operations and Maintenance Center

OSS: Operation Sub-system

P

PMLN: Public Land Mobile Network

PDP: Packet Data Protocol

PDCCP: Packet Data Compression Protocol

PDN-G: Packet Data Network Gateway

PS: Packet Switching

PGW: Packet Switch-Gateway

PIRE : Puissance Isotrope Rayonnée Equivalente

Q

QOS: Quality Of Service

QAM: Quadrature Amplitude Modulation

QPSK: Quadrature Phase Shift Key

R

RRC: Radio Ressource Control

RLC: Radio Link Control

RLB : Bilan de Liaison Radio

RN : Relay Node

RC: Radiocom

RNC: Radio Network Sub-system

S

S1-C: Interface entre ENodeB et MME (S1 control plan)

S1-U: Interface entre ENodeB et SGW (S1 User plan)

SC-FDMA: Single Carrier- Frequency Division Multi-Access

S-GW: Serving Gateway

SISO: Single Input Single Output

SIMO: Single Input Multiple Output

SINR: Signal to Interference & Noise Ratio

SAE: System Architecture Evolution

SGSN: Serving GPRS Support Node

T

TDD: Time Division Duplexing

TTI: Transmission Time Interval

TDMA: Time Division Multi-Access

U

UMTS: Universal Mobile Telecommunications System

UP: Uplink

UE: User Equipment

V

VoIP: Voice over IP

W

W-CDMA: Wide Coding Division Multiple Access

X

X2 : interfaces entre les eNodeBs

Release : est un ensemble de nouvelles fonctionnalités dans la norme par les groupes du 3GPP.

Release 8 : introduction des évolutions HSPA+ et première Release du réseau d'accès LTE et du réseau cœur EPC.

3GPP : 3rd Generation Partnership Project : c'est une coopération entre organismes de normalisation en télécommunications tels que : l'UIT (Union Internationale des Télécommunications), l'ETSI (European Telecommunications Standards Institute) qui a pour objectif de définir des spécifications permettant l'interfonctionnement d'équipements de constructeurs différents, son rôle consiste à maintenir et développer les spécifications des systèmes : GSM/GPRS/EDGE, UMTS, LTE

Résumé :

Dans le contexte actuel où l'information est la clé du succès, peu importe le domaine où l'on se place, les réseaux de télécommunications sont de plus en plus sollicités. D'énormes quantités d'informations circulent sur les réseaux à chaque seconde. Il est primordial d'assurer la disponibilité de ces réseaux afin de garantir la transmission de ces données en toutes circonstances.

La quatrième génération a essentiellement révolutionné le monde des télécommunications par son haut débit. Cependant, Algérie Télécom fait face à des difficultés pour assurer un bon débit et une bonne qualité de service de cette nouvelle technologie, en raison de l'insuffisance des sites et les problèmes de couverture de la zone.

Dans ce mémoire nous avons étudié le réseau LTE ,4G dans le but de le dimensionner et le planifier en mettant en œuvre un logiciel de calcul qui facilite cette tâche et la rend plus simple.

Mots clés:Planification,Dimensionnement,LTE,4G,Atoll, Algérie télécom, télécommunication

Abstract:

In the current context where information is the key to success, regardless of the field in which we are located, telecommunications networks are increasingly in demand. Huge amounts of information flow on the networks every second. It is essential to ensure the availability of these networks to ensure the transmission of these data in all circumstances.

The 4G technology has revolutionized the world of communications with high-speed Internet access. Algeria Telecom has some difficulties in ensuring a good flow and high quality of service for this technology, as there are not enough sites and coverage problems of the area.

In this memory, we studied the LTE network in order to size the planning and implementing a computing software that facilitates this task and makes it.

Keywords: planning, dimensioning, LTE, 4G, Atoll, Algérie Télécom, telecommunication.

الملخص
في السياق الحالي حيث المعلومات هي مفتاح النجاح، بغض النظر عن المجال الذي تعمل فيه، يزداد الطلب على شبكات الاتصالات. تتدفق كميات هائلة من المعلومات عبر الشبكات كل ثانية. من الضروري التأكد من توفر هذه الشبكات من أجل ضمان نقل هذه البيانات في جميع الظروف أحدثت تقنية الجيل الرابع ثورة في عالم الاتصالات من خلال الانترنت عالي التدفق الذي تسمح به تواجه اتصالات الجزائر بعض الصعوبات في ضمان التدفق الجيد ونوعية الخدمة العالية لهذه . التكنولوجيا وذلك لعدم توفر العدد الكافي من المواقع ومشاكل في التغطية المنطقية في هذه المذكرة درسنا شبكة من أجل تحديد حجمها والتخطيط من خلال تنفيذ برنامج الحساب الذي يسهل هذه المهمة ويجعلها بسيطة التخطيط، التحجيم، LTE، 4G، Atoll، اتصالات الجزائر، الاتصالات السلكية واللاسلكية.

INTRODUCTION GENERALE

Les réseaux mobiles ont une histoire fascinante qui remonte à plusieurs décennies. Tout a commencé avec la première génération de réseaux mobiles, communément appelée 1G, qui a permis aux utilisateurs de passer des appels vocaux via des téléphones mobiles analogiques. Ensuite, la technologie a évolué vers la 2G, introduisant la possibilité d'envoyer des messages texte.

La véritable révolution a eu lieu avec l'arrivée de la 3G, offrant un accès à Internet mobile plus rapide et la possibilité de naviguer sur le Web depuis des smartphones. Enfin, la 4G a marqué un tournant majeur en offrant des vitesses de connexion ultra-rapides et une expérience en ligne plus fluide, ouvrant la voie à la diffusion de vidéos en streaming, aux appels vidéo de haute qualité et à une connectivité Internet plus fiable.

Aujourd'hui, avec l'avènement de la 5G, les réseaux mobiles continuent d'évoluer pour offrir des performances encore plus avancées, telles que des débits de données ultra-élevés, des temps de latence réduits et la connectivité massive des objets pour soutenir l'Internet des objets (IoT) et les technologies émergentes telles que la réalité augmentée et la conduite autonome.

le but de ce projet est de couvrir la zone de la ville de HADJAJ par le réseau LTE, une étude qui s'intitule:

- Le dimensionnement et la détermination du nombre minimal de sites requis pour

Assurer la couverture d'une zone bien déterminée.

- La planification avec un logiciel Atoll.

Ce mémoire est présenté comme suit :

Après une introduction générale, nous présentons au chapitre un brièvement des générations de télécommunications mobile ainsi que la technologie LTE, son architecture, ses caractéristiques et le fonctionnement de la partie essentielle qui représente l'eNodeB.

Au chapitre deux , nous touchons la planification et le processus de dimensionnement de la 4G

Dans le dernier chapitre, nous présentons la simulation de la planification du réseau LTE pour le cas de la ville de HADJAJ en utilisant logiciel de planification Atoll .

A la fin, nous terminons ce mémoire avec une conclusion générale qui englobe nos résultats et les perspectives de notre travail.

Chapitre I

Réseau mobile LTE

I.1.Introduction :

Le domaine des télécommunications a connu ces dernières années une croissance importante, spécialement le réseau mobile, qui a subi une progression étalée sur cinq générations, à savoir (1G ,2G ,3G ,4G 5G). Dans le but de satisfaire le besoin des clients d'une part, et d'offrir un ensemble de services pertinents. D'autre part L'évolution à long terme (LTE) est la technologie la plus récente pour les télécommunications mobiles, elle présente certains avantages qui sont des débits de données élevés, une faible latence et l'utilisation de toutes les architectures de réseau de protocoles Internet (IP).

Dans ce chapitre, nous avons touché brièvement les cinq générations de communication mobile (1G 2G 3G 4G 5G), néanmoins, le réseau 4G sera détaillé puisqu'il est le sujet principal de notre étude ainsi que toutes les informations qu'on a obtenues sur l'installation et le fonctionnement des sites durant la période de stage chez Algérie télécom.

I.2. Historique :

L'évolution des technologies de téléphonie sans fil peut être discrètement regroupée en différentes générations en fonction du niveau de maturité de la technologie sous-jacente.

La classification en générations n'est pas normalisée sur des mesures ou des paramètres donnés et, en tant que telle, ne représente pas une démarcation stricte. Cependant, il représente une perspective communément admise, tant par l'industrie que par le monde universitaire, et donc conçue comme une norme non écrite. [1]

1G (première génération), Le système de réseau cellulaire est apparu pour la première fois dans les années 1980, où la zone locale est divisée en cellules autour d'une distance limitée, chacune servant de station de base. Il s'agit de petits systèmes analogiques dans lesquels les informations sont envoyées sous forme de signaux analogiques. Le concept de réutilisation des fréquences peut être utilisé dans une cellule voisine mais pas dans une cellule adjacente, ce qui a considérablement augmenté le nombre d'utilisateurs pris en charge dans une zone. Le nom donné pour 1G à l'époque est la technologie de téléphonie cellulaire fonctionnant dans la bande de fréquence de 150KHZ. Le premier réseau

cellulaire a été lancé au Japon par NTT (Nippon Telegraph and Téléphone) en 1979 dans la région métropolitaine de Tokyo en peu de temps, le réseau s'est étendu et a couvert la population totale du Japon et est devenu le premier pays de la planète à mettre en œuvre le réseau 1G. Plus tard en 1981, NMT (Nordic Mobile Téléphone) a étendu cette technologie dans les pays d'Europe (Danemark, Finlande, Norvège et Suède). Aux États-Unis, il a été mis en œuvre pour la première fois en 1983, puis s'est répandu au Royaume-Uni, au Mexique et au Canada. La technologie utilisée dans la 1ère génération est la technologie cellulaire AMPS (Advanced Mobile Phone System) qui utilise des fréquences distinctes à conserver. Il existe un besoin pour une largeur de bande appropriée dans cette technique pour un grand nombre d'utilisateurs. Le principal inconvénient de 1G est la qualité de la voix, il n'y avait pas de clarté du bruit et une perturbation constante du bruit de fond. [2]

Il est basé sur le GSM ou, en d'autres termes, sur le système mondial de communication mobile. Il a été lancé en Finlande en 1991. Il s'agissait des premiers réseaux cellulaires numériques, qui présentaient un certain nombre d'avantages évidents par rapport aux réseaux analogiques qu'ils supplantaient : meilleure qualité sonore, meilleure sécurité, etc. Technologie 2G ont remplacé la technologie analogique par la communication numérique en fournissant des services tels que la messagerie texte, message photo et MMS. Tous les messages texte sont cryptés numériquement dans la technologie 2G. Ce numérique le cryptage permet le transfert de données de manière à ce que seul le destinataire prévu puisse recevoir et lire. Il existe 3 types différents (FDMA, TDMA/GSM et CDMA) de technologies mobiles 2G sont conçues avec différentes méthodes de travail, propriétés et spécifications. [3]

La 3G est basée sur le GSM et a été lancée en 2000. L'objectif de cette technologie était d'offrir le haut débit des données. La technologie d'origine a été améliorée pour permettre des données jusqu'à 14 Mbps et plus en utilisant le paquet commutation. Il utilise le réseau sans fil à large bande avec lequel la clarté est accrue. Il propose également des données services, accès à la télévision/vidéo, nouveaux services comme Global Roaming. Il fonctionne à une gamme de 2100MHz et a une bande passante de 15-20MHz utilisée pour le service Internet haut débit, le chat vidéo. [4]

La 4G fait référence à la quatrième génération de normes sans fil cellulaires. Il succède aux familles de normes 3G et 2G, La 4G offre une vitesse de téléchargement de 100 Mbps. La 4G offre la même fonctionnalité que la 3G et des services supplémentaires

comme les journaux multimédias, pour regarder les programmes de télévision avec plus de clarté et envoyer des données beaucoup plus rapidement que les générations précédentes. LTE (Long Terme Evolution) est considéré comme la technologie 4G. La 4G est en cours de développement pour répondre aux exigences de qualité de service et de débit définies par les applications à venir telles que l'accès haut débit sans fil, le service de messagerie multimédia (MMS), le chat vidéo, la télévision mobile, le contenu HDTV, la diffusion vidéo numérique (DVB), des services minimaux comme la voix et les données, et d'autres services qui utilisent la bande passante. [5]

La 5G est une génération en cours de développement, destinée à améliorer la 4G. La 5G promet des débits de données nettement plus rapides, une densité de connexion plus élevée, une latence beaucoup plus faible, entre autres améliorations. Certains des plans pour la 5G incluent la communication d'appareil à appareil, une meilleure consommation de la batterie et une meilleure couverture sans fil globale. La vitesse maximale de la 5G vise à être aussi rapide que 35,46 Gbps, soit plus de 35 fois plus rapide que la 4G.

Technologies clés à surveiller : MIMO massif, communications mobiles à ondes millimétriques, etc. MIMO massif, ondes millimétriques, petites cellules ,toutes les nouvelles technologies de la décennie précédente pourraient être utilisées pour donner 10 Gb/s à un utilisateur, avec une faible latence invisible et permettre des connexions pour au moins 100 milliards d'appareils. Différentes estimations ont été faites pour la date d'introduction commerciale des réseaux 5G. La génération suivante Mobile Networks Alliance estime que la 5G devrait être déployée d'ici 2020 pour répondre aux demandes des entreprises et des consommateurs. [7]



.Figure.I.1. Evolution du réseau mobile [13]

Fonctionnalités	1G	2G	3G	4G	5G
commencer le développement	1970/1984	1980/1999	1990/2002	2000/2010	2010/2015
technologie	AMPS, NMT , TACS	GSM	WCDMA	LTE, WIMAX	MIMO, mm WAVE
fréquence	30 KHz	1.8 GHz	1.6-2 GHz	2-8 GHz	3-30 GHz
bande passante	2 Kbps	14.4-64 Kbps	2 Mbps	2000 MbPS-1 Gbps	1 Gbps ET PLUS HAUT
Système d'accès	FDMA	TDMA/CDMA	CDMA	CDMA	OFDMA/BDMA
réseau central	PSTN	PSTN	PACKET NETWORK	INTERNET	INTERNET

Tableau .I. 1. comparaison entre les cinq générations de communication mobile [7]

Après avoir présenté quelques détails évolutifs et une feuille de route historique, notre objectif principal dans cette étude est d'étudier plus en détail la technologie 4G.

I.3. Réseau LTE :

La LTE (Long Term Evolution), est la technologie par excellence des réseaux sans-fil à l'échelle mondiale, nettement supérieure aux technologies précédentes, comme les réseaux 3G.

LTE est l'évolution de toutes les normes de téléphonie mobile, elle offre une expérience Internet plus rapide, plus riche et plus fluide que jamais.

Ce réseau offre, en théorie, des vitesses de téléchargement pouvant atteindre 100 Mbps, par contre le débit réel de données observé par l'utilisateur d'un réseau LTE peut être très fortement réduit par rapport aux débits théoriques annoncés et définis par cette norme. Les principaux facteurs ayant une influence sur le débit effectif sont:

- La largeur de la bande de fréquences allouée à l'opérateur du réseau.
- Les types d'antennes utilisés coté terminal et coté réseau (antennes relais).
- Le nombre d'utilisateurs actifs qui partagent la bande passante au sein d'une cellule (surface radiante d'une antenne) LTE.
- La position fixe (statique) ou « en mouvement » du terminal de l'abonné.
- La capacité en débit et en nombre d'utilisateurs simultanés de la station de base et le débit du lien optique reliant cette station au cœur de réseau.

I.4. Caractéristiques de LTE :

Sa principale caractéristique est de fournir une efficacité du spectre moins chère pour l'opérateur, ainsi que des services mobiles à large bande de haute qualité pour les utilisateurs. La technologie LTE elle-même a été développée à partir du Global System for Mobile (GSM) et du Universal Mobile Télécommunications System (UMTS), parmi les caractéristiques les plus importantes sont : [8]

I.4. 1. Débits et fréquences du réseau LTE :

Le flux fourni à un client dépend de ses conditions radio, en particulier de sa situation dans la cellule, des méthodes de transmission utilisées et de l'atout épouvantable accessible. Les

principes d'affichage habituels pour les organisations 4G sont définis : 100 Mbit/s sur la liaison descendante (transfert de réception filaire vers mobile) et 50 Mbit/s maximum sur la liaison montante.

L'innovation LTE fonctionne dans un assortiment de fréquences en fonction de la zone géographique couverte : 700 MHz aux États-Unis pour l'organisation Verizon Wireless, 2,6 GHz et 800 MHz en Europe, et 2,1 GHz pour l'organisation japonaise NTT Les objectifs de débit les plus élevés pour LTE sont les suivants :

- 100 Mbit/s down-track pour une capacité de transmission distribuée de 20 MHz, pour une productivité hors du commun de 5 cycle/s/Hz
- 50 Mbit/s ascendant pour une capacité de transmission distribuée de 20 MHz, pour une productivité hors du commun de 2,5 pièces/s/Hz.

Ces chiffres prévoient une UE de référence contenant :

- deux réceptions et un envoi. [8]

I.4. 2. Latence :

L'inertie du cadre interprète de manière solide sa capacité à répondre rapidement aux demandes des clients ou des administrations. Il est communiqué en inactivité du plan de contrôle et en dormance du plan client. [8]

I.4. 2. 1. Latence du plan de contrôle :

L'objectif du LTE est de réduire la latence du plan de contrôle par rapport à l'UMTS en permettant la formation du plan utilisateur avec un temps de transition inférieur à 100 millisecondes entre un état de veille EU et un état actif. [8]

I.4. 2. 2. Latence du plan usager :

L'inactivité du plan client est caractérisée comme la saison de transmission d'un faisceau entre la couche IP de l'UE et la couche IP d'un concentrateur de réseau d'entrée ou l'inverse. Ainsi, L'inactivité du plan client se compare à la saison de transmission d'un colis IP à l'intérieur de l'organisation d'entrée. LTE vise une inactivité du forfait client inférieure à 5 ms dans des conditions de faible charge organisationnelle et pour les petits colis IP. [8]

I.4. 3. Mobilité :

La polyvalence est une capacité vitale pour une organisation portable. LTE a l'intention de rester utile pour les pays de l'UE qui se déplacent à différentes vitesses.

- E-UTRAN devrait être amélioré pour une faible vitesse de déplacement de 0 à 15 km/h.
- Un débit polyvalent plus élevé, quelque part entre 15 et 120 km/h, devrait être maintenu avec une exécution d'élite.
- La portabilité sur le réseau cellulaire doit être maintenue à des vitesses allant de 120 à 350 km/h (ou même jusqu'à 500 km/h selon la bande de récurrence). [8]

I.5. L'objectif de LTE :

LTE est une technologie cellulaire relativement nouvelle destinée à augmenter considérablement la vitesse et la capacité des réseaux de téléphonie mobile, LTE est une amélioration par rapport à la 3G , L'objectif de LTE est de fournir une technologie d'accès radio à haut débit de données, à faible latence et optimisée pour les paquets prenant en charge des déploiements de bande passante flexibles avec une capacité de vitesse de liaison descendante de 100 Mbps et de vitesse de liaison montante de 50 Mbps. LTE utilise à la fois FDD et TDD comme techniques de duplexage pour prendre en charge tous les types de ressources spectrales. [9]

I.6. L'architecture de réseau LTE :

Cette partie couvre l'architecture de haut niveau de LTE. Nous commençons par décrire les difficultés composants logiciels dans un réseau LTE et en examinant les protocoles logiciels que ces composants utilisés pour communiquer. L'architecture du protocole LTE est composée de deux plans : le plan utilisateur, qui fournit des fonctions telles que le formatage du trafic utilisateur entre l'équipement utilisateur (UE) et l'accès radio terrestre universel évolué. [10]

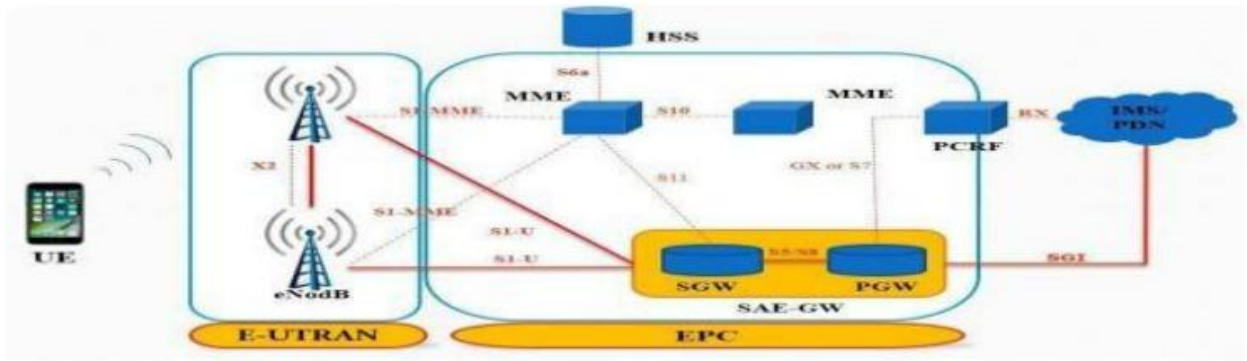


Figure .I. 2. L'architecture de réseau 4G [11]

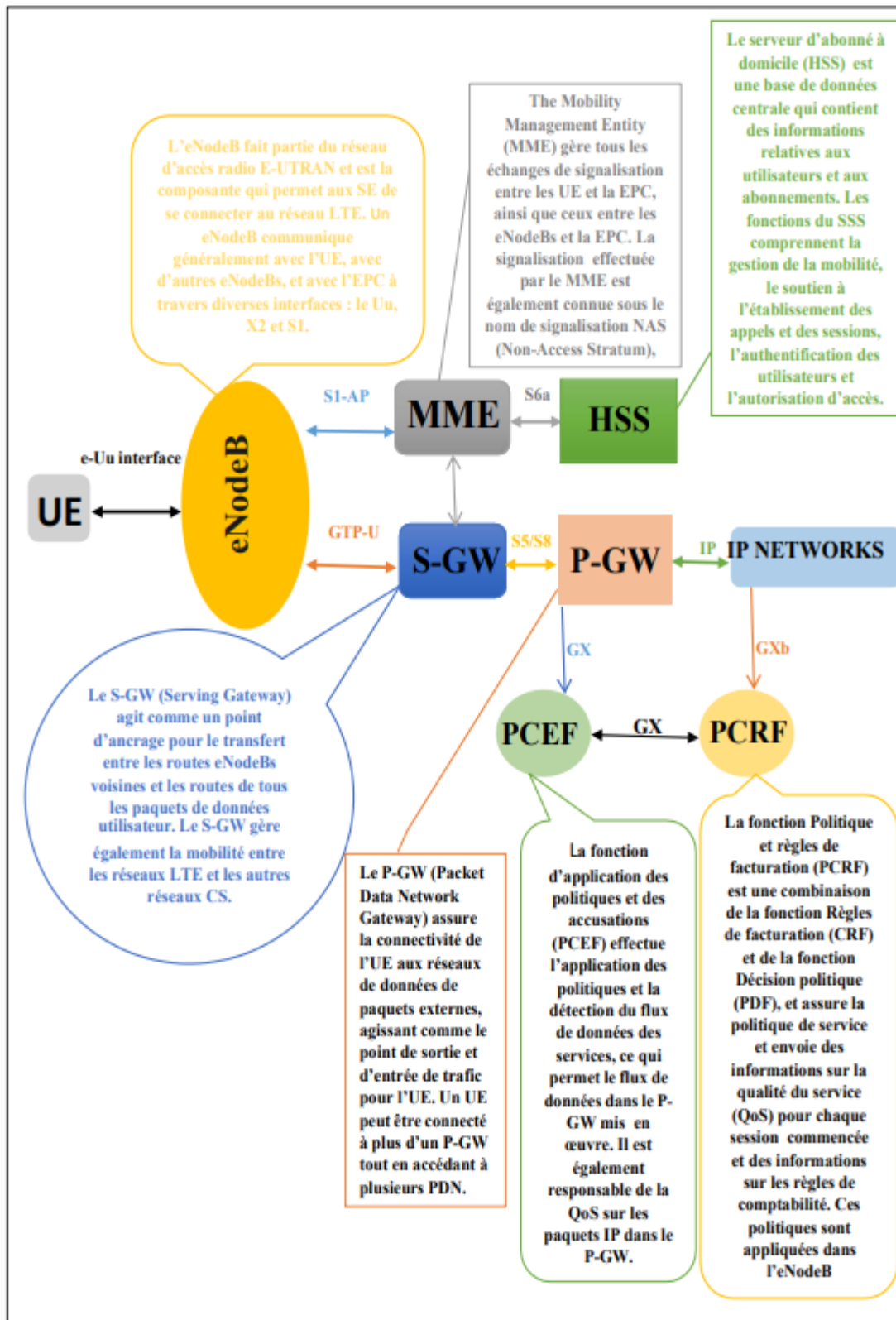


Figure.I. 3. Schéma détaillé de fonctionnement de chaque block de l'architecture de réseau LTE [12]

I.7. Interface aérienne

Long Term Evolution (LTE) succède à la norme de radiocommunication mobile UMTS, son introduction répond à la croissance exponentielle du trafic mobile de données, qui double chaque année en moyenne mondiale, comme il comprend une interface aérienne optimisée pour la radiocommunication mobile et qui a déjà fait ses preuves sur les réseaux de radiodiffusion numériques terrestres. Les réseaux 4G impliquent le ré- aménagement des stations existantes, la mise en place de stations de base supplémentaires et la création de nouveaux appareils (téléphone portable, tablette, PC,...). LTE présente de multiples qualités, en particulier des débits élevés sur l'interface aérienne entre la station de base et l'appareil utilisateur, ce qui a augmenté la capacité de transmission et permet ainsi d'offrir le même débit à l'utilisateur ou de fournir des débits plus élevés au même nombre d'utilisateurs ; cet effet est due à la réduction de l'intervalle de transmission des données (latence) amélioré considérablement la réactivité du réseau. Ce réseau nécessite moins d'énergie dans les appareils utilisateurs par rapport aux autres réseaux et permet une plus grande autonomie pour les services de données activés. Le développement de l'interface aérienne est étroitement lié au développement du réseau central SAE.

I.7.1. La technologie MIMO (Multiple Input Multiple Output)

La technologie MIMO, abréviation de "Multiple Input Multiple Output", est une méthode de transmission de données sans fil qui utilise plusieurs antennes pour améliorer les performances des communications. En utilisant plusieurs antennes à la fois, le MIMO permet d'augmenter la capacité et la fiabilité des réseaux sans fil en exploitant la diversité spatiale. Cela signifie que les signaux sont envoyés et reçus par plusieurs antennes, ce qui réduit les interférences et améliore la qualité des transmissions sans fil.

Les systèmes MIMO exploitent les techniques de :

Diversité d'espace : Diversité d'antenne.

Diversité fréquentielle : Cette technique demande l'envoi du même signal sur des fréquences différentes.

Diversité temporelle : Lorsque l'on sépare l'envoi du même signal par le temps } cohérence du canal

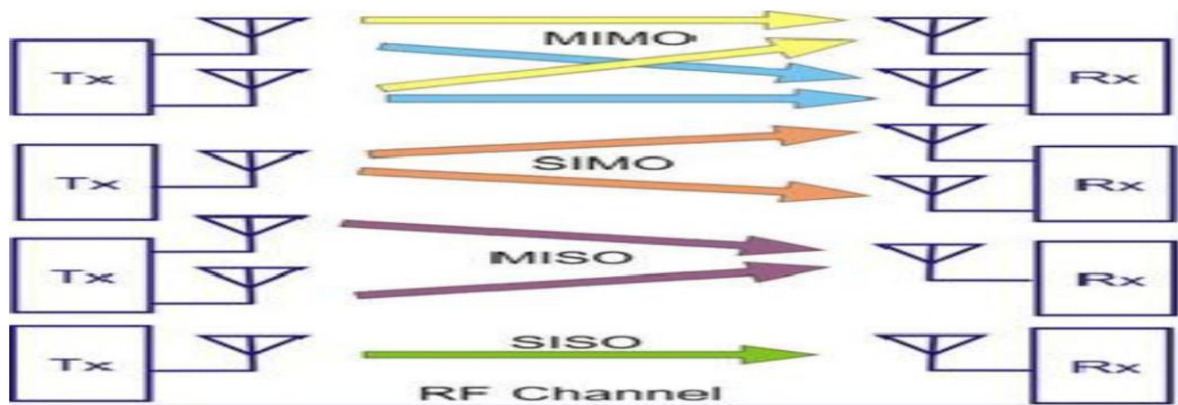


Figure.I. 4 : Schémas représentatifs des systèmes SISO, MISO, SIMO et MIMO [25]

La technique MIMO peut être utilisée lorsque S/N (rapport signal/bruit) est élevé, dans le cas contraire il est préférable d'utiliser d'autres types de techniques multi-antennes, par exemple au moyen de TX-diversité comme le montre la figure ci-dessous :

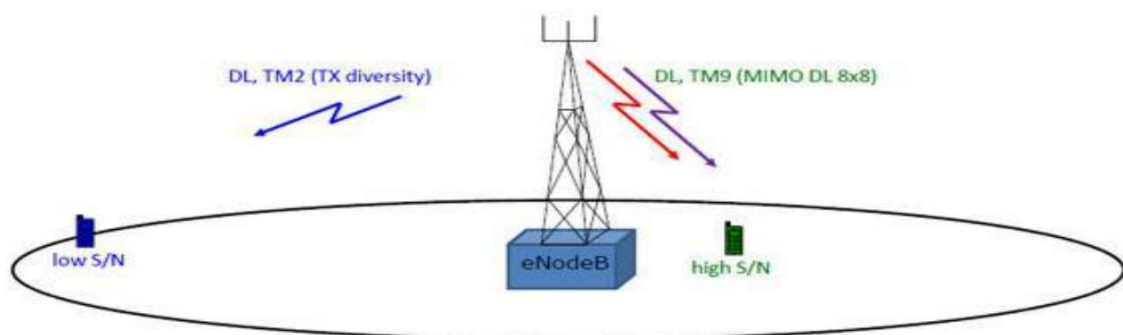


Figure.I. 5 : S/N cas de MIMO et diversité TX. [25]

I.7.2. Concept de bloc de ressource :

Les stations de base LTE permettent l'accès simultané de plusieurs centaines d'abonnés actifs à chaque cellule du réseau mobile, en utilisant à la fois les multiplexages en fréquence (FDMA) et temporel (TDMA), en émission et en réception pour partager la ressource radio entre les utilisateurs .L'unité de base attribuée à un abonné est le « Resource Block ».

Chaque bloc ressource est constitué de 12 sous-porteuses qui ont des fréquences consécutives, orthogonales , ce qui évite les bandes de garde entre sous-porteuses. Elles sont de 15 kHz de largeur et de 7 symboles temporels ayant une durée totale de 0,5 ms. Un nombre variable de bloc ressource peut être attribué chaque seconde à un même terminal mobile en fonction du débit qu'il requiert et des ressources radio disponibles.

Son fonctionnement sur la liaison descendante (vers le terminal mobile), consiste à attribuer dynamiquement les blocks de ressource à un équipement mobile pouvant avoir des fréquences différentes non adjacentes, réparties dans une bande maximale de 20 MHz , ce qui a pour avantage de diminuer le risque d'avoir une majorité de sous-porteuses subissant des interférences car elles sont réparties dans un spectre radio plus large. Par contre pour les liaisons montantes (sens terminal vers eNode B), les blocs ressource utilisés par un terminal LTE en émission doivent avoir des fréquences adjacentes.

Cette contrainte vient du codage SCFDMA utilisé sur les liaisons radio montantes dont la caractéristique single carrier (SC), impose d'utiliser, pour un terminal donné, un groupe de sous-porteuses adjacentes. L'allocation de la ressource radio, autrement dit attribution de ressource block à un terminal mobile ; est redéfinie chaque ms à la fin de chaque TTI, ce qui correspond à la durée de deux blocks de ressource.

Les blocs ressource sont utilisés dans la variante de normes LTE : le mode FDD (full duplex) et le mode TDD (HALF duplex), dans ce deuxième cas, chaque groupe de douze sous-porteuses est réaffecté toutes les 1 à 10 ms (deux à vingt blocs ressource) alternativement à la transmission en émission puis en réception. Une fois que les blocs ressource sont attribués à un abonné, les sous-porteuses qui les composent sont modulées en utilisant un type de modulation : QPSK, 16QAM, 64QAM ou 256QAM adapté à la qualité du canal de transmission radio, notamment à son rapport signal sur bruit. En réception, les blocs ressource

correspondants à tel ou tel abonné sont isolés, puis ils sont démodulés en utilisant le type de modulation choisi par l'émetteur.

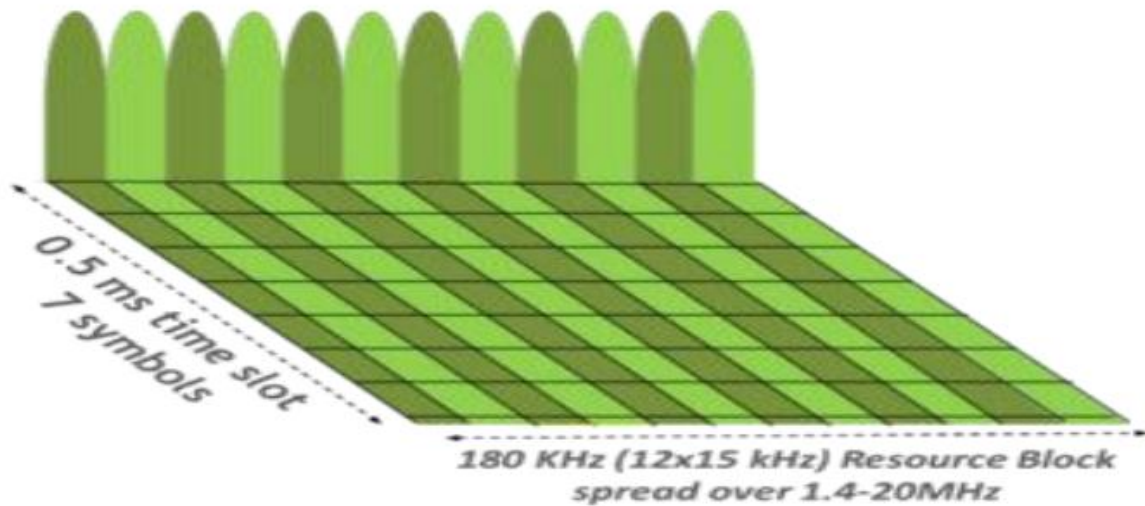


Figure.I.6. : Bloc de ressources. [22]

Le nombre de symboles OFDM par slot dépend de la taille du préfixe cyclique configuré par les couches supérieures et il est donné dans le tableau ci-dessous.

Configuration	Structure générique (type 1)	Structure alternative (type 2)
CP normale	7	9
CP étendue	6	8

Tableau.I .2 : N_{symb} par slot OFDM en fonction de préfixe cyclique [22]

Pour tout système radio mobile, il faut définir une technique d'accès qui permet une gestion des ressources radio disponibles. Pour les réseaux LTE, la technique OFDMA est utilisée dans le sens descendant (DL) et la technique SC-FDMA est appliquée dans le sens montant (UL).

- OFDMA : Une extension de la technique de modulation OFDM qui permet à plusieurs utilisateurs de transmettre simultanément sur un seul symbole OFDM. Cette technique d'accès est largement demandée dans les réseaux sans fils à large bande, car elle résout le problème de sélectivité en fréquence du canal, en le découpant en sous canaux de largeur inférieure à la bande de cohérence. Ainsi, l'information est transmise via plusieurs sous-porteuses orthogonales ; ces dernières sont générées grâce à l'IFFT (Inverse Fast Fourier Transform), et leur nombre total qui eux même dépendent de la bande spectrale. L'espacement entre sous-porteuses en LTE est fixé à 15 KHz, et le symbole OFDM est celui constitué de la totalité des symboles informations transmis via les sous porteuses.
- SC-FDMA : C'est une technique d'accès similaire à l'OFDMA où les symboles de données du domaine temporel sont transformés au domaine de fréquence par DFT (Discret Fourier Transform). Cette transformation permet de répartir le SNR (rapport signal sur bruit) sur la totalité de la bande.

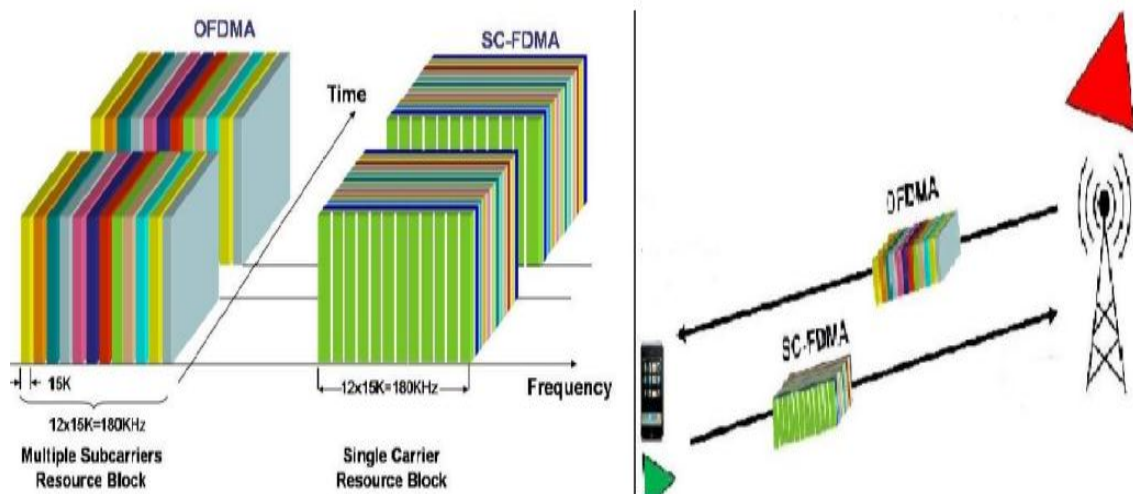


Figure.I.7 : La différence entre OFDMA et SC-FDMA.[22]

I.7.3. Les canaux radio :

- Les canaux logiques :

Le tableau suivant présente les différents canaux logiques définis pour l'interface radio du LTE :

Canal logiques :	Canal de contrôle (plan de contrôle)	Canal de trafic (plan usager)	Usage	Exemples d'information transmise
BCCH : Broadcast Control Channel	X		Pour la diffusion d'informations de contrôle sur la cellule.	Identifiant de la cellule, largeur de bande DL...
PCCH : Paging Control Channel	X		Pour la notification d'appels.	Identifiant de l'UE dans la zone de localisation, type d'appel.
CCCH : Common Control Channel	X		Pour la transmission de la signalisation, quand elle ne peut être transmise sur un canal dédié (DCCH) Demande d'établissement.	Demande d'établissement d'une connexion RRC.
DCCH : Dedicated Control Channel	X		Porte la signalisation dédiée a un utilisateur (RRC et NAS).	Message commandant a l'UE de réaliser un handover
DTCH : Dedicated Traffic Channel		X	Porte les informations de trafic dédiées à un utilisateur .	Données d'un flux de streaming vidéo (ex. IP/UDP/RTSP).

Tableau.I.3 : Canaux logiques. [26]

- Les canaux de transport :

Plusieurs canaux de transport sont définis dans l'interface radio du LTE pour les sens montant et descendant, dont les caractéristiques sont résumées dans le tableau suivant :

Canal de transport	Sens	Caractéristiques	usage	Exemples d'information transmise
BCH : Broadcast Channel	DL	Ressources, périodicité et format de transport fixes et prédéfinis. Doit être transmis sur toute la zone de couverture de la cellule.	Pour la diffusion d'informations sur la cellule. Le BCH porte exclusivement le BCCH, et en particulier le Master Information Block (MIB, voir remarque).	MIB (BCCH) : largeur de bande DL sur la cellule. numéro de trame système (SFN, System Frame Number).
DL-SCH : Downlink Shared Channel	DL	Permet l'HARQ et l'adaptation de lien, l'allocation dynamique ou semi-persistante de ressources et l'utilisation de la réception discontinue par l'UE (DRX). Peut bénéficier de beamforming, ou être transmis de manière omnidirectionnelle	Pour la transmission de données dédiées de contrôle et du plan usager. Utilise également pour transmettre les informations de cellule non portées par le BCH.	Canaux DCCH, DTCH, CCCH. Canal BCCH : diffusion des informations cellules autres que celles du MIB.
PCH : Paging Channel	DL	Doit être transmis sur toute la zone de couverture de la cellule. Partage les mêmes ressources physiques que le	Pour diffuser les informations de paging sur l'ensemble de la cellule	Canal PCCH

		DL-SCH		
RACH : Random Access Channel	UL	Base sur l'accès partage aléatoire (« a contention ») qui implique un risque de collision entre plusieurs UE lors de la procédure d'accès au réseau.	Pour l'établissement d'une connexion RRC avec la station de base, son rétablissement, lors d'un handover ou pour transmettre des données (ex. Buffer Status Report) ou encore sur ordre de la station de base si la synchronisation en voie montante a été perdue	L'UE dans un jeu de préambules prédéfinis
UL-SCH : Uplink Shared Channel	UL	Permet l'HARQ et l'adaptation de lien, l'allocation dynamique ou semi-persistante de ressources.	Pour la transmission de données dédiées de contrôle et du plan usager	Canaux DCCH, DTCH, CCCH

Tableau.I .4 : Canaux de transports. [26]

- canaux physiques :

Les tableaux suivants présentent de manière synthétique les différents canaux physiques, pour la voie montante et la voie descendante respectivement :

Canal physique	Caractéristiques	Usage
PUSCH : Physical Uplink Shared Channel	Ses paramètres de transmission sont déterminés dynamiquement par l'adaptation de lien.	Pour la transmission du UL-SCH ; porte également les informations de contrôle du PUCCH en cas de collision de ces deux canaux sur le même intervalle de temp
PUCCH : Physical Uplink Control Channel	N'est jamais transmis simultanément au PUSCH d'un même UE (en Release 8).	Pour la transmission d'informations de contrôle nécessaires à l'HARQ (acquittements) et à l'allocation de ressources
PRACH : Physical Random Access Channel	Est formé d'un préambule spécifique à l'UE.	Porte le RACH

Tableau.I .5 : Canaux physiques pour la voie montante [26]

Canal physique	Caractéristiques	Usage
PDSCH : Physical Downlink Shared Channel	Ses paramètres de transmission sont déterminés dynamiquement par l'adaptation de lien.	Pour la transmission du DL-SCH et du PCH.
PBCH : Physical Broadcast Channel		Pour la transmission du BCH.
PCFICH : Physical Control Format Indicator Channel	Le PCFICH est placé dans le premier symbole OFDM de chaque sous-trame.	Indique le nombre de symboles OFDM utilisés pour la transmission du PDCCH dans une sous-trame.
PDCCH : Physical Downlink Control Channel	Le PDCCH est placé dans les premiers symboles OFDM de chaque sous-trame.	Pour la transmission d'informations de contrôle : <ul style="list-style-type: none"> schéma de modulation et codage et allocation de ressources du DL-SCH et PCH, informations d'HARQ pour le DL-SCH.

		<ul style="list-style-type: none"> • Schéma de modulation et codage, allocation de ressources et informations d'HARQ pour l'ULSCH. • Ordre de déclenchement d'une procédure d'accès aléatoire.
PHICH : Physical Hybrid ARQ Indicator Channel	Le PHICH est placé dans les premiers symboles OFDM de chaque soustrame	Porte les acquittements d'HARQ.

Tableau.I .6 : Canaux physiques pour la voie descendante [26]

Les figures suivantes décrivent l'association entre les canaux logiques, de transport et physiques, respectivement pour la voie montante et la voie descendante :

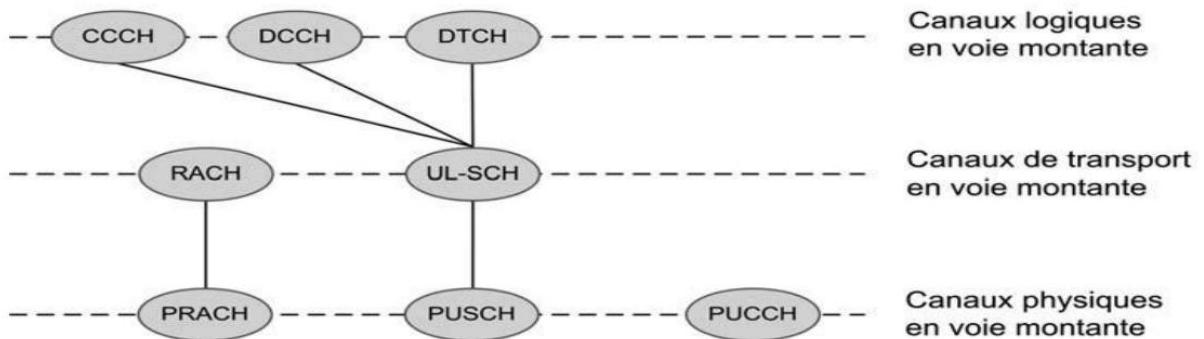


Figure .I.8 : Association entre canaux logiques, de transport et physiques en voie montante [26]

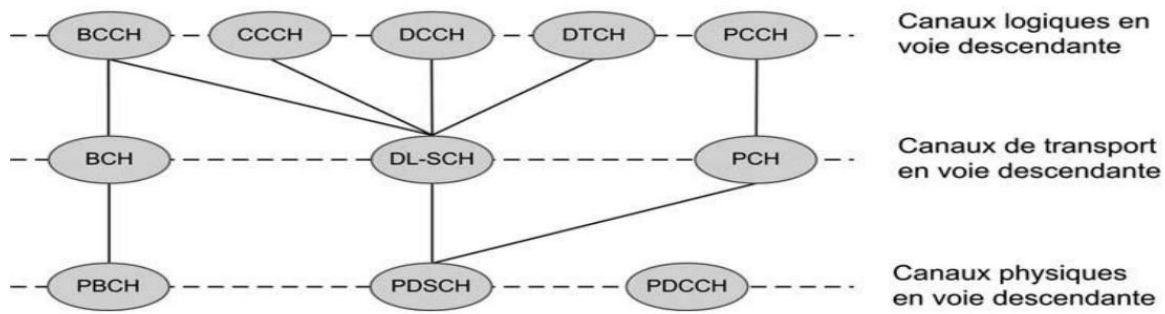


Figure.I .9 : Association entre canaux logiques, de transport et physiques en voie descendante [26]

I.11. Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons présenté les caractéristiques de la technologie LTE qui répond à des nouveaux besoins, une brève description de l'architecture générale du réseau LTE et ces objectifs techniques, les caractéristiques de réseau de cœur (EPC) et de réseau d'accès EUTRAN, ainsi que les principales techniques utilisées dans les interfaces aériennes du réseau LTE.

Une bonne connaissance des architectures permet aux planificateurs 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.

Chapitre II

Dimensionnement d'un réseau LTE

II.1 Introduction

Le dimensionnement d'un réseau LTE (Long Term Evolution) est une étape cruciale dans le déploiement d'infrastructures de télécommunications modernes. Ce processus vise à optimiser la performance du réseau en tenant compte de divers facteurs tels que la capacité, la couverture, la qualité du service et la densité du trafic. Ce chapitre vise à déterminer le nombre et l'emplacement optimal des stations de base (eNodeBs) et assurer une gestion efficace et une réparation adéquate des ressources radio.

Nous présentons, dans ce chapitre, une méthodologie détaillée de dimensionnement d'un réseau LTE, en s'appuyant sur un cas d'étude concret : la ville de Hadjej en Algérie. Nous abordons les aspects essentiels de dimensionnement, notamment le bilan de liaison, les modèles de propagation, dimensionnement de capacité et des interfaces.

Pour dimensionner un réseau LTE, il est important de considérer divers aspects tels que la capacité, la couverture, la qualité de service, et la densité du trafic. Le dimensionnement implique la planification de l'emplacement des stations de base, la gestion des interférences, la répartition des ressources radio, et la garantie de la qualité de service pour les utilisateurs. Cela nécessite une analyse approfondie des besoins des utilisateurs, des caractéristiques du réseau, et des conditions environnementales pour assurer un fonctionnement efficace du réseau LTE.

II. 2. Processus de dimensionnement :

Le processus de dimensionnement d'un réseau LTE se décompose en plusieurs étapes clés. La partie la plus critique est le dimensionnement des eNodeBs. Par conséquent, elle nécessite un développement approfondi. Il existe deux options. La première tient compte des exigences de capacité et de couverture pour déterminer le rayon de chaque cellule et le nombre de sites [14]

II.2.1.Pré-dimensionnement

Le pré-dimensionnement ne nécessite pas la collecte d'informations détaillée sur la zone de déploiement. On peut utiliser des données géographiques telles que la cartographie, la population, la zone couverte et le taux de pénétration des abonnés (services demandés, trafic ouvert). Les services proposés incluent la voix et les données. La liste des sites aide à déterminer où placer les eNodeBs et le type d'antenne que vous devez utiliser.

Il n'est pas nécessaire de collecter des informations sur la zone de déploiement. Par exemple, on peut trouver des informations détaillées sur l'eNodeB :

- * Les données géographiques comprennent la cartographie, la population, la zone couverte et le taux de pénétration des abonnés (services demandés, trafic offert).

- * Les services proposés comprennent la voix et les données.

- * La liste des sites sert à déterminer où placer les eNodeB. Le type d'antenne que vous devez utiliser [8]

II.2.2. Dimensionnement de couverture

L'analyse de la couverture est une étape cruciale de la conception du réseau LTE. Le bilan de liaison (RLB) est utilisé pour évaluer le taux de perte de trajet, nécessitant la sélection du modèle de propagation approprié. La taille de la cellule à couvrir est le résultat final, qui donne une estimation du nombre total de sites. Les besoins de capacité doivent également vérifier cette estimation basée sur les exigences de couverture [15]

L'analyse de la couverture continue d'être l'étape la plus importante de la conception de réseau LTE. Nous utiliserons le bilan de liaison (RLB), qui permet d'évaluer le taux de perte de trajet. Cela nécessite la sélection du modèle de propagation approprié. La taille de la cellule à couvrir est le résultat final, qui donne une estimation du nombre total de sites. Les besoins de capacité doivent également vérifier cette estimation basée sur les exigences de couverture.

II.2.3. Dimensionnement de capacité:

La capacité vérifiera la taille des cellules et le nombre de sites obtenus par l'analyse de couverture. Il s'agit que le système peut supporter la charge ou si de nouveaux sites doivent être ajoutés.

La capacité vérifiera la taille des cellules et le nombre de sites obtenus par l'analyse de couverture. Nous vérifierons si le système est capable de supporter la charge ou si de nouveaux sites doivent être ajoutés.

II.2.4. Optimisation

Les résultats obtenus de deux dimensionnements sont comparés et le nombre de sites le plus important est pris en compte. Nous allons commencer par mesurer la couverture.

II.3. Bilan de liaison

Le bilan de liaison est un outil essentiel pour évaluer les performances du lien radio entre l'eNodeB et l'équipement utilisateurs (UE). Il prend en compte les caractéristiques de l'émetteur, du récepteur et du canal de propagation.

II. 3.1 Bilan de liaison montante

Transmission (Tx)

Puissance d'émission totale maximale (dBm)	$A=23$
RB pour distribuer la puissance	$C=4$
'Sous-porteuses pour distribuer la puissance	$D=12*C=48$
Puissance de sous-porteuse (dBm)	$E = A - 10 * \text{Log}_{10}(D) = 6.19$
Perte corporelle Tx (dB)	$J_e=0$
EIRP par sous-porteuse dBm	$J = E - J_e = 6.19$

Réception (Rx)

SINR (dB)	$K = 0,47$
Facteur de bruit Rx (dB)	$L=2.5$
Sensibilité du récepteur_(dBm)	$M=K+L174+10 \times \text{Log}_{10}(15000)=-$

	129.27
Gain d'antenne Rx (dBi)	N=18
Perte de câble Rx (dB)	O=-0.5
Marge d'interférence (dB)	Q=-1,97
Force de réception du signal min. (dBm)	R= M-N+O+Q= -149.74
Perte de pénétration (dB)	S=15
Marge d'évanouissement de l'ombre (dB)	T=8
Perte de trajet (dB)	U =J -R -S -T= 132.93

II. Tableau. 1. Résumé du calcul MAPL de liaison montante [16]

II. 3.2 Bilan de liaison descendante

Transmission (Tx)

Puissance d'émission totale maximale (dBm)	A=46
RB pour distribuer la puissance	C=100
Sous-porteuses pour distribuer la puissance	D=12×C=1200
Puissance de sous-porteuse (dBm)	E =A-10×Log10(D)=15.21
Gain d'antenne Tx (dBi)	G=18
Perte de câble Tx (dB)	H=0.5
EIRP par sous-porteuse dBm	J = E + H = 32,71

Réception (Rx)

SINR (dB)	K = -1,84
-----------	-----------

Facteur de bruit Rx (dB)	$L=7$
Sensibilité du récepteur_(dBm)	$M=K+L174+10\times\text{Log}10(15000)=-127.08$
Perte de corps Rx (dB)	$P=-0,5$
Marge d'interférence (dB)	$Q=-5,99$
Puissance minimale de réception du signal (dBm)	$R= M+P+Q=-133,57$
Perte de pénétration (dB)	$S=15$
Marge d'évanouissement de l'ombre (dB)	$T=8$
Perte de trajet (dB)	$U =J -R -S -T=32,71+133,57-15-8=143,28$

Tableau. II. 2. Résumé du calcul MAPL de liaison descendante [16]

II. 3.3. Modèle de Propagation

Le modèle de propagation est une procédure essentielle au début du déploiement du réseau. L'interface radio qui est le support entre les terminaux et les eNodeB est caractérisée par un affaiblissement de parcours. Le modèle de propagation permet d'estimer l'affaiblissement de parcours subit par l'onde radio c'est-à-dire d'estimer la valeur de l'atténuation du trajet. On distingue plusieurs types de modèles :

- ❖ Les modèles empiriques qui sont des formules mathématiques utilisées pour prédire l'impact d'un émetteur sur une certaine zone de réception.
- ❖ Les modèles physiques prédisent la propagation des ondes radio et calculent les trajets des ondes radio en tenant compte des phénomènes de réflexion et de diffraction [4]

II. 3.3.1. Le modèle empirique

Les modèles empiriques de prédiction sont en réalité des formules mathématiques exprimant l'atténuation en fonction de plusieurs paramètres comme par exemple la fréquence d'émission, la hauteur des antennes, le degré d'urbanisation. Ils ont l'avantage d'être simple et dépendent faiblement des caractéristiques d'un site raison pour laquelle ils sont couramment utilisés dans les communications cellulaires. On distingue ainsi les différentes sortes de modèles empiriques :

II.3.3. 2 .Le modèle Okumura-Hata :

Le modèle Okumura, est l'un des modèles les plus couramment utilisés. Presque tous les modèles de propagation sont une forme améliorée du modèle Okumura. Il peut être utilisé pour des fréquences allant jusqu'à 3000 MHz. La distance entre l'émetteur et le récepteur peut être d'environ 100 km alors que la hauteur du récepteur peut être de 3 m à 10 m. [17]

Ce modèle fournit trois formules distinctes pour chaque type d'environnement, à nommer : Zone urbaine, zones suburbaines et espace ouvert, Pour la zone urbaine, Okumura-Hata a formulé la perte de trajet comme suit :

$$L_{\text{urbain}} = 69.55 + 22.16 \log_{10}(fc) - 13.82 \log_{10}(h_{tx}) - \alpha(h_{tx}) + (44.9 - 6.55 \log_{10}(h_t)) \log_{10}(d)$$

Où :

d : la distance entre la station de base et l'antenne mobile.

h_{tx} : la longueur de l'antenne mobile.

$\alpha(h_{tx})$: Facteur de correction pour la longueur de l'antenne mobile. [18]

II.3.3.3 Modèle de COST 231-Hata

Le modèle COST-231 Hata est une extension du modèle Hata-Okumura développé par Hata (1981) à partir du modèle original d'affaiblissement sur le trajet d'Okumura [Okumura, 1968] et est utilisé pour la prédiction de l'affaiblissement sur le trajet pour les mobiles. Systèmes sans fil en milieu urbain. [19]

La perte de trajet pour le modèle Hata COST-231 est donnée mathématiquement comme :

$$PL(\text{dB}) = 46.3 + 33.9 \log(f) - 13.82 \log(h_b) - \alpha(h_r) + (44.9 - 6.55 \log(h_b)) \log(d) + C$$

Où f est la fréquence en MHz, d est la distance entre la station de base et l'antenne Mobile en km, h_b est la hauteur de l'antenne de la station de base au-dessus du sol en mètres. h_r est la hauteur de l'antenne mobile en mètres, C est définie comme 0dB pour les zones suburbaines ou ouvertes environnements et 3 dB pour les environnements urbains, $1500 \text{ MHz} < F < 2000 \text{ MHz}$, $28 \text{ m} < h_{\text{tx}} < 30 \text{ m}$, $200 \text{ m} < d < 1000 \text{ m}$.

Le modèle COST-231 Hata contient des corrections pour l'environnement urbain, suburbain et rural (plat). Le terme est défini pour les zones urbaines et suburbaines environnement respectivement comme :

$$(h_r) = 3.2 (\log 11.75 h_r) - 4.97$$

$$(h_r) = 1.1 (\log f) h_r - (1.56 \log f - 0.8)$$

$$F \geq 400 \text{ MHz}$$

Où :

h_r : hauteur de l'antenne de réception au-dessus du niveau du sol.

Ce modèle est limité aux cas où l'antenne de la station de base est placée plus haut que le bâtiment environnant. [20]

II. 4. Dimensionnement de capacité

L'ajustement de la capacité pour trouver la capacité maximale pouvant être atteinte soutenu par une cellule. Son objectif est de déterminer le nombre de sites nécessaires Satisfaire le trafic des utilisateurs pour une zone donnée. La capacité théorique du réseau est Limitée par le nombre d'eNodeB installés sur le réseau. Ça dépend de plusieurs facteurs type de zone, service, nombre d'utilisateurs, interférence. [23]

II. 4.1. Calcul dimensionnement de capacité pour les uplink

Les étapes pour déterminer les besoins de capacité sont les suivantes :

- Le débit de la cellule.
- Réaliser une analyse approfondie de la demande de trafic (répartition géographique des abonnés et consommation).
- Le SINR du système de distribution est la mesure la plus essentielle de la couverture basée sur la capacité : à mesure que le nombre d'utilisateurs augmente, la quantité d'interférences et de bruit diminue la couverture cellulaire et oblige les rayons de la cellule à diminuer. [8]

II. 4. 1. 1. Débit de la cellule

Nous essayons de déterminer combien d'eNodeB sont nécessaires pour répondre à la capacité, qui est déterminée par les exploitants de réseau en fonction de la quantité de trafic. La déficience de la cellule, nécessaire au calcul du nombre de sites, est calculée à l'aide de la formule suivante :

$$T_{cell} = Q_{UL} \times R_{avg, UL}$$

$$R_{avg, UL} = R_{RB} \times (n_{RB} - n_{pucch})$$

n_{RB} : nombre total de blocs de ressources de la bande passante.

n_{pucch} : C'est le nombre de blocs de ressources attribués aux canaux de contrôle PUCCH. Quatre paramètres sont utilisés pour l'estimation de la perte de propagation par le modèle bien connu de Hata : fréquence f , distance d , hauteur de l'antenne de la station de base et hauteur de l'antenne mobile. [8]

II.4. 2. Calcul dimensionnement de capacité pour les down Link :

II. 4. 2. 1. Radio signal à interférence et bruit (sinr) :

La capacité de former un lien descendant est fondée sur le SINR à un emplacement moyen dans une cellule, désigné par DL, qui agit comme une relation linéaire. Le SINR moyen est mesuré comme une augmentation du niveau de bruit moyen, ce qui est comparable à la marge d'interception, mais le SINR est plus précis.

$\gamma_{DL, moy}$ est représenté dans l'équation suivante lorsqu'il est évalué à un emplacement moyen au lieu du bord de la cellule :

$$\gamma_{DL, moy} = P_{T,Rb} / (B_{iDL, NRB, DL, H_{Lsa, max}})$$

H est le facteur d'atténuation moyen de l'équation. Il s'agit de la relation entre l'atténuation moyenne du signal (linéaire) dans la cellule et l'atténuation du signal (linéaire) à la portée de la cellule de l'antenne. H est déterminé par la géométrie du site, le modèle d'antenne, l'exposant de propagation d'onde, et la hauteur de l'antenne de la station de base. Le dimensionnement doit être fait avec une valeur de 0,36. [8]

II.4. 2. 2. Débit Cellulaire

Le débit de l'utilisateur par cellule est donné par l'équation suivante :

$$R_{avg, DL} = n_{RB} \times R_{RB, DL}$$

Le débit de la cellule se calcul comme suit :

$$T_{cell, DL} = Q_{DL} \times R_{avg, DL} = Q_{DL} \times n_{RB} \times R_{RB, DL} \quad [14]$$

II .4.3. Calcul le rayon de cellule pour la liaison montante :

La gamme d'applications est la suivante :

- Bande de fréquence : 1500 MHz à 2000 MHz.

- Hauteur de la station de base : 28 mètres à 30 mètres.
- Hauteur de l'antenne de la station de base : 1 mètre à 10 mètres.
- Distance entre l'émetteur et le récepteur : 1 km à 20 km. La prédiction de perte de chemin pour le modèle COST231 – Hâta est donnée par la formule suivante :

$$PL (dB) = 46.3 + 33.9 \cdot \log(f) - 13.82 \cdot \log(hb) - \alpha(hr) - [44.9 - 6.55 \log(hb)] \log d + c$$

$$\alpha(hr) = 3.2 (\log((11.75hr)^2) - 4.97) \quad [23]$$

On commence les calculs :

$$PL (dB) = 46.3 + 33.9 \cdot \log(f) - 13.82 \cdot \log(hb) - \alpha(hr) + [44.9 - 6.55 \log(hb)] \log d + c$$

- $33.9 \cdot \log(f) = 33.9 \cdot \log(1800) = 33.9 \cdot 3.255 = 110.35$
- $13.82 \cdot \log(hb) = 13.82 \cdot \log(30) = 13.82 \cdot 1.48 = 20.45$
- $\alpha(hr) = 3.2 \cdot ((\log(11.75hr))^2 - 4.97) = 3.2 \cdot ((\log(11.75 \cdot 1.5))^2 - 4.97) = 3.2 \cdot (1.55^2 - 4.97) = 2.47$
- $[44.9 - 6.55 \log(hb)] \log d = [44.9 - 6.55 \log(1.5)] \log d = 35.21 \log d$

$$\text{➤ } PL (dB) = 46.3 + 110.35 - 20.45 - 2.47 - 35.21 \log d + 3 = 136.73 + 35.21 \log d$$

Calculer les rayons des cellules UL à l'aide de l'équation du modèle de propagation :

Le rayon de la cellule est :

$$RUL = 10^{(MAPL - 46.3 - 33.9 \log_{10} F + 13.82 \log_{10} hb + \alpha(hr)) / [44.9 - 6.55 \log_{10} hb]}$$

$$= 10^{(132.93 - 46.3 - 33.9 \log_{10}(1800) + 13.82 \log_{10}(30) + 2.48) / [44.9 - 6.55 \log_{10}(30)]}$$

$$= 0.948 \text{ Km} \quad [24]$$

II. 4.4. Nombre de site

Après avoir déterminé le rayon de la cellule qui s'exprime en (Km), on peut calculer maintenant la superficie de couverture de cellule appelée aussi « empreinte du site » noté

Cette dernière dépend du nombre de secteurs par site noté $N_{secteur}$. Ainsi sur la figure II.3 nous pouvons voir la configuration des secteurs :

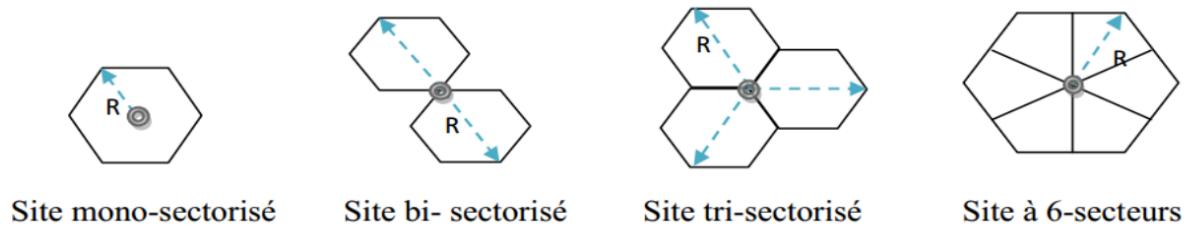


Figure II.1: Configuration des secteurs cellulaires [24]

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	$S_{cell} = 1.95 * 2.6 * R_{cell}^2$

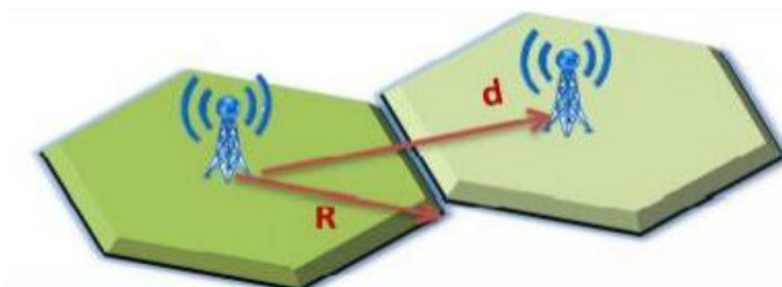
Tableau.II. 3 : Empreinte du site en fonction du nombre de secteurs. [24]

$$S_{cell} = 1.95 \times 2.6 \times R^2 = 1.95 \times 2.6 \times (0.948)^2$$

$$S_{cell} = 4.556$$

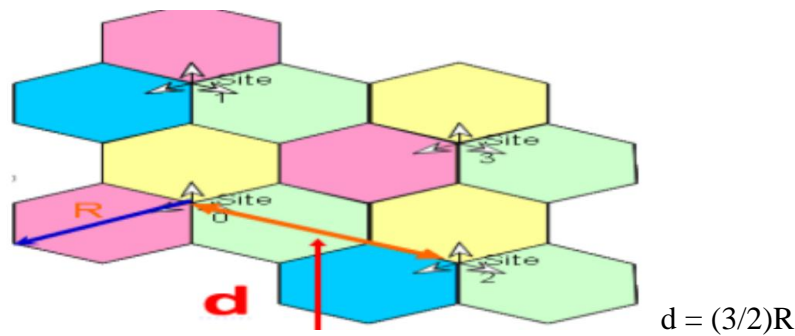
- Les zones du site pour deux modèles de cellules hexagonales peuvent être calculées de la manière suivante :

$$d = \sqrt{3} \times R [\text{km}]$$



$$S_{s1} = \frac{[3\sqrt{3}R^2]}{2} = 2,6 \times R^2$$

Figure II.2: Modèle hexagonales de cellule omnidirectionnel. [21]



$$S_{s3} = (9\sqrt{3} \times R^2) / 8 = 1,95 \times 2,6 \times R^2$$

Figure II.3: Modèle hexagonales de cellule tri-sectoriel [21]

Et par la suite le calcul du nombre de sites devient très simple c'est le quotient entre la surface de la zone et la surface du site :

$$N_{secteur} = \frac{S_{zone}}{S_{secteur}}$$

Considérant la couverture de la zone densément peuplée autour du centre de la ville de hadjaj est 92Km²

92/4 .556=20 sites sont requis.

Sz: C'est la surface totale de la zone, dépend du type de la zone comme montre le tableau suivant, dans notre application la surface de la zone est un paramètre « input » pour garantir un résultat exacte :

Type de zone	Surface de la zone (Km ²)
Urbaine dense	50
Urbaine	400
Suburbaine	200
Rurale	300

Tableau.II.4 : Surface de zone. [4]

II. 5. Dimensionnement de l'interface S1 et X2

Toujours dans la partie dimensionnement nous allons parler du dimensionnement de l'interface S1 et X2 car le dimensionnement de la capacité et de la couverture n'est pas assez suffisant pour établir un bon dimensionnement. Le dimensionnement de la couverture et de la capacité est une étape préliminaire c'est-à-dire un accès vers le reste de dimensionnement. Comme seconde partie, nous allons nous intéresser à la capacité des interfaces entre les eNodeB.

II. 5.1. L'interface X2

Avec une architecture de réseau d'accès plate en LTE, les eNodeB sont connectés deux à deux à l'interface X2 alors le nombre d'interface X2 est donnée par :

$$NX2 = (NeNodeB - 1) / 2$$

La capacité demandée par l'interface X2 dépend de l'architecture du protocole X2AP. ce protocole est utilisé pour gérer la mobilité entre UE et l'eUTRAN, il offre des fonctions comme : la gestion de la mobilité et la charge, la réinitialisation et la mise à jour de la configuration des eNodeBs. [6]

II.5.2. L'interface S1

L'interface S1 est une interface qui transporte les données et la signalisation. Pour le calcul de sa capacité, on décompose cette dernière en somme d'une capacité sur le plan utilisateur et d'une capacité sur le plan contrôle. Elle s'exprime comme suite :

$$C^{S1} = C_{User-plane}^{S1} + C_{control-plane}^{S1}$$

Comme le plan contrôle constitue 2% du plan utilisateur alors on aura :

$$C^{S1} = C_{abonné} (Traffic_{abonné}^{Up} + Traffic_{abonné}^{Dl}) \cdot 102\%$$

II.6.Conclusion

Le dimensionnement d'un réseau LTE est un processus complexe qui, nécessite une approche méthodique et une compréhension des différents paramètres en jeu.

Dans ce chapitre, nous avons introduit les concepts de base et les calculs mathématiques pour assurer une couverture et une capacité adéquates, ainsi que les interfaces qui nous permettent de faire une bonne planification radio dans la zone choisie : ville de Hadjaj.

Toutes ces notions seront adoptées par la suite pour la conception et le développement dans une application, qui sera présentée dans le chapitre suivant.

Chapitre III

Simulation sur ATOLL

II.1.Introduction

Dans ce chapitre, nous présentons l'utilisation du logiciel Atoll pour la planification et l'optimisation des réseaux mobiles 4G. Nous présentons les instructions détaillées pour créer un projet, effectuer des prédictions de couverture et analyser les résultats, en utilisant comme exemple la planification d'un réseau dans la ville de Hadjaj.

III.2.Présentation de logiciel atoll

Atoll est un logiciel de planification radiofréquence (RF) utilisé dans les réseaux de télécommunications pour la conception, l'optimisation et la simulation des réseaux sans fil. Il permet aux ingénieurs de planifier et d'optimiser les réseaux mobiles en analysant la couverture, la capacité et la qualité du service pour différentes technologies (GSM, UMTS, LTE). Les fonctionnalités d'Atoll incluent la modélisation précise du terrain, la planification des antennes, la simulation des interférences et bien plus encore. C'est un outil essentiel pour les opérateurs de réseaux mobiles afin d'assurer des performances optimales de leurs réseaux. Le logiciel utilise diverses données d'entrée et nous permet de sélectionner le type de données que nous souhaitons utiliser. La technologie choisie permet de définir le modèle de propagation, le type d'antenne et d'autres paramètres.

l'outil ATOLL peut être utilisé pour créer des multiples prédictions, par exemple :

- Les couvertures sont faites en fonction du niveau du champ.
- Protection de l'émetteur.
- La capacité de la cellule est prévue. [16]

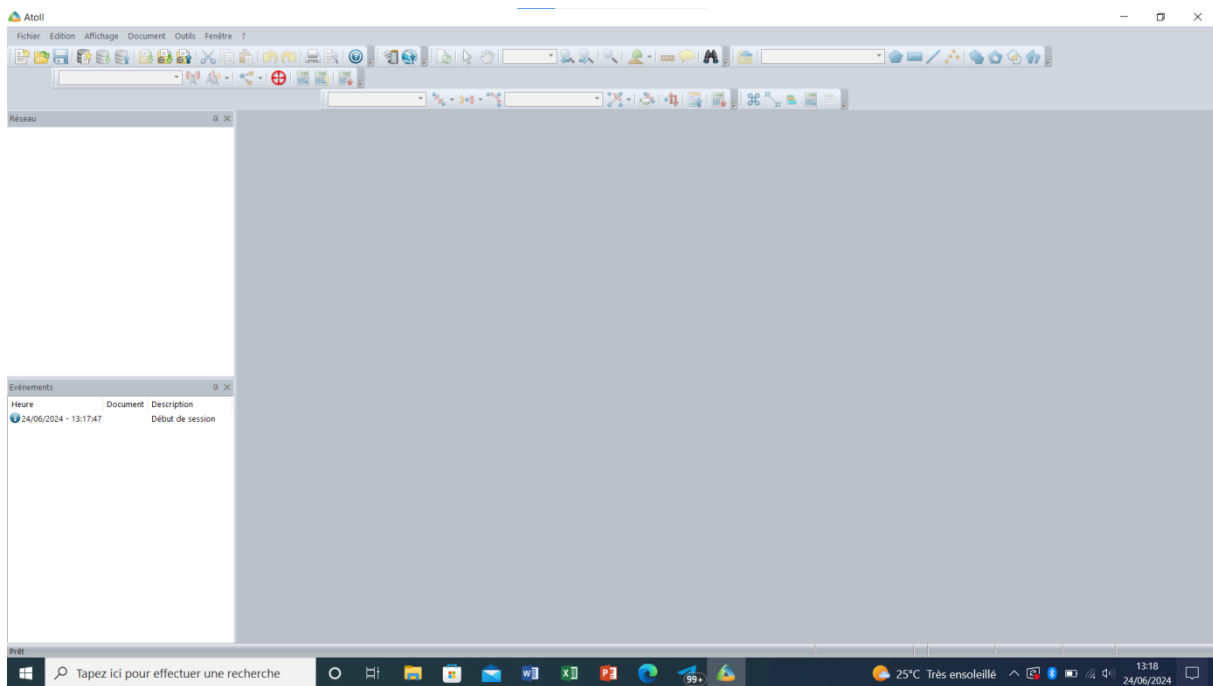


Figure III.1 :Fenêtre du logiciel atoll.

III.3. Démarrage d'un projet Atoll

III. 3. 1. Ouverture d'un nouveau projet

Pour ouvrir un nouveau projet sur Atoll en utilisant le modèle LTE, on doit suivre ces étapes :

1. Ouvrir le logiciel Atoll.
2. Cliquer sur "Fichier" _ "Nouveau".
3. Choisir "A partir d'un modèle de document".
4. Sélectionner le modèle LTE dans la liste des modèles disponibles.

Nous aurons, ainsi, créé un nouveau document basé sur le modèle LTE pour notre projet 4G.

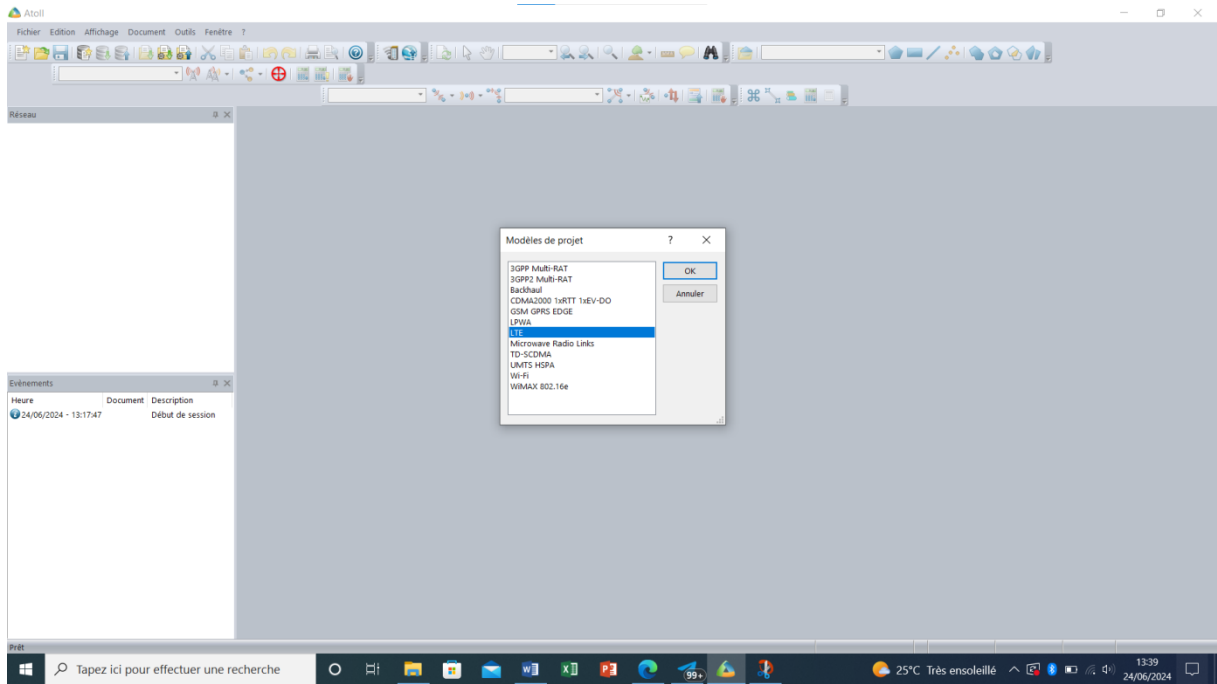


Figure III.2 : Nouveau document Atoll avec le modèle LTE

Pour régler les paramètres de la zone, il faut suivre les étapes suivantes :

1. Sélectionnez « Document » > « Propriétés »

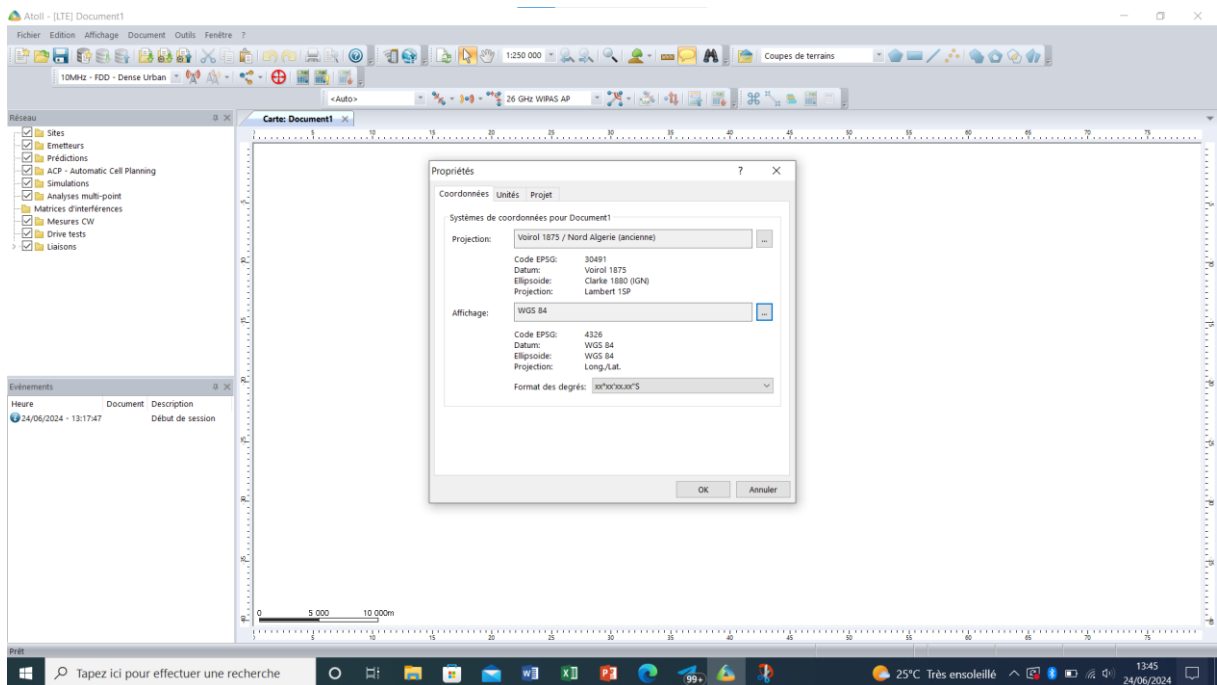


Figure III.3 : Réglage des paramètres de projection et de formats

2. Configurer les paramètres de projection et de formats

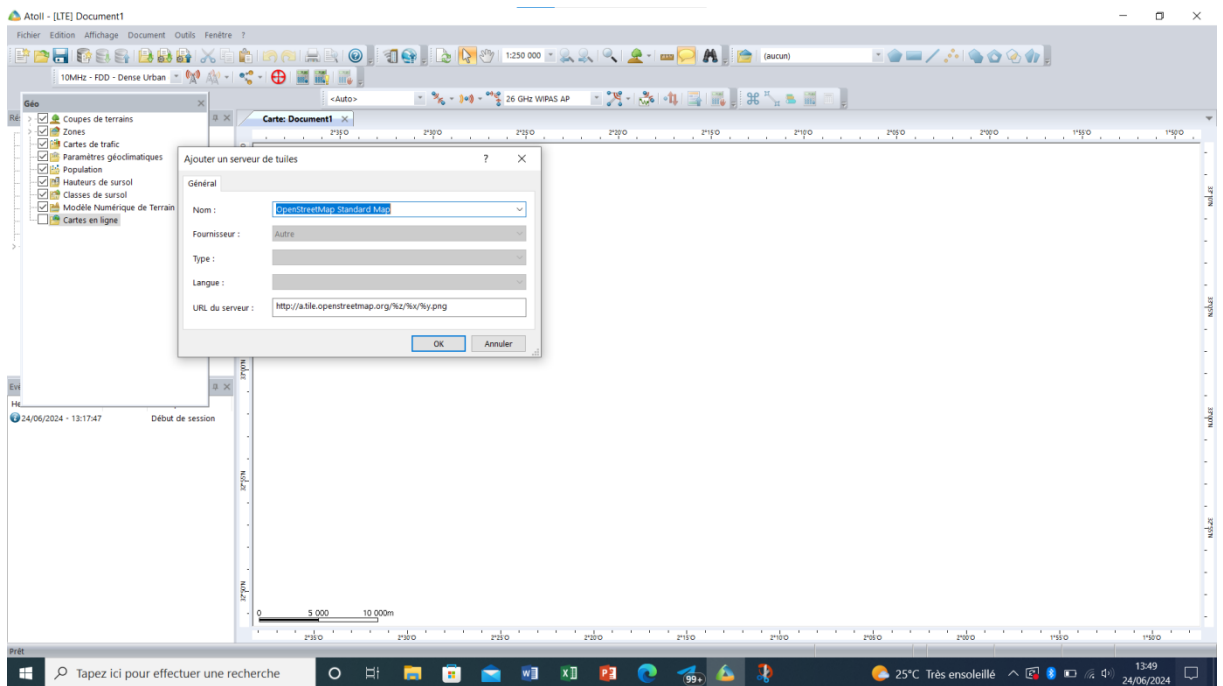
- Projection : Voirol 1875 / Nord Algérie (ancienne)
- Affichage : WGS 84 (c'est la projection UTM sur le système géodésique WGS 84)
- Format des degrés : xx°xx'xx.xx"S (format de latitude et de longitude des sites)

III.3. 3. Ajout d'une carte

Pour ajouter une carte, on suit les étapes suivantes :

1. Sélectionner « Géo »
2. cocher« carte en ligne »
3. nouvelle carte
4. Insérer une

Figure III.4 : l'ajout d'une carte.



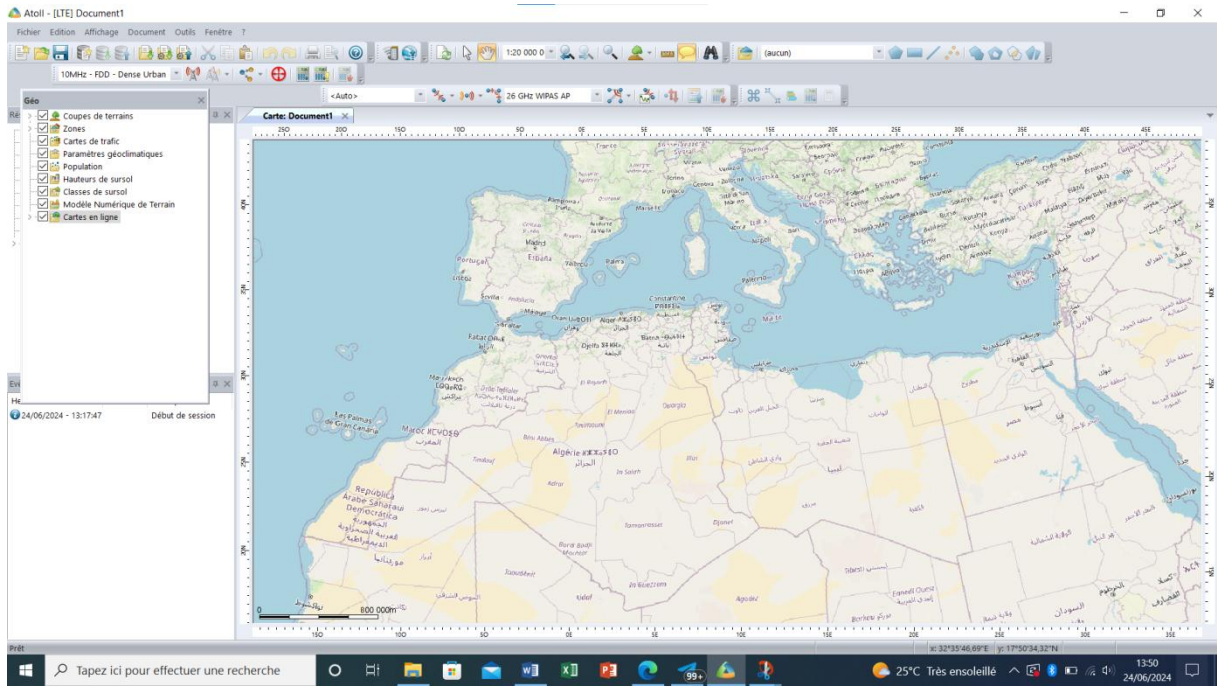


Figure III.5: Carte de l'Algérie .

La zone qui doit être couverte est définie sur la figure suivante :

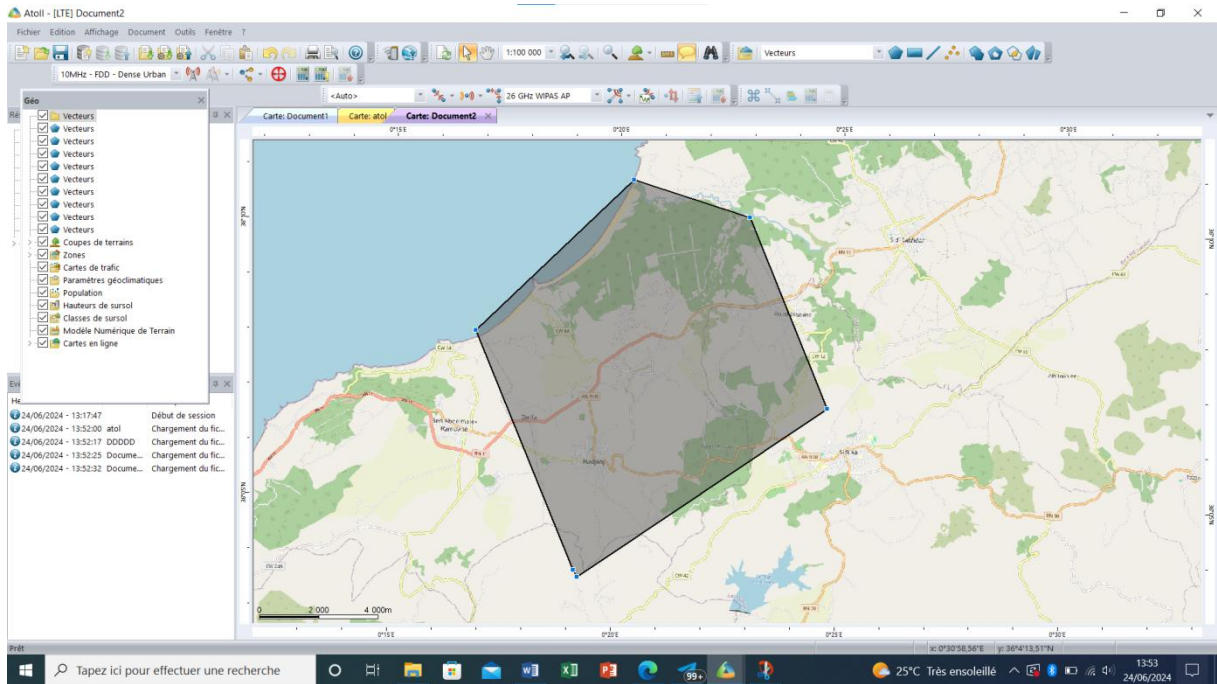


Figure III.6: la zone de la ville de Hadjaj.

III.3.4. Etude de cas : Planification du réseau 4G dans la ville de Hadjaj

L'objectif de cette étude est de planifier un réseau 4G offrant une couverture optimale de la ville de Hadjaj pour Algérie télécom. Nous allons, donc, créer une simulation de couverture radio pour cette ville afin d'assurer un haut niveau de qualité de service.

III.3.4.1 Méthodologie

a. Sélection de la zone et prédiction des sites

Nous avons sélectionné la ville de Hadjaj. Puis, nous avons prédit l'emplacement des sites avec l'outil (bouton de prédiction) hexagonal. La figure III. ... montre le résultat de la prédiction.

- En premier on a sélectionné la ville de hadjaj après on a fait la prédiction par le bouton hexagonal pour prédire l'emplacement des sites dans notre zone cible.

On obtient cette prédiction comme le montre la figure ci-dessus :

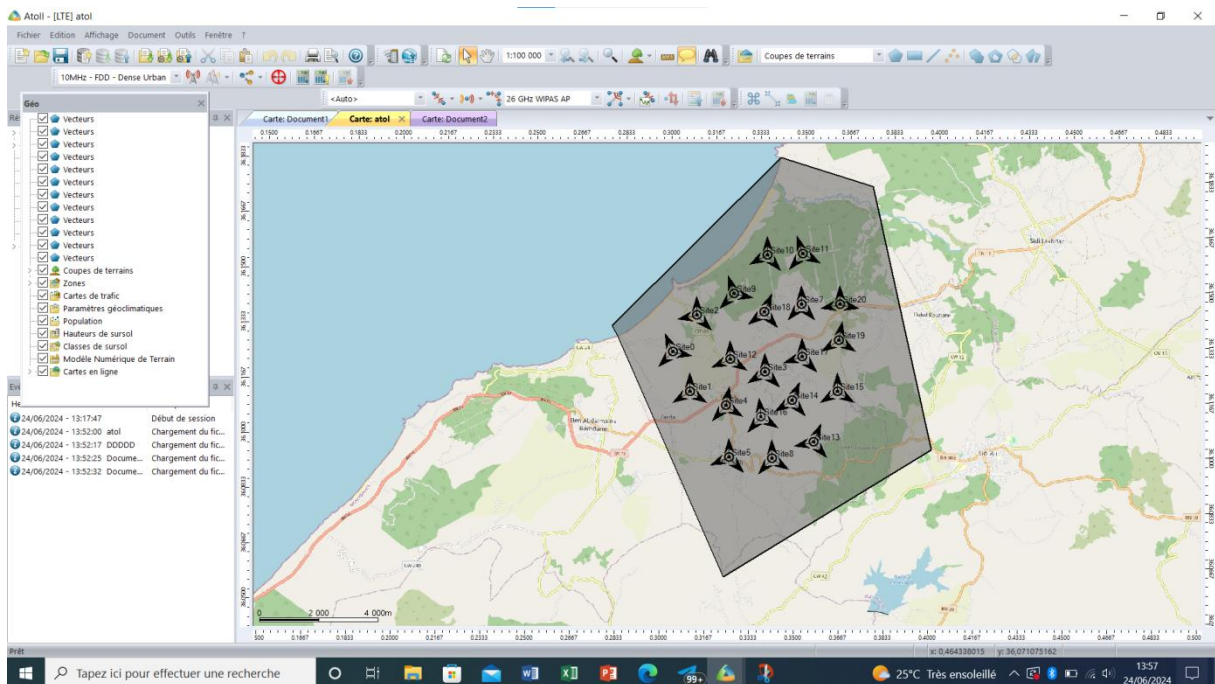


Figure III.7 : Prédiction de positionnement des sites .

b) Prédiction de couverture

- **Couverture par niveau de signal** : Nous obtenons la prédiction montrée sur la figure III.8 suivante

Deuxièmement à faire la prédiction couverture par niveau de signal on obtient cette figure :

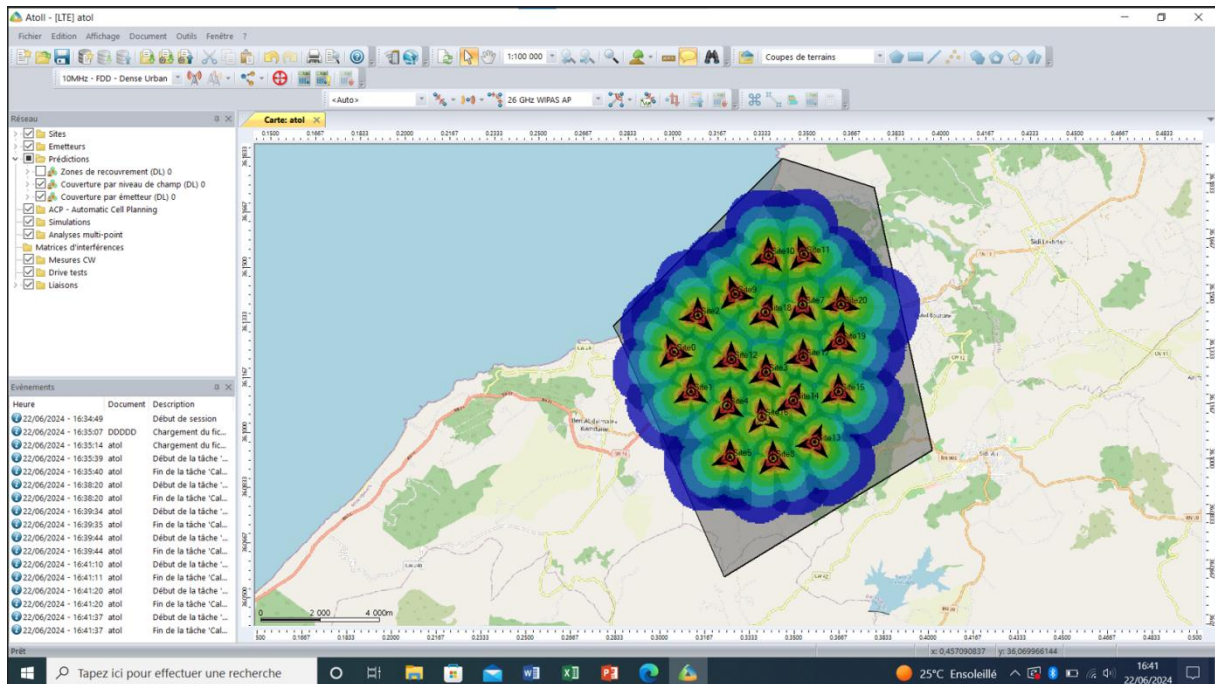


Figure III.8: Prédiction d'une couverture par niveau de signal.

➤ **Couverture par Émetteur** :La figure III.9 suivante montre cette prédiction

• Troisièmement la prédiction de couverture par émetteur :

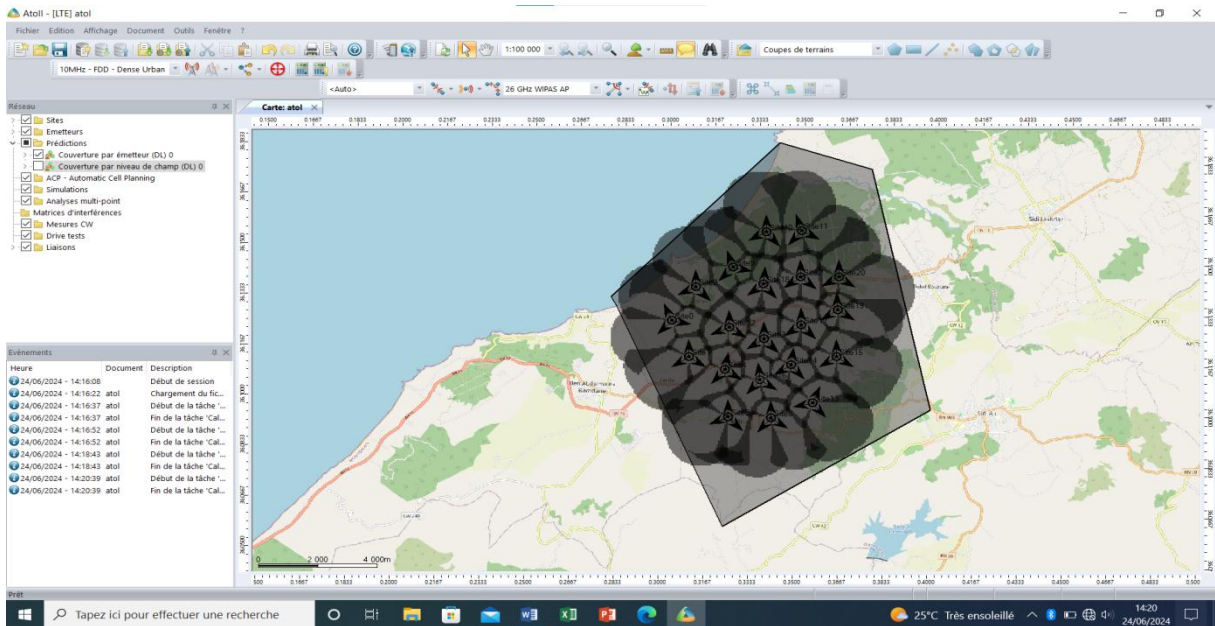


Figure III.9: Prédiction de la couverture par émetteur.

III.3. 4. 2. Création de site :

Le site eNodeB est défini dans Atoll comme l'emplacement géographique d'un ensemble de capteurs chacun avec son propre ensemble de paramètres.

Pour créer un site, nous avons, en premier, choisi le modèle de propagation de Cost-hata Puis, nous avons réglé les paramètres pour chaque site

- En premier on choisit le modèle de propagation dans notre étude c'est le modèle cost -hata :

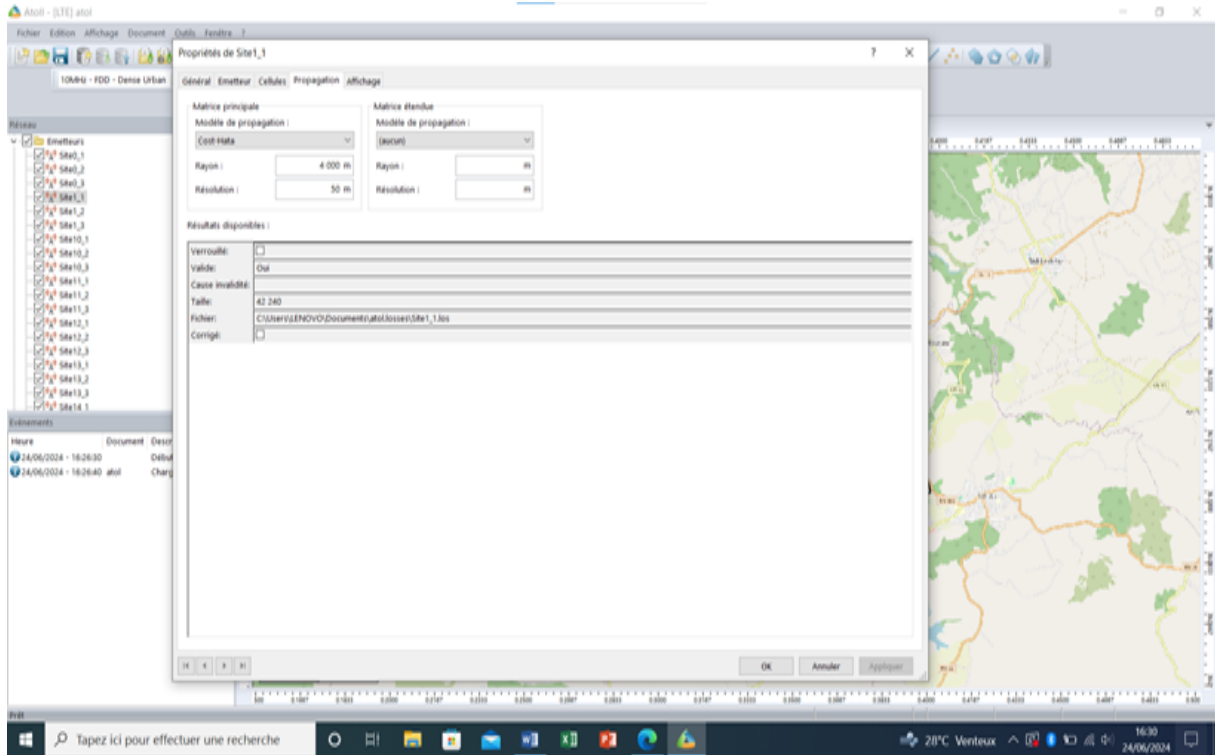


Figure III.10: Choix de modèle de propagation.

- Le réglage des caractéristiques d'émetteur de chaque site :

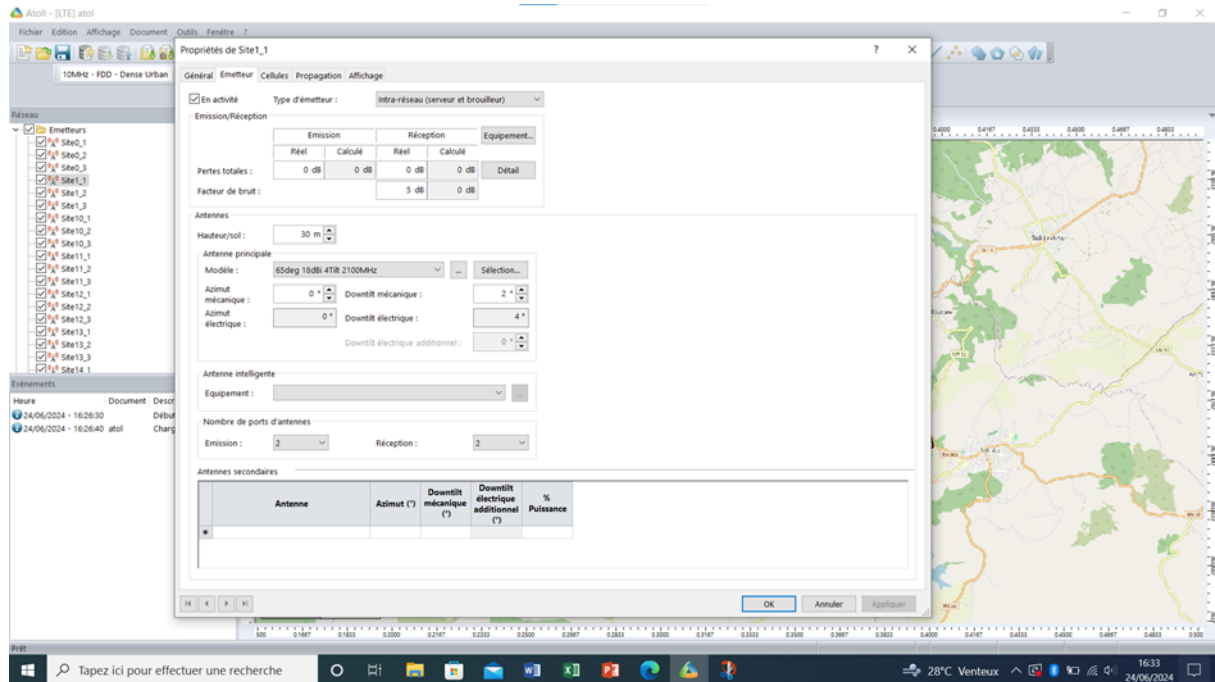


Figure III.11 : Réglage des paramètres de site.

III.3. 4. 3. Création d'une cellule

Nous avons réglé les paramètres de la cellule pour optimiser la couverture et la capacité (Figure III.12.).

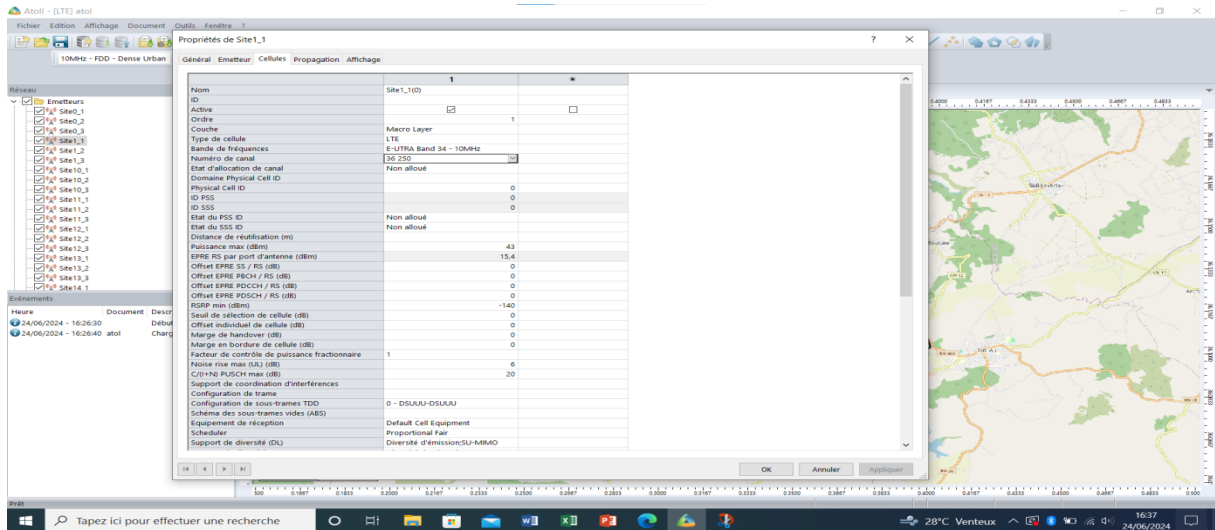


Figure III.12 : Réglage des paramètres de cellule.

III.4. Notre étude Résultats et analyses

L'objectif primaire de cette simulation est de positionner les sites dans un bon emplacement pour avoir une meilleure couverture du réseau 4G d'Algérie télécom dans la ville de hadjaj .

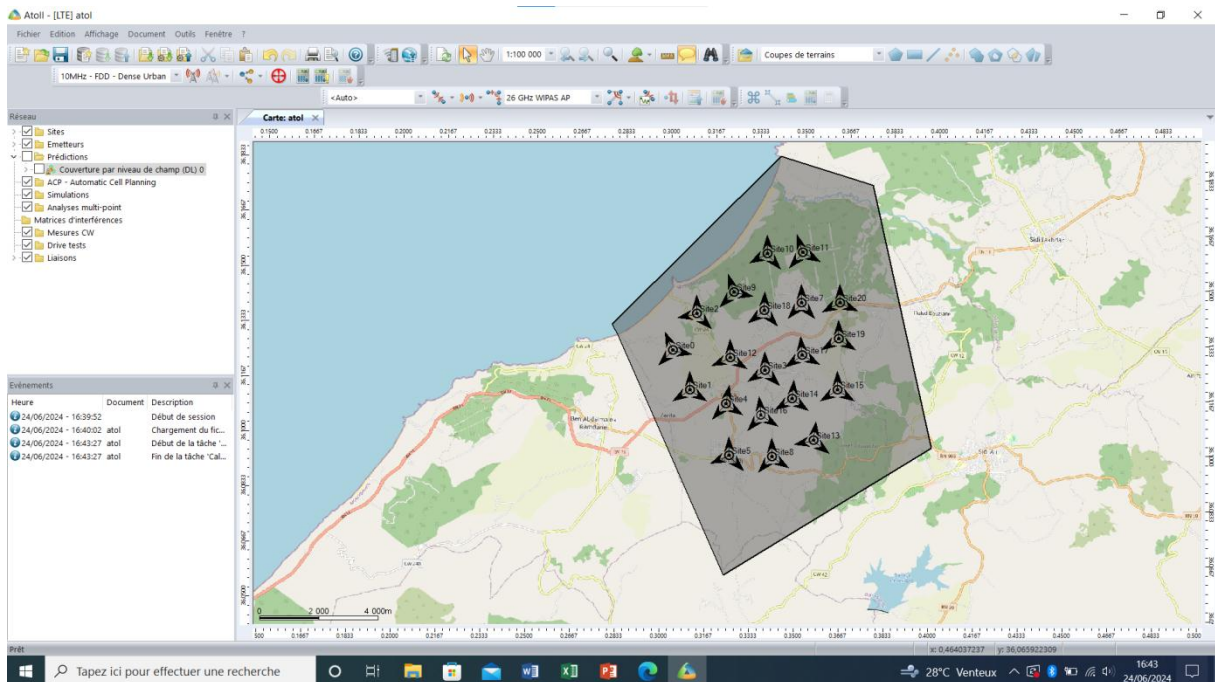


Figure III.13 : Positionnement des sites.

III.4.1. Prédiction de couverture par niveau de signal

Pour faire la pré-prédiction de couverture par niveau de signal, Nous avons suivi les étapes suivantes :

Réseau— prédiction— click droite— nouvelle prédiction —couverture par niveau du champ—calculer. On peut voir sur la figure III.15 cette pré-prédiction

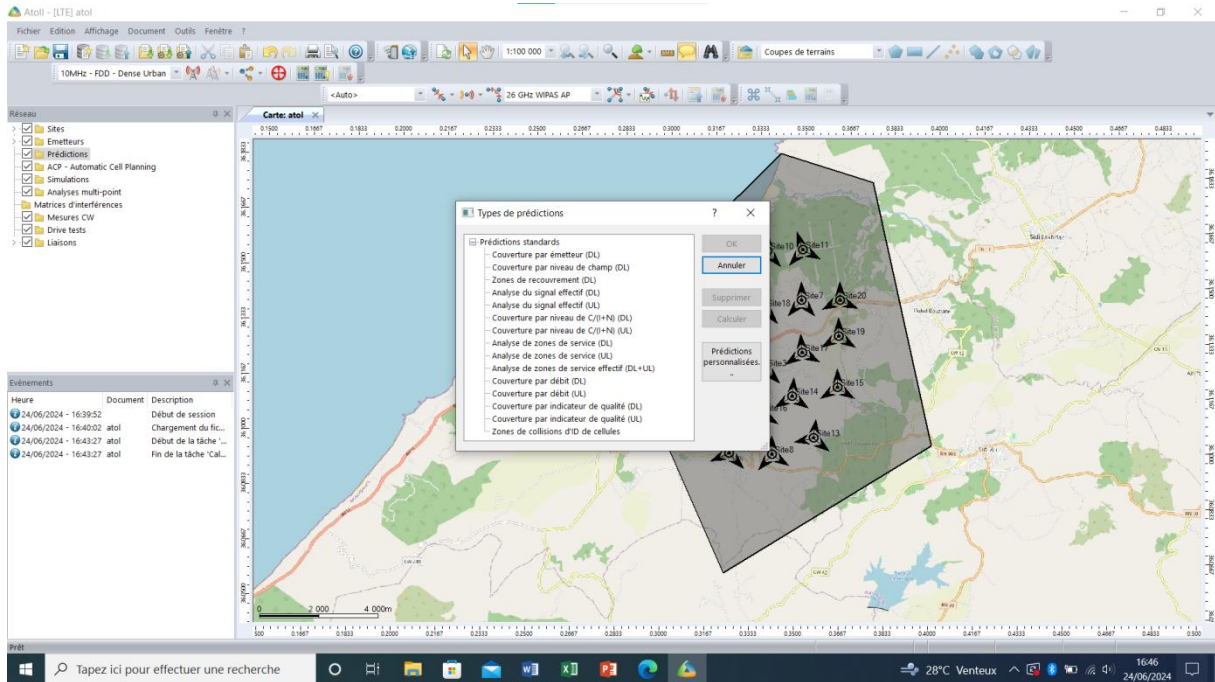


Figure III.14 : Choix de la prédiction.

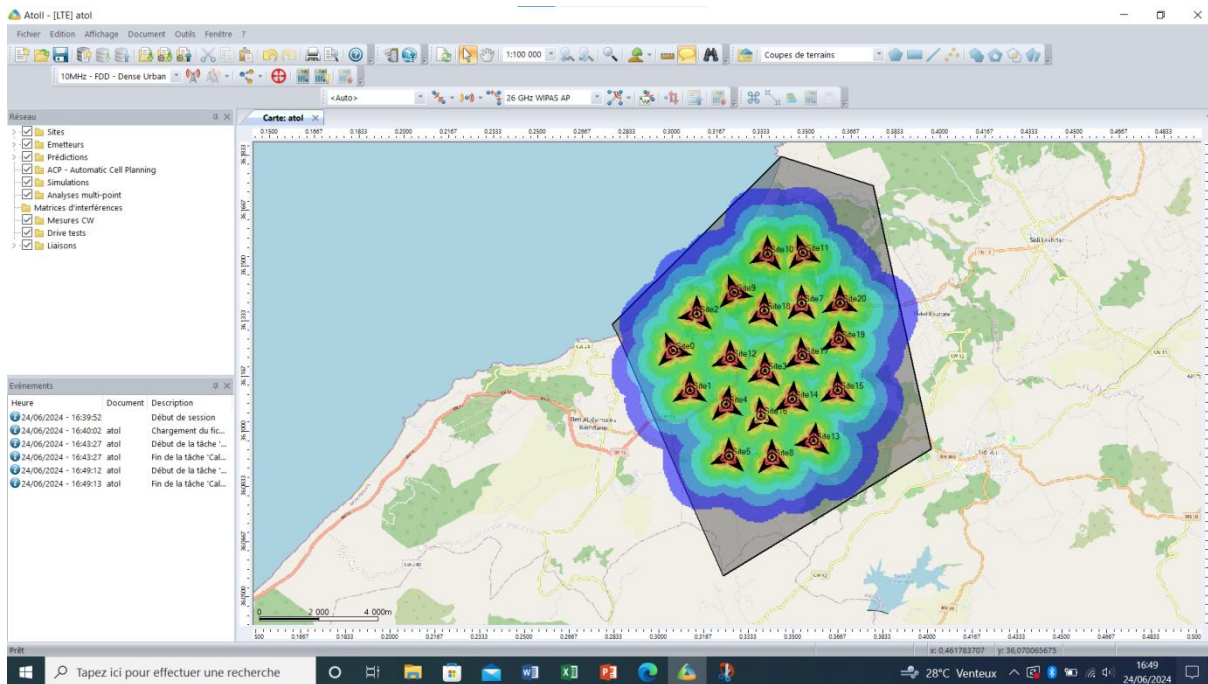


Figure III.15 : La pré prédiction de couverture par niveau de signal.

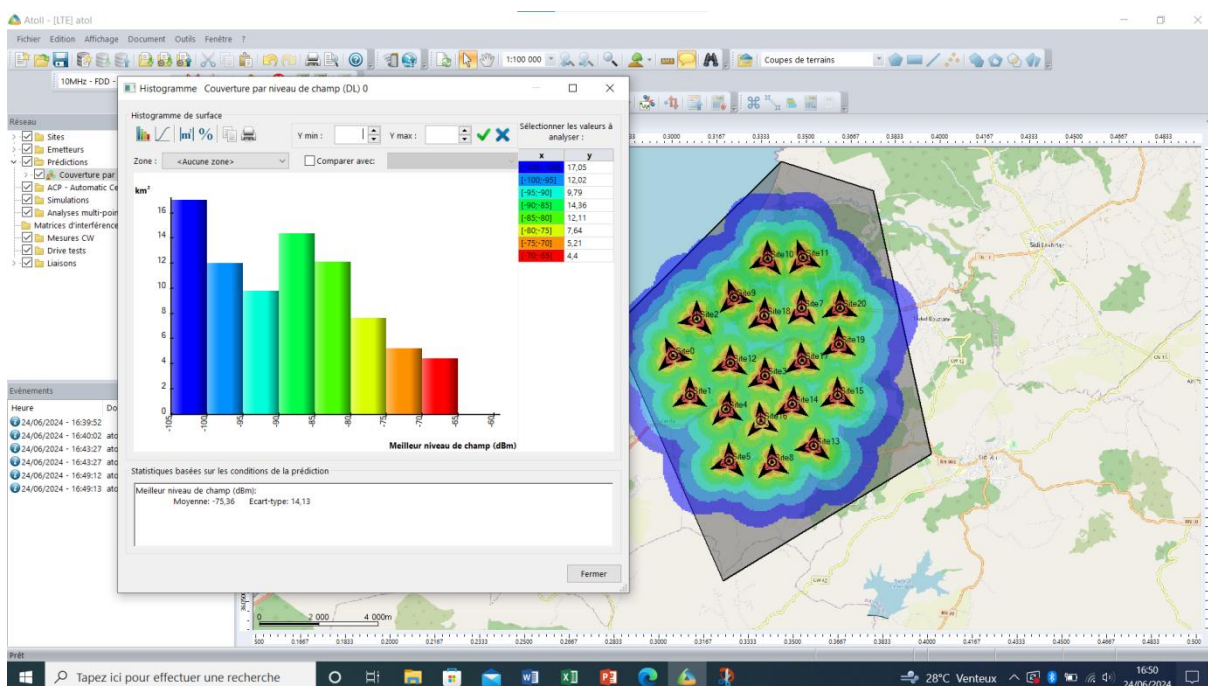


Figure III.16: l'histogramme de la couverture par niveau de signal.

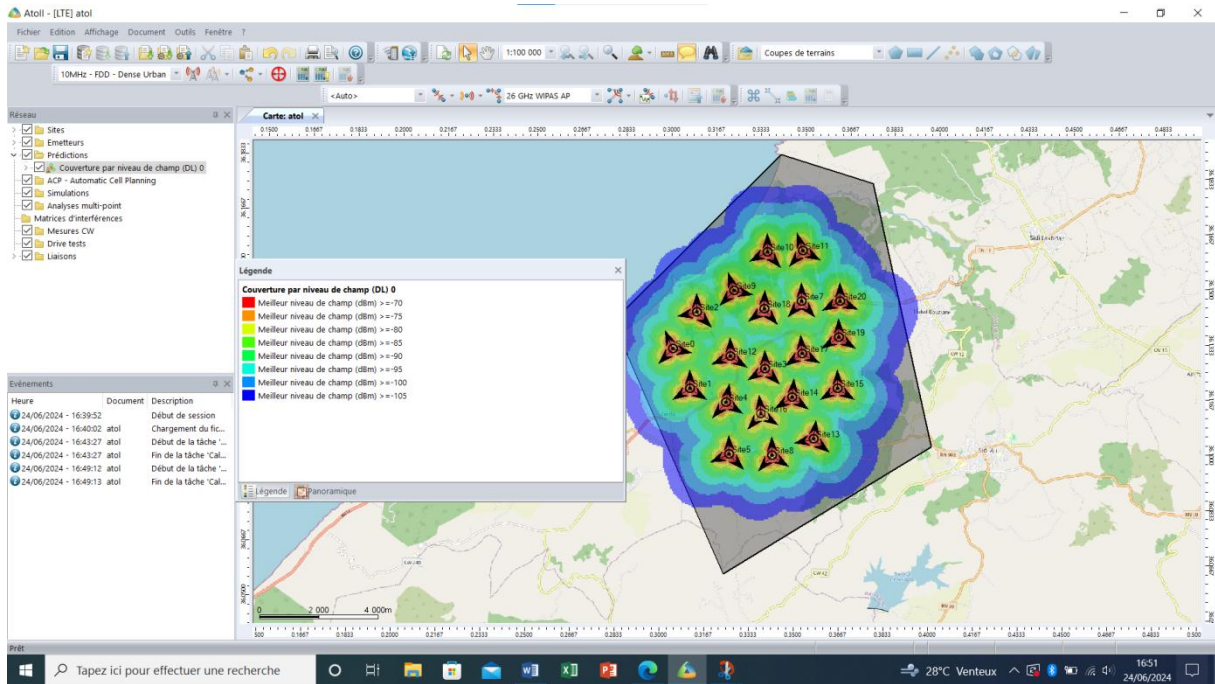


Figure III.17: Légende de la prédiction de la couverture par niveau de signal

- Nous avons remarqué que la zone est bien couverte au centre de la ville (Voir l'histogramme), mais les alentours nécessitent des sites supplémentaires pour une couverture optimale.
- Nous avons remarqué que la zone n'est pas entièrement couverte. elle est bien couverte dans le centre de la ville avec un bon signal d'après l'histogramme, mais les alentours de la ville sont mal couverts.
- Pour améliorer le signal il faut ajouter des sites dans la zone mal couverts.

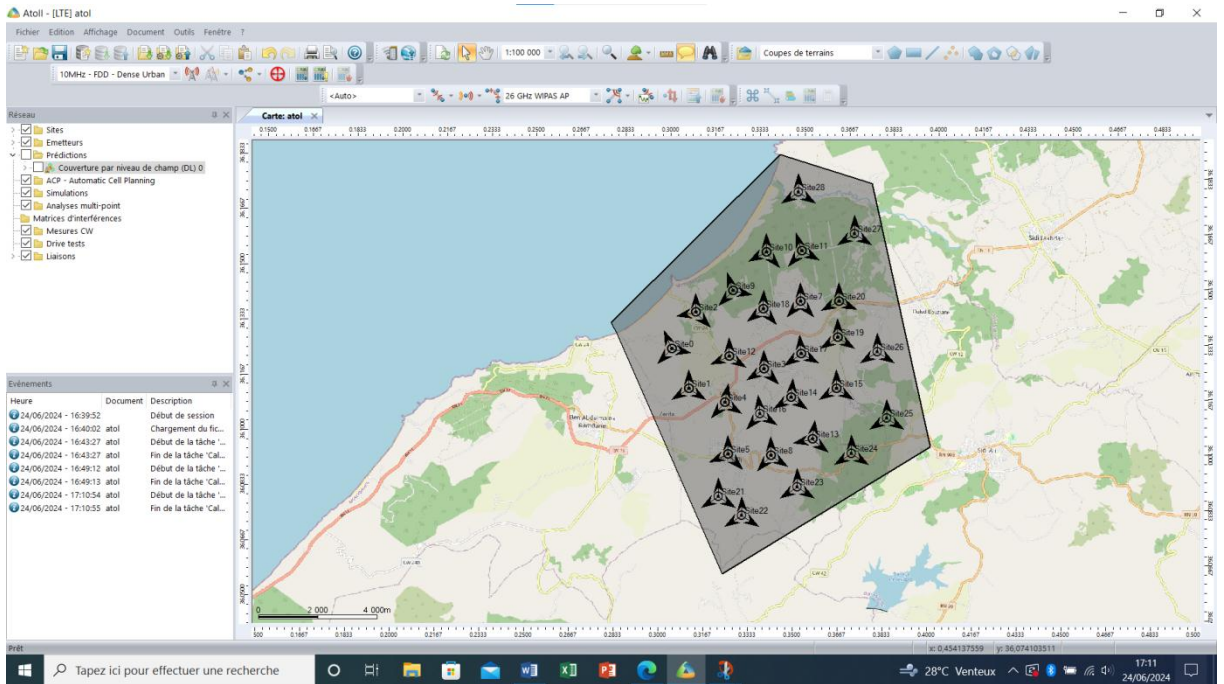


Figure III.18 :L’ajout des nouveaux sites.

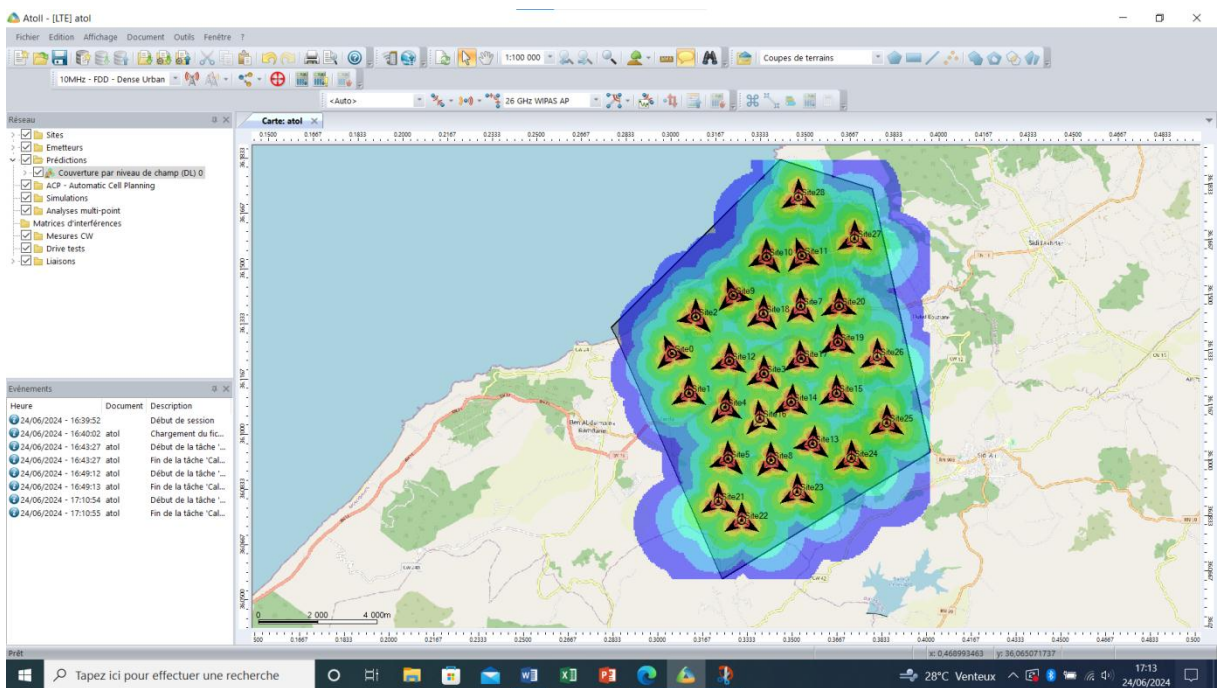


Figure III.19: La prédiction d’une couverture par niveau de signal

Après l’ajout des nouveaux sites, nous remarquons que la zone de la ville de hadjaj est bien couverte complètement.

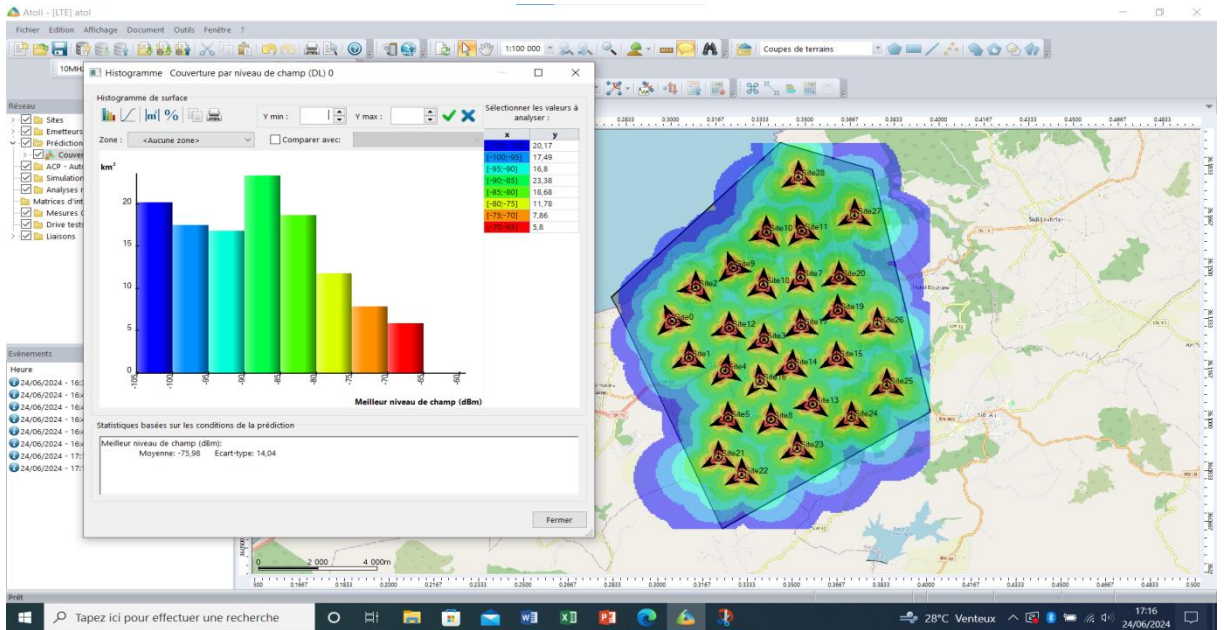


Figure III.20: Histogramme de la couverture par niveau de signal.

III.4. 2. Prédiction de Couverture par émetteur

Pour faire prédiction de couverture par émetteur il faut suivre les étapes suivantes :

Réseau— prédiction— click droite— nouvelle prédiction —couverture par émetteur DL
— calculer.

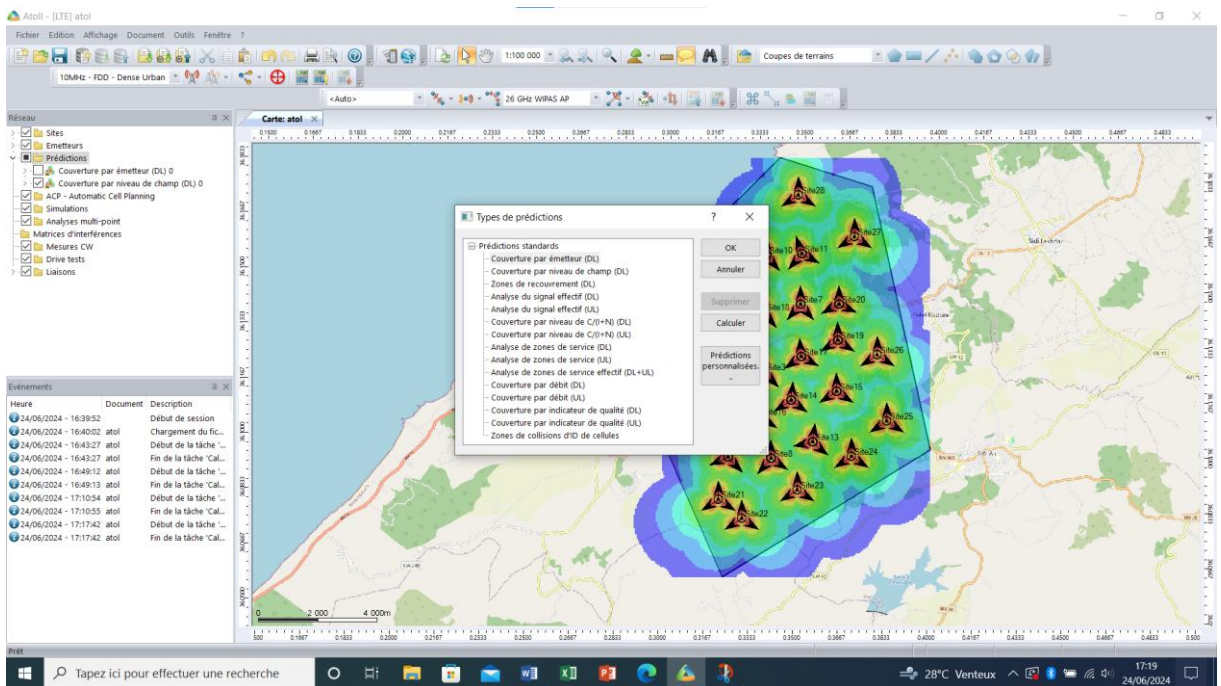


Figure III.21 : Le choix de la prédiction.

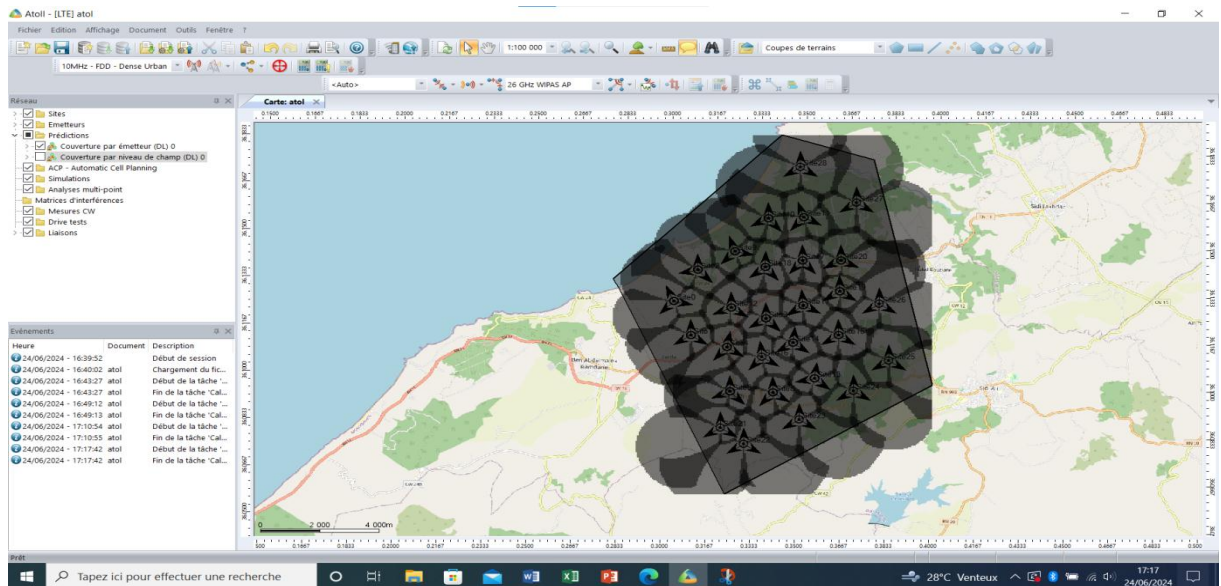


Figure III.22: Résultat de la prédiction de la couverture par émetteur

-La Prédiction de la couverture par émetteur nous permet d’avoir une vue globale de tous les émetteurs du réseau qui est très utiles pour supprimer les émetteurs inutiles, ou supprimer des secteurs.

III.4. 3. Prédiction de zone de recouvrement DL

Pour faire prédiction de zone de recouvrement DL suivez les étapes suivantes

- Réseau— prédiction— click droite— nouvelle prédiction -zone de recouvrement DL- calculer.

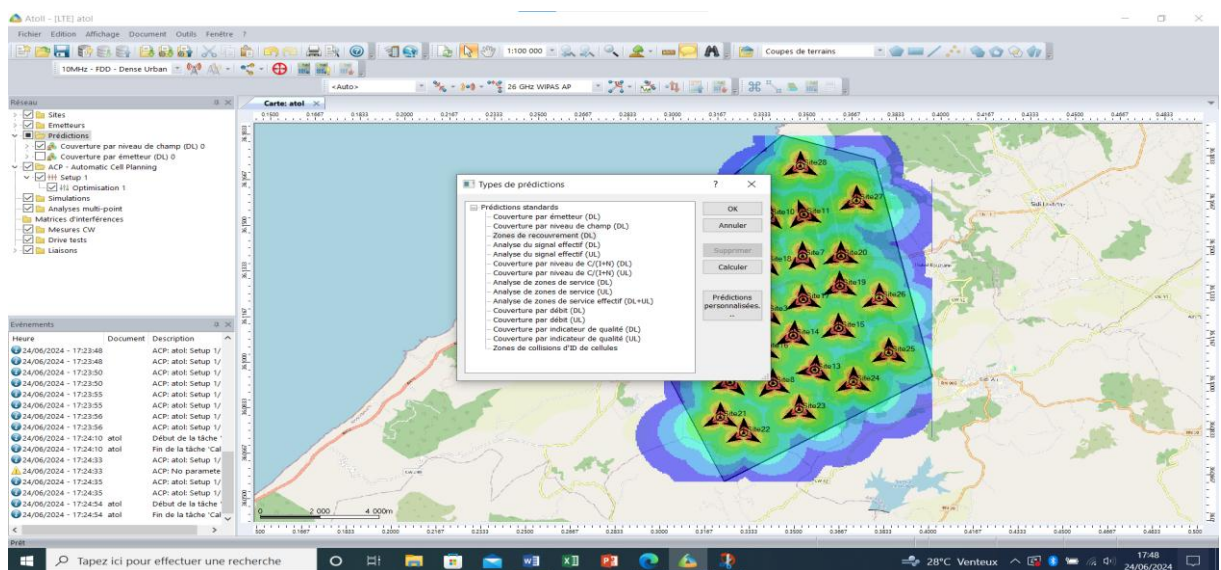


Figure III.23 : Le choix de la prédiction

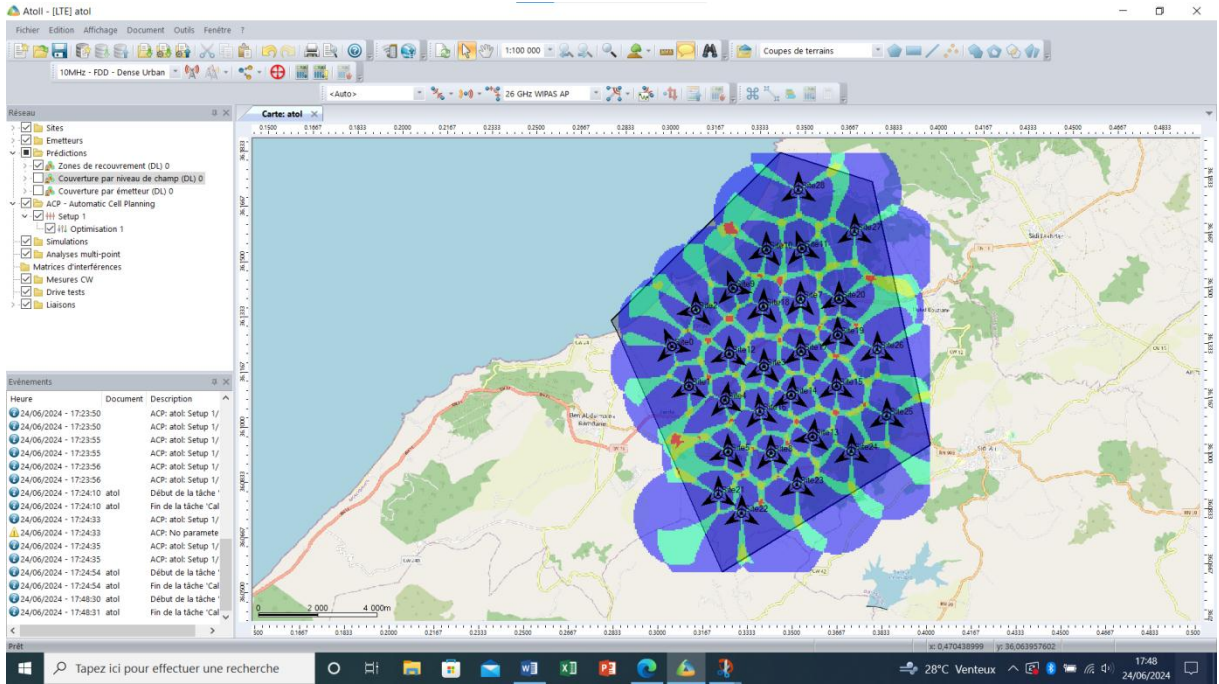


Figure III.24 : Carte de recouvrement

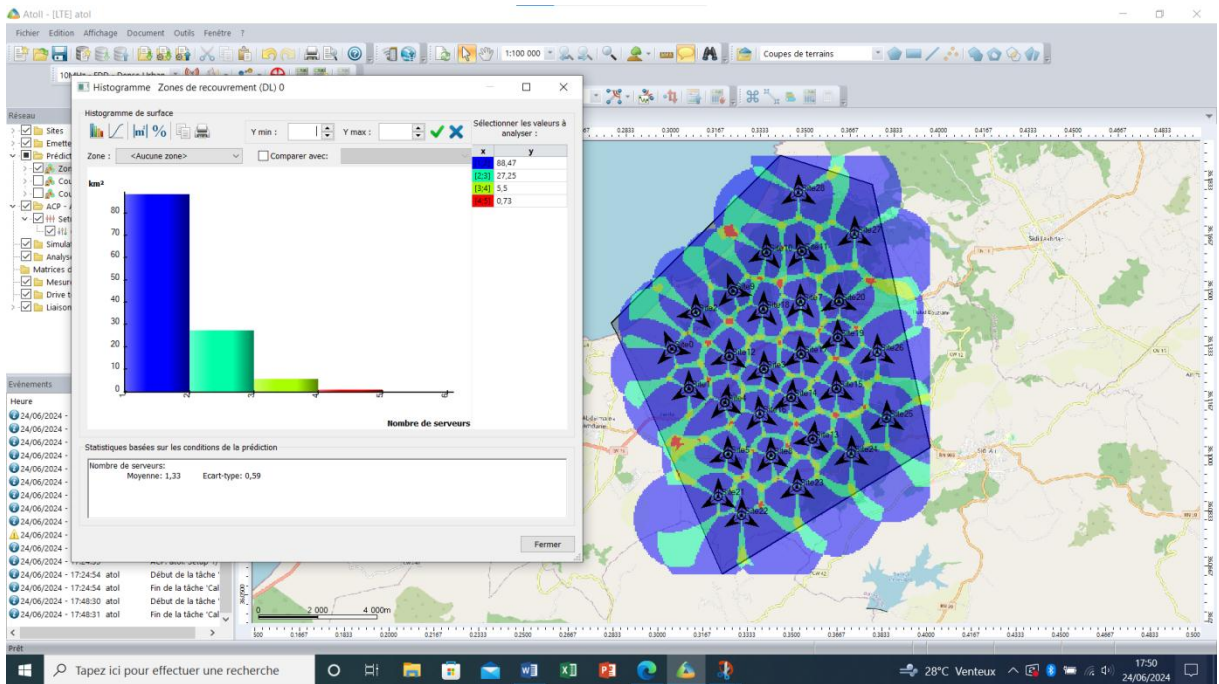


Figure III.25 : Histogramme de la Carte de recouvrement

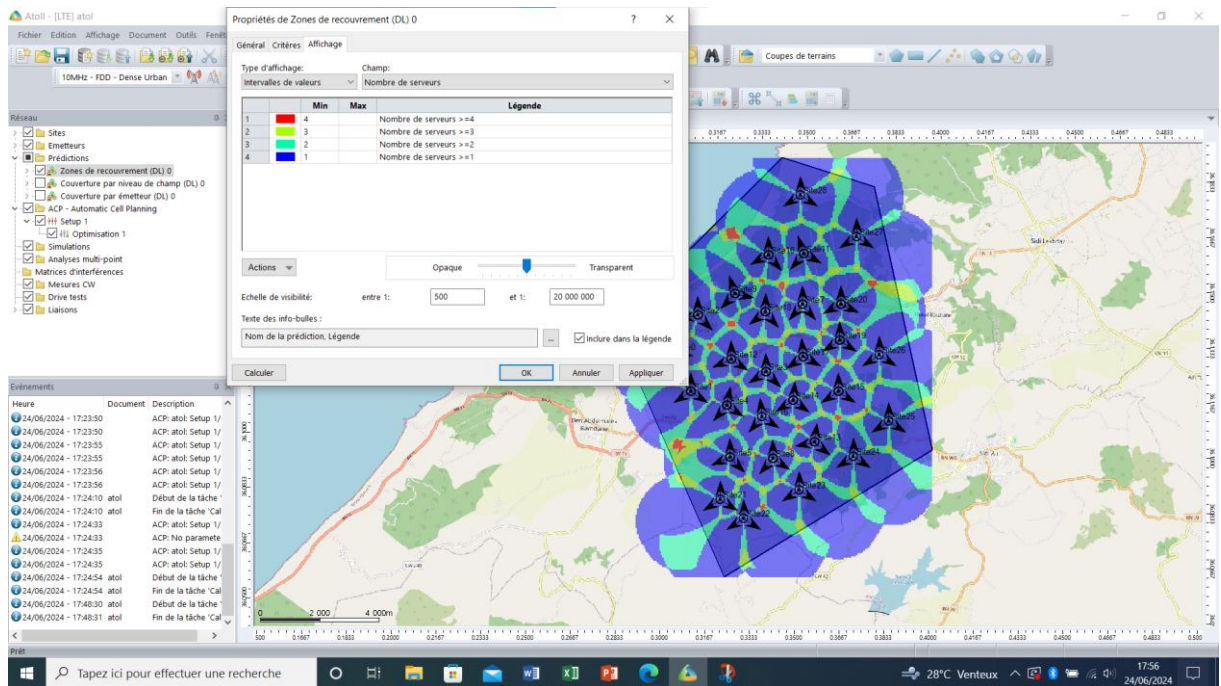


Figure III.26 : Légende de la Carte de recouvrement

Les zones de chevauchement sont des zones couvertes par le signal d’au moins deux émetteurs, c’est pourquoi la simulation aboutit à une carte de couverture qui nous permet d’identifier les zones où le mobile sera couvert par un ou plusieurs émetteurs.

III.5. Conclusion :

L'objectif de cette simulation était de positionner les sites de manière optimale pour améliorer la couverture du réseau 4G d’Algérie Télécom dans la ville de Hadjaj. Les résultats montrent que des ajustements sont nécessaires pour couvrir entièrement la zone cible. Des sites supplémentaires ont été ajoutés pour améliorer la couverture, comme illustré par les prédictions et les histogrammes.

En suivant ces étapes et en utilisant les fonctionnalités avancées d'Atoll, nous avons optimisé la qualité et la capacité des réseaux mobiles pour offrir un service fiable et performant aux utilisateurs.

CONCLUSION GENERALE

La planification du réseau LTE est cruciale pour garantir une couverture efficace, des performances optimales et une expérience utilisateur de qualité.

Dans ce mémoire nous avons proposé l'étude du dimensionnement de la couverture de la région de la ville De HADJAJ par le réseau LTE dont la planification a été effectuée à l'aide du simulateur Atoll.

Nous avons commencé par fournir des informations sur toutes les générations de réseaux mobiles, en bien soulignant la 4^{ème} génération (4G), et en la comparant avec les générations précédentes, aussi son architecture. Ensuite, nous avons abordé la partie essentielle du processus de dimensionnement caractérisé par sa complexité. Nous avons terminé ce processus en calculant le nombre de sites nécessaires qui s'élève à 20. Afin d'assurer une meilleure couverture de l'ensemble de la zone de Hadjaj, nous avons ajouté 8 sites supplémentaires, ce qui a permis d'obtenir une meilleure couverture en 4G comme le montre les histogrammes générés par le simulateur Atoll.

En perspective de notre travail, nous proposons d'élargir la zone de couverture par la 4G, et de mener une étude de cas, pour la réduction des coûts d'installation et l'amélioration de la qualité du signal 4G, ainsi que d'envisager une évolution vers la 5G.

Références bibliographiques

- [1] Ajay R. Mishra“ “Fundamentals of Cellular Network Planning and Optimization 2G 2.5G3G... Evolution to 4G” 2007.
- [2] Okumura, Y. a kol, “Field Strength and its Variability in VHF and UHF L and Mobile Radio Service”, Rev. Elec. Comm. Lab, No.9-10, pp. 825 - 873, 1968.
- [3] DR. Hridaya Nand Sah, “A brief history of mobile generations and satellite wireless communication system,” Raja Singh College, Siwan, Bihar, India, Pin-841226, 2017.
- [4] Ms. Lopa J. Vora,” Evolution of mobile generation technology: 1G to 5G and review of upcoming wireless technology,” Government Polytechnic, Ahmedabad,2015.
- [5] MD. Hasan Mahmud,” Cellular Mobile Technologies (1G to 5G) and Massive MIMO,” Pabna University of Science and Technology,2018.
- [6] KHELIFI salim, HADDAD Aissa << Dimensionnement et planification d’un réseau mobile 4G/LTE>> Université Akli Mohand Oulhadj – Bouira, Septembre 2018
- [7] <http://net-informations.com/q/diff/generations.html> 20.05.2022
- [8] Boushaki Oussama et Mosbah AbdElmouniem, “Dimensionnement et planification d’un réseau LTE, “ université Saad Dahleb Blida, 2019-2020.
- [9]: Motorola Manual, “Long Term Evolution (LTE) A Technical Overview”, Texas 2010.
- [10] Aderemi A. Atayero, Matthew K. Luka, Martha K. Orya et Juliet O. Iruemi, “3GPP Long Term Evolution: Architecture, Protocols and Interfaces, “Covenant University, Nigeria, November 2011.
- [11] khelifi Salim Et haddad Aissa, “Planification et dimensionnement d’un réseau Mobile 4G/LTE, “ Département génie électrique, université Akli Mohand Oulhadj Bouira, 2018.
- [12] <https://yatebts.com/documentation/concepts/lte-concepts> 4.06.2022
- [13]. Farooq KHAN : Technoligy director , Samsung Telecom Harri HOLMA and Antti TOSKALA: Nokia siemens Networks, Finland. ISBN 978-0-470- 99821-2.

- [14] Harri Holma and Antti Toskala, “HSDPA/HSUPA for UMTS,” 2006.
- [15] Ouari Yanis, “Modèle de propagation et de couverture de la 4G, “ Université A/Mira de Bejaïa, 2020.
- [16]<https://youtu.be/6w1DQCP5wkM?si=1npsUIHtbQU1-IG>
- [17] Garsha Sai Nitesh et AshnaKakkar, “Generations of Mobile Communication, “Amity University, India, Volume 6, Issue 3, March 2016.
- [18] Noman Shabbir, Muhammad T. Sadiq, Hasnain Kashif et Rizwan Ullah, “comparison of radio propagation models for long term evolution (LTE) network,” 2011.
- [19] Mardeni.R and T. Siva Priya (Corresponding author),” Optimized COST-231 Hata Models for WiMAX Path Loss Prediction in Suburban and Open Urban Environments, “.
- [20] James D. Gadze, Kwame A. Agyekum, Stephen J. Nuagah et E.A. Affum,” improved propagation models for LTE path loss préduction in urban and suburban Ghana,” 2019.
- [21] BOUSHAKI O, MOSBAH A . Dimensionnement et planification d’un réseau LTE.Diss Université de Blida.2020
- [22]. ZUBEIRI Iman << Étude de la capacité des réseaux LTE >> UNIVERSITÉ Sidi Mohamed Ben Abdelah
- [23] Subharthi Paul, “Long Term Evolution (LTE) & Ultra-Mobile Broadband (UMB) Technologies for Broadband Wireless Access, “2008
- [24] Tarek Touhami,“La mise en place d’un outil d’optimisation d’un réseauAdvanced LTE Pour Tunisie Telecom,“2015
- [25] Ericsson, Inc, << LTE 10A Air Interface >>, Ericsson LTE Plinning , Internal and confidential document © Copyright 2009.
- [26].Yannick Bouguen, Éric Hardoin, François - Xavier Wolff, << LTE et les réseaux 4G >>, Groupe Eyrolles, 2012, ISBN : 978-2-212-12990-8.