



République Algérienne Démocratique et Populaire  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



**Université Amar Thelidji- Laghouat**

**FACULTE : DE TECHNOLOGIE  
DEPARTEMENT : D'ELECTRONIQUE**

**MEMOIRE DE MASTER**

**Réalisé par :**

**Amrani Nour El Houda  
Touati Zineb**

**DOMAINE : Sciences Et Technologie**

**FILIERE : Télécommunications**

**OPTION : Systèmes De Télécommunications**

**Thème**

**PLANIFICATION D'UN RESEAU 5G SUR LA  
ZONE DE LAGHOuat**

**Jury de soutenance :**

<b>Nom et Prénom</b>	<b>Grade</b>	<b>Qualité</b>
Ramdani Saadi	MAA	Encadreur
Seghier Abdelkrim	MAA	Président
ouardas Asma	MCB	Examineur

**Promotion : 2020/2021**



# **REMERCIEMENT**

*Tous notre louanges et remerciements à ALLAH le tout puissant, le clément et miséricordieux, qui notre a doté de toutes les facultés et les compétences et notre a guidé dans notre œuvres et éclairé notre route à mener à bien ce travail de recherche.*

*A Notre Enseignant et Notre Encadreur*

*Mr Ramdani Saadi*

*Nous avons eu l'honneur d'être parmi vos élèves et de bénéficier de votre riche enseignement.*


*Veillez bien monsieur recevoir notre remerciement pour le grand honneur que vous*

*Nos'avez fait d'accepter l'encadrement de ce travail.*

*Aux membres du jury*

*Messieurs les jurys, vous nous faites un grand honneur en acceptant de juger ce travail.*

*Nous tiens à remercier chaleureusement, tout notre proches et tous ceux qui, De près ou de loin, nos ont apporté leurs sollicitudes pour accomplir ce Travail.*





## *DEDICACE*

*Tous les mots ne sauraient exprimer la gratitude, l'amour, le respect, la reconnaissance, c'est tout simplement que : Je dédie ce Mémoire de master à :*

*A Ma tendre Mère : Tu représentes pour moi la source de tendresse et l'exemple de dévouement qui n'a pas cessé de m'encourager. Tu as fait plus qu'une mère puisse faire pour que ses enfants suivent le bon chemin dans leur vie et leurs études.*

*A Mon très cher Père : Aucune dédicace ne saurait exprimer l'amour, l'estime, le dévouement et le respect que j'ai toujours pour vous. Rien au monde ne vaut les efforts fournis jour et nuit pour mon éducation et mon bien être.*

*Ce travail et le fruit de tes sacrifices que tu as consentis pour mon éducation et ma formation le long de ces années.*

*Mes remerciements vont aussi à l'encontre de mes frères et sœurs, pour toute l'aide et l'abnégation, leur motivation incessante, leur amour éternel et leur soutien continu durant mes études.*

*Notre grande famille. Nos cher ami (e) s*

*Tout qu'ont collaboré de près ou de loin à l'élaboration de ce travail.*

***NOUR EL HOUDA & ZINEB***

## **Résumé**

La planification des réseaux de mobiles nécessite une bonne gestion des ressources disponible tout en assurant une bonne couverture pour les usagers avec une bonne qualité de service. Pour ce faire, cette opération comprend plusieurs phases, dont le choix des architectures, l'évaluation de la demande de trafic, la conception topologique réalisée à partir des affectations des équipements des différents réseaux en se basant sur la modélisation et simulation d'ondes radio utilisées par le réseau 5G et l'analyse de performance. Cependant, il faut noter qu'il existe des outils permettant de faire la planification pour les réseaux: 2G, 3G et 4G mais pas encore d'outil propre à la 5G vu sa nouveauté. L'approche qui sera retenue dans ce mémoire tiendra compte de toutes ces phases, à l'exception de la phase d'évaluation de la demande de trafic afin de focaliser le travail sur l'aspect radio de la nouvelle génération ou réside la nouveauté par rapport aux générations précédentes. Au début nous avons commencé par l'usage de la modélisation d'onde radio de la 5G afin de caractériser la couverture d'une station de base massive MIMO. Par la suite nous avons utilisé ces résultats pour trouver les meilleures positions des gNodeB sur une carte géographique d'une zone de LAGHOUAT.

**Mot clés :** Planification du réseau 5G, La couche physique (PHY), 5G, NR 5G.

## **Abstract**

A mobile network planification need a good resources management for a good cell coverage with QoS maintain. This task need several steps : architecture choice, traffic demand evaluation, topology conception based on equipment installation related to different networks using 5G waves modeling and simulation and performances analyses. However there is some tools for 2G, 3G and 4G planification, but no tool yet for 5G planification. Our work will take in consideration all the steps but without traffic demand evaluation in order to focus on the wireless link of the new generation. First we started using 5G radio wave modeling in order to take a look on massive MIMO base station coverage. Than we used he results to find the optimal gNodeB positions on a LAGHOUAT area digital map.

**Keywords :** 5G Network Planning, Physical layer (PHY), 5G, NR 5G.

يتطلب تخطيط شبكات المحمول إدارة جيدة للموارد المتاحة مع ضمان تغطية جيدة و جودة خدمة للمستخدمين. للقيام بذلك ، تتضمن هذه العملية عدة مراحل ، بما في ذلك اختيار البنى ، تقييم الطلب على حركة المرور ، التصميم الطوبولوجي الذي تم تنفيذه من تخصيصات معدات الشبكات المختلفة ، بناءً على نمذجة ومحاكاة الموجات الراديوية التي تستخدمها شبكة 5G وتحليل الأداء. ومع ذلك، يجب أن نشير إلى أن هناك أدوات لتخطيط شبكات: 2G و 3G و 4G ولكن ليس هناك أداة مخصصة لشبكة 5G نظرًا لحداتها. النهج الذي سيتم اعتماده في هذه الأطروحة سيأخذ في الاعتبار جميع هذه المراحل ، باستثناء مرحلة تقييم الطلب على المرور من أجل تركيز العمل على الجانب الراديوي للجيل الجديد ، لأن هذا الجانب هو ما يكمن فيه الاختلاف بين الجيل الجديد و الأجيال السابقة. في البداية، قمنا باستخدام نمذجة الموجات الراديوية لـ 5G من أجل وصف تغطية محطة قاعدة MIMO ضخمة. ثم استخدمنا هذه النتائج للعثور على أفضل مواقع gNodeB على خريطة جغرافية لمنطقة الأغواط.

**الكلمات المفتاحية :** تخطيط شبكة الجيل الخامس، الطبقة المادية، الجيل الخامس، راديو الجيل الجديد للجيل الخامس .

# TABLE DES MATIERES

Remerciements	
Dédicace	
Résumé.....	I
Table des matières.....	III
Liste des figures .....	VI
Liste des tableaux .....	VIII
Glossaire .....	IX
Introduction Générale .....	1

## CHAPITRE I : Passage De La 4G Vers La 5G


I.1 Introduction.....	2
I.2 3Gpp et le standard de LTE.....	2
I.3 LTE Exigences.....	3
I.4 Les Technologies qui' utilisées par LTE .....	3
I.4.1 OFDMA.....	3
I.4.2 SC-FDM.....	4
I.4.3 MIMO.....	4
I.4.4 Codage de Canal Turbo.....	5
I.4.5 Adaptation de lien.....	5
I.5 La couche physique de la 4G et limitation de chaque bloc.....	6
I.5.1 Limitation D'OFDM.....	8
I.5.2. Limitation De MIMO.....	8
I.5.3 Limitation Codage De Canal Turbo .....	9
I.6 La solution Propose Pour Chaque Bloc.....	9
I.7 5G standard.....	9
I.7.1 Les exigences qui doivent être réalisées par la 5G.....	10
I.7.2. La Couche Physique De La 5G ( 1ere version).....	11
I.7.2.1 Description General De La Couche Physique.....	12
I.7.3 Les Technologie Utilise Par La 5 <sup>ème</sup> Génération.....	14
I.7.3.1 Les Ondes Millimétrique.....	14
1.7.3.2 Massive MIMO.....	16

I.7.3.3 Beamforming.....	19
I.7.3.4 Petite cellule.....	19
I.7.3.5 Full Duplex.....	20
I.7.3.6 CP-OFDM.....	21
I.8 Conclusion.....	22

## **CHAPITRE II : NR de la 5G**

II.1 Introduction.....	24
II.2 NR PHY: COMPOSANTS CLÉS DE LA TECHNOLOGIE.....	25
II.2.1 Modulation .....	25
II.2.2 Forme d'onde.....	25
II.2.3 transmission multi-antenne.....	26
II.2.4 Codage de canaux.....	26
II.3 La Couche Physique De La 5G (2ere version) .....	26
II.3.1 Ressources des fréquences - de temps physiques.....	27
II.3.2 Canaux physique .....	28
II.3.3 Signaux physique.....	29
II.3.4 Schéma de duplexage.....	30
II.3.5 Structure de trame.....	30
II.3.6 Combinaisons de formats de slot.....	31
II.3.7 La bande passante de transmission.....	32
II.3.8 Ports d'antenne.....	33
II.4 Flux d'information.....	33
II.5 Technologies de prise en charge du traitement de la couche physique.....	35
II.5.1 Sélection du graphe de base LDPC et segmentation du bloc de code.....	36
II.5.2 Correspondance de taux et fonctionnalité HARQ.....	36
II.5.3 Brouillage.....	37
II.5.4 Mappage des éléments de ressources.....	37
II.6 Transmission de données.....	38
II.6.1 Traitement des canaux de transport.....	38
II.6.2 Traitement des canaux physique.....	40
II.6.3 Traitement analogique.....	42
II.7 Architecture de 5G.....	42

II.8 Conclusion.....45

 **CHAPITRE III : SIMULATION** 

III.1 Introduction.....46

III.2 Planification Et Dimensionnement.....46

    III.2.1 l’objectif .....47

III.3 SINR .....48

    III.3.1 Modelé de système.....48

III.4 simulation .....53

    III.4.1 Introduction Avec Matlab.....53

    III.4.2 Configuration du réseau.....53

III.5 conclusion.....60

Conclusion Générale .....62

Référence.....63

# LISTE DES FIGURES

<b>Figure I.1</b> : Spécifications De Couche Physique Dans LTE.....	7
<b>Figure I.2</b> : Massive MIMO.....	17
<b>Figure I.3</b> : l'opération de FDD et TDD modes. ....	20
<b>Figure II.1</b> : NR Structure temps-fréquence physique.....	27
<b>Figure II.2</b> : NR Structure de trame.....	27
<b>Figure II.3</b> : Exemple de structure de trame de couche physique NR.....	31
<b>Figure II.4</b> : La largeur de bande du canal et la configuration de la bande passante de transmission pour un NR.....	32
<b>Figure II.5</b> : Flux d'informations de liaison montante. PHY: couche physique.....	34
<b>Figure II.6</b> : Flux d'informations de liaison descendante. PHY: couche physique.....	34
<b>Figure II.7</b> : (a)Traitement des canaux de transport ;(b)Traitement des canaux physiques....	35
<b>Figure II.8</b> : Segmentation par bloc de code.....	36
<b>Figure II.9</b> : Brouilleur.....	37
<b>Figure II.11</b> : Traitement du canal de transport. (a) Transmission. (b) Réception.....	39
<b>Figure II.12</b> : Traitement du canal physique. (a) Transmission. (b) Réception.....	40
<b>Figure II.13</b> : Traitement analogique. (a) Transmission. (b) Réception.....	42
<b>Figure II.14</b> Architecture de haut niveau de la 5G.....	43
<b>Figure II.15</b> : Architecture du réseau 5G SA.....	44
<b>Figure II.16</b> : Architecture du réseau 5G NSA.....	45
<b>Figure III.1</b> : SINR au récepteur prévu i.....	49
<b>Figure III.2</b> : eMBB Disposition Hexagonale Des Cellules Urbaines.....	50
<b>Figure III.3</b> : macros-couches BS placées dans une grille régulière.....	50
<b>Figure III.4</b> : Disposition D'une Microcouche.....	51
<b>Figure III.5</b> : Contribution Des Brouilleurs (Modèle De Boule D'interférence) .....	51
<b>Figure III.6</b> : Diagramme de rayonnement 3D d'un élément d'antenne unique.....	55

<b>Figure III.7</b> : Diagramme De Rayonnement D'un Réseau Planaire Uniforme. ....	56
<b>Figure III.8</b> : Transmission Au Centre Du Site .....	57
<b>Figure III.9</b> : Carte SINR Des Sites Emetteurs .....	57
<b>Figure III.10</b> : Carte De Rue Ouverte De 19 Sites D'émetteurs CHARIEE ELISTIKLALE DE LAGHOUAT.....	60

# LISTE DES TABLEAUX

**Table III.1:** les paramètres de configuration évaluation.....58

# GLOSSAIRE

**2G** : Deuxième génération.

**3GPP** : Projet de partenariat de 3e génération

**4G** : Quatrième génération

**5G** : Cinquième génération.

**5GC**: Cœur 5G

## A

**ADC** : Convertisseur analogique-numérique

**ARQ** : Demande de répétition automatique

## B

**BCH** : Canal de diffusion

**BPSK** : Déphasage binaire

**BS**: station de base

## C

**CA** : Agrégation de transporteurs

**CDMA** : Accès multiple au code de division

**CI** : Fermer dans

**CP** : Plan de contrôle ou préfixe cyclique

**CP-OFDM** : préfixe cyclique OFDM

**CRC** : Contrôle de redondance cyclique

**CriC** : Communication critique

**CSI** : Informations sur l'état du canal

**CSI-RS** : Signal de référence CSI

## D

**D2D** : Périphérique à Périphérique

**DAC** : convertisseur numérique-analogique

**DC** : Double connectivité

**DCCH** : Canal de contrôle dédié

**DFT** : Transformée de Fourier discrète

**DL** : liaison descendante

**DFTS** : DFT-spread

**DL-SCH** : canal partagé de liaison descendante

**DM-RS** : Signal de référence de démodulation

**DTCH** : Canal de trafic dédié

**DSI** : distance inter-sites

## E

**eMBB** : Haut débit mobile amélioré

**eNB** : Nœud B évolué

**EPC** : Noyau de paquet évolué

**ESRI** : Institut de Recherche sur les Systèmes Environnementaux

**E-UTRAN** : Réseau d'accès radio terrestre UMTS évolué

## F

**FDD** : Duplex par répartition en fréquence

**FFT** : Transformée de Fourier rapide

**FR1** : Gamme de fréquence 1

**FR2** : Gamme de fréquence 2

**FDM** : multiplexage fréquentiel

**FBMC** : banc de filtres multi-porteur

**FDM** : multiplexage fréquentiel

## G

**gNB** : Nœud B de nouvelle génération

## H

**HARQ** : ARQ hybride

**HSPA** : Accès aux paquets haut débit

## I

**IBM** : modèle de boule d'interférence

**IFFT** : FFT inverse

**ID** : identité

**IMS** : sous-système multimédia IP

**IMT** : Télécommunications Mobiles Internationales

**IoT** : Internet des objets

**IP** : Protocole Internet

**ITS** : Système de transport intelligent

## L

**LDPC** : Contrôle de parité basse densité

**LOS** : ligne de mire

**LTE** : Évolution à long terme

## M

**MAC** : Contrôle d'accès au support ou Code d'authentification du message

**MBB** : haut débit mobile

**MIB** : Bloc d'information maître

**MIMO** : entrées multiples sorties multiples

**mMIMO** : MIMO massif

**mMTC** : Communications massives de type machine

## N

**MMSE** : Erreur quadratique moyenne minimale

**MU-MIMO** : MIMO multi-utilisateurs

## O

**OFDM** : Multiplexage par répartition orthogonale de la fréquence

**OFDMA** : Accès multiple par répartition orthogonale de la fréquence

## P

**PBCH** : Canal de diffusion physique

**PCH** : Canal de radiomessagerie

**PDCCH** : Canal de contrôle de liaison descendante physique

**PDSCH** : Canal partagé de liaison descendante physique

**PHY** : Couche Physique

**PLE** : Exposant de perte de chemin

**PRACH** : Canal d'accès aléatoire physique

**PRB** : Bloc de ressource physique

**PRS** : Signal de référence de positionnement

**PSS** : Signal de synchronisation primaire

**PT-RS** : Signal de référence de suivi de phase

**PUCCH** : Canal de contrôle de liaison montante physique

**PUSCH** : Canal partagé de liaison montante physique

## Q

**QAM** : Modulation d'amplitude en quadrature

**QPSK** : Incrustation par décalage de phase en quadrature

## R

**RACH** : Canal d'accès aléatoire

**RAN** : Réseau d'accès radio

**RB** : Bloc de ressources

**RLC** : Contrôle de liaison radio

**RRC** : Contrôle des ressources radio

**RF** : fréquence radio

## S

**SA** : Autonome

**SCH** : Chaîne partagée

**SIB** : Bloc d'informations système

**SINR** : Rapport de bruit d'interférence de signal

**SNR** : Rapport signal sur bruit

**SON** : Réseau auto-optimisant ou Réseau auto-organisateur

**SRS** : Signal sonore de référence

**SRVCC** : Continuité d'appel vocal radio unique

**SSS** : Signal de synchronisation secondaire

**SC-FDMA** : accès multiple par répartition en fréquence à porteuse unique

## T

**TDD** : Duplex temporel

**TRS** : Signal de référence de poursuite

**TRP** : Points de réception d'émission

**TS** : Spécification technique

## U

**UE** : équipement utilisateur

**UIT** : Union Internationale des Télécommunications

**UIT-R** : UIT Radiocommunication

**UL** : liaison montante

**UMTS** : Système universel de télécommunications mobiles

**URLLC** : Communication ultra-fiable à faible latence

**UTRAN** : Réseau d'accès radio terrestre UMTS

**UPA** : réseau planaire uniforme

## V

**V2V** : Véhicule à véhicule

**V2X** : Véhicule à tout

**VoIP** : Voix sur IP

**VRB** : Bloc de ressources virtuelles

## W

**WiMAX** : interopérabilité mondiale pour l'accès aux micro-ondes

## Z

**ZP CSI-RS** : CSI-RS à alimentation nulle

# INTRODUCTION GENERALE

Les réseaux mobiles ont connu de nombreuses évolutions depuis une trentaine d'années. Ces innovations technologiques ont permis d'offrir de plus en plus de services aux différents utilisateurs avec des débits croissants. L'architecture même des réseaux pourrait évoluer pour répondre à une demande croissante de qualité de service, de fiabilité et de rapidité. La 5G est présentée comme l'ensemble des technologies dont le but est notamment d'améliorer l'efficacité spectrale en transmettant plus de contenus avec un débit plus élevé. La densification des cellules constituerait une partie de cette réponse.

Cette nouvelle génération de réseau cellulaire ne devrait rapidement plus suffire seule à faire face à progression du trafic mobile. Une alternative consiste à déployer des points d'accès et de petites cellules (macro, femto, pico cellule) en zone urbaine dense et à l'intérieur des bâtiments afin de décharger une partie du trafic. Ainsi de nombreuses solutions ont déjà été proposées afin d'augmenter la capacité des réseaux: l'agrégation de porteuses pour le 5G, l'utilisation de modulations complexes associées à la réduction de la taille des cellules, et tirant partie de la diversité du canal de propagation par une architecture massive MIMO. Si le déploiement de petites cellules et point d'accès participe au désengorgement des réseaux cellulaires et le routage du trafic (typiquement supérieur à 10Gbps) jusqu'au cœur de réseau, sans latence. Si la réduction de la taille des cellules permet d'obtenir des rapports signal sur bruit importants, l'efficacité spectrale reste limitée en pratique par les imperfections radio des fréquences de transmissions et les conditions de propagations (multi-trajets, interférences). C'est dans ce mémoire qui s'intitule « Planification d'un réseau 5G sur la zone de LAGHOUAT » que nous allons voir :

Le premier chapitre présente brièvement comment les concepts technologiques clés ont été introduits dans la normalisation 3GPP de l'évolution à long terme de la 4G (LTE) vers la 5G.

Le deuxième chapitre, nous fournissons un aperçu de la couche physique NR (basée sur la deuxième version NR), et nous nous concentrerons sur les principes de base, les composants techniques de la couche physique NR.

Dans le dernier chapitre, nous avons effectué une petite simulation en utilisant l'environnement logiciel MATLAB, nous avons présenté la planification avec une étude sur la couverture d'une zone urbaine à forte densité de population. Nous avons choisi la ville de LAGHOUAT.

Enfin une conclusion générale pour clore nos travaux.

**Chapitre I** -----

**PASSAGE DE LA 4G VERS LA 5G**

-----

## **I.1 Introduction :**

la 3GPP qui dirige L'évolution à long terme des communications sans fil et marque le début d'un nouveau système complet de technologies de la 4G à la 5G. Comme les technologies dominent les générations de réseaux sans fil, il a été d'étudier comment ces technologies enchanteuses et ingénieuses pourraient être mises en œuvre dans la couche physique des systèmes sans fil à entrées multiples et à sortie multiple (MIMO) environnements non idéaux. En fait, la 5G est plus qu'un simple réseau de communications mobiles. Il aura un impact étonnant sur notre société, l'économie, et presque tous les aspects de la vie quotidienne. L'énorme système MIMO, la grande vitesse de diffusion des données et l'augmentation de la couverture attendue la 5G ne sont pas le seul avantages par rapport à la 4G. Une faible latence offre également la possibilité de connexion sans fil presque immédiate en temps réel. La faible latence 5G peut fournir des connexions à un grand nombre d'objets intelligents IoT.

Le chapitre donne un aperçu des différentes technologies que LTE et 5G ont adoptées avec les différences dans la couche physique qui était en LTE et développées en 5G [1].

## **I.2 3Gpp et le standard de LTE:**

la 3GPP qui développés Le LTE et le LTE-Advanced. Ils héritent beaucoup de la 3GPP précédente (UMTS et HSPA) et en ce sens peut être considérée comme une évolution de ces technologies. Toutefois, pour répondre aux exigences de l'IMT-Advanced et pour rester compétitif WIMAX, la norme LTE nécessaire pour s'écarter radicalement de la W-CDMA technologie de transmission utilisée dans les normes précédentes. Les travaux de normalisation du LTE ont débuté en 2004 et ont abouti à une ré-architecture ambitieuse et à grande échelle des réseaux mobiles. Après quatre ans de délibérations et avec les contributions d'entreprises de télécommunications et d'organismes de normalisation d'Internet du monde entier, le processus de normalisation du LTE (3GPP Release 8) s'est achevé en 2008. La norme Release 8 LTE a ensuite évolué vers LTE Release 9 avec des modifications mineures, puis à la libération 10, également connu sous le nom LTE-Advanced standard. Le LTE-Advanced propose des améliorations de l'efficacité spectrale, des taux de l'expérience utilisateur par rapport au LTE. Avec un taux de données maximal de pointe de 1 Gbps, l'UIT approuvé LTE-Advanced en tant que technologie avancée de l'IMT [3].

### **I.3 LTE exigences :**

Les exigences du LTE couvrent deux composantes fondamentales de l'architecture évoluée du système UMTS : le Réseau universel évolué d'accès radio terrestre (E-UTRAN) et le noyau de paquets évolués (EPC). Les objectifs de l'ensemble du système comprennent les suivantes :

- Amélioration de la capacité et de la couverture du système.
- Taux de données de pointe élevés an plus Réduction des coûts d'exploitation.
- Faible latence (avion utilisateur et avion de commande).
- Prise en charge multi-antennes et Opérations flexibles de bande passante.
- Intégration transparente avec les systèmes existants (UMTS ,Wifi, etc.)

Comme une augmentation substantielle des tarifs des données mobiles est l'un des principaux mandats des normes LTE, il est utile d'examiner certaines des avancées récentes dans la recherche en communication ainsi que des considérations théoriques liées aux taux de données maximum réalisables dans une liaison de communication mobile [3].

### **I.4 Les Technologies utilisées par LTE:**

LTE a été des technologies habilitantes et son évolution incluent l'OFDM, MIMO, turbo codage et des techniques dynamiques d'adaptation des liens. Ces remontent à des domaines de recherche bien établis dans les domaines de la communication et de la contribuer ensemble à la capacité de la norme LTE de répondre à ses exigences.

#### **I.4.1 OFDMA :**

Les principales raisons pour lesquelles LTE sélectionne OFDM et ses son homologue à transporteur unique SC-FDM, car les systèmes de transmission de base comprennent les éléments suivants : robustesse du canal de décoloration multi-porteuse, efficacité spectrale élevée, mise en œuvre de faible complexité et la possibilité de fournir des bande passantes de transmission flexibles et de prendre en charge les telles que la planification sélective des fréquences, la transmission MIMO et les interférences coordination [3].

L'OFDM est un système de transmission multi-porteuse. L'idée principale derrière elle est de subdiviser les informations transmises sur un canal à large bande dans le domaine des

fréquences et d'aligner les données symboles avec de multiples sous-canaux orthogonaux à bande étroite connus sous le nom de sous-porteuses. Lorsque le l'espacement des fréquences entre les sous-coucheurs est suffisamment petit, un système de transmission OFDM peut représenter un canal de décoloration sélectif par fréquence comme une collection de décoloration plate à bande étroite sous-canaux. Cela permet à l'OFDM de fournir un moyen intuitif et simple d'estimer la réponse de fréquence du canal basée sur la transmission de données connues ou de signaux de référence. Avec une bonne estimation de la réponse du canal au récepteur, nous pouvons alors récupérer la meilleure estimation du signal transmis à l'aide d'un égaliseur de domaine de fréquence de faible complexité. L'égaliseur dans un sens inverse la réponse de fréquence du canal à chaque sous-coucheur [3].

#### **I.4.2 SC-FDM :**

L'un des inconvénients de la transmission multi-porteuse de l'OFDM est les grandes variations simultanément du puissance de transmettre . Cela implique une efficacité réduite des amplificateurs de puissance et une consommation d'énergie plus élevée dans les terminaux mobiles. Dans la transmission up Link, la conception d'amplificateurs de puissance est particulièrement difficile Par conséquent, une variante de la transmission OFDM connu sous le nom de SC-FDM est sélectionné dans la norme LTE pour la transmission up Link. SC-FDM est implémente en combinant un système OFDM régulier avec un pré-codage basé sur Discrète Fourier Transformer (DFT) En appliquant un pré-codage basé sur le DFT, SC-FDM réduit considérablement fluctuations de la puissance de transmission. Le système de transmission up Link qui en résulte peut encore la plupart des avantages associés à l'OFDM, tels que le domaine de fréquence de faible complexité l'égalisation et la planification du domaine de fréquence, avec des exigences moins strictes conception d'amplificateur.

#### **I.4.3 MIMO :**

MIMO est l'une des technologies clés déployées dans les normes LTE. Avec des racines profondes dans le mobile communication, les techniques MIMO apportent les avantages d'utiliser de multiples antennes afin de répondre aux exigences ambitieuses de la norme LTE en termes de les taux de données et le débit.

Les méthodes MIMO peuvent améliorer la communication mobile de deux façons différentes : en les taux globaux de données et en augmentant la fiabilité du lien de communication. Le MIMO algorithmes utilisés dans la norme LTE peuvent être divisés en

quatre grandes catégories : diversité, transmettre la diversité, beamforming, et multiplexage spatial. En transmettant la diversité et beamforming, nous transmettons des informations redondantes sur différentes antennes. À ce titre, ces ne contribuent pas à une augmentation des taux de données réalisables, mais communication plus robuste. Dans le multiplexage spatial, cependant, le système transmet informations indépendantes (non redondantes) sur différentes antennes. Ce type de système MIMO peut augmenter considérablement le taux de données d'un lien donné. La mesure dans laquelle les taux de données peuvent être linéairement proportionnels au nombre d'antennes de transmission. Afin de la norme LTE fournit plusieurs configurations de transmission pouvant aller jusqu'à quatre transmettre des antennes dans sa spécification down Link Le LTE-Advanced permet d'utiliser jusqu'à huit antennes de transmission pour la transmission down Link [3].

#### **I.4.4 Codage De Canal Turbo :**

Le codage turbo est une évolution de la technologie de codage convolution elle utilisée dans tous les avec des performances impressionnantes de capacité proche du canal. Le codage turbo a été le premier intro- en 1993 et a été déployé dans les systèmes 3G UMTS et HSPA. Toutefois dans ces normes, il a été utilisé comme un moyen facultatif d'augmenter les performances du système. Dans le Standard LTE, d'autre part, le codage turbo est le seul mécanisme de codage de canal utilisé pour traiter les données de l'utilisateur.

Les performances quasi optimales des codeurs turbo sont bien documentées, tout comme la complexité associée à leur mise en œuvre. Les codeurs turbo LTE sont visant à les rendre plus efficaces dans leur mise en œuvre. Par exemple en joindre un CRC (Contrôle de redondance cyclique) vérifié le syndrome à l'entrée du turbo codeur Les décodeurs turbo LTE peut profiter d'un mécanisme de terminaison précoce si la qualité du code est jugée acceptable. Au lieu de suivre avec un nombre fixe de décodage des itérations, le décodage peut être arrêté tôt lorsque la vérification du CRC indique qu'aucun des erreurs sont détectées. Cette solution très simple permet la complexité computationnelle du LTE décodeurs turbo à réduire sans pénaliser sévèrement leurs performances [2].

#### **I.4.5 Adaptation De Lien :**

L'adaptation des liens est définie comme une collection de techniques de changement et d'adaptation paramètres de mission d'un système de communication mobile pour mieux répondre à la nature dynamique du canal de communication. Selon la qualité du canal, nous

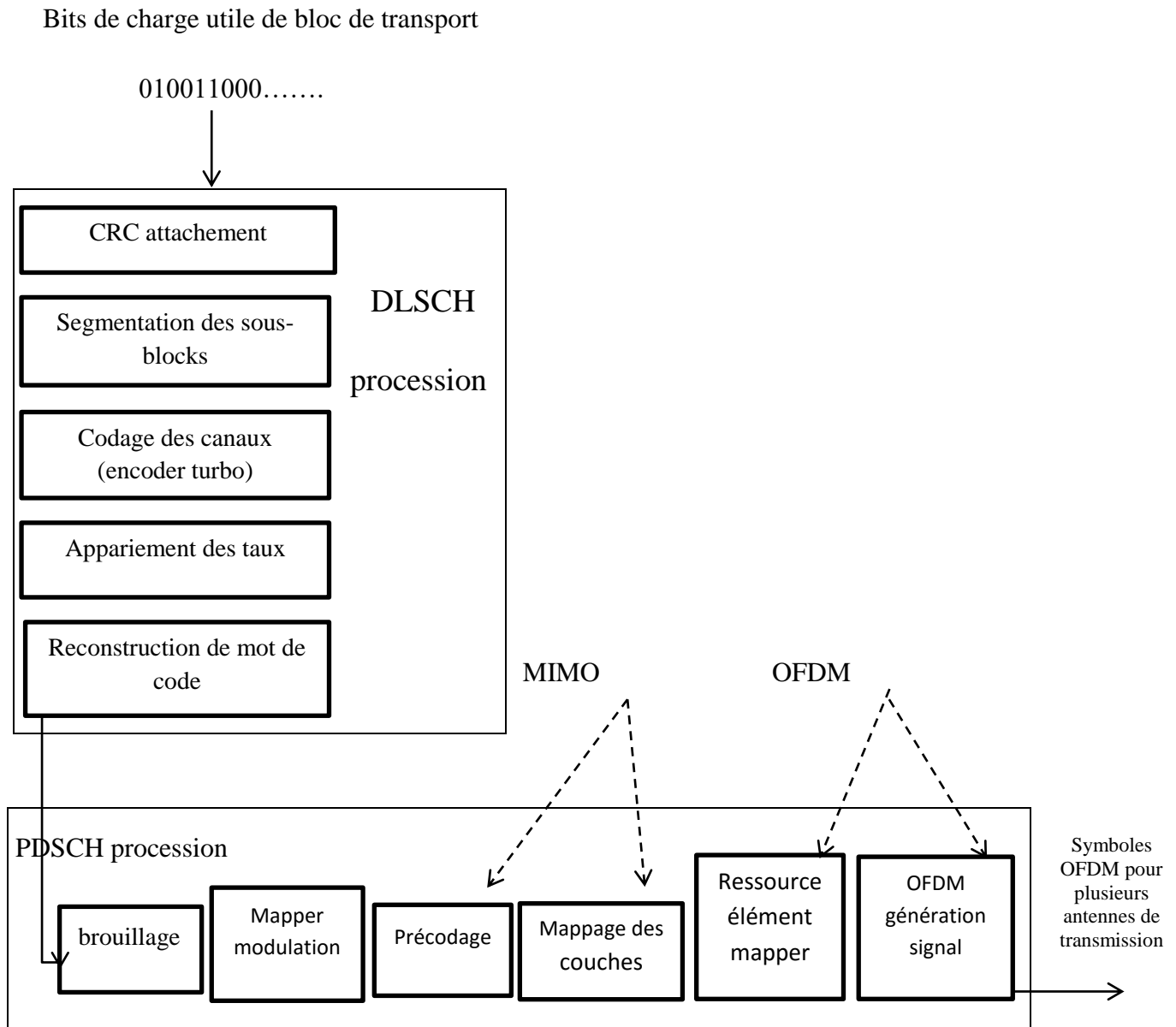
pouvons utiliser différents techniques de modulation et de codage (modulation adaptative et codage), modifient le nombre d'antennes de transmission ou de réception (MIMO adaptative. et même changer la bande passante de transmission (adaptative bande passante). Étroitement liée à l'adaptation des liens est la planification dépendante du canal dans un système de communication. La planification traite de la question de savoir comment partager les ressources radio entre les différents utilisateurs afin d'obtenir des utilisations plus efficaces des ressources. En règle générale, nous besoin de minimiser la quantité de ressources allouées à chaque utilisateur ou de faire correspondre les ressources au type et à la priorité des données utilisateur La programmation dépendante des canaux vise à autant d'utilisateurs que possible, tout en satisfaisant les meilleures exigences de qualité de service qui peuvent existent en fonction de l'état instantané du canal [2].

### **I.5 La Couche Physique De La 4<sup>ème</sup> Génération Et Limitation De Chaque Bloc :**

Nous concentrerons sur le traitement des signaux numériques dans la couche physique de la Radio Access réseau. Presque aucune discussion sur les réseaux de base LTE n'est présente ici, La modélisation des couches physiques implique tout le traitement effectué sur des bits de données qui sont remis des couches supérieures à la PHY. Il décrit comment les différents canaux de transport sont cartographiés sur les canaux physiques, la façon dont le traitement du signal est effectué sur chacun de ces canaux, et comment les données sont finalement transportées à l'antenne pour transmission.

Par exemple, La Figure I.1 illustre le modèle PHY pour la transmission LTE down Link. Premier les données sont multiplexées et codées dans une étape connue sous le nom de traitement downlink shared channel (DL-SCH). La chaîne de traitement DL-SCH consiste à fixer un code CRC pour la détection des erreurs, segmenter les données en petits morceaux connus sous le nom de sous-blocs, en opérations basées sur le codage turbo pour les données de l'utilisateur, effectuant une opération d'appariement des taux qui sélectionne le nombre de bits de sortie pour refléter un taux de codage souhaité, et enfin reconstruire les blocs de code en mots de code .La prochaine phase de traitement est connue sous le nom de liaison descendante physique.

## MODÈLE D'ÉMETTEUR LTE DOWLING



**Figure I.1 :** Spécifications De Couche Physique Dans LTE.

Traitement des canaux partagés. Dans cette phase, les mots de code font d'abord l'objet d'un brouillage ensuite subir une cartographie de modulation qui se traduit par un flux de symboles modulés. L'étape suivante comprend le traitement LTE MIMO ou multi-antennes, dans lequel un seul flux symboles modulés est subdivisé en plusieurs sous-flux destinés à la transmission via antennes multiples. Les opérations de MIMO peuvent être considérées comme une combinaison de deux étapes : précodage et cartographie des couches. Précodage des échelles et organise les symboles attribués à chaque sous-flux la cartographie des flux et des couches sélectionne et adage les données dans chaque sous-flux pour implémenter l'un des les neuf

modes MIMO différents spécifiés pour la transmission down Link. Parmi les techniques MIMO mises en œuvre dans la transmission des liaisons descendantes transmettent la diversité, multiplexage, et beamforming .La dernière étape de la chaîne de traitement concerne le multi-porteuse Transmission. Dans down Link, les opérations multi-porteuses sont basées sur la transmission OFDM. La transmission OFDM comporte deux étapes. Tout d'abord, la cartographie des éléments de ressources organise les symboles modulés de chaque couche dans un délai – grille de ressources de fréquence. Sur le l'axe de fréquence de la grille, les données sont alignées avec les sous-coucheurs dans le domaine de fréquence. Dans le Étape de génération de signaux de l'OFDM une série de symboles OFDM sont générés par l'application de Fourier se transforme pour calculer les données transmises à temps et est transporté à chaque antenne pour la transmission.

#### **I.5.1. Limitation D'OFDM :**

- La forme d'onde de l'OFDM spécifié dans LTE a un taux de désintégration spectrale assez faible. Par conséquent, les transmissions simultanées dans différents sous-bands doivent être synchronisés avec précision dans le temps (et la fréquence) s'ils sont de ne pas interférer fortement les uns avec les autres. Le calendrier requis boucles d'ajustement induire une latence indésirable, et aussi consommer ressources précieuses d'interface aérienne et énergie d'appareil.
- Avec LTE La forme d'onde OFDM, cependant, une telle flexibilité peut causer de fortes interférences inter-sous-bandes, même avec une synchronisation parfaite; cela aussi est attribuable à son faible taux de désintégration spectrale [4].

#### **I.5.2. Limitation De MIMO :**

Cette technologie n'est pas très succès sur les combinés mobiles encore en raison des complications en découplage entre les antennes MIMO qui apparaissent lorsque un petit volume du combiné mobile. Dans en outre, les terminaux sans fil sont de plus en plus compact avec une capacité de prendre en charge plusieurs cellulaires services de communication vocale et de données. Il est donc nécessaire au développement de nouvelles antennes MIMO pour les petits terminaux sans fil pour prendre en charge la voix et les données communications sur un taux de données élevé.

Toutefois, les techniques de découplage utilisées dans combinés ont des bandes de fréquences limitées et la plupart d'entre eux ne fonctionnent qu'à des fréquences supérieures à

1800MHz [5]. Dans un LTE conventionnel utilisant un MIMO normal, le nombre maximum d'antennes en MIMO à partir de maintenant (mai 2015) est de  $4 * 4$  ou  $8 * 8$ . Et les antennes MIMO L'ont été diffusées dans toutes les directions.

### **I.5.3 Limitation Codage De Canal Turbo :**

Son seul inconvénient codage de canal turbo C'était assez excellent mais très énergivore [6].

### **I.6 La solution Propose Pour Chaque Bloc :**

1. Pour résoudre le problème de OFDM in LTE la solution proposé est le CP-OFDM qui protège les informations de la distorsion .On verra ça Les Technologie Utilise Par La 5<sup>ème</sup> Génération

2. la solution proposée Pour résoudre le problème de MIMO in LTE est le Massive MIMO Ce qui est un grand nombre des antennes MIMO.

3. Et il a été remplacé les ondes in LTE avec les ondes millimètres ou les millimètres d'ondes.

4. Et avec le défaut De Codage De Canal Turbo qui consommer l'énergie plus fors on remplace avec nouveau canal de codage LDPC

Et cette solution des problèmes de chaque bloc et autres technologie comme beamforming et petite cellules etc....doit utilisent a la 5<sup>ème</sup> generation.

### **I.7 5<sup>ème</sup> Génération Standard :**

La cinquième génération de communication mobile est devenue une réalité en 2019 avec la sortie du projet de partenariat de 3<sup>ème</sup> génération (3GPP) de la première série de spécifications techniques (TS) et d'équipements respectifs, à la fois des éléments réseau et des appareils mobiles, disponibles pour les déploiements commerciaux. Néanmoins, la version 15 3GPP fait référence à la toute première phase de la 5G, qui fournit une version initiale « légère » du système renouvelé [8]. Spécifications 3GPP 5G New Radio (NR) incluses dans la version 15, sur laquelle les travaux ont commencé en juin 2016 et devait s'achever en septembre 2018. La 5G NR est une nouvelle interface aérienne, c'est-à-dire là le circuit entre l'appareil mobile (UE) et le BS actif. Active BS est utilisé pour le fait que les SSA changent au fur et à mesure que l'UE évolue et que les BS changent, accompagnés d'un processus de transfert. Le mode non autonome (NSA) de la NR a été approuvé par la 3GPP en décembre 2017 qui la 2<sup>ème</sup> phase (release 16). Dans NR phase 1 .il Ya des éléments communs entre LTE

et NR. Le mode autonome (SA) doit être achevé d'ici septembre 2018 et implique la capacité des avions utilisateur et de contrôle en utilisant la nouvelle architecture réseau de base 5G [2]. En ce qui concerne la 3GPP, la deuxième phase, telle que définie par l'ensemble de spécifications Release 16, Il s'agit d'une étape essentielle car IMT-2020 établit la référence pour la version interopérable et complète de la 5G, que toutes les parties impliquées dans l'écosystème 5G peuvent convenir se réfère à la 5G globale et uniforme. Alors que la première phase de la 5G est conçue pour augmenter les tarifs de données par le mode haut débit mobile amélioré (eMBB), Release 16 ajoute les fonctionnalités nécessaires pour prendre en charge les autres piliers de base de la 5G tels que définis par l'UIT, Le massive Machine Type Communications (mMTC) et Ultra Communication fiable à faible latence (URLLC). L'avantage du mMTC est la possibilité de s'attaquer à un grand nombre d'appareils internet des objets (IOT) qui communiquent simultanément, qui constituent la base même du nouveau concept de société connectée. URLLC, à son tour, fournit une latence extrêmement faible ainsi qu'une grande disponibilité des services pour les besoins spéciaux des communications critiques [8].

### **I.7.1 les exigences qui doivent être réalisées par la 5<sup>ème</sup> génération :**

Sur la base des capacités clés et de la vision IMT-2020, les exigences techniques en matière de rendement sont définies dans le rapport UIT-R M.2410 Les exigences techniques en matière de rendement .La définition détaillée des exigences techniques en matière de performances peut être trouvée dans Pour atteindre la vision 5G définie par l'UIT-R comme l'eMBB et URLLC [9]. En particulier, Le haut débit mobile amélioré (**eMBB**) s'adresse à des marchés similaires à ceux du LTE, mais avec des capacités améliorées. En particulier, le cas d'utilisation du mMTC exige un taux de données plus élevé que celui que LTE peut fournir, en termes de taux de données de pointe dans des conditions idéales, le taux de données attendu dans des conditions plus typiques, et le minimum dans des conditions de mauvaise couverture réseau la 5G offre certains avantages, notamment en termes de capacité réseau plus élevée et de consommation moindre d'énergie électrique.

La communication ultra-fiable à faible latence (**URLLC**), également connue sous le nom de communication critique (Cric), est un cas d'utilisation caractérisé par la nécessité d'une latence très faible, souvent en conjonction avec une fiabilité très élevée La latence est le temps nécessaire pour livrer des paquets entre le mobile et un serveur externe. Comme la 5G peut fonctionner sur de plus longues portées et avec des niveaux inférieurs de brouillage,

et donc avec une fiabilité plus élevée. URLLC est le cas d'utilisation dans lequel la 5G peut offrir les plus grands avantages sur LTE, à la fois en raison de ses exigences techniques et en raison de la possibilité qu'il offre aux opérateurs de réseau d'aller au-delà de leurs marchés de consommation traditionnels. La 5G le soutient à travers un certain nombre d'améliorations à l'interface aérienne et l'architecture du réseau c'est certains des avantages [10].

URLLC est l'un des services clés dans les communications 5G ayant de larges applications, y compris contrôles automatisés, internet tactile, opérations à distance et systèmes de transport intelligents. Malgré son importance, les technologies de couches physiques pour intégrer 5G NR en sont à ses balbutiements [11].

### **I.7.2 La Couche Physique De La 5<sup>ème</sup> Génération (1<sup>ère</sup> version) :**

5G NR devrait prendre en charge une gamme de modèles de déploiement tels que cellules, petites cellules et connexions d'appareil à appareil (D2D), avec un coût d'appareil extrêmement faible et des niveaux élevés d'efficacité de puissance et de déploiement. Le core 5G NR comprendra trois éléments : haut débit mobile amélioré (EMBB) y compris les technologies Gb/s LTE, MIMO, les technologies mmWave .et le codage avancé des canaux des communications à faible latence (URLLC) ultra-fiables pour des services comme la dérive autonome avec des technologies impliquant des communications cellulaires de véhicules à tout (C-V2X) et de drones cellulaires; et les technologies mMTC impliquent ces mises à jour du firmware de radiodiffusion en direct (logiciel qui fait fonctionner le matériel). Release 15 est sorti fin 2018.

Dans NR, le canal principal de transport de données de couche physique de down Link est appelé le Down Link Shared Channel (PDSCH), et le canal principal de transport de données de couche physique up Link est appelé le canal partagé up Link physique (PUSCH). Les données sont présentées à ces canaux sous forme de blocs de transport. Le traitement global des données dans ces canaux est en grande partie similaire. La plupart des technologies clés requises dans ce traitement ont déjà été couvertes dans des chapitres ceci La plupart des technologies clés requises dans ce traitement ont déjà été abordées dans les chapitres, la section appropriée est indiquée sur le chiffre. [12].

#### **I.7.2.1 Description Générale De La Couche Physique :**

La couche physique, est la couche la plus basse, la couche 1, dans l'architecture du protocole RAN. Son entrée sur le flux vers le bas et la sortie sur le flux ascendant sont des

blocs de transport. Un bloc de transport de taille variable peut être transmis dans chaque ITT sur l'interface radio vers/depuis une UE, sauf lorsqu'il y a multiplexage spatial de plus de quatre couches, auquel cas deux blocs de transport sont transmis par ITT.

La couche physique est responsable de nombreuses fonctions, y compris la fixation du CRC, le codage, l'appariement des taux et HARQ, brouillage, modulation linéaire, cartographie des couches, et la cartographie du signal à la ressource de fréquence de temps physique assignée. Il gère également la cartographie des canaux de transport vers les canaux physiques. Les canaux physiques définis dans les spécifications NR sont les suivantes :

- Le canal de contrôle physique des liaisons descendantes (PDCCH) : un canal DL utilisé pour transmettre des informations de contrôle à l'UE, y compris les décisions de planification requises par l'UE pour savoir quand et où recevoir les données, les paramètres utilisés par le PDSCH pour sa transmission et les subventions de planification pour la transmission en lien ascendant.
- Le canal partagé de liaison descendante physique (PDSCH): un canal DL qui porte les données utilisateur, les informations système, les informations de pagination et les informations de contrôle à partir de couches ci-dessus. Plus précisément, il fournit la couche physique pour transporter des informations provenant des canaux de transport DL-SC et PCH. Son allocation et d'autres paramètres utilisés pour sa transmission sont signalés à l'UE par le PDCCH.
- Le canal de diffusion physique (PBCH): un canal DL alimenté par la BCH au-dessus, qui porte certaines des informations système requises pour permettre à un UE d'accéder au réseau
- Le canal de contrôle de liaison montante (PUCCH): un canal UL utilisé par l'UE pour envoyer des remerciements HARQ au GNB, indiquant si le bloc de transport DL a été réussi avec succès, pour envoyer des rapports de l'état du canal DL ordonnancement dépendant du canal et pour demander des autorisations d'ordonnancement UL
- Le canal partagé de liaison sous-marine (PUSCH): la version UL du PDSCH, fournissant la couche physique pour transporter les informations utilisateur à partir de l'UL-SCH.
- le canal physique à l'aléatoire physique (PRACH): un canal UL utilisé pour permettre la procédure d'accès au hasard en transmettant physiquement les informations de la rach.

Outre les canaux physiques, les signaux physiques sont également utilisés dans la transmission NR et leur relation avec les chaînes physiques. Les signaux physiques sont des ressources temporelles utilisées par la couche physique, mais qui ne contiennent pas d'informations acquises à partir de couches ci-dessus. Ce sont des signaux de référence (sous-porteurs pilotes) utilisés à des fins différentes, par exemple, la démodulation et l'estimation des canaux, et les signaux de synchronisation utilisés pour la synchronisation UE avec le GNB. Les signaux physiques définis dans les spécifications NR sont:

- Signaux de référence de démodulation (DM-RS<sub>S</sub>): Utilisé dans le DL et UL pour estimer la chaîne radio (les coefficients de canal) à des fins de démodulation. C'est spécifique à l'UE, confiné à une ressource prévue, peut être formé de poutres et transmis uniquement comme nécessaire. Dans le DL, il y a un DM-RS pour le PDSCH, un pour le PDCCH, et un pour le PCBH. Dans UL, il y en a un pour le pousoir et un pour le PUCCH. Le signal de référence de suivi de phase (PT-RS): utilisé dans le DL et UL pour faciliter la compensation du bruit de phase d'oscillateur (seconde 7.2.4) et ainsi utilisé lors de la transmission dans une bande d'onde millimétrique où le bruit de phase oscillateur est susceptible d'être élevé. Il permet la réduction de l'erreur de phase commune à l'extrémité de réception. C'est spécifique à l'UE confiné dans une ressource prévue, et peut être formé de faisceau.

- Le signal de référence de l'état de la chaîne (CSI-RS): utilisé dans le DL uniquement pour permettre à l'UE d'acquérir des informations d'état de canal (CSI) et de le signaler à la GNB pour faciliter l'adaptation des liaisons. Il prend également en charge les mesures de puissance de signal de référence de la référence de la mobilité et de la gestion de la poutre, du suivi et du suivi des temps de démontage et de la précodement basé sur la réciprocité UL. C'est spécifique UE mais plusieurs utilisateurs peuvent partager la même ressource CSI-RS. Il est défini comme soit de puissance zéro (ZP-CSI-RS) ou une puissance non-nul (NZP-CSI-RS). Lorsque vous configurez sous le nom de ZP-CSI-R, les éléments de ressource affectés à celui-ci sont indisponibles pour la transmission PDSCH car elles sont configurées pour la transmission CSI-RS sur un autre appareil.

- Le signal de référence de suivi (TRS): utilisé pour aider l'UE dans le temps et le suivi des fréquences rendu nécessaires en raison des variations de temps et de fréquence dans son oscillateur local. Ce n'est pas un signal physique défini en soi, mais plutôt un ensemble de ressources constitué de plusieurs NZP-CSI périodiques

- Le signal de référence sondant (SRS): utilisé dans l'UL uniquement pour permettre à la GNB d'effectuer des mesures CSI à utiliser principalement pour la planification de la

fréquence de fréquence et l'adaptation des liaisons. Il est également utile dans le cas de FDD où il n'y a pas de réciprocité des canaux et donc aucune information UL ISC disponible sur les mesures UE DL.

- Le signal de synchronisation principal (PSS) et le signal de synchronisation secondaire (SSS): cette paire de signaux, utilisée dans le DL uniquement, est employée par l'UE lors de l'accès initial (section 10.13). Ensemble, le PSS et le SSS créent la capacité de transmettre l'une des 1008 identités de cellules physiques possibles (ID cellulaires). Dans la première étape de l'accès initial, l'UE recherche les PSS et les SSS afin de détecter la présence d'un GNB, acquérir un timing précis et une fréquence du système et déterminera l'identité de la cellule physique. Le PSS fournit des informations de synchronisation initiale et de fréquence, et le SSS permet d'affiner les résultats initiaux.

### **I.7.3 Les Technologie Utilise Par La 5<sup>ème</sup> Génération :**

Afin de répondre aux besoins de croissance du service sans fil de 1000 fois dans les dix prochaines années, la capacité des réseaux sans fil peut être élargie de trois directions en augmentant l'utilisation du spectre, en améliorant l'expansion de multiplexage et de bande passante. Par exemple, il peut efficacement améliorer l'efficacité du spectre, le débit par unité de surface et l'efficacité de l'énergie à travers le déploiement de la petite station de base ultra-dense, et en même temps de réduire la distance entre les réseaux d'accès sans fil et les bornes. Il peut augmenter considérablement la bande passante de fréquence disponible du système 5G en élargissant l'utilisation du spectre sans licence, de la bande à haute fréquence et bande d'onde millimétrique. Et grâce à MIMO massive, il peut encore exploiter les potentiels 5G Candidate Technologies de l'espace, et améliorer considérablement l'utilisation du spectre. Les caractéristiques et les performances de différentes technologies de candidats sans fil varient considérablement, et nous présenterons brièvement les différentes technologies typiques des candidats 5G dans ce qui suit.

#### **I.7.3.1 Les Ondes Millimétrique :**

Globalement déclaré, l'un des objectifs de la 5G NR est de fonctionner dans des fréquences inférieures à 1 GHz jusqu'à 100 GHz. Dans Rel. 15 et au début de Rel. 16, cependant, NR prend en charge le fonctionnement dans deux plages de fréquences spécifiées:

FR1: En 3GPP TS 38.104 Rel. 15, ver. 15.1.0, bandes commençant aussi bas que 450 MHz et se terminant jusqu'à 6 GHz, appelée la gamme sous-6 GHz. En ver. 15.5.0,

cependant, l'extrémité supérieure de la gamme s'est étendue à 7.125 GHz. Gamme plus large inchangée dans les versions 16.

FR2: Dans les versions 15 et 16 précoces, bandes commençant aussi bas que 24,25 GHz et se terminant jusqu'à 52,60 GHz, communément appelée la plage d'ondes millimétriques (ondes millimétriques)

Étant donné que les fréquences de fonctionnement et la bande passante du canal des signaux d'ondes millimétriques NR sont beaucoup plus élevées que celles de FR1, il n'est pas surprenant que les modèles de propagation des bandes d'ondes millimétriques nécessitent plus que simplement l'échelle de ceux développés pour le FR1. Nous notons que l'atténuation due à l'air sec augmente rapidement au-dessus d'environ 20 GHz, atteignant une valeur maximale d'environ 15 dB/km à une fréquence juste au-dessus de 50 GHz. L'atténuation due à la vapeur d'eau a une première valeur maximale d'environ 0,2 dB/km à un peu plus de 20 GHz, plonge un peu à un peu moins de 0,1 dB/km à 30 GHz, puis recommence à augmenter à environ 0,4 dB/km à 100 GHz. Comme pour les effets atmosphériques, la perte de diffraction est sensiblement plus élevée aux fréquences des ondes millimétriques que les fréquences inférieures à 6 GHz. La raison en est évidente si l'on considère les premières limites respectives de la zone de Fresnel. Ces limites sont inversement proportionnelles à la racine carrée de la fréquence. La première limite de la zone de Fresnel d'un signal de 25 GHz est donc 3,2 fois plus petite que celle d'un signal de 2,5 GHz en supposant la même longueur de trajectoire. Puisque la majeure partie de la puissance qui atteint le récepteur est contenue à l'intérieur de la limite de la première zone de Fresnel, puis un signal de 25 GHz sera plus rapidement bloquée par une obstruction que par la puissance d'un signal de 2,5 GHz. Compte tenu de la plus grande perte de diffraction aux fréquences d'ondes millimétriques par rapport à celles inférieures à 6 GHz, couplée à une perte d'espace libre plus élevée, dans de nombreuses situations, la propagation de los aux fréquences d'ondes millimétriques peut offrir des performances acceptables lorsque la propagation NLOS peut ne pas.

Comme la perte de diffraction, la perte de pénétration tend également à augmenter avec la fréquence. À 28 GHz, la perte de pénétration a été mesurée en comparant la perte de trajectoire à l'extérieur par la fenêtre et à l'intérieur à 1,5 m de la fenêtre. La perte médiane était de 9 dB pour les fenêtres en verre ordinaire et de 15 dB pour les fenêtres à faible émissivité (faible teneur en e). Les mesures à 38 GHz ont trouvé une perte de pénétration de

près de 25 dB pour une fenêtre en verre teinté et de 37 dB pour une porte en verre. L'analyse de la propagation des ondes millimétriques dans un environnement mobile est clairement un sujet difficile, et des travaux supplémentaires doivent être effectués pour obtenir des résultats aussi fiables que ceux obtenus pour la propagation de sous-6 GHz. Toutefois, de nombreuses organisations abordent ce sujet et, à un moment donné à l'avenir, les modèles concurrents convergeront sans aucun doute vers une forme acceptable [12].

### 1. Les avantages d'Ondes Millimétrique :

Le spectre radio est encore assez non développé, plus de bande passante est valable. Que par conséquent, des taux de données plus élevés sont atteints, la sécurité et la confidentialité sont meilleures aux d'Ondes Millimétrique [6].

#### I.7.3.2 Massive MIMO :

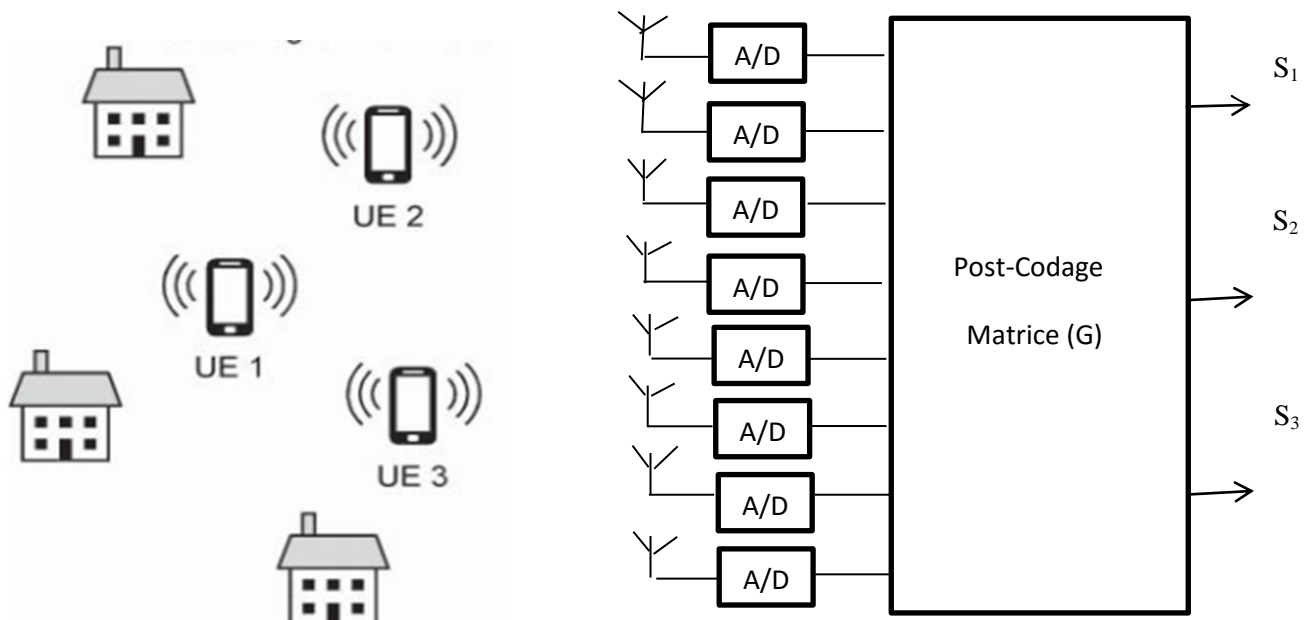
Dans la technique de MIMO à utilisateurs multiples dont nous avons discuté plus tôt dans ce chapitre, il y a un problème. MIMO à utilisateurs multiples s'appuie sur le placement de mobiles interférant, soit dans les nuls des faisceaux de transmission et de réception de la station de base, soit très près d'eux. Cela fonctionne très bien si le nombre de mobiles est faible. Toutefois, si le nombre de mobiles augmente, alors il devient de plus en plus difficile de placer toutes les nuls dans les bonnes directions: au lieu de cela, les niveaux d'interférence augmentent, et la technique devient rapidement inutilisable.

La solution réside dans une version modifiée de MIMO à utilisateurs multiples connue sous le nom de MIMO massive (mMIMO). La principale caractéristique de MIMO massive est que le nombre d'antennes station de base,  $M$ , est beaucoup plus grand que le nombre de mobiles qui sont impliqués,  $K$ , de sorte que :

$$M \gg K \gg 1 \quad (\text{I.1})$$

Nous supposons également l'utilisation du traitement numérique du signal dans un environnement de diffusion riche avec beaucoup de multipathes, comme le montre l'illustration de la liaison ascendante de la figure I.3. (Le down Link est tout de même, mais avec les flèches inversées.) Avec ces fonctionnalités en place, nous pouvons effectuer le traitement du signal en utilisant des techniques de ratio maximum seul, sans trop se soucier des interférences. D'autres améliorations sont possibles grâce au MMSE, en particulier si l'environnement de propagation n'est pas idéal, mais nous nous en tenons au traitement

maximum des ratios dans la description ici. Massive MIMO nous libère des problèmes qui ont surgi avec la procédure de base pour MIMO à utilisateurs multiples, et permet à la station de base de communiquer avec un beaucoup plus grand.



**Figure I.2 :** Massive MIMO [10].

Nombre de mobiles qu'auparavant. Ce faisant, il répond à deux des exigences de performance de la 5G, à savoir son efficacité énergétique et son efficacité spectrale. Examinons comment [10]. Massive MIMO est une technologie prometteuse pour la communication 5G. Les activités de mesure liées à l'OMI massive sont effectuées par diverses institutions. Les principales institutions de recherche sont l'Université de Lund en Suède, l'Université d'Aalborg au Danemark, l'Université Jiaotong de Beijing en Chine, etc.

Ces dernières années, les recherches de l'Université de Lund avaient accompli beaucoup de travail sur les mesures massives des canaux MIMO et la modélisation. Ils ont utilisé Medav RUSK avec de vrais tableaux d'antenne et VNA avec des tableaux d'antenne virtuels pour effectuer les mesures. Quelques nouveaux phénomènes de propagation ont été observés, qui favorisent considérablement la compréhension du canal Massive MIMO et le développement du modèle de canal. Leurs œuvres sont décrites comme suit 002E.

Le BS a été placé à l'intérieur et configuré avec un tableau cylindrique uniforme polarisé avec 128 port (4\*16 éléments d'antenne de correction, chacun avec deux ports

d'entrée polarisés). Un seul élément d'un réseau d'antennes uniformes polarisées avec 32 ports (2\*8 unités d'antenne patch, chacune avec deux ports d'entrée polarisés) a été utilisé comme antenne utilisateur. La corrélation du canal entre deux utilisateurs a été directement analysée et a révélé qu'elle diminuerait rapidement (l'orthogonalité augmentera) lorsque le nombre d'antennes BS. Quand il y avait 20 antennes au BS, la performance du précodage linéaire était proche de la performance du codage optimal du papier sale.

Des mesures pour le scénario extérieur commandé dans les conditions de LOS et de NLOS ont été effectuées en utilisant un système basé sur VNA avec la fréquence de porteur de 2.6 GHz, la bande passante de MHz et 1601 points de fréquence. Des antennes polarisées approximativement omnidirectionnelles et perpendiculaires ont été utilisées des deux côtés, tandis qu'au côté récepteur, l'antenne a été déplacée le long d'une traînée coulissante droite de 7,3 m avec un pas de demi-longueur d'onde pour former un réseau d'antennes virtuelles avec 128 éléments. Le gain de chemin, Ricean K-factor, et pas ont été analysés et ont trouvé des changements évidents dans le PAS de la vague d'incident le long du tableau linéaire. Les effets spécifiques non stationnaires caractéristiques et à proximité du champ de MIMO massive ont été démontrés et les deux aideraient à réduire la corrélation entre les utilisateurs. Gao et coll. ont étendu le modèle de canal COTS 2100 pour soutenir les caractéristiques de propagation nouvellement découvertes. Le modèle statistique du nombre de grappes ainsi que la région de visibilité et le gain de visibilité des grappes du côté BS a été obtenu à partir des données mesurées [13].

En général le massive MIMO est un :

Un très grand réseau d'antennes à chaque station de base. Un grand nombre d'utilisateurs sont servis simultanément, un excès d'antennes de base...donc est une solution des grands problèmes de limitation de LTE que le massive MIMO :

- grands émetteurs/récepteurs (10 ou 100 antennes). Et plus de chemins de signal
- taux de données élevé. fiabilité du lien
- complexité accrue, nombre d'amplificateur RF.
- plus de consommation d'énergie... augmenter la capacité [6]

### **I.7.3.3 Beamforming :**

#### **1. Numérique. Analogique. Et hybride beamforming :**

Mise en forme numérique, analogique et hybride du faisceau Un aspect clé de la mise en œuvre du beamforming multi-antenne BS est l'endroit où se produit la pondération de la chaîne de transmission pour effectuer la formation des faisceaux. À un niveau élevé, trois options peuvent être définies, à savoir le beamforming numérique, le beamforming analogique et le beamforming hybride [12].

#### **2. Beamforming et le Massive MIMO :**

Beamforming (BF), généralement réalisé avec un réseau d'antennes, peut être appliqué pour fournir un gain d'antenne et d'atténuer la perte de trajectoire grave à fréquences mmWave. Dans bf, la phase des éléments d'antenne est déplacée adaptative ment pour former un modèle concentré et dirigé de faisceau. Beamforming (BF), généralement réalisé avec un réseau d'antennes, peut être appliqué pour fournir un gain d'antenne et d'atténuer la perte de trajectoire grave à fréquences mmWave. La phase des éléments de l'antenne est déplacée de façon adaptative pour former un modèle de faisceau concentré et dirigé

Massive-MIMO basée BF apporte de nombreux avantages pour la génération de clés de couche physique. Au début, la capacité des espions est limitée. Le niveau de puissance i massive MIMO est réduit, ce qui coupe le SNR reçu aux écoutes. En dehors de cela, mimo massive peut générer des faisceaux très étroits en se concentrant sur les utilisateurs légitimes sans la puissance du signal se déversant dans d'autres directions .En raison de la faible bande de faisceau, un espion sans capacités de suivi du faisceau a des probabilités élevées de perdre des liens d'écoute en raison de facteurs comme une légère rotation du réseau d'antennes [10]. Au contraire, des techniques de suivi des faisceaux sont nécessaires aux écouteurs pour maintenir un SNR élevé pendant l'écoute.

### **I.7.3.4 Petite Cellule:**

Dans cette section, les principales techniques utilisées pour effectuer une couverture des communications mobiles de grande taille, transparente, par l'intermédiaire de ce qu'on on dit le concept cellulaire sont examinées à un niveau élevé afin d'aider à créer une vue d'ensemble de l'environnement d'exploitation 5G. Dans le concept cellulaire, un seul émetteur de très grande puissance assurant une couverture sur une très grande surface est remplacé par

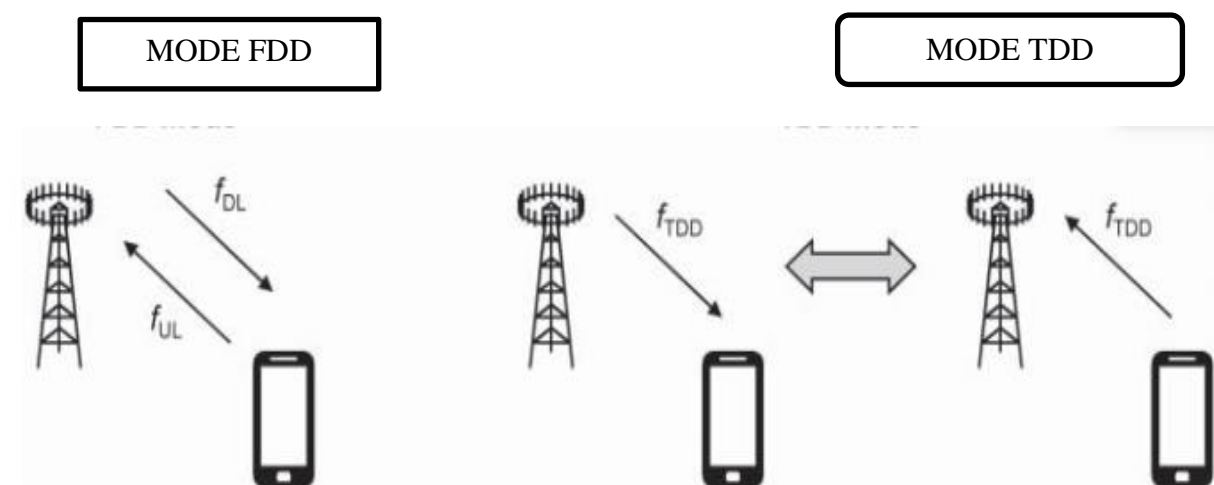
plusieurs émetteurs de faible puissance offrant une couverture aux petites zones contiguës qui fournissent collectivement la même couverture que celle fournie par le grand émetteur .ces zones plus petites sont appelées cellules [14] . La petite cellule est un : petit facteur de forme, zone de couverture cible, fonctionnement Plug ‘et’ Play, sortie de puissance lis, faible consommation d’énergie, capacité limitée.

Nous avons besoin de petites cellules parce qu’il offre les éléments suivantes : plus d'utilisateurs mobiles. Plus d'appareils. Plus de ressources, plus de capacité et de couverture, des tours de plus en plus nombreuses. Allouer plus de spectre et utiliser de nouvelles technologies ne suffisent pas ... donc la solution est de petites cellules.

Et Solution comme : L’ajout d'antennes de faible puissance sur le terrain avec un encombrement réduit Couverture, similaire à l’idée (ajouter plus de tours) mais avec moins de consommation d’énergie. Moins d'utilisateurs. Moins d'interférences ... résultat: un réseau moins cher et plus efficace. Parfois appelés réseaux auto-organisés (son) [6].

### I.7.3.5 Full Duplex :

Modes FDD et TDD Nous avons encore besoin d’un moyen de distinguer les transmissions des mobiles de celles des stations de base. Pour ce faire, un système de communication mobile peut fonctionner en deux modes de transmission (figure I.7). Lors de l’utilisation de la division de fréquence duplex (FDD), la station de base et mobile transmettent et recevoir en même temps, mais utiliser différentes fréquences transporteur. À l’aide du duplex de division du temps (TDD), ils transmettent et reçoivent sur la même fréquence de transporteur, mais à utiliser différentes



**Figure I.3** : l’opération de FDD et TDD modes [6].

Fréquences de transporteur. À l'aide du duplex de division du temps (TDD), ils transmettent et reçoivent sur la même fréquence de transporteur, mais à des fois. Des bandes de fréquences individuelles sont attribuées soit à FDD sous forme de spectre apparié, dans lequel il existe des allocations distinctes pour le lien ascendant et descendant, soit à la TDD sous forme de spectre non apparié. Les modes FDD et TDD ont différents avantages et inconvénients. Le mode TDD peut être gravement affecté par les interférences si, par exemple, une station de base transmet pendant qu'une station de base voisine reçoit. Nous pouvons minimiser le problème en synchronisant les transmissions de sorte que les stations de base voisines transmettent en même temps, mais c'est une complication qui a traditionnellement été évitée par l'utilisation de FDD. Dans la partie inférieure de la plage de fréquence 1, la plupart des bandes de fréquences ont déjà été attribuées au mode FDD, et la 5G continue de les utiliser. Aux fréquences radio plus élevées, il y a moins d'allocations existantes, et deux autres questions deviennent importantes. Premièrement, les cellules deviennent progressivement plus petites et plus isolées, Dans la partie inférieure de la plage de fréquence 1, la plupart des bandes de fréquences ont déjà été attribuées au mode FDD, et la 5G continue de les utiliser.

Aux fréquences radio plus élevées, il y a moins d'allocations existantes, et deux autres questions deviennent importantes. Premièrement, les cellules deviennent progressivement plus petites et plus isolées, de sorte que les problèmes d'interférence s'éloignent. Cela réduit le besoin de synchronisation de synchronisation dans la TDD, par exemple en synchronisant les stations de base voisines uniquement dans de petits points d'accès TDD isolés. Cela permet à un point d'accès TDD de réagir dynamiquement aux changements des niveaux de trafic, par exemple en augmentant le temps qu'il alloue au lien descendant lors du traitement d'applications telles que les téléchargements vidéo.

Deuxièmement, les systèmes 5G à haute fréquence utilisent largement plusieurs antennes. Il est plus facile de contrôler ces systèmes en cas de réciprocité du canal, par exemple en configurant les antennes sur le lien descendant à l'aide de mesures qui ont déjà été effectuées sur le lien ascendant et la réciprocité des canaux n'est disponible qu'en mode TDD. En raison de ces avantages, le mode TDD est préféré dans la partie supérieure de la plage de fréquence 1, et est le seul mode utilisé dans la fréquence courue [10].

#### **I.7.3.6 CP-OFDM :**

L'OFDM basé sur CP (CP-OFDM) bénéficie de l'implémentation de (dé) modulation la plus simple parmi toutes les formes d'onde multi-porteuses [7].

La version spécifique d'OFDM utilisée dans la liaison descendante 5GNR est le préfixe cyclique OFDM, CP-OFDM copie la dernière partie du signal et nous la mettons au début, son but est d'éviter les interférences avec les signaux précédents car à chaque transmission évanouissement par trajets multiples se produit, le CP-OFDM dépend de l'étalement de retard attendu et ce dernier dépend de propagation du canal.

LA CP-OFDM est un comme La nouvelle forme d'onde Bien que la couche physique de 4G utilise la technologie de base basée sur le multiplexage de la division de l'orthogonal (OFDM), Pour que l'exigence de synchronisation de fréquence temporelle soit réduite, la bande de protection de fréquence et l'intervalle de protection du domaine temporel est supprimée. Les nouvelles technologies de forme d'onde ci-dessus peuvent être bien combinées avec la ZEDM et MIMO et augmenter la flexibilité de la conception de l'interface aérienne 5G, de manière à correspondre à la latence de la circulation différente et aux exigences de taux de données L'Internet mobile et l'IOT sont la force motrice du développement de 5G, et les exigences pour diverses applications varient considérablement. Par exemple, divers types de transmission de trafic en temps réel dans le réseau 5G ont défini des exigences pour la latence de bout en bout de finis à la finition. Sans aucun doute, une exigence de latence de la circulation stricte présentera des exigences très élevées sur la conception de la couche physique (y compris la durée du symbole, le processus de synchronisation, l'accès aléatoire et la structure de cadre, etc.).

5G a proposé une méthode d'accès multiple non orthogonale, qui doit utiliser la modulation, la diffusion de spectre, de puissance et d'espace pour la cartographie conjointe afin que les utilisateurs puissent transmettre des données sans être planifiées, et l'utilisation du spectre peut être efficacement [13].

## **I.8 Conclusion :**

Dans ce chapitre, nous avons discuté de la transition des réseaux mobiles sans fil du réseau mobile 4G actuel au 5G. L'évolution de 4G à 5G est nécessaire car les futurs appareils mobiles auront des capacités de calcul et de mémoire très élevées et soutiendront ainsi des applications qui nécessiteront des taux de données très élevés L'architecture de réseau actuelle des réseaux mobiles 4G ne sera pas en mesure de fournir ces taux de données élevés nécessaires à ces applications, donc un changement architectural complet est nécessaire. Cette nouvelle architecture peut être vue dans le réseau mobile 5G sans fil. Le réseau mobile 5G offre des taux de données très élevés par rapport aux réseaux 4G actuels .Avec les taux de

données élevés 5G offre également une faible consommation d'énergie dans les appareils mobiles et prend également en charge l'informatique omniprésente dans lequel l'utilisateur est connecté à de nombreuses technologies d'accès simultanément comme des réseaux WiFi ou 5G et l'utilisateur peut donc passer de la gamme d'une seule technologie d'accès à l'autre sans perte d'accès Internet. Ainsi, comme le réseau 5G mobile a plusieurs avantages sur le réseau mobile 4G L'architecture de réseau actuelle du réseau mobile 4G doit être remplacée par une architecture de réseau mobile 5G plus flexible ayant de meilleures caractéristiques et capacités que son homologue actuel [15].

**Chapitre II** -----

**NR DE LA 5G**

-----

## II.1 Introduction

La standardisation de la première version de la nouvelle radio 5G a été achevée dans le 3GPP et l'évolution a commencé. À un niveau élevé la deuxième phase de la 5G est déjà suffisamment capable de fournir une plate-forme fonctionnelle et performante pour des types de services très avancés de manière dynamique en utilisant une variété de cas d'utilisation. La deuxième phase, telle que définie par le cahier des charges de la version 16, ajoute les fonctionnalités restantes, augmentant les performances et devenant conforme aux exigences strictes de l'International Mobile Télécommunications 2020 (IMT-2020) définies par l'UIT-R (la section radio de l'Union internationale des télécommunications) [16]. Les améliorations de la version 16 peuvent être regroupées en deux catégories : améliorations des fonctionnalités existantes et introduction de nouvelles fonctionnalités. Le réseau mobile 5G apporte plusieurs nouvelles fonctionnalités qui peuvent être appliquées aux applications existantes et nouvelles. Fiabilité élevée, faible latence et débit de données élevé. Le calendrier de la version 16 vise à avoir des spécifications disponibles à la mi-2020. Gel en juin 2020. Les travaux ont été légèrement retardés par rapport au calendrier initial en raison des efforts nécessaires pour la finalisation de la version 15. Les améliorations les plus notables apportées aux fonctionnalités existantes de la version 16 concernent les améliorations à entrées multiples, à sorties multiples (MIMO) et de formation de faisceaux, le partage dynamique du spectre (DSS), la double connectivité (DC) et l'agrégation de porteuses (CA), et l'équipement utilisateur (UE) économie d'énergie.

Concernant la version 16, nous pouvons résumer certains de ses objectifs dans les points suivants :

- La version 16 introduit une meilleure gestion des faisceaux et un retour d'information sur l'état des canaux (CSI).
- Dans la version 16, le nombre de modèles de correspondance de débit disponibles dans NR a été augmenté pour permettre le partage de spectre lorsque CA est utilisé pour LTE.
- Fonctionnalités liées à l'Internet des objets industriel (IIoT) et à la communication ultra-fiable à faible latence (URLLC).
- Systèmes de transport intelligents (ITS) et communications de véhicule à tout (V2X) [30].

- La communication massive de type machine est prise en charge par les normes eMTC et NB-IoT, des technologies que 3GPP a déclarées toutes deux conformes aux exigences IMT-2020.

## II.2 NR PHY: COMPOSANTS TECHNOLOGIE CLES

Les composants technologiques clés de la couche physique NR sont la modulation, la transmission multi-antenne et le codage de canal. Dans ce qui suit, nous fournissons un bref aperçu de ces composants de la couche physique.

### II.2.1 Modulation

NR prend en charge la modulation par décalage de phase en quadrature (QPSK), la modulation d'amplitude en quadrature 16 (QAM), les formats de modulation 64 QAM et 256 QAM à la fois pour la liaison montante et la liaison descendante, comme dans LTE. De plus,  $\pi / 2$ -BPSK est pris en charge en liaison montante pour permettre un rapport de puissance crête / moyenne encore plus réduit et une efficacité améliorée de l'amplificateur de puissance à des débits de données inférieurs, ce qui est important pour les services mMTC. Étant donné que NR couvrira un large éventail de cas d'utilisation, il est probable que l'ensemble des schémas de modulation pris en charge puisse être étendu [6].

Les schémas de modulation pris en charge sont [18] :

- dans la liaison descendante, QPSK, 16QAM, 64QAM et 256QAM.
- dans la liaison montante, QPSK, 16QAM, 64QAM et 256QAM pour OFDM avec un CP et  $\pi / 2$ -BPSK, QPSK, 16QAM, 64QAM et 256QAM pour DFT-s-OFDM avec un CP.

### II.2.2 Forme d'onde

Le 3GPP a accepté d'adopter le CP-OFDM avec une numérologie évolutive (espacement des sous-porteuses, préfixe cyclique) à la fois en UL et en DL jusqu'à au moins 52,6 GHz. Avoir la même forme d'onde dans les deux sens simplifie la conception globale, en particulier en ce qui concerne la liaison sans fil et les communications de périphérique à périphérique (D2D). De plus, il existe une prise en charge de l'OFDM DFT-Spread dans UL pour les scénarios à couverture limitée, avec des transmissions à flux unique (c'est-à-dire sans multiplexage spatial). Toute opération transparente pour un récepteur peut être appliquée au-dessus du CP-OFDM côté émetteur, comme le fenêtrage / filtrage pour améliorer le confinement du spectre [19].

### II.2.3 transmission multi-antenne

Les techniques multi-antennes étaient déjà importantes en LTE, mais en NR elles jouent un rôle plus fondamental dans la conception du système. L'extension du spectre pour la communication mobile pour inclure également les bandes d'ondes millimétriques a conduit à une conception centrée sur le faisceau de NR afin de prendre en charge la formation de faisceaux analogiques pour obtenir une couverture suffisante. En outre, les techniques multi-antennes sont cruciales pour répondre aux exigences de performance de la 5G également pour les bandes de fréquences cellulaires traditionnelles [6].

### II.2.4 Codage de canaux

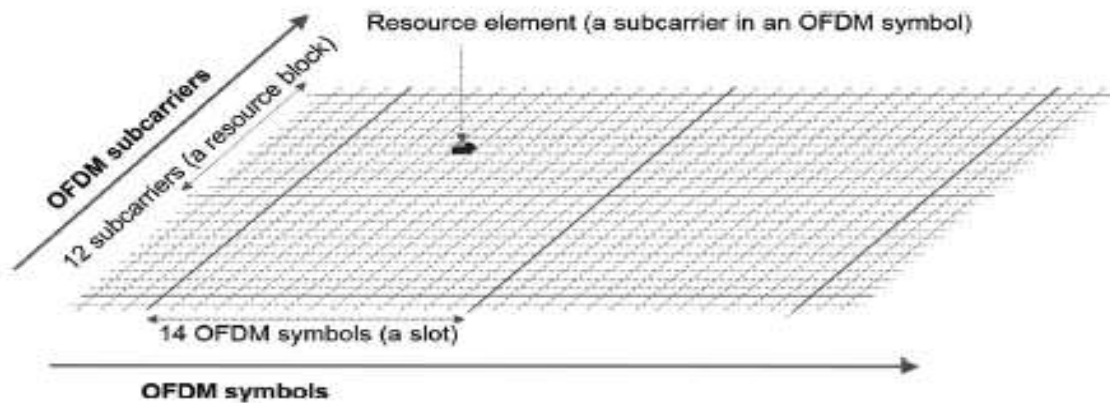
NR utilise des codes de contrôle de parité à faible densité (LDPC) pour la transmission de données pour les services à large bande mobile (MBB) et des codes polaires pour la signalisation de commande. Les codes LDPC sont attrayants du point de vue de la mise en œuvre, en particulier à des débits de données multi-gigabits par seconde. Contrairement aux codes LDPC mis en œuvre dans d'autres technologies sans fil, les codes LDPC considérés pour NR utilisent une structure compatible avec le débit. Cela permet la transmission à différents débits de code et le fonctionnement HARQ en utilisant une redondance incrémentielle. Pour la signalisation de commande de couche physique où les blocs d'informations sont petits par rapport à la transmission de données et où HARQ n'est pas utilisé, NR utilise des codes polaires. En concaténant le code polaire avec un code externe et en effectuant un décodage successif de liste d'annulation, de bonnes performances sont obtenues à des longueurs de bloc plus courtes. Pour les plus petites charges utiles de contrôle, les codes Reed – Muller sont utilisés [31].

## II.3 La Couche Physique De La 5G (2<sup>ème</sup> version)

Dans NR, les modules de canal de couche physique sont conçus sur la base de la spécification standard étant décrite en utilisant la spécification 3GPP. Série Release-15 et Release-16. Le canal principal de transport de données de couche physique de liaison descendante est appelé canal partagé de liaison descendante physique (PDSCH), et le canal de transport de données de couche physique de liaison montante principal est appelé canal partagé de liaison montante physique (PUSCH). La version 16 continue de développer la conception de la couche physique pour URLLC afin de satisfaire exigences plus strictes [17].

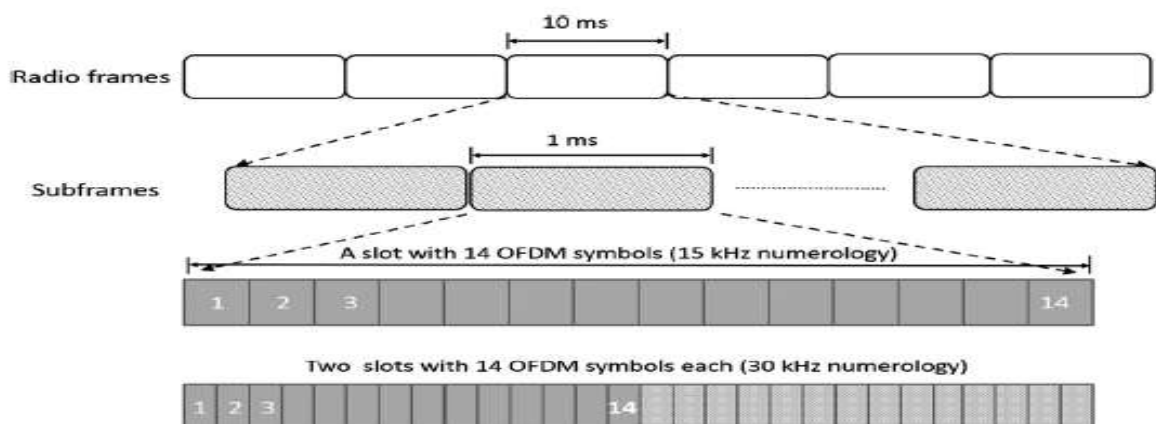
### II.3.1 Ressources des fréquences - de temps physiques [6]

Les ressources des fréquences - de temps physiques correspondent aux symboles OFDM et aux sous-porteuses au sein des symboles OFDM. La plus petite ressource temps-fréquence physique se compose d'une sous-porteuse dans un symbole OFDM, appelé élément de ressource. Les transmissions sont planifiées en groupe (s) de 12 sous-porteuses, appelées blocs de ressources physiques (PRBs). Un exemple de structure de ressources temporelles physiques NR est illustré à la Figure II.1.



**Figure II.1** : NR Structure temps-fréquence physique.

Dans le domaine temporel, les transmissions radio sont organisées en trames radio, sous-trames, créneaux et mini-créneaux. Comme illustré sur la figure II.2, chaque trame radio a une durée de 10 ms et se compose de 10 sous-trames avec une durée de sous-trame de 1 ms. Une sous-trame est formée par une ou plusieurs fentes adjacentes, chaque fente ayant 14 symboles OFDM adjacents. Un mini-slot, en principe, peut être aussi court qu'un symbole OFDM, mais dans la version 15, les mini-slots sont limités à 2, 4 et 7 symboles OFDM.



**Figure II.2** : NR Structure de trame

### II.3.2 Canaux physique

Les ressources temps-fréquence transportant des informations provenant de couches supérieures (couches au-dessus de PHY) sont appelées canaux physiques. Il existe un certain nombre de canaux physiques spécifiés pour la liaison montante et la liaison descendante dans release 15 et release 16 [6]:

- Canal partagé de liaison descendante physique (PDSCH), utilisé pour la transmission de données de liaison descendante.
- Canal de contrôle de liaison descendante physique (PDCCH), utilisé pour les informations de contrôle de liaison descendante, qui comprend les décisions de planification requises pour la réception de données de liaison descendante (PDSCH) et pour la planification des octrois autorisant la transmission de données de liaison montante (PUSCH) par un UE.
- Canal de diffusion physique (PBCH), utilisé pour diffuser les informations système requises par un UE pour accéder au réseau.
- Canal partagé de liaison montante physique (PUSCH), utilisé pour la transmission de données de liaison montante (par un UE).
- Canal de contrôle de liaison montante physique (PUCCH), utilisé pour les informations de commande de liaison montante, qui comprend:

Des accusés de réception de retour HARQ (indiquant si une transmission en liaison descendante a réussi ou non), demande d'ordonnancement (demande de ressources temps-fréquence du réseau pour les transmissions de liaison montante), et informations d'état de canal de liaison descendante pour l'adaptation de liaison.

- Canal d'accès aléatoire physique (PRACH), utilisé par un UE pour demander l'établissement de connexion appelé accès aléatoire.

Un canal physique de liaison secondaire correspond à un ensemble d'éléments de ressources transportant des informations provenant de couches supérieures, actuellement en release 16. Les canaux physiques de liaison secondaire suivants sont définis [18]:

- Canal partagé de liaison côté physique, PSSCH.
- Canal de diffusion de liaison latérale physique, PSBCH.

- Canal de commande de liaison latérale physique, PSCCH.
- Canal de retour de liaison côté physique, PSFCH.

### **II.3.3 Signaux physique**

Les ressources temps-fréquence qui sont utilisées par la couche PHY mais contiennent des informations provenant de couches supérieures (c'est-à-dire des couches au-dessus de la couche PHY) sont appelées signaux physiques. Les signaux physiques sont des signaux de référence utilisés à des fins différentes, par exemple, la démodulation, l'estimation de canal, la synchronisation et les informations d'état de canal. Il existe différents signaux physiques dans la liaison montante et la liaison descendante et latérale [6].

Un signal physique de liaison montante est utilisé par la couche physique mais ne transporte pas d'informations provenant de couches supérieures. Les signaux physiques de liaison montante suivants sont définis [20]:

- Signaux de référence de démodulation, DM-RS.
- Signaux de référence de suivi de phase, PT-RS.
- Signal sonore de référence, SRS.

Un signal physique de liaison descendante correspond à un ensemble d'éléments de ressources utilisés par la couche physique mais ne transporte pas d'informations provenant de couches supérieures. Les signaux physiques de liaison latérale suivants sont définis [20]:

- Signaux de référence de démodulation, DM-RS.
- Signaux de référence de suivi de phase, PT-RS.
- Signal de référence de positionnement, PRS.
- Signal de référence d'information sur l'état du canal, CSI-RS.
- Signal de synchronisation primaire, PSS.
- Signal de synchronisation secondaire, SSS.

Un signal physique de liaison secondaire correspond à un ensemble d'éléments de ressources utilisés par la couche physique mais ne transporte pas d'informations provenant de couches supérieures. Les signaux physiques de liaison latérale suivants sont définis [20]:

- Signaux de référence de démodulation, DM-RS.
- Signal de référence d'information sur l'état du canal, CSI-RS.
- Signaux de référence de suivi de phase, PT-RS.
- Signal de synchronisation primaire de liaison latérale, S-PSS.
- Signal de synchronisation secondaire de liaison latérale, S-SSS.

### II.3.4 Schéma de duplexage

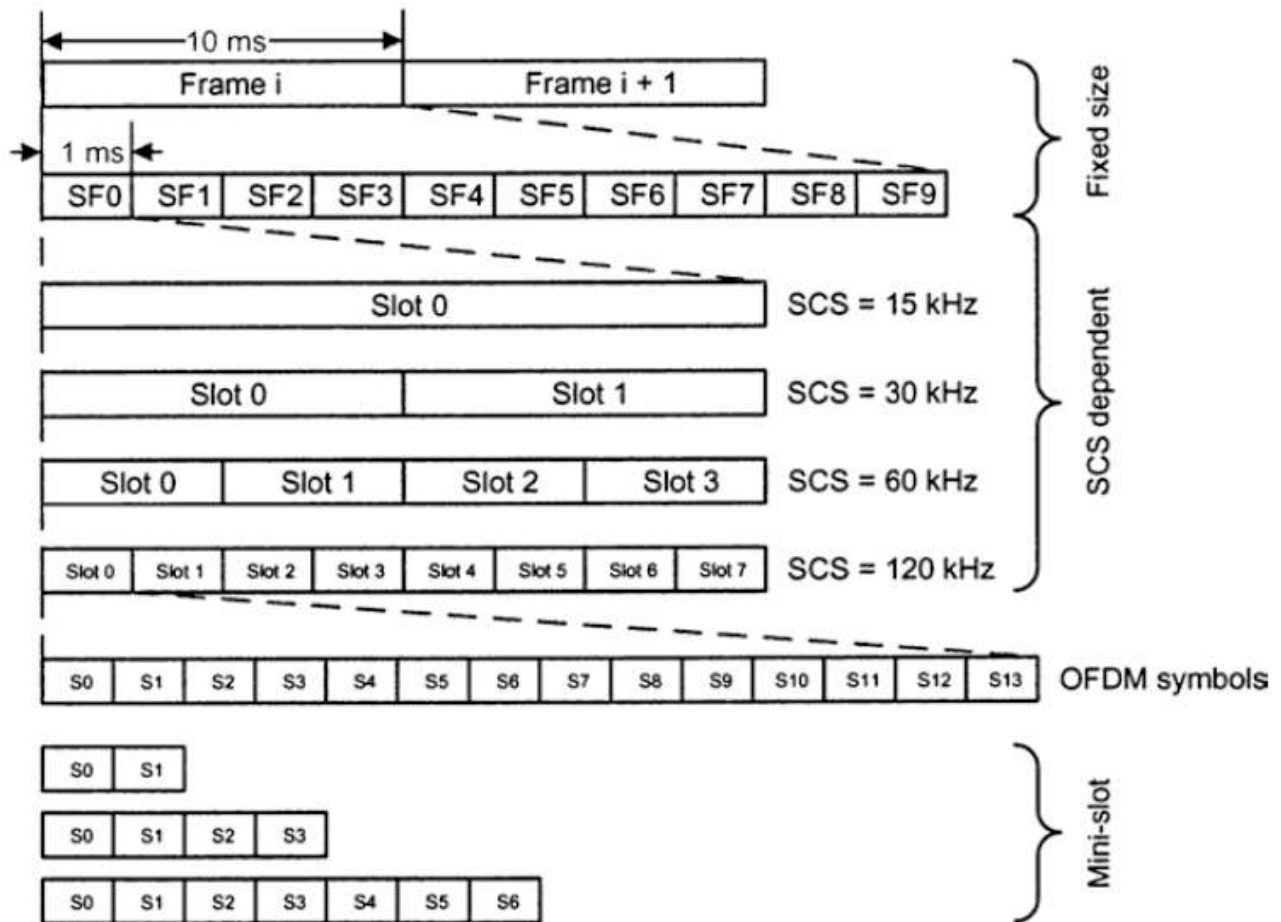
NR prend en charge les transmissions TDD et FDD, comme dans LTE. Aux fréquences inférieures, les allocations de spectre sont pour la plupart appariées, ce qui implique une transmission FDD. Aux fréquences plus élevées, les allocations de spectre sont souvent non appariées, ce qui implique le TDD. De plus, NR prend en charge le TDD dynamique, où les allocations de liaison montante et de liaison descendante changent dynamiquement au fil du temps. C'est l'une des principales améliorations par rapport à LTE, qui est utile dans les scénarios avec des variations de trafic rapides. Les décisions d'ordonnancement de transmission sont prises par l'ordonnanceur gNB et les UE suivent les décisions d'ordonnancement. Le réseau peut coordonner les décisions de planification entre les sites de réseau voisins pour éviter les interférences, si nécessaire. Le TDD peut également être configuré de manière semi-statique avec certaines périodicités de commutation de liaison montante / descendante [6].

### II.3.5 Structure de trame

La structure de trame NR suit trois principes de conception clés pour améliorer la compatibilité ascendante et réduire les interactions entre les différentes fonctionnalités. Le premier principe est que les transmissions sont autonomes. Les données dans une fente et dans un faisceau sont décodables seules sans dépendre d'autres fentes et faisceaux. Cela implique que les signaux de référence nécessaires à la démodulation des données sont inclus dans un créneau et un faisceau donnés. Le deuxième principe est que les transmissions sont bien confinées dans le temps et la fréquence. En gardant les transmissions confinées, il sera plus facile d'introduire de nouveaux types de transmissions en parallèle avec les transmissions héritées à l'avenir. La structure de trame NR évite le mappage des canaux de contrôle sur toute la bande passante du système. Le troisième principe est d'éviter les relations de synchronisation statiques et / ou strictes entre les intervalles et dans les différentes directions de transmission [32].

La structure de trame NR prend en charge à la fois les opérations de duplexage par répartition en fréquence (FDD) et de duplexage par répartition dans le temps (TDD) dans les bandes de fréquences à la fois sous licence et sans licence [8]. Il permet une très faible latence, des acquittements HARQ rapides, un TDD dynamique, coexistence avec LTE et transmissions de longueur variable (par exemple, courte durée pour URLLC et longue durée

pour MBB amélioré (eMBB). En considérant l'opération TDD, la figure II.3, fournit d'un exemple de structure de trame NR [6].



**Figure II.3 :** Exemple de structure de trame de couche physique NR.

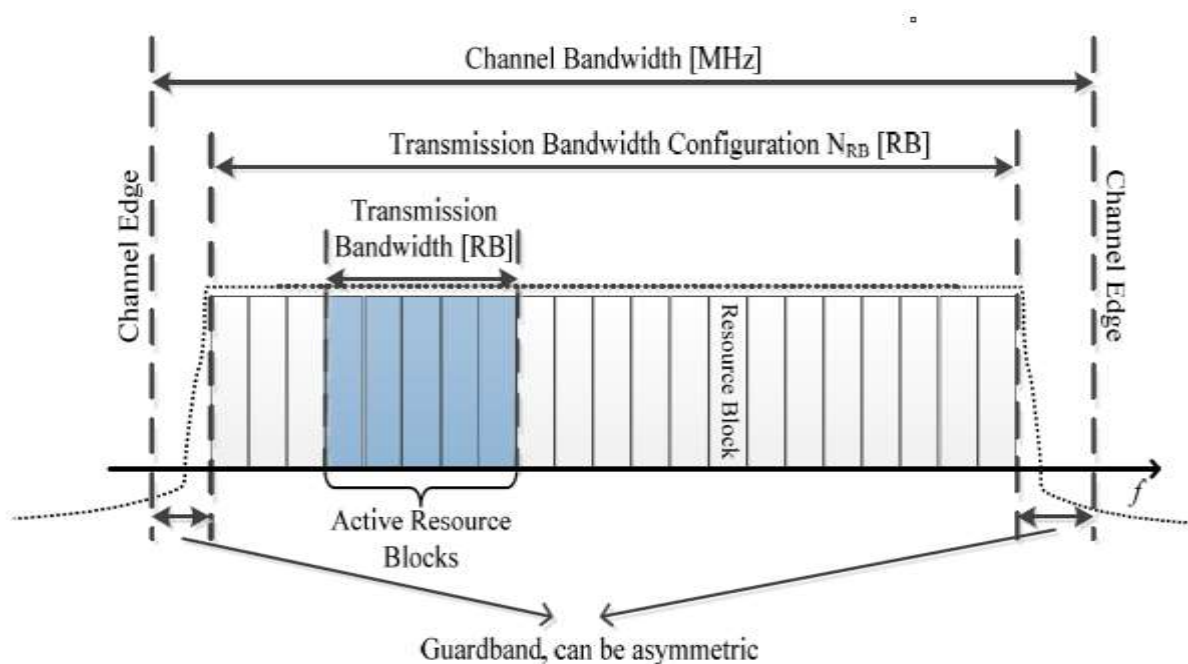
### II.3.6 Combinaisons de formats de slot

Une combinaison de format de slot est un modèle de slots, avec une durée maximale de 256 slots. Dans ce modèle, chaque emplacement est associé à un format d'emplacement qui a une valeur comprise entre 0 et 255. le format de créneau agit comme un pointeur dans une table de consultation, qui identifie chacun de ses symboles en tant que symboles de liaison montante, de liaison descendante ou flexible. Pour les utiliser, la station de base préconfigure le mobile avec une ou plusieurs combinaisons de formats de créneaux au moyen de la signalisation RRC. Il peut alors basculer dynamiquement le mobile d'une combinaison de formats de créneaux à une autre, au moyen d'informations de contrôle de liaison descendante sur le PDCCH. Le modèle ne se répète pas: au lieu de cela, le mobile s'attend à recevoir une

nouvelle combinaison de formats de créneaux avant d'atteindre la fin d'une ancienne. Les combinaisons de formats d'emplacement peuvent être utiles pour les communications à faible latence dans de petites cellules isolées [9].

### II.3.7 La bande passante de transmission

La bande passante du canal BS prend en charge une seule porteuse RF NR dans la liaison montante ou descendante à la station de base. Différentes largeurs de bande de canal UE peuvent être prises en charge dans le même spectre pour transmettre et recevoir des UE connectés à la BS. Le placement de la bande passante du canal UE est flexible mais ne peut être que complètement dans la bande passante du canal BS. La BS doit pouvoir émettre vers et / ou recevoir d'une ou plusieurs parties de bande passante UE qui sont inférieures ou égales au nombre de blocs de ressources porteuses sur la porteuse RF, dans n'importe quelle partie des blocs de ressources porteuses. La relation entre la bande passante du canal, la bande de garde et la configuration de la bande passante de transmission est illustrée à la figure II.4 [22].



**Figure II.4 :** La largeur de bande du canal et la configuration de la bande passante de transmission pour un NR

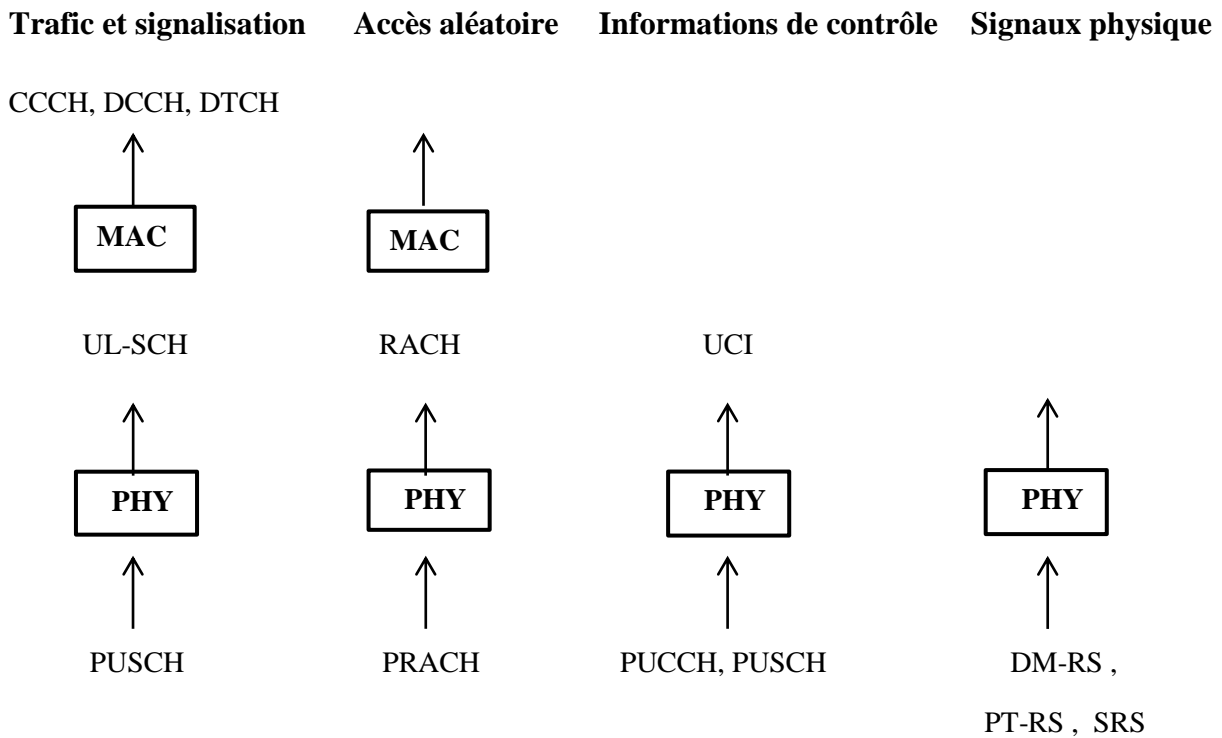
### **II.3.8 Ports d'antenne**

Dans NR, un port d'antenne logique est défini de telle sorte que le canal sur lequel un symbole sur le port d'antenne est acheminé puisse être déduit du canal sur lequel un autre symbole sur le même port d'antenne est acheminé. En d'autres termes, les symboles qui sont transmis sur un port d'antenne sont soumis aux mêmes conditions de propagation. Ainsi, le dispositif de réception peut supposer que deux signaux émis ont voyagé sur le même canal radio et ont donc subi les mêmes conditions de propagation si et seulement s'ils sont émis depuis le même port d'antenne. Les signaux de référence de démodulation (DM-RS) sont utilisés pour aider les dispositifs de réception à estimer le canal qui correspond au signal transmis depuis un port d'antenne spécifique [21].

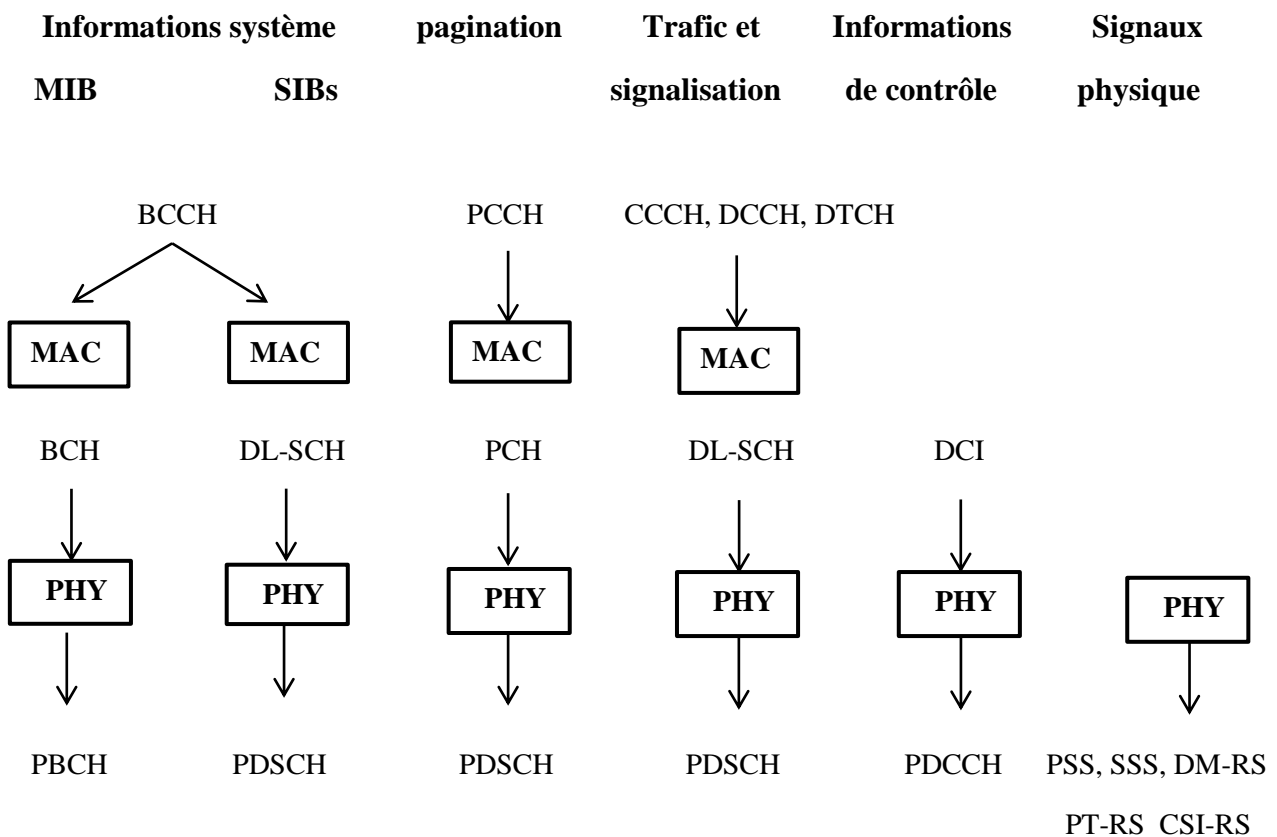
## **II.4 Flux d'information**

L'interface aérienne 5G fournit la majeure partie du trafic et de la signalisation d'un mobile sur trois canaux logiques bidirectionnels. Le canal de trafic dédié (DTCH) achemine le trafic du plan utilisateur pour un seul mobile, tandis que le canal de contrôle dédié (DCCH) transporte la majeure partie de la signalisation du plan de contrôle. Une station de base peut envoyer des messages de signalisation RRC connus sous le nom d'informations système à tous les mobiles de la cellule, qui décrivent la configuration de la cellule. Au plus haut niveau, ces informations sont divisées en deux parties inégales. Une station de base peut transmettre un bloc d'information maître (MIB), qui contient quelques paramètres importants dont le mobile a besoin pour acquérir une cellule, et est délivré sur le canal de commande de diffusion (BCCH), le canal de diffusion (BCH) et le canal de diffusion physique (PBCH). Il peut également transmettre plusieurs blocs d'informations système (SIB), numérotés de SIB 1 à SIB 9. Ils sont d'abord livrés sur le BCCH de la même manière que le bloc d'information maître, puis sur le DL-SCH et le PDSCH de la même manière que le reste de la signalisation de liaison descendante [9].

Une station de base peut également composer des messages de pagination RRC, si elle a besoin de contacter des mobiles. Il délivre ces messages sur le canal de commande de radiomessagerie (PCCH) et le canal de radiomessagerie (PCH), qui mappent sur le PDSCH.



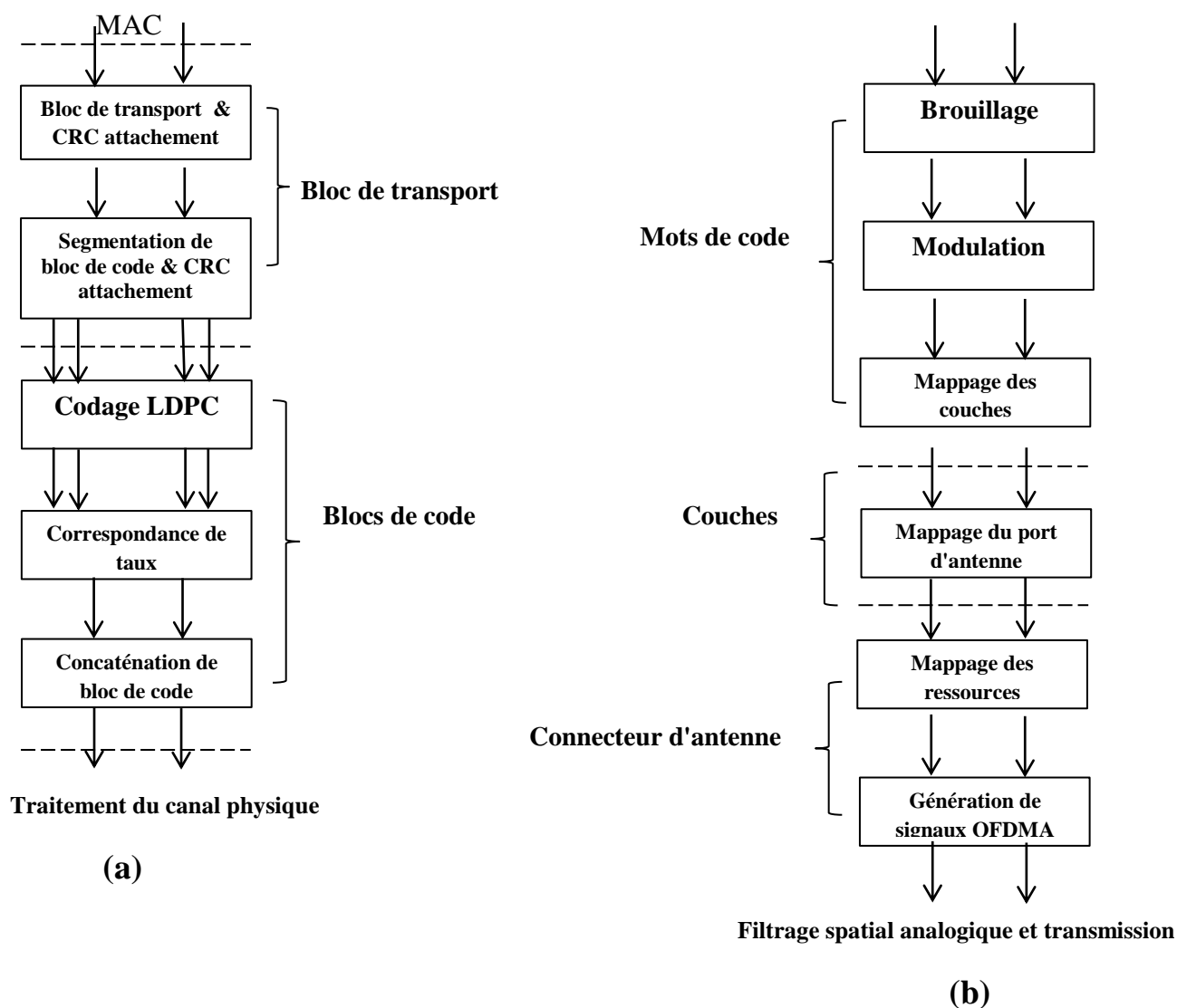
**Figure II.5 :** Flux d'informations de liaison montante. PHY: couche physique.



**Figure II.6 :** Flux d'informations de liaison descendante. PHY: couche physique.

## II.5 Technologies de prise en charge du traitement de la couche physique

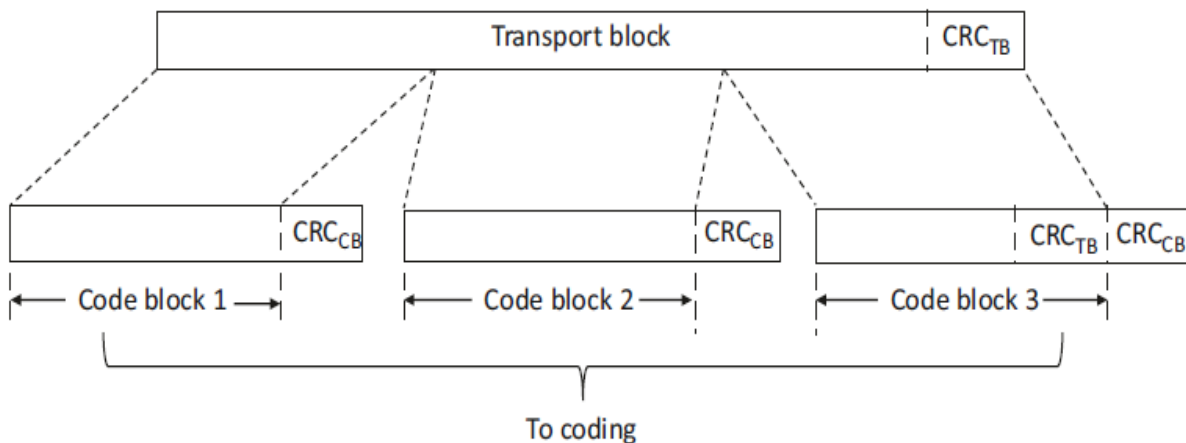
Dans NR, le canal de transport de données de couche physique de liaison descendante principal est appelé canal partagé de liaison descendante physique (PDSCH), et le canal de transport de données de couche physique de liaison montante principal est appelé canal partagé de liaison montante physique (PUSCH), Canal de contrôle de liaison descendante physique (PDCCH) Canal de contrôle de liaison montante physique (PUCCH). Les données sont présentées à ces canaux sous la forme de blocs de transport. Le traitement global des données dans ces canaux est en grande partie similaire et comme le montre la figure II.7 [21].



**Figure II.7** : (a) Traitement des canaux de transport et (b) Traitement des canaux physiques.

### II.5.1 Sélection du graphe de base LDPC et segmentation du bloc de code

En NR, un ou deux blocs de transport porteurs de données de taille variable sont délivrés à la couche physique à partir de la couche au-dessus, la couche MAC (Medium Access Control). La première action au niveau de la couche physique est l'attachement, par bloc de transport, d'un CRC,  $CRC_{TB}$ , créant ainsi un bloc de code. Ensuite, le graphe de base LDPC à utiliser est sélectionné sur la base de la taille du bloc de transport et du taux de codage. Si un bloc de transport dépasse une certaine taille (8424 bits pour le graphe de base LDPC 1, 3824 pour le graphe de base 2), le bloc de transport et son CRC attaché sont divisés en plusieurs blocs de code de taille égale, et chaque bloc de code a un CRC, disons  $CRC_{CB}$ , d'une longueur de 24 bits, attachés comme indiqué sur la figure II.8 [29,31].



**Figure II.8 :** Segmentation par bloc de code

### II.5.2 Correspondance de taux et fonctionnalité HARQ

Après la segmentation du bloc de code, chaque bloc de code et son CRC attaché subissent un codage LDPC, suivi de la correspondance de taux et de la fonctionnalité HARQ, de la correspondance de taux et de la fonctionnalité HARQ, effectuée séparément pour chaque bloc de code codé LDPC et son CRC associé, servent à extraire un nombre approprié de bits codés pour correspondre aux ressources temps / fréquence affectées à la transmission ainsi qu'à générer différentes versions de redondance nécessaires pour un fonctionnement HARQ efficace. La correspondance de débit est effectuée séparément pour chaque bloc de code et CRC attaché et consiste en une sélection de bits et un entrelacement de bits. La première action entreprise est de percer un certain nombre de bits systématiques, la fraction de bits

perforés pouvant aller jusqu'à un tiers des bits systématiques, en fonction de la taille du bloc de code [21].

### II.5.3 Brouillage

Pour chaque bloc de bits codés créé par la fonctionnalité HARQ est brouillé. Le brouillage est réalisé, comme le montre la figure II.9, en générant une séquence binaire pseudo-aléatoire répétitive mais longue et en combinant logiquement la séquence générée avec des données entrantes. La sortie brouillée assume des propriétés similaires à la séquence pseudo-aléatoire, quelles que soient les propriétés des données d'entrée. Le but du brouillage ici est la suppression des interférences intercellulaires. Le même spectre étant probablement utilisé dans toutes les cellules voisines, une telle interférence est une possibilité réelle. Sans brouillage, le décodeur de canal pourrait éventuellement être aussi bien adapté à un signal brouillé qu'au signal souhaité en utilisant la même ressource de fréquence et ainsi être incapable de supprimer correctement l'interférence. Différentes séquences de brouillage sont appliquées dans la DL aux BS voisines et dans l'UL à différents UE. En conséquence, les signaux interférents, après débrouillage, sont randomisés, ce qui les rend plus bruyants et donc plus facilement adressés via le décodage de canal [21].

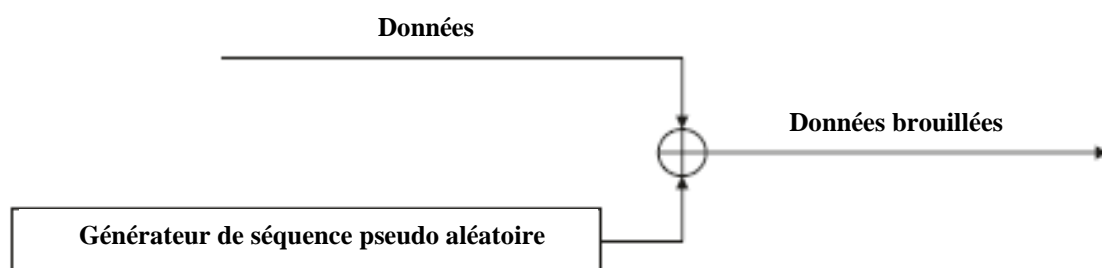


Figure II.9 : Brouilleur

### II.5.4 Mappage des éléments de ressources

Après la fin de l'embrouillage, le bloc de bits brouillés subit un mappage de symboles de modulation suivi d'un mappage de couche. S'il s'agit d'un traitement UL utilisant le DFTS-OFDM en option, puis les couches reçues du mappeur de couches sont étalées DFT à cette étape. Si le traitement UL ou DL utilise CP-OFDM, cette étape est ignorée. Les couches subissent ensuite un pré-codage multi-antennes suivi de l'étape de mappage des éléments de ressources, le sujet de cette section [21].

Un élément de ressource est la plus petite ressource physique dans une grille de ressources temps-fréquence OFDM. Il représente un symbole de modulation (temps) par une sous-porteuse (fréquence). En NR, un bloc de ressources (RB) est unidimensionnel dans le domaine fréquentiel uniquement et a une largeur de 12 sous-porteuses. Le mappage de ressources est la prise de symboles de modulation à transmettre sur chaque port d'antenne et leur mise en correspondance avec l'ensemble des éléments de ressources disponibles dans un ensemble de blocs de ressources dicté par le programmeur MAC. C'est ici que chaque sous-porteuse est modulée avec un symbole de modulation pour créer une sous-porteuse modulée.

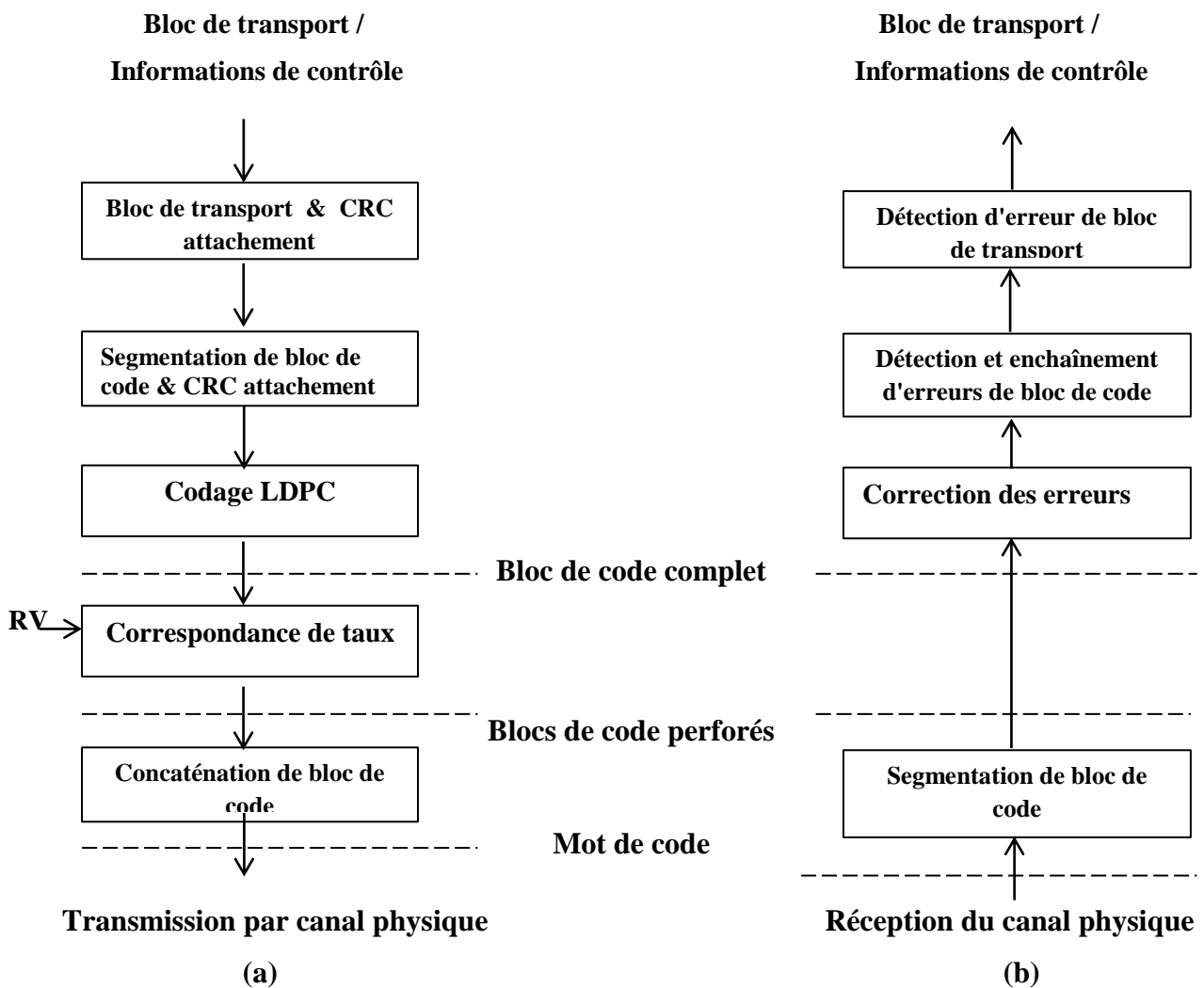
Ce que le planificateur dicte pour la transmission est en fait un ensemble de blocs de ressources virtuelles (VRBs) et un ensemble de symboles OFDM. Au sein de ces VRBs, les symboles de modulation sont mappés sur des éléments de ressources d'une première fréquence, d'une seconde manière, cette approche permettant une faible latence. Les VRBs contenant des symboles de modulation sont mappés sur des blocs de ressources physiques (PRBs) selon l'une des deux méthodes suivantes, à savoir, mappage non entrelacé et mappage entrelacé. Dans le mappage non entrelacé, les VRBs dans une section de bande passante mappent directement aux PRBs dans la même bande passante. Cette méthode est utile lorsque le planificateur tente d'allouer des ressources à cette section du spectre disponible avec les conditions de canal les plus favorables. Dans le mappage entrelacé, les VRBs sont mappés aux PRBs via un entrelaceur, avec des fréquences de sortie couvrant toute la bande passante disponible [9].

## **II.6 Transmission des données**

### **II.6.1 Traitement des canaux de transport**

À cette étape, il est utile de définir un cadre pour le traitement du signal dans la couche physique de l'interface radio. Bien qu'aucun des canaux et signaux n'utilise exactement ce cadre, ils le suivent tous de près.

Le processeur de canal de transport est illustré à la Figure II.10. Avec des variantes, ces étapes sont utilisées par tous les canaux de transport à l'exception du RACH plus simple, et par les informations de commande de liaison montante et de liaison descendante. Le processus peut commencer de deux manières. Dans le cas des canaux de transport, la couche physique reçoit une ou deux unités de données de protocole du protocole MAC, appelées blocs de transport. En variante, la couche physique compose ses propres informations de contrôle de liaison montante ou descendante [23].



**Figure II.11 :** Traitement du canal de transport. (a) Transmission. (b) Réception.

L'émetteur commence par attacher un contrôle de redondance cyclique (CRC) jusqu'à 24 bits, que le récepteur utilise pour la détection d'erreurs. Dans certains cas, il segmente les informations résultantes en un certain nombre de blocs de code et attache un CRC à chacun. Il applique ensuite un codage de correction d'erreur, en utilisant l'un des trois algorithmes suivants: un code de contrôle de parité à faible densité (LDPC) pour les grandes longueurs de bloc, un code polaire pour les petites longueurs de bloc ou un code de bloc pour les très petites longueurs de bloc. Enfin, l'émetteur sélectionne les bits codés qu'il transmettra effectivement au moyen de l'adaptation de débit, concatène tous les blocs de code ensemble et envoie le résultat sous la forme de mots de code [24].

## II.6.2 Traitement des canaux physique

Plus bas, la couche physique prend en charge une architecture hybride multi-antennes, dans lequel la station de base et le mobile peuvent tous deux utiliser un mélange de formation de faisceau numérique et de sélection de faisceau analogique. La figure II.12 montre les étapes les plus importantes du processeur de canal physique, pour un canal qui prend en charge la transmission multicouche et l'ARQ hybride, et pour son signal de référence de démodulation associé.

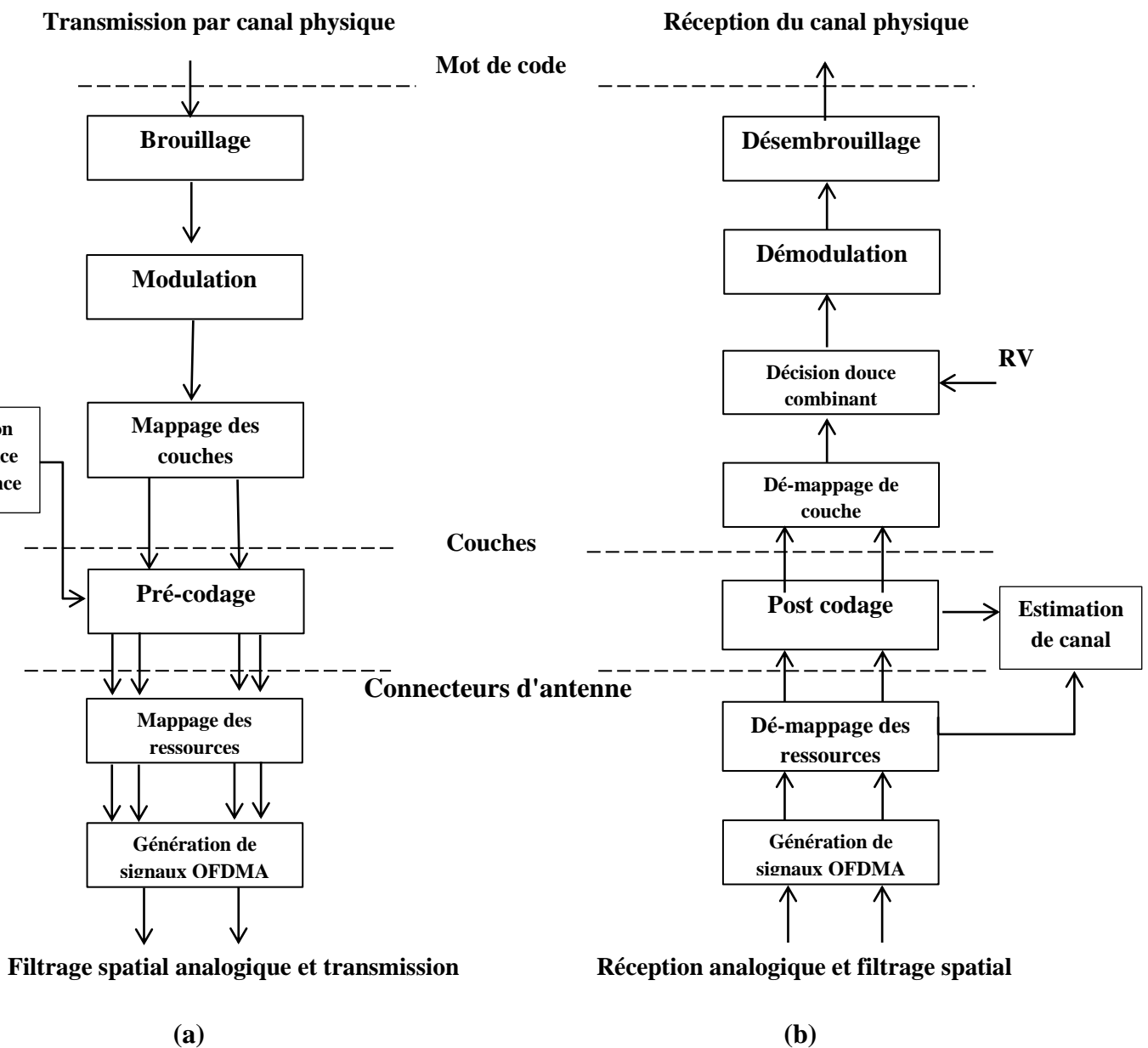


Figure II.12 : Traitement du canal physique. (a) Transmission. (b) Réception.

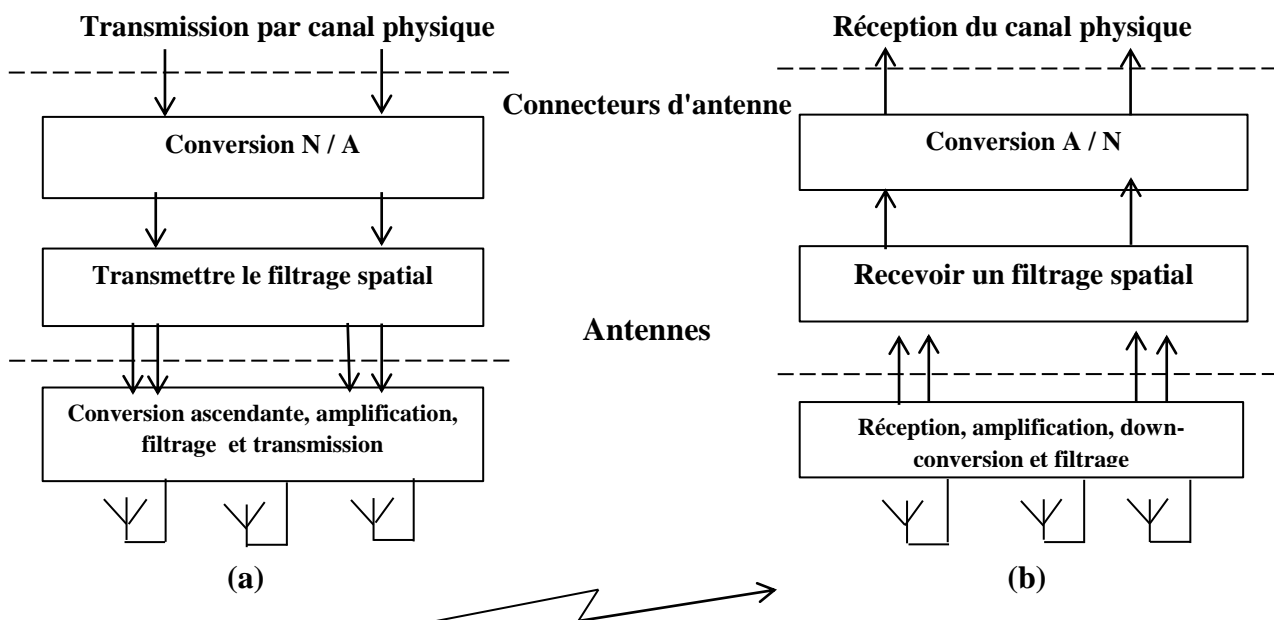
L'émetteur commence par mélanger les bits codés avec un code de brouillage pseudo-aléatoire spécifique à la cellule ou au mobile, afin de randomiser les interférences entre les appareils qui émettent sur la même fréquence radio. Il convertit ensuite les bits en symboles au moyen d'une modulation. L'étape de mappage de couche s'applique uniquement au PUSCH et au PDSCH, et convertit un flux de symboles pour un seul mobile en un ensemble de couches MIMO parallèles. En même temps, l'émetteur génère un flux de signaux de référence de démodulation pour chaque couche MIMO. (Nous avons délibérément évité le terme port d'antenne dans cette description, car sa signification exacte varie d'un canal ou d'un signal à l'autre).

Le précodeur est une mise en œuvre de la formation de faisceaux numérique, qui mappe les couches sortantes sur des connecteurs d'antenne numérique. Il le fait en appliquant une matrice de précodage, dans laquelle chaque élément de matrice est un facteur d'échelle d'amplitude et un déphasage qui mappe une couche sur un connecteur d'antenne. Les signaux de référence de démodulation sont précodés de la même manière que les canaux correspondants. Après précodage, l'émetteur mappe les symboles sur les éléments de ressources sous-jacents, dont chacun correspond à la transmission d'un symbole sur une sous-porteuse et un port d'antenne. L'émetteur génère alors les signaux OFDMA du domaine temporel en effectuant une FFT inverse et en insérant un préfixe cyclique, et les envoie au processeur analogique pour transmission.

Les processus sont inversés dans le récepteur. En utilisant les signaux de référence de démodulation, l'étage d'estimation de canal calcule les facteurs d'échelle d'amplitude et les déphasages qui ont mappé chacune des couches émises sur chacun des connecteurs d'antenne du récepteur. Le résultat est une matrice de canaux composite  $H \cdot F$ , dans laquelle  $F$  est la matrice de précodage de l'émetteur, et  $H$  est la matrice de canaux qui a mappé les connecteurs d'antenne de l'émetteur sur les connecteurs d'antenne du récepteur. Le récepteur calcule ensuite la matrice de post-codage  $G$ . En appliquant la matrice de post-codage, le récepteur récupère les couches MIMO souhaitées, et les reconvertit en un seul flux. Le récepteur combine ensuite les symboles de la transmission initiale et d'éventuelles réémissions ARQ hybrides, laisser des espaces pour tous les symboles qui ont été omis lors de l'appariement des taux. Après avoir démodulé les symboles et désembrouillé les bits correspondants, il transmet les résultats au récepteur du canal de transport [25,26].

### II.6.3 Traitement analogique

Le processus se termine comme le montre la figure II.13. Dans la première étape, l'émetteur convertit les signaux OFDMA du domaine temporel en une forme analogique. Il applique ensuite un filtre spatial, avant de mélanger le signal jusqu'à la radiofréquence et de réaliser l'amplification, le filtrage et la transmission. Les processus sont inversés dans le récepteur. Le filtre spatial est une implémentation de la formation de faisceaux analogique, qui mappe les connecteurs d'antenne sur les antennes physiques correspondantes. La station de base sélectionne généralement un faisceau analogique pour chaque connecteur d'antenne au moyen d'une rampe de phase [26].

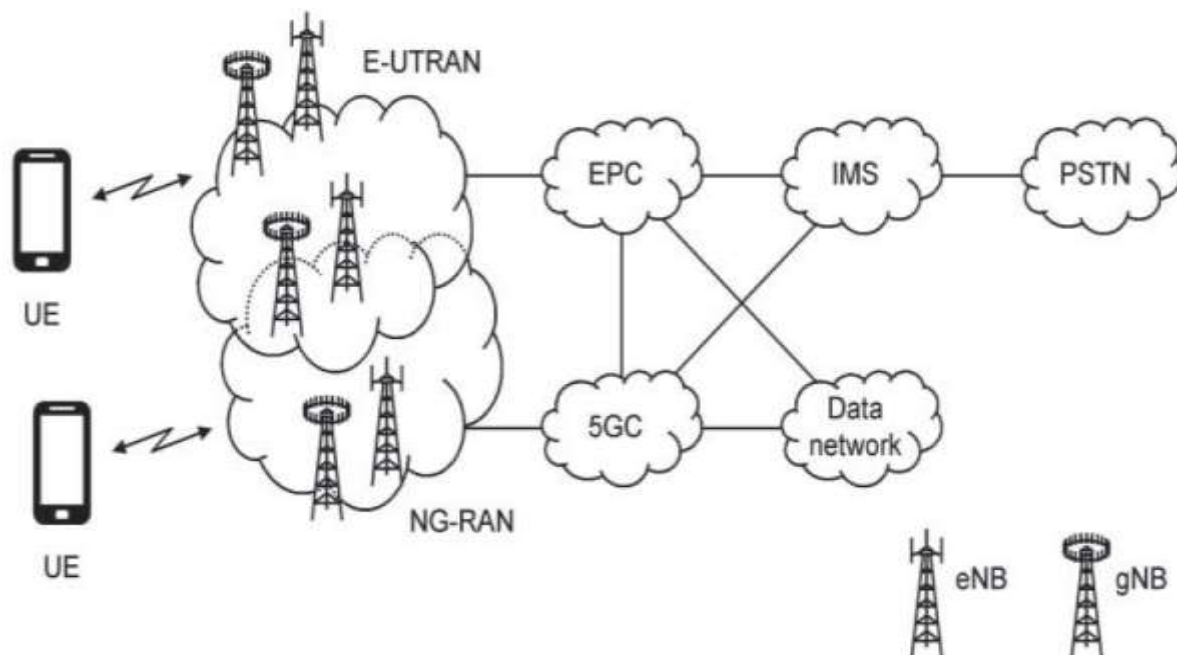


**Figure II.13 :** Traitement analogique. (a) Transmission. (b) Réception.

## II.7 Architecture de 5G

Architecturalement, la 5G s'appuie sur LTE en ajoutant un certain nombre de nouveaux composants illustrés dans la figure II.1. Le réseau central 5G (5GC) contient de nouvelles fonctions réseau qui prend en charge NFV, SDN et le découpage de réseau. Le réseau d'accès radio de nouvelle génération (NG-RAN) introduit de nouvelles interfaces et procédures de

signalisation pour le backhaul et pour les communications entre les stations de base proches, et prend en charge la centralisation et la virtualisation RAN, l'informatique de périphérie et le découpage de réseau. Ensemble, les deux réseaux forment le système 5G (5GS). La station de base 5G est connue sous le nom de nœud B de nouvelle génération (gNB). Le gNB communique avec le mobile via une interface radio appelée New Radio (NR), qui prend en charge les communications à ondes millimétriques et à antennes multiples [9].



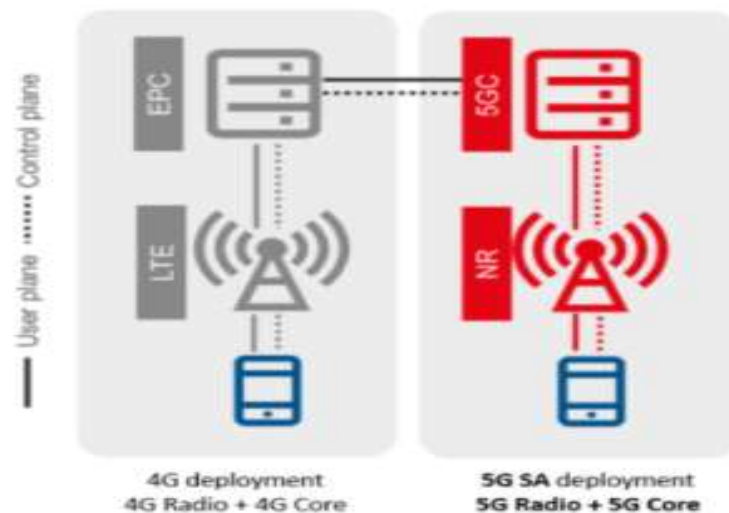
**Figure II.14** Architecture de haut niveau de la 5G.

De manière générique, un eNB ou un gNB individuel est appelé nœud. Comme le montre la Figure II.14, un nœud individuel peut se trouver dans le E-UTRAN, le NG-RAN ou les deux. Spécifiquement, un nœud se trouve dans l'E-UTRAN s'il prend en charge le backhaul LTE hérité et est connecté au cœur de paquet évolué, et dans le NG-RAN s'il prend en charge le nouveau backhaul 5G et est connecté au cœur 5G.

Non-autonome et autonome : deux chemins normalisés avec les générations précédentes, Le 3GPP définit à la fois un nouveau cœur de réseau 5G, appelé 5GC, ainsi qu'une nouvelle technologie d'accès radio appelée 5G «New Radio» (NR). Avec la 5G, il est possible d'intégrer des éléments de différentes générations dans différentes configurations, à savoir [28]:

- **Utilisation autonome: une seule technologie d'accès radio.**

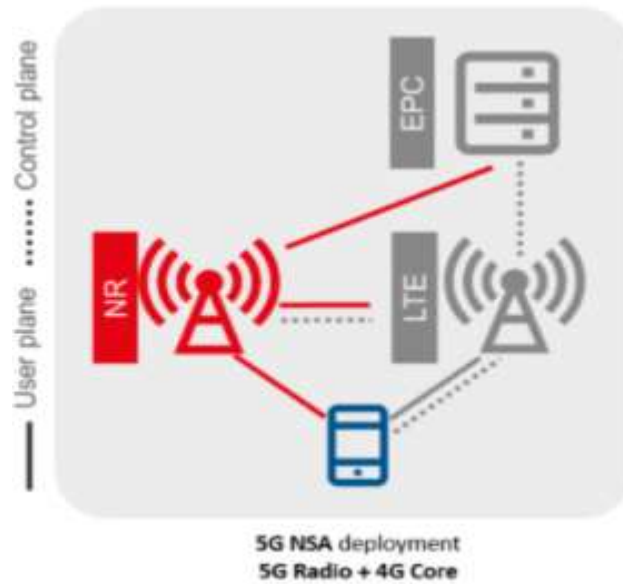
La 5G NR autonome utilisera (eMBB), (URLLC) et (mMTC) pour fournir des débits de données multi-gigabits avec une efficacité améliorée et des coûts réduits. Il aura à la fois la nouvelle interface aérienne 5G, la nouvelle radio (NR) et le 5G Cœur (5GC) en place. Un réseau 5G autonome offre à l'utilisateur une expérience 5G de bout en bout. Le réseau SA continuera d'interopérer avec le réseau 4G / LTE existant pour assurer la continuité de service entre les deux générations de réseau.



**Figure II.15 :** Architecture du réseau 5G SA.

- **Non autonome: pourrait utiliser plusieurs technologies d'accès radio.**

Le réseau 5G non autonome, en revanche, fait référence au fait de n'avoir que des cellules 5G NR en place avec EPC comme le cœur. Les opérateurs déploieront des cellules 5G et dépendront entièrement du réseau LTE existant pour toutes les fonctions de contrôle et les services complémentaires. L'architecture 5G NSA fonctionne en structure maître-esclave, où le nœud d'accès 4G est le maître et le nœud d'accès 5G est l'esclave. Utilisation d'un EPC 4G avec un 5G nœud B (gNB).



**Figure II.16 :** Architecture du réseau 5G NSA

## II.8 Conclusion

Dans ce chapitre, où et comment les principales technologies de couche physique 5G sont appliquées ont été montrés. La couche physique NR est le système d'accès radio point à multipoint le plus complexe et le plus flexible introduit à ce jour, offrant le potentiel de débits de données sans précédent et d'une faible latence. Cela tient en grande partie aux technologies introduites dans ce chapitre et à la manière dont elles ont été appliquées, cela a rendu ces progrès possibles. Bien que la 5G NR ait été développée principalement pour l'accès mobile, il est également applicable à l'accès sans fil fixe. Les améliorations apportées au système 5G dans le cadre de la version 16. Les principaux sujets comprennent les communications avec les véhicules, les services de localisation, l'accès intégré, et une bande de fréquences de 30 à 300 GHz pour les services haut débit mobile et haut débit mobile amélioré.

**Chapitre III** — — — — —

**SIMULATION**

— — — — —

### III.1 Introduction :

Les interférences jouent un rôle essentiel dans la conception et l'analyse des performances des réseaux sans fil. L'évolution de performances d'un réseau à l'aide de SINR est difficile car elle nécessite l'estimation de stratégie de transmission telles que ; la puissance de transmission, Contrôle d'accès au support (MAC) protocole et diagramme d'antenne. Dans le cas de réseau utilisant le raccordement à ondes millimétrique , La quantification du SINR devient plus difficile et complexe en raison de la perte de pénétration élevée, D'abord la réfection de l'ordre et l'utilisation du diagramme d'antenne MIMO qui introduit des éléments de caractère aléatoire .En outre ,Les différentes composantes du SINR , à savoir ; La topologie du réseau , Le canal sans fil et la stratégie de transmission.

Dans l'architecture de réseau 5G, La mise en œuvre de réseaux crée plusieurs niveaux de réseau de tailles différentes avec des puissances de transmission différentes et un grand nombre d'appareils intelligents connectent les uns aux autres. Transmissions de ces dispositifs causent des interférences qui doivent être supprimées. Ce chapitre se concentre sur la planification d'un réseau 5G, L'importance de planification radio s'inscrit dans un objectif global d'amélioration des performances des outils de communication actuels. Ces outils se doivent de transmettre des données le plus rapidement possible tout en garantissant une réception limitant au maximum la perte d'information à qui provoque beaucoup d'interférences, Sachant qu'il existe des outils de planification pour les réseaux 2G et 3G, 4G. On n'a pas encore développé un outil propre à la 5G, L'objectif principal de ce travail est d'effectuer la planification d'un réseau 5G sur une zone de Laghouat

### III.2 Planification Et Dimensionnement :

La planification d'un réseau mobile consiste à déterminer l'ensemble des composantes matérielles et logicielles de ces systèmes, Les positionner, Les interconnecter et les utiliser de façon optimale, Entre autres, Une série de contraintes de qualité de service. Ce processus qui peut être à la fois long et coûteux a lieu avant la mise en opération du réseau.

La planification des réseaux nécessite la prise en compte de certains facteurs fondamentaux. Les objectifs doivent être clairement définis. Ce sont [37] :

- La zone de couverture.
- La distribution du trafic.

- le nombre estimé d'utilisateurs.
- le taux de croissance de la demande.

Les principales étapes caractérisant la procédure de planification d'un réseau mobile comportent :

- La détermination du modèle de trafic et la mobilité.
- La couverture de la partie radio.
- Le dimensionnement des cellules.
- La planification des fréquences.
- La définition du réseau de commutation.

Sur un plan plus technique, Il faut tenir compte du choix des antennes, De leur orientation et de leur puissance, de la bande de fréquence utilisée ainsi que des canaux disponibles pour la transmission et de la configuration de la zone à couvrir (existence ou pas d'obstacles).

L'atténuation du signal dépend, non seulement de la distance entre la station émettrice et le récepteur, De la bande de fréquence utilisée, des effets environnementaux et de la morphologie de la zone de couverture.

La puissance et le type des équipements des utilisateurs devraient aussi être pris en compte pour le calcul de l'atténuation en sens inverse. De ces équipements vers la station de base. Selon la capacité des équipements utilisés, le rapport minimum signal sur bruit (SNR) pour la réutilisation des canaux doit être défini.

Le dimensionnement d'un réseau 5G est un processus qui permet d'estimer, à partir des besoins et des exigences de l'opérateur, le nombre d'équipements nécessaires ainsi que leur configuration. Le Dimensionnement du réseau mobile est un problème complexe qui met en jeu à la fois du aspect théorique et pratique, il s'agit de trouvé la meilleure architecture cellulaires au regard plusieurs critique (qualité de couverture, absorption de la charge ...).

### **III.2.1 L'objectif :**

L'objectif de la planification est de déterminer le nombre minimal de sites requis pour assurer la couverture d'une zone bien déterminée en fonction des services offerts et du nombre d'abonnés en tenant compte des contraintes de qualité de service. Donc il faudrait atteindre le maximum de couverture avec une capacité optimale tout en maintenant le coût de déploiement le plus faible possible.

### III.3 SINR :

Analogue au SNR (le rapport signal sur bruit) souvent utilisé dans les systèmes de communication filaires. Le SINR est défini comme la puissance d'un certain signal d'intérêt divisé par la somme de puissance d'interférence. Les interférences se produisent lorsque le signal désiré est combiné avec d'autres signaux indésirables transmis. Émis par d'autres sources dans la même créneau de fréquence. D'espace ou de temps. Si la puissance du signal de brouillage dépasse le seuil de détection du signal désiré, la panne se produit. Pour évaluer la probabilité d'une panne ou d'un décodage réussi d'une transmission, la métrique SINR est utilisée [33].

#### III.3.1 Modèle de système:

La figure III.1 présenter un scénario de réseau avec une paire d'émetteur et son récepteur prévu lien désigne par  $i$ . Les émetteurs Tx1 et Tx2 agissent comme brouilleurs potentiels pour les transmissions entre (Tx $i$ ) $_0$  et son récepteur prévu (Rx $i$ ) $_0$ , le SINR donne l'équation suivante:

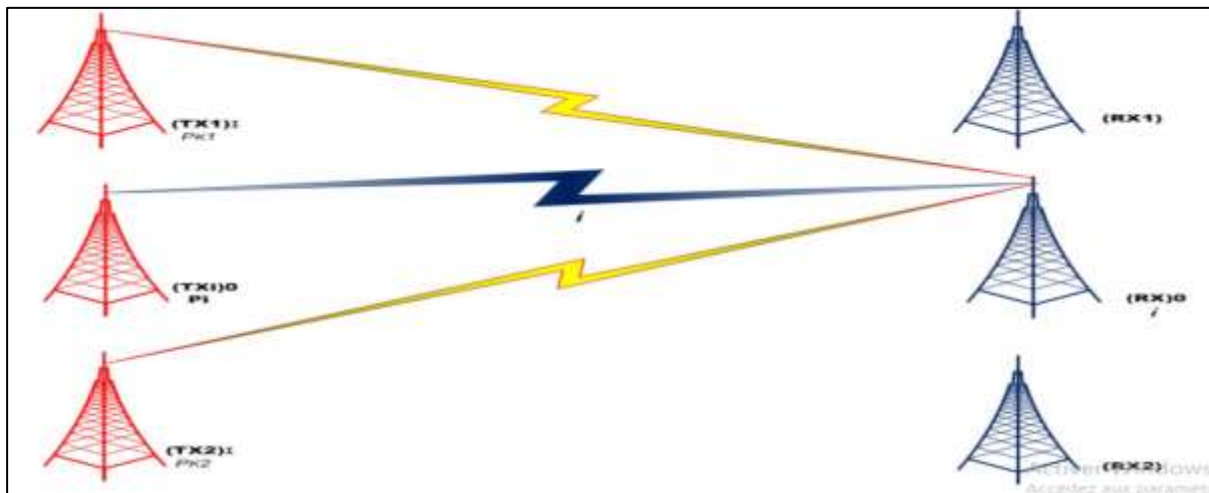
$$y_i = \frac{S}{\sum_{K \in \mathfrak{T}} i_K + \eta} \quad (\text{III.1})$$

$\mathfrak{T}$ : tout l'ensemble des émetteurs d'interférences l'exclusion de émetteur prévu.

$d_i$ : la distance entre l'émetteur (Tx $i$ ) $_0$  et le récepteur de référence (Rx $i$ ) $_0$ .

$S$ : la puissance du signal (variable aléatoire)

$i_k$ : interférence du brouilleur  $k$  (variable aléatoire)



**Figure III.1 :** SINR au récepteur prévu  $i$

$S$  et  $i_k$  interférence du brouilleur  $k$  des variable aléatoire avec leur distributions en fonction de divers facteurs : la Puissance d'émission, la gestion des interférences, le diagramme d'antenne et les technique de formation faisceau utilisé. L'équation ci-dessous peut être écrite comme suit :

$$y_i = \frac{p_i g_i^{Tx} g_i^{Rx} g_i^{Ch}}{\sum_{k \in \mathcal{X}} p_k g_k^{Tx} g_k^{Rx} g_k^{Ch} + \eta} \quad (\text{III.2})$$

Ou  $p_i$  : la puissance transmise par (TXi)0,

$g_i^{Ch}$  : Gain de canal entre la référence ( TXi)0 et le récepteur (RXi)0

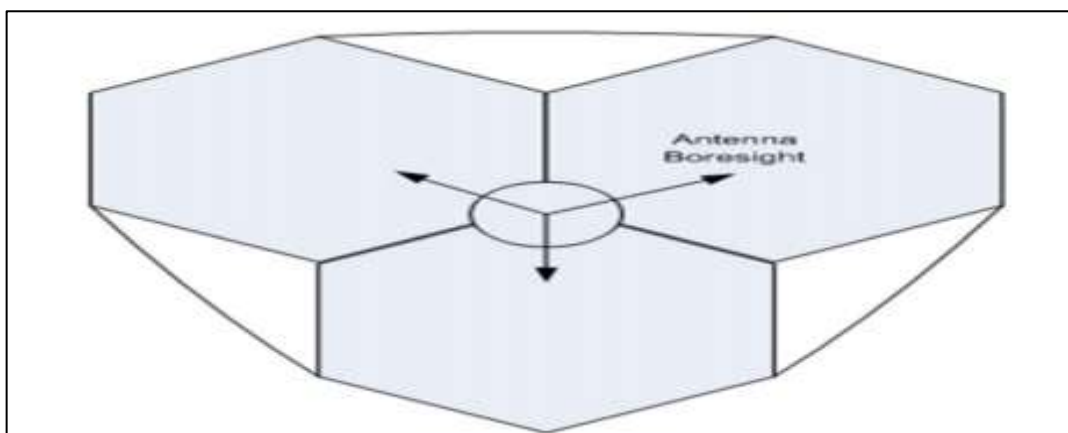
$g_i^{Rx}$  : gain d'antenne au récepteur de référence vers TXi

$\eta$  : la puissance de bruit gaussienne blanche

Cette équation montre la dépendance du SINR sur les différentes composantes mentionnées plus tôt. Deux antennes directionnelles fourniront un SINR élevé en raison de haut gain directionnel. Dans ce chapitre le SINR est évalué et compare à l'aide de différentes antennes avec un diagramme de rayonnement et de gain différents. De plus, si  $\beta$  indique le seuil du SINR, une coupure se produit si  $y < \beta$ . Un modelé statistique qui fournit une estimation d'une panne est appelé une distribution statistique [33].

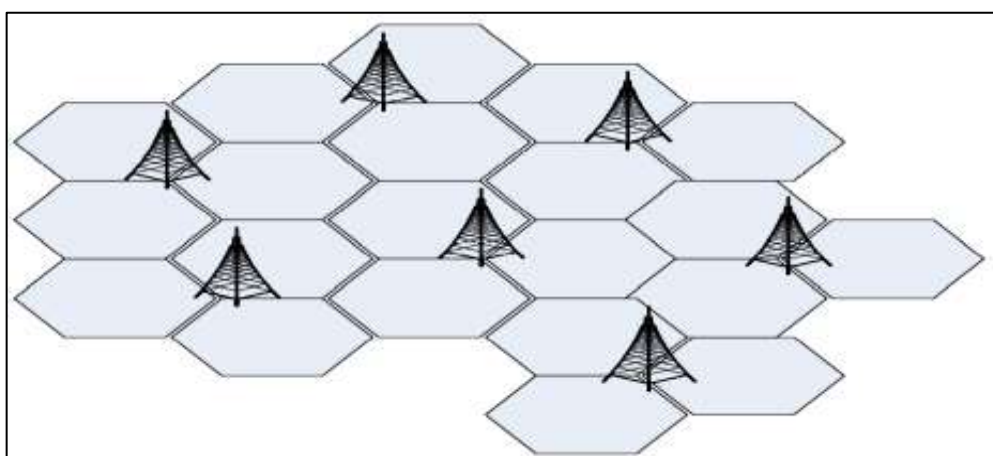
Nous considérons une disposition hexagonale d'un réseau avec trois cellules par site qui peuvent être augmente selon l'exigence nous avons choisi , cette configuration selon les

lignes directrices données dans le rapport UIT-RM pour les environnement macro cellulaires urbains à grande vitesse , la disposition hexagonale de base avec trois cellules par site illustrée à la figure III.2 la configuration enveloppante de dix neuf sites avec un total de 57 cellules est simulée. Les équipements des utilisateurs sont uniformément répartis sur l'ensemble du réseau. La distance entre les centres des sites cellulaires adjacentes est appelée distance inter-sites (ISD). Dans les micro-cellulaires urbaines et macro-cellules l'eMBB, la DSI Est respectivement de 200 m et 500 m. Deux couches de cellules qui se formées dans ce réseau sont la couche macro-cellulaire et la couche micro-cellulaire.



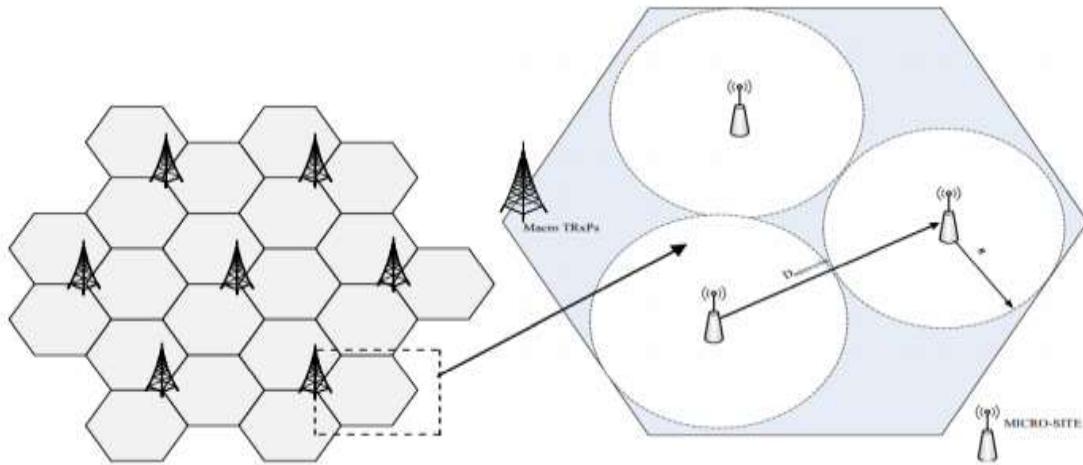
**Figure III.2 :** eMBB Disposition Hexagonale Des Cellules Urbaines

La figure III.3 montre les stations de base (BS) en macro-couche placées dans une grille régulière avec disposition hexagonale. Cette figure montre que trois macro-sites partagent un BS commun qui forme trois ponts de réception de transmission (TRP) sur un site.



**Figure III.3 :** macros-couches BS placées dans une grille régulière.

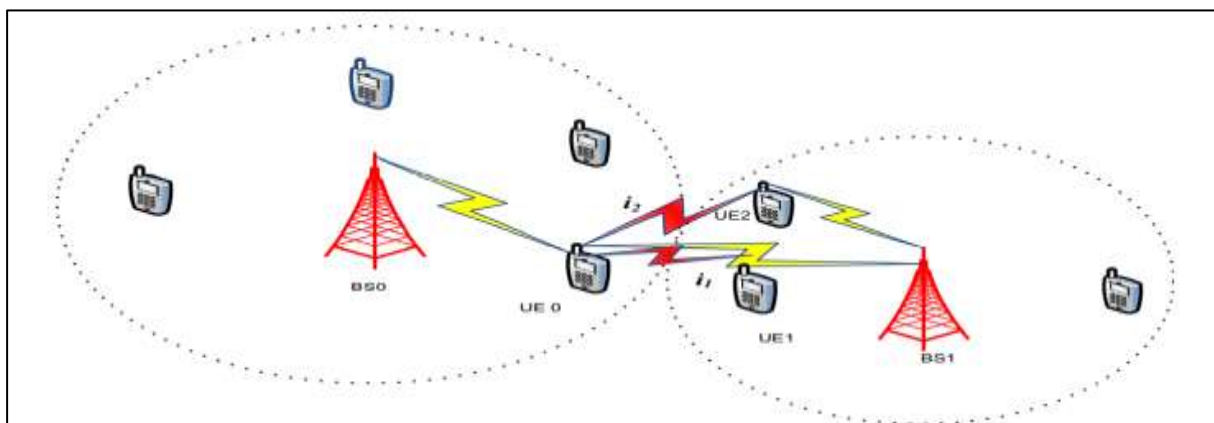
La microcouche se compose de trois microsites à l'intérieur d'un point de réception de macro transmission comme le montre la figure III.4. Le placement des BS.



**Figure III.4 :** Disposition D'une Microcouche

En microcouche est à décider par le promoteur. Pour simplifier l'analyse, nous ont choisi un centre de site pour l'emplacement du BS.

Ce type de topologie donne lieu à l'interférence. Dans la plupart des scénarios Co-canal l'interférence se produit en raison de la réutilisation de la même fréquence dans la cellule voisine. Pour modéliser cette interférence causée par plusieurs ensembles d'interférences, différents modèles sont disponibles avec certaines limitations. Maintenant, considérons une liaison descendante pour l'eMBB urbain fonctionnant à fréquence des ondes millimétrique. Le nombre d'interférences est une variable aléatoire avec une distribution uniforme. Comme le montre la figure III. 5.



**Figure III.5 :** Contribution Des Brouilleurs (Modèle De Boule D'interférence)

Pour Calculer l'effet d'interférences agrégées des émetteurs (brouilleurs) au-delà la plage d'interférence, le modèle de boule d'interférence (IBM) est utilisé. IBM prend en considération tous les brouilleurs de champ proche à une certaine distance. Ce modèle est adopté sur des performances et conception de protocole de réseaux sans fil.

Les UEs à l'intérieur de la balle, situés à une certaine distance spécifique de la BS sont supposés être en condition LOS tandis que les UEs situés à l'extérieur de la balle sont considérés comme étant dans non LOS ou dans un état de panne. Cette hypothèse simplifie l'analyse mathématique dans figure III.5. BS0 transmet à UE0 dans des conditions LOS. BS1 transmet également à UE1 et UE2 sous conditions LOS. Sans l'hypothèse d'IBM, il y a de fortes chances que le signal de UE1, UE2, et BS1 peut atteindre UE0, si UE0 est dans la plage d'interférence de BS1. Ce brouillage supplémentaire diminuera considérablement la valeur du SINR a UE0. Également le l'estimation de l'effet d'interférence a UE0 deviendra complexe. D'où la mise en œuvre de la modèle IBM pour les réseaux eMBB urbains a deux raisons principales :

1. Il simplifie le calcul de l'interférence à UE0 en ignorant tous les interférences à l'extérieur le ballon.
2. Dans le cas où un brouilleur est mobile, la plage d'interférences changera également l'interférence peut être le plus proche ou le plus éloigné du récepteur selon son emplacement .dans de tels cas, IBM donne les résultats exacts au prix d'une grande complexité.

Si la conception de la liaison montante est prise en compte, l'interférence sur la puissance thermique (IOT) entre en jeu .dans cette conception, la limite de brouillage est un facteur important pour déterminer la liaison montante totale capacité d'un réseau, la limite de brouillage  $q^m$  peut être représenté par [33];

$$q^m = Kn \quad (\text{III.3})$$

Pour une constante  $k \geq 1$  de cette définition interférence  $q_i$  à chaque BS  $i$  est limite et ne doit pas dépasser le bruit thermique  $n_i$  ce facteur est appelé interférence thermique (IOT) exprime en DB.

$$\text{IOT} = 10 \log_{10} (k) \quad (\text{III.4})$$

L'IOT confine les interférences avec la cellule et limite la puissance requise pour l'accès des nouveaux UEs le réseau. Les valeurs IOT vont de 3 à 10 dB dans les réseaux commerciaux.

### III.4 simulation :

Pour la simulation et planification D'un Réseau 5G Dans La Zone De Laghouat (en exacte Chariee Elistiklale De LAGHOUAT), sachant que n'existe pas en cours un outil de planification pour la 5G, L'objectif de notre travail est de faire n planification d'un réseau 5G sur une zone de LAGHOUAT, Dans Un Milieu Urbain, on utilise le programme MATLAB.

#### III.4.1 Introduction Avec Matlab :

MATLAB est un logiciel de calcul matriciel à syntaxe simple. Avec ses fonctions spécialisées, MATLAB peut être aussi considéré comme un langage de programmation adapté pour les problèmes scientifiques. MATLAB est un interpréteur: les instructions sont interprétées et exécutées ligne par ligne. MATLAB fonctionne dans plusieurs environnements tels que Xwindows, Windows, Macintosh [34]:

#### III.4.2 Configuration du réseau:

Chaque BS a plusieurs panneaux d'antenne avec différents réseaux. Ici, Nous avons utilisé un Uniforme Panneau de réseau planaire UPA. Ce réseau comprend des panneaux d'antennes  $M_g \times N_g$  avec chaque panneaux ayant  $M \times N$  élément de antenne Ou  $M_g$  est le nombre de panneaux dans une rangée,  $N_g$  est le nombre de panneaux dans une colonne et  $M$  est le nombre d'éléments d'antenne ayant la même polarisation dans une colonne et  $N$  est le nombre de colonnes.

Les diagrammes de rayonnement horizontaux et verticaux de l'antenne doivent être défend pour la simultanité. L'information et la formation tout au le diagramme horizontal d'un élément d'antenne en dB est donné par [33] :

$$A_{EH}(\varphi') = -\min \left[ 12 \left( \frac{\varphi''}{\varphi_{3dB}} \right)^2, A_m \right], \varphi_{3dB} = 65^\circ, A_m = 30 \quad (\text{III.5})$$

Ou  $-180^\circ \leq \varphi'' \leq 180^\circ$  et, min [.] Donne la fonction minimale,  $\varphi_{3dB}$  = largeur de faisceau horizontale 3dB,  $A_m$  = atténuation maximale.

Le diagramme de rayonnement d'un élément d'antenne dans le sens verticale est donné par :

$$A_{E,H}(\theta'') = -\min \left[ 12 \left( \frac{(\theta'' - 90^\circ)}{\varphi_{3dB}} \right)^2, SLA_v \right], \theta_{3dB} = 65^\circ, SLA_v = 30 \quad (\text{III.6})$$

Ou  $0^\circ \leq \theta'' \leq 180^\circ$  et,  $\varphi_{3dB}$  = largeur de faisceau verticale de 3db,  $\theta_{\text{tilt}}$  = angle d'inclinaison,

$SLA$  = maximum atténuation du niveau du lobe latéral.

Lorsque  $\theta'' = 0^\circ$  diagramme d'antenne dirige vers le zénith et a  $\theta'' = 90^\circ$ , l'antenne dirige vers le horizon. En combinant équations III.5 et équations III.6, Nous obtenons le motif 3D combiné d'un élément d'antenne dans les directions horizontale et verticale, C'est-à-dire :

$$A''(\theta'', \varphi'') = -\min\{-|A_{EV}(\theta'') + A_{EH}(\varphi'')| A_m\} \quad (\text{III.7})$$

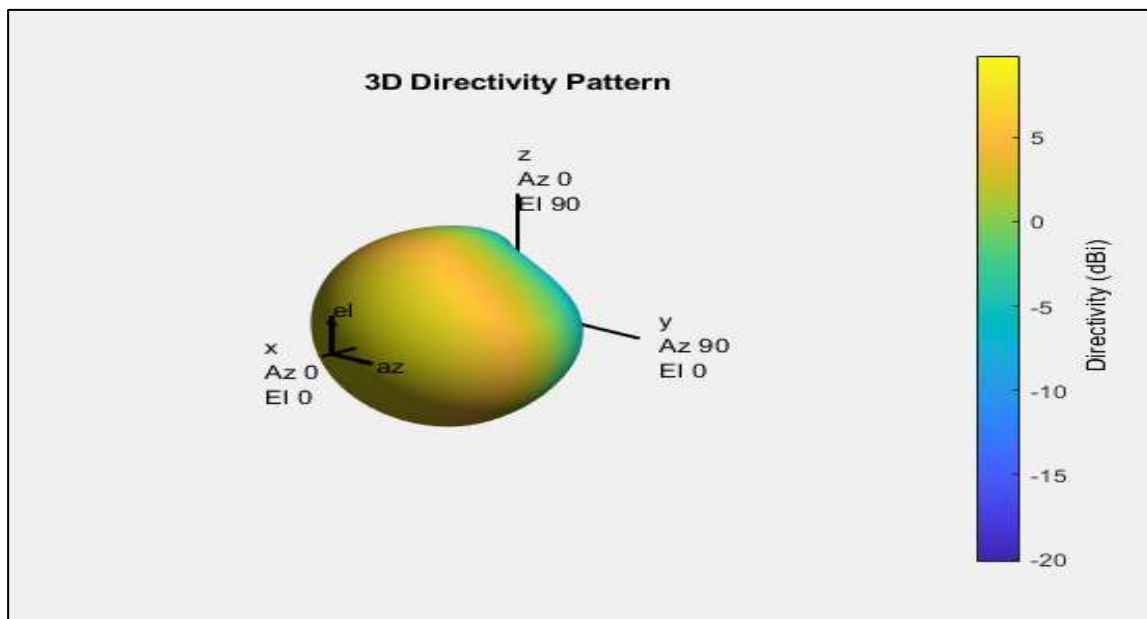
Ou  $A''(\theta'', \varphi'')$  = gain relatif de l'antenne dans la direction  $(\theta'', \varphi'')$ .

L'orientation de chaque panneau varie en fonction de l'angle d'appui du réseau  $\Omega_{mg.ng}$ . Soit  $(\Omega_{mg.ng}, \theta_{mg.ng})$ . Les angles d'orientation de chaque panneau, Alors d'abord on prendra  $(\Omega_{00}, \theta_{00})$  orientation. Ceci est défendu comme orientation d'UE. Le diagramme de rayonnement horizontal et vertical d'une antenne à L'UE est donné par l'équation III.8 et l'équation III.9 respectivement.

$$A_{EH}(\varphi'') = -\min \left[ 12 \left( \frac{\varphi''}{\varphi_{3dB}} \right)^2, A_m \right], \varphi_{3dB} = 90^\circ, A_m = 25 \quad (\text{III.8})$$

$$A_{E,H}(\theta'') = -\min \left[ 12 \left( \frac{(\theta'' - 90^\circ)}{\varphi_{3dB}} \right)^2, SLA_v \right], \theta_{3dB} = 90^\circ, SLA_v = 25 \quad (\text{III.9})$$

D'équations III (5, 6,7) nous pouvons tracer un diagramme de rayonnement 3D de l'élément d'antenne à fréquence 30 GHz comme le montre la figure III.6.



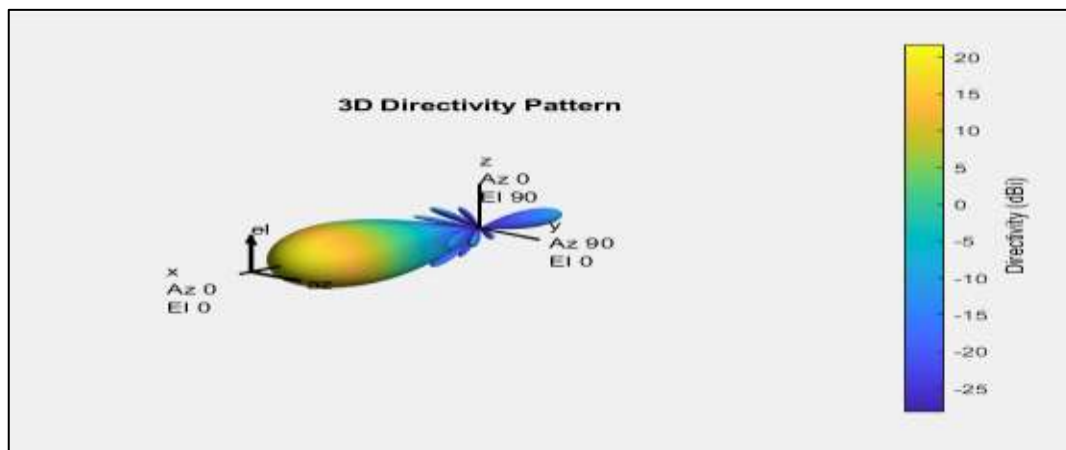
**Figure III.6:** Diagramme de rayonnement 3D d'un élément d'antenne unique.

Diagramme De Rayonnement De Chaque Site Émetteur Est Affiché Sous La Forme D'un Contour Coloré, et la force du signal de chaque émetteur varie de -5 à 5 dB.

Ici nous avons choisi un signal porteur les ondes millimétrique avec une fréquence de 30 GHz et 25 m pour hauteur de l'antenne BS au-dessus du toit. Pour une largeur de bande de 40MHz, puissance d'émission totale par TRxP est 37dBm.

Pour surmonter l'interférence des signaux provenant d'autre cellule, nous utilisons un UPA. Cela augmente le gain directionnel et les valeurs de crête SINR sur chaque site. Dans L'UPA.

Maintenant, Nous sommes en utilisant un réseau rectangulaire uniforme de  $8 \times 8$  ayant un espacement uniforme  $\lambda/2$  entre l'élément. Le diagramme qui nous obtenons comme suite :



**Figure III.7 :** Diagramme De Rayonnement D'un Réseau Planaire Uniforme.

La figure III.7 montre que la directionnalité augmente quatre fois par rapport à la directionnalité d'un seul élément d'antenne représentée à la figure III.6.

En outre, la directivité des lobes secondaires varie en -25dBi à 20dBi qui est très faible et réduit ainsi l'interférence. En utilisant du modèle de propagation en espace libre, la courbure de la terre et d'autres les effets de l'environnement sont négligés. Pour focaliser le signal vers une UE prévue, une inclinaison mécanisme est appliqué à chaque émetteur.

Ici, l'inclinaison de  $15^\circ$  est appliquée à chaque réseau d'antenne. Chaque réseau d'antenne peut être affecté à une cellule émettrice. Utilisant l'information géospatale réelle.

Pour tracer la carte SINR. Nous utilisons le modèle de propagation de l'espace libre. Nous avons tracé le SINR sur carte de rue utilisant des informations géospatales réelles. La fréquence centrale est de 30 GHz pour laquelle la largeur de bande spécifique est de 40 MHz et 80MHz avec une puissance d'émission de 40 dBm et 37dBm respectivement. La puissance de bruit du récepteur,  $N_0$  est calculée à partir de l'équation donnée ci-dessous [33].

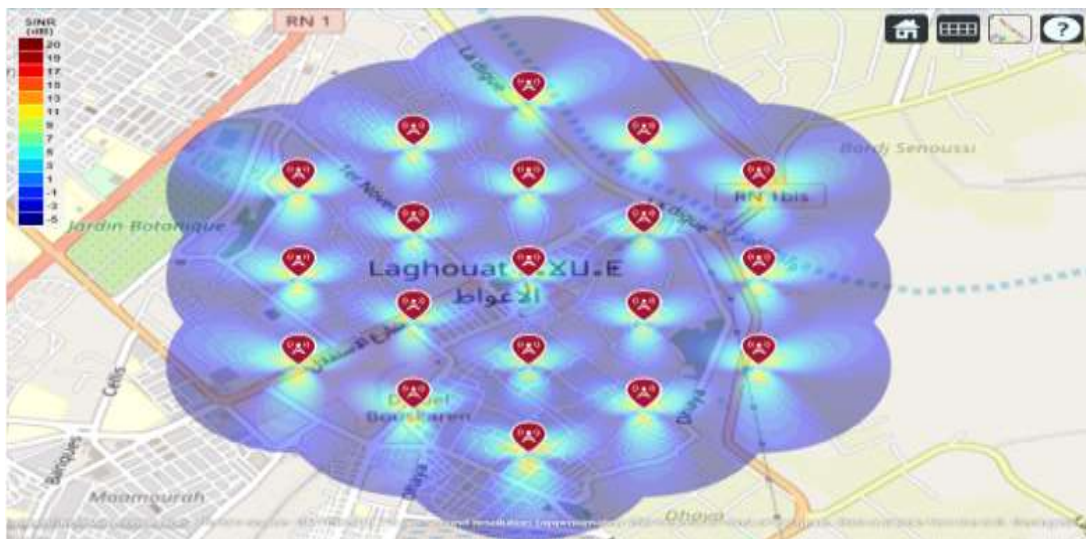
$$N_0 = -174 + 10\log_{10}(BW) + UEm \text{ puissance de bruit} \quad \text{(III.10)}$$

Nous avons choisi CHARIEE ELISTIKLALE DE LAGHOUAT comme site de localisation du centre pour la transmission avec altitude 33,8065 et longitude 2,88219 comme indique la figure III. 8.



**Figure III.8:** Transmission Au Centre Du Site.

La carte SINR des sites émetteurs peut être visualisée comme dans la figure III.9:



**Figure III.9 :** Carte SINR Des Sites Emetteurs.

La carte SINR des sites émetteurs peut être visualisée comme dans la figure III.9 le diagramme de rayonnement de chaque site émetteur est affiché sous la forme d'un contour coloré.

L'intensité de la couleur affiche l'intensité maximale du signal disponible pour l'UE. UE capte le signal avec la plus grande force de signal. Et les signaux faibles transmis par d'autres services d'état agissant comme des interférences.

La largeur de faisceau d'un réseau UPA est étroite ce qui se traduit par une augmentation remarquable du SINR et une amélioration des performances. Les antennes peuvent rayonner et recevoir un maximum dans une direction spécifique.

Il est clair que SINR de chaque émetteur se trouve dans la zone rouge de la barre de couleur qui montre le signal force de l'ordre de 15dB à 17dB, bien supérieures aux 5 dB obtenus en utilisant élément unique. La mise en œuvre de l'UPA sur chaque site d'émission augmente la directivité par rapport à l'utilisation d'un seul élément d'antenne. Cela entraîne également une augmentation de la puissance du signal de émetteurs situés sur le première d'un site cellulaire. D'où l'interférence dans les lobes tournés vers l'extérieur à la périphérie d'une carte réduit.

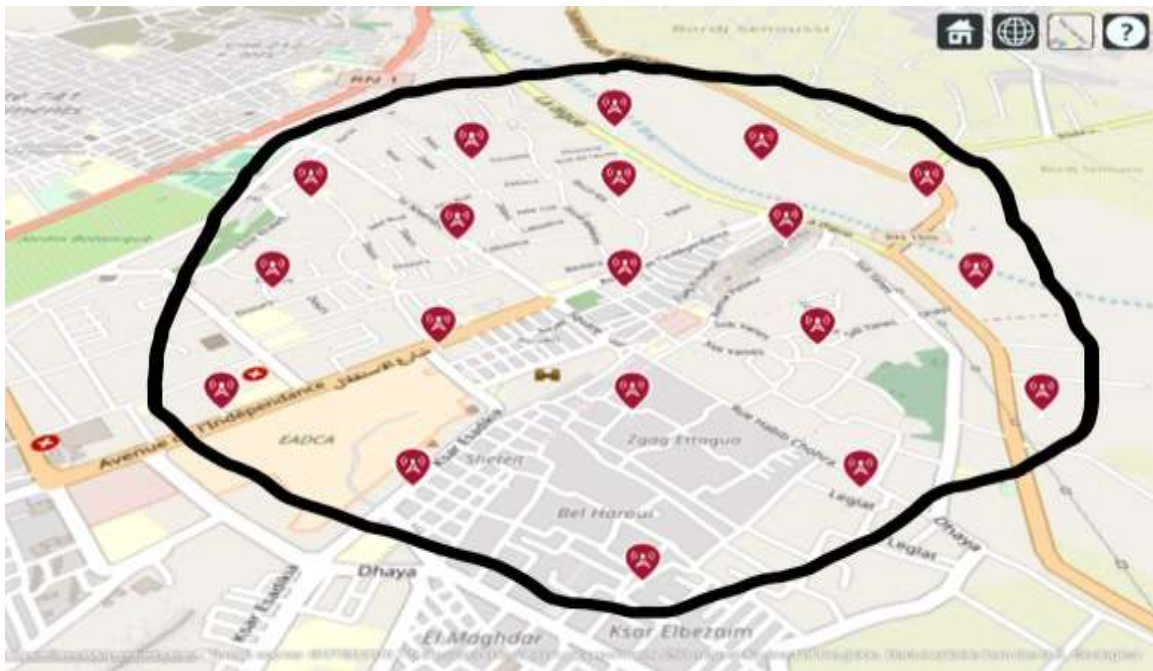
Donc Les paramètres pour faire cette planification d'un réseau cellulaire 5G urbain indiqués dans le tableau III.1 :

**Tableau III.1 :** Les paramètres de configuration.

Paramètres	Efficacités spectrale et configuration de mobilité
Fréquence porteuse pour évaluation	1 couche (macro) avec 30 GHz antenne
Antenne BS hauteur	25 m
Puissance de transmission totale par TRxP	40dbm pour une bande passante 80MHZ 37dbm pour une bande passante 40MHZ p.i.r.e ne doit pas dépasser 73 dbm
Classe de puissance UE	23 dbm, p.i.r.e ne doit pas dépasser 43 dbm
Pourcentage de type de bâtiment a pertes élevées et faibles	20% de pertes élevées ,80%de faibles pertes
Distances inter site	200m
Nombres des éléments d'antennes par TRxP	jusqu'à 32 Tx/Rx
Déploiement de l'appareil	80% à l'intérieur, 20% à l'extérieur (en voiture) Répartis de manière aléatoire et uniforme sur la

modèle de mobilité UE	zone sous le calque macro vitesse fixe et identique (v) de tous UE du même classe de mobilité, direction de manière aléatoire et uniformément distribuée.
vitesses UE d'intérêt	utilisateurs en intérieur 3km/h utilisateurs en extérieurs (en voiture) :30km/h
Modélisation des interférences inter-sites	modélisation explicite
facteur bruit BS	7dB
facteur bruit UE	10 dB
gain de l'élément d'antenne BS	8dBi
gain de l'élément d'antenne UE	5DBi
niveau de bruit thermique	-174DBm/HZ
modèle de trafic	tampon plein
bande passante de simulation	80 MHZ pour TDD, 40MHZ+40MHZ pour FDD
densité de l'UE	10 Ues par TRxP Repartis de manière aléatoire et uniforme sur la zone sous le calque macro

Il y a dix-neuf sites cellulaires sont créé autour de cet emplacement. Le Map suivantes indique les Dix neufs sites avec un total de 57 cellule qui sont créé autour de cette emplacement, et avec la distribution des BS dans cette zone, nous avons identifié cette zone qui une cercle noir et il est présenté à la figure III.10.



**Figure III.10:** Carte De Rue Ouverte De 19 Sites D'émetteurs CHARIEE  
ELISTIKLALE DE LAGHOUCAT

### III.5 conclusion :

La planification d'un système cellulaire est une étape importante, souvent répétée plusieurs fois dans le cycle de vie du réseau. Les opérateurs peuvent être amenés à installer, pendant cette phase une centaine de sites. Les performances du réseau 5G fonctionnant à 30GHz dans un scénario urbain sont évaluées. Différentes interférences sont modélisées à l'aide d'IBM. CHAREE ELEISTIKAL de Laghouat utilisé comme centre de localisation du site de l'émetteur et évalué en outre pour les performances de la liaison descendante dans réseaux 5G avec facteur de réutilisation de fréquence pour afficher la carte d'une zone particulière, réel l'information géospatiale est utilisée. Cela permet de visualiser un emplacement sur environnemental système carte de l'institut de recherche tem (ESRI). Les cartes SINR sont tracées à l'aide d'éléments d'antenne simple ainsi que de réseaux d'antennes. La mise en œuvre de l'UPA sur chaque site d'émission augmente la directivité par rapport à l'utilisation d'un seul élément d'antenne. UPA Cela augmente le gain directionnel et les valeurs de crête SINR sur chaque site Avec une directivité augmentée quatre fois par rapport à la directivité d'élément d'antenne unique et La largeur de faisceau d'un réseau est étroite ce qui se traduit par une augmentation remarquable du SINR et une amélioration des performances. Pour les réseaux cellulaires 5G en milieu urbain, nous avons analysé les

performances des antennes redondantes ou une bande passante plus faible est utilisée pour obtenir des valeurs plus élevées, Cela permet à chaque BS en milieu urbain de couvrir le maximum de UE dans tous les directions. Les gains directionnels obtenus avec l'UPA sont bien supérieurs à ceux d'un seul élément d'antenne [33].

## CONCLUSION GENERALE

Le dimensionnement d'un réseau sans fil est une étape primordiale car il permet d'assurer la minimisation du coût de la liaison radio et de l'infrastructure du réseau, en tenant compte de la couverture radio, de la taille des cellules et de la topologie du réseau sous réserve de contraintes de la QoS. Le but de ce mémoire est d'optimiser la couverture du réseau d'accès 5G et cela par le biais de développement d'une application qui a été réalisé pour simplifier les calculs compliqués nécessaire au dimensionnement de la couverture et qui sont le calcul du bilan de liaison qui nous permettra de déduire le nombre de station de relais minimal nécessaire avec la station de base pour couvrir une zone bien déterminée en passant par les formules propres à chaque modèle de propagation suivant la nature du terrain de zone d'étude.

Pour y parvenir nous sommes passés par quatre étapes essentielles, nous avons commencé de voir le réseau mobile 4G, ainsi que leur évolutions dans le temps, et enfin les technologies du réseau 5G, ces objectifs, ces caractéristiques, son architecture et ses spécifications techniques.

Ensuite, nous avons expliqué le processus de planification et citer les différentes règles spécifiques aux modèles de propagation nécessaires pour la planification orientée couverture. Une étude conceptuelle de l'outil de dimensionnement composée de diagrammes d'activité, de diagramme de classe et de diagrammes de séquence nous a mené à simplifier la réalisation de l'application.

Pour conclure nous estimons avoir satisfait les objectifs initialement fixés, mais comme tout œuvre humaine, ce mémoire n'est pas parfait, on peut l'améliorer par l'ajout de la planification orientée capacité. Nous souhaitons que ce travail soit amélioré par les futures promotions en utilisant les modèles de propagation pour ce type de dimensionnement.

Sera un regard vers la prochaine génération de réseaux mobiles, la 6G, qui est ciblée pour la chronologie 2030 et vise à relever les défis qui ne sont pas facilement réalisables d'une manière rétro compatible avec l'évolution de la 5G NR.

## REFERENCE

- [1]: Mosa Ali Abu-Rgheff, 5G Physical Layer Technologies, Centre for Security, Communications and Network Research University of Plymouth United Kingdom. (2020).
- [2]: Dr Houman Zarrinkoub, Understanding LTE with MATLAB, from mathematical modeling to Simulation and portotyping. MathWorks, Massachusetts, USA, (2014).
- [3]: Valenzuela Bell Labs, Alcatel-Lucent Holmdel, OFDM for 5G: Cyclic Prefix versus Zero Postfix, and Filtering versus Windowing Sivarama Venkatesan and Reinaldo A, NJ 07733,U.S.A .
- [4]: Mohamed Sanad, Noha Hassan, Orthogonally Polarized MIMO LTE/5G Terminal Antennas for Handsets and IoT Applications, Faculty of Engineering, Cairo University, Giza, Egypt, msanad@amantantennas.com, Faculty of Engineering, Cairo University, Giza, Egypt, adresse : [nhassan@eng1.cu.edu.eg](mailto:nhassan@eng1.cu.edu.eg)\* à 2021/05/13,32 :22.
- [5]: Xiaochen Xia, Kui Xu, Yurong Wang, and Youyun Xu. A 5G-ENABLING TECHNOLOGY Benefits, Feasibility, and Limitations of In-Band Full-Duplex mMIMO, (2018). Adresse : <https://ieeexplore.ieee.org/document/8396262>. à 22/03/2021 , 19 :05.
- [6]: Ali Zaidi; Fredrik Athley; Jonas Medbo; Ulf Gustavsson; Giuseppe Durisi; Xiaoming Chen. 5G Physical Layer Principles, Models and Technology Components. (2018).
- [7]: Ali A. Zaidi, Robert Baldemair, Mattias Andersson, Sebastian Faxér, Vicent Molés-Cases, Zhao Wang, Designing for the future: the 5G NR physical layer. L'adresse. (2017).
- [8]: Hyoungju Ji; Sunho Park; Jeongho Yeo; Younsun Kim; Juho Lee; Byonghyo Shim Ultra-Reliable and Low-Latency Communications in 5G Downlink : Physical Layer Aspect.L'adresse, IEEE Wireless Communications. (2018).
- [9]: Christopher Cox. Ultra An Introduction to 5G The New Radio, 5G Network and Beyond Christopher Cox Chris Cox Communications Ltd Cambridge, UK-Reliable and Low-Latency Communications in 5G Downlink: Physical Layer Aspects. (2021).
- [10]: Hyoungju Ji, Sunho Park, Jeongho Yeo, Younsun Kim, Juho Lee, and Byonghyo Shim, Ultra-Reliable and Low-Latency Communications in 5G Downlink: Physical Layer Aspects, IEEE Wireless Communications. (2018).

[11] : Douglas H. Morais Key 5G Physical Layer Technologies Enabling Mobile and Fixed Wireless Access, © Springer Nature Switzerland AG, (2020).

[12] : Yang Yang Jing Xu Guang Shi Cheng-Xiang Wang. 5G Wireless Systems Simulation and Evaluation Techniques. (2018)

[13] : Long Jiao, Ning Wang, Pu Wang, Amir Alipour-Fanid, Jie Tang, and Kai Zeng, Physical Layer Key Generation in 5G Wireless Networks, IEEE Wireless Communications. (2019).

[14] : Anish Joshi<sup>2</sup>, Architectural Shift from 4G to 5G Wireless Mobile Networks Pratik Sule<sup>1</sup>, <sup>1</sup>Department of Electronics and Telecommunication Engineering (Mumbai University), India <sup>2</sup>Department of Computer Engineering (Mumbai University), India [pratik100@yahoo.com](mailto:pratik100@yahoo.com); [anishjoshi500@gmail.com](mailto:anishjoshi500@gmail.com).

[15] : Ping pei, Y.petrenko. The Physical Layer Technologies in 5G Mobile Communication System, (2018).

[16] : Jyrki T. J. 5G Second Phase Explained: The 3GPP Release 16 Enhancements. (2021).

[17] : B Ganesh Kumar, Dr. Kariyappa B S, Arvind Gupta. Integration and Verification of Physical Layer Modules for 5G Technology . Proceedings of the Third International Conference on Electronics Communication and Aerospace Technology. [ICECA 2019]

[18] : 5G; NR; Physical layer; General description (3GPP TS 38.201 version 16.0.0 Release 16). ETSI TS 138 201 V16.0.0, (2020-09).

[19] : Ali A. Zaidi, Robert Baldemair, Mattias Andersson, Sebastian Faxér, Vicent Molés-Cases, Zhao Wang. Designing for the future: the 5G NR physical layer. (2017).

[20] : 5G;NR;Physical channels and modulation (3GPP TS 38.211 version 16.5.0 Release 16) ETSI TS 138 211 V16.5.0, (2021-04).

[21] : Douglas H. Morais. Key 5G Physical Layer Technologies Enabling Mobile and Fixed Wireless Access. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-51441-9>. (2020)

[22] : 5G;NR;Base Station (BS) radio transmission and reception (3GPP TS 38.104 version 15.5.0 Release 15). ETSI TS 138 104 V15.5.0, (2019-05).

- [23] : 3GPP TS 38.212 (2019) NR; Multiplexing and channel coding (Release 15), December 2019, Section 5.
- [24] : Richardson, T. and Kudekar, S. (2018). Design of low-density parity check codes for 5G.new radio. IEEE Communications Magazine 56 (3): 28–34. (2018)
- [25] : 3GPP TS 38.211 NR; Physical channels and modulation (Release 15), December 2019, Sections 5, 6.3, 7.3. (2019).
- [26] : CPRI Common Public Radio Interface: eCPRI interface specification, Version 2.0.May 2019, Section 6.1. (2019).
- [27] : 3GPP TR 23.756 (2018) Study for single radio voice continuity from 5GS to 3G (Release 16), September 2018.
- [28] : Ekström, H. Non-standalone and Standalone: two paths to 5G . (2019, juillet 7).
- [29] : Janne Peisa, Patrik Persson, Stefan Parkvall, Erik Dahlman, Asbjørn Grøvlén, Christian Hoymann, Dirk Gerstenberger .Ericsson Technology Review article (Ericsson CTO Erik Ekudden’s view on 5G New Radio developments) March 9, 2020.
- [30] : waqar.anwar, norman.franchi, Physical Layer Evaluation of V2X Communications Technologies: 5G NR-V2X, LTE-V2X, IEEE 802.11bd, and IEEE 802.11p Waqar Anwar, Norman Franchi, and Gerhard Fettweis Vodafone Chair Mobile Communications Systems, Technische Universität Dresden, [gerhard.fettweis@tu-dresden.de](mailto:gerhard.fettweis@tu-dresden.de) .
- [31] : jung hyun bae, ahmed abotabl, hsien-ping lin, kee-bong song and jungwon lee. An overview of channel coding for 5G NR cellular communications. 2019.
- [32] : Madiha Amjad, Hassaan Khaliq Qureshi, Sobia Jangsher. Reserve before transmit (RBT): VLC MAC layer frame structure for 5G indoor internet applications. .2019.
- [33] : Yusra Banday.Ghulam Mohammad Rather. Gh. Rasool Begh. SINR Analysis and Interference Management of Macrocell Cellular Networks in Dense Urban Environments. (2019).

**[34]** : Hoang Le-Huy, Professeur Département de génie électrique et de génie informatique Université Laval Québec, CANADA. Introduction à MATLAB et Simulink. Septembre 1998.

**[35]** : Réseau des centres d'Excellence de l'UIT pour l'Afrique (ESATIC).Abidjan, Cote d'Ivoire. Atelier de formation en présentiel sur la Evolution vers la 5G. 2019.

**[36]** : Le GSM : planification et Dimensionnement, Département Télécommunications Année 2006-07.

**[37]** : Mémoire de fin d'études « Planification d'un réseau 4 G en zone urbaine ». Université Abderrahmane Mira Bejaia.2016.