

RAPPORT DE STAGE DE FIN D'ETUDES

Pour l'obtention de la
«Licence Appliquée en Sciences et Technologies de l'Information et de
Communication (LASTIC)»

Présenté par :
NADER LARGUECH et ZIDEN RIAHI

Déploiement d'une solution de couverture Radio Multi-technologies (2G/3G/4G)

Soutenu le : 30 Juin 2018

Devant le jury :

Président : Mme Imen Ammari

Encadreur : Mr. ADEL CHERIF et Mme LOBNA KIRAA

Rapporteur : Mr. Ezzeddine Ben Braiek

Année Universitaire : 2017 / 2018

Remerciements

*Nous venons par ce projet, exprimer nos sincères remerciements à Mr **CHERIF Adel** pour son soutien, ses recommandations et son encadrement tout au long de ce projet, ainsi nous lui adressons notre sincère gratitude pour le choix du projet et ses efforts pour nous diriger.*

*De même et avec toute notre gratitude, nous voulons remercier Madame **KRIAA Lobna**, pour la qualité de son encadrement exceptionnel ainsi que sa patience et sa disponibilité, car tout simplement, sans elle, ce travail ne serait pas aussi riche et n'aurait pas pu voir le jour.*

Nous aimerions aussi remercier tous les contributeurs dans ce projet, même ceux avec un mot d'encouragement ainsi que leur patience.

Tout cela n'a pu être réalisé sans le passage, qui marquera toutes nos vies, par les plus nobles des enseignants de l'université virtuelle.

Nous remercions également tous les membres du jury d'avoir accepté d'assister à la présentation de ce projet.

Résumé

Les réseaux de télécommunications ont pris de plus en plus d'importance dans notre société. Pour satisfaire au mieux les besoins et les intérêts des clients, les opérateurs doivent pouvoir offrir, au meilleur prix, des services d'excellente qualité. C'est dans ce cadre que s'inscrit notre projet.

Dans le cadre de ce projet de fin d'études, élaboré à L'UVT et parrainé par Ooredoo Tunisie afin d'obtenir de diplôme de Licence appliqués en sciences et technologies de l'information et de communication, nous proposons de déployer une solution de couverture radio multi-technologies 2G, 3G et 4G, la solution proposée se résume à la déploiement de deux secteurs Macro et le troisième sera distribuée pour supporter un ensemble de micro antennes afin d'assurer la couverture indoor de l'hôtel, en second lieu la solution décrite sera partagé avec Orange-Tunisie.

Un outil Web qui simulera les pertes au long de la ligne de transmission de bout en bout ainsi que le schéma synoptique de la solution indoor fera l'objet de notre travail dans le deuxième partie.

Mots clés : 2G, 3G, 4G, Technologies Nokia Flexia, site, secteur, outdoor, indoor, système module, module RF, antenne, multiplexage, partage.

Table des matières

INTRODUCTION GENERALE	1
Chapitre 1 : Cadre du projet	2
1.1 Introduction :	2
1.2 Présentation de l'entreprise d'accueil :	2
1.2.1 Historique.....	2
1.2.2 Les valeurs 3C.....	5
1.2.3 Organisation structurelle :	5
1.3 Contexte du projet.....	6
1.3.1 Problématique	6
1.3.2 Solutions proposés.....	8
Chapitre 2 : Etudes des technologies mobile existants	9
2.1 Introduction :	9
2.2 Le concept cellulaire :	9
2.3 Les réseaux mobiles.....	10
2.3.1 Les réseaux mobiles de deuxième génération :	10
2.3.2 La troisième génération des réseaux mobiles: UMTS.....	13
2.3.3 La quatrième génération des réseaux mobiles: LTE	14
2.3.4 Cinquième génération : 5G	21
Chapitre 3 : Etude de cas de déploiement d'une solution RADIO (Movenpick LAC).....	23
3.1 Dimensionnement Radio	23
3.1.1 Généralités :	23
3.1.2 Le dimensionnement:	23
3.2 Partage Inter opérateurs de réseaux mobiles	23
3.2.1 Les modalités de partage de réseaux mobiles.....	23
3.2.2 Partage d'infrastructures passives.....	23
3.2.3 Partage d'installations actives	24
3.3 Solution réalisé:	25
3.3.1 La Solution Nokia Flexi Multi-Radios.....	27
3.3.2 La couverture outdoor :	34
3.3.3 La couverture indoor :	37
3.3.4 Schéma de câblage	43
3.3.5 Partage de la solution avec la société Orange Tunisie.....	45
Chapitre 4 : Développement d'outil WEB.....	46
4.1 Présentation de besoin	46
4.2 La fonction de l'outil	46
4.2.1 Les fonctionnalités principales.....	46
4.2.2 Les fonctionnels indirecte	47
4.3 Le différents types de pertes	47

4.4	Les langages de développement.....	48
4.5	Conception de l'application	49
4.5.1	Le diagramme des cas d'utilisation.....	49
4.5.2	Le diagramme des composants.....	49
4.5.3	Les diagrammes de séquence	50
4.6	L'environnement de fonctionnement.....	51
4.6.1	Environnement matériel.....	51
4.6.2	Environnement logiciel	51
4.7	L'application Web	52
	Conclusion générale	56
	Bibliographie	57
	Netographie	58
	Annexes.....	59

Liste des acronymes

A

ANF: *Agence Nationale des fréquences*

B

BTS: *Base station Transceiver System*

BSC: *Base Station Controller*

BSS: *Base System Subsystem*

C

CDMA: *Code Division Multiple Access*

D

DBC: *Dual-Band Combiner*

E

EDGE: *Enhanced Data Rates for GSM Evolution*

F

FDMA: *Frequency Division Multiple Access*

FDD: *Frequency Division-Duplexing*

G

GSM: *Global System for Mobile*

GPRS: *General Packet Radio Service*

GGSN: *Gateway GPRS Support Node*

H

HYC: *Hybrid Combiner*

I

IP: *Internet Protocol*

L

LTE: *Long Term Evolution*

M

MIMO: *Multiple Input Multiple Output*

MISO: *Multiple Input Single Output*

MME: *Mobility Management Entity*

MSC: *Mobile Switching Center*

O

OFDMA: *Orthogonal Frequency Division Multiple Access*

S

SMS: *Short Message Service*

SGSN: *Serving GPRS Support Node*

SISO: *Single Input Single Output*

SIMO: *Single Input Multiple Output*

T

TDD: *Time Division-Duplexing*

TDMA: *Time Division Multiple Access*

U

UMTS: *Universal Mobile Telecommunications System*

W

WCDMA: *Wide band CDMA*

0-9

2G: *2sd Generation of wireless communication technology*

3G: *3rd Generation of wireless communication technology*

4G: *4th Generation of wireless communication technology*

5G: *5th Generation of wireless communication technology*

Liste des figures

Figure 1 : Couverture 3G.....	3
Figure 2 : Couverture 4G.....	4
Figure 3 : Diagramme du département d'accueil	5
Figure 4 : Position géographique du site RADIO	6
Figure 5 : Overshooting	7
Figure 6 : réflexion, réfraction et diffusion des ondes radio	7
Figure 7 : Schéma synoptique de la solution proposée.....	8
Figure 8 : Différents types de cellules.....	10
Figure 9 : Architecture simplifiée réseau 2G [N2]	10
Figure 10 : Schéma explicatif des technologies d'accès FDMA et TDMA [B2]	11
Figure 11 : Architecture simplifiée du réseau 2G+ [N3]	12
Figure 12 : Architecture générale du réseau 3G [N4]	13
Figure 13 : Scénario de déploiement de la 4G en Tunisie	16
Figure 14 : Architecture du réseau.....	17
Figure 15 : Structure de la trame LTE [N5].....	17
Figure 16 : Différents systèmes multi-antennaires [B4]	18
Figure 17 : Principe de la technique MIMO [B3]	19
Figure 18 : Le principe de la technologie MIMO.....	20
Figure 19 : La technologie MIMO massive [B3].....	20
Figure 20 : les différences entre les principales formes de partage d'installations actives [N6].....	24
Figure 21 : Schéma d'une antenne GSM [N7]	26
Figure 22 : Différents scenario d'installer une BTS Flexi de Nokia	27
Figure 23 : BTS Flexi indoor (BTS logé dans un local Technique)	28
Figure 24 : BTS Flexi outdoor.....	28
Figure 25 : Solution Feeder less et Non-feeder less.....	29
Figure 26 : BTS Flexi non-feederless.....	29
Figure 28 : Exemple de solution distribuée : site éclaté avec solution feederless.....	30
Figure 27 : Exemple d'installation d'une Solution Feeder less de Nokia (FO entre les SM et les RFMs).....	30
Figure 29 : Modules RF	31
Figure 30 : Module RF (répartition des secteurs).....	31
Figure 31 : Module RF de la bande 900.....	32
Figure 32 : Module RF de la bande 2100.....	32
Figure 33 : Système module	33
Figure 34 : Vue face avant du Système module	33
Figure 35 : Les deux azimuth de la solution Outdoor	34
Figure 36 : Sectorisation entre notre cellules et sont cellules voisines	34
Figure 37 : Photo du module RF	35
Figure 38 : Photo du secteur	35
Figure 39 : Antenne multi-band	35
Figure 40 : Schéma synoptique de la solution Indoor 2G/3G.....	37
Figure 41 : Schéma synoptique de la solution Indoor 2G/3G et 4G	37
Figure 43 : Photo d'installation du réseau LTE avec le SM.....	38
Figure 42 : Schéma de branchement du réseau LTE avec SM.....	38
Figure 44 : Antennes de la réception et du restaurant.....	40
Figure 45 : Antennes salle de réunion et espace approvisionnement.....	41
Figure 46 : Antennes parking sous sol 1 et SPA	41
Figure 47 : Antennes cuisine et administration sous-sol	42
Figure 48 : Antenne salle de conférence	42
Figure 49 : Schéma de câblage de la solution avec des antennes SISO en couverture indoor.....	43

Figure 50 : Schéma de câblage de la solution avec des antennes MIMO en couverture indoor..... 44
Figure 51 : Schéma synoptique du partage en indoor avec le réseau Orange 45
Figure 52 : Schéma synoptique du partage en outdoor avec le réseau Orange 45
Figure 53 : Schéma synoptique élaboré par Microsoft Word 46
Figure 54 : Schéma du diagramme de cas utilisation..... 49
Figure 55 : Schéma du diagramme de classe 49
Figure 56 : Schéma du diagramme de séquence relatif au cas d'utilisation « Création schéma synoptique» . 50
Figure 57 : Schéma du diagramme de séquence relatif au cas d'utilisation « Création schéma synoptique avec l'ajouter ou suppression des composants » 51
Figure 58 : Page d'accueil 52
Figure 59 : Schéma synoptique de la solution indoor 52
Figure 62 : Configuration du câble 53
Figure 60 : Configuration du module FR 53
Figure 61 : Configuration HYC, DBC et splitter 53
Figure 63 : Table des données 54
Figure 64 : Ajouter un composant..... 54
Figure 65 : Supprimer un composant..... 55

Liste des tableaux

Tableau 1 : Comparaison entre la technologie GPRS et EDGE.....	12
Tableau 2 : Comparaison entre la technologie GPRS, EDGE et UMTS	14
Tableau 3 : Caractéristique de la technologie LTE	15
Tableau 4 : Comparaison entre le 2G, 3G et 4G.....	21
Tableau 5 : Différent génération des modules RF	32
Tableau 6 : Caractéristique technique des deux secteurs outdoor	34
Tableau 7 : Configuration du site Macro	36
Tableau 8 : Pertes apportées par les différents matériaux de construction.....	47

INTRODUCTION GENERALE

De nos jours Les Technologies de l'information et de communications vivent une évolution considérable dans le monde entier de ces techniques on cite la téléphonie Mobile qui ne cessent d'offrir des services diversifiés pour simplifier les échanges d'informations que ce soit entre les abonnés ou les organismes sociaux.

L'évolution de ce nouveau système miraculeux et la Migration de la bande FM vers la Bande du GSM et ainsi la naissance des normes et des protocoles appropriés à ce nouveau système de communication.

Les générations de ce système commencent à avancer du 2G la Bande du GSM vers à la quatrième Génération le LTE et récemment la cinquième Génération.

Le besoin d'augmenter en nombre d'abonnés et débit d'échange de l'information deux contraintes qui ont poussés à l'inventions et la création des nouveaux équipements et des nouvelles techniques d'accès multiples afin d'aboutir à satisfaire le besoin de la flotte d'abonnés qui ne cessent de croitre jour après jours.

Comme toutes technologies lors de la phase de l'implantation nécessite une étude afin de cibler le besoin logistique coté matériels ainsi que les utilitaires logiciels qui vont permettre l'interconnexion des équipements et la circulation de l'information.

L'étude théorique du terrain est la première phase qui va nous permettre de cibler les emplacements des stations de base reliant les antennes de couverture, la nature de la zone à couvrir que ce soit une zone rurale, urbaine ou extra urbaine aussi un paramètre majeur qui définit les distances inter stations

De ce fait, nous avons organisé notre plan de projet en 4 chapitres :

Dans le premier chapitre nous allons présenter la cadre professionnelle d'accueil où se déroule notre stage de fin d'étude tout en précisant ses stratégies et ses objectifs.

Le deuxième chapitre présente une introduction des principaux concepts de base utilisés dans ce document. Les réseaux mobiles sont décrits, ainsi que leur évolution dans le temps. Cette section permet de mieux comprendre les réseaux mobiles et plus précisément la technologie des réseaux 4G, ces objectifs, ces caractéristiques, son architecture et ses spécifications techniques.

Dans le troisième chapitre nous allons exposer les différentes étapes de déploiement de notre solution Radio (Planification Radio, Technique de base SISO and MIMO, équipement de multiplexage passifs [DBC et HYC]) et on va présenter les différentes solutions de partage inter-opérateur et se focaliser sur notre cas d'étude.

Finalement le quatrième chapitre va présenter une application Web développée par nos soins permettant la simulation de notre design en tenant compte des différentes pertes au long de la chaine de transmission

Chapitre 1 : Cadre du projet

1.1 Introduction :

Dans ce chapitre, nous allons mettre en cadre notre projet et présenter l'entreprise d'accueil qui est OOREDOO Tunisie tout en expliquant ses objectifs et ses stratégies.

Notre projet désigné « Développement d'une solution de couverture Radio multi-technique (2G, 3G, 4G) » est réalisé à l'occasion de la présentation du programme de fin d'étude pour l'acquisition du diplôme de «Licence Appliquée en Sciences et Technologies de l'Information et de Communication (LASTIC)» au cours des douze derniers mois universitaire 2017/2018. Plus tard nous allons faire une démonstration de notre projet pour faire assimiler son contexte et sa tâche.

1.2 Présentation de l'entreprise d'accueil :

1.2.1 Historique

Opérateur leader de téléphonie mobile en Tunisie, TUNISIANA, devenue Ooredoo le 24 avril 2014, est la filiale tunisienne du groupe Ooredoo.

Acteur essentiel du secteur des nouvelles techniques, Tunisiana s'est appuyée sur les progrès rapides du high tech pour développer des solutions adaptés, innovants et de qualité et souhaite sur son situation client sans anomalie pour triompher la confiance de ses fidèles clients.

Au mois de juillet 2012, Tunisiana a sorti les prestations 3G voués au-delà 6 millions de clients fidélisés et couvrant 48% du peuple. Depuis son départ commercial le 27 décembre 2002, TUNISIANA avait bouleversé le paysage des nouvelles technologies en Tunisie en fournissant une famille d'offres et de présences novateurs, en respect avec les standards mondiaux.

En juillet 2012, Tunisiana a lancé les services 3G destinés à plus de 6.6 millions d'abonnés et couvrant 48% de la population. En 2014, le réseau s'est étendu à près de 90 % de la population .La licence délivrée par l'Etat permet à Tunisiana de déployer un réseau HSPA+ à la fois sur 900Mhz et 2100 Mhz assurant une couverture plus étendue couvrant les régions de l'intérieur et une qualité vocale en haute définition « HD wide band AMR ». Le réseau permet des débits atteignant les 42 Mbps pour assurer le meilleur service à ses abonnés." [N1]

Ooredoo constitue maintenant le premier fournisseur mobile en Tunisie et son succès dépend intimement de la qualité de couverture qu'il offre à ses clients. Sa mission fondamentale pendant l'ensemble de ces années était d'offrir une couverture quasi-totale en milieu outdoor pour maintenir les communications en cours de déplacement des fidèles clients. La planification d'un tel service constitue un travail suffisamment métrisée et cela s'est conclu en observant la plupart de la couverture en milieu urbain et rural exposé dans ces schémas.

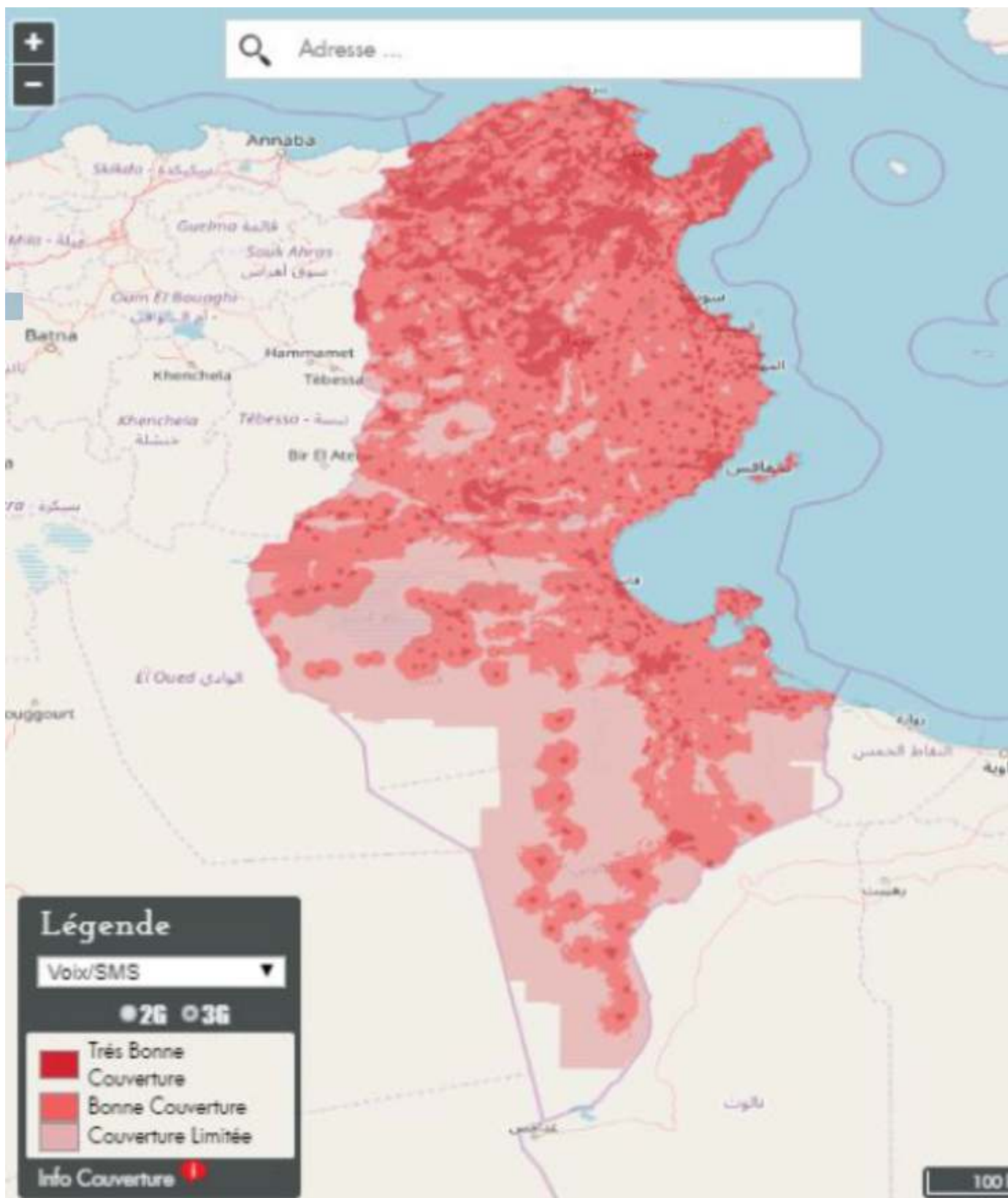


Figure 1 : Couverture 3G

La figure ci-dessous montre la couverture en 3G de Ooredoo en Tunisie.

La couverture en 3G est presque totale sur tout le territoire Tunisien.

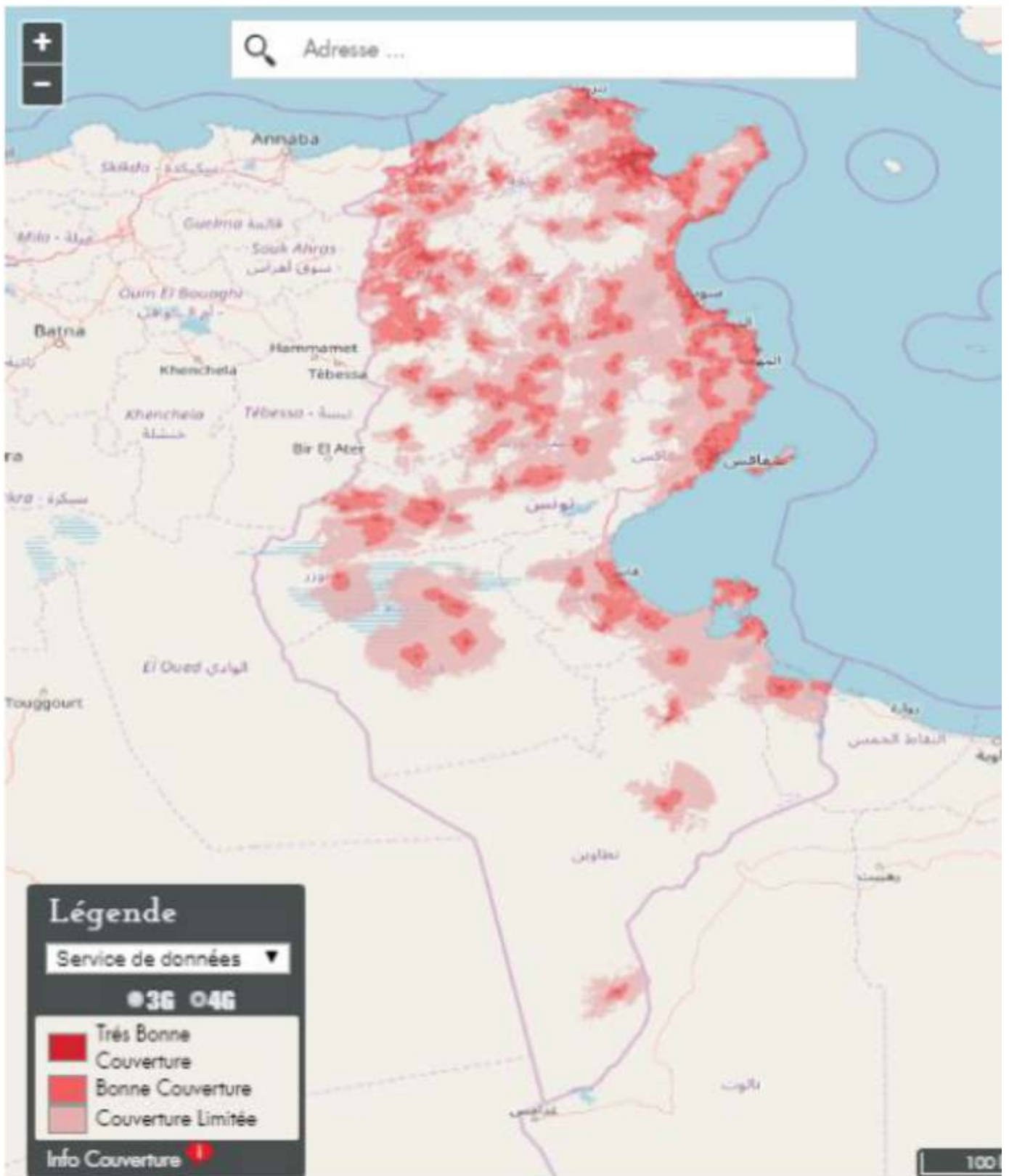


Figure 2 : Couverture 4G

1.2.2 Les valeurs 3C

"Tout en prônant le changement dans la continuité, la nouvelle marque Ooredoo a été lancée le 24 avril 2014. La nouvelle marque se veut la garante de tous les acquis de TUNISIANA tout en l'enrichissant avec les nouvelles vision et valeurs du Groupe :

❖ Caring

Pour le soutien, la confiance, le respect d'autrui et la responsabilité qu'Ooredoo incarne.

❖ Connecting

Pour l'engagement de Ooredoo à travailler dans un esprit collaboratif et en intégrant parfaitement la communauté tunisienne.

❖ Challenging

Pour le progrès auquel aspire Ooredoo et la recherche continue de l'amélioration et de la différence.

Ooredoo dispose d'un réseau technique performant, couvrant 99% de la population tunisienne ; et d'un service regroupant un vaste réseau de boutiques réparti sur tout le territoire national.

Ooredoo, l'opérateur citoyen, s'engage au sein de la société tunisienne à travers plusieurs actions citoyennes, qui couvrent le sponsoring, le mécénat et le parrainage de divers activités et évènements sportifs, culturels, sociaux, économiques, etc.» [N1]

1.2.3 Organisation structurelle :

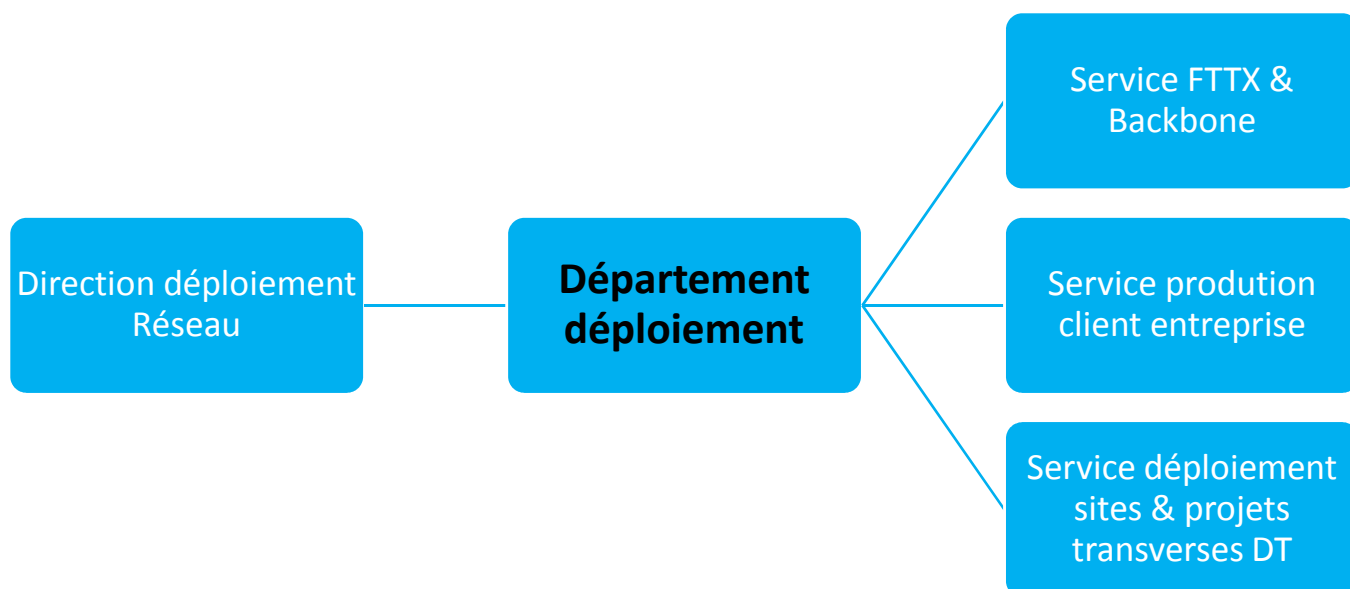


Figure 3 : Diagramme du département d'accueil

Dans le marché des télécommunications, le département de déploiement a en charge l'organisation et le suivi du développement d'un réseau. Il est le maître d'œuvre des projets ciblant au développement d'un réseau. Son objectif s'étend de l'examen structurel de l'infrastructure existant jusqu'à la validation du programme conduit à terme par le groupe qui planche sous sa responsabilité.

A partir des informations données par l'étude de l'infrastructure existant, la région développement conçoit le programme qui définit les occupations de la totalité du groupe projet et le cadre précis au travers duquel elles s'inscrivent (budget, délais, contenu, qualité...). Son métier de pilotage l'emmène à organiser les opérations produites par les nombreux protagonistes et à mesurer le degré d'avancement du programme en réalisant des réajustements si nécessaire. Garant de la qualité du produit final, il rend recense souvent des activités conduites et prend garde à ce que la mission ciblées soient atteints dans le respect du cadre juridique.

1.3 Contexte du projet

1.3.1 Problématique

Les obstacles environnementaux étaient toujours le problème majeur dans le déploiement des sites RADIO à cause de la réflexion, réfraction et diffusion des ondes radio par les différents obstacles (bâtiments les arbres et même par les nuages) ce qui engendre l'affaiblissement, l'atténuation, et les interférences.

Nous nous sommes face à une problématique de déployer une solution de couverture RADIO permettant d'offrir un service satisfaisant en indoor et outdoor aux utilisateurs du lien en question.



Figure 4 : Position géographique du site RADIO

Un déploiement quotient sans prendre en compte l'effet de réflexion des ondes sur l'eau à pour conséquence de créer un nuage électromagnétique à la surface du LAC avec un taux de gain très élevé et rend toutes les communications entre les terminaux et la station mobiles impossible à cause de comportement de cette nuage comme une station mobile c'est **le over shooting**.

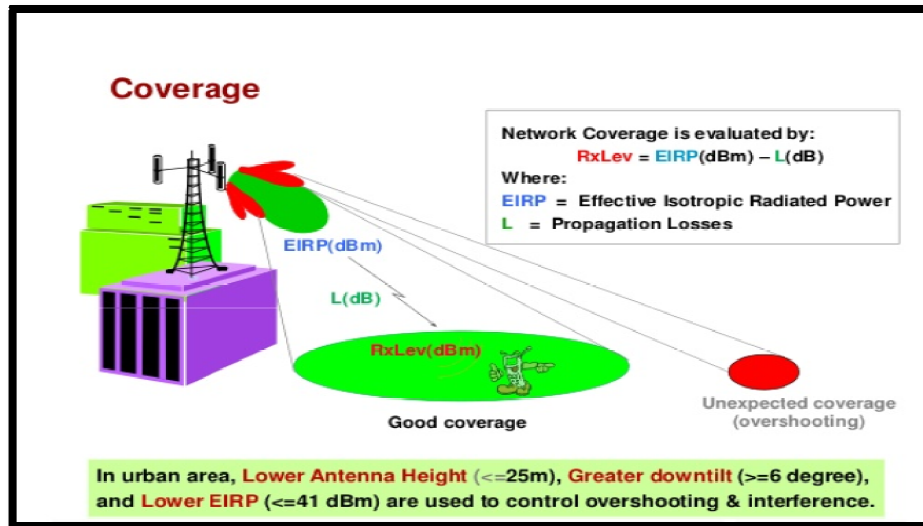


Figure 5 : Overshooting

Un autre effet indésirable peut affecter la totalité des réseaux : c'est l'effet miroir, l'eau va ce comporte comme un miroir en reflètent les ondes vers d'autres cellules voisines utilisant la même fréquence en se basent sur la conception des réseaux mobiles pour la réexportation de la même fréquence de la cellule éloignés.

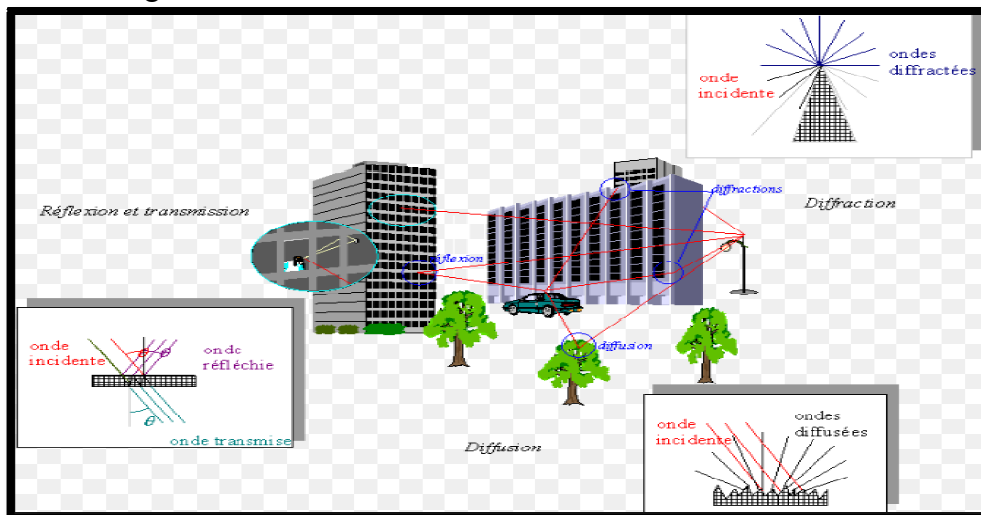


Figure 6 : réflexion, réfraction et diffusion des ondes radio

Malgré la maturité remarquée en ce qui concerne la couverture en milieu outdoor nous nous trouvons face aux problèmes d'encombrement de trafic et d'absence de couverture en milieu indoor.

Le défi réside à alléger le trafic et assurer la couverture en indoor surtout pour zones de densité tel que les centres commerciaux, les foires, les musées, etc.

La planification de telles solutions est une tâche assez sophistiquée car il faudra d'une part tenir compte des atténuations supplémentaires apportées par les bâtiments et les matériaux qui les constituent.

D'autres parts, il faut dimensionner et gérer une capacité importante tout en essayant de trouver un compromis entre couverture, capacité et interférence.

En effet, en milieu indoor le signal subit des affaiblissements supplémentaires qui peuvent aller jusqu'à 30 dB. Cet affaiblissement dépend de plusieurs caractéristiques à savoir les données architecturales des bâtiments c'est-à-dire les types des matériaux de constructions utilisées, la taille des fenêtres, le type des bâtiments eux-mêmes : est ce qu'il s'agit d'espaces larges (salles d'aéroports,

de musées,...), de bureaux rapprochés, à quelle niveau nous nous situons : étages supérieurs, sous-sols, halls, ...

1.3.2 Solutions proposés

Le service planification RADIO de Ooredoo et en mettant en œuvre les problématiques cités propose pour ce fait l'implantation d'un site Macro composé de deux secteurs (Azimth : 275°/345°) et un troisième secteur déporté qui sera distribué sur un ensemble de micro antennes assurant la couverture en indoor.

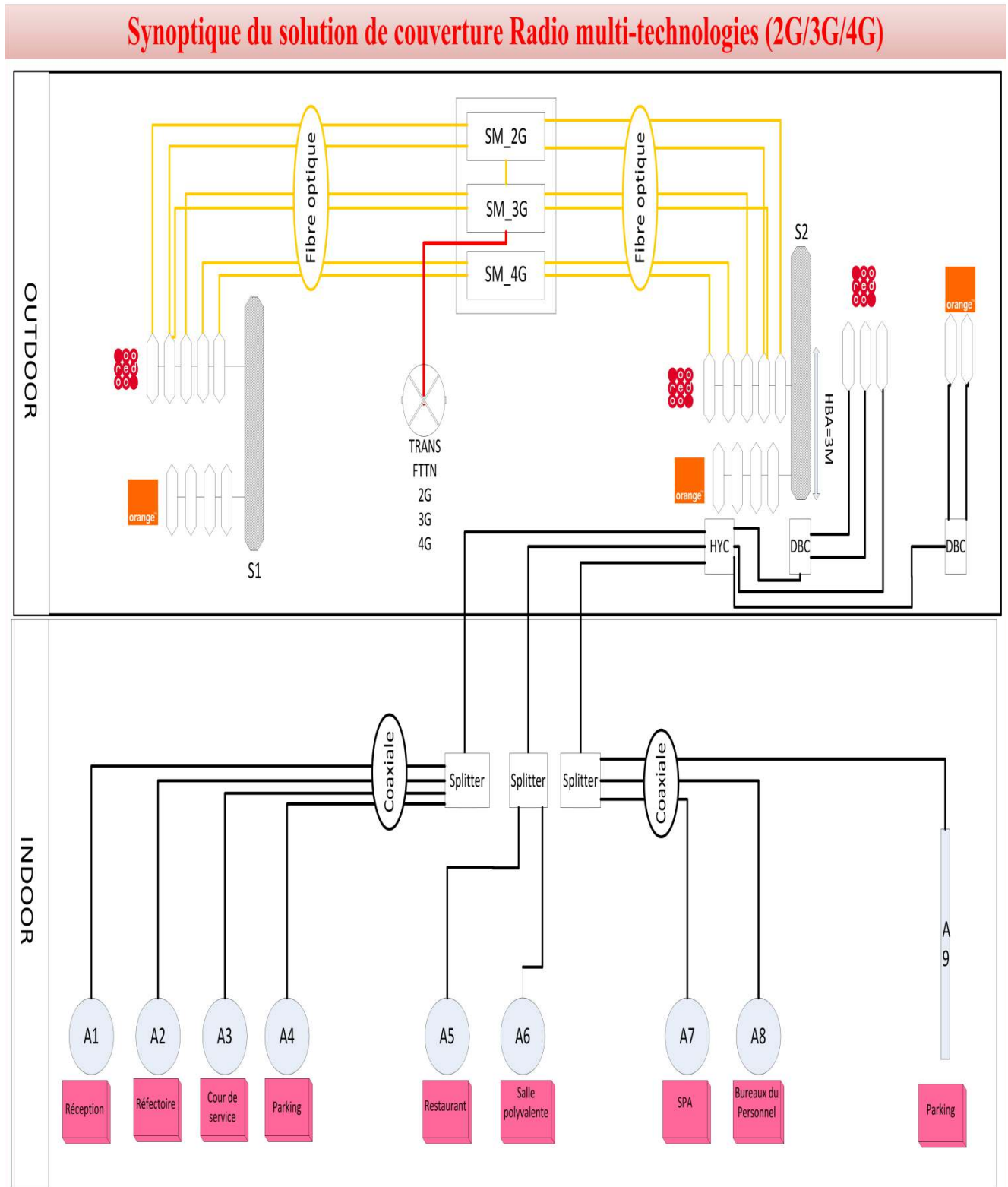


Figure 7 : Schéma synoptique de la solution proposée

Chapitre 2 : Etudes des technologies mobile existants

2.1 Introduction :

Dans ce section on va mettre en évidence l'étude préalable du projet, Comme première partie , nous allons déterminer l'idée de base des infrastructures mobiles, après nous allons exposer leurs changements via les temps tout en ajoutant leurs architectures et leurs attributs, nous allons nous approfondir dans l'étude des infrastructures LTE et ses spécification technique pour bien contrôler cette technique.

2.2 Le concept cellulaire :

Les infrastructures mobiles sont établies sur l'idée de dessin cellulaire. Une technologie qui offre la possibilité de réutiliser les ressources de l'infrastructure d'accès radio sur de nombreuses zones géographiques informations nommées cellule. À une cellule est donc liée une ressource radio (une fréquence, un code...) qui ne pourra être réutilisée que par une cellule localisée assez loin afin d'éviter tout litige intercellulaire dans l'usage de la ressource.

Conceptuellement, si une cellule permet d'écouler un certain nombre d'appels simultanés, la quantité totale d'appels susceptible d'être supportés par l'infrastructure peut être pilotée en dimensionnant les cellules d'après des dimensions plus ou moins grandes. Ensuite, la taille d'une cellule se trouvant en métropole est généralement inférieure à celle d'une cellule localisée en zone rurale.

Une cellule est surveillée par un émetteur/récepteur appelé station de base, qui assure la liaison radio avec les équipements mobiles sous sa zone de couverture. La couverture d'une station de base est restreinte par quelques motifs éléments, spécialement :

- ❖ la puissance d'émission du terminal mobile et de la station de base :
 - ✓ La fréquence utilisée.
 - ✓ Le type d'antennes utilisé à la station de base et au terminal mobile (antenne sectorielle [micro, macro]).
 - ✓ L'environnement de propagation (urbain, rural, etc.).
 - ✓ La technologie radio employée (2G, 3G, 4G).

Une cellule est représentée sous la forme d'un hexagone, en effet, l'hexagone est le dessin géométrique le plus proche de la zone de couverture d'une cellule qui assure une organisation en réseau régulier de l'espace. Dans la réalité, il existe bien entendu des zones de recouvrement entre cellules avoisinant, qui créent de l'interférence intercellulaire.

On aperçoit multiples modèles de cellules selon leur reflet de couverture, associé à la puissance d'émission de la station de base (BTS), et de leur utilisation par les fournisseurs d'accès.

Les cellules macro sont des cellules étendues, dont le rayon est pigé entre plusieurs centaines de mètres et quelques kilomètres. Elles sont dirigées par des stations macro dont la puissance est habituellement de 46 dBm (40 W) pour une largeur de bande de 10 MHz. Leurs antennes sont positionnées sur des éléments hauts, tel des toits d'un bâtiment ou des pylônes.

Les cellules micro sont des cellules de quelques dizaines à une centaine de mètres de rayon, destinées à compléter la couverture des cellules macro dans des zones denses ou mal couvertes. Les stations de base associées sont appelées des stations de base micro.

Les cellules pico peuvent être utiles à couvrir des points d'accès, ou de larges zones intérieures (indoor), comme des aéroports ou des "shopping center" peuvent être utiles à couvrir des spots bien précis, ou de larges zones intérieures (indoor), comme des aéroports ou des "shopping center". Les antennes des stations de base pico peuvent être positionnées comme celles des stations de base micro, ou au plafond ou contre un parapet dedans de bâtiments.

Les cellules femto sont de petites cellules d'une dizaine de mètres de rayon, essentiellement vouées à couvrir une maison ou un étage de bureaux. Elles sont habituellement mises en place au sein même des constructions.

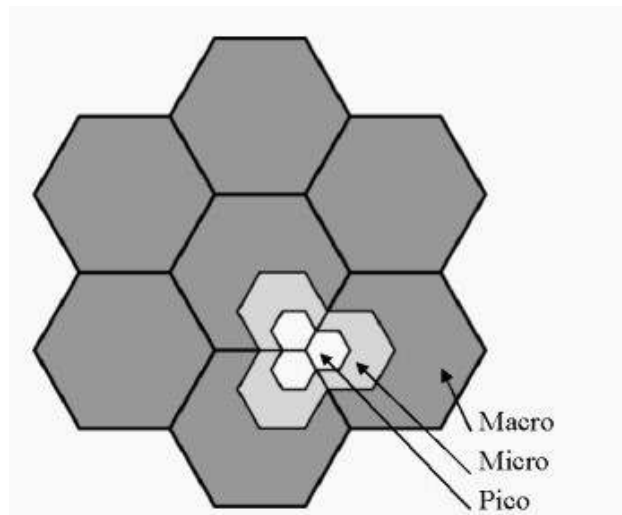


Figure 8 : Différents types de cellules

2.3 Les réseaux mobiles

2.3.1 Les réseaux mobiles de deuxième génération :

Cette génération permet l'échange des voix ainsi que les messages textes courts connus sous le nom de SMS (Short Message Service).

Ils sont fondés sur des codages et des modulations de type numérique, ainsi que des techniques d'accès multiple distinctes tel que FDD ou TDD.

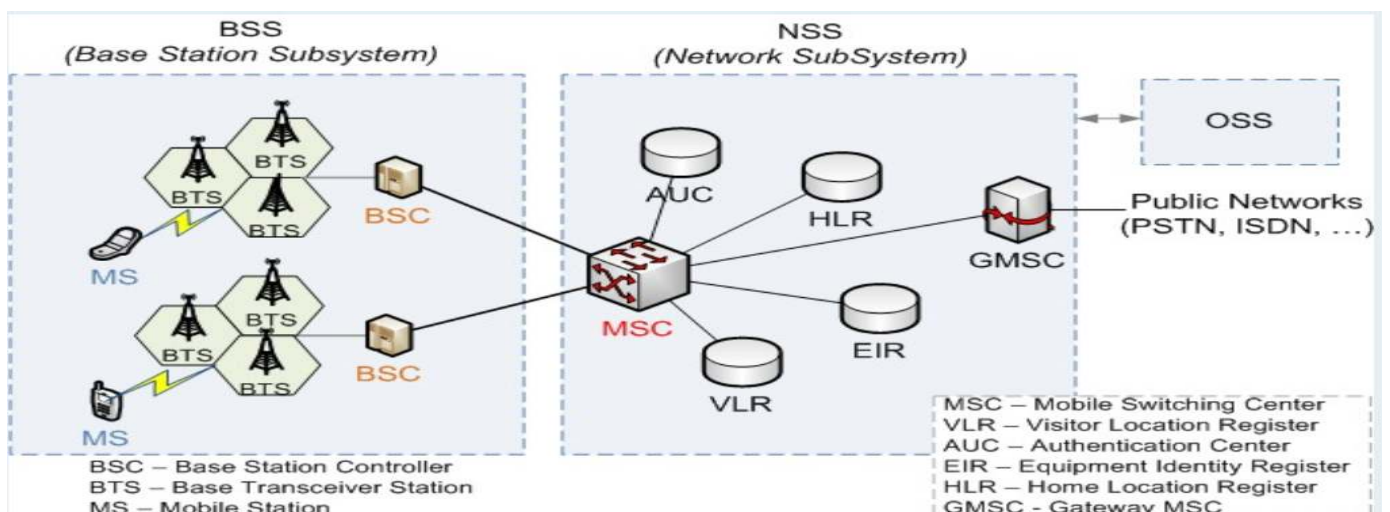


Figure 9 : Architecture simplifiée réseau 2G [N2]

La bande de fréquence est une ressource rare qu'il faut bien partager entre tous les utilisateurs. Il est donc indispensable de transmettre tout à la fois sur un même canal le plus grand nombre de messages.

On fait appel pour cela aux techniques de multiplexage :

Accès multiple par répartition de fréquence : FDMA

Pour cette technique chaque message ou interlocuteur alloue une bande de fréquence dédié.

La bande passante est fractionnée en plusieurs canaux (sous bande) ; chaque canal est associé à une fréquence porteuse exploitée par un émetteur.

En FDMA une bande passante typique (par exemple, 6,25 kHz) ce système offre également les fonctionnalités à 12,5 kHz). C'est le mode d'allocation de canaux et si le canal n'est pas alloué il reste non-utilisé et donc une perte de ressources.

Accès multiple à répartition dans le temps : TDMA

Cette technique est basée sur le fait que la bande passante est exploitée par tous les utilisateurs et la répartition se fait sur l'axe de temps des périodes de temps appelés slots.

En général les deux techniques (TDMA et FDMA) sont combinées : La bande totale est partagée en plusieurs sous bandes autour de porteuses, et chaque porteuse est partagée en temps entre plusieurs utilisateurs.

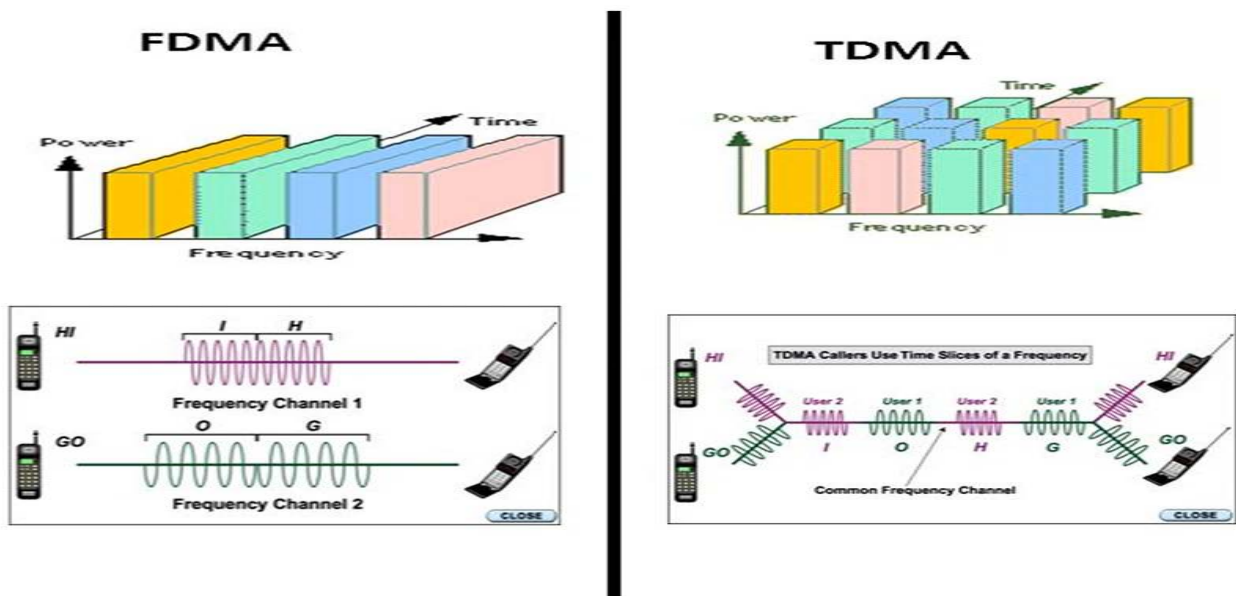


Figure 10 : Schéma explicatif des technologies d'accès FDMA et TDMA [B2]

Durant sa venue, le GSM se servait de un réseau cœur à commutation de circuit par lequel l'accessibilité aux services d'informations (DATA) était très lente. Afin d'augmenté les taux de transfert fournis, l'infrastructure d'accès GSM fut connecté à un réseau cœur nommé GPRS (General Packet Radio Service) insère une architecture réseau en mode colis. Cette progression améliora la gestion des prestations d'informations comme la compatibilité avec l'IP et la navigation sur l'internet au travers d'un dispositif mobile.

Pour acheminer les paquets des mobiles vers les réseaux paquet publics, tels que X.25 ou IP, le GPRS Introduction de 2 nouveaux éléments à l'architecture GSM :

- **SGSN (Serving GPRS Support Node)** : sert d'interface entre les utilisateurs mobiles. Ces fonctions principales sont l'obtention du profil de l'utilisateur (à partir du HLR - Home Location Register), l'enregistrement des nouveaux abonnés mobiles et la gestion des fonctions «connect» et «déconnecté» des abonnés.
- **GGSN (Gateway GPRS Support Node)** : est utilisé comme interface entre le réseau IP de l'opérateur et le réseau Internet public ou d'autres fournisseurs de services mobiles. Ces fonctions principales sont la recherche de différentes routes à travers le réseau IP de l'opérateur, la mise à jour des informations de routage et le traçage des différentes adresses se trouvant dans le réseau.

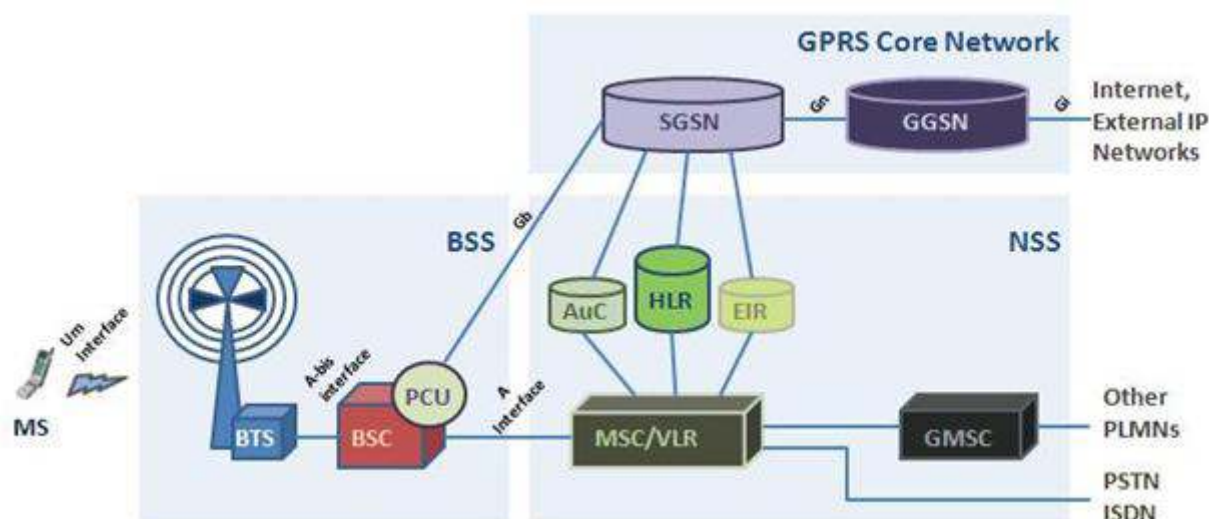


Figure 11 : Architecture simplifiée du réseau 2G+ [N3]

En complément de cette évaluation, la technologie d'accès radio EDGE (Enhanced Data rates for GSM Evolution) à apporter une amélioration de la capacité du réseau en terme de débit des données puisque il permet d'atteindre un débit théorique maximal de 384 ko/s pour les stations fixes (piétons et véhicules lents) et jusqu'à 144 kbit/s pour les stations mobiles (véhicules rapides) mais il varie en fonction du nombre d'utilisateurs simultanés sur une même cellule et de la distance de cellule.

En la comparaison avec le GPRS, il permet d'offrir un large service de données tel que la conférence et streaming vidéo et considéré comme une préparation pour le réseau UMTS.

Standard	Génération	Rôle	Débit	
			Théorique	Réel
GPRS	2.5 G	Permet de transfert de la voix ou des données	21.4 à 171.2 kbps	48 kbps
EDGE	2.75 G	Permet de transfert simultané de voix et des données	43.2 à 384 kbps	171 kbps

Tableau 1 : Comparaison entre la technologie GPRS et EDGE

2.3.2 La troisième génération des réseaux mobiles: UMTS

La limitation du débit fournis par les réseaux 2G fut à l'origine de la définition des technologies 3G. La troisième génération 3G représente la norme UMTS (Universal Mobile Telecommunication System) apparue dans la but principal d'accroître le débit fournit par la 2G ainsi que la création d'un système compatible mondialement et technologiquement.

Architecture de l'UMTS:

L'architecture générale du réseau 3G est illustrée dans la figure suivant :

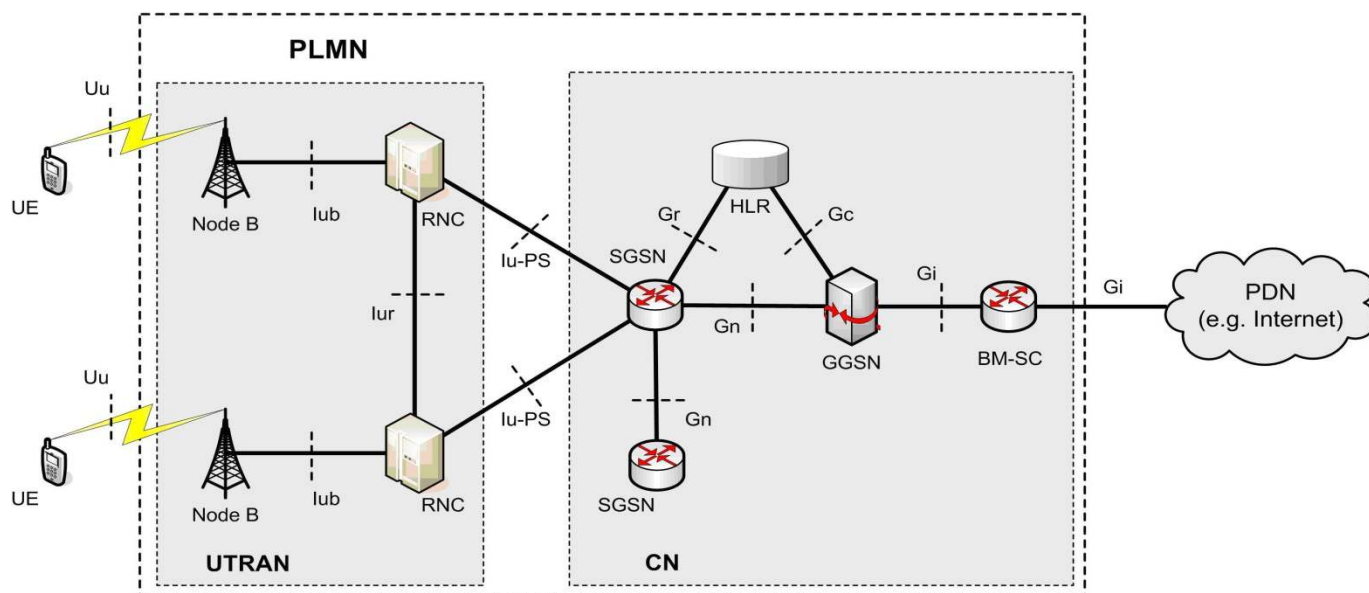


Figure 12 : Architecture générale du réseau 3G [N4]

Le réseau d'accès UTRAN est composé de plusieurs éléments :

- ❖ Une ou plusieurs stations de base (appelées NodeB), basée sur la technologie W-CDMA. C'est l'équivalent de la BTS dans les réseaux GSM. Elle gère des cellules radio utilisant différentes bandes de fréquences (900 MHz, appelée U900 et 2100 MHz) sur différents secteurs (un secteur équivaut à une antenne physique). Elle est en contact direct avec le RNC.
- ❖ Des contrôleurs radio RNC (Radio Network Controller) qui ont pour rôle, le contrôle les transmissions radio des stations de base, le management de la répartition de la ressource radio, le cryptage des informations avant l'expédition au portable, et une partie de la position géographique des téléphones portables des membres. C'est l'homologue des BSC des infrastructures 2G GSM.
- ❖ Des interfaces de communication entre les différents éléments du réseau UMTS

Le réseau 3G repose sur la technologie d'accès :

Code division multiple accès : CDMA

Tous les utilisateurs ou messages ont accès simultanément à la totalité de la bande, ils sont distingués à la réception grâce à des codes distincts pour chacun d'entre eux.

Il existe deux techniques :

- ❖ W-CDMA : Combinaison de CDMA et FDMA
- ❖ TD-CDMA : Combinaison de TDMA, CDMA et FDMA

Standard		GPRS	EDGE	UMTS
Génération		2.5 G	2.75 G	3G
Rôle		Permet de transfert de la voix ou des données	Permet de transfert simultané de voix et des données	Permet de transfert simultané de voix et des données à haut débit
Débit	Théorique	21.4 à 171.2 kbps	43.2 à 384 kbps	0.144 à 2 Mbps
	Réel	48 kbps	171 kbps	384 kbps
Bande de fréquence		890-915 Mhz 935-960 MHz		1920-1980 MHz 2110-2170 MHz
Largeur de bande		200 Khz		5 Mhz
Technologie d'accès		FDMA et TDMA		WCDMA
Technologie de la commutation		Circuit et Paquet		Paquet

Tableau 2 : Comparaison entre la technologie GPRS, EDGE et UMTS

2.3.3 La quatrième génération des réseaux mobiles: LTE

La déflagration du trafic IP, publié principalement par des logiciels Web et des prestations d'informations (tels que la diffusion en continu film, le surf sur internet, le partage de fichier, la Voix sur IP, etc.) à diriger à la congestion des infrastructures téléphones portables qui existent. De fait les fournisseurs d'accès se sont trouvés forcer à aller vers l'infrastructure 4g qui permet d'offrir un débit de 100Mbit/s en voix descendante et 50Mbit/s en voix montante. Soit l'équivalent des infrastructures fibres fixe. Ce débit théorique sera à répartir entre l'ensemble des usagers téléphones d'une même cellule.

Objectifs de la LTE:

La mission principale motivant l'introduction de la quatrième génération des infrastructures téléphones sont principalement la baisse des coûts des utilisateurs et fournisseurs d'accès tout en améliorant les taux de transfert pour parvenir à une agréable qualité de prestation et en baissant la latence (le temps d'aller-retour réseau). En principe l'infrastructure 4g doit diminuer les taux de réponse d'un facteur de 10 face aux systèmes 3G.

Les caractéristiques LTE :

Caractéristique	Description
Flexibilité de la bande passante	Possible d'opérer avec une bande de taille différente avec les possibilités suivantes : 1.25, 2.5, 5, 10, 15 et 20 MHz, pour les sens descendant et montant. L'intention est de permettre un déploiement flexible en fonction des besoins des opérateurs et des services qu'ils souhaitent proposer.
Débit	- 100 Mbit/s en voie descendante pour 20Mhz soit une efficacité spectrale de 5 bit/s/Hz - 50 Mbit/s en voie montante pour 20Mhz soit une efficacité spectrale de 2,5 bit/s/Hz
Méthode de duplexage	Le LTE utilise le Frequency Division duplexing (FDD) et le Time Division Duplexing (TDD)
Technologies d'accès	LTE utilise la technologie Orthogonal Frequency Division Multiple Access (OFDMA) pour le Sens descendant et Single Carrier - Frequency Division Multiple Access (SC-FDMA) et pour le Sens montant.
Temps de réponse (Latence)	- Session 100 ms - Données 10 ms
Mobilité	- Optimisé pour 0 à 15 km/h - 350km/h voire 500km/h - Gestion handover améliorée : Temps d'interruption de la communication est entre 10.5 à 12.5 ms - Temps d'interruption de service lors d'un handover entre LTE et GSM ou UMTS : <ul style="list-style-type: none">✓ Inférieur à 300 ms pour les services temps-réel✓ Inférieur à 500 ms pour les autres services [B4]
Capacité en communication (VOIP)	Entre 67 à 69 UE/cellule/Mhz pour une bande de 20 Mhz on obtient 1340 à 1380 communications simultanées par cellule

Tableau 3 : Caractéristique de la technologie LTE

Technique de l'OFDM :

OFDM signifie Orthogonal Frequency Division Multiplexing, il s'agit d'une répartition de données sur des fréquences différentes. Cette technique est déjà utilisée dans la transmission vidéo, elle a l'avantage d'être robuste contre les effets du canal de propagation

Allocation de spectre pour la LTE :

Chaque pays gère l'exploitation du spectre électromagnétique à l'aide d'une licence ; un certain nombre de licences sont attribuées par pays, les opérateurs intéressés par une certaine gamme de fréquence doivent acheter à l'état un droit d'exploitation pour pouvoir utiliser ces fréquences. Nouveau réseau implique nouvelles fréquences.

Généralement, les fréquences utilisées en 4G sont :

➤ **800 MHz : la fréquence en or**

La bande 800 MHz est toujours dévoilée comme les fréquences en or. Pourquoi ? La fréquence des 800 MHz dévoile l'avantage de porter plus loin, restreignant dans cette hypothèse la quantité de relais pour le développement. Elle enfonce aussi mieux au sein même des bâtisses.

En effet, une antenne émettant sur la cadence basse des 800 MHz couvrira plus de superficie qu'une antenne émettant sur la fréquence des 2600 MHz : il sera nécessaire 6 antennes émettant en 2600 MHz pour couvrir la même zone qu'une seule antenne émettant en 800 MHz. L'avantage que

les fournisseurs d'accès peuvent tirer de l'élaboration de la localisation d'antennes émettant en 800 MHz est saillant : ils seront capables de développer beaucoup plus vite la couverture du pays.

➤ **1800 MHz : le meilleur des deux mondes**

La fréquence 1800 MHz présente des caractéristiques à mi-chemin entre le 800 MHz le 2600 MHz : cela pénètre mieux que le 2600 MHz mais porte moins loin que du 800 MHz.

Les bandes de fréquences attribuées aux 3 opérateurs mobiles en Tunisie (Ooredoo, Orange, Tunisie Telecom) et pour la 4G sont : 800 MHz, 2100MHz et 1800 MHz qui est actuellement utilisée pour son réseau 2G et, en particulier, pour son service Edge (data). A noter que la bande des 900 Mhz, actuellement utilisée en 2G et 3G (avec une meilleure pénétration à l'intérieur des bâtiments), n'est pas concerné par la 4G, ainsi que la bande 2600MHz qui n'a pas été commercialisée. D'après l'ANF (Agence Nationale des Fréquences), voici les deux scénarios de sous-bandes de fréquences proposées pour la 4G:

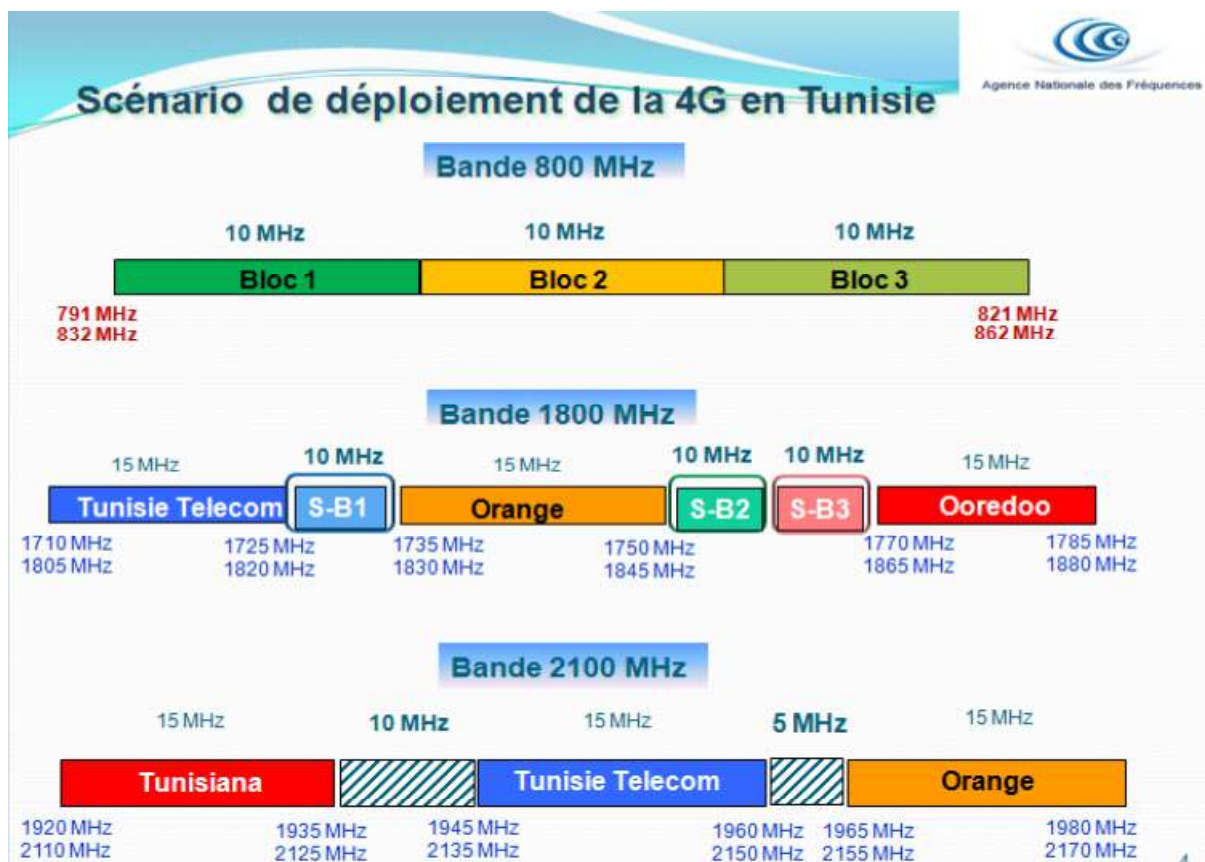


Figure 13 : Scénario de déploiement de la 4G en Tunisie

Architecture du réseau 4G/LTE: Comme tous les réseaux pour mobiles, celui de la 4G LTE se compose de trois parties comme le montre la figure:

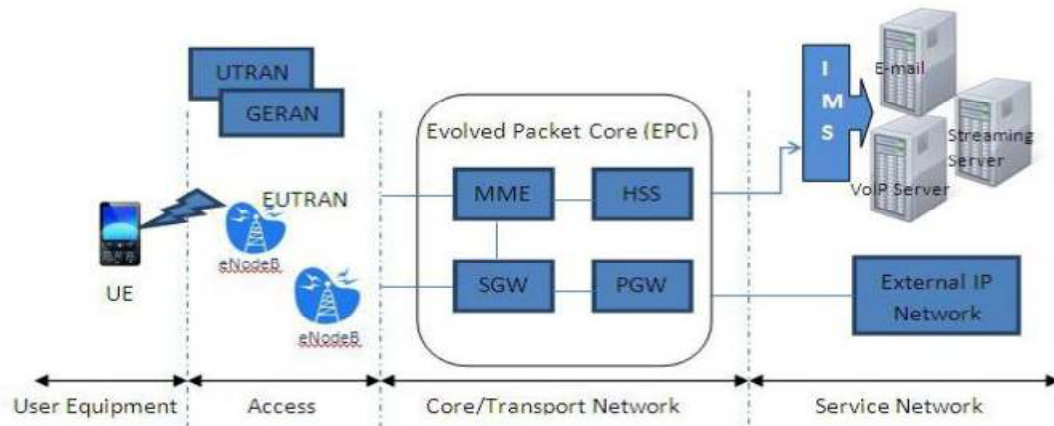


Figure 14 : Architecture du réseau

Technologies employées dans le réseau 4G :

❖ **Structure de la trame LTE:**

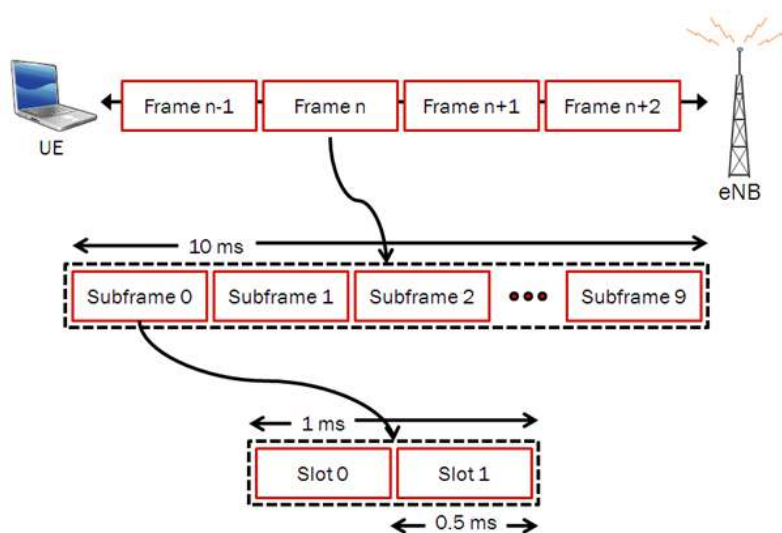


Figure 15 : Structure de la trame LTE [N5]

Les trames LTE sont de 10 ms. Ils sont divisés en 10 sous- trames, chaque sous-trame de longueur 1,0 ms. Chaque sous-cadre est divisée en deux slots, chacun de 0,5 ms.

Un duplexage est nécessaire afin d'attribuer les slots d'émissions et de réception

Il existe deux principaux modes de duplexage, tous deux gérés par l'interface radio du LTE :

❖ Le duplexage en fréquence ou Frequency Division Duplex (FDD) : les voies montante et descendante opèrent sur deux fréquences porteuses séparées par une bande de garde.

❖ Le duplexage en temps ou *Time Division Duplex* (TDD) : les voies montante et descendante utilisent la même fréquence porteuse, la mise en commun s'effectuant dans le secteur temporel. Certains intervalles de temps de diffusion sont réservés à la voie montante, alors que les autres sont réservés au chemin descendant. Un temps de garde reste essentiel aux modifications de direction de propagation, par exemple pour laisser aux matériels le temps de basculer d'émission à réception.

❖ Technologie SISO:

SISO (entrée unique, venue exceptionnel) fait indexe à un système de communication sans fil au travers duquel une antenne est employée à la source (émetteur) et une antenne est employée à la destination (récepteur).

SISO est la technologie d'antenne la plus évident. Dans certains environnements, les systèmes SISO sont vulnérables aux difficultés provoqués par les effets de trajets innombrables. Au moment où un champ électromagnétique (champ électromagnétique) est rencontré avec des obstacles comme des collines, des canyons, des bâtisses et des câbles utilitaires, les fronts d'onde sont dispersés, et ils prennent alors de plusieurs chemins pour parvenir à la destination. L'arrivée tardive de parties dispersées du signal génère des soucis comme l'évanouissement, l'évidement (effet falaise) et la réception intermittente (clôture de piquets). Au sein d'un système de communication numérique, il peut développer une baisse de la vélocité des informations et une augmentation du nombre d'erreurs.

❖ Technologie MIMO:

MIMO, Multiple Input Input Multiple est une autre nouveauté scientifique essentielle LTE employée pour booster les performances du système. Cette technologie permet au LTE de conforter toujours son débit d'informations et son performance spectrale comparativement à l'emploi de l'OFDM.

Même si MIMO ajoute de la complexité au système en termes de traitement et du nombre d'antennes exigé, il permet d'avoir des vitesses d'informations très élevés tout en faisant progresser grandement la performance spectrale. De fait, MIMO a été inclus en tant que partie intégrante de LTE.

MIMO est de plus en plus utilisé dans de nombreuses technologies à haut débit, notamment le Wi-Fi et d'autres technologies sans fil et cellulaires, pour offrir des niveaux d'efficacité améliorés.

Il existe différents types de systèmes multi-antennaires :

- ❖ Les systèmes SIMO (une antenne à l'émission et plusieurs antennes à la réception),
- ❖ Les systèmes MISO (plusieurs antennes à l'émission et une antenne en réception),
- ❖ Les systèmes MIMO (plusieurs antennes à l'émission et plusieurs antennes à la réception).

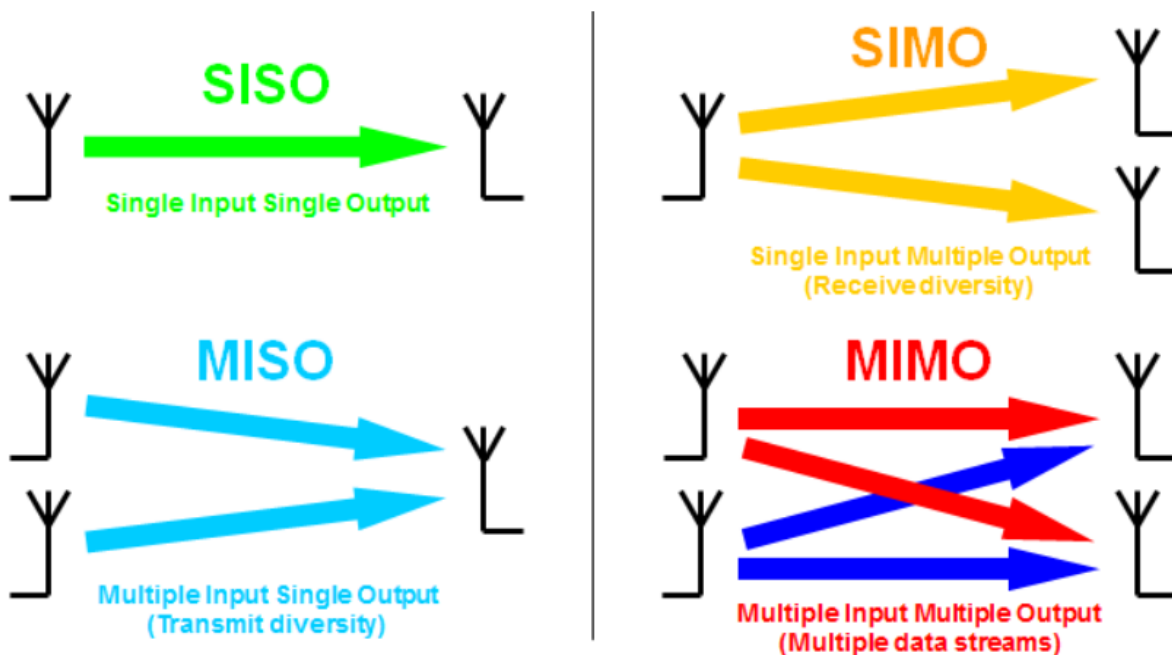


Figure 16 : Différents systèmes multi-antennaires [B4]

Les avantages d'une telle technologie sont :

❖ **Gain de densité**

- En utilisant plusieurs antennes, le porté du signal accroît.

❖ **Gain de diversité**

- L'apport de diversité est acquis au moyen des différents trajets empruntés par les ondes Atteignant des antennes.

❖ **Multiplexage spatial**

- Les données à émettre sur chaque antenne sont dé multiplexées, c'est-à-dire que le flux de données initiales est réparti en Nt sous-flux chaque sous-flux est ensuite modulé et émis simultanément.

❖ **Réduction des interférences**

- L'utilisation de multiples antennes rend la différenciation entre la signature spatiale du signal désiré et le signal du Co-canal plus aisée ce qui réduit l'interférence.

Le concept de base de MIMO utilise la propagation du signal par trajets multiples qui est présente dans toutes les communications terrestres pour transmettre les données, plutôt que de causer des interférences.

L'émetteur et le récepteur ont plus d'une antenne et en utilisant la puissance de traitement disponible à chaque extrémité de la liaison, ils sont capables d'utiliser les différents chemins pour envoyer le même signal sur des fréquences différentes et la diversité temporelle. Et par conséquent l'amélioration du rapport signal sur bruit d'où le taux d'erreur binaires

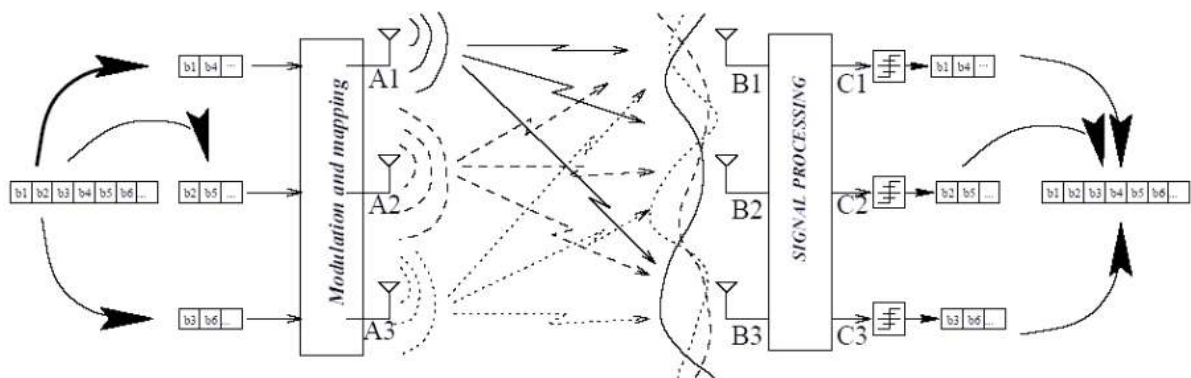


Figure 17 : Principe de la technique MIMO [B3]

Dans cette position, quelques antennes peuvent réaliser en simultané sur la même cadence en jouant sur les innombrables chemins talonnés de près par les ondes afin de les obtenir à un moment différents.

Le flux est divisé en différents flux de même cadence qui sont expédiés au travers 3 émetteurs à 3 récepteurs. L'programme permet après de déterminer les différents flux pour les redonner en un unique. Ce programme se sert de l'étude des signaux sur les murs, le sol et autres obstacles.

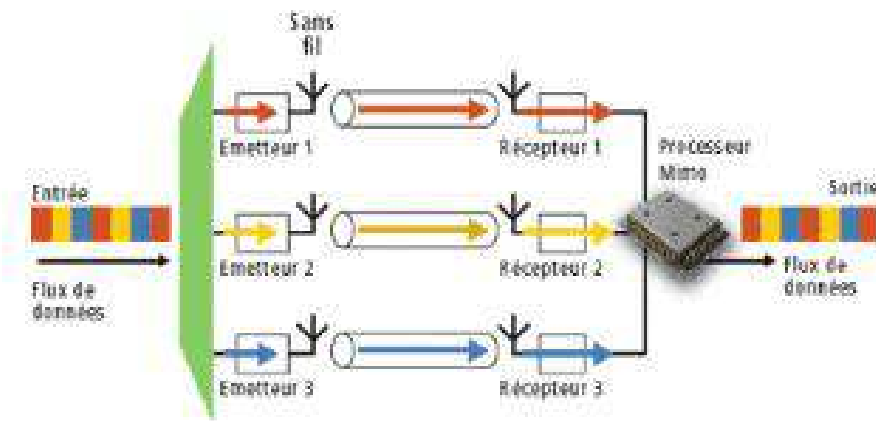


Figure 18 : Le principe de la technologie MIMO

Pendant que ces réflexions seraient susceptibles d'être considérées comme mauvaises, la technique MIMO se sert de ces différents canaux pour accroître la vitesse de propagation des données.

La technologie MIMO massive :

Il a pour objectif de soutenir de nombreux usagers avec beaucoup d'antenne à la station de base. Ceci induit un très grand réseau de réceptions à chaque station de base et une grosse quantité d'usagers sont servis en même temps.

Il garanti des bénéfices non négligeables dans les taux de transfert d'information sans fil et la sureté de liaison, une réduction de la puissance rayonné en concentrant l'énergie sur les usages mobiles à l'aide de technique pré codage. Ceci est précisément est intéressant pour les infrastructures mobiles existants limitant les interférences.

Des dizaines ou une millièrne d'antenne à la station de base serve un très énorme nombre d'usagers en même temps et dans la même cadence.

La technologie MIMO massif offre beaucoup d'avantages en termes de robustesse, de fiabilité, et de débits.

Elle demeure par conséquent le plus grand prétendant pour le développement du système communications de la cinquième génération.



Figure 19 : La technologie MIMO massive [B3]

Services associés au LTE :

Le LTE se démarque des techniques antérieures par :

➤ Une haute capacité cellulaire, qui permet à une grosse quantité d'UE à employer en même temps des prestations à très rapide ; finalement qu'elle propose une aisance accru à l'usage des prestations sur le web

➤ Le contrôle de la qualité de service est essentiel pour l'opérateur afin de garantir une expérience satisfaisante à l'utilisateur. La technologie LTE offre des mécanismes dits de qualité de service différenciée afin de faciliter la prise en compte des contraintes de services différents. Les services mobiles peuvent être distingués selon deux critères principaux, souvent intimement liés.

Ces attributs de prestation impliquent un support différencié du côté du réseau. On comprend basique ment que le traitement d'une internet voix n'imposera pas les identiques obligations que la récupération d'un fichier. Dans l'ensemble, les prestations temps-réel (par exemple, une communication voix ou communication vidéo) nécessitent des délais de communication courts mais peuvent tolérer des fautes de diffusion. Néanmoins, les prestations non temps-réel (par exemple, un download de courriel ou de fichier) revêtent des obligations de délais relâchées mais ne tolèrent pas des fautes de transmission. Le LTE a alors été imaginé pour distinguer les prestations requérant un débit garanti ou GBR (Guaranteed Bit Rate), des prestations ne requérant pas de débit garanti (non-GBR).

Standard		GPRS	EDGE	UMTS	LTE
Génération		2.5 G	2.75 G	3G	4G
Rôle		Permet de transfert de la voix ou des données	Permet de transfert simultané de voix et des données	Permet de transfert simultané de voix et des données à haut débit	Permet de transfert simultané de voix et des données à très haut débit
Débit	Théorique	21.4 à 171.2 kbps	43.2 à 384 kbps	0.144 à 2 Mbps	10 à 300 Mbps
	Réel	48 kbps	171 kbps	384 kbps	5 à 75 Mbps
Bande de fréquence		890→915 Mhz 935→960 MHz		1920→1980 MHz 2110→2170 MHz	800-900-1800- 2100-2600 Mhz
Largeur de bande		200 Khz		5 Mhz	20 Mhz
Technologie d'accès		FDMA et TDMA		WCDMA	OFDM
Technologie de la commutation		Circuit et Paquet		Paquet	
Technologie des antennes		SISO			MIMO

Tableau 4 : Comparaison entre le 2G, 3G et 4G

2.3.4 Cinquième génération : 5G

Le développement des générations mobiles avaient pour ambition d'améliorer la vitesse afin de supporter l'augmentation exponentielle d'exploitation du l'internet mobile. C'est partiellement le cas pour la 3G et cela l'est bien plus pour l'infrastructure 4g, au moment où cette dernière vient de sortir, car elle permet des vitesses pouvant atteindre les 300 Mbit/s, en fonction des fournisseurs d'accès et les fréquences utilisées.

Avec de telles performances, on peut légitimement s'interroger l'avantage de créer, immédiatement, une nouvelle référence. C'est que l'enjeu de la 5G n'est pas d'apporter une solution aux difficultés de ce jour, ces derniers ne nécessitent que des améliorations financières et logistiques de la part des fournisseurs d'accès pour perfectionner leur couverture. Non, c'est pour les utilisations d'ici 24 heures qu'est imaginée la 5G : la totalité des utilisations qui subiront de plein fouet les restrictions de nos infrastructures.

La 5G est à des années d'être une référence, et pour le moment, les entreprises elle-même a du mal à la caractériser. Et justement, la 5G, c'est d'abord moins de projets et un engagement : apporter une réponse à l'envies exponentielles à propos de télécommunication.

Conclusion:

Dans ce second chapitre, nous avons exposé la totalité des techniques terminal de téléphonie pour la compréhension du contexte du projet et l'architecture de solution RADIO déployer et les différents équipements des infrastructures 2G, 3G et 4G, leurs fonctionnalités et leurs caractéristiques, surtout que nous avons défini les nouvelles méthodes appliquées à l'infrastructure 4G. Une excellente compréhension de l'architecture et ces attributs permet au responsable de projet RADIO de mieux prendre en charge les ressources utilisable, de rendre plus simple la progression de l'infrastructure avec l'intégration des techniques plus performantes, de leur donner en simultanée des performantes et baisser le CAPEX de projet pour des raisons économiques. Dans la section suivante nous allons dévoiler une enquête de planification et de dimensionnement de l'infrastructure 4G.

Chapitre 3 : Etude de cas de déploiement d'une solution RADIO (Movenpick LAC)

3.1 Dimensionnement Radio

3.1.1 Généralités :

Le dimensionnement est considéré comme une tâche difficile à cause de sa complexité qui met en action à la fois des allures théoriques et pratiques. L'objectif est d'obtenir la meilleure architecture cellulaire en tenant compte des divers critères que l'on énuméré comme suit :

- ❖ **Qualité de couverture** : assurer la communication radio dans toute la zone géographique à couvrir.
- ❖ **Capacité** : le réseau doit être en mesure de supporter le trafic à l'intérieur de chaque cellule.
- ❖ **Mobilité** : Simplifier le Handover lors de passage d'une cellule à l'autre afin de permettre à un abonné de se déplacer sans coupeur des communications en cours.
- ❖ **Evolutivité** : un réseau cellulaire est en amélioration incessante, en ajoutant des nouvelles BTS ou augmenter leur capacité.

3.1.2 Le dimensionnement:

Le dimensionnement peut être réalise sur deux modèles :

- ✓ **Le modèle de couverture**
- ✓ **Le modèle de capacité**

Finalement, l'examen de la couverture demeure fondamentalement l'étape la plus critique dans la conception de l'infrastructure du réseau.

3.2 Partage Inter opérateurs de réseaux mobiles

3.2.1 Les modalités de partage de réseaux mobiles

Tandis que l'accentuation compétitif demeure incessante et la nécessite d'investissements est considérable, avec une progression incessant des usages et de connectivité en radio mobile, les ententes de partage de réseaux offrent la possibilité pour les opérateurs de diminuer leurs dépenses de déploiement tout en optimisant leur offre de services. Donc par définition le partage des réseaux mobiles c'est placé en commun entre divers opérateurs de tout ou une portion des ressources matériels composant leurs réseaux mobiles.

On trouve deux méthodes de partage d'infrastructures :

3.2.2 Partage d'infrastructures passives

C'est le partage des sites entre opérateurs, c'est-à-dire en l'exploitant en commun de tout ou une portion de ces composants passifs comme les mats et les pylônes ou les lieux (toits, terrasses), les locaux y compris l'électricité, les « feeders » (câbles coaxiaux), génie civil et la climatisation.

Sur chaque site partagé, chaque opérateur installe ses matériels actifs, ses propres fréquences et ses antennes. Le partage passif est très courant grâce aux accords-cadres de partage entre les opérateurs.

3.2.3 Partage d'installations actives

Il constitue une forme plus avancé de partage, puisque on rajouter à la mise en commun des infrastructures passives les éléments actifs qui pouvant être les équipements de stations de base, ces contrôleurs et même les liens de transmission.

On trouve deux principaux types de partage actif :

➤ L'itinérance

L'itinérance repose sur l'hébergement, par un opérateur de téléphone mobile, des abonnés d'un distinct opérateur de téléphone mobile sur son propre réseau, seulement les fréquences du fournisseur accueillant sont exploitées. Cette convention est mise en place dans plusieurs contextes, citant l'itinérance internationale (roaming) ou l'itinérance nationale.

L'hébergement peut être encore accordé à un opérateur virtuel, qui ne posséder pas une permission d'exploiter des fréquences.

➤ La mutualisation des réseaux.

Ce type de partage peut englober, ou non, la mutualisation des fréquences :

- la mutualisation des réseaux est l'utilisation réciproque d'infrastructures actives sur lesquelles chaque opérateur exploite séparément ses propres fréquences destiné au partage.

- la mutualisation des fréquences parmi certains opérateurs est une mutualisation des réseaux plus la mises en conjoint des fréquences dont chaque opérateur est propriétaire dans l'objectif de l'exploiter mutuellement, et donc chaque clients de chacun des opérateurs ont la possibilité d'accéder en même temps aux fréquences dédiées; les avantages d'une tel mutualisation est l'utilisation des canaux plus vaste et donc des débits plus intéressant.

Le schéma ci-dessous résume les principales différences de partage d'infrastructure actives :

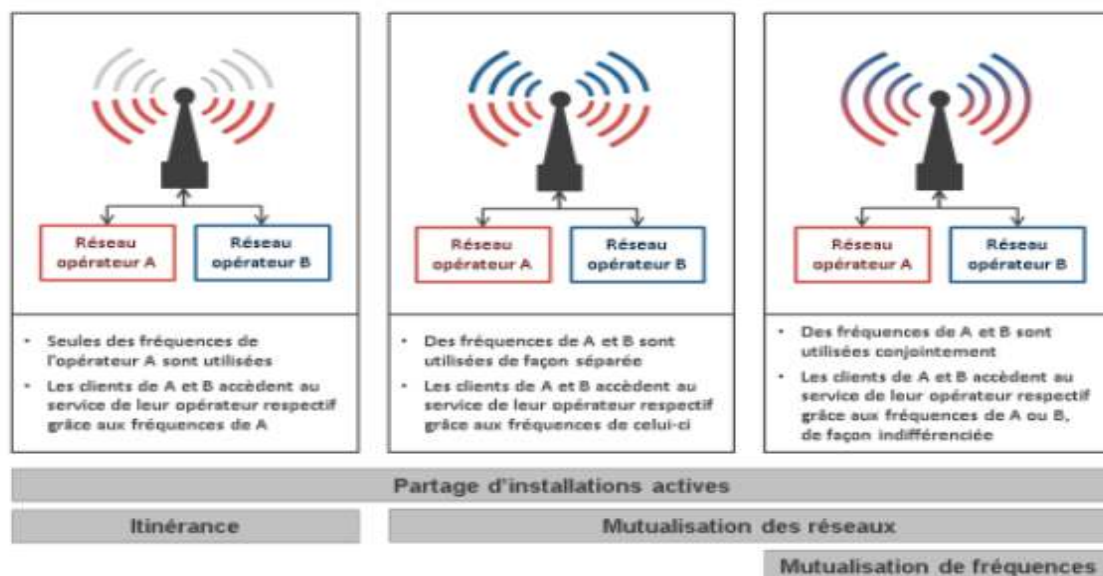


Figure 20 : les différences entre les principales formes de partage d'installations actives [N6]

3.3 Solution réalisé:

Trois étapes été nécessaire pour réussir à mettre en place cette solution en assurant leur fonctionnel et leur fiable :

➤ 1^{ème} étape : Visite technique

La visite technique ou le site Survey est l'une des tâches les plus importantes avant d'initier le travail qui consiste à étudier et examiner le site afin de collecter des informations et prendre contact avec le client.

Ces informations comprennent le rapport de faisabilité et l'estimation du coût et le temps requis pour effectuer une certaine tâche et qui nous permettons de réduire des nombreux risques en éliminons beaucoup d'ennuis et de dangers potentiels à la tâche lors de la phase de planification de la solution

➤ 2^{ème} étape : Solution Macro

C'est la solution adopté pour assurer la couverture outdoor de l'entourage du site (Antenne Macro).

En tenant compte des conditions géographique présence du Lac (phénomène d'over shooting), la solution Macro se résume à l'exploitation de 2 antennes sectorielles (Penta-bandes).

Chaque antenne couvrira une zone pré définie

Zone (1) → Azimuth 275°

Zone (2) → Azimuth 345°

L'installation de ces antennes obéies à des règles d'ingénierie bien spécifiée à savoir :

Azimuth

C'est l'angle d'ouverture par rapport au Nord de l'autre

HBA :

C'est l'hauteur de base d'Antenne, il représente la distance qui sépare le sol au bas de l'antenne.

Tilt mécanique

On peut le définir comme une inclinaison et appliquées, dans le but de :

- Minimiser l'interférence.
- Améliorez la couverture.
- Ajustez les extrémités des cellulaires (afin arranger les zones de Handover).

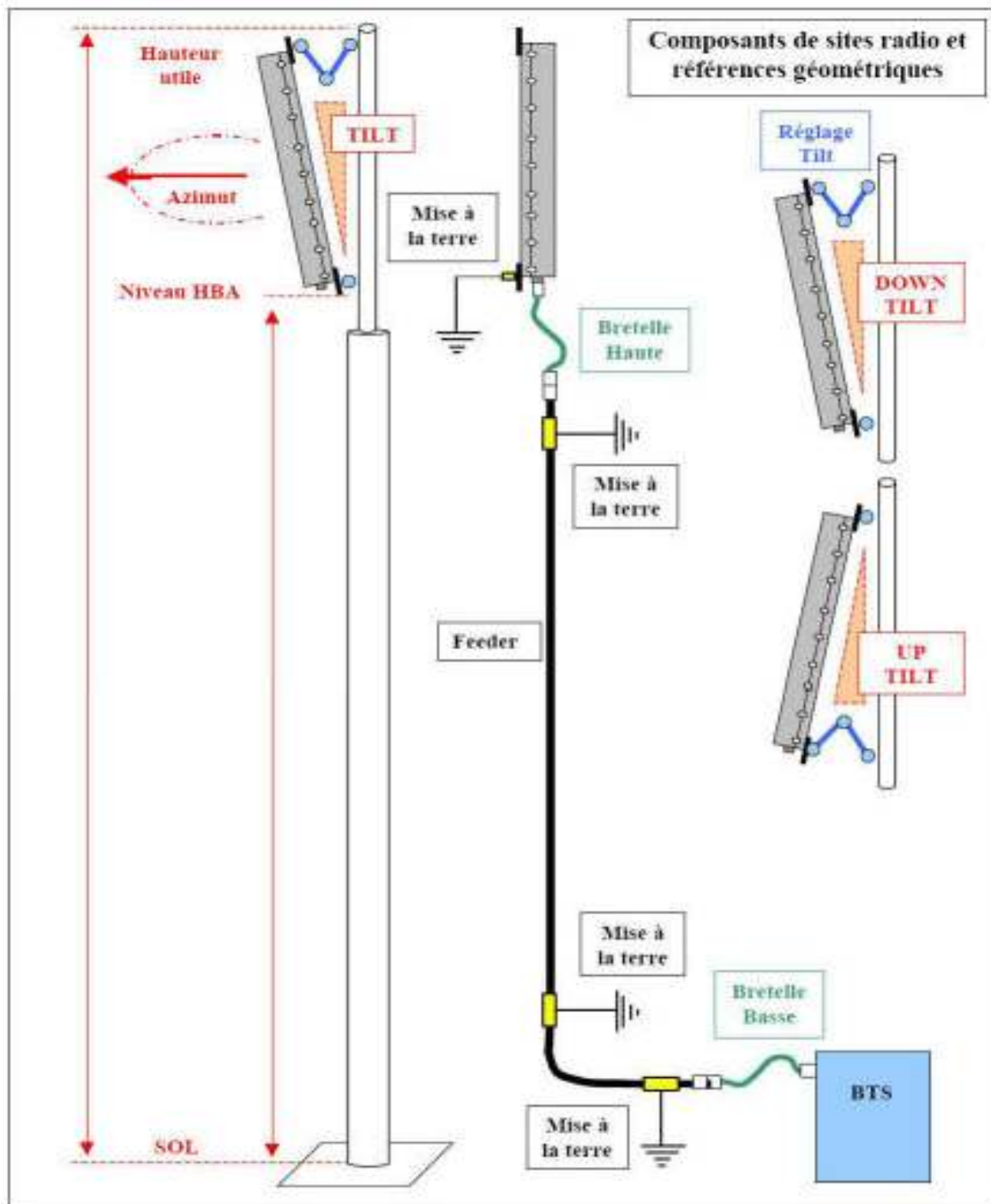


Figure 21 : Schéma d'une antenne GSM [N7]

➤ **3^{ème} étape : Solution Micro**

Fixer les emplacements des antennes à l'intérieur de l'hôtel tout en respectant les règles d'ingénieries et les contraintes de construction du bâtiment :

- ✓ La largeur et la matière de construction des parois
- ✓ Les distances inter antenne : la distance optimale de couverture d'une antenne micro omnidirectionnel est de l'entour de 40 m d'au la besoin d'adopter d'autres antennes en cas ou la zone à couvrir est plus étendu que la zone de couverture de l'antenne.
- ✓ Les emplacements stratégiques : les emplacements susceptibles d'exprimer en besoin majeur en trafic.

3.3.1 La Solution Nokia Flexi Multi-Radios

➤ Caractéristiques Technique de la BTS Flexi Multi-Radio

- Compatible en multi-band ainsi que la technologie LTE, c'est une solution multi-mode qui peut traiter à la fois les technologies GSM-EDGE, UMTS et LTE.
- Le multi-porteuse du module RF et les amplificateurs de puissance multistandards vous permettent de mettre en place des stations de bases avec des dépenses minimales et permettra une grande évolution en terme de capacité.
- Les modules RF Flexi propose de soutenir trois secteurs en même temps avec une gestion simultanée des trois technologies, le tout réside dans un coffre de volume 25 litres qui génère une puissance de sortie de 3x60W, ce niveau de densité d'intégration est unique dans le monde d'industrie.
- Possibilité de construire à l'aide des stations de base Flexi le plus petit site BTS macro existant dans le monde.

➤ Les scénarios d'installation de la BTS Flexi



Figure 22 : Différents scénarios d'installer une BTS Flexi de Nokia

- ❖ Contre le mur.
- ❖ Contre un Mât
- ❖ Top d'un pylône

La BTS Flexi est susceptible d'être installée en Outdoor comme en Indoor :



Figure 23 : BTS Flexi indoor (BTS logé dans un local Technique)



Figure 24 : BTS Flexi outdoor

Il existe deux autres types d'installations : Feeder less et le Non-feeder less

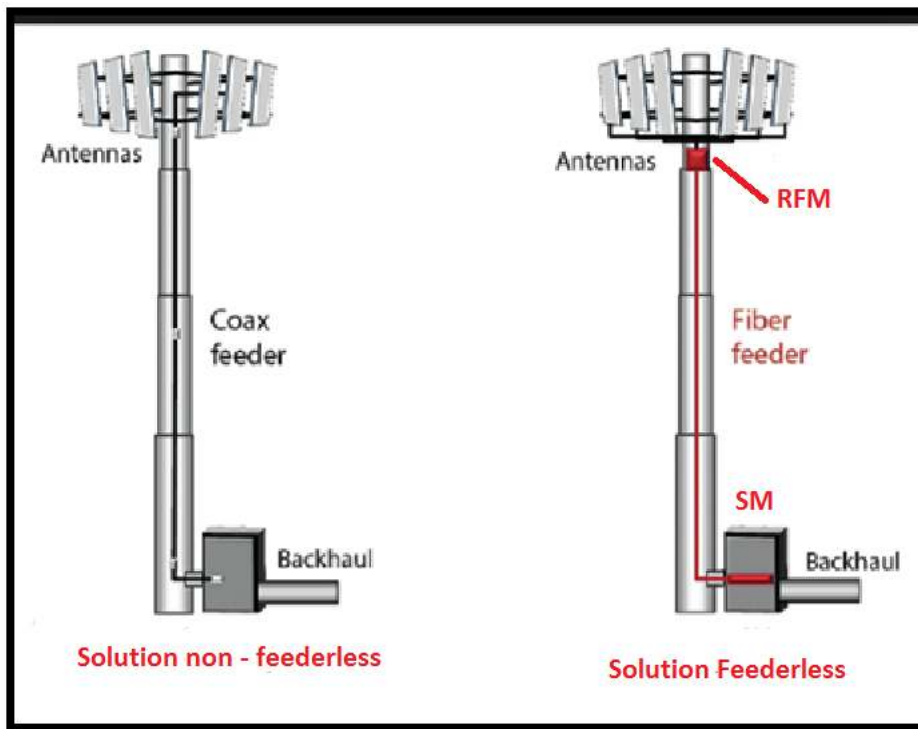


Figure 25 : Solution Feeder less et Non-feeder less

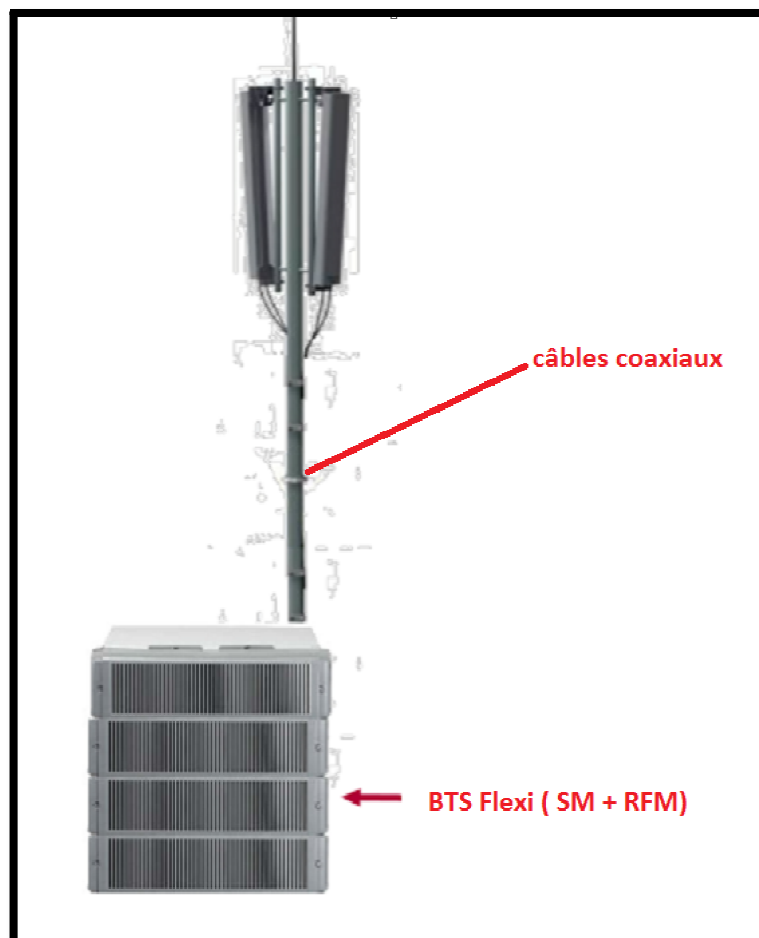


Figure 26 : BTS Flexi non-feederless



Figure 27 : Exemple d'installation d'une Solution Feederless de Nokia (FO entre les SM et les RFMs)



Figure 28 : Exemple de solution distribuée : site éclaté avec solution feederless

➤ Les équipements

❖ Les modules RF

Les différents modules RF sont certifié IP65 et assez résistant pour une installation en outdoor et sans climatisation ou besoin d'un abri. Il existe deux structures ; module RF sans ou avec une tête radio (système module) fixé à coté de l'antenne et donc suppression des pertes d'alimentation.



Figure 29 : Modules RF

Répartition des secteurs (3 secteur en 1 seul Module RF) :

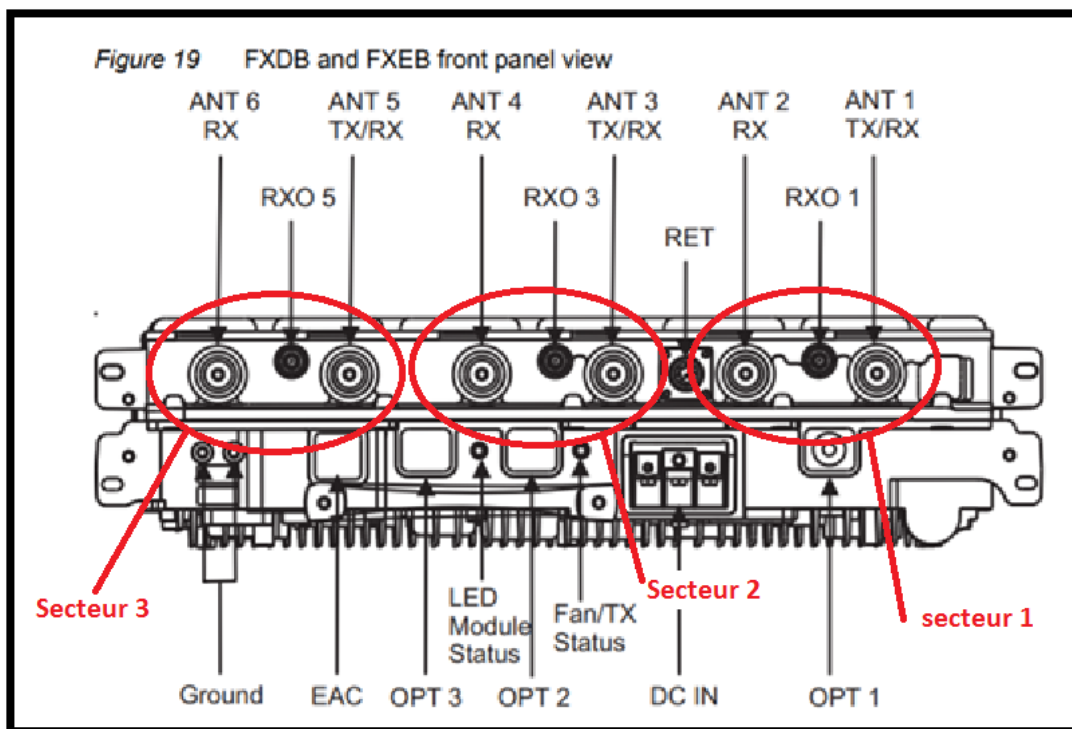


Figure 30 : Module RF (répartition des secteurs)

Les différentes générations des Modules RF : Evolution de 30 watt comme output power à 80 Watt

RF Module variant	RF Module variant names
2x30 W RF Module	FRMA FRMD
2x45 W RF Module	FRIE
3x60 W RF Module	FXCA FXDA FXDJ FXEA FXFA/B FRGP_A FRGP_B FRHA FRIE FRMA FRMD
3x80 W RF Module	FXCB FXDB FXEB FXFC FRGT FRGS

Tableau 5 : Différent génération des modules RF

Maquette du système Module RF bande GSM 900 Mhz FXDB :

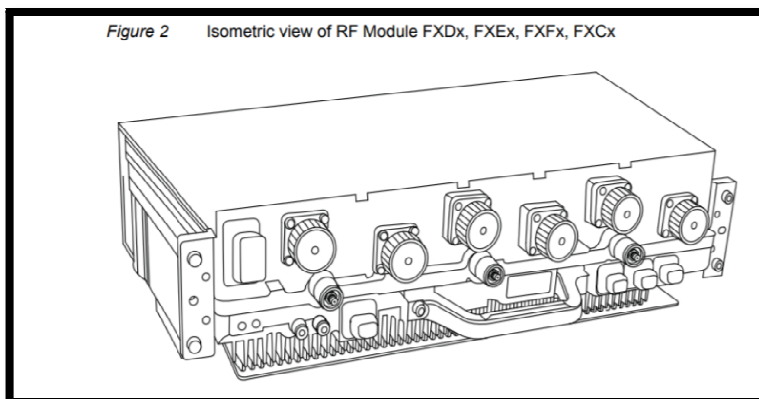


Figure 31 : Module RF de la bande 900

Maquette du Module RF Bande UMTS 2100 Mhz FRGT :

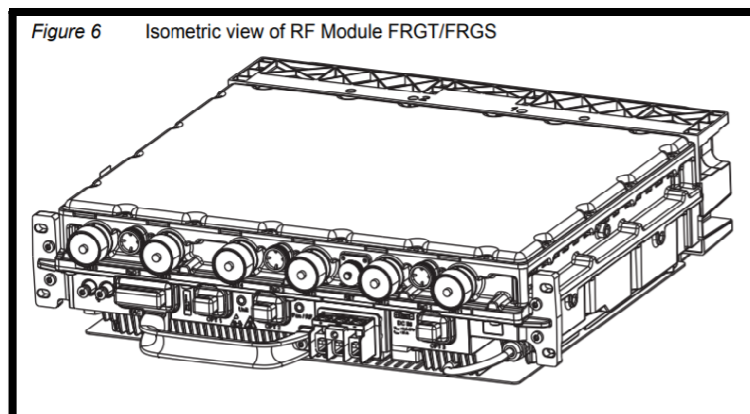


Figure 32 : Module RF de la bande 2100

❖ Flexi Multi-radio System Modules – FSMF :



Figure 33 : Système module

Le system Module FSMF supporte les Technologies suivants :

- ✓ GSM/EDGE
- ✓ WCDMA
- ✓ HSPA, HSPA evolution, and I-HSPA
- ✓ LTE in FDD and TDD

Les tâches du module système sont les suivantes:

- ✓ Contrôle des télécommunications
- ✓ Fonctionnement et maintenance du système
- ✓ Traitement en bande de base
- ✓ Transmission
- ✓ Synchronisation
- ✓ Répartition de l'alimentation via un sous-module optionnel

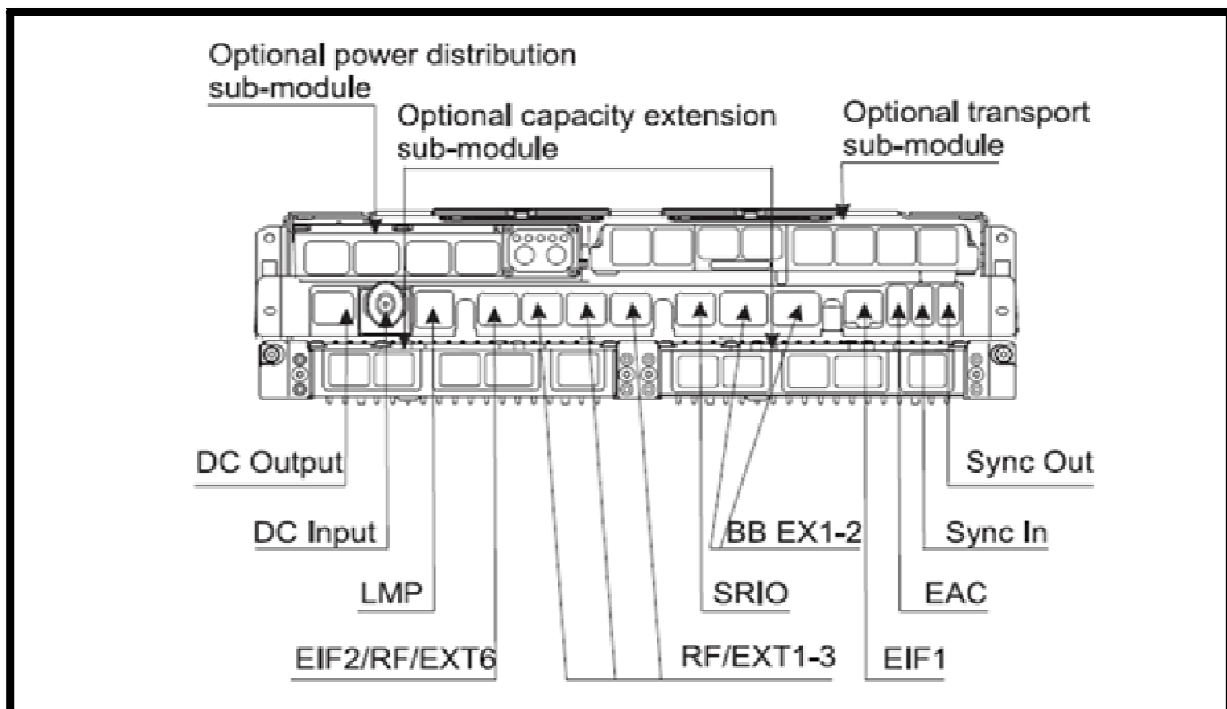


Figure 34 : Vue face avant du Système module

3.3.2 La couverture outdoor :

Dans l'objectif d'améliorer la couverture radio à l'entour de l'hôtel il est primordiale de déployer 2 secteurs (antennes) avec les caractéristiques techniques suivants :

	Azimut	Dimension	HBA	Equipement
Secteur 01	275°	2.7 m	6 m	BTS de marque NOKIA et modèle FLEXI contient des différents type de modules système et radio fréquence
Secteur 02	345°			

Tableau 6 : Caractéristique technique des deux secteurs outdoor



Figure 35 : Les deux azimuth de la solution Outdoor

Ces Azimut sont spécifiés tout en tenant compte de la cellule voisine (TUN 1661) avec un réglage de la puissance d'émission et du tilt pour ne pas créer le chevauchement entre ces cellules adjacent.



Figure 36 : Sectorisation entre notre cellules et sont cellules voisines



Figure 38 : Photo du secteur

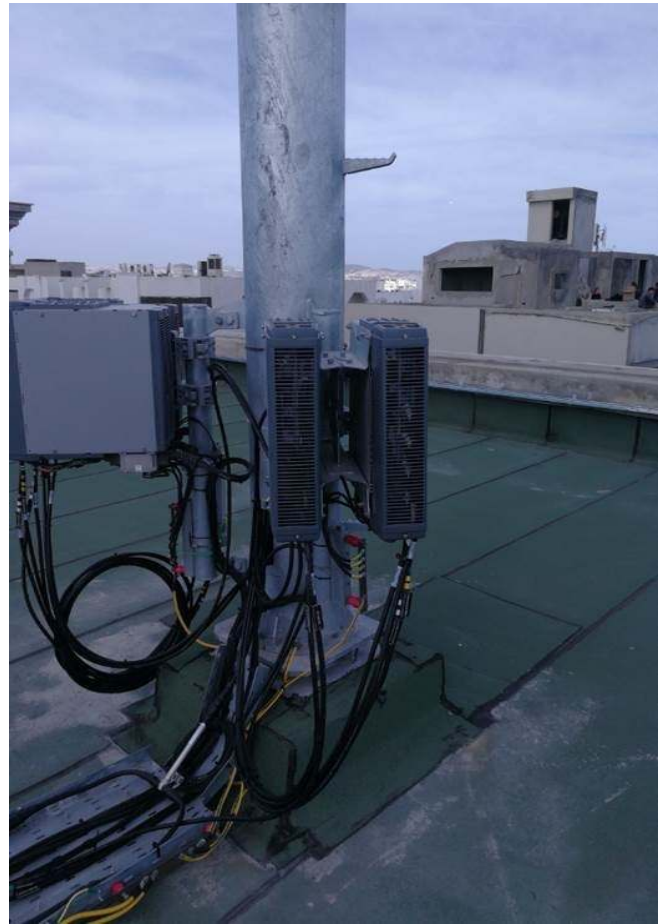


Figure 37 : Photo du module RF



Figure 39 : Antenne multi-band

Répartition des ports :

- (1) Et (2) : DBC-DU pour avoir deux ports 900 et deux ports 800
- (3) Et (4) : pour le 2100
- (5) et (6) : vide
- (7) Et (8) : 1800 2 G
- (9) Et (10) : 1800 LTE

❖ Contrant effet terrasse

La position de fixation des antennes sur le toit a été spécifiée tout en respectant la règle suivant :

→ $D \leq 2 \times HBA$ avec **D** la distance entre l'acrotère et la position de l'antenne

Afin d'éviter la réflexion contre la surface de l'antenne.

❖ Configuration du Macro

	Cell_code	site_name	BAND_4G	BAND_3G	BAND_2G	nbr_trx
Secteur 01 Macro	TUN1661S1	TUN1661	0	0	GSM900	2
	TUN3661S1	TUN1661	0	0	DCS1800	2
	TUN4661F01	TUN1661	0	U900	0	0
	TUN4661F11	TUN1661	0	U2100F1	0	0
	TUN4661F12	TUN1661	0	U2100F1	0	0
	TUNL661F01	TUN1661	800	0	0	0
	TUNL661F11	TUN1661	1800	0	0	0
Secteur 02 Macro	TUN1661S2	TUN1661	0	0	GSM900	2
	TUN3661S2	TUN1661	0	0	DCS1800	2
	TUN4661F02	TUN1661	0	U900	0	0
	TUN4661F21	TUN1661	0	U2100F2	0	0
	TUN4661F22	TUN1661	0	U2100F2	0	0
	TUNL661F02	TUN1661	800	0	0	0
	TUNL661F12	TUN1661	1800	0	0	0
Secteur 03 Micro	TUN3661S3	TUN1661	0	0	DCS1800	2
	TUN4661F31	TUN1661	0	U2100F3	0	0
	TUN4661F32	TUN1661	0	U2100F3	0	0
	TUN4661F33	TUN1661	0	U2100F3	0	0
	TUNL661F13	TUN1661	1800	0	0	0

Tableau 7 : Configuration du site Macro

3.3.3 La couverture indoor :

Concernant la couverture à l'intérieur de l'hôtel elle est maintenue par un secteur forme d'un ensemble de neuf micro antenne composé d'une seule antenne perche et huit autre de type spot.

La synoptique de la solution proposée pour la couverture indoor avant l'intégration du LTE :

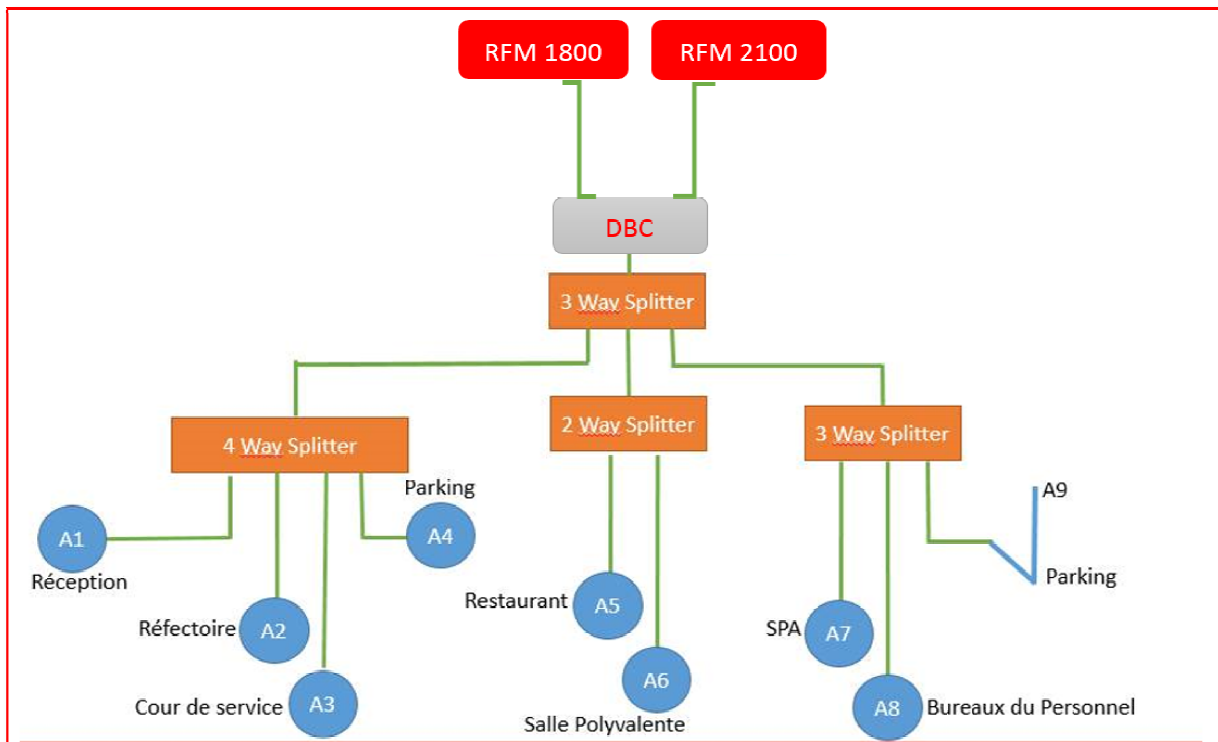


Figure 40 : Schéma synoptique de la solution Indoor 2G/3G

Deux technologies de base qui sont la DCS 1800 coté 2G et la 2100 coté 3G.

La synoptique de la solution proposée pour la couverture indoor après l'intégration du LTE :

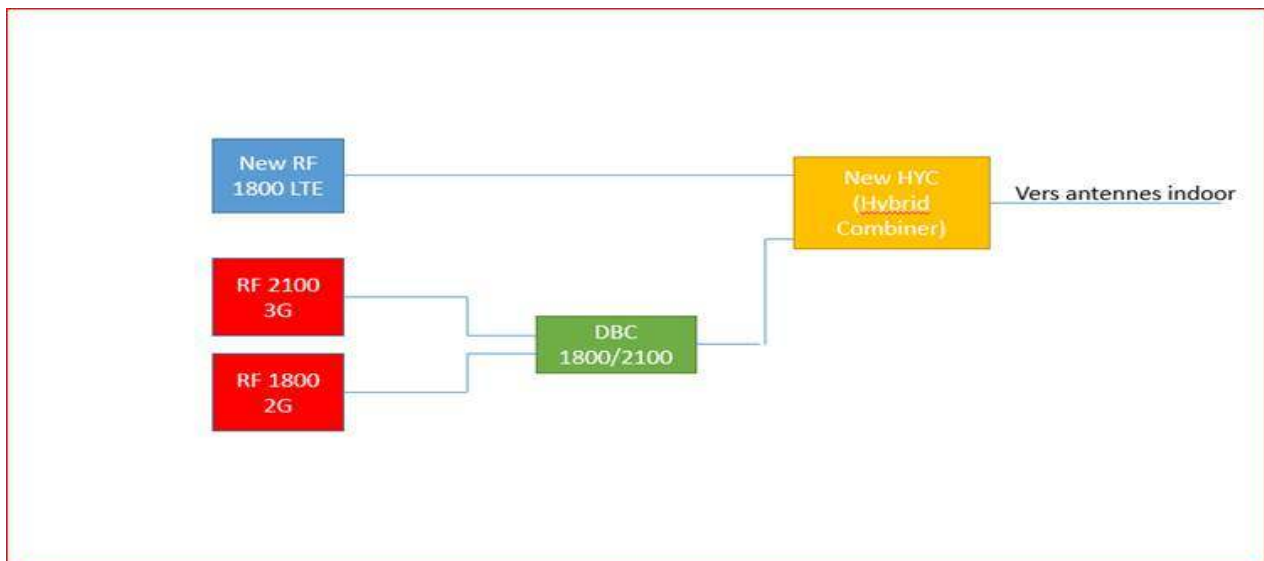


Figure 41 : Schéma synoptique de la solution Indoor 2G/3G et 4G

Lors de l'intégration du LTE pour la solution indoor (le secteur 3 du Site) on s'aperçoit que le SM du LTE ne nous permet pas de désactiver la diversité (le second port du secteur) ce qui engendre une dégradation remarquable coté qualité de service, la solution proposée dans ce genre de situation et d'absorber le trafic issu du port diversité par une charge de 50ohm / 80 w au minimum (80 w représente la puissance Max qui pourra produire le port en question)

Etant donnée l'indisponibilité d'une charge avec les caractéristiques de 50 ohm/80 w on procèdera à intégrer un splitter 2 way pour deviser la puissance et deux charge de 50 ohm/50 w.

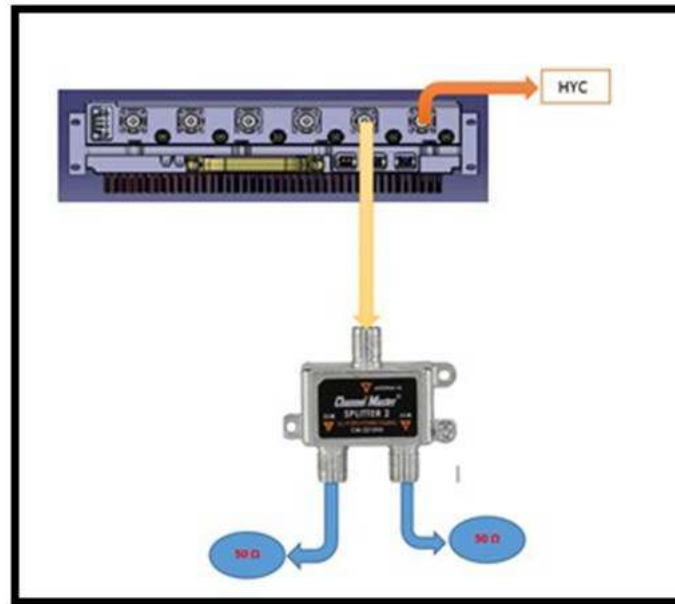


Figure 42 : Schéma de branchement du réseau LTE avec SM

Reportage photo d'installation:

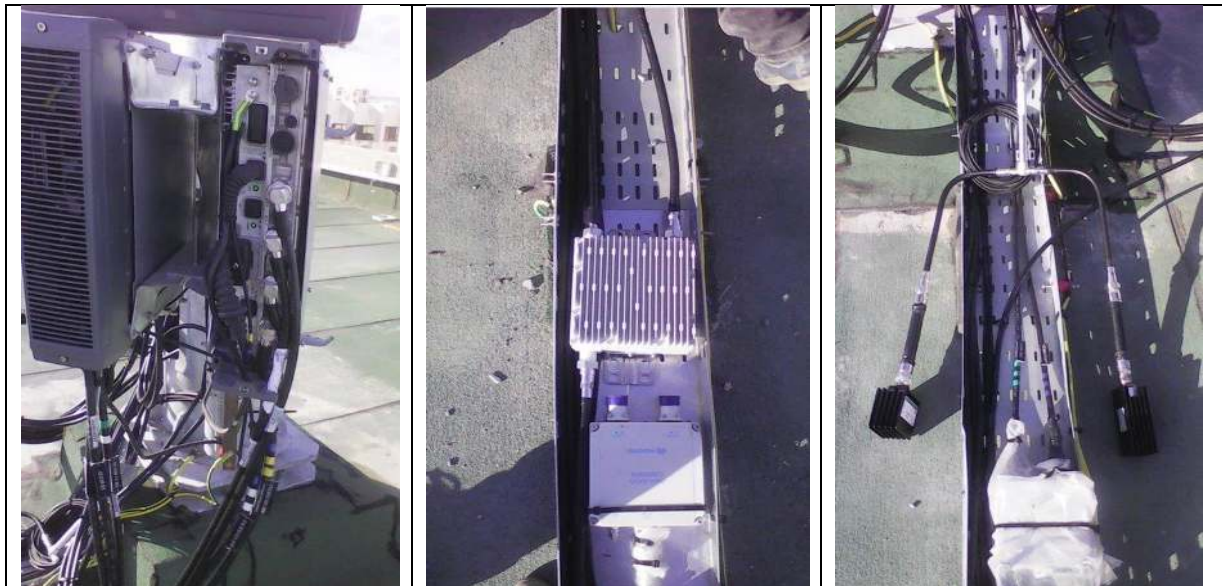


Figure 43 : Photo d'installation du réseau LTE avec le SM

❖ Les équipements

Choix des antennes

Les antennes indoor se distinguent par leur petite taille contrairement à celle des antennes en outdoor. Ses rôles est de rendre meilleur l'efficacité des cellulaires indoor. La sélection d'une antenne varie selon multiple facteurs à savoir :

- Le diagramme de rayonnement : Déterminer tel qu'une représentation graphique d'allure des rayonnements de l'antenne en fonction d'espace et précisons ainsi la direction maximal de rayonnement. Nous antennes sont de types Omnidirectionnelle.
- Le gain : Il est la transformation de la puissance d'alimentation en puissance de rayonnement en tenant compte des pertes lors de cette transformation. L'antenne est un transformateur imparfait, ce gain est mesuré en décibels isotrope (dBi).
- La bande passante d'une antenne : On peut le définit aussi comme la largeur de bande de fréquence ou l'antenne transmet le plus son puissance de rayonnement.

Choix des câbles coaxiaux

La sélection d'un câble varie selon leur puissance : coût, malléabilité, et longueur.

Choix des splitter

On peut le définir comme des diviseurs de puissance se sont des équipements passifs, conçu pour diviser la puissance entrante d'une façon égale en nombre des sorties spécifique au splitter.



Choix des combiner

Le combiner est un équipement de multiplexage qui assure l'assemblage de certains signaux provenant de deux ou plusieurs TRX pour les transfères vers l'antenne dans un seul câble feeder.

Il est la source d'une atténuation du signal compris entre 3 et 5 dB.

Il existe 2 types de combiner :

- Dual-band combiner : Employer dans le but d'agencer certains signaux de bandes passantes distinctes.
- Hybrid combiner : On le utilise pour jumeler deux technologies différents ou supporter deux opérateurs différents sur la même bande.

Hybrid Combiner	Dual Band Combiner
	

Remarque : Les fiches techniques des ces équipements sont dans l'annexe

❖ Déploiement des antennes

Ils sont répartis comme suit :

- 01 Antenne Resto RDC
- 01 Antenne Réception
- 01 Antenne Parking SS 1
- 01 Antenne SPA
- 01 Antenne Administration Sous-sol
- 01 Antenne espace Appro
- 01 Antenne Salle de Conférence
- 01 Antenne Cuisine 1
- 01 Antenne salle de réunion sous-sol



Figure 44 : Antennes de la réception et du restaurant



Figure 45 : Antennes salle de réunion et espace approvisionnement

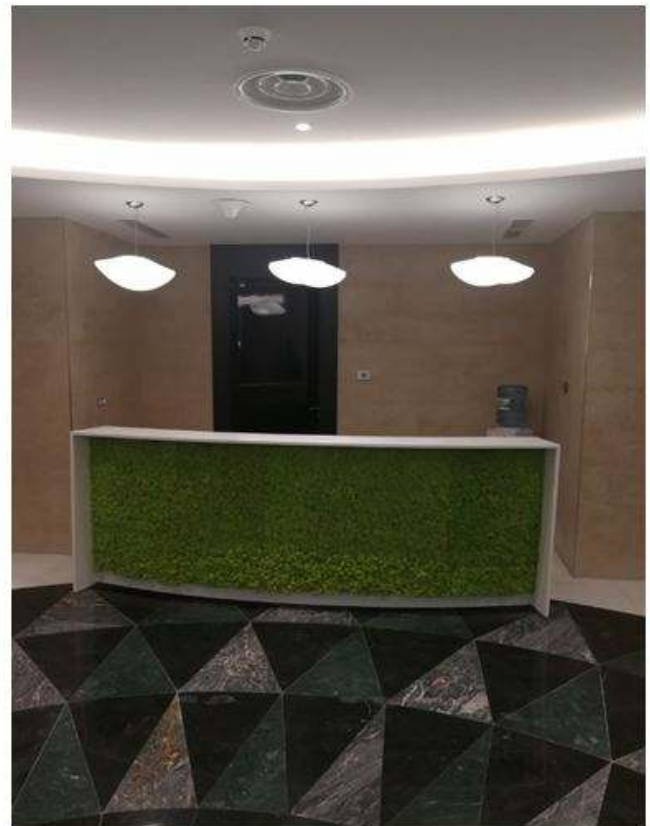


Figure 46 : Antennes parking sous sol 1 et SPA



Figure 47 : Antennes cuisine et administration sous-sol



Figure 48 : Antenne salle de conférence

3.3.4 Schéma de câblage

C'est la solution déployé actuellement avec l'installation des antennes SISO en couverture indoor.

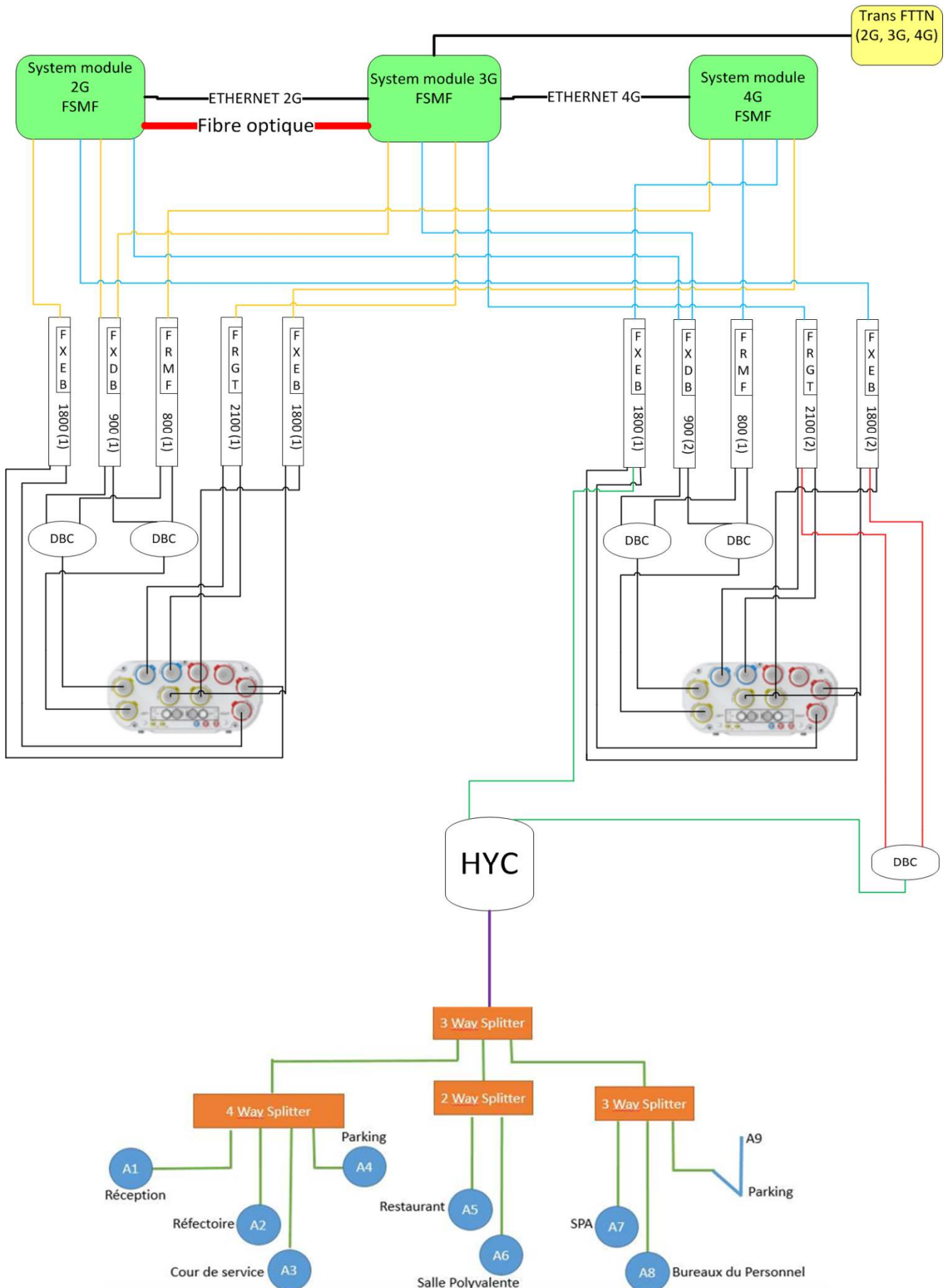


Figure 49 : Schéma de câblage de la solution avec des antennes SISO en couverture indoor

Remarque : Chaque System module peut gérer au maximum quatre RF modules.

La solution cible est l'utilisation des antennes avec la technologie MIMO en couverture indoor, tout le câblage nécessaire ainsi que les équipements de multiplexage ont été installés et en attend la fourniture des antennes MIMO.

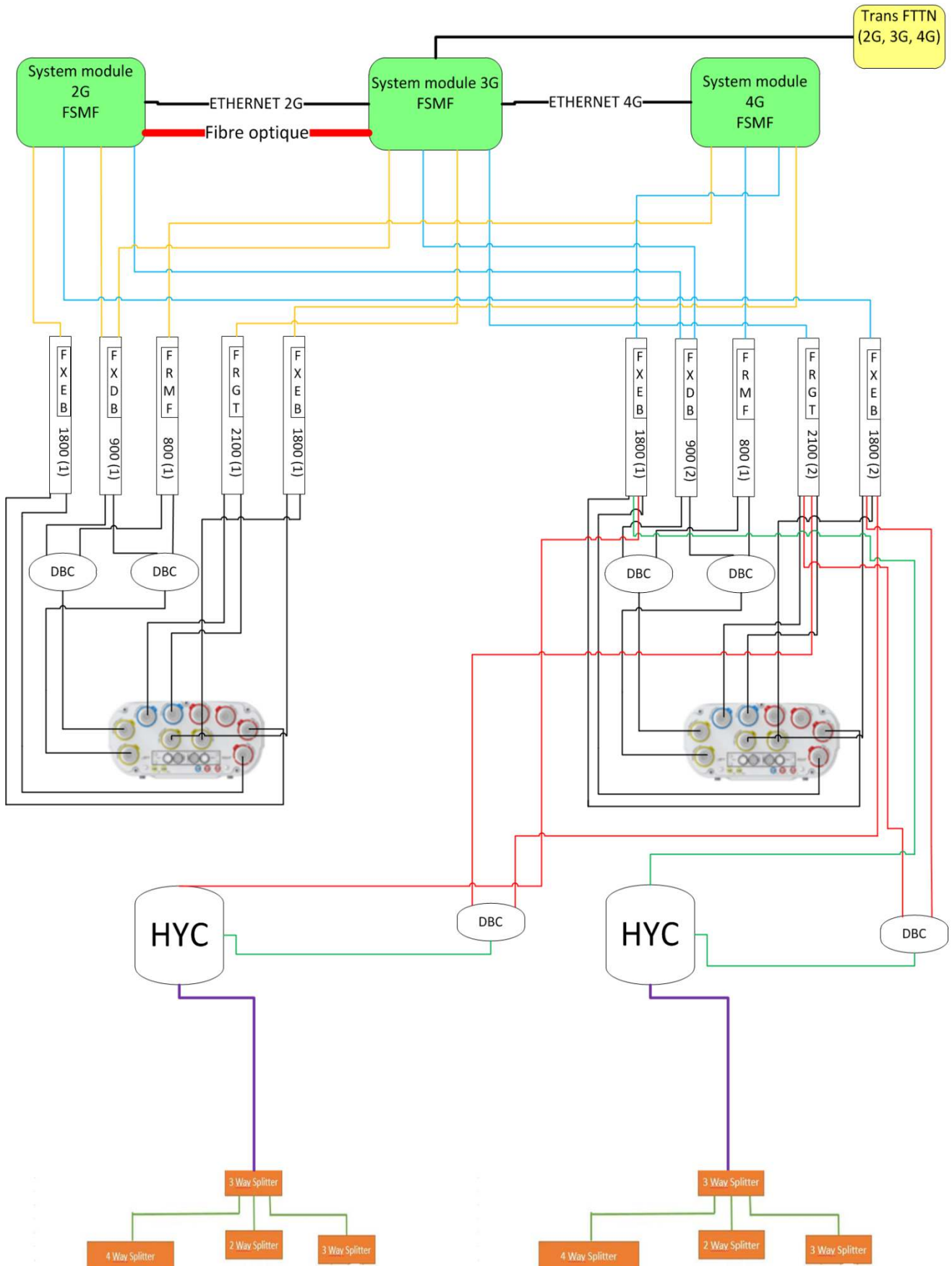


Figure 50 : Schéma de câblage de la solution avec des antennes MIMO en couverture indoor

3.3.5 Partage de la solution avec la société Orange Tunisie

Le partage de la solution globale (les secteurs Macros + solution indoor) consiste au partage de la partie aérienne (les antennes micros, les câbles coaxiaux, les équipements d'interconnexion (splitter) de ce fait la nouvelle solution demeure comme suit:

❖ Partage du secteur indoor (Site Micro)

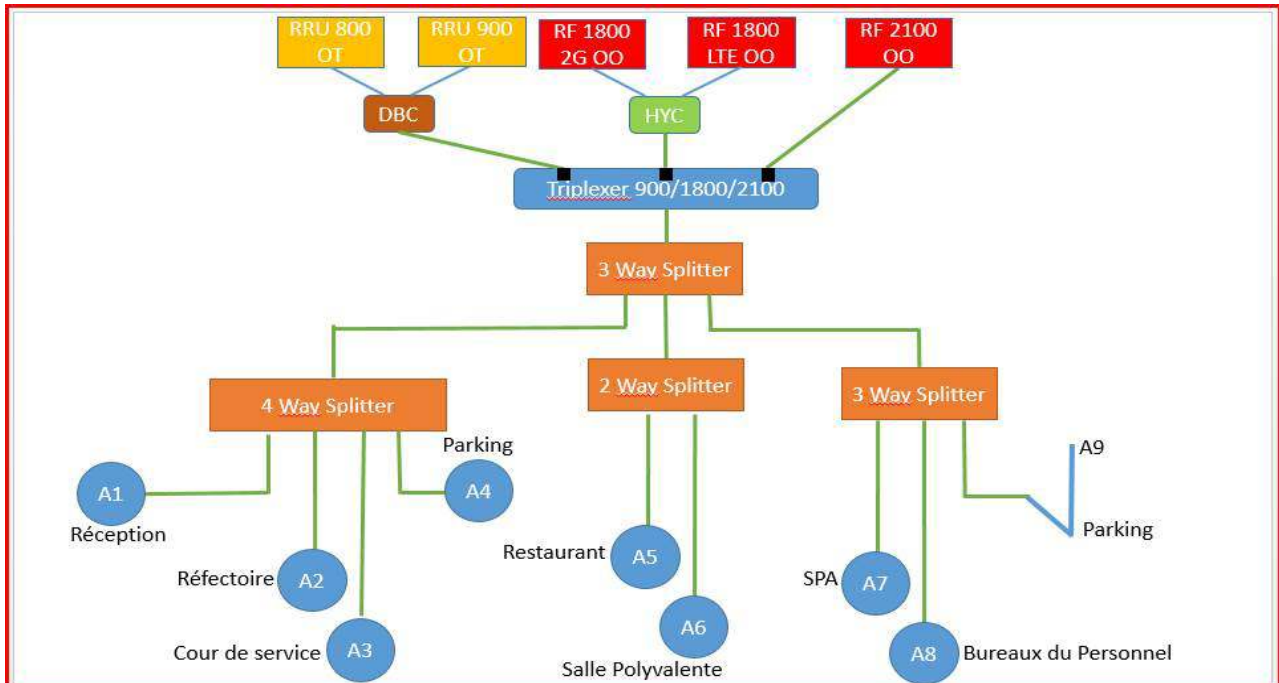


Figure 51 : Schéma synoptique du partage en indoor avec le réseau Orange

❖ Partage des secteurs outdoor (Site Macro)

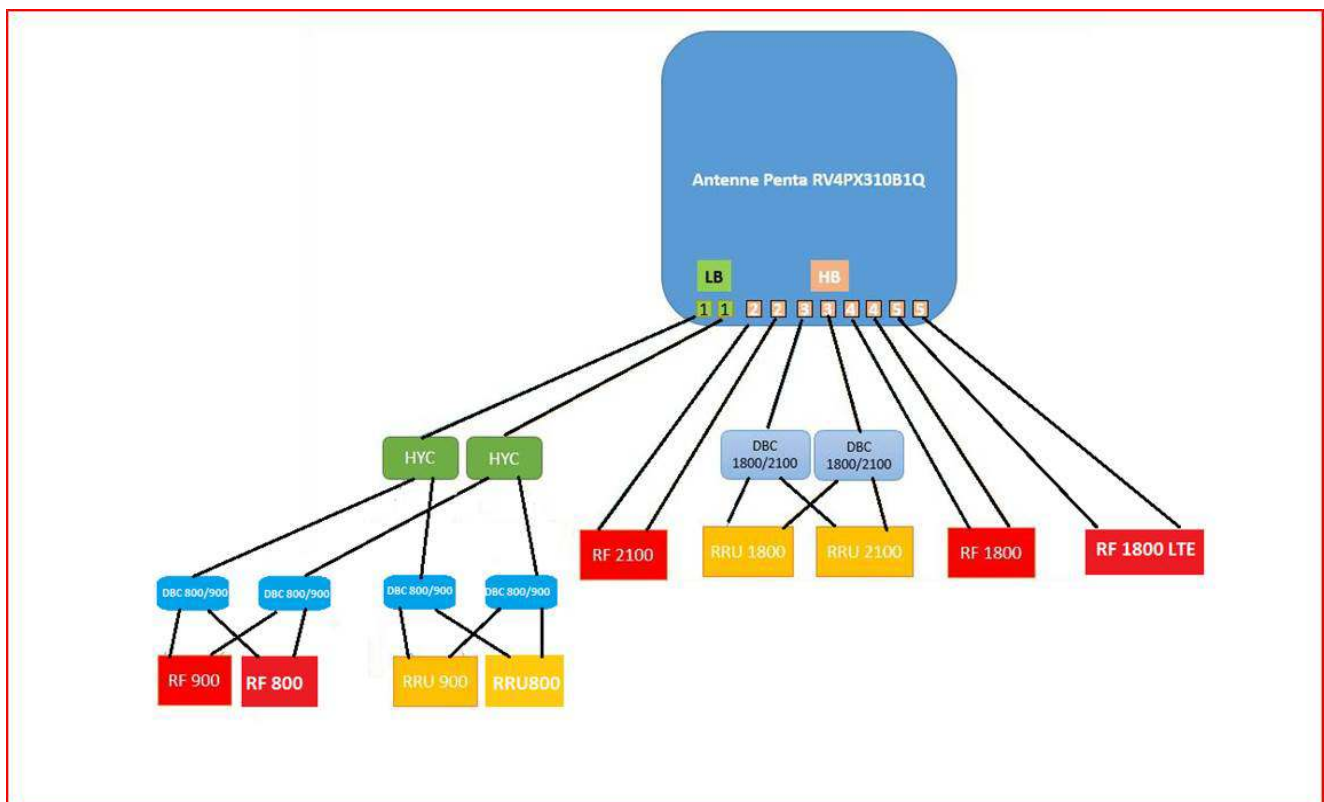


Figure 52 : Schéma synoptique du partage en outdoor avec le réseau Orange

Chapitre 4 : Développement d'outil WEB

4.1 Présentation de besoin

Afin d'accomplir une bonne planification d'une tel solution il primordiale de créer un schéma synoptique permettant d'avoir une idée simple et claire sur la solution et le communiquer dans les rapports de travail.

Dans le service de déploiement Ooredoo la méthode traditionnel employés pour schématique c'est le Microsoft Word qu'est une application essentiellement conçu pour le traitement de texte se qui explique la difficulté de manipulation rencontre ainsi que ne peut pas calculer les pertes.

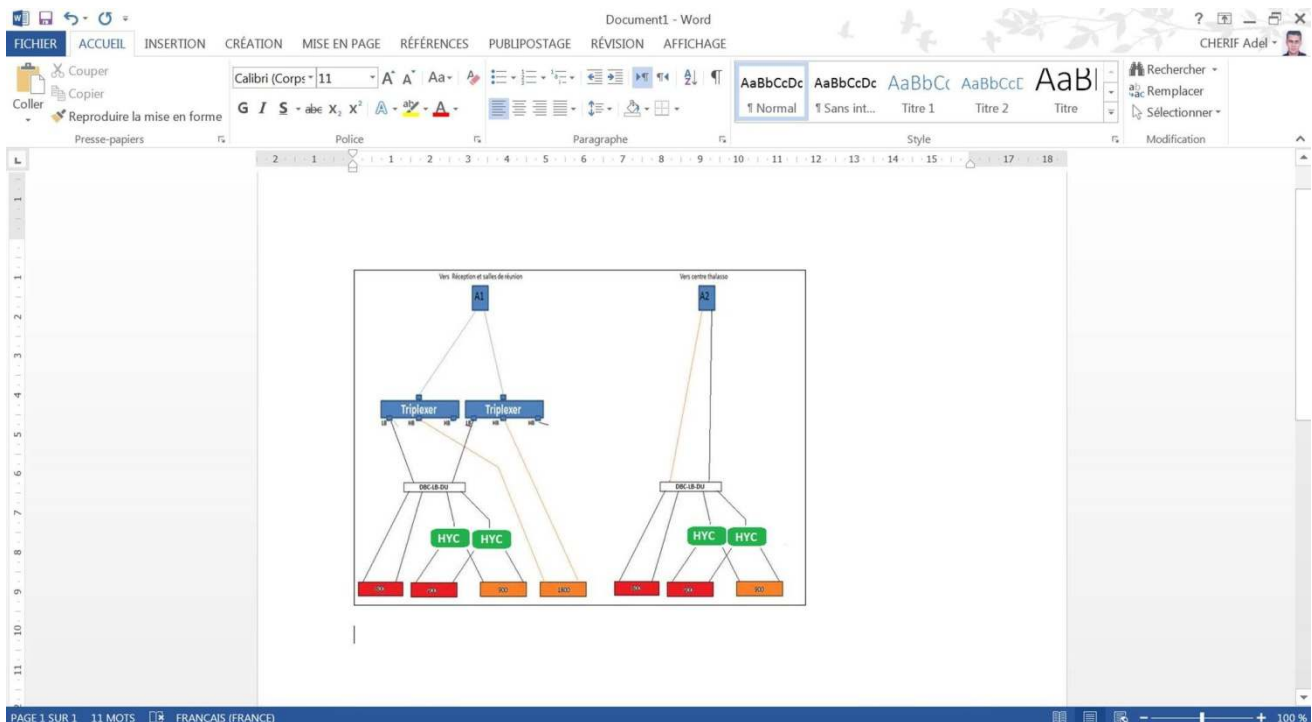


Figure 53 : Schéma synoptique élaboré par Microsoft Word

4.2 La fonction de l'outil

4.2.1 Les fonctionnalités principales

Cette application doit accomplir les tâches suivantes:

- **Créer un schéma synoptique :** Fournir à l'utilisateur une interface de simulation simple pour ajouter les différents composants (Module RF, splitter, DBC et HYC) et les relie afin d'accomplir son schéma souhaite.
- **Calculer de la puissance:** L'usager doit avoir la possibilité de configurer chaque nœud dans son schéma afin de calculer la perte d'insertion et déterminer la puissance réceptionné à chaque nœud.

4.2.2 Les fonctionnels indirecte

C'est les besoins qui doivent caractériser l'application comme l'ergonomie, la sécurité et la performance afin de satisfaire l'utilisateur.

On trouve aussi d'autre besoin considérables :

- L'architecture : Il est très important que les interfaces du programme web soient bien ordonnées en termes des styles, sélection des couleurs et graphique.
- La convivialité : Dotée d'une simplicité de manipulation, pas besoin des connaissances assez avancés.
- La compatibilité : Avec les différents systèmes d'exploitation et navigateur Web

4.3 Le différents types de pertes

Le challenge des opérateurs de radio mobile demeure à soulager le trafic et garantir une bonne couverture en environnement indoor surtout dans les zones de haute densité de trafic comme les musées, les foires et les centres commerciaux.

L'organisation d'une solution semblable est une mission très complexe car il faut prendre en compte les atténuations des signaux provoqué par les bâtiments ainsi que les matériaux qui les forme d'un par et d'autre part, il sera nécessaire de tailler et contrôler une capacité essentielle tout en tenant d'atteindre un accord entre capacité, interférence et couverture.

En effet, en environnement indoor le signal subit des atténuations complémentaires qui peuvent atteindre 30 dB. Ces atténuations dépend d'une multitude de attributs c'est à dire les informations architecturales des bâtiments, les genres des éléments de constructions utilisés, la dimension des fenêtres, le genre des bâtiments eux-mêmes : est ce qu'il est question d'espaces vastes (salles d'aéroports, université...), un open sace, à quelle niveau: sous-sols, niveaux supérieurs, ou halls.

Le tableau suivant dévoile les autres déficits apportés par les éléments de construction.

Matières	Perte en (dB)
Béton fissuré	6.5
Béton d'épaisseur de 30 cm	9.5
Mur constitue de béton d'épaisseur 25 cm sans vitres	13
Mur de béton mince avec une large vitre	11
Mur de béton d'épaisseur de 10 cm	6
Mur double de béton (2*20 cm)	17
Mur avec épaisseur épais moins de 14 cm	2.5
Vitre	2
Vitre renforcée	8
Bois	1.5
Plaque en plâtre	1.5
Brique	2.5
Dalle	23

Tableau 8 : Pertes apportées par les différents matériaux de construction

4.4 Les langages de développement

Php

Hypertext Preprocessor, plus populaire sous son emblème PHP, est un code informatique disponible, essentiellement employé pour créer des pages Web dynamiques au travers d'un serveur HTTP, mais il peut être classé de même qu'un langage traduit de manière locale. Il est un langage orienté objet.

MySQL

MySQL dévoile un système de gestion de bases d'informations. On peut le ranger au centre des programmes de gestion de système d'informations les plus exploités sur l'ensemble du globe, il est en rivalité directe avec Microsoft SQL Server Informix, et Oracle.

Javascript

C'est un langage de programmation employé essentiellement par les navigateurs web. Il a la même syntaxe que Java déjà inspirée du langage C. Il fut inventé par Netscape sous l'appellation LiveScript. Il est devenu un standard qui porte le nom de ECMA 262 ou encore ECMAScript.

➤ **Librairies du Javascript**

❖ **jquery**

C'est une bibliothèque JavaScript produite pour simplifier la rédaction de scripts dans la partie du client dans le langage HTML.

❖ **Bootstrap**

Bootstrap est une collection d'outils pratique à l'élaboration du genre (interactions, graphisme, et animation dans la page du navigateur web) de sites et programme web. Il renferme en même temps des outils de navigation, des formulaires, boutons, codes CSS et HTML, et autres composants interactifs, et des extensions JavaScript optionnel.

❖ **mxgraph**

mxGraph est une bibliothèque open source destiné pour le javascript qui assure la conception des graphes interactives.

HTML

L'HyperText Markup Language, fréquemment résumé HTML, est considéré comme un langage de programmation de balisage imaginé pour constituer les pages internet. C'est un langage permettant de rédiger de l'hypertexte, d'où sa dénomination. HTML permet aussi d'organiser sémantiquement et selon toute logique et d'introduire des contenu multimédias dont des photographies, la mise en forme du contenu des pages, des programmes informatiques, et des formulaires de saisie.

CSS

Le Cascading Style Sheets souvent nommées CSS ou les feuilles de style en cascade, constitue un langage de programmation qui évoque l'introduction des dossiers XML et HTML. Le standards CSS est divulgué par le World Wide Web Consortium (W3C). Inséré parmi les années 1990, CSS est fréquemment employé.

4.5 Conception de l'application

4.5.1 Le diagramme des cas d'utilisation

Dans cette rubrique, on va définir les caractéristiques du système au sein d'un diagramme appelé le diagramme de cas d'utilisation. La figure ci-contre dévoile ce diagramme, qui nous permet d'avoir une vue généralisée de l'attitude en état de marche du programme. Ce diagramme préparatif présente les personnages impliqués dans notre logiciel web et les différents cas d'utilisations pour tous les acteurs.

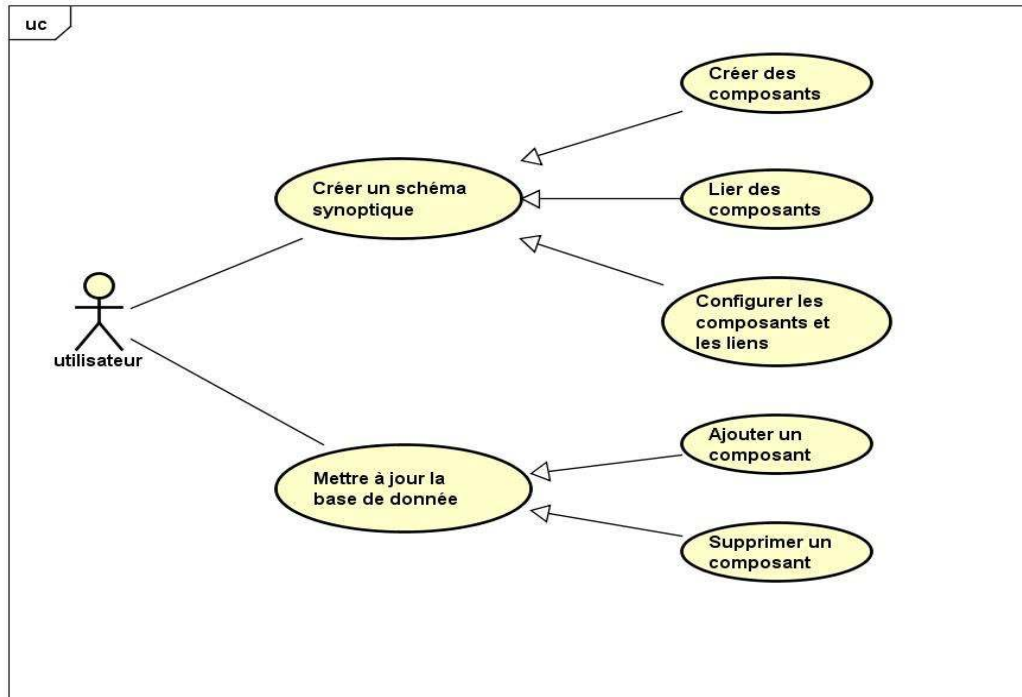
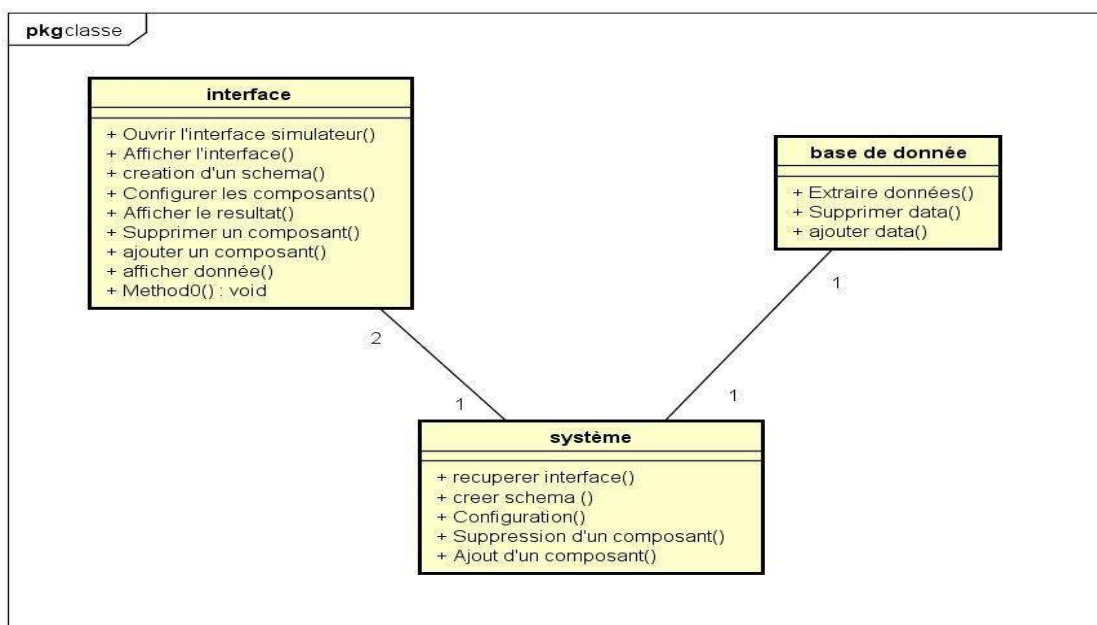


Figure 54 : Schéma du diagramme de cas utilisation

4.5.2 Le diagramme des composants



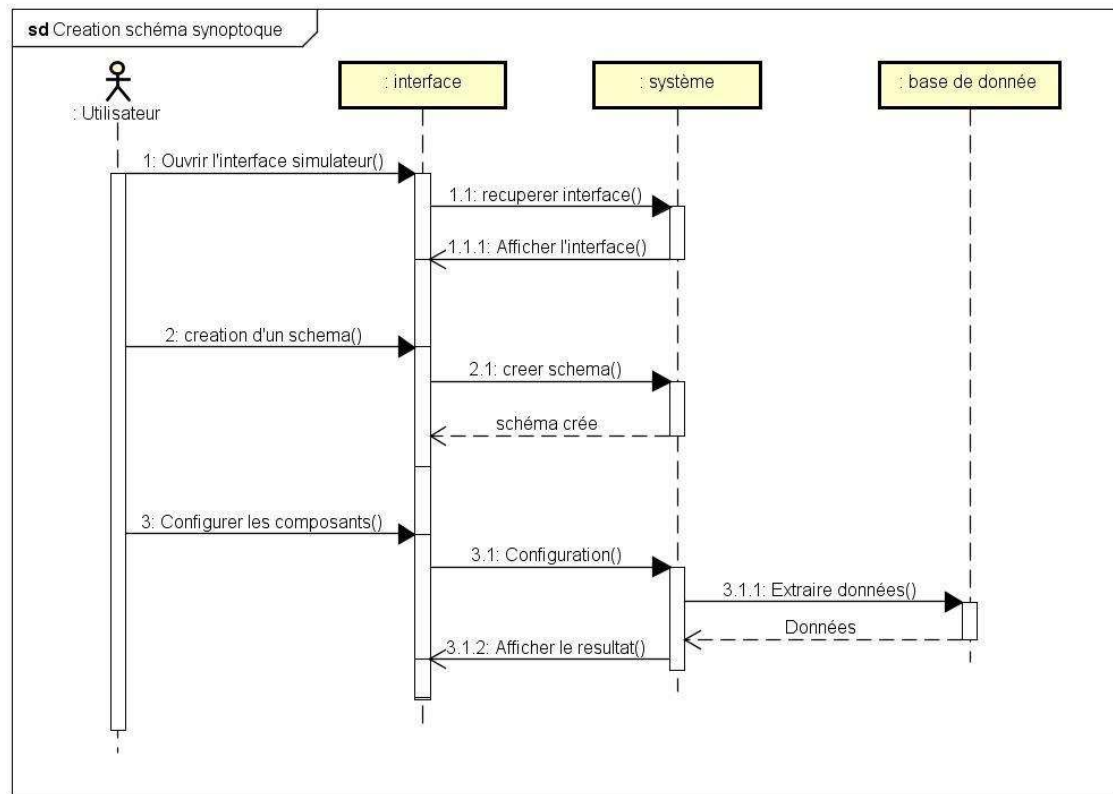
powered by Astah

Figure 55 : Schéma du diagramme de classe

Ce type de diagramme identifie l'organisation des éléments d'un système, voir même les procédés de différent composant et les multiple rapports entre les éléments.

4.5.3 Les diagrammes de séquence

Dans l'interface simulateur l'utilisateur peut insérer des éléments au schéma et les relie ensemble ensuite il peut les paramétrer tout en accédant aux données existant dans la base.

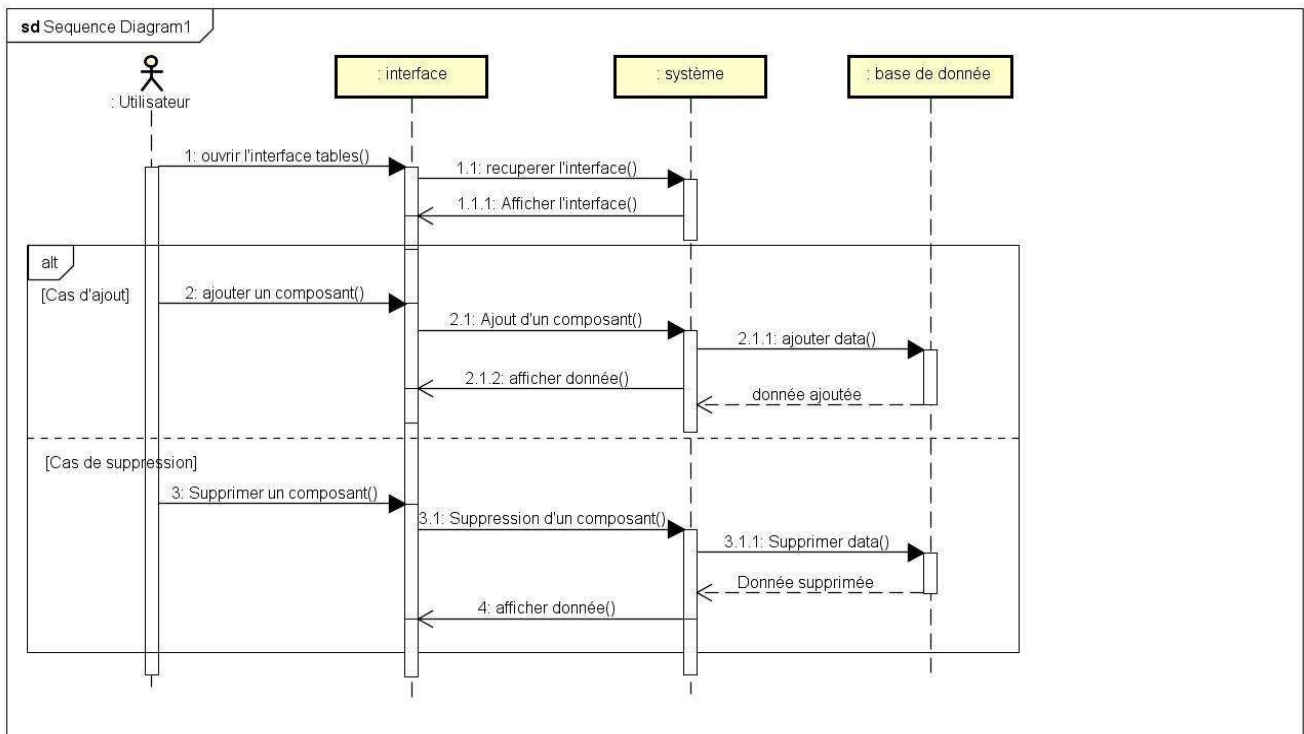


powered by Astah

Figure 56 : Schéma du diagramme de séquence relatif au cas d'utilisation « Création schéma synoptique »

L'interface tables offre la possibilité à l'utilisateur d'ajouter ou supprimer des composants dans la base de données :

- Pour joindre un élément il doit faire un clic sur la touche "Ajouter un composant" et renseigner le document renfermant les particularités du composant.
- Pour supprimer un élément il doit faire un clic sur la touche "Supprimer un composant" et entrer l'ID du composant à retirer.



powered by Astah

Figure 57 : Schéma du diagramme de séquence relatif au cas d'utilisation « Création schéma synoptique avec l'ajouter ou suppression des composants »

4.6 L'environnement de fonctionnement

Un programme informatique requiert un environnement matériel et logiciel minimal pour garantir son bon fonctionnement et traiter les tâches souhaitées :

4.6.1 Environnement matériel

Un simple serveur de nos jours est largement suffisant pour faire tourner cette application ou même une poste de travail.

4.6.2 Environnement logiciel

Wamp server

WAMP est un logiciel libre qui réunit les principaux programmes pour installer un serveur professionnel ou même personnel sur un simple ordinateur afin d'héberger une application ou site web.

Il englobe principalement les programmes suivants :

- ✓ Serveur web Apache
- ✓ Serveur base de données MySQL
- ✓ PHP pour la gestion des contenus dynamiques et des scripts
- ✓ PhpMyAdmin : logiciel de type web de gestion des bases de données MySQL

4.7 L'application Web

La figure ci-dessous montre l'interface d'accueil lors de l'ouverture de l'application, il contient le champs de simulation et les boutons qui permet d'ajouter des équipements tel que le Module RF, combiner, spillter et antennes.

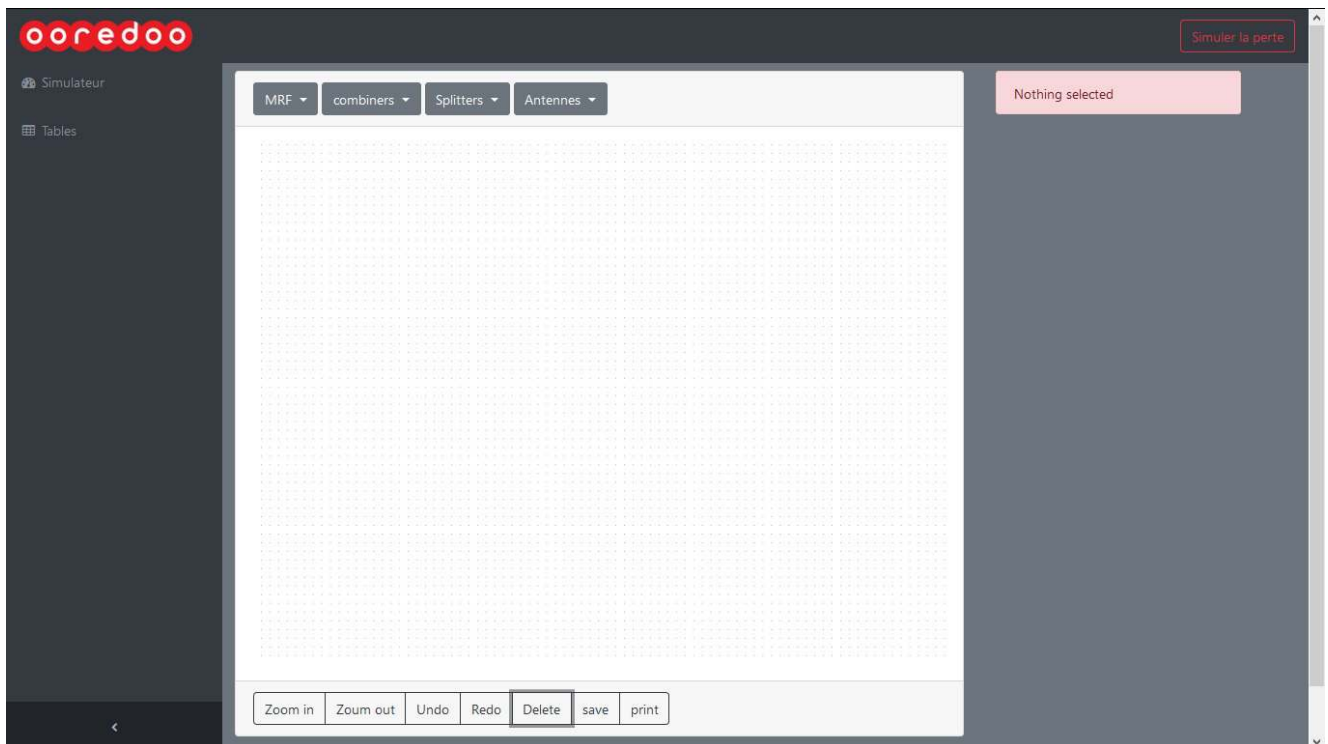


Figure 58 : Page d'accueil

Pour créer un schéma synoptique souhaite il suffit de sélectionner les composants nécessaire ensuite le relier entre eux.

La figure ci-dessous est un exemple de notre solution indoor :

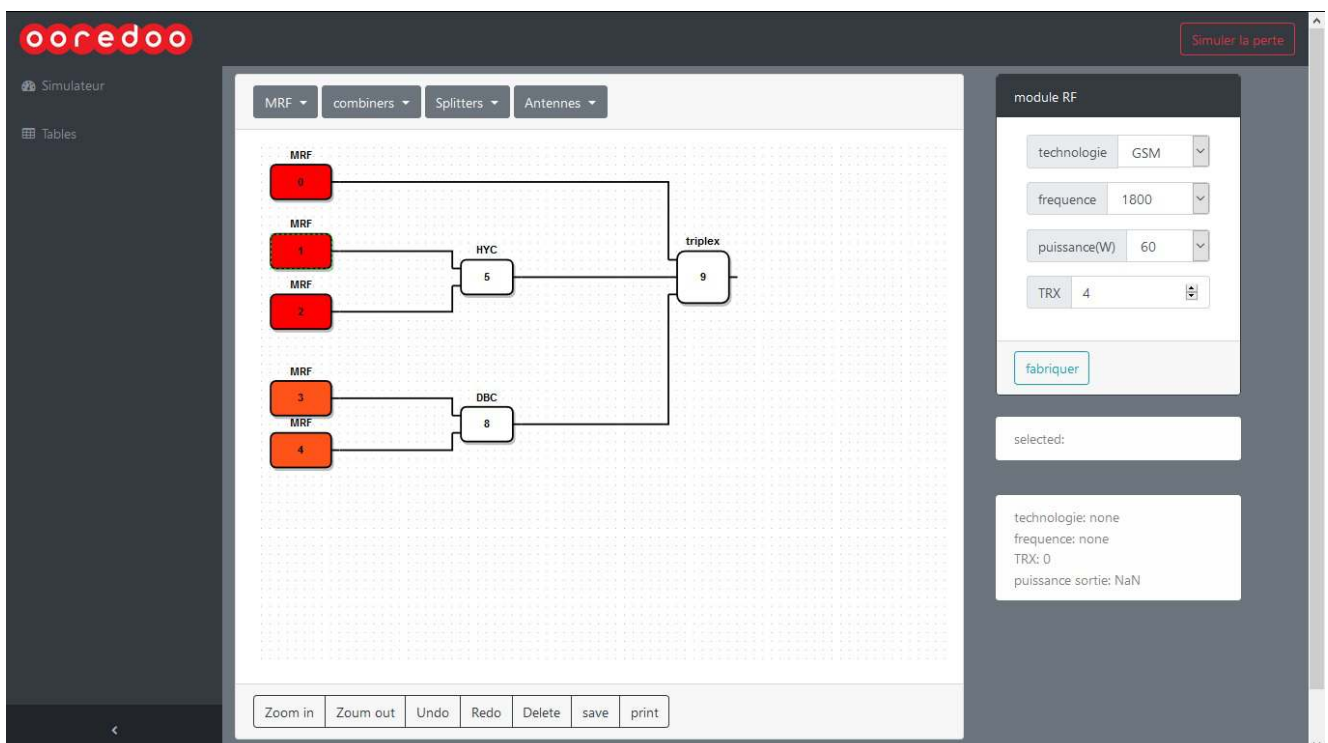


Figure 59 : Schéma synoptique de la solution indoor

Afin que l'utilisateur puisse configurer son Module RF il suffit de sélectionner le module désire et un panel de configuration va apparaitre à coté (voir figure de coté) pour choisir les paramètres en tout simplicité et confirmer par un clic sur le bouton «**fabriquer**».

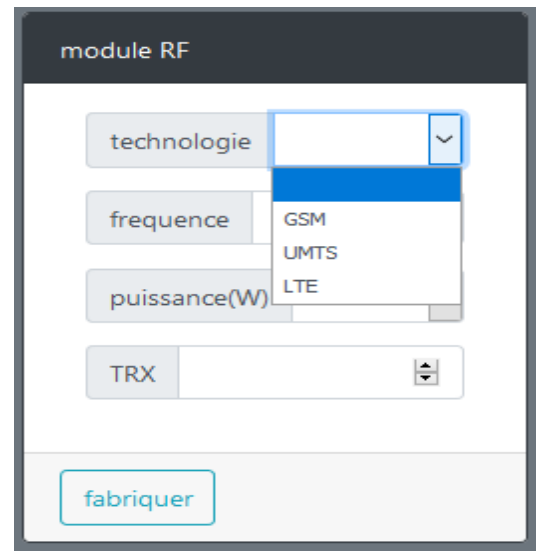


Figure 60 : Configuration du module FR

Même méthode pour configurer les splitters, DBC et HYC sauf que le panel de paramétrage vous offre la possibilité de choisir parmi les équipements existant déjà dans la base de données.



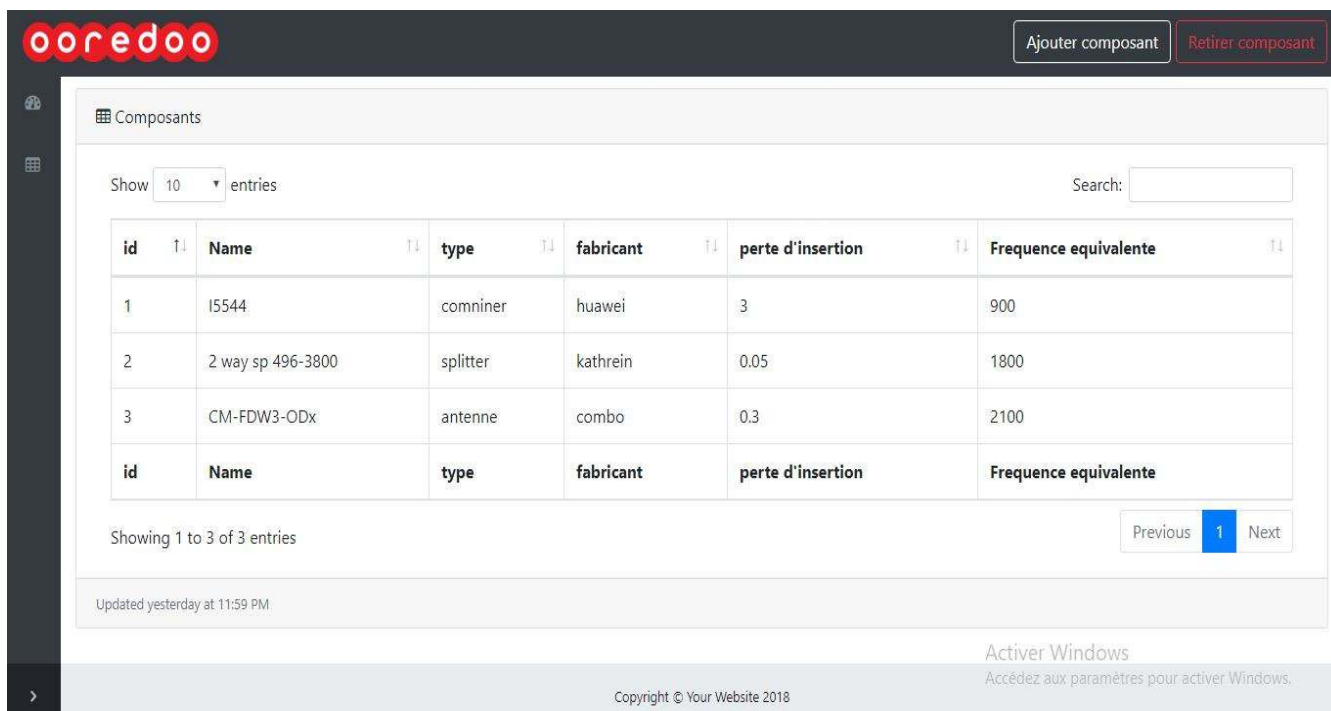
Figure 61 : Configuration HYC, DBC et splitter

Pour le câble l'utilisateur peut choisir son référence déjà existant dans la base, indiquer son métrage et les types des connecteurs.



Figure 62 : Configuration du câble

Dans la deuxième interface on peut visualiser tout les données déjà stockées dans la base de données sous forme dans tableau comme la montre le figure ci-dessous.



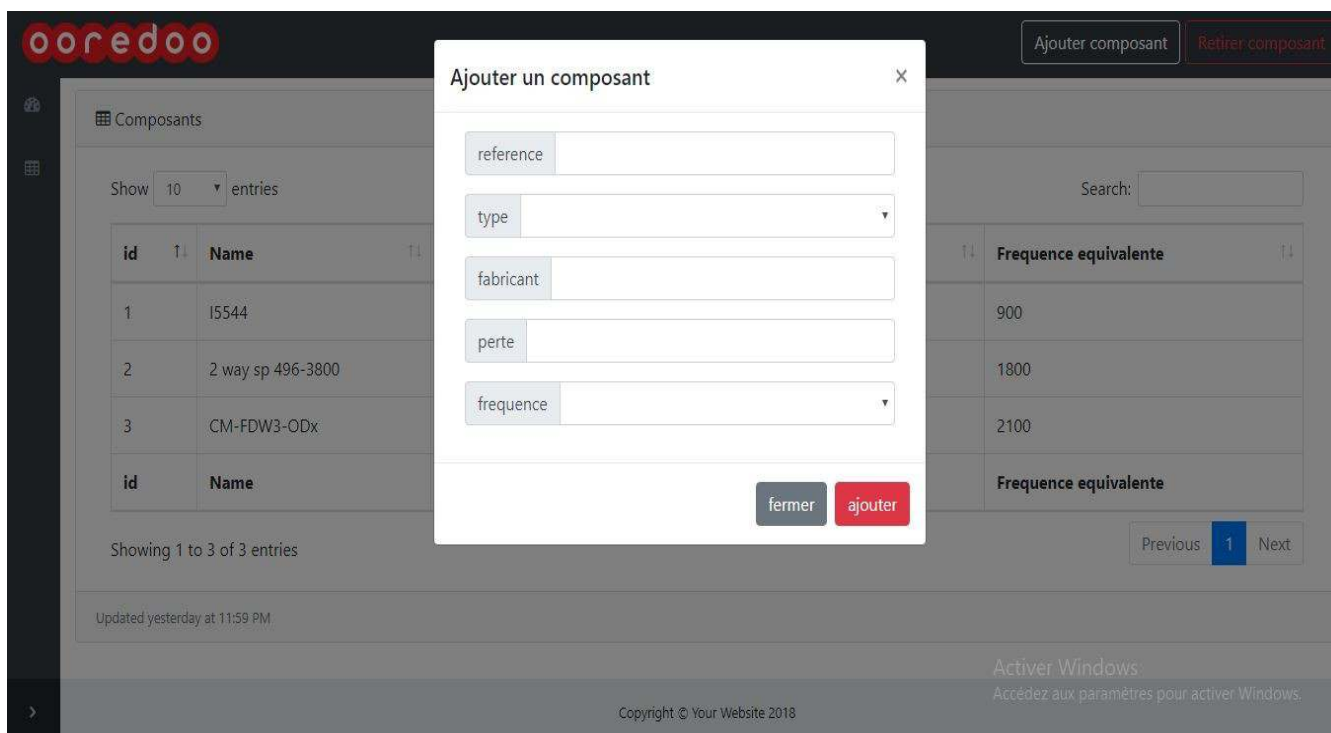
The screenshot shows a web interface for 'Composants' (Components). At the top right, there are buttons for 'Ajouter composant' and 'Retirer composant'. Below the header, there is a search bar and a 'Show 10 entries' dropdown. The main content is a table with the following data:

id	Name	type	fabricant	perte d'insertion	Frequence equivalente
1	I5544	combiner	huawei	3	900
2	2 way sp 496-3800	splitter	kathrein	0.05	1800
3	CM-FDW3-ODx	antenne	combo	0.3	2100

Below the table, it says 'Showing 1 to 3 of 3 entries' and has 'Previous', '1', and 'Next' navigation buttons. At the bottom, it says 'Updated yesterday at 11:59 PM' and 'Copyright © Your Website 2018'.

Figure 63 : Table des données

Il offre aussi la possibilité d'ajouter un composant en cliquant sur le bouton "**Ajouter composant**", une fenêtre va apparaître pour introduire les différents informations.



The screenshot shows the same 'Composants' interface as Figure 63, but with a modal window titled 'Ajouter un composant' open. The modal contains the following fields:

- reference:
- type:
- fabricant:
- perte:
- frequence:

At the bottom of the modal, there are two buttons: 'fermer' (grey) and 'ajouter' (red). The background interface is dimmed.

Figure 64 : Ajouter un composant

Pour supprimer un composant de la base il suffit de cliquer sur "**Retirer composant**" et introduire son identifiant.

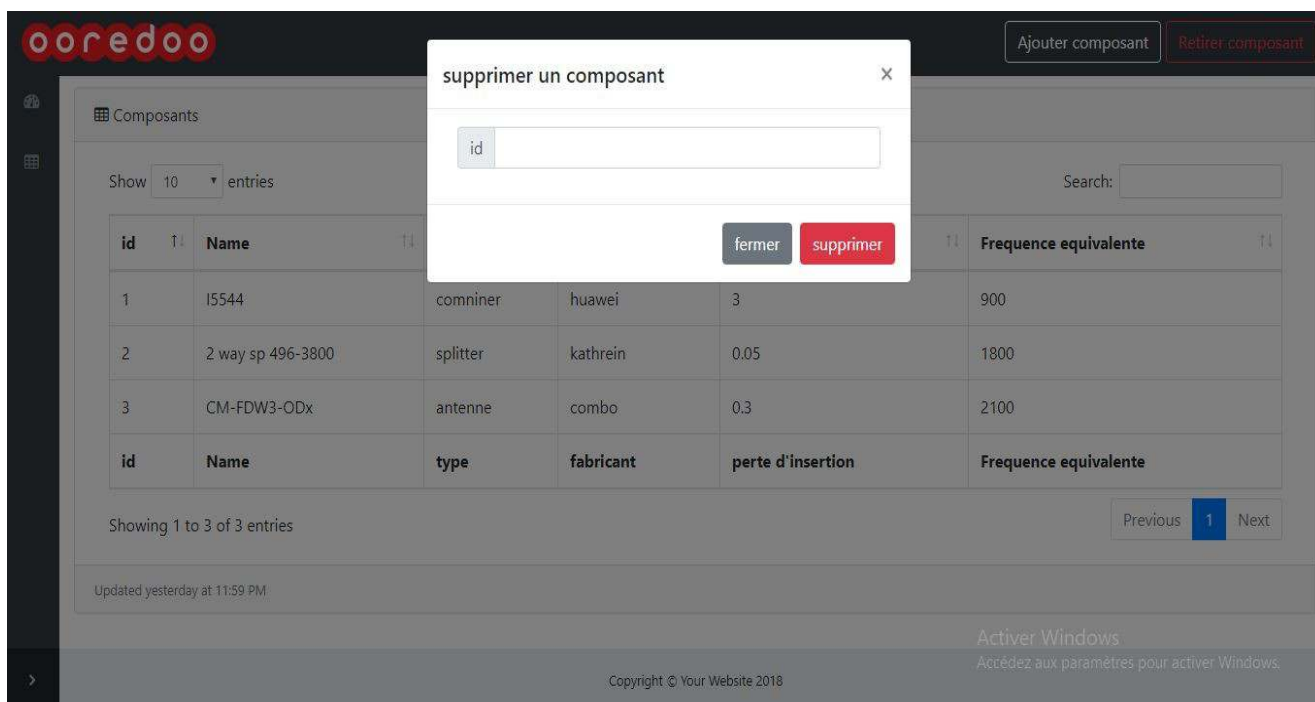


Figure 65 : Supprimer un composant

Conclusion générale

Le présent projet de fin d'études nommé "Déploiement d'une solution de couverture Radio multi-technologiques 2G, 3G et 4G" à englobé tout un travail d'exploration, de conception, et de développement.

La conception de ces recherches était une chance pour vérifier nos limites et découvrir nos potentiels et nous acquis en secteur de télécommunication.

Nous gardons de ces recherches un très bon souvenir, ils constituent à présent une expérimentation encourageant et valorisante pour notre futur.

Finalement nous tenons à exprimer notre satisfaction d'avoir pu travailler dans des bonnes conditions qui nous.

Finalement nous tenons à énoncer notre satisfaction d'avoir pu travaillé dans des bonnes conditions qui nous aidaient à mieux montrer nos potentiels.

Bibliographie

[B1] : Lassaad ELAABIDI, "Universal Mobile Telecommunications System", Cynapsys Software Engineering, Mars 2010

[B2] : Anya Pettitt, "Wireless access networks", institut technologie BANDUNG

[B3] : Maha Cherif, "Technologie récente (MIMO)", Institut supérieur des technologies de l'information et de la communication, 2017-2018

[B4] : Florent Dupont, "Réseaux de mobiles", Université Claude Bernard Lyon 1

[B5] : Xavier Lagrange et al. , « Réseaux GSM », Hermes, Paris, 1995, 1996, 1997, 1999,2000

Neto graphie

Partage de réseaux mobiles : Projet de lignes directrices et analyse préliminaire des contrats existants

[N1] : <http://www.ooredoo.tn/institutionnel/qui-somme-nous> , consulté le 23/04/2018

[N2] : <http://mstar.unex.es/>, consulté le 24/04/2018

[N3] : <https://ipcisco.com/evolution-from-2g-to-lte-part-2/> , consulté le 25/04/2018

[N4] : <http://ru6.cti.gr/mobile/mbms.php> , consulté le 25/04/2018

[N5] : http://lteuniversity.com/get_trained/expert_opinion1/b/lauroortigoza/archive/2012/08/07/frame-structures-in-lte-tdd-and-lte-fdd.aspx, consulté le 30/04/2018

[N6] : http://www.frandroid.com/telecom/328153_itinerance-mutualisation-savoir-partage-reseaux-mobiles, consulté le 21/05/2018

[N7] : http://www.technologuepro.com/gsm/chapitre_3_GSM.htm, consulté le 23/05/2018

Annexes

Liste des équipements utilisés dans la solution indoor

❖ Caractéristiques des modules RF :



Figure: RF module NSN

Technical data	
Installation options	Modular base station for indoor and outdoor installation; floor, wall, pole, mast mountable; supports distributed and feeder-less site setups
Frequency bands	Flexi Multiradio BTS is geared to support multiple bands: 700, 850, 900, 1800, 1900, 1700/2100, 2100, and 2600 MHz. Availability depends on market and operator requirements.
Maximum capacity	Up to 6+6+6 GSM or 4+4+4 WCDMA or 1+1+1 LTE at 20 MHz or flexible combination of the above technologies in concurrent mode. For higher capacity several modules can be deployed on a single site.
Multi-radio configuration	1 Flexi 3-sector RF module + 1 system module for GSMEDGE + 1 system module for WCDMA/HSPA and LTE. Remote Radio Head (RRH) solution also supported.
RF power amplifier technology	Multicarrier power amplifier (multi-standard)
Height x width x depth	133 x 447 x 560 mm per module, indoors and outdoors. Fits in any 19" rack.
Volume net	25 liters per module
Weight	25 kg per module
Operating temperature range	-35 °C to +55 °C
Power supply	40.5 – 57 VDC, 184 – 276 VAC with power module
Typical power consumption	790W for combined GSM and WCDMA site
Output power	180W per RF module or 60W per Remote Radio Head (RRH)
Ingress protection class	IP 65

❖ Caractéristiques des combiner :

➔ Hybrid Combiner



2:1 Hybrid Combiner

COM-BD210NN5

Low PIM(-153dBc), N-Female

- Wideband covering 698-2700MHz
- Low insertion loss and VSWR, high isolation
- Terminated with low PIM performance cable load
- Integrating two operators' services into an existing in-building antenna distribution system



Electrical Specification

Frequency (MHz)	698-2700
Coupling Attenuation (dB)	3.1±0.6 @ 698-806 MHz 3.1±0.5 @ 806-2700 MHz
Isolation Between Ports (dB)	≥ 25*
Return Loss (dB)	≥ 18, typical 20
PIM (dBc)	≤ -153 @ 2x43dBm
Input Power Per Port, max (W)	40
Impedance (ohm)	50

* Valid if all ports are terminated with 50Ω load

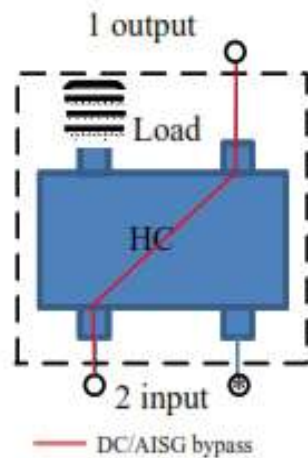
Mechanical Specification

Dimension (in/mm)	5.9x6.8x1.8 / 150x172x46
Weight (lb/kg)	3.3 / 2.5
Connector	N-Female

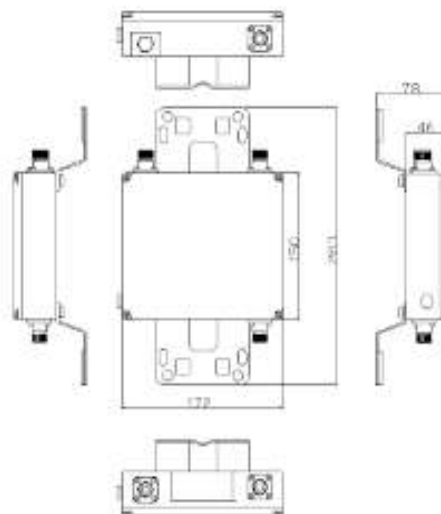
Environment & Compliance

Application	Outdoor / Indoor
Operating Temperature	-40°C to +65°C
Environment	IP66
Relative Humidity	Up to 95%
RoHS	Compliant

Block Diagram



Outline Drawing



→ Dual band Combiner

Dual-Band Combiner

KATHREIN

698 – 806 MHz

824 – 960 MHz

- Designed for co-siting purposes
- Enables feeder sharing
- Integrated auto-sense technology for automatic DC / AISG detection and bypass functionality.

Combine Mode (near BTS):

In combine mode, the auto-sense combiner has the ability to operate in three different functions. These functions define the prioritisation of the DC input signals (for more details on next page):

1. First In - First Out Function (Factory default setting)
2. Priority Controlled Function
3. Exclusive User Function

Split Mode (near antenna):

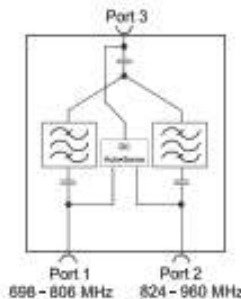
In split mode, the auto-sense combiner automatically detects connected Antenna Line Devices and bypasses or stops the DC / AISG signal accordingly.

A detailed manual about Auto-Sense technology can be downloaded on our homepage.

- Suitable for indoor or outdoor applications
- Wall or mast mounting
- Available as a single unit, or for XPol antennas as a double unit
- Built-in lightning protection
- Low insertion loss
- High input power



AUTO-SENSE



Technical Data

Type No.	78211287 Single Unit	78211288 Double Unit
Pass band		
Band 1 [MHz]		698 – 806
Band 2 [MHz]		824 – 960
Insertion loss		
Port 1 ↔ Port 3 [dB]		< 0.3 (698 – 796 MHz); < 0.5 (796 – 806 MHz)
Port 2 ↔ Port 3 [dB]		< 0.5 (824 – 834 MHz); < 0.3 (834 – 960 MHz)
Isolation		
Port 1 ↔ Port 2 [dB]		> 50
VSWR		< 1.2 (698 – 806 MHz / 824 – 960 MHz)
Impedance [Ω]		50
Input power		
Band 1 / Band 2 [W]		< 500 / < 500
Intermodulation products [dBc]		< -160 (3 rd order; with 2 x 20 W)
Temperature range [°C °F]		-40 ... +60 -40 ... +140
Connectors		7-16 female (long neck)
Application		Indoor or outdoor (IP 66)
DC/AISG transparency		
Port 1 ↔ Port 3 [mA]		Auto-sense (max. 2000)
Port 2 ↔ Port 3 [mA]		Auto-sense (max. 2000)
Lightning protection [kA]		3, 10/350 μs pulse
Mounting [mm in]		Wall mounting: With 4 screws (max. 8 0.315 diameter) Mast mounting: With included clamp set
Weight [kg lb]		Single Unit: 2.5 5.51 / Double Unit: 5.0 11.02
Packing size [mm in]		Single unit: 365 x 235 x 145 14.37 x 9.25 x 5.71 / Double unit: 365 x 235 x 210 14.37 x 9.25 x 8.27
Dimensions (w x h x d) [mm in]		Single Unit: 153 x 170.5 x 80.5 6.02 x 6.71 x 3.17 / Double Unit: 153 x 170.5 x 165.5 6.02 x 6.71 x 6.52 (without connectors, without mounting brackets)

906 53088a Subject to alteration

78211287, 78211288 Page 1 of 3

Kathrein USA Greenway Plaza II, 2400 Lakeside Blvd., Suite 650, Richardson TX 75082
Phone: 214.238.8800 Fax: 214.238.8801 Email: info@kathrein.com

Dual-Band Combiner

KATHREIN

698 – 806 MHz

824 – 960 MHz

Accessories (included)

Type No.	Clamp set suitable for most diameter of
734365 [mm in]	45 – 125 1.77 – 4.92



Accessories (order separately)

Type No.	Description
78410367	50-Ohm load



Auto-Sense Combiner Functions for the Interconnection of Different Base Stations (Installation Close to the Base Station – Combine Mode)

First In - First Out Function (Factory Default Setting)

If the First In – First Out function is set, then the first base station (BTS) which supplies the auto-sense combiner with DC voltage at any input port is bypassed to the common port. The DC from further base stations will be ignored.

Priority Controlled Function

If the priority controlled function shall be used, a corresponding priority table is set ex-factory which needs to be defined by the customer when ordering. One example of a prioritisation table is shown below. In case DC / AISG signals are applied to two or more input ports simultaneously, the BTS with the higher priority will be bypassed to the common port. Any DC signal from a lower prioritised input port will not be bypassed. If the port with the highest priority is not supplied with a DC signal, the DC signal from the BTS with the next lower priority will be connected through to the common port.

Connector	Priority
Port 1	B (lowest)
Port 2	A (highest)

Exclusive User Function

If the Exclusive User function is set in the combiner, then the first base station which supplies an appropriate DC voltage at any input port is bypassed to the common port. If a second DC/AISG signal is erroneously fed into the combiner, then none of the DC/AISG signals will be allowed to bypass to the common port.

Please note: If the combiner is mounted near the antenna (split mode), the behaviour is independent of any of the prioritisation functions described above. In this mode, the auto-sense combiner automatically detects Antenna Line Devices at the output ports and bypasses or blocks the DC/ AISG signal at each port accordingly.

Diagram 1

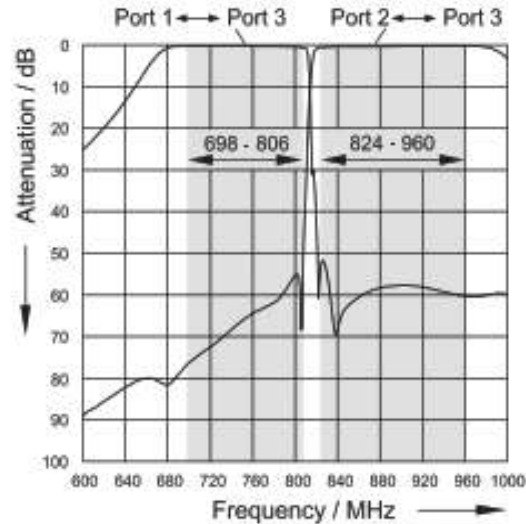
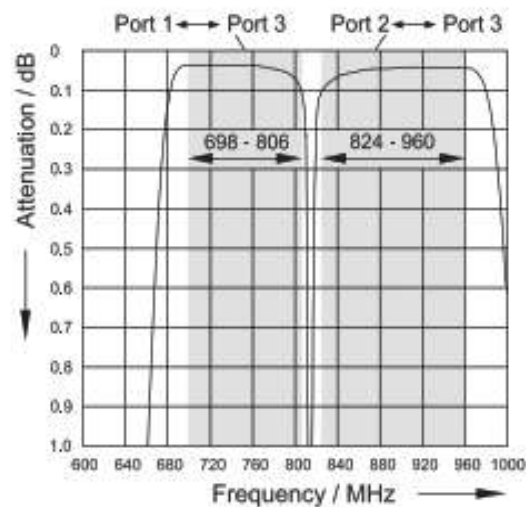


Diagram 2



936 53565v - Subject to alteration

❖ Caractéristiques des splitter :

Multi-band Low-loss Power Splitters 694–3800

KATHREIN
Antennen · Electronic

For indoor and outdoor use.

2-way Splitter 694–3800

3-way Splitter 694–3800

4-way Splitter 694–3800

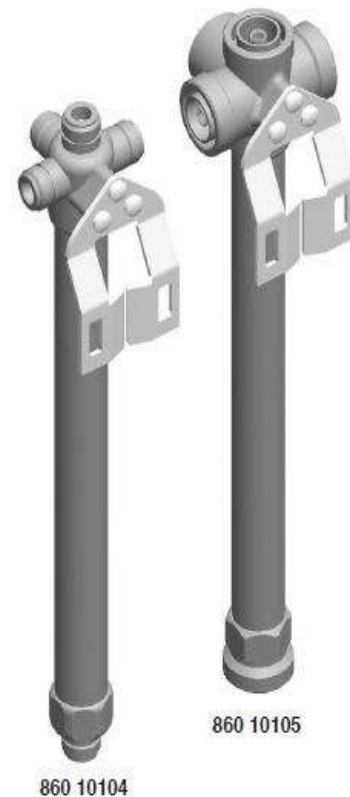
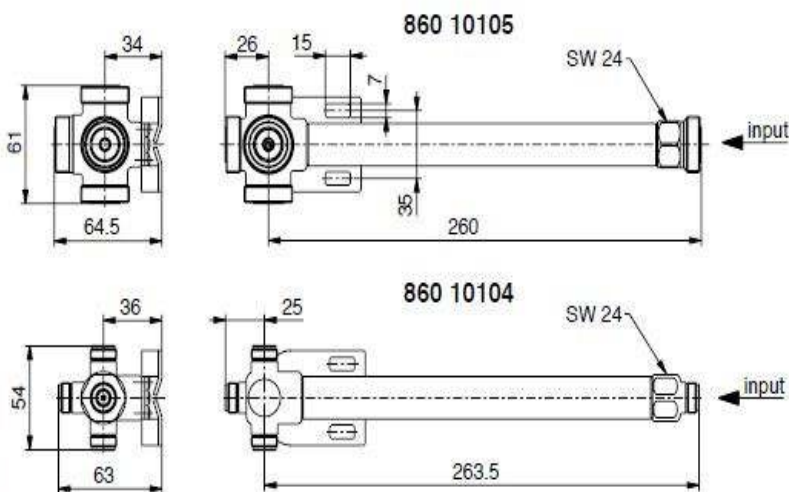
Type No.	860 10100	860 10101	860 10102	860 10103	860 10104	860 10105
Connector (female)	N	7-16	N	7-16	N	7-16
Max. power (at 50 °C ambient temperature)	200 W	700 W	200 W	700 W	200 W	700 W
For connecting ... antennas	2		3		4	
Frequency range	694 – 3800 MHz					
VSWR	694 – 894 MHz: < 1.3 790 – 3800 MHz: < 1.15					
Intermodulation IM3	< -150 dBc (2 x 43 dBm carrier)					
Impedance	50 Ω					
Insertion loss	< 0.05 dB					
Weight	750 g	870 g	760 g	900 g	775 g	960 g
Packing size	300 x 75 x 75 mm					

Material: Brass. Surface treatment: CuSnZn3

Mounting: Bracket for wall mounting included in the scope of supply.
For pipe mast mounting use clamps listed below (order separately).

DC capability: DC transmission between all terminations (suitable for remote power supply systems).

Environmental conditions: ETS 300 019-1-4 class 4.1 E
– Low temperature: -55 °C
– High temperature (dry): +60 °C
IP 65



❖ Caractéristique de la charge :

50 Watt *

Type No.	601565 K6226301	601566 K6226311	601567 K6226307	601568 K6226317
Connector	N female	N male	7-16 female	7-16 male
Frequency range	0 – 2700 MHz			
VSWR	0 – 1000 MHz < 1.08			
	1000 – 2000 MHz < 1.15			
	2000 – 2700 MHz < 1.20			
Application	Indoor			
Weight	Approx. 800 g			
Packing size	80 x 95 x 145 mm			
Dimensions (w x h x d)	67 x 90 x 130 mm (incl. connector)	67 x 90 x 138 mm (incl. connector)	67 x 90 x 134 mm (incl. connector)	67 x 90 x 133 mm (incl. connector)




601565

❖ Caractéristiques des câbles coaxiaux :

✓ 1/2 pouce

PRODUCT DATASHEET
LCF12-50J

RADIO FREQUENCY SYSTEMS
The Clear Choice™




1/2" CELLFLEX® Low-Loss Foam-Dielectric Coaxial Cable

CELLFLEX® 1/2" low loss flexible cable

FEATURES / BENEFITS

- ➔ **Low Attenuation**
The low attenuation of CELLFLEX® coaxial cable results in highly efficient signal transfer throughout your RF system.
- ➔ **Complete Shielding**
The solid outer conductor of CELLFLEX® coaxial cable creates a continuous RFI/EMI shield that minimizes system interference.
- ➔ **Low VSWR**
Special low VSWR versions of CELLFLEX® coaxial cables contribute to low system noise.
- ➔ **Outstanding Intermodulation Performance**
CELLFLEX® coaxial cable's solid inner and outer conductors virtually eliminate intermod. Intermodulation performance is also confirmed with state-of-the-art equipment at the RFS factory.
- ➔ **High Power Rating**
Due to their low attenuation, outstanding heat transfer properties and temperature stabilized dielectric materials, CELLFLEX® cable provides safe long term operating life at high transmit power levels.
- ➔ **Wide Range of Application**
Typical areas of application are: feedlines for broadcast and terrestrial microwave antennas, wireless cellular, PCS and ESMR base stations, cabling of antenna arrays, and radio equipment interconnects.



1/2" CELLFLEX® Low-Loss Foam Dielectric Coaxial Cable

Technical Features

APPLICATIONS	
Applications	OEM jumpers, Main feed transitions to equipment, GPS lines.
STRUCTURE	
Cable Type	Foam-Dielectric, Corrugated
Size	1/2"
Jacket Option	Black
Inner Conductor	4.8 (0.19) Copper-Clad Aluminum Wire
Dielectric	11.9 (0.47) Foam Polyethylene
Outer Conductor	13.8 (0.54) Corrugated Copper
Jacket	15.8 (0.62) Polyethylene, PE
ELECTRICAL SPECIFICATIONS	
Return Loss (VSWR) Performance	Standard
Temperature & Power	Standard
Impedance, Ohm	50 +/- 1
Maximum Frequency, GHz	8.8
Velocity, percent	88
Capacitance	pF/m (pF/ft)
Inductance	µH/m (µH/ft)
Peak Power Rating, kW	38
RF Peak Voltage, Volts	1950
Jacket Spark, Volt RMS	8000
Inner Conductor dc Resistance	Q/1000 m (Q/1000 ft)
Outer Conductor dc Resistance	Q/1000 m (Q/1000 ft)
Maximum Return Loss, dB (VSWR)	1.57 (0.48)
Phase Stabilized	2.7 (0.82)
	Contact RFS for your VSWR performance specification for your required frequency band. Phase stabilized and phase matched cables and assemblies are available upon request.
MECHANICAL SPECIFICATIONS	
Cable Weight	kg/m (lb/ft)
Minimum Bending Radius, Single Bend	mm (in)
Minimum Bending Radius, Repeated Bends	mm (in)
Bending Moment	Nm (lb-ft)
Tensile Strength	N (lb)
Recommended / Maximum Clamp Spacing	m (ft)

LCF12-50J
REV: D
REV DATE: 15.Aug.2013
www.rfsworld.com

All values (nominal unless tolerances provided) information contained in this present datasheet is subject to confirmation at time of ordering.

✓ 7/8 pouce

PRODUCT DATASHEET
LCF78-50JA-A8

RADIO FREQUENCY SYSTEMS
The Clear Choice®



7/8" CELLFLEX® Premium Attenuation Low-Loss Foam-Dielectric Coaxial Cable

CELLFLEX® 7/8" premium attenuation low loss flexible cable

FEATURES / BENEFITS

- ➔ **Ultra Low Attenuation**
The further reduced attenuation of CELLFLEX® premium attenuation coaxial cable results in extremely efficient signal transfer in your RF system, especially at high frequencies.
- ➔ **Complete Shielding**
The solid outer conductor of CELLFLEX® coaxial cable creates a continuous RF/EMI shield that minimizes system interference.
- ➔ **Low VSWR**
Special low VSWR versions of CELLFLEX® coaxial cables contribute to low system noise.
- ➔ **Outstanding Intermodulation Performance**
CELLFLEX® coaxial cable's solid inner and outer conductors virtually eliminate intermods. Intermodulation performance is also confirmed with state-of-the-art equipment at the RFS factory.
- ➔ **High Power Rating**
Due to their low attenuation, outstanding heat transfer properties and temperature stabilized dielectric materials, CELLFLEX® cable provides safe long term operating life at high transmit power levels.
- ➔ **Wide Range of Application**
Typical areas of application are: feedlines for broadcast and terrestrial microwave antennas, wireless cellular, PCS and ESMR base stations, cabling of antenna arrays, and radio equipment interconnects.



7/8" CELLFLEX® Low-Loss Foam Dielectric Coaxial Cable

Technical Features

APPLICATIONS

Applications	Main feed line
--------------	----------------

STRUCTURE

Cable Type	Foam-Dielectric, Corrugated
Size	7/8"
Jacket Option	Black
Inner Conductor	9.32 (0.37) Copper Tube
Dielectric	22.4 (0.88) Foam Polyethylene
Outer Conductor	25.2 (0.99) Corrugated Copper
Jacket	27.8 (1.09) Polyethylene, PE

ELECTRICAL SPECIFICATIONS

Return Loss (VSWR) Performance	Premium for 790 - 860 MHz and 1710 - 2300 MHz
Temperature & Power	Standard
Impedance, Ohm	50 ± 1
Maximum Frequency, GHz	5
Velocity, percent	90
Capacitance	pF/m (pF/ft) 74 (22.5)
Inductance	µH/m (µH/ft) 0.185 (0.056)
Peak Power Rating, kW	85
RF Peak Voltage, Volts	2920
Jacket Spark, Volt RMS	8000
Inner Conductor dc Resistance	Ω/1000 m (Ω/1000 ft) 1.54 (0.47)
Outer Conductor dc Resistance	Ω/1000 m (Ω/1000 ft) 1.55 (0.47)
Maximum Return Loss, dB (VSWR)	23 (1.152)
Phase Stabilized	Phase stabilized and phase matched cables and assemblies are available upon request.

MECHANICAL SPECIFICATIONS

Cable Weight	kg/m (lb/ft)	0.41 (0.28)
Minimum Bending Radius, Single Bend	mm (in)	120 (5)
Minimum Bending Radius, Repeated Bends	mm (in)	250 (10)
Bending Moment	Nm (lb*ft)	13 (9.6)
Tensile Strength	N (lb)	1440 (324)
Recommended / Maximum Clamp Spacing	m (ft)	0.8 / 1 (2.75 / 3.25)

LCF78-50JA-A8

REV: E

REV DATE: 28.Aug.2013

www.rfsworld.com

All values nominal unless tolerances provided; information contained in this present datasheet is subject to confirmation at time of ordering

Page 1 of 2

❖ Caractéristiques des antennes

Antenne Spot

Indoor Omnidirectional Antenna 698-2700 MHz



Product Description

This omnidirectional antenna is specifically designed for broadband in-building distribution of LTE, GSM, CDMA, PCS, 3G, WiFi, WLAN services. The antenna is constructed from lightweight materials suitable for ceiling mounting. The off-white radome blends easily into most building aesthetics.



Indoor Omnidirectional Antenna

Features/Benefits

- LTE ready (700MHz and 2600MHz bands)
- Input power 100Watt maximum
- Broadband, Low VSWR
- Support current main popular communication system
- Aesthetically designed, compact and light weight
- Off-white (ABS) radome
- Extend a Low Loss Cable

Technical Specifications

Product Type	Indoor Omnidirectional Antenna
Application	Indoor
Frequency Range, MHz	698-960/1710-2700
Number of Input Ports	1
Connectors	N female
Impedance, Ohm	50
VSWR (50 Ohm)	≤ 2.0 (698-960), ≤ 1.5 (806-960/1710-2700)
Total Input Power, W	100 max.
Gain, dBi	2.0 (698-960), 5.0 (1700-2700)
Polarization	Vortical
Connector Cable, mm (in)	185 (7.28)
Radome Material	ABS
Radome Color	White (RAL9010)
Mounting Hardware included	Ceiling mount, fixed with nut
Temperature Range, °C (°F)	-40 to +60 (-40 to 140)
Height (Less Connectors), mm (in)	72 (2.82)
Width (Less Connectors), mm (in)	Ø 170 (6.69)
Weight, kg (lb)	0.4 (0.89)
Environmental Class	Indoor



Indoor/Outdoor Omnidirectional Antenna 698-2700 MHz

Product Description

This indoor/outdoor omnidirectional antenna provides broadband distribution of LTE, GSM, CDMA, UMTS, WLAN, and Wimax services for in-building distributed antenna systems (DAS) as well for Public Wireless Hotspots. With high gain this antenna ensures the highest performance for in-building passive DAS applications. The compact design provides minimal visual impact to in-building aesthetics, and a included bracket enables the antenna to be mounted on a pole.



I-ATO1-698/27000

Features/Benefits

- Broadband 698-2700MHz
- Input power 100Watt maximum
- High Gain
- Aesthetically designed, compact and light weight
- Lightweight (ABS) radome
- Mounting on a Pole
- Outdoor used

Technical Specifications

Product Type	Indoor/Outdoor Omnidirectional Antenna
Application	Indoor/Outdoor
Frequency Range, MHz	698-2700
Number of Input Ports	1
Connectors	N-female
Impedance, Ohm	50
VSWR (50 Ohm)	1.5 (698-896), 2.0 (896-960), 1.5 (1710-2700)
Total Input Power, W	100, max.
Gain, dBi	3.0 (698-960), 3.5 (1710-2700)
Polarization	Vertical
Horizontal Beamwidth, deg	360
Radome Material	ABS
Radome Color	White
Mounting Hardware included	Pole mounting
Height (Less Connectors), mm (in)	130 (5.12)
Width (Less Connectors), mm (in)	Ø 100 (3.94)
Weight, kg (lb)	0.27 (0.60)
Environmental Class	Outdoor

*exact dimensions are subject to confirmation at time of ordering