

Chapitre III : Les solutions d'amélioration de la couverture indoor

Introduction

Avoir une connexion sans fil à tout moment et n'importe quel lieu présente un enjeu tel que les acteurs du secteur des télécommunications sans fil dans le monde, en particulier au Sénégal œuvrent à réduire au maximum possible les zones du territoire peu ou pas desservies par un réseau de téléphonie mobile, selon le contexte d'emploi. A cet effet, la SONATEL a mis en place le programme de déploiement de solutions spécifiques dans le territoire national pour répondre aux besoins des clients et maintenir l'amélioration continue de la performance du réseau. Le déploiement de sites macros classiques devient de plus en plus coûteux et les dépenses d'exploitation augmentent considérablement. La préoccupation majeure des opérateurs est la gestion de la couverture indoor et de la capacité pour satisfaire les besoins des utilisateurs des réseaux mobiles. Ainsi, la SONATEL a pris l'initiative de mettre en place des solutions qui permettront d'occuper le moins d'espace, un déploiement plus rapide (sur poteau, mur, terrasse, etc.), d'embarquer les mêmes technologies que les sites macro et d'avoir une capacité intéressante pour soulager un site macro.

III.1. Le répéteur hertzien

Le répéteur hertzien, un dispositif utilisé par la SONATEL, permet la réception et l'émission des signaux provenant de la BTS cible grâce à une antenne donneuse généralement installée en terrasse. Ces signaux seront répétés et amplifiés à l'intérieur même du bâtiment pour améliorer la couverture indoor. Les bandes de fréquences pour le répéteur hertzien sont : la bande 800 MHz, 900 MHz, 1800 MHz et la 2100 MHz. Pour chacune de ces bandes de fréquence, la SONATEL règle le répéteur pour l'adapter à ces différentes bandes.

Les principaux avantages du répéteur sont :

- Installation plus facile, moins chère, plus esthétique, etc.
- Solution multi-opérateurs, tous les opérateurs auront la même couverture

Toutefois, cette solution présente des inconvénients qui sont :

- Performances très limitées ;
- Cette solution n'apporte pas de capacité ;
- Dans les zones de fort trafic, le répéteur ne règle pas les problèmes liés à la congestion des relais extérieurs puisqu'il se contente d'étendre la couverture extérieure au niveau de l'endroit où il est installé.

La figure 9 représente l'architecture du répéteur hertzien au niveau d'un immeuble.

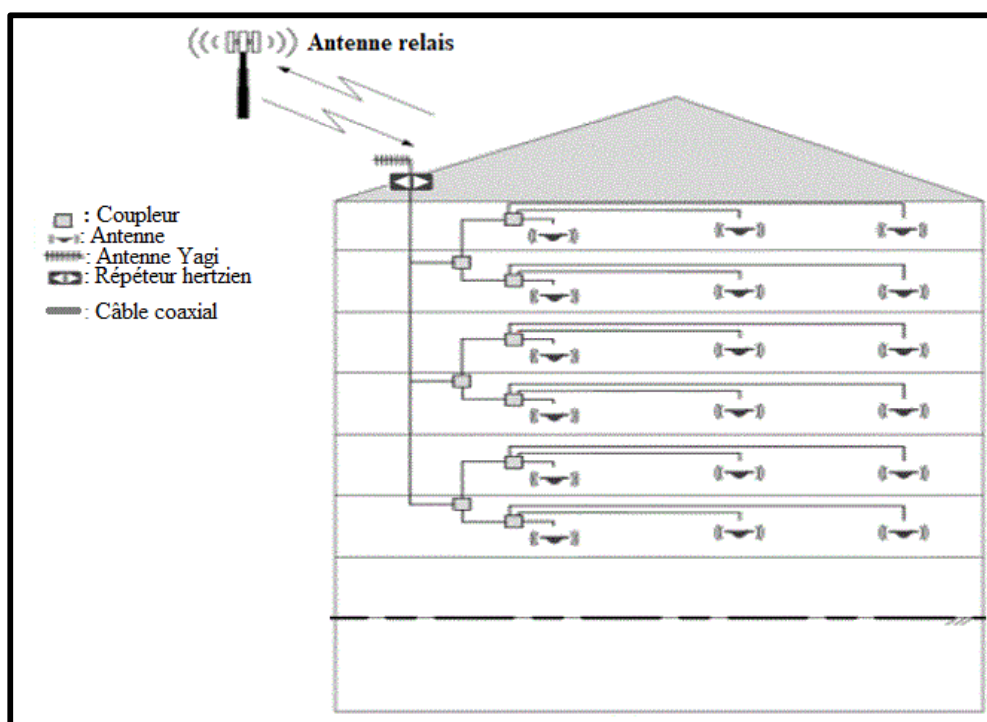


Figure 9 : Le répéteur hertzien [1].

III.2. Les Systèmes d'Antennes Distribuées ou Distributed Antenna System (DAS)

Les Systèmes d'Antennes Distribuées ou DAS, ont été développées très récemment dans le but d'offrir une couverture au niveau des services de téléphonie mobile pour les bâtiments tertiaires. Ces solutions visent à répondre à un besoin sur des ouvrages de taille intermédiaire. Les antennes de diffusion sont actives et ont une apparence similaire à celle des bornes Wi-Fi. Pour

cette solution, la fibre optique relie le cœur de réseau de chaque opérateur (OP1, OP2, OP3) au relais (BTS) de l'opérateur concerné. Ces relais sont par la suite connectés à un Master Optique par l'intermédiaire d'un câble coaxial qui transporte les signaux électriques. Ce Master Optique convertit à son tour ces signaux électriques à des signaux optiques qui seront transportés via la fibre optique jusqu'aux routeurs. Ces derniers transforment les signaux optiques en signaux électriques qui seront transmis à l'aide d'un câble RJ45 jusqu'aux antennes actives qui vont émettre ces signaux [1]. La figure 10 ci-après illustre la solution DAS.

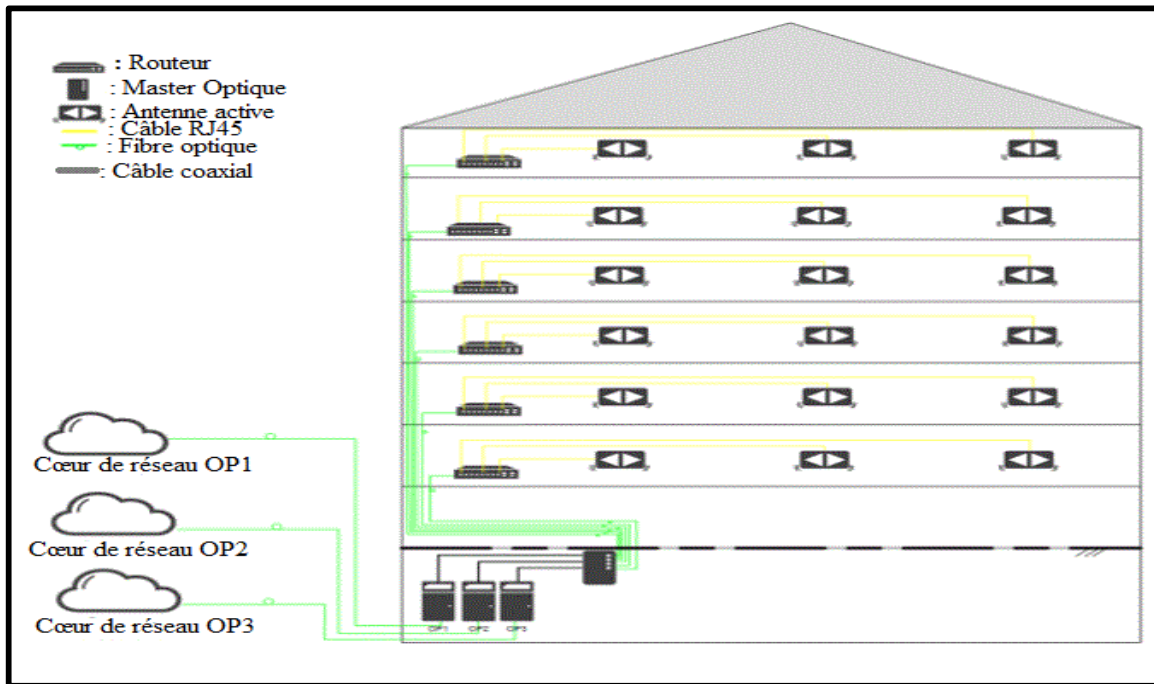


Figure 10 : La solution DAS [1]

Cette solution innovante peut sembler séduisante de prime abord mais présente toutefois des inconvénients majeurs, comme son coût (deux fois supérieur ou plus à celui d'une installation équivalente basée sur le déploiement d'une infrastructure antennaire passive) ou la nécessité pour le bailleur d'assurer l'exploitation et la maintenance des équipements actifs, ainsi qu'une évolutivité limitée.

III.3. Les Small Cells

Les Small Cells sont des micros stations de base de petite portée et de capacité limitée facile à déployer. Ils renforcent la couverture mobile pour nous offrir une connexion plus rapide et plus fiable. Ils s'agissent de micros BTS contenant à la fois des équipements bandes de base et radio émetteur-récepteur. Ils permettent aussi de fournir des services mobiles 3G /4G sur les bandes

respectives 2100/1800 MHz, et joueront un rôle important dans la fourniture de télécommunications mobiles pour la 5G [11].

Ils constituent une alternative intéressante à l'installation de relais conventionnels pour assurer la couverture des ouvrages de taille intermédiaire. Du fait de sa petite taille, une Small Cell ne nécessite pas de servitudes aussi contraignantes que les classiques relais « macros ». Ce sont des équipements compacts et peuvent être installés dans des endroits confinés où un relais classique ne peut pas être installé. Elles ne permettent pas de couvrir une grande surface en d'autres termes leur couverture est restreinte. La mise en place de ces Small Cells ne demande pas un coût élevé comparé à celui d'un relais conventionnel qui est plus élevé. Les Small Cells intègrent les technologies 2G, 3G et 4G dans un même coffret. Un autre avantage pour ces Small Cells est le fait qu'ils ont un fonctionnement similaire aux BTS et permettent de régler le phénomène de congestion des sites macros [11].

L'architecture générale de la solution Small Cell est présentée à la figure 11. Elle met en évidence les différents nœuds qui interviennent dans le processus.

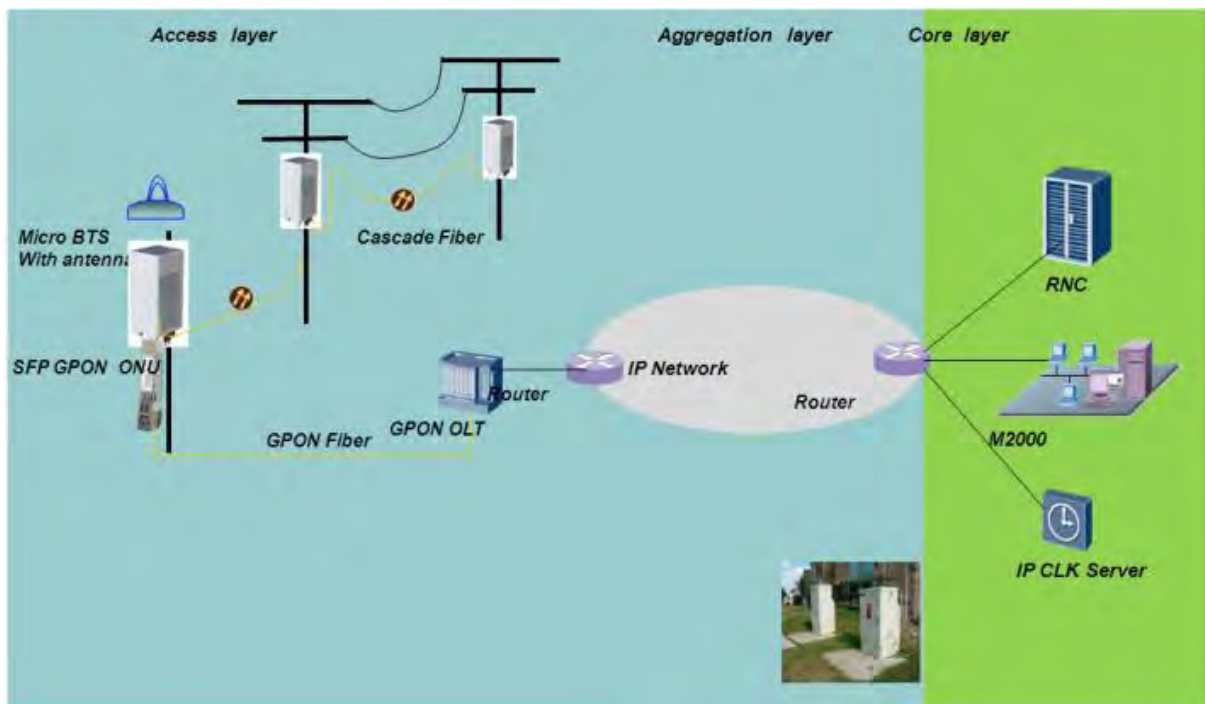


Figure 11 : Architecture du réseau de transmission Small Cell

Sur ce schéma, la fonction et les aspects physiques de chaque dispositif sont donnés ci-après.

III.3.1. La Micro Base Transceiver Station (BTS)

La BTS est le premier élément électronique actif du réseau GSM, vu par le mobile. C'est l'élément intermédiaire entre la Base Station Controller (BSC) qui reçoit des informations,

donne des ordres et le mobile qui les exécute. La figure 12 ci-après illustre le schéma fonctionnel d'une BTS montrant ses différents modules constitutifs.

III.3.1.1. Schéma synoptique d'une BTS

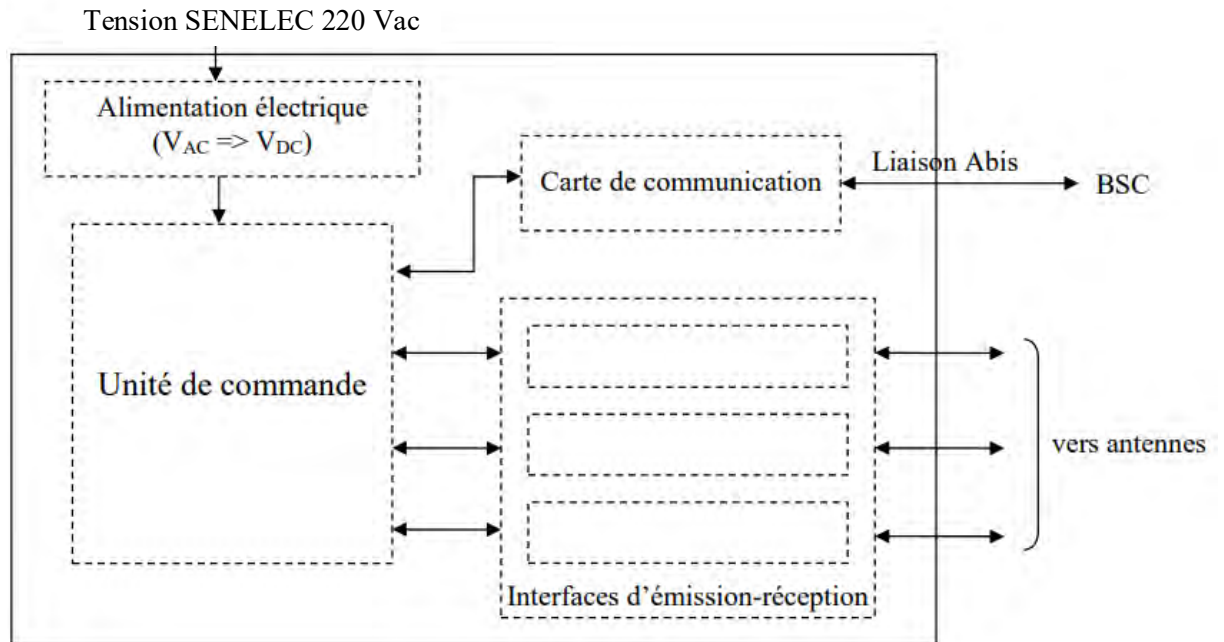


Figure 12: Schéma fonctionnel global d'une BTS

Ce schéma synoptique est très simplifié, afin de présenter de manière très claire les éléments essentiels d'une BTS.

III.3.1.2. Eléments d'une BTS

La BTS est composée d'équipements d'énergie, de protection et de transmission (grande armoire métallique) modulaire avec des emplacements disponibles pour enfiler des cartes électroniques.

III.3.1.2.1 Equipement de transmission : la Baie

La baie est une grande armoire métallique, parfaitement blindée électriquement, hermétique, climatisée l'été et chauffée en hiver pour conserver une température de fonctionnement constante. Une baie est modulaire, elle contient des emplacements pour des cartes électroniques qui sont ajoutées suivant les besoins du site. C'est aussi une unité de commande qui est la partie essentielle de la BTS, elle gère tout son fonctionnement, notamment :

- ✓ La génération de fréquences de références ;
- ✓ La création des différentes porteuses ;
- ✓ La modulation et la démodulation des signaux ;
- ✓ La commande des amplificateurs de puissance ;

- ✓ La fourniture des signaux aux TRX, et ceci sur tous les secteurs.

La baie est généralement pour les sites MTN appelé RBS (Radio Base Station) et peut être de catégories comme : RBS 900, RBS 1800 et RBS 2100) et ces RBS dépendent de la technologie. En téléphonie mobile les RBS (Radio Base Station) assurent la connexion entre les téléphones portables et le réseau téléphonique plus large.

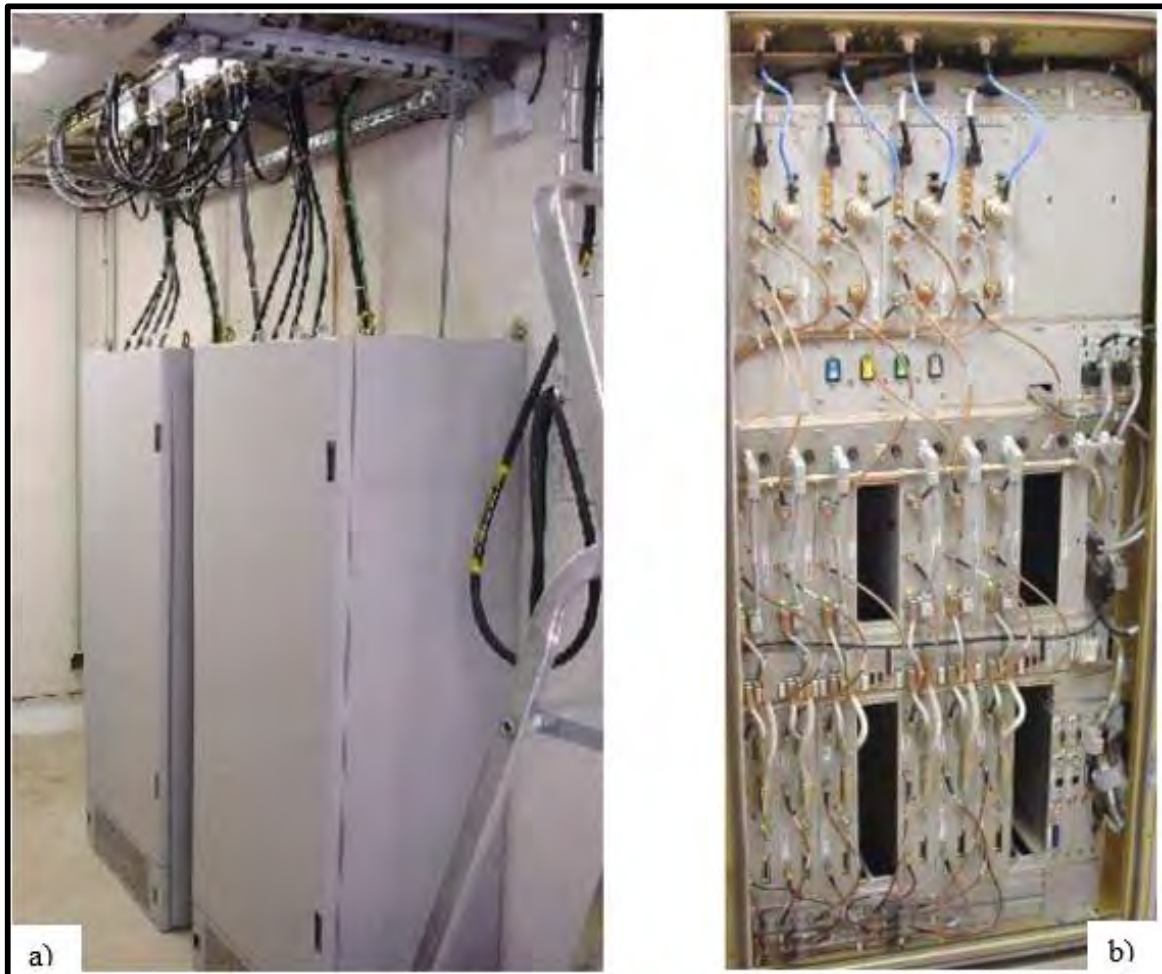


Figure 13: La baie- a) Deux baies Nortel Networks S8000 fermées extérieur- b) Intérieur d'une baie Nortel Network S8000

III.3.1.2.2. Alimentation

L'alimentation de la Baie se fait avec la tension du réseau de la SENELEC 220 V alternatif. Ensuite, le transformateur convertit cette tension en une tension continue pour l'alimentation des éléments de la BTS, qui peut consommer jusqu'à une trentaine d'ampères en fonctionnement à plein régime. Des batteries sont associées à cette alimentation, pour permettre un fonctionnement de plusieurs heures en cas de coupure de courant. Ces batteries sont appelées

BBS (Battery Back-up System) qui comporte 8 batteries, des fusibles qui dirige et fournit l'énergie nécessaire pour alimenter les équipements de transmissions ce qui laisse une sensibilité plus longue de temps de secours pour le fonctionnement de la RBS. Elle est aussi équipée des alarmes, des unités de climatisations et des convertisseurs et régulateur de tension.

III.3.1.2.3. La protection

La protection est nécessaire pour les équipements et elle est de deux sortes: le para-tonnerre et le para-foudre qui sont installés et la mise à la terre pour permettre à l'équipement de bénéficier d'une certaine sécurité.

III.3.1.2.4. Carte de communication ou Mini Link

La carte de commande est l'intermédiaire entre l'unité de commande de la BTS et le BSC. Elle gère la liaison Abis entre la BTS et le BSC. Le MINI LINK permet d'assurer la liaison entre la BTS et la BSC. Elle est constituée de trois modules qui sont répartis suivant deux types d'unité, les unités Indoor et Outdoor :

✓ Le module Indoor (AMM : Access Magazine Module, MMU : Modem Module Unit) : Le module Indoor (suffisamment refroidi grâce à une unité de ventilation), permet de connecter et de transmettre le trafic principal de 155 Mbit/s en effectuant la commutation, la démodulation et la modulation des données utilisées pour protéger et configurer les terminaux.

✓ Le module Outdoor (RAU : Radio Access Unit et l'antenne) : Le module Outdoor permet de produire et recevoir l'onde radio fréquence et le convertit en un format de signal qui va circuler dans le câble par radio reliant les deux modules.

Les signaux traités par la RBS à travers l'antenne du Mini Link (différente de celle de la BTS) sont envoyés à la BSC, l'antenne du Mini Link ayant la forme d'un tambour et installé au niveau d'une des antennes suivant la direction où est situé la BSC. C'est le Mini Link qui assure la liaison entre la BTS et la BSC. La figure 14 ci-après représente la carte de communication.

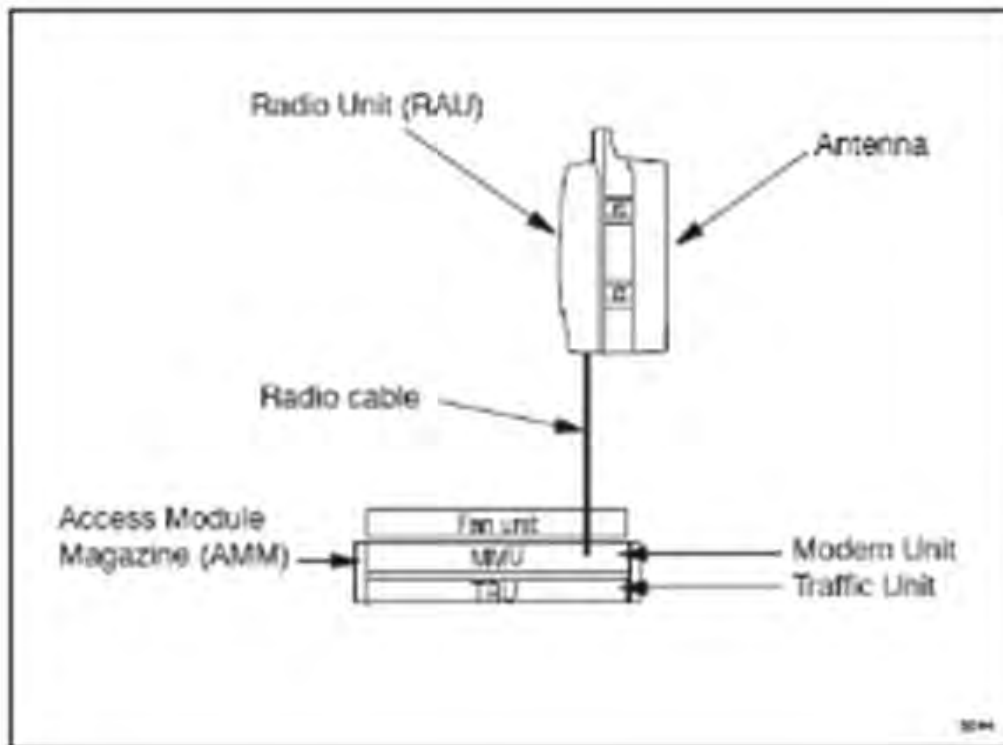


Figure 14: Structure de la carte de communication

III.3.1.2.5. Liaison Abis

La liaison Abis est le nom donné à la liaison entre la BTS et le BSC qui commande tout le fonctionnement de la BTS. Cette liaison assure le transport des informations vers le BSC : commande de la BTS, signalisation, mais surtout des communications (vocales et data) des abonnés mobiles.

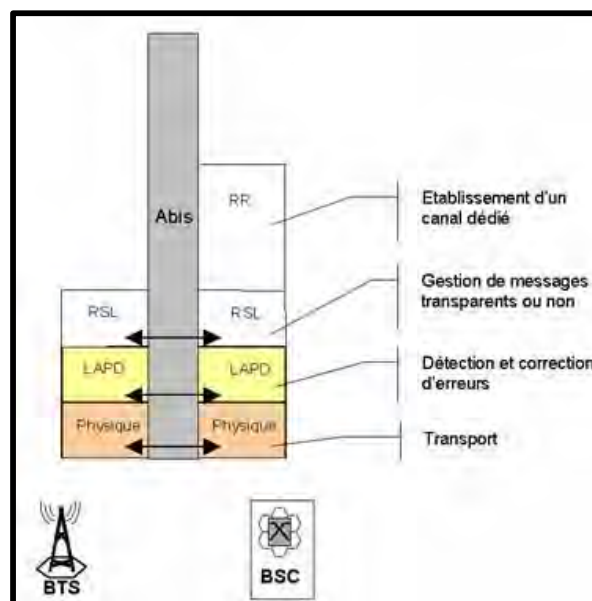


Figure 15: Présentation des piles de protocole sur l'interface Abis

L'interface Abis supporte des messages de différents types : messages supérieurs qui sont échangés entre le mobile et le réseau, messages de supervision et de maintenance de la BTS et messages internes de liaison de données BTS-BSC. Chaque TRX à l'intérieur d'une BTS correspond à un ou plusieurs liens de signalisation. Ces liens sont distingués par des TEI (Terminal Equipment Identity), ainsi les trames LAPD (Link Access Protocol for the D channel) sont échangées entre un TRX et le BSC.

La couche physique définit l'ensemble des moyens de transmission et de réception physique de l'information. Sur l'interface Abis le transport des informations se fait numériquement. Au niveau de l'interface radio, la couche physique est plus compliquée à cause de multiples opérations à effectuer : codage correcteur d'erreur, multiplexage des canaux logiques, mesures radio à effectuer, etc.

Nous avons le codage de la parole et le codage du canal.

Le codage de la parole consiste à transformer la parole analogique en un signal numérique à 16 Kbits/s au moyen d'un équipement appelé CODEC.

Le codage canal est une opération qui consiste à introduire de la redondance dans la chaîne numérique que l'on veut transmettre. En effet, en radio, il y a de très forts risques de perte d'information. L'introduction de redondance fait que si on perd quelques bits en route, on sera capable de les reconstituer.

III.3.1.2.6. Interface d'émission-réception

Chaque secteur a sa propre interface d'émission-réception, cette interface gère le signal radio, elle est composée de TRX et d'élément de couplage qui permettent d'associer ou de dissocier des signaux en provenance ou à destination des antennes.

III.3.1.2.7. Antennes

Les antennes sont les composantes les plus visibles du réseau GSM. On les voit un peu partout, souvent sur des hauts pylônes, sur des toits d'immeubles, contre des murs, à l'intérieur des bâtiments ; il arrive assez souvent qu'elles soient invisibles puisque camouflées, pour des raisons esthétiques, à proximité de bâtiment classés « monuments historiques ». Ces antennes permettent de réaliser la liaison Um entre la MS (téléphone mobile) et la BTS.

III.3.2. Le routeur

Le routeur est un appareil permettant la communication entre un réseau local domestique et Internet. Le réseau local domestique peut être par exemple un ordinateur personnel ou un objet connecté.

III.3.3. Radio Network Controller (RNC)

Un RNC contrôle une centaine de Node B. Il est l'équivalent du BSC du réseau d'accès 2G. Son rôle principal est le routage des communications entre les NodeB et le réseau cœur.

III.3.4. GPON Fiber

GPON est le sigle de « Gigabit Passive Optical Network », à savoir qu'il s'agit d'une technologie permettant la création de réseaux gigabit à fibre optique passive. Le terme important ici est le mot passif, car contrairement à un réseau Ethernet qui, pour la distribution dans le réseau principal, nécessite un ou plusieurs commutateurs alimentés en électricité, le réseau GPON ne nécessite pas d'électricité pour la distribution du signal : elle se fait à l'aide de coupleurs optiques selon une architecture point à multipoint. La fibre GPON constitue un support de transmission. Elle est caractérisée par un débit de 2,4 Gb/s, une distance maximale logique de 60 km, une distance maximale physique de 20 km, etc. Dans la technologie GPON, un module GPON OLT⁹ est utilisé pour connecter une jarretière optique monomode à un splitter¹⁰ optique passif.

III.3.4. Système de gestion de réseau centralisé M2000

Le M2000 fournit une plate-forme de gestion de réseau unifié, des opérations d'exploitation et de maintenance améliorées et une meilleure gestion des éléments du réseau mobile.

III.3.5. IP CLK Server

Un serveur est un dispositif informatique qui offre des services, à un ou plusieurs clients.

⁹ OLT : Optical Line Terminal-Terminal de Ligne Optique

¹⁰ Splitter est un élément qui permet la distribution des signaux vers les différentes antennes. Il joue le rôle de switch dans un réseau Ethernet.

III.3.6. SFP GPON ONU

ONU est le sigle de « Optical Network Unit-Unité de réseau optique ». Dans le réseau GPON, le module SFP GPON ONU constitue la connexion physique entre les locaux du client et la terminaison OLT du bureau central.

III.4. Comparaison et choix de solution pour notre étude

En somme, après avoir parcouru l'ensemble des solutions d'amélioration de la connectivité, nous proposons dans ce tableau, une approche synthétique de l'ensemble de ces solutions.

Le tableau 1 ci-après donne la synthèse des solutions d'extension de la couverture indoor des réseaux mobiles.

Tableau 1: Synthèse des solutions d'extension de couverture des réseaux mobiles.

Répéteur hertzien	Avantages : Installation facile, moins chère, multi-opérateur, etc. Inconvénients : Performances très limitées, n'apporte pas de capacité au réseau existant, etc.
Small Cells	Avantages : Solution facile à déployer, coût moins cher pour leur déploiement, gère la couverture et la capacité. Inconvénients : Petite portée, capacité limitée.
Solution DAS	Avantages : Solution multi-opérateur, multifréquence (2G, 3G et 4G) Inconvénients : Solution très coûteuse composée de plusieurs systèmes différents. → Solution adaptée aux bâtiments de taille moyenne (8 000 à 30 000 m ²) déjà occupés et où il est compliqué de réaliser des travaux de câblage.

En effet, ces différentes solutions, sauf la solution Small Cell, ne permettraient pas d'augmenter la capacité du réseau, mais permettraient seulement d'étendre la couverture extérieure des sites macros à l'intérieur des bâtiments.

La solution Small Cell quant à elle, permet non seulement d'assurer la couverture indoor, mais également d'augmenter la capacité du réseau dans les zones les plus densément peuplées. Cette solution évitera la congestion des sites macros, en prenant en charge un nombre d'utilisateurs. Ils ont un fonctionnement similaire aux relais classiques. Pour ces raisons, nous avons opté pour notre étude, la solution Small Cell dont l'étude détaillée se fera dans la suite.

III.5. Etude détaillée de la solution retenue : Déploiement des Small Cells

III.5.1. Contexte du déploiement des Small Cells

Aujourd'hui, la préoccupation majeure de la SONATEL est la gestion de la couverture indoor et de la capacité pour satisfaire les besoins de ses clients. Le déploiement de Small Cells permettra de résoudre les problématiques de couverture indoor exprimés dans les diverses plaintes remontées par les utilisateurs suite à des sites masqués ou de la limite de leur couverture.

III.5.2. Avantages du déploiement des Small Cells

Pour faire face à la croissance du trafic, le déploiement de Small Cells est un moyen efficace d'améliorer l'expérience client en zone très dense, sans pour autant se substituer au réseau macro cellulaire traditionnel. La densification du réseau cellulaire ayant atteint ses limites, par manque de sites hébergeurs et par la nécessité technique de maintenir une distance d'environ plusieurs centaines de mètres entre sites macros, les Small Cells sont un outil plus flexible pour améliorer ponctuellement les zones de faible signal radio. Cependant, contrairement aux sites macros, les Small Cells occupent moins d'espace. D'une portée allant jusqu'à une centaine de mètres en zone urbaine, les Small Cells renforcent localement la couverture dans un stade, une entreprise, un ou plusieurs immeubles, et permettent de réduire d'éventuelles coupures d'appels des utilisateurs. Les Small Cells permettront un déploiement plus rapide (sur poteau, mur, terrasse, etc.), d'embarquer les mêmes technologies (2G, 3G, 4G) que les sites macros, d'avoir une capacité intéressante pour soulager un site macros. Ainsi, un partage optimisé du trafic par un ensemble de Small Cells permettra de démultiplier la capacité du réseau et de répondre aux besoins des clients de la SONATEL. De plus, ils s'adaptent assez rapidement dans divers environnements et permet un déploiement flexible.

Les différents supports pour les Small Cells sont montrés à la figure 16.

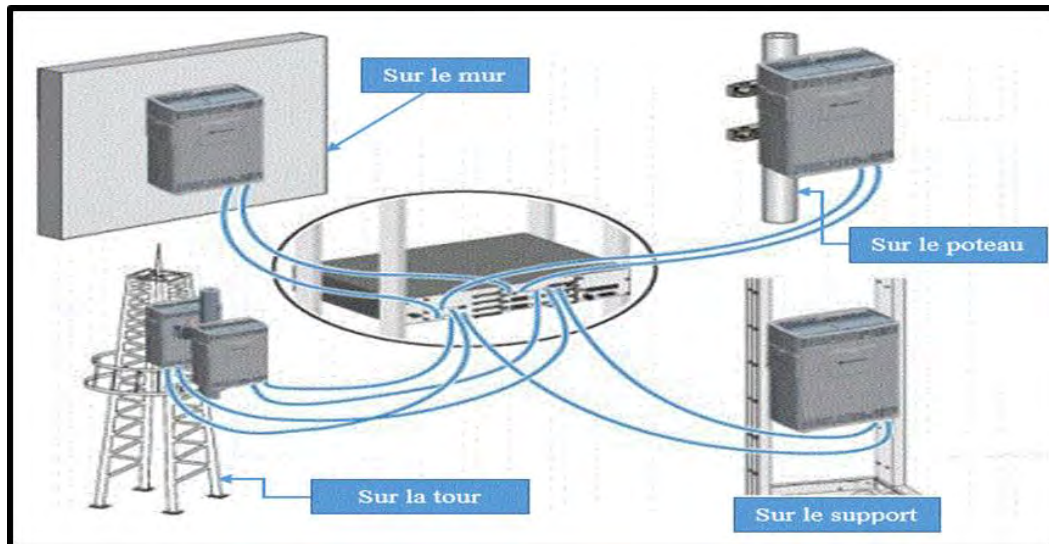


Figure 16 : Types de support Small Cell.

III.5.3. Les catégories de Small cells

En fonction des fournisseurs, plusieurs catégories de Small Cells sont déployées sur le terrain, en particulier dans les zones urbaines. Il faut noter également que les Small Cells diffèrent par leur technologie et le nombre d'utilisateurs prises en charge, entre autres variables.

Ainsi, plusieurs catégories de Small Cells sont présentées ci-après :

III.5.3.1. Les Pôles Stars

Les Pôles Stars sont des sites micros à l'image des sites classiques. Ils peuvent prendre jusqu'à trois secteurs et peuvent supporter une capacité similaire aux sites classiques. Ils permettent de faire la 2G/3G/4G sur les bandes 1800 MHz et 2100 MHz. Les Pôles Stars sont déployés dans les lieux comme : gares routières, gares ferroviaires, dans les quartiers, qui ne sont pas couvertes par le réseau macro cellulaire. Dans la figure 17 est représentée la topologie du Pôle Star.



Figure 17 : Topologie du Pôle Star.

III.5.3.2. Les Lamp-Sites

Une Lamp-Site est une solution de couverture radio en profondeur de pointe qui prend en charge le déploiement multimode (UMTS/LTE) en intérieur dans des sites de moyenne à grande taille tels que des immeubles de bureaux, des centres de transport et des stades de sport semi-fermés. Dans la figure 18 est présenté le réseau de transmission Lamp-site.

Lamp-Site= BBU + RHUB+ pRRU.

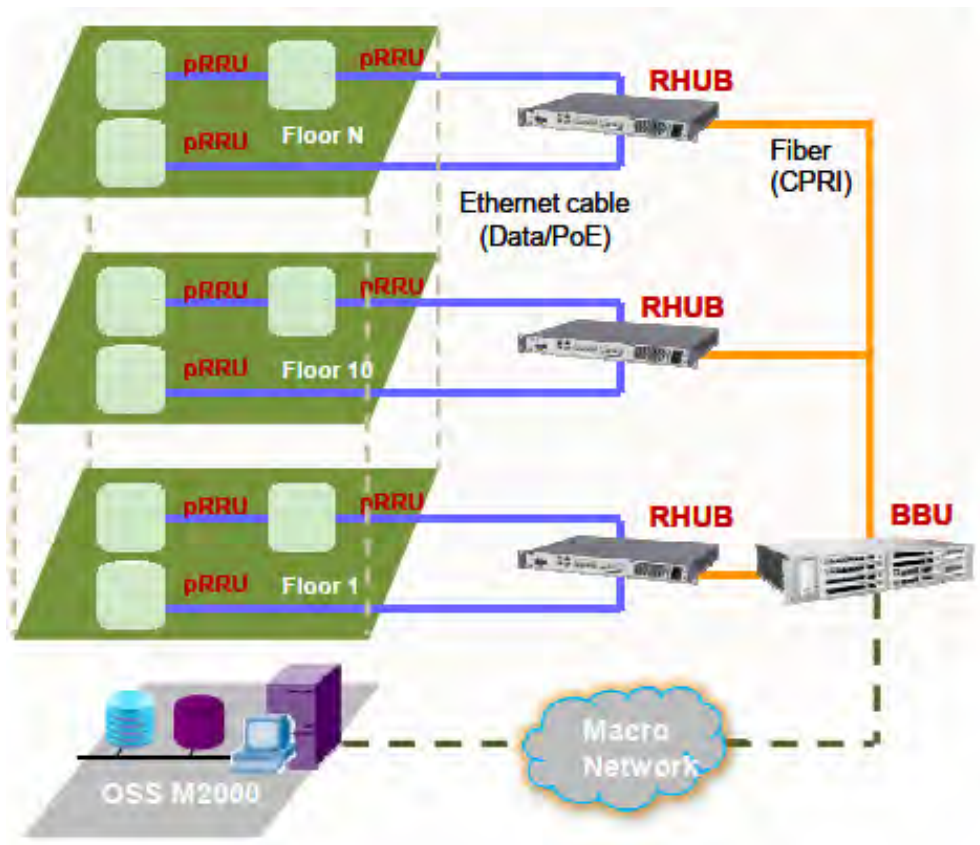


Figure 18 : Réseau de transmission Lamp-site.

Sur la figure 15 ci-dessous, le rôle de chaque élément est donné ci-après.³³

- Le **RHUB** sert uniquement de point de connexion physique. Il partage le média physique entre les pRRU.
- La **BBU** (Base Bande Unit) est une petite boîte avec tous les ports externes sur le panneau avant. Elle fournit des ports de communication entre la station de base et le BSC / RNC et traite les données de liaison montante et de liaison descendante. La BBU fournit des ports CPRI (Common Public Radio Interface) pour la communication avec les modules RF [12]. La figure 19 ci-après représente la topologie de la BBU.

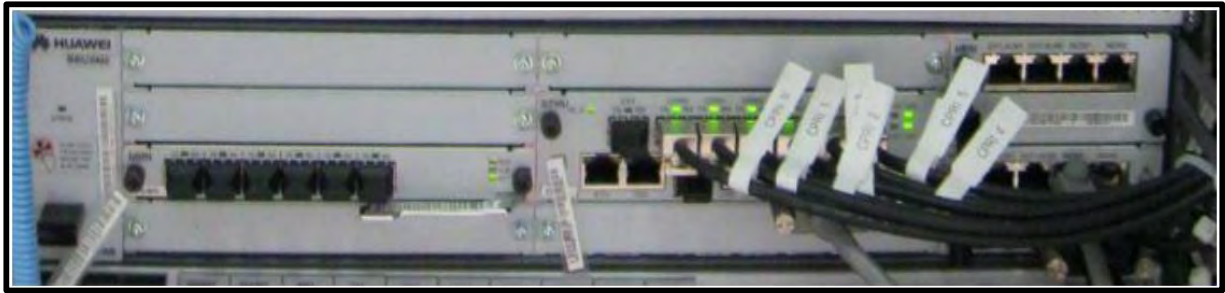


Figure 19: Base Bande Unit

- **pRRU** (pico Remote Radio Unit- unité radio à distance Pico) assure l'émission des signaux.

Conclusion

Ce chapitre nous a permis d'élaborer les solutions d'amélioration de la couverture indoor pour le cas de la SONATEL. Nous avons vu également les avantages et le contexte dans lequel les Small Cells sont déployées dans les zones urbaines. Une présentation pour chacune des catégories de Small Cells est faite.