



LES RELAIS GSM



Julien Delmas

juliendelmas@wanadoo.fr

<http://www.juliendelmas.com>

INTRODUCTION

Le but de ce document est d'expliquer d'une manière simple et compréhensible par tout le monde, le domaine des relais GSM. Cette étude se fera d'un point de vue « pratique », et non « théorique », pour faciliter la compréhension, et simplifier les explications.

De nombreux schémas, photos, illustrations et explications simples vous sont proposés et vous apprendront les différentes étapes de la création des relais GSM, leur constitution précise, pour les plus courants, avec un exemple concret dont la composition est largement détaillée. Le fonctionnement est peu développé dans cette étude puisque beaucoup trop théorique et complexe.

Je tiens à remercier très cordialement toutes les personnes qui m'ont aidé dans la rédaction de ce document, notamment pour les éclaircissements, conseils et corrections dont elles m'ont fait part.

SOMMAIRE

1. Étude préliminaire	6
1.1. Commande de l'opérateur	6
1.2. Contenu de l'étude	6
2. Réalisation	8
2.1. Gros œuvre	8
2.2. Installation et test du matériel	8
2.3. Mise en route	8
2.4. Coût	9
3. Mise en service	10
4. Composition d'un relais	11
4.1. Antennes	11
4.1.1. Caractéristiques	11
4.1.1.1. <i>Fréquences d'utilisation</i>	11
4.1.1.2. <i>Directivité</i>	11
4.1.1.3. <i>Portée</i>	13
4.1.1.4. <i>Gain - Puissance</i>	13
4.1.1.5. <i>Azimut</i>	13
4.1.1.6. <i>Tilt</i>	14
4.1.2. Procédés	15
4.1.2.1. <i>Diversité spatiale</i>	15
4.1.2.2. <i>Diversité de polarisation</i>	15
4.1.2.3. <i>Diversité de fréquence</i>	15
4.1.2.4. <i>L.N.A.</i>	16
4.1.3. Sectorisation	16
4.1.3.1. <i>Monosectorisé</i>	17
4.1.3.2. <i>Bisectorisé</i>	18
4.1.3.3. <i>Trisectorisé</i>	19
4.1.3.4. <i>Numérotation</i>	20
4.1.4. Câbles coaxiaux	20
4.1.5. Etiquetage	20
4.1.6. Camouflage	21
4.2. Base Transceiver Station	22
4.2.1. Schéma synoptique d'une BTS	22
4.2.2. Éléments d'une BTS	22
4.2.2.1. <i>Baie</i>	22
4.2.2.2. <i>Alimentation</i>	22
4.2.2.3. <i>Unité de commande</i>	23
4.2.2.4. <i>Carte de communication</i>	23
4.2.2.5. <i>Interface d'émission-réception</i>	23
4.3. Liaison Abis	26
4.3.1. Liaison Louée (L.L.)	26
4.3.2. Faisceau Hertzien (F.H.)	26

5. Exemple de relais.....	27
5.1. Composition du site :	27
5.2. Schéma des connexions du site	28
5.3. Schéma des connexions des BTS	28
5.3.1. BTS 900 MHz	28
5.3.2. BTS 1800 MHz	29
5.4. Bilan des puissances :	29
5.4.1. BTS 900 MHz	29
5.4.2. BTS 1800 MHz	29
6. Maintenance des relais.....	31
7. Reconnaître un site GSM.....	32
7.1. Configurations courantes	32
7.2. Dimension des antennes	32
7.3. Nombre d'entrées des antennes	33
GLOSSAIRE.....	34

PRÉSENTATION

Les opérateurs de téléphonie mobile doivent implanter un nombre très important de sites d'émission-réception pour couvrir le territoire afin que leurs abonnés puissent passer des communications. Ces émetteurs-récepteurs, aussi appelés relais, BTS ou stations de base servent d'intermédiaire entre le téléphone mobile (MS) et le sous-système réseau (NSS) qui regroupe l'ensemble des éléments de gestion des mobiles et d'acheminement des communications.

En France, en janvier 2002, les stations de base de téléphonie GSM étaient environ 30 000. Avec l'apparition de la 3^{ème} génération de téléphones mobiles, l'UMTS, le nombre de relais devra considérablement augmenter, si cette nouvelle technologie veut proposer une couverture au moins équivalente au GSM à ses débuts.

1. Étude préliminaire

Les chaînes de télévision et les radios sous-traitent à des entreprises comme TDF (ancienne division technique de l'ORTF) ou Towercast (ancienne Sogétec) l'étude et l'installation des émetteurs et réémetteurs afin de permettre à la population de regarder ou écouter leurs émissions ; on compte plus de 13 000 émetteurs pour les chaînes de télévision hertziennes en France. De la même façon, les opérateurs de téléphonie mobile GSM sous-traitent à des entreprises privées l'étude et l'installation de leurs sites GSM.

1.1. Commande de l'opérateur

L'opérateur définit de nouvelles zones à équiper, pour compléter la couverture du territoire ; pour cela, il commande à un sous-traitant spécialisé (Selecrom, ESR....) la réalisation d'une étude pour de nouveaux emplacements de relais. L'opérateur définit une zone de quelques kilomètres en zone rurale ou de quelques centaines de mètres en ville où devra se trouver le relais, il définit aussi les besoins de couverture, la capacité en trafic, les fréquences utilisées (900, 1800, 1900-2200 MHz).

1.2. Contenu de l'étude

✚ Recherche des emplacements

Le sous-traitant cherche des emplacements pour le site, qui seront classés par ordre de priorité par l'opérateur.

✚ Début de la négociation

Quand des emplacements ont été trouvés, le sous-traitant s'occupe de la négociation avec le propriétaire ou le syndic. C'est cette phase la plus délicate, puisque les propriétaires sont très réticents pour accueillir des antennes. Cette négociation dure tout au long de l'étude, et après la visite technique qui définit la position des baies et des antennes, une proposition est faite au propriétaire. Si la négociation s'est bien déroulée, le montant de la location (qui peut aller d'une centaine à un millier d'euros par mois) payé par l'opérateur est fixé et un accord de principe est signé.

✚ Visite technique

Les services de l'opérateur font une visite technique sur place, pour définir le type d'antenne et leurs positions. Le sous-traitant fait lui aussi des relevés pour prévoir l'installation du matériel et des chemins de câbles.

✚ Dossier technique

L'opérateur donne les spécifications générales du site au sous-traitant, qui va établir un dossier technique minimal contenant les plans, descriptifs des travaux, position sur le cadastre. Une fois le dossier retourné à l'opérateur, celui-ci va le compléter en faisant des simulations pour choisir définitivement le type d'antennes, leur orientation, azimut, tilt, bilan de liaison, puissance apparente rayonnée (PAR).

✚ Démarches administratives

Le sous-traitant prend connaissance du dossier complet et accomplit les démarches nécessaires. Il fait les demandes administratives pour la réalisation des travaux (permis de construire, demande de travaux...), fait une déclaration auprès de l'A.N.F. (Agence Nationale des Fréquences). Dans le cas où le site se trouve à moins de 400 mètres d'un bâtiment classé « monument historique », il faut l'autorisation des A.B.F. (Architectes des Bâtiments de France)

pour réaliser les travaux. Si l'un des ces agrément n'est pas donné, le site doit être abandonné ou modifié de manière à devenir conforme et ainsi obtenir les autorisations nécessaires.

✚ Dossier technique complet

Une fois toutes les autorisations obtenues, un dossier technique définitif est renvoyé à l'opérateur qui vérifie que tout corresponde bien aux spécifications techniques initiales. Les travaux devront suivre scrupuleusement ce dossier.

✚ Décision finale

L'opérateur étudie le dossier et vérifie que la négociation effectuée avec le propriétaire (prix d'achat, location) est convenable. Si tout est bon, l'accord de financement est donné, l'opérateur et le propriétaire concluent la négociation (signature du bail, acte de vente) et les travaux peuvent débuter.

2. Réalisation

Le sous-traitant choisi par l'opérateur organise les travaux, il les réalise entièrement ou peut en sous-traiter une partie à des entreprises spécialisées dans le gros œuvre, l'installation du pylône, etc...

2.1. Gros œuvre

Cette étape doit permettre l'accès au site en question. S'il s'agit d'une région difficile d'accès, il faudra au préalable mettre en place un chemin praticable par les engins nécessaires à l'installation du pylône et autres matériels. Si le site se trouve sur un toit d'immeuble, il faudra sécuriser les abords du toit et préparer à accueillir les antennes et les BTS.

C'est à ce moment-là que seront faites les fondations et chapes en ciment destinées à supporter le pylône et les baies. Lorsqu'ils seront utiles, les préfabriqués, jouant le rôle de shelter (abris pour les baies et matériel) seront mis en place, ou (si existant) aménagés pour recevoir le matériel.

2.2. Installation et test du matériel

✚ Le sous-traitant installe les antennes dans les azimuts et inclinaisons définis, met en place les câbles et prépare la structure pour accueillir les baies ; il s'occupe aussi de la sécurité du site, pour protéger les personnes qui seront amenées à y travailler (garde-fous, rampe d'accès, échelle d'accessibilité...)

✚ Le service de l'opérateur chargé de la planification des fréquences et du trafic désigne le nombre de TRX nécessaires, les fréquences à attribuer au site, ainsi que les cellules voisines à déclarer.

✚ Une équipe du constructeur des BTS (Nortel, Alcatel, Motorola ou Nokia) vient sur place pour installer les baies et configurer les BTS avec les fréquences et le nombre de TRX donnés.

✚ Un technicien de l'entreprise qui fournit les BTS se rend sur place, pour terminer l'installation des baies. Il achève les derniers branchements : alimentation électrique, connexion des antennes, de la liaison Abis et procède aux premiers essais en collaboration avec une personne du centre de supervision de l'opérateur, pour vérifier le bon fonctionnement et la bonne configuration de la BTS et des antennes, secteur par secteur.

✚ L'opérateur organise une visite qui lui permet de vérifier la conformité du site aux spécifications du dossier technique. Si le site est conforme, le sous-traitant est payé.

2.3. Mise en route

✚ Le site ouvre en exploitation, il est surveillé par le service optimisation de l'opérateur qui procède à des réajustements notamment au niveau de la puissance, pendant le premier mois de fonctionnement. Des interventions peuvent avoir lieu sur le site pour affiner les réglages : baies, tilt, panne...

✚ Le site ne sera ensuite visité que quelques fois par an, notamment pour des pannes.

2.4. Coût

Ouverture de chemins d'accès, clôture du site, terrassement, construction des locaux techniques, tableau électrique	25 000 €
Pylône et installation	40 000 €
Antennes GSM, antenne FH et câbles coaxiaux	15 000 €
Installation et configuration d'une baie avec 1 TRX par secteur.	80 000 €
Total	160 000 €

Il est à noter que les coûts de réalisation varient suivant la nature du site : pylône existant, terrain difficilement accessible, capacité du site, nombre d'antennes.

Lors de la location de terrain, le loyer mensuel varie d'une centaine à un millier d'Euros, suivant l'emplacement.

3. Mise en service

Si le site ne peut être mis en service immédiatement du fait d'un risque de brouillage avec une autre station proche utilisant les mêmes canaux, il sera configuré lors d'une prochaine modification du PDF (Plan De Fréquence) pour être intégré dans le motif régulier utilisé. Cette mise en service se fait sans aucune intervention humaine locale, ce sont les personnes qui gèrent le BSC qui configurent à distance, via la liaison Abis, toute la BTS.

4. Composition d'un relais

Nous allons voir dans cette partie les caractéristiques principales d'un relais GSM, ainsi que sa composition, d'une manière assez simplifiée.

4.1. 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.

4.1.1. Caractéristiques

4.1.1.1. Fréquences d'utilisation

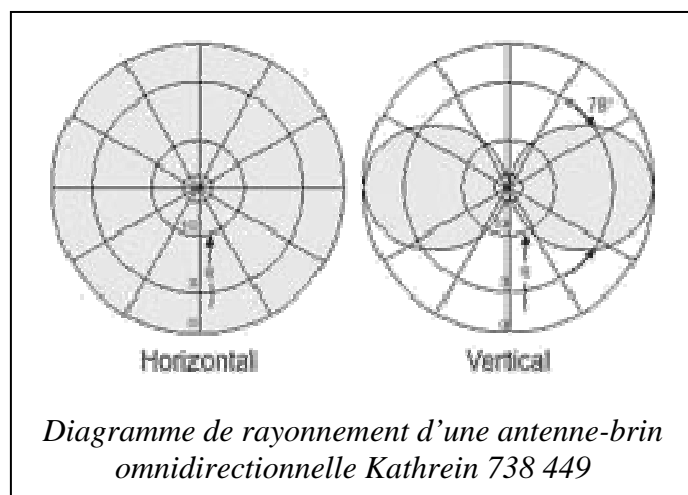
La caractéristique la plus importante d'une antenne, aussi appelée aérien, est la bande de fréquences supportée ; c'est-à-dire les fréquences que l'antenne pourra émettre et recevoir. Sur les sites GSM, on trouve des antennes qui émettent seulement en 900 MHz, seulement en 1800 MHz ou des antennes bibandes 900 et 1800 MHz. On trouve déjà, et leur nombre ne fera qu'augmenter, des antennes bimodes (GSM & UMTS) et bibandes (1800 & 1900-2200 MHz) ou tribandes (900, 1800 & 1900-2200 MHz), qui sont des antennes qui servent à la fois pour le GSM en 900 et/ou 1800 MHz, mais aussi pour l'UMTS en 1900-2200 MHz.

4.1.1.2. Directivité

La deuxième caractéristique importante est la directivité sur le plan horizontal, c'est en fait la ou les direction(s) dans laquelle l'antenne va émettre. En GSM, il existe deux grands types de directivités pour les antennes :

✚ Omnidirectionnelle :

Elles sont assez peu répandues. Lors de l'utilisation pour des macro cellules, elles ressemblent à des brins d'environ 2 m de haut et 5 cm de diamètre, alors que pour les micro cellules, ce sont des brins de 40 cm de haut et 2 à 3 cm de diamètre. Ces antennes-brins sont omnidirectionnelles, elles émettent de manière égale dans toutes les directions. Pour les macro cellules, les sites comportent souvent deux à trois antennes omnidirectionnelles.

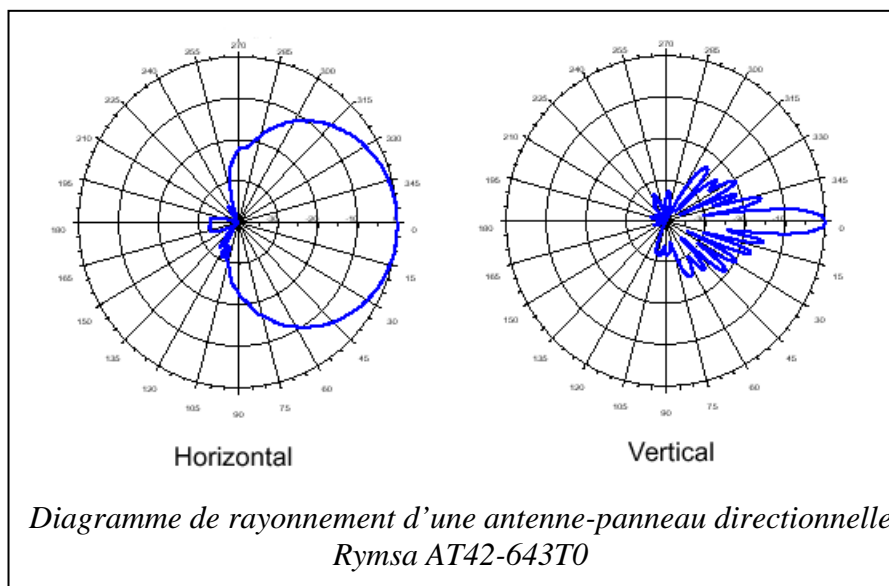


Comme on peut le voir sur ces diagrammes, l'antenne émet dans toutes les directions sur le plan horizontal, et dans deux directions principales sur le plan vertical.

Directionnelle :

Elles représentent la quasi-totalité des antennes utilisées. Lors de l'utilisation pour la couverture de macro cellules, elles ressemblent à des panneaux de couleur beige ou blanche d'environ 2 m de haut, 20 cm de large et 10 cm d'épaisseur, alors que pour les micro cellules, ce sont de petits panneaux d'une vingtaine de centimètres de haut, 10 cm de large et quelques centimètres d'épaisseur.

Ces antennes-panneaux sont directionnelles, elles émettent seulement dans la direction dans laquelle elles sont orientées, ce qui permet de limiter le champ de propagation d'une fréquence pour pouvoir ainsi de la réutiliser à une distance proche, sans risque de brouillage. Les relais sont souvent composés de trois antennes-panneaux orientées à environ 120° l'une de l'autre, de manière à couvrir sur 360°.



On peut constater sur le plan horizontal que l'antenne-panneau émet à forte puissance vers l'avant, et avec une puissance faible derrière elle. On remarque sur le plan vertical, que l'antenne émet avec une puissance faible au dessus et au dessous, mais avec une puissance beaucoup plus importante devant elle.

Pour bien comprendre les diagrammes de rayonnement :

- Sur le plan horizontal :

Il faut considérer l'antenne située au centre, vue de dessus et dirigée vers la droite. On peut ainsi voir dans quelle direction (avant ou arrière) l'antenne envoie le plus de puissance.

- Sur le plan vertical :

Il faut considérer l'antenne située au centre, vue de profil (gauche) et dirigée vers la droite. On peut donc voir dans quelle direction (au dessus, au dessous) l'antenne émet avec le plus de puissance.

On se rend compte que les antennes-panneaux émettent avec une puissance beaucoup plus importante devant elles qu'au dessus et au dessous. Par conséquent, pour subir un rayonnement moindre dans son appartement, il vaut mieux avoir une antenne GSM sur son toit, que sur celui du voisin d'en face.

4.1.1.3. Portée

Une autre caractéristique est la portée des antennes. Elle dépend pour beaucoup de la PIRE (Puissance Isotrope Rayonnée Équivalente) de l'antenne, mais aussi de son orientation.

En général, une antenne assure la couverture d'une zone appelée secteur ou cellule. Il existe deux grands types de cellules, le premier étant la micro (petite) ou pico (très petite) cellule qui couvre une zone de taille réduite, par exemple une rue très fréquentée, une galerie marchande, un centre commercial au moyen d'antennes de petite taille, souvent omnidirectionnelles. Le deuxième type est celui des macro cellules qui couvrent des zones de grande superficie (plusieurs dizaines de kilomètres carrés), que l'on trouve près des autoroutes, et dans les zones périurbaines ou rurales ; dans ce cas, les antennes utilisées sont souvent de type directionnel.



*Antenne omnidirectionnelle pour micro cellule dans une galerie commerciale
Orange France – St Germain en Laye (78)*



*3 antennes directionnelles pour macro cellule
Orange France – Porticcio (20)*

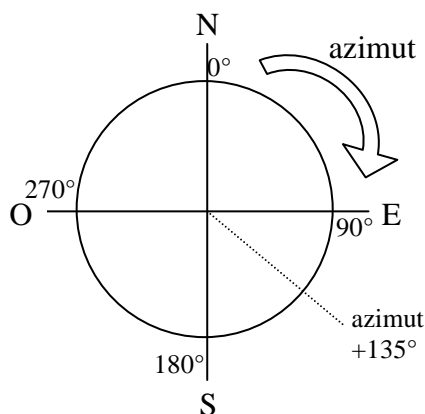
4.1.1.4. Gain - Puissance

Chaque antenne possède un gain qui lui est propre. Le gain est l'amplification que l'antenne effectue du signal d'entrée. Ce gain s'exprime en dB ou dBi, et est d'environ 2 à 11 dBi pour les antennes omnidirectionnelles et jusqu'à 18 dBi pour les antennes directionnelles.

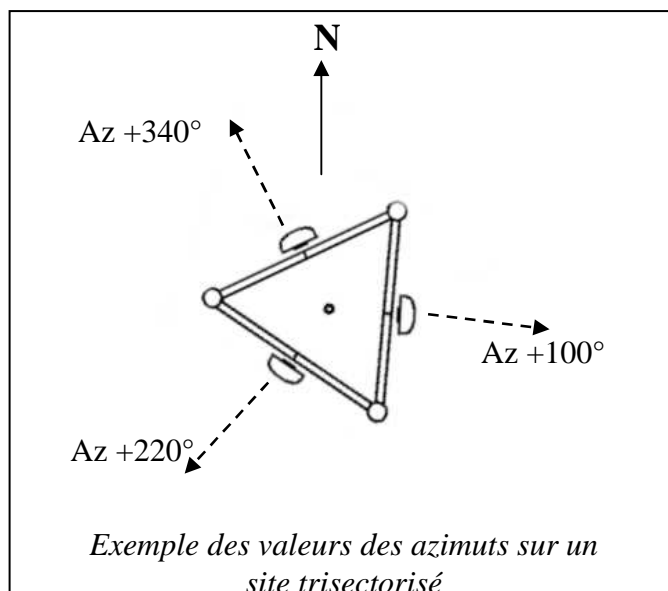
La puissance émise par l'antenne est appelée PIRE (Puissance Isotrope Rayonnée Équivalente) ou PAR (Puissance Apparente Rayonnée, $PAR = PIRE - 2,15 \text{ dB}$). Cette puissance est fournie par la BTS et ses amplificateurs de puissance, commandés depuis le BSC. La PIRE est de quelques watts pour des antennes couvrant des micro cellules, et d'une vingtaine à une cinquantaine de watts pour des macro cellules. La PIRE est exprimée en dBm, ce qui est plus pratique pour le calcul des pertes des coupleurs, câbles coaxiaux et gain des antennes.

4.1.1.5. Azimut

Chaque antenne est dirigée dans une direction déterminée par des simulations, de manière à couvrir exactement la zone définie. La direction principale de propagation de l'antenne, c'est-à-dire la direction dans laquelle l'antenne émet à sa puissance la plus importante est dirigée dans l'azimut établi. L'azimut est un angle qui se compte en degrés, positivement dans le sens horaire, en partant du nord (0°). De cette façon, l'azimut 90° correspond à l'est, l'azimut 180° au sud, etc...



Représentation des azimuts



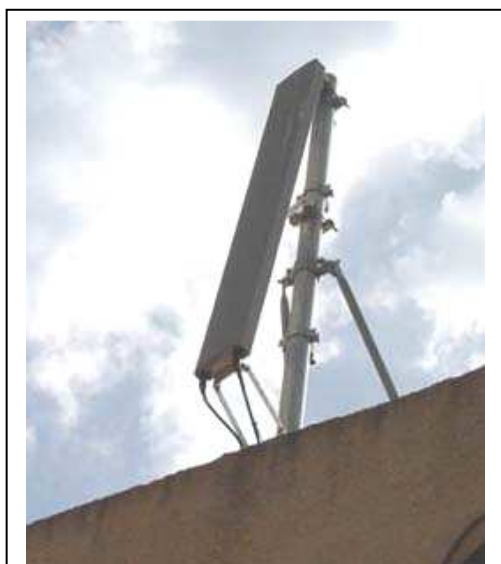
Exemple des valeurs des azimuts sur un site trisectorisé

4.1.1.6. Tilt

Tout comme l'azimut, le tilt (ou down-tilt) est laissé à la discrétion des installateurs d'antennes qui les orientent selon les recommandations de l'opérateur. Le tilt est l'angle d'inclinaison (en degrés) de l'azimut du lobe principal de l'antenne dans le plan vertical. Le diagramme de rayonnement d'une antenne avec un tilt positif sera dirigé vers le haut, alors qu'un tilt négatif fera pointer l'antenne vers le bas.

Il existe deux types de tilt :

- mécanique : il suffit de relever légèrement l'antenne sur son support, pour qu'elle soit dirigée dans la direction souhaitée.
- électrique : réglage d'environ 2 à 10°, en tournant une partie mécanique à l'arrière de l'antenne qui joue sur le déphasage des signaux dans les différents dipôles constituant l'antenne.



*Antenne directionnelle avec tilt positif
Orange France – Ajaccio (20)*



*Antenne directionnelle avec tilt négatif
SFR – Firmi (12)*

4.1.2. Procédés

4.1.2.1. Diversité spatiale

La liaison Um dans le sens montant (mobile vers BTS) est plus difficile à assurer que la liaison descendante (BTS vers mobile), puisque la puissance des terminaux est limitée à 2 watts en 900 Mhz et 1 watt en 1800 MHz, on utilise donc deux antennes au lieu d'une pour favoriser la réception du signal.

À cause des diverses réflexions du signal émis par le mobile (contre des immeubles, des falaises...), deux ondes peuvent arriver en un point donné en s'annulant ou s'atténuant fortement (à cause de leur déphasage), c'est ce que l'on appelle l'évanouissement (fading) de Rayleigh, mais quelques mètres (et longueurs d'ondes) plus loin, ces ondes ne seront plus atténuées, d'où l'intérêt de placer des antennes espacées d'environ 3 à 6 m l'une au dessus de l'autre ou l'une à côté de l'autre.

On place donc deux antennes, au lieu d'une, pour augmenter les chances de recevoir un signal correct, on augmente ainsi le signal reçu jusqu'à 5 dB.

4.1.2.2. Diversité de polarisation

La diversité de polarisation est la technique d'utilisation de plusieurs plans de polarisations, pour favoriser la réception du signal.

La polarisation d'une onde électromagnétique est décrite par l'orientation de son champ électrique. Si celui-ci est parallèle à la surface de la terre, la polarisation est linéaire horizontale, s'il est perpendiculaire à la surface de la terre, la polarisation est linéaire verticale. Pour un téléphone mobile, la polarisation est verticale lorsque le téléphone est tenu vertical, mais s'il est légèrement orienté, l'onde polarisée verticalement parvient plus faiblement à la BTS, alors qu'en même temps, le niveau reçu de cette même onde polarisée horizontalement augmente.

En effet, il existe des signaux en polarisation verticale et horizontale, et il faut que les antennes émettrices et réceptrices communiquent toutes les deux avec un signal dans la même polarisation, sous peine d'avoir un signal fortement atténué. L'antenne du relais est capable de conserver une polarisation constante, mais le téléphone mobile, ne reste jamais parfaitement vertical et ne peut donc conserver une polarisation verticale.

On utilise donc des antennes qui ont une double polarisation (ou polarisation croisée), ni verticale, ni horizontale, mais intermédiaire : $+45^\circ$ et -45° , et l'on utilise le plan de polarisation qui reçoit le meilleur signal, pour augmenter les chances de recevoir un niveau correct ; on peut gagner ainsi jusqu'à 6 dB. En émission, on utilise une seule de ces polarisations, au choix de l'opérateur.

4.1.2.3. Diversité de fréquence

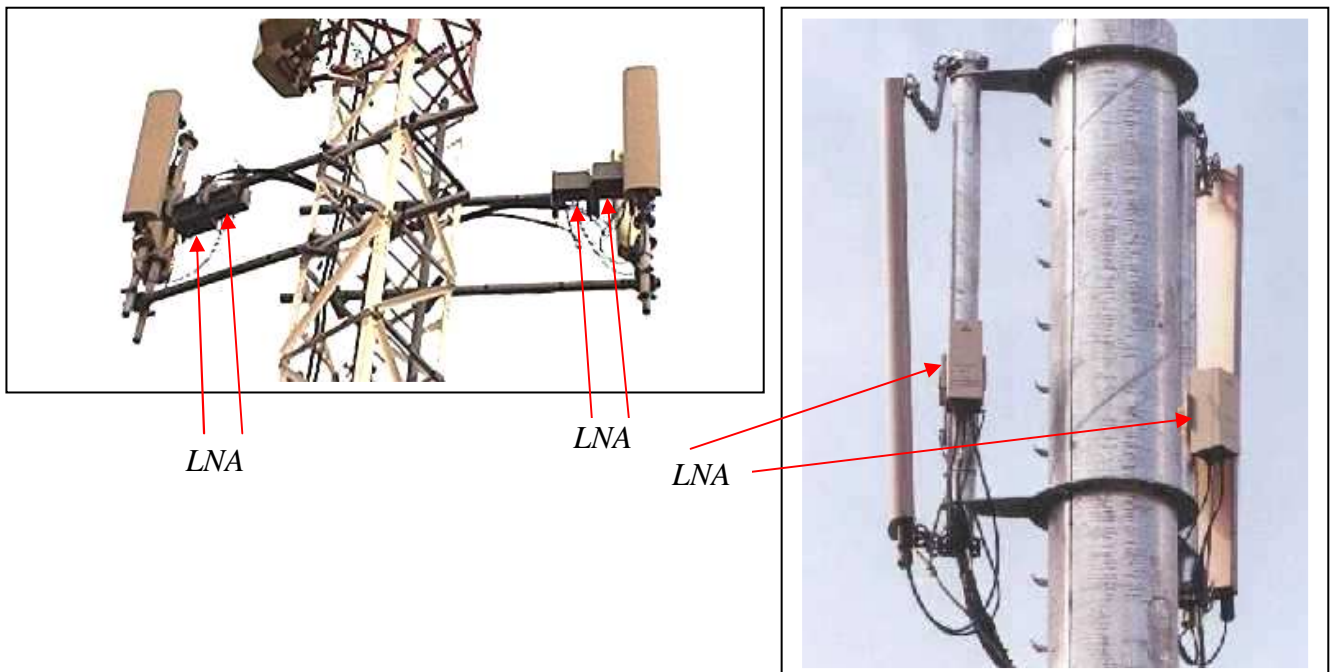
La diversité fréquentielle est, la technique utilisant un changement régulier des fréquences utilisées ; c'est-à-dire, que la BTS et le mobile changent régulièrement de fréquence d'émission et de réception, c'est ce que l'on appelle le saut de fréquence ou Frequency Hopping, un changement de fréquence 217 fois par seconde, qui permet de lutter contre l'évanouissement du signal (ou fading). Ce procédé permet aussi de moyenniser le brouillage ; par exemple : si un canal est brouillé, et si une communication est établie sur ce canal, la communication sera fortement perturbée, alors que si l'on change très régulièrement de canal (fréquence), la communication ne sera perturbée qu'à certains instants, mais restera en moyenne, audible.

On utilise le saut de fréquence pendant les communications, ce qui peut permettre de gagner quelques dB supplémentaires.

4.1.2.4. L.N.A.

Dans certains cas, les sorties des antennes sont suivies immédiatement de LNA (Low Noise Amplifier – Amplificateur à Faible Bruit) qui permettent d'amplifier le signal reçu par l'antenne, en provenance du mobile, sur la liaison Um (voie montante). Les LNA doivent être situés au plus près de la sortie des antennes, pour éviter qu'un signal trop faible ne soit totalement inexploitable à la sortie des câbles coaxiaux. Ces LNA ressemblent à de petits cubes situés à quelques centimètres des antennes, en haut des pylônes.

Exemples d'utilisation de LNA :



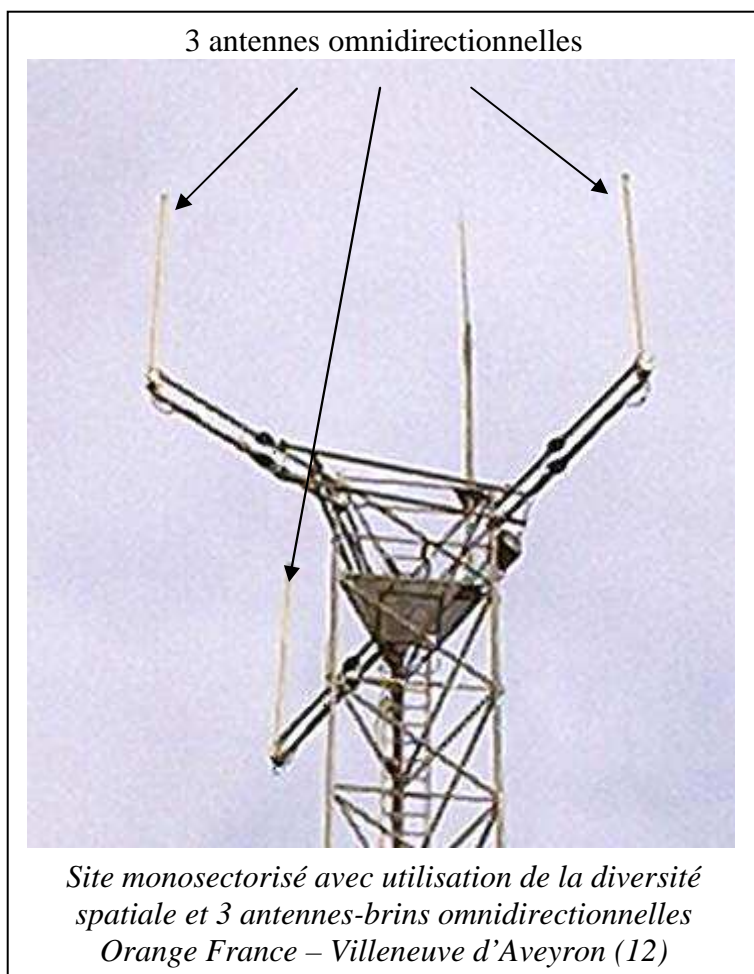
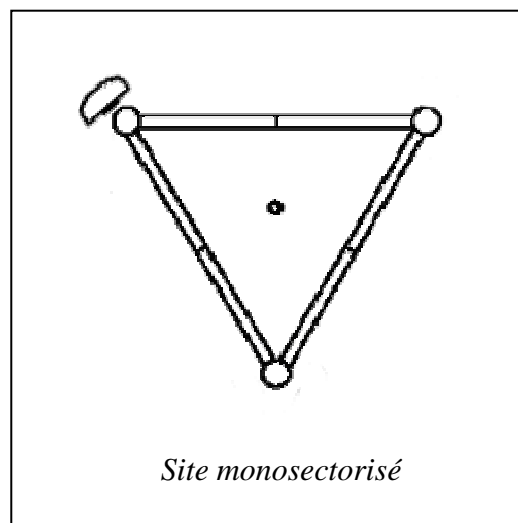
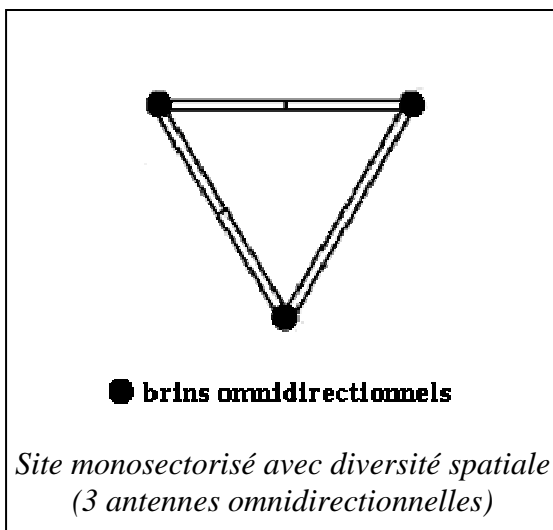
4.1.3. Sectorisation

Chaque relais GSM est partagé en plusieurs zones d'émission, une pour chaque antenne (sauf présence de diversité spatiale), habituellement jusqu'à 3 zones par relais, appelées aussi secteur ou cellule.

4.1.3.1. Monosectorisé

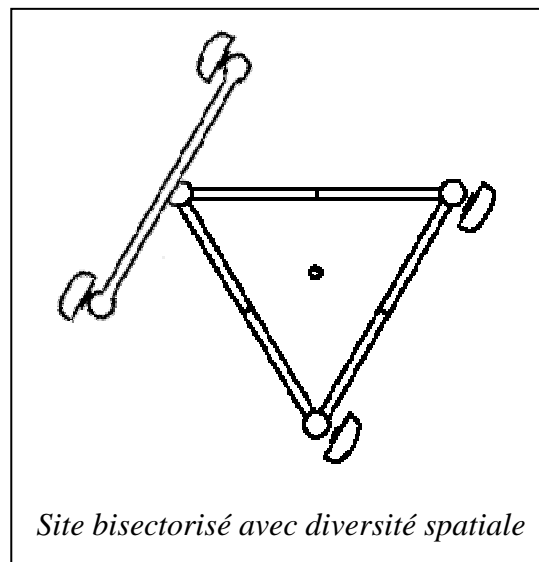
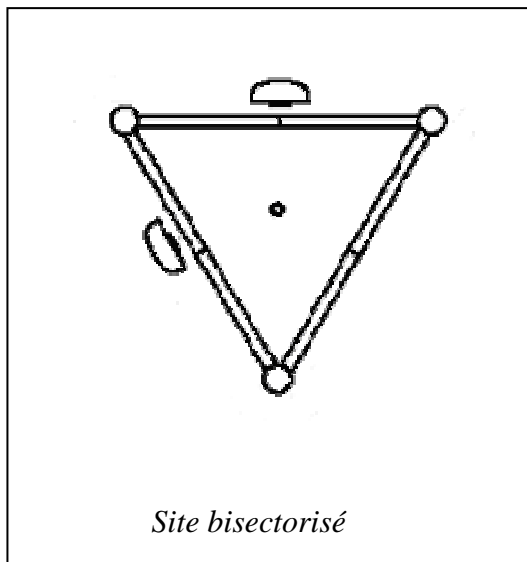
Est dit monosectorisé un site GSM qui ne possède qu'un seul secteur, c'est-à-dire qui ne gère qu'une seule cellule. Il y a une seule antenne, ou deux si la diversité spatiale est utilisée, voire jusqu'à trois pour certains sites omnidirectionnels constitués de trois brins omnidirectionnels.

Ce type de site omnidirectionnel est utilisé en zone rurale pour assurer une couverture assez importante, sans permettre une grande quantité de communications, ou en zone urbaine importante, pour micro cellule, afin de supporter des communications passées dans une zone réduite (centres commerciaux, rues piétonnes...). Un site monosectorisé avec panneau directionnel, peut être utilisé pour affiner une couverture locale, ou en zone rurale, au dessus d'une vallée encaissée, où les deux autres secteurs ne seraient pas utiles.



4.1.3.2. Bisectorisé

Un site bisectorisé est un site GSM qui possède deux secteurs, et donc deux cellules distinctes. Le site peut comporter au moins deux antennes et jusqu'à quatre si la diversité spatiale est utilisée. Ce type de site sert à couvrir des zones où seuls deux secteurs sont utiles (flanc d'une colline...).



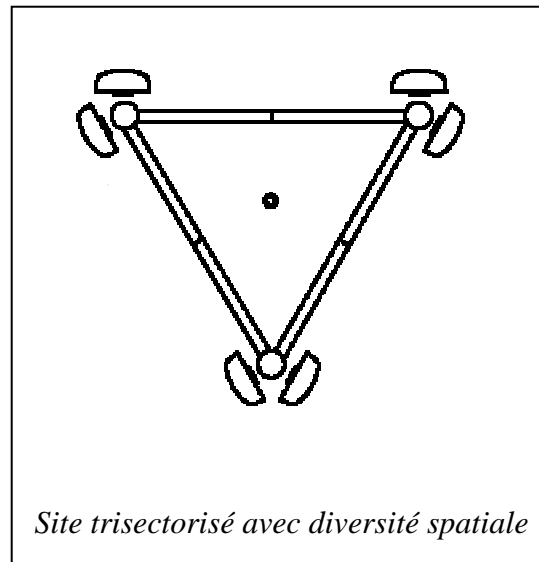
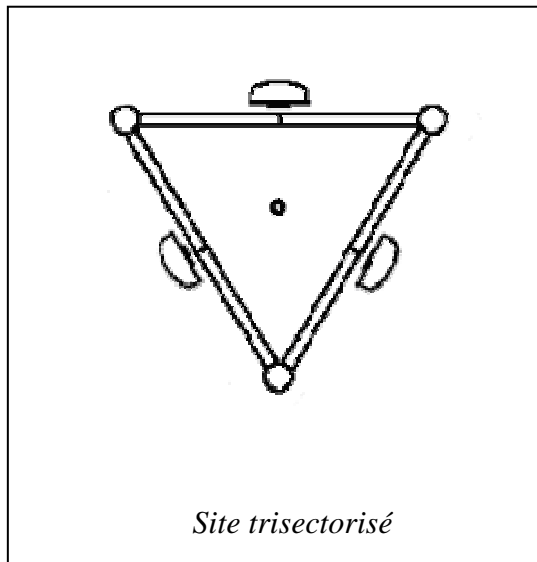
*Site bisectorisé avec 2 antennes-panneaux directionnelles
Bouygues Télécom – Firmi (12)*



*Site bisectorisé avec utilisation de la diversité spatiale et 4 antennes-panneaux directionnelles
SFR – Viviez (12)*

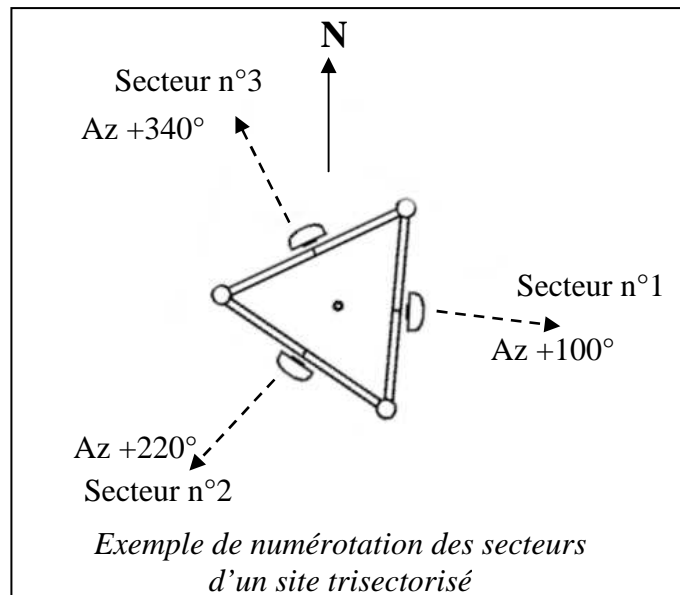
4.1.3.3. *Trisectorisé*

La majorité des sites GSM sont des sites trisectorisés, c'est-à-dire qu'ils sont constitués de trois cellules, ce qui permet une meilleure intégration au PDF (Plan De Fréquences). Ces sites sont très répandus en zone rurale et périurbaine, où la couverture n'est quasiment assurée qu'à partir de ce type de sites.



4.1.3.4. Numérotation

Les secteurs de chaque site sont numérotés. Le secteur n°1 est le secteur qui a l'azimut le moins élevé, c'est-à-dire, c'est le secteur dont l'azimut est le plus proche du Nord (Az 0°).



4.1.4. Câbles coaxiaux

Pour relier la BTS aux antennes, on utilise des câbles coaxiaux (ou feeders en anglais), qui peuvent atteindre jusqu'à une cinquantaine, voire exceptionnellement une centaine de mètres de longueur, pour parcourir la distance entre la BTS et les antennes. Ces câbles sont blindés et parfaitement isolés, de manière à n'introduire aucun parasite entre l'antenne et la BTS, mais surtout pour éviter les pertes.

Les câbles utilisés apportent une atténuation d'environ 2dB pour 100 mètres, ils ont très souvent un diamètre de $\frac{7}{8}$ pouce (environ 2,2 cm) et sont constitués de deux couches de cuivres, une au cœur et une autre vers l'extérieur, séparées par un isolant plastique.



Câble coaxial de marque Andrew

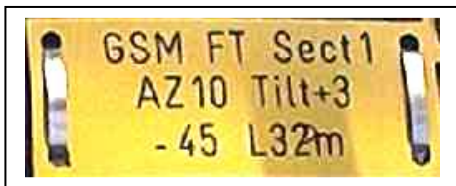
4.1.5. Etiquetage

Pour repérer les différents câbles, les installateurs d'antennes placent des étiquettes à des endroits où les câbles sont nombreux : pied du pylône, sortie du local technique...

Ces étiquettes contiennent une ou plusieurs des informations suivantes :

- azimut (« AZ »)
- tilt (« TILT »)
- n° de secteur (« SECT »)
- nom de l'opérateur GSM
- longueur du câble (« L »)
- signal traversant le câble : Emission (« EM »), Réception (« REC »), Diversité (« DIV »)
- nom du signal provenant de l'antenne, polarisation (« +45 »), (« -45 »)

Exemples d'étiquetage des câbles coaxiaux GSM :



« GSM FT » : Opérateur Orange F ; « Sect1 » : Secteur n°1
 « AZ 10 » : azimut 10° ; « Tilt+3 » : tilt de + 3°
 « -45 » à connecter sur l'entrée polarisation - 45° de l'antenne
 « L32m » : longueur du câble



« GSM SFR » : Opérateur SFR
 « EM » : à connecter sur l'antenne Émission
 « AZ 50 » : azimut 50°

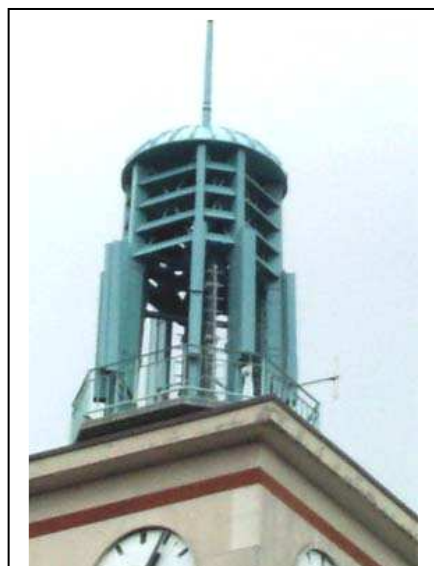
4.1.6. Camouflage

Les antennes GSM, même si elles ne sont pas particulièrement monstrueuses, ne plaisent pas, notamment aux ABF (Architectes des Bâtiment de France) ; c'est pour cela que les opérateurs utilisent quelques procédés pour les dissimuler.

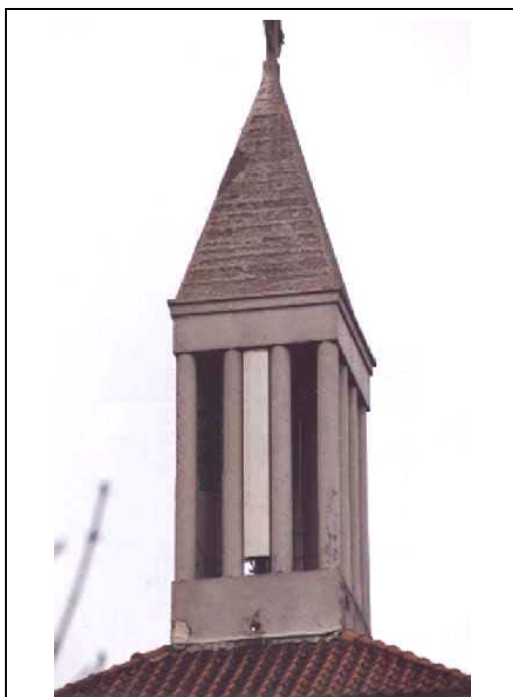
Voici quelques techniques rencontrées :

- intégration dans les faux plafonds des antennes pour micro cellules
- fausses cheminées
- peinture des antennes de la même couleur que le support
- fixation des antennes dans un espace très réduit (quelques centimètres de large)
- création d'une fausse couverture (semblant de mur de pierre en résine...)
- faux arbre-antenne métalliques

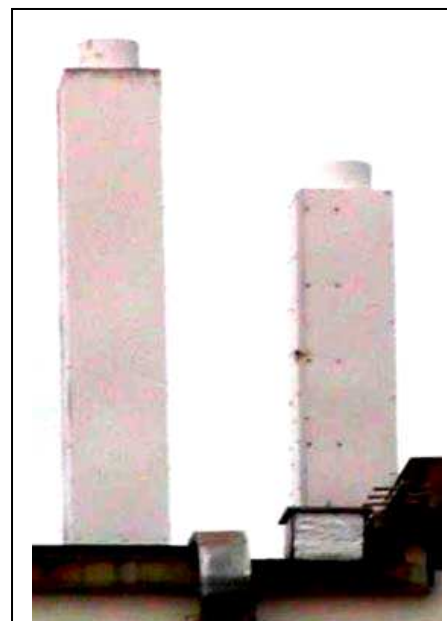
Après cet effort, les antennes ne peuvent plus se distinguer, sauf à être un fin connaisseur des relais GSM, et même, cela reste difficile.



Intégration en boîtier et peinture des antennes Orange France – Abbeville (80)



Insertion entre les montants du clocher Orange France - Boulogne (92)



Fausses cheminées SFR - Meudon (92)

4.2. Base Transceiver Station

La BTS est le premier élément électronique actif du réseau GSM, vu par le mobile. C'est l'élément intermédiaire entre le BSC qui reçoit des informations, donne des ordres et le mobile qui les exécute.

4.2.1. Schéma synoptique d'une BTS

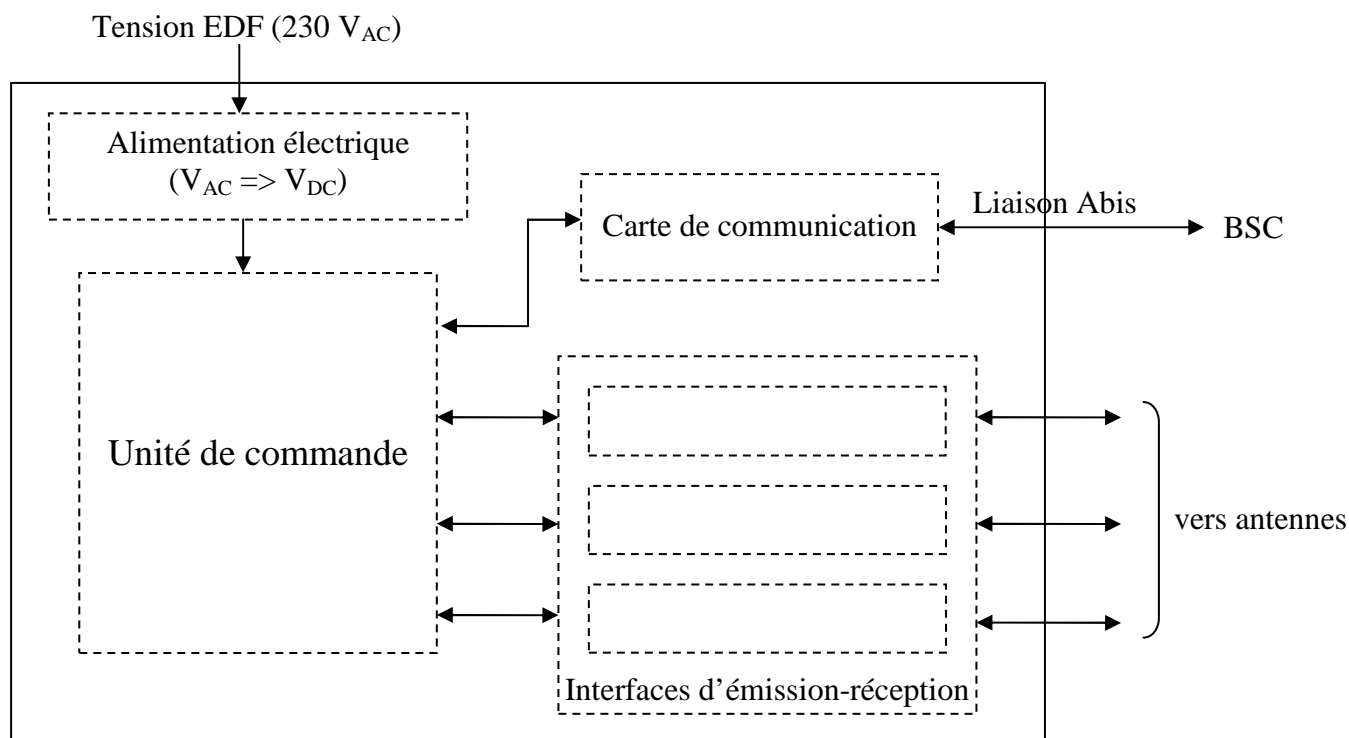


Schéma fonctionnel global d'une BTS

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

4.2.2. Éléments d'une BTS

Une BTS est composée d'une baie (grande armoire métallique) modulaire avec des emplacements disponibles pour enficher des cartes électroniques.

4.2.2.1. 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.

4.2.2.2. Alimentation

L'alimentation de la baie se fait avec la tension du réseau EDF 230V alternatif. Ensuite, le transformateur convertit cette tension en une tension continue pour l'alimentation de tous les 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.

4.2.2.3. *Unité de commande*

L'unité de commande est la partie essentielle de la BTS, elle gère tout son fonctionnement. Elle génère les fréquences de référence, crée les différentes porteuses, assure la modulation et démodulation des signaux, commande les amplificateurs de puissance, fournit les signaux aux TRX, et ceci sur tous les secteurs.

4.2.2.4. *Carte de communication*

La carte de communication est l'intermédiaire entre l'unité de commande de la BTS et le BSC. Cette carte gère la liaison Abis entre la BTS et le BSC.

4.2.2.5. *Interface d'émission-réception*

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

✚ TRX

Le TRX gère un canal de communication, soit 8 Time Slots. Ces TRX comprennent deux grandes parties : la gestion du signal radio basse puissance (appelée DRX chez Nortel Networks) et les amplificateurs de puissance réglables, (appelés PA pour Power Amplifier) qui permettent de régler la puissance envoyée à l'antenne.

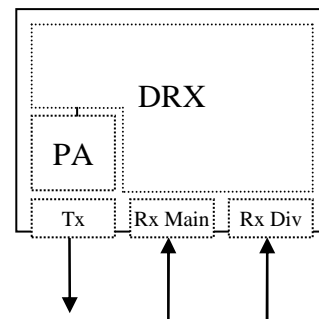


Schéma d'un TRX

Ces TRX sont les éléments qui définissent la capacité en nombre de communications d'un site puisque chacun d'entre eux peut gérer 8 Time Slots, soit 8 communications (signalisation mise à part). Il est à noter qu'au moins un Time Slot par TRX est attribué à la signalisation, et ne peut donc pas assurer de communication. Le prix moyen d'un TRX est de 4 000 €.

✚ Éléments de couplage

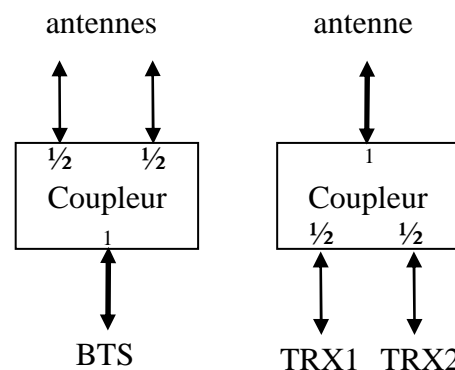
Ces éléments sont absolument nécessaires, puisqu'ils permettent d'associer ou de dissocier plusieurs signaux traversant une antenne. Il en existe trois différents types, qui peuvent être associés dans un seul bloc :

- Coupleur (coupler, en anglais)

Un coupleur permet de mélanger ou diviser des signaux. On rencontre principalement deux utilisations possibles :

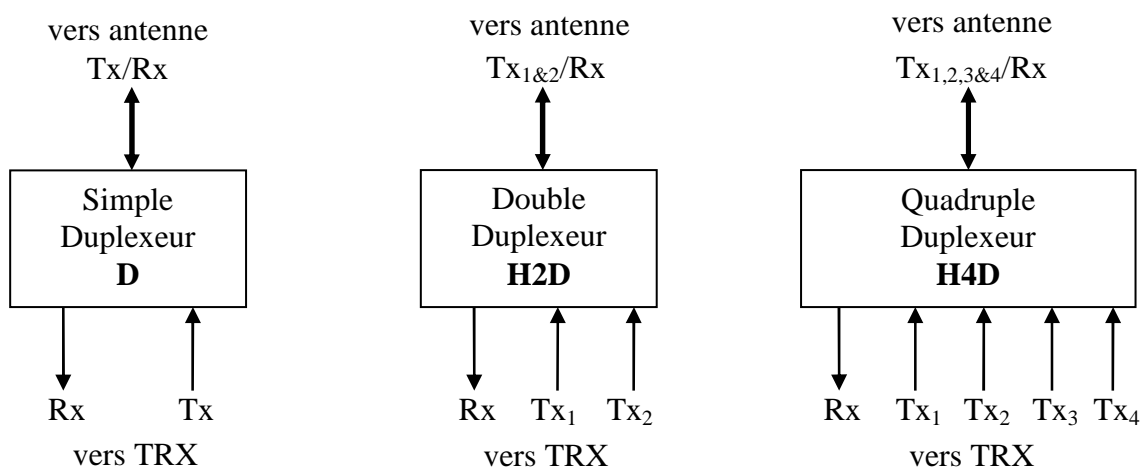
- diviser un signal en sortie de la BTS pour émettre vers deux antennes (répartir la puissance).
- mélanger les signaux de plusieurs TRX dans un même câble coaxial pour émettre via une seule antenne.

A noter : Les coupleurs doubles divisent la puissance par 2 dans chaque sortie, ils font donc perdre 3 dB. Les coupleurs quadruples divisent la puissance par 4 dans chaque sortie et font perdre 6 dB. Ces pertes n'existent que lorsque le signal circule dans le sens où il est « divisé » ; il n'y a pas de perte quand les signaux sont « mélangés ».



- Duplexeur (duplexer, en anglais)

Un duplexeur permet de coupler le signal d'émission et de réception du signal radio sur le même câble coaxial en direction de l'antenne. Le TRX émet vers l'antenne via le signal Tx et reçoit depuis l'antenne avec le signal Rx.



Un duplexeur simple (ou D) n'a qu'une entrée, et donc un seul TRX peut émettre sur cette antenne.

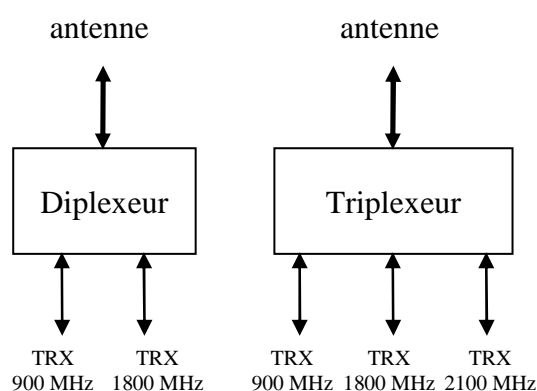
Un double duplexeur (avec coupleur à deux entrées intégré), appelé Coupleur Hybride Duplexeur (ou H2D) permet d'associer 2 TRX en entrée et de coupler les signaux d'émission et de réception dans le même câble coaxial.

Un quadruple duplexeur (avec coupleur à quatre entrées intégré), appelé Coupleur Hybride Duplexeur (ou H4D) permet d'associer 4 TRX en entrée et de coupler les signaux d'émission et de réception dans le même câble coaxial.

- Diplexeur, triplexeur (diplexer et triplexer, en anglais)

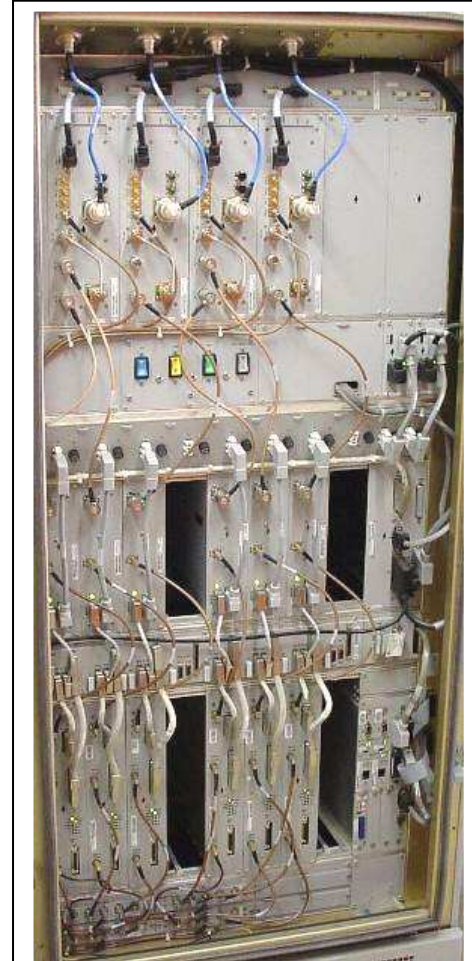
Le diplexage réalisé permet de mélanger les signaux de bandes de fréquences différentes.

Un diplexeur mélange deux bandes de fréquences, par exemple 900 et 1800 MHz, 1800 et 1900-2200 MHz ou 900 et 1900-2200 MHz. Un triplexeur peut en mélanger trois, par exemple 900, 1800 et 1900-2200 MHz.





*2 Baies Nortel Networks S8000 fermées
vues de l'extérieur*



*Intérieur d'une baie Nortel
Networks S8000*

4.3. Liaison Abis

La liaison Abis est le nom donné à la liaison entre la BTS (Base Transceiver Station) et le BSC (Base Station Controller) 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. La BTS étant un élément déporté du réseau, elle émet et reçoit des informations d'un côté avec la MS (Mobile Station : téléphone), elle les traite puis envoie d'autres informations au BSC qui, lui, donne des ordres à exécuter. La liaison Abis est donc une liaison importante qui demande des débits conséquents.

Il existe deux grands types de transmission d'informations pour la liaison Abis :

4.3.1. Liaison Louée (L.L.)

Les LL sont des liaisons numériques, assimilables à des liaisons téléphoniques constantes, non partagées, à haut débit garanti 24h/24h et avec un délai de remise en service après panne de quelques heures. Il peut être nécessaire d'utiliser plusieurs LL pour certains sites supportant un trafic important. Ces LL sont proposées par les opérateurs importants (France Telecom, Telecom Développement...), elles sont facturées au débit et à la distance entre les points reliés.

4.3.2. Faisceau Hertzien (F.H.)

Un FH est une liaison radio spécialisée, composée de 2 antennes émettrices-réceptrices ultra directionnelles pointées exactement l'une vers l'autre, sans obstacle intercalé. Lorsque le BSC est très éloigné du MSC, il peut arriver que la liaison soit assurée par plusieurs couples de FH. Un FH a souvent un débit de 2 Mbit/s, il est donc nécessaire sur certains sites à capacité importante d'en utiliser plusieurs.



Antenne d'un Faisceau Hertzien

Comme on peut le voir sur la photo de droite, si l'on veut faire changer de direction un FH, on peut utiliser un réflecteur (grand panneau blanc, en haut) qui réfléchit, comme un miroir l'onde provenant d'une antenne pour la renvoyer vers une autre direction. On peut aussi utiliser un couple supplémentaire d'antennes, comme les deux antennes (en bas) où une antenne reçoit et l'autre réémet et vice versa.



Deux types de déviation d'un FH

La liaison Abis peut-être composée d'une combinaison de différents types de transmissions sur la distance séparant le BSC de la BTS. Par exemple : FH de la BTS à un point intermédiaire, LL de ce point vers un autre point, puis FH jusqu'au BSC.

5. Exemple de relais

Le site GSM pris en exemple fait partie du réseau Orange F, dans le sud de la France. C'est un relais bibande, bisectorisé.

5.1. Composition du site :

✚ Secteurs

Le site comporte deux secteurs, chacun en 900 et 1800 MHz :

Secteur n°1 : azimut 160°

Secteur n°2 : azimut 220°

✚ Antennes

Une antenne bi-bande DAPA 48210-382DT par secteur. Caractéristiques de cette antenne :

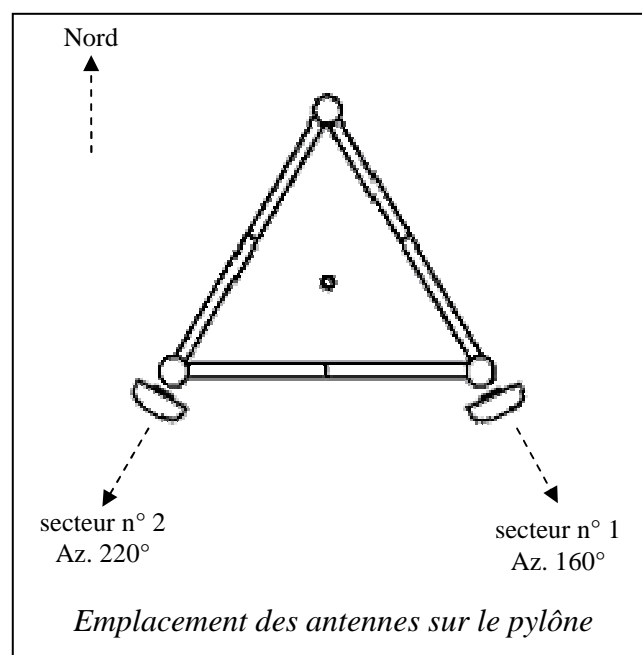
- couverture - plan horizontal : 68°
- couverture DCS - plan vertical : 6,5°-7,5°
- couverture GSM - plan vertical : 6,5°-7,5°
- tilt électrique DCS variable de -2° à -8°
- tilt électrique GSM variable de -2° à -8°
- 2 connecteurs DIN $\frac{7}{16}$ pouce, situés en bas de l'antenne
- double polarisation +/- 45°
- diplexeur 900-1800 MHz intégré

✚ Baie - TRX

Deux baies Nortel Networks S8000, une BTS en 900 MHz avec 3 TRX par secteur, une BTS en 1800 MHz, avec 2 TRX par secteur.

Chaque secteur du site en 900 MHz est équipé de 3 TRX

Chaque secteur du site en 1800 MHz est équipé de 2 TRX



5.2. Schéma des connexions du site

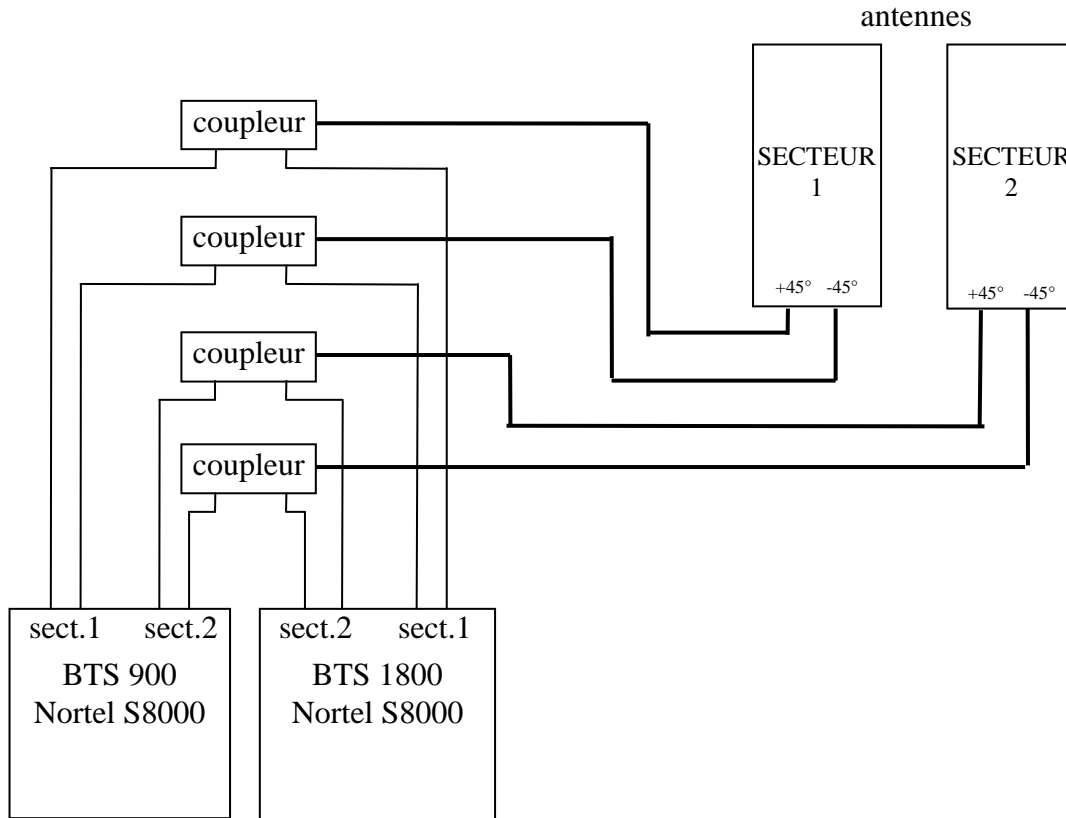
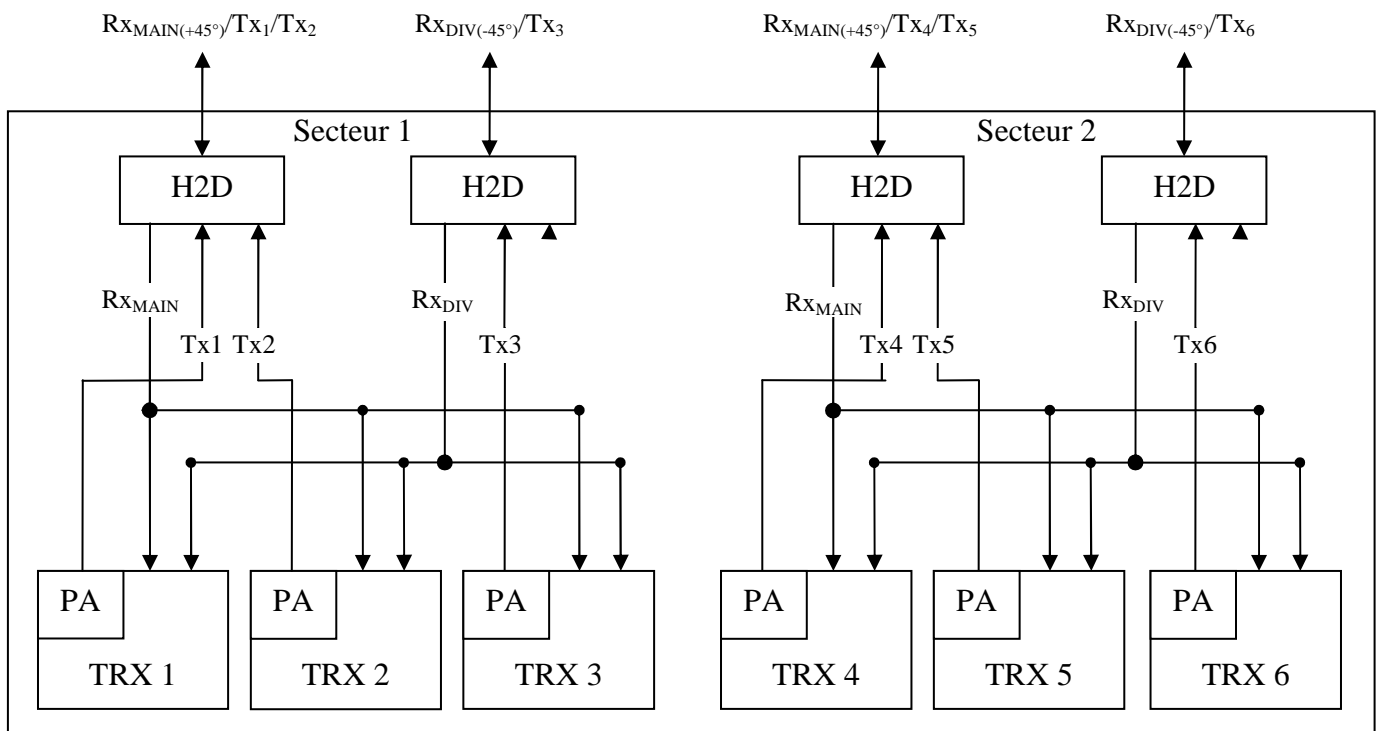


Schéma des connexions du site

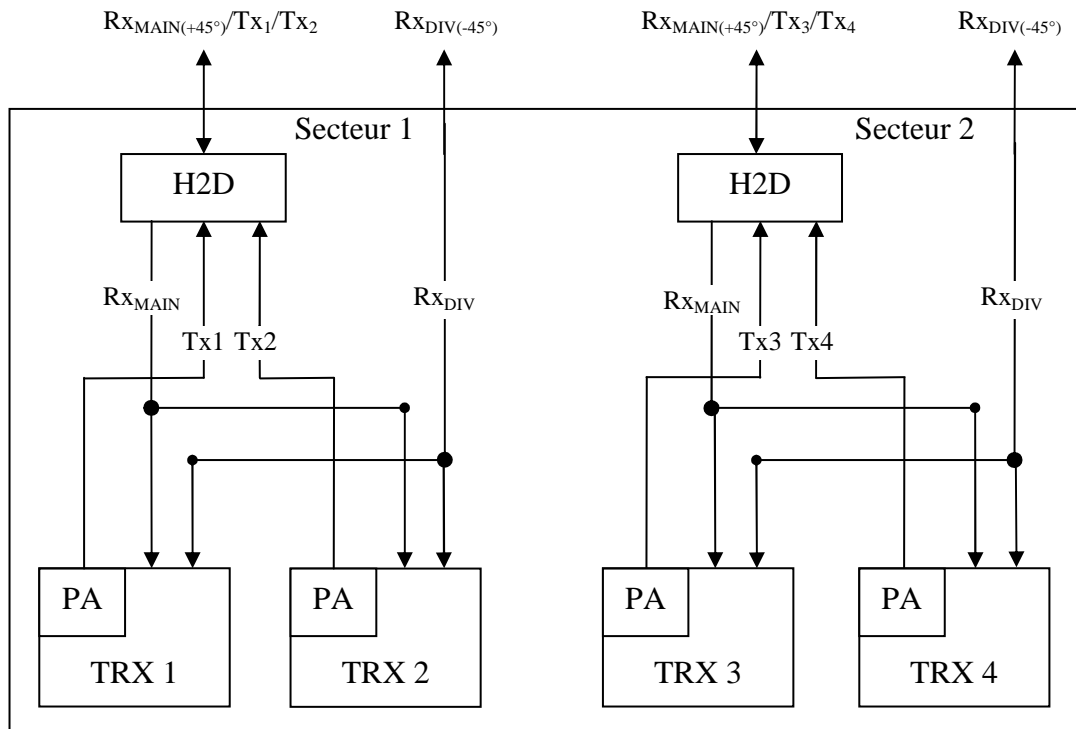
5.3. Schéma des connexions des BTS

5.3.1. BTS 900 MHz



Composition de la BTS Nortel S8000 – 900 MHz

5.3.2. BTS 1800 MHz



Composition de la BTS Nortel S8000 – 1800 MHz

5.4. Bilan des puissances :

5.4.1. BTS 900 MHz

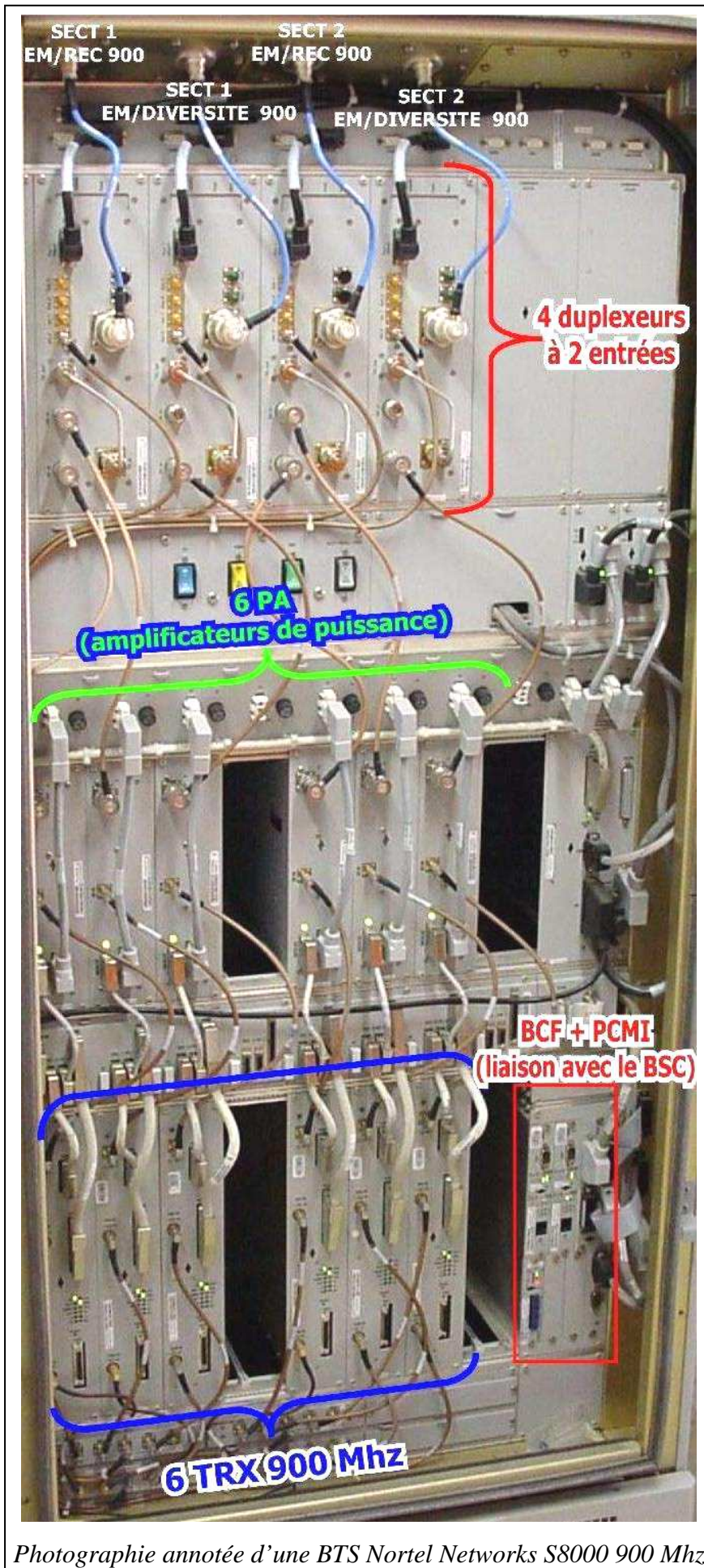
TRX	2 dBm
PA	+ 36 dBm
Coupleurs-Duplexeurs	- 3 dBm
Coax	- 2 dBm
Gain antenne	+ 14 dBi
PAR	47 dBm

La puissance d'émission des antennes en 900 MHz est de 47 dBm, soit 50 Watts de PAR.

5.4.2. BTS 1800 MHz

TRX	2 dBm
PA	+ 30 dBm
Coupleurs-Duplexeurs	- 3 dBm
Coax	- 2 dBm
Gain antenne	+ 16 dBi
PAR	43 dBm

La puissance d'émission des antennes en 1800 MHz est de 43 dBm, soit 20 Watts de PAR.



Photographie annotée d'une BTS Nortel Networks S8000 900 Mhz

Baie Outdoor Nortel Networks S8000 – 900 MHz

Nous pouvons voir à gauche les 4 duplexeurs-coupleurs à 2 entrées ; le premier duplexeur reçoit la sortie des TRX 1 et 2, le deuxième reçoit le TRX 3, le troisième les TRX 4 et 5, et le quatrième et dernier duplexeur reçoit le signal du TRX 6.

Les Amplificateurs de puissance ont un fonctionnement très simple : une entrée, une sortie et une commande qui permet à l'unité de commande de la BTS de fixer le gain des amplificateurs.

On voit ici les 6 TRX du site, les trois premiers font partie du secteur 1 et les trois derniers sont utilisés dans le secteur 2.

La carte BCF, située sur la droite, gère la communication entre le BSC et la BTS, via la liaison Abis.

6. Maintenance des relais

Chaque opérateur possède des Unités Réseau, ce sont des centres régionaux qui couvrent chacun une (ou plusieurs) dizaine(s) de départements, et qui y assurent le bon fonctionnement du réseau : étude de nouveaux sites, organisation de la maintenance, organisation des BSC, MSC...

Il existe aussi chez chaque opérateur une UNS : Unité Nationale de Supervision, elle est située à Lyon pour Orange F, et dans la région parisienne pour Bouygues Télécom et SFR. Cette UNS surveille 24h/24h le fonctionnement de tous les relais, des MSC, BSC...

Si une panne est détectée, l'UNS ou l'UR organise la maintenance en envoyant du personnel qualifié qui travaille pour l'opérateur, ou pour l'entreprise qui a installé le site en question. La durée d'intervention peut être de quelques heures s'il s'agit d'un site GSM très important d'une grande ville à quelques jours, voire une semaine, si cela se passe dans une zone rurale, non stratégique.

7. Reconnaître un site GSM

Les sites GSM sont très variés et utilisent des matériels différents, dans des configurations souvent différentes, suivant la zone à couvrir : relief, taille de la cellule...

7.1. Configurations courantes

On peut tenter de résumer les configurations les plus courantes dans un tableau, en classant les sites suivant le nombre d'antennes dont ils sont composés.

Il est à noter que ce tableau ne comporte que les configurations courantes des sites utilisant une seule bande de fréquences ; si l'on rajoute les antennes 1800 MHz (ou 2100 MHz), le nombre d'antennes peut atteindre 12, et prendre toutes les valeurs intermédiaires.

Nbre d'antennes	Sectorisation	Type d'antennes
1	monosectorisé	1 antenne-panneau
		1 antenne-brin
2	bisectorisé	2 antennes-panneaux
		2 antennes-brins
	monosectorisé	2 antennes-panneaux en diversité spatiale
		2 antennes-brins en diversité
3	trisectorisé	3 secteurs avec antennes-panneaux
	monosectorisé	3 antennes-brins ou 3 antennes panneaux (2 Rx et 1 Tx)
	bisectorisé	1 antenne (secteur 1) + 2 antennes en diversité (secteur 2)
4	bisectorisé	2 antennes en diversité
	trisectorisé	1 antenne (secteur 1 et 2) + 2 antennes en diversité (secteur 3)
5	trisectorisé	1 antenne (secteur 1) + 2 antennes en diversité (secteur 2 et 3)
6	trisectorisé	2 antennes-panneaux en diversité spatiale sur 3 secteurs
9	trisectorisé	3 antennes sur chacun des 3 secteurs (2 Rx et 1 Tx)

7.2. Dimension des antennes

On peut essayer de reconnaître les fréquences utilisées par un site, suivant la taille des antennes. En effet, la taille des antennes dépend de la longueur d'onde et donc de la fréquence elle-même. Attention : par exemple des antennes bibandes ne permettront pas de déterminer les fréquences utilisées puisqu'elles peuvent n'être utilisées qu'en 900 MHz et/ou 1800 MHz.

On peut dire que généralement, les antennes émettant en 900 MHz font plus de 1,5 mètre de hauteur, alors que les antennes qui émettent en 1800 MHz ont une taille inférieure à 1,5 mètre.

7.3. Nombre d'entrées des antennes

On peut déduire les caractéristiques des antennes, suivant le nombre de leurs entrées. Sur ces entrées sont connectés les câbles coaxiaux.

On peut établir une liste de caractéristiques, suivant le nombre d'entrées des antennes :

- **1 entrée par antenne**
polarisation verticale

- **2 entrées par antenne**
polarisation + 45°
et polarisation - 45°
OU polarisation verticale 900 MHz
et polarisation verticale 1800 MHz
OU Émission Tx
et Réception Rx séparés avec duplexeur intégré

- **4 entrées par antenne**
900 MHz à polarisation + 45°
et 900 MHz à polarisation - 45°
et 1800 MHz à polarisation + 45°
et 1800 MHz à polarisation - 45°.

GLOSSAIRE

Abis

La liaison Abis est le nom donné à la liaison entre le BSC et la BTS, cette liaison peut-être réalisée par un Faisceau Hertzien, une Liaison Louée, ou par une combinaison de ces deux liaisons.

ANF

Agence Nationale des Fréquences - <http://www.anf.fr>

L'ANF (ex-CORESTA) est l'autorité française, établissement public administratif qui est chargé d'organiser le spectre radioélectrique au bénéfice de tous les utilisateurs. Pour cela, l'ANF doit planifier l'utilisation des fréquences, contrôler l'utilisation des ressources radio en France, et se charger des négociations internationales d'utilisation du spectre.

Azimut

L'azimut est la direction principale d'émission d'une antenne. Il est exprimé en degrés et est compté positivement dans le sens horaire, en partant du nord (azimut 0°).

Bibande

Un site, une antenne ou un téléphone bibande signifie que cet élément a la capacité de fonctionner dans deux bandes de fréquences différentes : 900 et 1800 MHz, 1800 et 1900-2200 MHz, 900 et 1900-2200 MHz...

Bimode

Un site, une antenne ou un téléphone bimode signifie que cet élément fonctionne à la fois avec le système de téléphones mobiles de 2^{ème} génération GSM, mais aussi avec le système de 3^{ème} génération UMTS.

Bisectorisé

Un site GSM bisectorisé est un relais GSM dont la zone de couverture est décomposée en deux cellules, ou deux secteurs.

Bouygues Télécom

Opérateur de téléphonie mobile français, filiale du groupe Bouygues. Troisième opérateur français en nombre d'abonnés.

BSC

Base Station Controller – Contrôleur de station de base

Le BSC est le système qui gère le fonctionnement des BTS. Il est composé de nombreuses cartes électroniques interfacées sur un micro ordinateur qui permet de commander et configurer les BTS dont il a la charge.

BSS

Base Station Sub-system – Sous-système station de base, Sous-système radio

Le BSS est l'ensemble des éléments radio du réseau GSM situés autour de la BTS, il regroupe la MS, la BTS et le BSC.

BTS

Base Transceiver Station – Station de base émettrice-réceptrice

La BTS est le premier élément électronique « vu » par le téléphone, elle se trouve près des antennes, dans une baie métallique. La BTS est constituée de nombreuses cartes électroniques qui organisent la liaison entre le téléphone et le réseau GSM.

Cellule

Cell – Cellule

Une cellule est une zone géographique dont la couverture est assurée par un secteur d'un relais GSM. Chaque cellule se caractérise par une voie balise (ou BCCH) qui est le canal que le mobile écoute en veille.

dB : *rapport de puissance en décibel*

Pour la mesure des niveaux sonores, des puissances des matériels de radiodiffusion, et plus généralement de tous les systèmes qui présentent un gain (en courant, tension, puissance...), c'est à dire une amplification entrée la sortie et l'entrée, il a été choisi une unité très particulière, et non linéaire : le décibel. Cette unité donne une grande amplitude aux amplifications comprises entre 0 et 1, et une petite amplitude aux grandes valeurs d'amplification.

Par exemple, pour un système qui reçoit en entrée une tension de 5V ; si en sortie la tension est de 2 V, l'amplification est de 0,4, soit -8 dB environ ; si en sortie la tension est de 15 V, l'amplification est de 3, soit environ +9,5 dB.

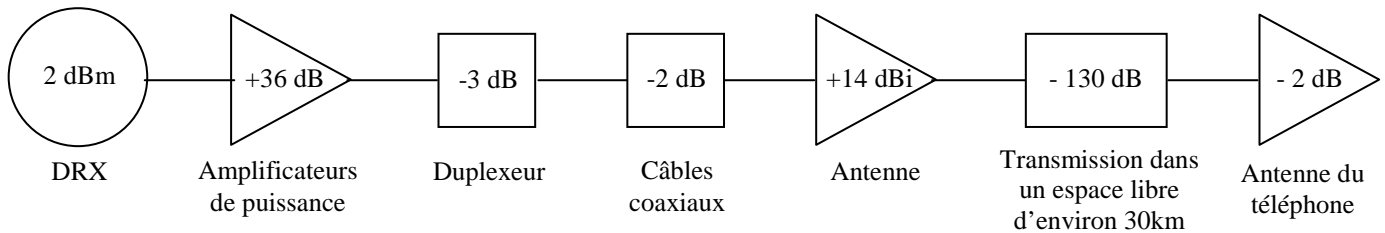
A noter : Quand la valeur en sortie (courant, tension, puissance...) est de niveau inférieur à l'entrée, le système ne produit pas réellement une amplification, mais une atténuation, qui donne une valeur négative en dB.

dBm : *unité de puissance par rapport à un milliwatt*

Dans le cas des émetteurs de radiofréquence, on utilise le décibel pour donner le gain des différents éléments, mais on prend pour référence le milliwatt sur une impédance de 50 Ω , c'est-à-dire un millième de watt, l'unité n'est plus écrite dB, mais dBm, lu : « décibel par rapport à un milliwatt. ». De cette façon, 1 milliwatt devient la référence et vaut 0 dBm. S'il y a une

amplification et si la puissance de sortie est plus importante que la puissance d'entrée, le gain est supérieur à 0 dBm. Si l'on reçoit à une distance importante, on recevra beaucoup moins qu'un milliwatt, et dans ce cas, ce sera inférieur à 0 dBm. Par exemple, 10 W correspond à 40 dBm, et 10 μW correspond à -20 dBm.

En GSM, on a affaire à la fois des puissances importantes, de quelques dizaines de watts en émission et des puissances extrêmement faibles de quelques nano (10⁻⁹), voire pico (10⁻¹²) ou femtowatts (10⁻¹⁵) lorsqu'il s'agit de réception. C'est pourquoi, afin de simplifier l'expression de ces puissances, on utilise une unité logarithmique comme le dBm (ou dès fois, le dBw, dB par rapport au watt, pour le côté émission).



Exemple de bilan des puissances d'un site GSM 900 MHz

Dans le cas représenté ci-dessus, à 30 km le niveau de réception serait de -85 dBm, alors qu'à quelques dizaines de mètres du relais, le niveau de réception serait d'environ -30 dBm.

Voici un tableau qui liste des valeurs utiles de niveaux de réception en dBm et Watts :

Puissance reçue		Puissance reçue		Puissance reçue	
en dBm	en Watts	en dBm	en Watts	en dBm	en Watts
-110	10 fV	-20	10 μW	34	2,5 W
-105	32 fW	-10	100 μW	36	4 W
-103	50 fW	0	1 mW	38	6,3 W
-100	100 fW	5	3,2 mW	40	10 W
-90	1 pW	10	10 mW	41	12,6 W
-80	10 pW	15	32 mW	42	15,8 W
-70	100 pW	20	100 mW	43	20 W
-60	1 nW	25	320 mW	44	25 W
-50	10 nW	30	1 W	45	31,6 W
-40	100 nW	32	1,6 W	46	40 W
-30	1 μW	33	2 W	47	50 W

Ce tableau contient des valeurs arrondies, que l'on obtient grâce aux formules suivantes :

$$P_{watts} = \frac{10^{(0,1 \times P_{dBm})}}{1000}$$

$$P_{dBm} = 10 \log(1000 \times P_{watts})$$

A savoir que :

- 1 000 mW = 1 W
- 1 000 μW = 1 mW
- 1 000 nW = 1 μW
- 1 000 pW = 1 nW
- 1 000 fW = 1 pW
- m : mili, 10⁻³
- μ : micro, 10⁻⁶
- n : nano, 10⁻⁹
- p : pico, 10⁻¹²
- f : femto, 10⁻¹⁵

dBi : gain par rapport à une antenne isotrope

Le dBi exprime en dB le gain d'une antenne par rapport à une antenne isotrope qui émet la même quantité d'énergie dans toutes les directions. Ce type d'antenne n'existe physiquement pas, ce n'est qu'une conception théorique, destinée à donner une référence en terme de gain.

dBw : unité de puissance logarithmique (par rapport à un watt)

Comme le dBm, le dBw est une unité de puissance logarithmique. 0 dBw vaut 1 watt ou 30 dBm, et 0 dBm vaut 1 milliwatt ou -30 dBw.

Diversité

Diversité de fréquence – Diversité fréquentielle

La diversité de fréquences est la technique d'utilisation de plusieurs fréquences pendant la communication vers la BTS, elle est aussi appelée saut de fréquence, Hopping, ou Frequency Hopping. Ceci permet de lutter contre les évanouissements sélectifs (fading) et de moyenniser le brouillage, en changeant de fréquence 217 fois par seconde.

Diversité de polarisation

La diversité de polarisation est la technique d'utilisation de plusieurs plans de polarisation pour la réception des signaux en provenance du mobile.

Diversité spatiale

La diversité spatiale consiste en l'utilisation de plusieurs antennes pour favoriser de manière importante la réception des signaux en provenance du mobile.

La diversité spatiale donne de meilleurs résultats, en terme de gain attendu, que la diversité de polarisation.

Down-tilt

Down-tilt – Inclinaison vers le bas

Voir « Tilt ».

DRX

Appellation Nortel Networks du TRX, qui est le principal élément d'émission-réception de la BTS. Voir « TRX ».

Fading

Fading – Evanouissement

Le fading ou évanouissement sélectif du signal est la conséquence des trajets multiples des ondes émises par la BTS, qui amène le signal à s'atténuer fortement en certains points.

Feeders

Feeders – Câbles d'alimentation

Pour les GSM, les feeders sont les câbles coaxiaux blindés qui assurent le transit des signaux (Tx & Rx) entre les antennes et la BTS.

FH

Faisceau Hertzien

Un FH est une liaison hertzienne assurée par deux antennes en visibilité directe et à très faible diagramme d'ouverture, ce mode de transmission est très souvent utilisé pour la liaison Abis.

Frequency Hopping

Voir « Hopping ».

Gain

Dès qu'il y a une amplification et que la puissance de sortie d'un appareil est plus importante que la puissance d'entrée, il y a un gain. Il est exprimé en dB (voir « dB »).

GSM

Global System for Mobile communications – Système global de communications mobiles

Le GSM est une norme dont le contenu dépasse 10 000 pages et qui a débuté en 1979. Le développement de la première phase de cette norme s'est terminé en 1990, alors que les premiers réseaux ouvraient en Europe. Cette norme de télécommunications mobiles de 2^{ème} génération, choisit la transmission numérique avec multiplexage temporel (TDMA).

Hopping

Hopping – Saut de fréquence, diversité fréquentielle

Voir « Diversité de fréquences »

Indoor

Indoor – À l'intérieur

Une micro cellule indoor est une cellule dont la zone de couverture principale est située à l'intérieur d'un bâtiment.

LL

Liaison Louée

Une Liaison Louée est une liaison numérique filaire qui est souvent utilisée pour assurer le transit des données entre la BTS et le BSC, via la liaison Abis.

LNA

Low Noise Amplifier – Amplificateur à faible bruit

Ces amplificateurs se trouvent à quelques centimètres des antennes, ils permettent d'amplifier le signal en provenance du GSM, avant son passage dans les câbles coaxiaux en direction de la BTS.

Longueur d'onde

La longueur d'onde d'un signal est la distance parcourue pendant un temps égal à sa période. On obtient la longueur d'onde en suivant l'équation :

$\lambda = \frac{c}{f}$	λ : longueur d'onde en mètres
	c : vitesse de la lumière ($3 \cdot 10^8$ m/s)
	f : fréquence en Hertz

Monosectorisé

Un site GSM monosectorisé est un relais GSM dont la zone de couverture est composée d'une seule cellule, et dont la couverture est très souvent assurée par une antenne omnidirectionnelle.

MS

Mobile Station – Station mobile, téléphone portable

Téléphone mobile dans un réseau de téléphonie mobile GSM.

MSC

Mobile services Switching Centre – Centre de commutation des services mobiles

C'est le nom du centre, du commutateur dans lequel est géré le passage d'une communication GSM vers le RTCP. Ces centres sont souvent situés dans les villes importantes de chaque région : Paris, Lyon, Marseille, Toulouse, Montpellier...

Pour connaître le MSC qui vous prend en charge, vous pouvez appeler le :

- 290 (gratuit) pour Orange F
- 06.09 (ou 06.11 ou 06.12) + 00.00.00. (prix d'un appel normal) pour SFR
- 06.60.31.09.99 (prix d'un appel normal) pour Bouygues Telecom.

NSS

Network Sub-System – Sous-système réseau

Nom donné aux éléments du réseau GSM qui assurent la transmission des communications des BSC au RTCP. Le sous-système réseau est composé des MSC, des VLR et des HLR.

Orange F

Opérateur de téléphonie mobile français, filiale à 100 % de France Télécom. Premier opérateur français en nombre d'abonnés.

ORTF

L'Office de radiodiffusion-télévision française (ou ORTF) était un établissement public à caractère industriel et commercial, français en charge du service public de l'audiovisuel, créé le 27 juin 1964 et supprimé le 31 décembre 1974.

Outdoor

Outdoor – À l'extérieur

Une cellule outdoor est une cellule dont la zone de couverture principale est située à l'extérieur.

PA

Power Amplifier – Amplificateur de puissance

Ces éléments se trouvent dans les armoires métalliques contenant la BTS. Ce sont les amplificateurs principaux des BTS, en les réglant à distance, on fixe la puissance d'émission des sites GSM.

PAR

Puissance Apparente Rayonnée

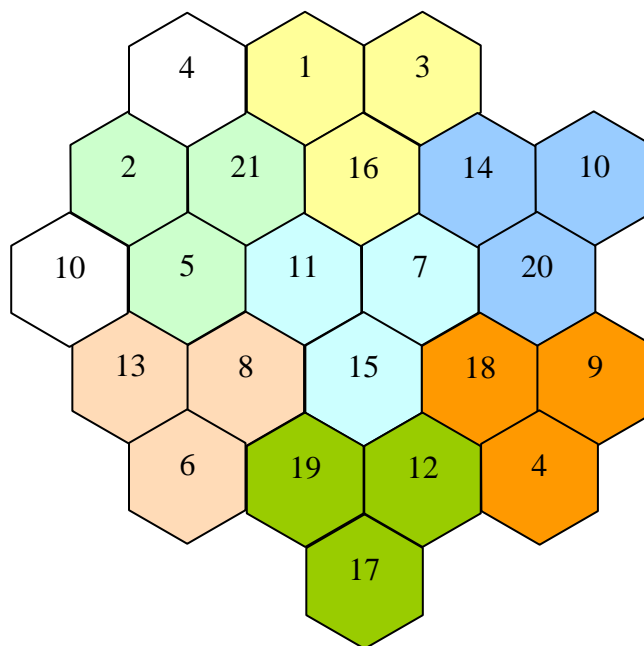
On utilise la PAR pour caractériser la puissance d'émission des sites GSM, de radiodiffusion ou télédiffusion. On utilise aussi la PIRE (Voir « PIRE ») que l'on obtient avec l'équation :

$$\text{PIRE} = \text{PAR} + 2,15 \text{ dB}$$

PDF

Plan De Fréquences

Le PDF sert à organiser les fréquences utilisées par les différentes cellules, de manière à éviter les perturbations entre cellules (brouillage intercellulaire), tout en permettant une réutilisation de ces fréquences. Le brouillage existe lorsque deux cellules proches utilisent la même fréquence (c'est-à-dire le même canal) ; dans ce cas, il peut y avoir de graves problèmes pour assurer des communications de bonne qualité. C'est pour cela que les opérateurs établissent des motifs réguliers de réutilisation des canaux.



*Exemple de motif régulier à 21 voies balises.
Chaque site trisectorisé est représenté par une couleur.*

PIRE

Puissance Isotrope Rayonnée Équivalente - EIRP (Equivalent Isotrop Radiated Power)

LA PIRE est utilisée, comme la PAR, pour caractériser la puissance d'émission des sites GSM, de radiodiffusion ou télédiffusion. On obtient avec la PAR avec l'équation : $PAR = PIRE - 2,15 \text{ dB}$.

PLMN

Phone Land Mobile Network – Réseau de téléphonie mobile

Un PLMN est un réseau de téléphonie mobile, comme par exemple le réseau d'Orange ou de SFR en France.

Puissance

Exprimée en watts (W) ou décibel par rapport à un milliwatt (dBm).

Voir « dB ».

RTCP

Réseau Téléphonique Commuté Public

Le RTCP est le réseau téléphonique fixe établi par France Télécom en France. Il est composé de toutes les lignes téléphoniques ainsi que des différents centraux.

SFR

Société Française du Radiotéléphone

Opérateur de téléphonie mobile français, filiale du groupe Cegetel (Vivendi Universal). Deuxième opérateur français en nombre d'abonnés.

Shelter

Shelter – abri, local technique

Les shelters sont utilisés pour abriter le matériel d'émission GSM, de radiodiffusion, ou de télédiffusion. Ils sont souvent en bâtiments préfabriqués de petite taille, et se trouvent au pied des pylônes.

Station de Base

Voir « BTS ».

Tilt

Tilt – Inclinaison

Le tilt est utilisé pour diriger le faisceau de l'antenne vers le haut (tilt positif) ou, plus souvent, vers la bas (down-tilt, tilt négatif négative). L'inclinaison peut se faire de deux façons, souvent complémentaires : tilt mécanique réalisé par une inclinaison de l'antenne (vers le haut ou le bas), et tilt électrique, réalisé par légère modification des caractéristiques électriques de l'antenne.

Time Slot

Time Slot (TS) – Créneau temporel

Le Time Slot est l'unité temporelle principale utilisée dans le multiplexage des canaux GSM. La trame TDMA est composée de 8 Time Slots numérotés de 0 à 7 ; ces 8 TS sont gérés par le même TRX. Chacun de ces TS dure 576,9 μ s et contient les informations (burst) transmises par le téléphone en voie montante ou par le réseau en voie descendante.

Tribande

Un site, une antenne ou un téléphone tribande signifie que cet élément a la capacité de fonctionner dans trois bandes de fréquences différentes : 900, 1800 et 1900 MHz ou 1800, 1900 et 1900-2200 MHz...

TRX

Transceiver – Émetteur-récepteur

Le TRX est l'élément essentiel de la BTS puisque c'est lui qui gère la communication avec les mobiles. Chaque TRX gère 8 Time Slots et le nombre de TRX définit la capacité du relais GSM en nombre de communications simultanées. Chaque TRX peut supporter environ 7 communications simultanées en EFR.

TS

Voir « *Time Slot* »

Um

La liaison Um est le nom donné à la liaison entre la MS et la BTS. Cette liaison est effectuée entre les antennes de la BTS et l'antenne du téléphone (MS)

UMTS

Universal Mobile Telecommunications System – Système Universel de Télécommunications Mobiles

L'UMTS est une nouvelle norme de téléphonie mobile, dite de 3^{ème} génération, qui promet des débits théoriques très importants, en permettant par exemple la vidéo sur téléphone mobile. Les réseaux UMTS ont commencé à être développés en France au début de l'année 2002, et sont disponibles dans les grandes villes depuis le début de l'année 2004. Les fréquences utilisées, proches des 1900-2200 MHz ne permettent pas une bonne pénétration des ondes à l'intérieur des bâtiments.