

**Institut supérieur des études technologique  
En communication de Tunis**

## **Projet de fin d'études**

**ETUDE ET PLANIFICATION D'UNE ZONE A L'AIDE  
DE LA TECHNIQUE RADIO (WLL) ET LA  
TECHNIQUE FILAIRE.**

**Réalisé par :**

**Eessouidi kamel  
&  
Elkroumi Mourad  
TS 5- Télécommunications**

**Encadré par**

**M. Hrizi Ayachi**

---

**2001/2002**

## **Introduction général :**

Actuellement le secteur des télécommunications est indispensable pour le fonctionnement des différents composants active du pays, de ce fait, il faut « Tunisie télécoms » ne cesse de prendre des actions pilotes pour améliorer le niveau de ce secteur et être aligné avec le développement technologique qui règne dans le monde entier. En effet le secteur des télécommunications est l'un des secteurs primordiaux de constitution et de développement et dont l'un des buts est de fournir le plus rapidement un accès économiquement abordable à tous, ce qui est dans le cadre d'un système de télécommunication et d'information capable d'améliorer et de faciliter les échanges dans l'éducation, la santé, l'information commerciale, L'administration publique et le développement rural.

Pour ce fait, les planificateurs de télécommunications doivent trouver un moyen de concilier ces besoins et ces estimations avec les tendances.

Compte tenu de l'évolution rapide de la demande et des exigences des utilisateurs à n'importe quel endroit, la possibilité de recourir à des liens radio pour établir le dernier segment d'accès à l'abonné, et considérée comme un facteur clé du développement des télécommunications.

L'introduction des nouveaux systèmes d'accès dans la boucle locale d'abonné permet d'étendre l'utilisation du téléphone, aux endroits difficiles de les accéder par les technologies filaires et même par la téléphonie rural, tout en réduisant le coût d'investissement pour un service meilleur. En d'autre terme le système radio dans la boucle local d'abonné RBL ou (WLL) est en cours d'utilisation pour atteindre des objectifs en besoins de se communiquer avec le prochain sans coupure et avec un bon service désiré, puisque cela est devenu une nécessité vitale.

L'implantation d'un réseau nécessite une planification à long terme, moyen terme et court terme. Cependant lors de l'étude d'installation d'un réseau de distribution par voix radio, il est indispensable de tenir compte de la partie radio ainsi que la partie fixe. C'est dans ce cadre qui vient se placer le sujet de notre projet, nous sommes proposés d'élaborer une méthodologie de planification du réseau classique filaire ainsi que la partie fixe et radio d'un système RBL.

Dans ce mémoire, nous rappellerons d'abord le concept actuel du réseau local d'abonnés (RLA) en décrivant les méthodes utilisées pour planifier, installer et maintenir les réseau filaires. Ensuite, nous présenterons quelques produits RBL, leurs caractéristiques et leurs apports dans la cas de la tunisie.

Enfin et pour clore ce mémoire, nous détaillerons la méthode de planification de la partie radio et celle et de la partie fixe d'un système RBL.

# **PARTIE I**

## **CHAPITRE I : NOTIONS SUR LES RESEAUX LOCAUX D'ABONNES**

## **CHAPITRE II : PLANIFICATION DES RESEAUX LOCAUX D'ABONNE**

## **CHAPITRE III : ETUDE PRATIQUE**

# **Chapitre 1**

## **Planification du réseau locale d'abonné**

### **I-INTRODUCTION**

### **II- STRICTUREE GENERAL DU RESEAU**

### **III-LES ELEMENTS FONDAMENTAUX**

### **IV-LES OUVRAGES SOUS TERRAINS**

### **V-LES CHAMBRES TELEPHONIQUES**

### **VI- CONCLUSION**

## **I-INTRODUCTION**

Le réseau téléphonique permet la mise en relation de deux abonnés quelconques, un appelant et un appelé et la transmission bilatérale de signaux vocaux entre ces deux abonnés. Il se manifeste comme une infrastructure complexe faisant appel à des équipements et des supports de transmission variés, il offre à l'utilisateur toute une gamme des supports de transmission avec des caractéristiques et des possibilités différentes.

## **II- La structure d'un réseau général :**

Les lignes d'abonnés d'une zone locale peuvent être raccordées au répartiteur général (RG) directement ou à travers des points de coupure, on distingue deux types :

### **II-1 Réseau à structure rigide :**

L'ensemble des câbles qui relient l'abonné au répartiteur général est raccordé les uns aux autres sans points de coupure jusqu'au point de concentration ce type de réseau n'est économiquement justifié que :

- si la densité téléphonique est faible ( cas des zones rurales ).
- si les lignes d'abonnés ,dans une zone de forte densité sont courtes (cas des abonnés urbains à proximité de leur central de rattachement)

### **II-2 Réseaux à structure souple :**

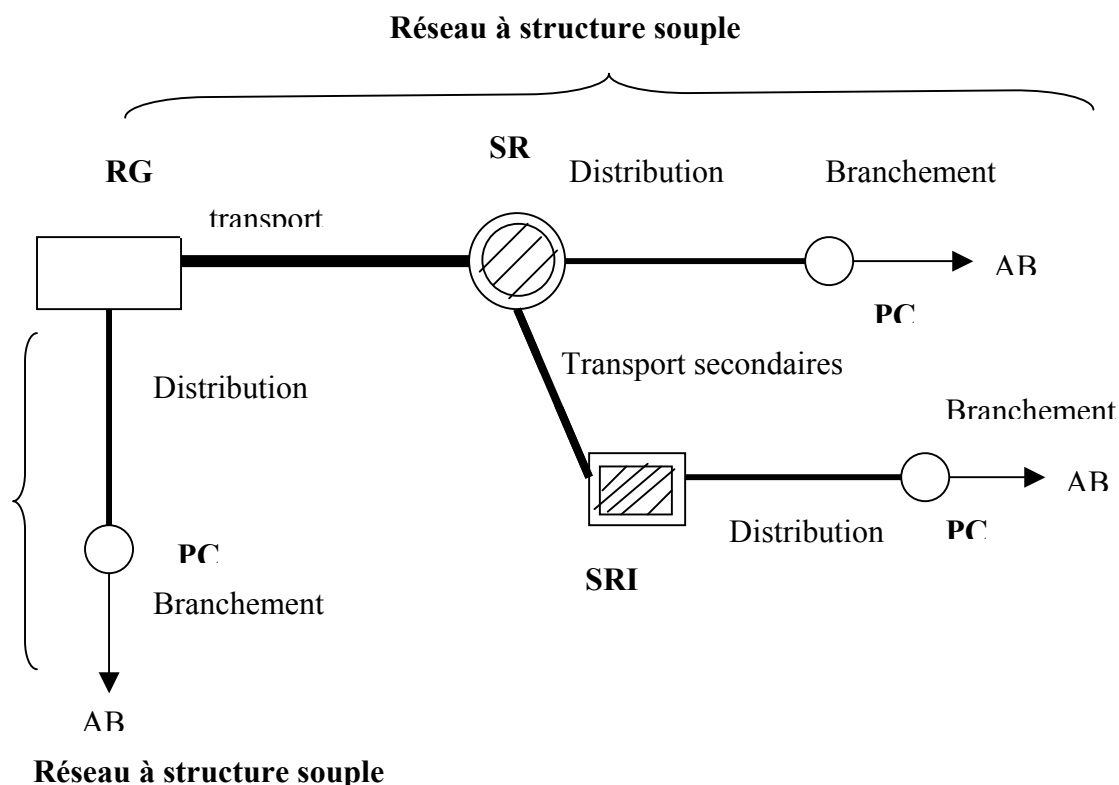
Ils se composent de plusieurs sections distinctes séparées entre elles par plusieurs points de coupure, (SR ,PC).

Cette structure permet d'économiser les paires dans les câbles de transport .

Chaque paire de ce câble peut être raccordée avec n'importe quelle paire du câble de distribution.

L'avantage de ce réseau est la facilité de localisation des dérangements, l'entretien et les extensions futures.

Un tel réseau n'est justifié que dans les zones à forte densité téléphonique, c'est le cas des zones urbaines.



**Figure 1 : Architecture d'un RLA**

### III- Les éléments fondamentaux des réseaux téléphoniques.

#### III-1 Répartiteur général.

C'est un bâti métallique destiné à représenter l'interface entre les câbles de transport qui arrivent sur des têtes verticales et les organes de commutation qui arrivent sur des réglettes placées horizontalement. Ces deux séries de têtes se relient entre elles par des fils jarretières donc le répartiteur général est l'interface entre l'équipement de commutation et le RLA. Le répartiteur général à une triple fonction :

##### III-1-1-Fonction de brassage.

Chaque paire de système d'abonné aboutit sur l'une des faces du répartiteur par l'intermédiaire des câbles de transport pour les abonnés qui transitent par un sous répartiteur ou des câbles de distribution pour les abonnés relevés de la zone directe associée au répartiteur général.

### **III-1-2-Fonction de protection.**

Les lignes aériennes et aéro-souterraines peuvent être soumises à des surtensions accidentelles provoquées par la foudre ou les lignes d'énergie. Afin de protéger les organes de commutation qui sont fragiles, les dispositifs de raccordement de répartiteur sont équipés des parafoudres.

### **III-1-3-Fonction de coupure est test.**

Cette fonction attaché aux réglettes permet de faciliter l'exploitation des lignes lors des interventions de maintenance ou d'exploitation (mesure, essai, interruption ou réalisation d'abonnement).

### **III-2-Les sous répartiteurs (SR)**

Se sont des points de rassemblement d 'artères moyennes ou faibles « réseau de distribution » vers une artère d'importance supérieure « réseau de transport ».

A partir d'une certaine distance du centre local, la sous répartition est économiquement justifiée par le fait qu'elle permet de diminuer le nombre des paires des câbles de transports par une meilleure exploitation de celle –ci.

La sous répartition permet de :

- Faciliter la relève de dérangement,
- Eviter l'encombrement des câbles au niveau du réseau général,
- Effectuer des extensions des câbles de distribution,
- Etablissement facile des statistiques,

#### **III-2-1-Emplacement des sous répartiteur.**

Elle doit être installée dans (1/3)médian relatif à la densité des abonnés de sa zone coté du commutateur de rattachement et dont la zone doit être dimensionnée d'une manière a ce qu'elle englobe un nombre entier d'identité géographique et le contour doit respecter les obstacles naturels ou artificiels

### **III-3-les points de concentration .**

Les câbles arrivant du sous répartiteur seront répartie sur les coffrets à 8 ou 14 paires, ces coffrets permettent de connecter les câbles de branchement au câbles de distribution chaque PC desserte une zone d'action bien déterminé. Elles sont également des points de coupure entre les câbles de branchement et celui de distribution .Elles facilitent les opérations de maintenance.



Le mode d'implantation des PC varie en fonction du type de la zone .Elle doit être implantée de façon qu'il soit possible d'attribuer des paires conformément à la règle d'estimation de raccordement.

### III-4-les câbles téléphoniques .

Les câbles téléphoniques servent à assurer l'acheminement des communications téléphoniques d'un point à un autre .On distingue cinq catégories des câbles :

- Câble de branchement ,
- Câble de distribution,
- Câble de transport ,
- Câble de liaison,
- Câble de jonction,

Il faut choisir des calibres des câbles de façon à ce que la résistance de boucle de l'abonné le plus défavorisé ne dépasse pas 1040 Ohm et que l'affaiblissement total soit inférieur ou égale à 9.5dB.

✓ -résistance de boucle :  $(R_b = D + S) \cdot R = 1040 \text{ Ohm}$ .

✓ -affaiblissement total :  $\alpha = (D + S) \cdot \beta \Rightarrow 9.5 \text{ dB}$ .

Le tableau suivant donne les valeurs de résistance de boucle et d'affaiblissement en fonction des calibres des câbles :

| Calibre en (mm)                         | 0.4  | 0.6  | 0.8  |
|---|------|------|------|
| Résistance de boucle<br>$R_b$ ( Ohm/km) | 275  | 122  | 69   |
| Affaiblissement $\beta$ (dB/km)         | 1.61 | 1.04 | 0.81 |

Avec D :distance entre R G et SR

S :distance entre SR et PC

$R_b$  :Résistance de boucle par Km

$\beta$  :Affaiblissement par Km

## **IV-Les ouvrages souterrains :**

Les ouvrages souterrains utilisés pour la pose et le raccordement des câbles téléphoniques reliant les abonnés au central ou les centraux entre eux sont les canalisations et les chambres.

### **IV-1-les conduites multitubulaires.**

Elles sont constituées par des empilages de tuyaux en pvc(polychlorure de vinyle), chacun d'eux étant destiné en principe, à recevoir un câble. Les tuyaux sont de 6m de longueur , emboîtés et collés bout à bout .

L'emploi de ces tuyaux souples facilite la construction des canalisations et rend plus facile le tirage et la dépose des câbles. Ils assurent en outre une bonne étanchéité à l'eau et au gaz. Les dimensions les plus couramment utilisées sont exprimés en mm (diamètre intérieur – diamètre extérieur). 42/45 -56/60 -75/80 On distingue suivant le type de canalisations :

#### **IV-1-1 –La conduite multitubulaire de distribution.**

Elle est constitué généralement par des tuyaux de diamètre 42/45.Ces tuyaux sont assemblés par des colliers .Le bloc ainsi formé est posé dans le plafond d'une tranchée sur un lit de sable .Il est aussi recouvert de sable sur au moins de 10 cm d'épaisseur. La présence de ces tuyaux dans le sol est signalée par un grillage avertisseur placé à 30 cm environ où dessus du bloc .

#### **IV-1-2-La conduite multitubulaire de transport.**

Elle est destinée à recevoir un nombre important de câbles de forte contenance .selon que les tuyaux en PCV sont protégés ou non par un enrobement de béton ,elles sont dites enrobées ou allégées .

##### **IV-1-2-1-les conduites enrobées.**

Les tuyaux enrobés de béton reposent sur un radier de béton armé .suivant la disposition des tuyaux dans l'ouvrage ,on distingue :

- L'empilage de type A,
- L'empilage de type B,
- L'empilage de type c,

Ce dernier type C très résistant est employé à chaque fois q'un effort particulier sera exercer sur chacun des tuyaux lors du tirage des câbles (rayon de courbure  $\leq 15m$ , traversés des routes...)

Les tuyaux utilisés sont généralement de diamètre 56/60 ou 75/80.

Le tableau suivant donne le diamètre de conduite en fonction du capacité des câbles .

| Diamètre de conduite | Capacité des câbles           |
|----------------------|-------------------------------|
| 42/45                | 224 -4/140 ,56 - 8/10         |
| 56/60                | 448 -4/10 ,112 - 8/10         |
| 75/80                | Jusqu'à 1792 -4/10, 448 -8/10 |

## **V-Les chambres téléphoniques.**

Ce sont des ouvrages souterrains construits sur le parcours de canalisations pour permettre le tirage, le raccordement et la division des câbles .

Les chambres sont dites :

- De soudure pour le raccordement et la divisions des câbles, leur espacement est alors de 297.5 m,
- De division pour la ramification des câbles,
- De double, dans le cas d'un changement brusque de direction,

Suivant le types de conduite sur les quelles sont implantés, on distingue les chambres sur conduite de distribution et les chambres sur conduites de transport .

### **□ Chambre sur conduites de distribution :**

En général ces chambres sont de type A2 –A4 –B2

### **□ Chambre sur conduites de transport :**

Elles sont en général des 4 types suivant :

- ✓ Type B2 : Chambres sous trottoir entièrement découverte –fermeture par dalles

- Type C2 :Chambres sous trottoir à plafond en béton armé avec accès non déporté ou à ciel ouvert,
- Type D2 :Sous chaussé à accès non déporté,
- Type E2 :Sous chaussé à accès déporté sur trottoir,

Pour les chambres sous trottoir leur fermeture est assurée par des dalles en béton ou en tôle striée(acier)de faible épaisseur, pour les chambres sous chaussé leur fermeture est assurée par des tampons en fonte. Ils sont particulièrement résistant et doivent supporter toutes les charges de la circulation.

## **VI- Conclusion**

Le réseau téléphonique possède une structure complexe dû à différents points de coupure qui lui constitue, ce qui rend l'intervention nécessaire pour l'entretien, la maintenance et l'extension des opérations difficiles. Pour dépasser ces problèmes il faut recourir à une planification précise en tenant compte de l'état actuelle du réseau .

## **Chapitre 2**

### **Planification du réseau locale d'abonné**

#### **I- Introduction**

#### **II- Types de planification**

#### **III-Outils de planification des projets RLA**

#### **IV- Etapes de planification**

#### **V- Le projet**

#### **VI- Conclusion**

## **I-INTRODUCTION.**

La planification c'est l'idée de rassembler les informations nécessaire est satisfaisante pour la conception du réseau local d'abonné tout en garantissant le bon fonctionnement des équipements, l'optimisation des investissements, et une bonne qualité de service sans oublier la prévision de l'état futur du réseau.

La planification a pour but d'expliquer les travaux nécessaires à la préparation et à l'établissement des plans de développement dans le domaine de télécommunication à moyen et long terme. L'autre objectif consiste à trouver des solutions concernant les problèmes posés par le réseau lui-même.

Les travaux de planification permettent la prévision globale et la localisation de la demande téléphonique, la conception de la structure de réseau futur, la prévision et l'acheminement du trafic entre centraux et l'évaluation des coûts du développement.

## **II- types de planification**

La planification du réseau locale d'abonné en utilisant les PSDE et le SDIL doit conduire à un programme d'activité qui permettra de passer progressivement de la situation actuelle (avant planification) à une situation recherchée. Il faut donc décrire ou quantifier les éléments qui caractérisent la situation du réseau et la demande de service actuelle et futur en utilisant des méthodes numériques pour optimiser les investissements et réaliser une infrastructure qui permet de satisfaire les objectifs définis au départ qui se fondent sur la prévision de la demande et du nombre d'abonné. La planification peut être à long, moyen et court terme.

### **II-1- Planification à long terme**

Cette planification a pour but d'établir les principales décisions qui donnent une estimation de l'état futur du réseau pendant les 15 ou les 20 prochaines années. Un plan stratégique tient compte de la croissance de trafic et de sa distribution ; des futurs services, des objectifs de qualité de service, du besoin de souplesse du réseau, du norme ou de nécessité pour l'exploitation du réseau dans les bonnes conditions.

### **II-2- Planification à moyen terme**

Les plans à moyen terme s'étalant de 3 à 10 ans définissent un échéancier des travaux à réaliser dans une zone particulière. L'optimisation des investissements et le dimensionnement des équipements, doivent se faire de manière plus précise que dans le cas de la planification stratégique. Ces plans doivent prendre en considération, les objectifs des plans directeurs à long terme et les contraintes locales.

### **II-3- Planification à court terme**

Les plans à court terme s'étalant de 1 à 3 ans, dans les quelles se trouve une liste bien détaillée concernant les investissements aussi que les équipement nécessaire année par année. Si ce plan est adopté, le passage à la réalisation des travaux est autorisé.

## **III- Outils de planification des projets RLA**

### **III-1- PSDE**

Les changements dans la structure du réseau téléphonique rendus nécessaires par la croissance de la demande peuvent se traduire, s'ils n'ont pas étudié et préparé à l'avance par :

- Des saturations incompatibles avec les objectifs de délai de raccordement,
- Des coût d'investissements important et des dégradations momentanées de la qualité de service,
- Des coûts d'exploitation élevés, la facilitée gestion d'un réseau étant très dépendante de la qualité de choix d'investissement,

Ce sont les raisons qui ont rendu nécessaire l'établissement de schémas directeur d'équipement (PSDE) pour chaque zone à autonomie d'acheminement (ZAA) ou zone urbaine (ZU), dont le contenu porte essentiellement sur le choix concernant les bâtiments, la commutation et la transmission locale.

### **III-2- SDIL**

L'importance des investissements consacrés au ligne et la qualité de se réseau qui convient de rechercher pour faciliter l'introduction et le développement des services nouveaux, rendent nécessaire l'établissement d'un document particulier au lignes complétant le document PSDE, décrivant la structure du réseau des ligne d'abonné retenu, cohérentes avec les options prises au niveau du PSDE, ce document porte le nom de schémas directeur d'infrastructure lignes (SDIL)

L'établissement du SDIL permet essentiellement :

- De définir un découpage du territoire en zone de sous- répartitions
- De permettre la gestion de parc de paire et de la demande au niveau de la sous répartitions, De fixer un cadre de référence à respecter pour l'établissement des avants-projets.
- D'orienter les investissements dans le sens de découpage retenu,

De faciliter les travaux de coordinations

#### **III-2-1-Contenu de SDIL**

La distribution de la structure cible définit par le SDILcomporte les renseignements suivant :

- Implantations des sous répartiteurs
- Génie civil structurant
- S'il y a lieu, les changements due répartiteur de desserte de la zone de sous-  
répartition avec date indicative de basculage.
- Principales caractéristiques des câbles de transports et de distribution conformément  
au règles de choix des calibres.

L'ensemble de ces renseignements est obtenu à partir d'une description bien précise du réseau existant et de l'établissement d'une prévision de la demande

Le SDIL est donc un document décrivant l'évolution du réseau de ligne :

- A long terme,
- A un niveau fin, ce lui de la sous- répartition,

Donc on peut dire que le SDIL est un :

- Outil de gestion de parc de paires et de la demande au niveau de la sous-  
répartition,
- Cadre de référence pour les avants- projets,
- Outil de coordination des investissements et d'optimiser l'utilisation de  
l'infrastructure existante,

PSDE et SDIL sont des documents « structurant » car ils figent les grandes lignes d'évolution des réseaux, ils définissent une cible c'est à dire la photographie du réseau à un horizon éloigné, à la quelle on arrivera par des extensions.

#### **IV- Etapes de planification des RLA**

Les études d'infrastructure des lignes font appel pour leurs établissement aux statistiques d'évolution des réseaux qui sont disponibles et exploités à un niveau sectoriel très fin, la sous-répartition et même les différentes arborescences qui lui sont raccordées au potentiel d'habitation, à la documentation et aux schématiques du réseau existant et au projet d'urbanisme.

La méthode recommandée pour établir les phases de l'études repose sur trois documents de base qui affirme successivement sur les projets envisagées.

##### **IV-1- Détection des besoins**

Suite à l'étude des états statistiques des fichiers techniques d'abonnés (FTA) un certain nombre des besoins sentis et mis en évidence.

Ces besoins sont les suivants :



- Les demandes additionnelles,
- L'âge de réseau existant,
- Le dimensionnement du réseau existant et le nouveau découpage

#### **IV-2- Les esquisses**

Les esquisses sont des plans à petites échelle dans les quelles se trouve la représentation des principaux axes et conduites du réseau dans sont états futur ; c'est une estimation sommaire du coût de l'opération à effectuer. Cette opération est valorisée grossièrement à l'aide d'un dossier d'opération.

#### **IV-3- Les avants projets**

L'établissement d'un avant projet des travaux d'extensions du réseau nécessite la participation de plusieurs service ( documentation aérien, souterrain ).

L'implantation des PC, les tracés des conduites, l'élaboration des schémas d'associations des câbles sont des opérations étroitement liées qui réagissent les une sur les autres pour éviter une démarche inutile, elles doivent être effectuées parallèlement par approximation avant d'aboutir à l'avant projet complet.

##### **IV-3-1- But**

L'avant projet à pour but

- L'évaluation des besoins futures du réseau,
- De connaître les contenances des câbles et des principaux matériels à approvisionner dans le cadre de l'opération.
- D'évaluer de façon précise le coût de l'opération.

##### **IV-3-2- Méthode d'établissement**

Avant de commencer l'étude d'un avant projet il est indispensable de rassembler un certain nombre de documents et d'informations qui permettent d'avoir une idée précise sur la situation de réseau existant, des contraintes techniques aux quelles le réseau est soumis.

Ces différents informations sont détendus par plusieurs services tel que :

- Services des fichiers techniques d'abonnés,
- Centre de constructions des lignes,
- Agence commerciale de télécoms,
- Service de l'habitat,
- ONAS,
- STEG,
- SONEDE,

La collecte des informations et l'étude approfondie, sont très importantes car ils vont assurer la rentabilité, la qualité et la facilité d'exécution du projet.

### **V- Le projet**

C'est la phase la plus détaillée concernant l'étude d'exécution des travaux. L'effort le plus important dans cette phase est effectuée au niveau des projets de génie civil.

Lorsque l'opération sera physiquement terminée sur le terrain un bilan et une analyse d'écart seront faits dans le but de savoir si les prévisions conforme à ce a été réalisée.

### **VI- Conclusion**

Une planification est souvent basée sur des données statistiques associées à des lois probabilistes, ce qui nous mène à conclure qu'un e éventuelle planification peut présenter certaines fausses de prévisions. En effet, une surestimation causera une sous- exploitation de notre réseau et ainsi un faible rendement et dans le cas contraire, une sous- estimation nous mènera vers une saturation du réseau et par conséquent une augmentation du nombre d'instance.

## **Chapitre 3**

### **Etude de cas du RLA**

#### **I-Introduction**

#### **II -Choix de l'emplacement du SR et répartition des PC**

#### **III-Emplacement des attentes**

#### **IV -Les plans**

#### **V- Dossier opérationnel**

## **I-Introduction :**

L'étude complète d'une zone bien déterminée nécessite une reconnaissance détaillée de plusieurs éléments important concernant cette zone qui sont généralement :

- ❖ Limites,
- ❖ Distances par rapport au central,
- ❖ Nature de l'habitation (résidentielle, commerciale....)
- ❖ Densité d'occupation.

Pour bien connaître la zone, on se propose d'étudier ces éléments cités au-dessus et dont la détermination est déduite à partir des visites effectuées sur place.

## **II- Choix de l'emplacement du SR et répartition des PC**

La sous répartition (**SR**) est placée à l'entrée de la zone de côté du central et à une distance presque le tiers (1/3) de la longueur totale du territoire servis et de plus on a choisit son emplacement près d'un rend-point pour faciliter l'acheminement des câbles de distribution et éviter les boucles. Au niveau du SR1 ESSAFA il existe deux distributions de 224 paires. Pour le choix de l'emplacement des PC nous avons placé chaque PC à 1/3 de sa zone d'action.

## **III- Emplacement des attentes.**

Pendant la création du SR1 ESSFA nous avons tenu compte de l'emplacement des amorces en attente. Dans ce projet on a laissé les attentes dans les parties qui présente un espace libre ou une nouvelle constriction, en effet on a placé comme attente :

- ❖ 7 amorces à 7 paires qui sont distribués dans la zone,
- ❖ câble de 224 paires au niveau de sous répartiteur,

Dans notre étude nous sommes amenés à calculer le calibre des câbles à poser d'une façon a ce que la résistance de boucle totale ne doive pas dépasser 1040  $\Omega$  et que l'affaiblissement total admissible soit inférieur à 9.5 dB.

La distance entre le central et le PC le plus éloigné est de 1.8 Km

- ❖ Résistance de boucle (R b)

$$R_b = 1.8 \times 275 = 495 \text{ Ohm.}$$

$$R_b < 1040 \Omega$$

❖ Affaiblissement total ( $\alpha$ )

$$A = 1.8 * 1.61 = 2.898 \text{ dB}$$

$$A < 9.5 \text{ dB}$$

Vu que la résistance de boucle  $R_b < 1040 \Omega$  et l'affaiblissement total  $\alpha < 9.5 \text{ dB}$  et qui le câble de calibre 0.4mm et moins chère que les autres câbles (0.6mm et 0.8mm) en peut déduire que le câble de calibre 0.4 mm et celui le plus adéquat pour notre étude.

#### **IV-Les plans de l'avant projet :**

Pour notre étude pratique nous avons visité la zone, et suite à cette visite nous avons pris en considération les modifications apportées à la zone et en suite en à tracé les plans suivants

##### **IV-1 - plans de pointage et d'estimation de raccordement :**

C'est un plan réalisé à l'échelle 1/1000. Ce plan représente un document de base pour l'étude d'un avant projet, puisqu'il rassemble plusieurs données sur le réseau de la zone. Il contient les PC existants et à projeter, les abonnés en instance, les abonnés en service, la sous répartition à projeter, les noms des rues. Le plan de pointage comprend aussi un ensemble des coefficients traduisant la nature de la zone.

##### **IV-2 - schéma d'association des câbles :**

Le plan d'association des câbles c'est le document le plus important de l'avant projet. Il indique les distributions des câbles sous forme d'une arborescence en allant du SR jusqu'aux PC les plus distants. Dans ce plan nous avons précisé :

- ❖ **Le chemin des câbles :** Pour la distribution nous avons choisis toujours le chemin le plus court et qui présente moins de contraintes.
- ❖ **Les capacités des câbles :** les câbles des distributions sortant du SR possèdent des capacités très grandes qui tendent à diminuer en s'éloignant du SR.
- ❖ **Les différentes divisions et pompages :** les câbles de grande capacité se divisent pour alimenter les différentes amorces. Les conditions qu'il faut les respecter dans ce plan :
  - Réduire le maximum possible le nombre des câbles.
  - La division d'un câble ne doit pas dépasser plus que 4.

##### **IV-3-Plan itinéraire :**

Ce plan est réalisé à l'échelle 1/1000. il permet de préciser le tracé des canalisations à construire. Nous avons présenté dans ce plan :

- L'itinéraire à projeter,
- L'implantation et la numérotation des PC. Pour la numérotation des PC, on commence toujours par les amorces les plus lointaines du SR.
- Emplacement et types des chambres qui dépend toujours des câbles à diviser.

#### **IV-4-Plan de génie civil.**

Ce plan se base essentiellement sur le plan d'association des câbles. Le plan de génie civil indique essentiellement :

- Le tracé de canalisation projeté,
- L'emplacement et le type des chambres à construire,
- L'empilage,

Dans ce plan il faut respecter les conditions suivantes :

- Les traversés des routes doivent être enrobés,
- Eviter les parcours parallèles des canalisations,

#### **V- Dossier opérationnel:**

Suites aux étapes précédentes (dessin des plans et schéma) nous avons rassemblé des données nécessaires pour avoir connaissance d'une estimation en coût des travaux éventuels. Le calcul des différents coûts (main d'œuvre, matériel) repris sur des fiches représentatives de l'avant projet qui sont :

❖ **R3001** : c'est une fiche récapitulative de l'avant projet ; c'est un document qui permet d'avoir rapidement une estimation en coût total de l'opération des alvéoles /Km, des paires/Km et leur coût.

❖ **R3002** : fiche justificative d'avant projet, elle permet d'avoir une idée sur :

- Les éléments quantitatifs, volume et taux d'occupation,
- Situation avant extension,
- Situation envisagée après extension,
- Le potentiel de saturation volume de l'opération en distribution,
- Volume de l'opération en transport,

❖ **R3004** : c'est une fiche synthèse d'avant projet dont on trouve des informations telles que :

- La longueur des différents câbles utilisés en distribution qu'en transport,
- Longueur d'artère en m d'ouvrage et chambre à construire,
- Les points de concentrations (type et capacité),

- Justification de capacité des conduites,
- ❖ **R3006** : c'est la fiche qui permet d'avoir une estimation en quantité des travaux de réseau urbain ainsi que le coût total des travaux éventuels.
- ❖ **R3007** : c'est la fiche qui présente la liste du matériel pilote (câbles boîtes de distribution ..... ) avec une estimation en coût.
- ❖ **R3008** : c'est la fiche complémentaire à la fiche 3007.elle présente la liste du matériel accessoire aérien et câblage (manchons, dispositifs de fixation) avec un e estimation en coût
- ❖ **R3009** : c'est la fiche qui permet d'avoir une estimation en quantité des travaux de canalisations ( construction des canalisations, les chambres et réfection) avec une estimation en coût.
- ❖ **R3011** : c'est une fiche quantitative, elle donne une vue sur les quantités des différents types de câbles, soit projetée soit déposée ainsi que les détails utiles, tel que, nombres des divisions, des joints droits, avec les fiches citées, les devis estimatifs en quantité, contiennent de plus :
  - L'Identification de l'opération.
  - Le Devis estimatif.
  - La Synthèse.

## **VI- Conclusion**

Après la détermination de cette tâche nous avons conclu que la réalisation de la tâche d'avant projet et celle la plus primordiale pour l'implantation d'un réseau RLA.

Aussi nous avons constaté que l'installation d'un réseau local d'abonné paraît plus compliquée et très long. En effet l'accès filaire pour couvrir chaque zone d'habitation largement dispersée est rendu difficile par un relief varié gênant la maintenance. La boucle locale sans fil devient la solution la plus pratique et aujourd'hui la plus largement utilisée pour la communication dans les régions de plaines vallonnées et montagneuses grâce à son installation commode, son expansion facile et son coût faible de maintenance.

## **Partie 2**

**Chapitre I : Notions sur les réseaux sans fil**

**Chapitre II : Description des systèmes WLL**

**Chapitre III : Planification des réseaux mobiles**

**Chapitre IV : Etude de cas**



# Chapitre I

## Notions sur les réseaux sans fil

### I- Introduction

### II-Les composants d'un réseau sans fil

### III-Propagation des ondes radio électriques

### IV- Conclusion

## **I- Introduction**

La transmission sans fil c'est une technique dans la quelle il n'y ait plus de support au sens matériel, les ondes électromagnétiques jouent le rôle du support physique, les ondes radio sont de plus en plus utilisées grâce à l'explosion des communications avec les mobiles ( En particulier les terminaux portatifs ), contrairement au câbles, la propagation n'est plus guidée, ce qui pose des problèmes spécifiques ( perturbation de la propagation des ondes, partage des fréquences, protection des informations, alimentation des terminaux mobiles).

## **II- Les composants d'un réseau sans fil**

### **II-1- Caractéristique d'un réseau sans fil**

L'absence des câbles est l'atout majeur de ces techniques. Par contre, l'énergie transmise n'est plus alors guidée par un support et sa propagation peut être arrêtée par des obstacles ou à l'inverse, en traversant des parois, poser des problèmes d'interférences et de confidentialité.

Les réseaux sans fil peuvent être divisés en deux catégories suivant leur mode de propagation.

#### **II-1-1- Le mode point à point**

Ce mode permet de transmettre des informations entre deux points fixes. En concentrant ces transmissions sur un « Fil imaginaire » entre ces deux points.

#### **II-1-2- Le mode omnidirectionnel**

Les transmissions s'effectuent dans toutes les directions de l'espace. La distance maximale à la quelle un système peut transmettre et recevoir des données s'appelle la portée, les données sont transmises avec un certain débit exprimé en baud ou bit par seconde (Bits/s)

|                        | <b>Point à point</b>    | <b>Omnidirectionnel</b>                 |
|------------------------|-------------------------|---|
| <b>Portée</b>          | Grande (Km)             | Faible                                  |
| <b>Vitesse</b>         | Elevée                  | Basse                                   |
| <b>Interférence</b>    | Rare                    | Fréquente                               |
| <b>Confidentialité</b> | Bonne                   | - Mauvaise                              |
| <b>Utilisation</b>     | Pont entre deux réseaux | - Gestion de nombreux terminaux mobiles |

## **II-2- Schéma types d'un réseau sans fil**

Un réseau sans fil comporte les éléments suivants.

### **II-2-1- La station**

Elle assure l'interface entre le réseau sans fil et le réseau filaire ( réseau local, réseau commuté, X25....) )

Elle est composée du concentrateur et de l'émetteur – récepteur. L'émetteur – récepteur émet des informations dans un champ de forme spécifique à la technique utilisée appelée volume d'émission de la station. Cette cellule représente l'ensemble des points pouvant recevoir un message en provenance de la station.

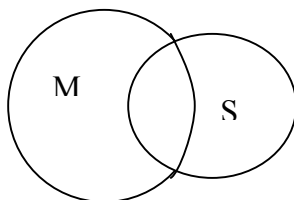
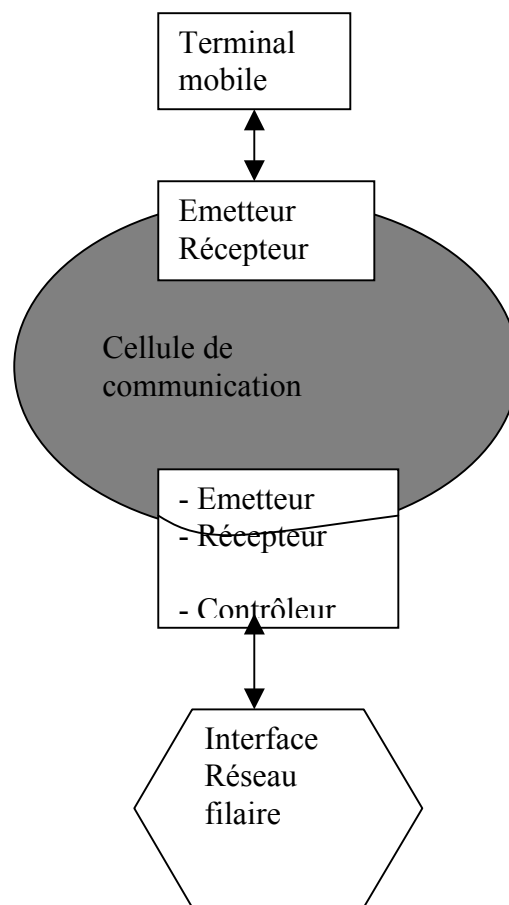
Le concentrateur assure la gestion des communications au sein de ce volume. Les débits peuvent être très différents entre le réseau filaire et le réseau sans fil, il assure une fonction de « tampon de communication ». Dans certains système il gère les attributs de canaux et l'identification des terminaux présents au sein de la cellule. Dans les grands réseaux il communique avec les stations proximales et avec le centre de gestion principale afin d'obtenir une gestion globale du réseau.

### **II-2-2- L'interface Air**

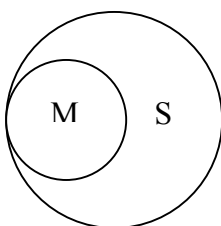
Elle représente la liaison qui va s'établir entre une station et un mobile. Cette liaison ne peut s'établir que dans une cellule particulière appelée cellule de communication. La figure (page suivante) montre l'interaction des différentes cellules entre elles. Dans le premier cas, la cellule mobile pénètre insuffisamment dans la cellule station pour qu'il y ait communication. Les récepteurs du mobile et de la station ne reçoivent aucune information.

Dans le deuxième cas, la cellule mobile est incluse dans la cellule station le récepteur mobile reçoit donc les informations émises par la station. Par contre le récepteur de la station n'est pas inclus dans la station mobile, et ce lui ci ne reçoit pas les informations émises par le mobile. Il ne peut donc y avoir d'échange d'informations ce qui rend la transmission impossible.

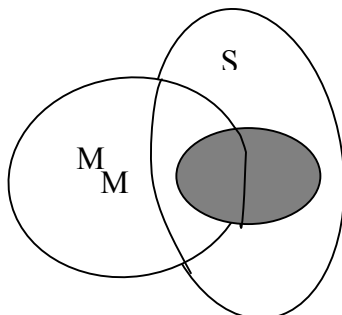
Dans le troisième cas trois le récepteur mobile est inclus dans la cellule station et le récepteur fixe dans la cellule mobile, il y a donc échange d'informations entre les systèmes. Les ensembles des points vérifiant cette condition sont appelés cellule de communication. La liaison est maintenue durant le déplacement du mobile dans cette cellule



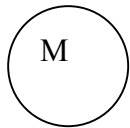
Cas1 :transmission impossible



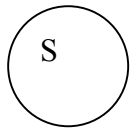
Cas2 :transmission impossible



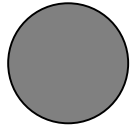
Cas 3 :transmission possible



Volume d'émission du mobile



Volume d'émission de la station



Cellule de transmission

La taille de la cellule de communication varie en fonction de la portée du mobile. En général les mobiles fonctionnant sur une batterie ont une portée nettement inférieure à ceux disposant d'une source d'énergie plus puissante. Cette diminution de portée est nécessaire pour obtenir une durée de transmission plus longue.

L'interface air est une liaison possédant des caractéristiques de transmission plus longue.

L'interface air est une liaison possédant des caractéristiques particulières

- Elle est instable et peut se rompre à tout moment
- Elle est de qualité variable en raison des perturbations extérieures
- Son débit est limité ( de quelque Kbits à 2 Mbits par seconde suivant les systèmes )

### **II-2-3- Le mobile**

Un mobile est l'élément pouvant échanger des informations avec une station de base quelle que soit sa position dans la cellule de communication. Il se compose d'une unité logique ( PC ), terminal portable, imprimante, fax. et d'un émetteur récepteur interne ou externe

## **III- Propagation des ondes radio électriques**

### **III-1- Utilisation du spectre de fréquence**

Le domaine des fréquences utilisées pour les communications par ondes électromagnétiques est très large on parle d'ondes radioélectriques lorsque ces fréquences peuvent être directement traitées par des circuits électroniques.

Les ondes radio électriques s'étendent de quelques dizaines de kHz à plus de 100 Ghz, et se divisent en grand domaine de fréquence en fonction de leur mode de propagation. A l'intérieur de ces domaines, l'affectation des fréquences entre les différents utilisateurs est réglée par des autorités administratives nationales et internationales, les fréquences

disponibles apparaissent comme une ressource naturelle de plus en plus rare et qui doit être géré rationnellement.

### III-2- Différents types de liaison radioélectriques

Une liaison permet d'établir une communication bidirectionnelle entre deux points équipés chacun d'un émetteur et d'un récepteur. Une liaison point à point par ondes radio peut s'établir.

#### III-2-1- Liaison transhorizon

En utilisant la réflexion et la diffusion par l'ionosphère ( Haute atmosphère ionisée par les ultraviolets du soleil ), les ondes courtes restent utilisées en radio diffusion, leurs conditions de propagation varient avec l'heure et la liaison

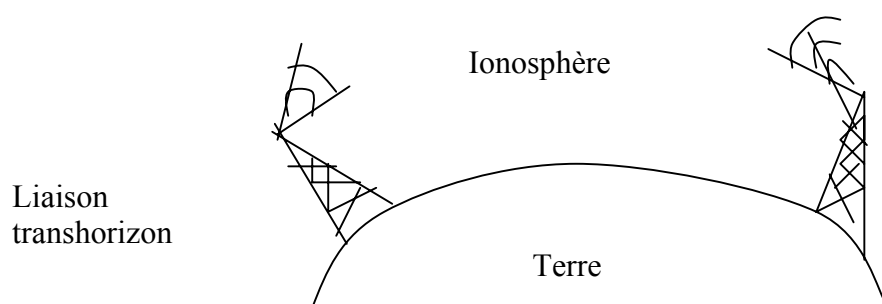


Fig 4 : FH transhorizon

#### III-2-2- Liaison en visibilité directe

En établissant une liaison en visibilité directe entre antennes placées des points hauts ( montagnes), du fait de la courbure de la terre une liaison longue nécessite des relais espacés d'une distance  $D$ , d'environ 50 Km, on utilise alors des micro- ondes, au-delà de 2 à 3 Ghz, permettant une bonne directivité des faisceaux et des capacités élevées.

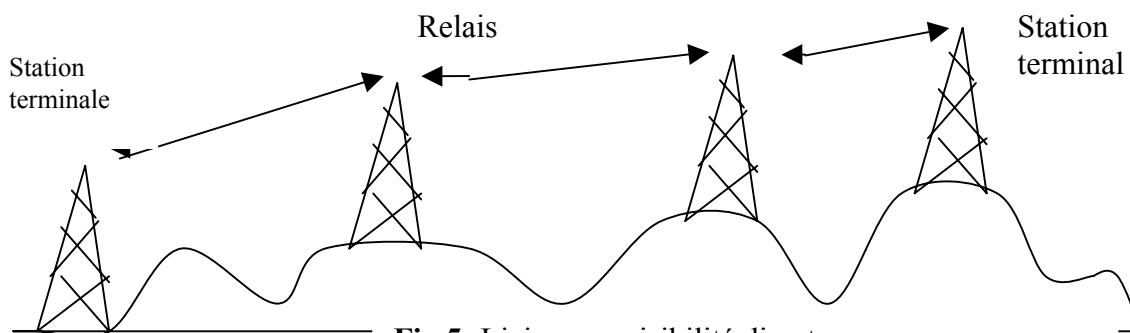


Fig 5 :Liaison en visibilité directe

### III-3- Défauts de la propagation

#### III-3-1- Diffraction

La diffraction de l'onde par les obstacles qui n'est pas négligeable lorsque ceux ci sont à l'intérieur du premier « ellipsoïde de Fresnel » d'équation

$$R = ((d_1 * d_2) / (d_1 + d_2))^{1/2} * \lambda$$

Eviter la diffraction est la raison essentielle pour la quelle on travaille à fréquences élevées ; non seulement elle entraîne une baisse de la puissance reçue, mais elle provoque des brouillages avec d'autres liaisons et empêche de réutiliser les fréquences

Avec  $d_1$  et  $d_2$  sont les distances du point considéré aux deux antennes, R rayon de l'ellipsoïde.

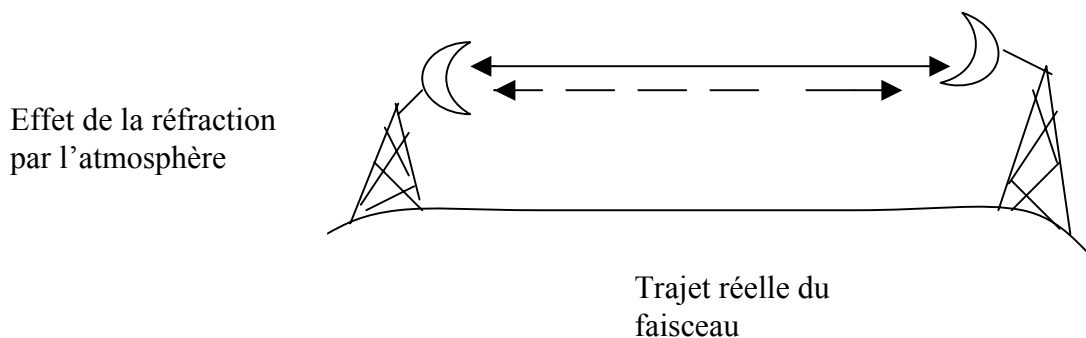
### III-3-2- Réflexion sur le sol

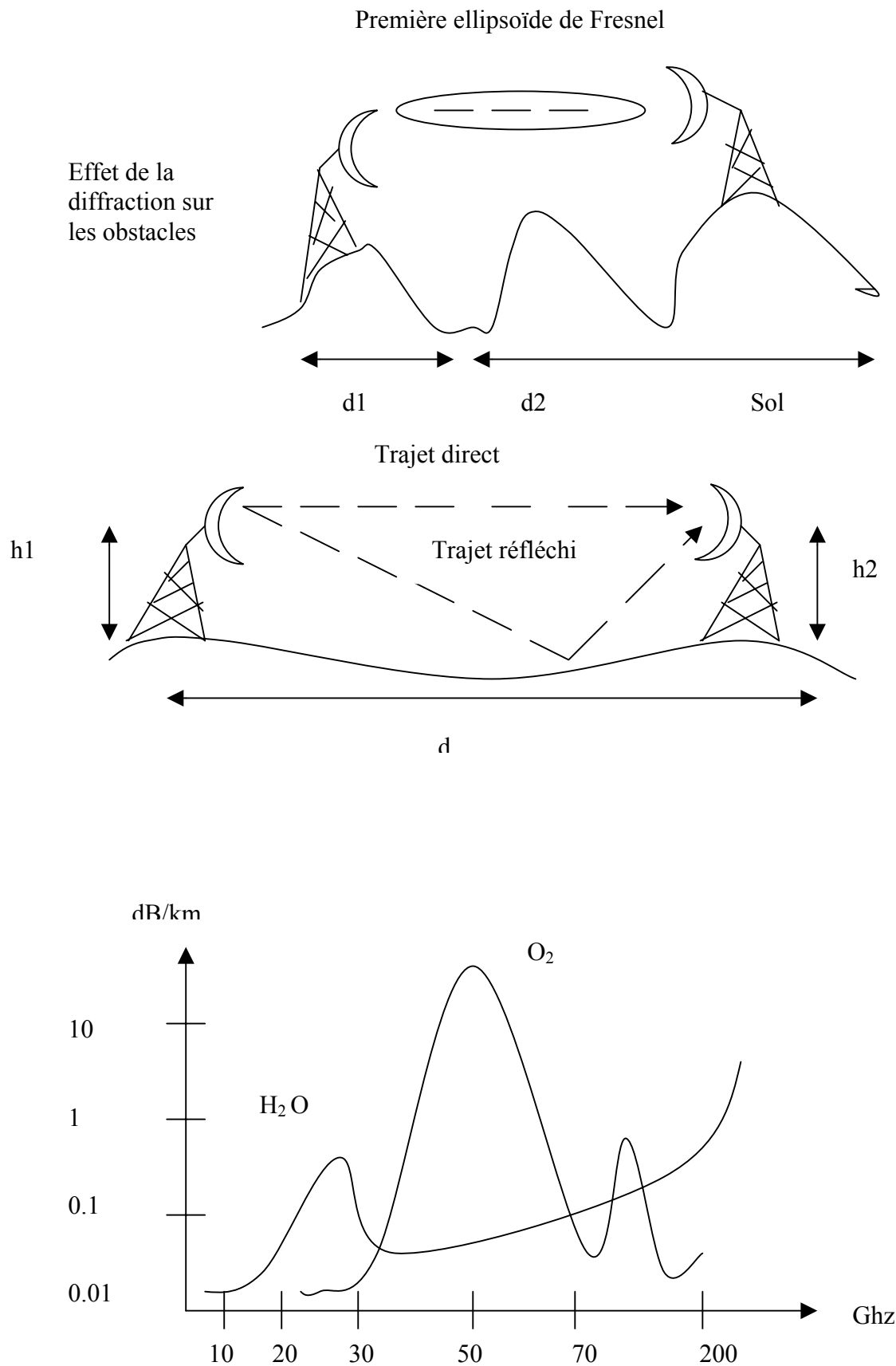
Elles peuvent créer des évanouissements profonds par interférence entre le faisceau direct et le faisceau réfléchi, lorsqu'ils arrivent en opposition de phase et que le coefficient de réflexion est élevé ( c'est notamment le cas sur l'eau ). Ces interférences créent en réception des franges espacées verticalement de

$$\Delta h = \lambda * d / 2h$$

Avec h : hauteur des antennes. Lorsqu'ils n'est pas possibles de masquer le faisceau réfléchi, la solution consiste à utiliser deux antennes réceptrices espacées verticalement de  $\Delta h/2$  ( réception dite en diversité d'espace ). D'autres phénomènes interviennent lors de ces réflexions :

- Diffusion par un sol irrégulier (forêt) mais gênante du point de vue des évanouissements mais qui atténue les ondes et qui peut créer des brouillages .
- Absorption par l'atmosphère : négligeable en dessous de 10 Ghz, elle augmente ensuite rapidement avec la fréquence et présente plusieurs pics, notamment à 22 Ghz, dus à l'eau, puis à 60 et 120 Ghz ou l'absorption par l'oxygène rend l'atmosphère « opaque ». Concrètement, l'effet du brouillard ou des précipitations ( qui ajoutent un effet de diffusion à ce lui d'atténuation ) interdits les liaisons à longue distance





**Fig 5 :**Défauts de la propagation radioélectriques



### III-4- Notion de base sur les antennes

#### III- 4-1- Définition d'une antenne

Une antenne est un transformateur d' onde électrique en onde électromagnétique et inversement. C'est donc un dispositif de transition entre le milieu électrique est le milieu de propagation (espace libre ).

Onde électrique  $\longleftrightarrow$  onde électromagnétique  
(courant, tension)  $\xrightarrow{E}$  ,  $\xrightarrow{H}$

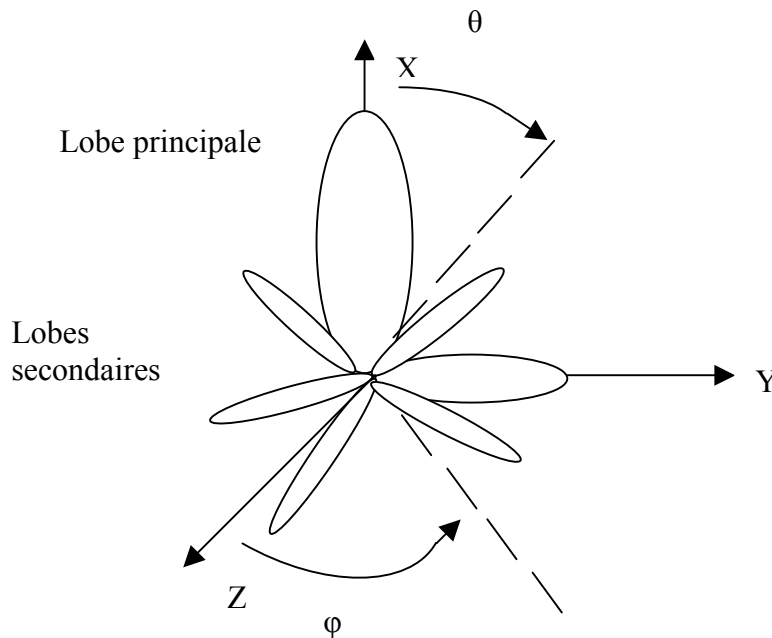
avec :

$\xrightarrow{E}$  : Champ électrique  
 $\xrightarrow{H}$  : Champ magnétique

#### III-4-2-carectéristiques des antennes :

##### III-4-2-1-diagramme de rayonnement d'une antenne :

Le diagramme de rayonnement d'une antenne indique les variations de champ ou de puissance en fonction des deux coordonnées sphériques.



**Lobe principal** :présente le signal utile,

**Lobe secondaire** :présente les parasites,

**III-4-2-2-La directivité :**

La directivité d'une antenne est la façon de concentrer le rayonnement sur l'ensemble des directions de l'espace. La directivité fait donc intervenir la puissance réellement rayonnée, quelle que soit sa polarisation.

**III-4-2-3-Gain d'une antenne :**

C'est le rapport d'une intensité du champ électrique d'une antenne réelle et de l'intensité des champs électriques d'une antenne isotrope de même puissance. Il est mesuré « G » pour une longueur d'onde «  $\lambda$  » donnée.

Le gain d'une telle antenne vaut :

$$G = \frac{4 \pi S_e}{\lambda^2}$$

avec :

$S_e$  : surface équivalente d'une antenne

$$G \text{ dB} = \frac{10 \log 4\pi \cdot S_e}{\lambda^2}$$

**III-4-3-Types d'antennes :**

On distingue plusieurs types d'antenne :

- ❖ Antenne filaire : -antenne yagui  
-antenne cornet  
-parabole
- ❖ Les fontes rayonnantes :

Selon leurs utilisations, les antennes peuvent être actives, passives ou combinés.

Les antennes peuvent être aussi :

-omnidirectionnelle à fin de recevoir et émettre les ondes dans toutes les directions.

Sectorielles ou directionnelles pour avoir la capacité de concentrer efficacement leurs rayonnements dans certaines directions que dans d'autres.

#### **IV- Conclusion**

Les ondes radio électrique sont des supports de transmission des informations entre un émetteur et un récepteur éloignés l'un de l'autre ce qui cause l'atténuation des signaux transmet et par suite une mauvaise qualité de service. Pour cela avant d'implanter des systèmes à base du technique radio, il faut avoir une reconnaissance des équipements à implanter et recourir à une planification précise, c'est le thème du chapitre suivant.

## **Chapitre 2**

### **Caractéristiques des systèmes RBL**

#### **I-Introduction**

#### **II- Modèle de référence**

#### **III- Les caractéristiques opérationnelles des systèmes RBL**

#### **IV- Les services**

#### **V- Les attributs du service**

## **Introduction**

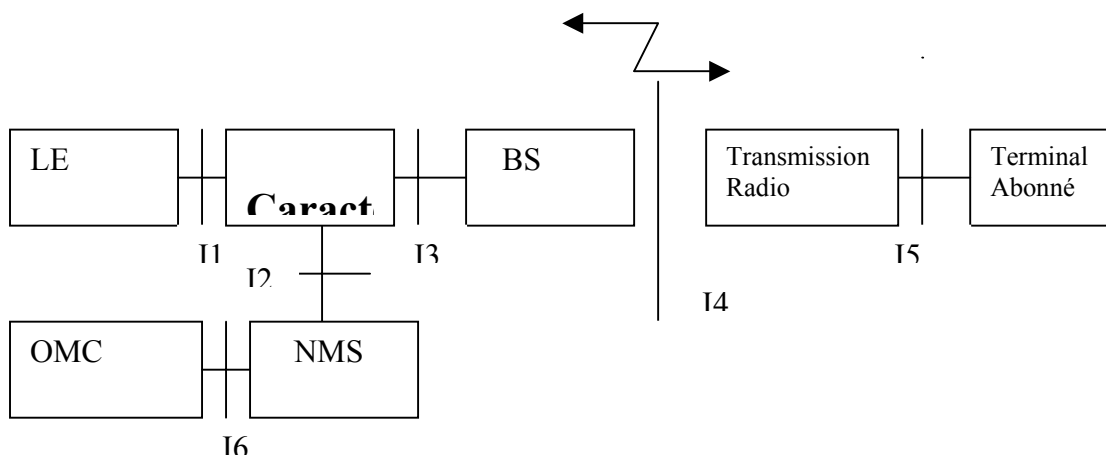
Les applications du système RBL connaissent actuellement un intérêt croissant comme élément important des réseaux d'accès. Plusieurs constructeurs de système d'accès par voie radio, offrent aujourd'hui des systèmes RBL très avantageux par rapport aux systèmes classiques, permettant ainsi à l'opérateur des télécommunications de résorber rapidement toutes les demandes en instances en utilisant l'infrastructure existant du réseau téléphonique commuté, sans modifier ni l'architecture ni l'organisation.

## I-Présentation du système WLL

Le système WLL (wirless local loop) est conçu pour le raccordement des abonnés fixes en zones urbaines, suburbaines ou rurale au réseau téléphonique commuté par la technique radio

## II- Modèle de référence de l'ETSI

### II- 1- Architecture de base d'un système WLL



### Légende :

LE : Local exchange

BS : Base station

OMC : Operating and maintenance system

BSC: Contrôleur de stations de base

NMS : Network Management

**fig. –II-1 :Architecture de base d'un système WLL**

- LE (Local exchange) : C'est l'autocommutateur responsable de la gestion et le routage des appels.
- BSC (contrôleur de station de base) : Il permet la connexion du système WLL au central local du réseau fixe ainsi que le contrôle des stations de bases et des interfaces à l'élément NMS

- BS (Base Station) : C'est une station de base qui contient tous les sous système radio nécessaire pour la réception et la transmission d'information et de signalisation en vers et à destination du terminal d'abonné.
- Terminaison radio : Elle a la capacité d'accéder à l'interface air I4. Elle devra supporter le standard RNIS et RTCP. La terminaison peut être réalisée par l'implémentation d'un ou de plusieurs éléments physiques et en fonction de l'application souhaitée.
- Terminal d'abonné : Il doit être conforme au standard RNIS ou au terminal RTCP.
- NMS (network management system) : C'est le système d'administration du réseau nécessaire pour la configuration du système, les données concernant les abonnés et les paramètres radio.

## **II-2- Les interfaces du modèle de référence**

Ces interfaces sont les suivantes :

- **I1** : Utilisée pour interconnecter le système WLL au réseau public
- **I2** : c'est une interface entre le NMS et le contrôleur
- **I3** : c'est l'interface utilisée pour connecter une ou plusieurs stations de base au contrôleur du réseau WLL. Elle sert à véhiculer l'information relative au traitement des communications, à la gestion des ressources radio, aux messages d'exploitation et de maintenance et à la gestion de la mobilité spécifique au système WLL.
- **I4** : C'est une interface utilisée pour la connexion d'une ou de plusieurs stations terminales. Cette interface sert au traitement des communications, à la gestion des ressources radios, aux messages d'exploitation et de maintenance et à la mobilité spécifique du système WLL. Elle peut être aussi utilisée pour véhiculer les messages de supervision des terminaux radios.
- **I5** : C'est une interface servant pour connecter le terminal d'abonné à la terminaison radio. Elle véhicule les informations relatives aux services accédés par l'utilisateur.
- **I6** : C'est une interface utilisée pour connecter le système WLL au centre d'exploitation et de maintenance. Elle véhicule les informations de configuration, de performance et de gestion des fautes du système WLL.

### **III- Les caractéristiques opérationnelles des systèmes WLL**

#### **III-1- Efficacité spectrale**

Quel que soit le type de la boucle locale radio, la bonne utilisation du spectre fréquentiel par les constructeurs joue un rôle important dans la performance du système. Cette efficacité est conditionnée par deux facteurs :

1. La bande passante allouée.
2. La méthode de réutilisation de fréquence.

#### **III-2- Couverture radio**

Elle est fonction de la densité des bâtiments et de performance technologique des systèmes WLL (de quelques centaines de mètres à quelques kilomètres ). Entre autre, elle dépend du milieu de propagation et de diversité des services offerts aux usagers.

#### **III-3- Alimentation de la borne radio**

Selon la situation, l'alimentation de la borne radio peut être desservie par le réseau général, par des capteurs solaires ou par des batteries d'accumulateurs. Le choix du type d'alimentation dépend de l'emplacement de la borne (contraintes spatiales).

#### **III-4- Gestion des terminaux radios**

Plusieurs paramètres des terminaisons radio peuvent être contrôlés tels que la qualité de la liaison qui doit être toujours garantie puisque chaque erreur lui y survenant peut influencer la qualité de service, le taux d'erreur qui est un paramètre d'évaluation de la qualité de service et l'état des batteries pour garantir l'alimentation en permanence du système des services offerts aux usagers.

#### **III-5- Technique d'accès multiples**

Dans les systèmes radio, tous les utilisateurs partagent le même support pour accéder au réseau. A cet effet, des procédures d'accès multiples sont utilisées. Ces procédures d'accès multiples sont utilisées. Ces procédures permettent de séparer les signaux provenant de plusieurs utilisateurs. La méthode d'accès utilisés par les systèmes WLL a un impact important sur les caractéristiques de l'interface radio et son efficacité spectrale.



Les utilisateurs de la bande allouée (spectre de fréquence) peuvent être séparés en fréquence (FDMA : Frequency Division Multiples Access), dans le temps (TDMA : Time Division Multiples Access) ou en utilisant différents codes (CDMA : Code Division Multiple Access) .

Ces deux dernières sont souvent utilisées dans les systèmes radio numériques .

#### **IV- Les services**

Pour que le système WLL substitue l'ancien réseau d'accès, il est obligatoire qu'il permette les mêmes services offerts par ces derniers et répond aux besoins réels des usagers .

##### **IV-1- Voix téléphoniques**

L'objectif principal d'un système WLL est de fournir une transparence totale des services pour la téléphonie, en particulier il devra :

- ❖ Supporter tous les paramètres techniques du plan de transmission pour la boucle locale analogique et ce pour fournir les 3.1KHZ nécessaires à la voie téléphonique .
- ❖ Prévoir des tonalités de signalisation de types DTMF (Digital Tonality Multi Frequency) et de type impulsion
- ❖ Prévoir une interface d'abonné pour d'autres facilités ou besoins tels que courant d'alimentation, courant de sonnerie, impulsions de sonnerie, impulsions de taxation et inversion de ligne.

##### **IV-2- Bandes pour données**

Le système WLL devra supporter tous les modems de bande de voie qui fonctionnent avec des connexions fixes. Il est à signaler que la majorité des systèmes WLL actuels n'offrent qu'une transmission maximale de données de 9.6 KB /S.

##### **IV-3- Services numériques**

La priorité principale, qui devra être pleinement transparente, d'un système WLL est de supporter l'accès RNIS .

#### **V- Les attributs de service**

##### **V-1- Besoins en trafic**

La majorité des systèmes WLL sont dimensionner pour écouler les trafics suivants (pendant l'heure de pointe) :

- ❖ Abonnés résidentiels : 70 mErlg.
- ❖ Abonnés affaires : 150 mErlg jusqu'à 300 mErlg.

**V-2- Délais d'accès au réseau**

Le délai, introduit par le circuit radio dans les systèmes WLL ( exemple entre I1 et I5), doit être court et comparable à ce lui introduit par le central local (LE) . Ce pendant, certaines technologie radio, par le biais de l'interface air introduisant des retards considérables ce qui rend nécessaire l'utilisation des techniques visant à supprimer l'atténuation due au phénomène d'écho. (Pour le DECT : retard inférieur à 10 ms ; pour le CT2 : retard inférieur à 5 ms).

**V-3- Qualité de services (Grade of service :GOS)**

Ce terme mentionne la disponibilité statistique des canaux de commutation pour un usager particulier . Ce terme détermine aussi, du point de vue de l'opérateur l'efficacité de la planification réseau.

**V-4- Sécurité**

Par un mode de cryptage approprié (à chaque constructeur ), les communications peuvent être sécurisées.

**V-5- Authentification**

La borne radio et le contrôleur devront être capables d'identifier un terminal d'abonné, chacun dans sa zone de couverture . Aussi, le terminal devra être capable de contrôler si son accès à l'infrastructure radio est correct par des procédures d'authentification.

**V-6- Mobilité**

La mobilité dans le périmètre de la cellule est l'unique cas considéré par les systèmes WLL. L'implémentation de ces types de mobilité nécessite une attention très particulière quant à la qualité de service et au taux d'erreurs .

**V-7- Appels de secours**

Le système WLL supporte l'accès prioritaire incluant la priorité absolue pour les appels de secours .

**VI- Présentation des systèmes fonctionnels en Tunisie**

On se consacre à la présentation des systèmes fonctionnels en Tunisie :

- Le système TANGARA RD,
- Le système DECTLink,
- Le system NEC,
- Le système TAWA,

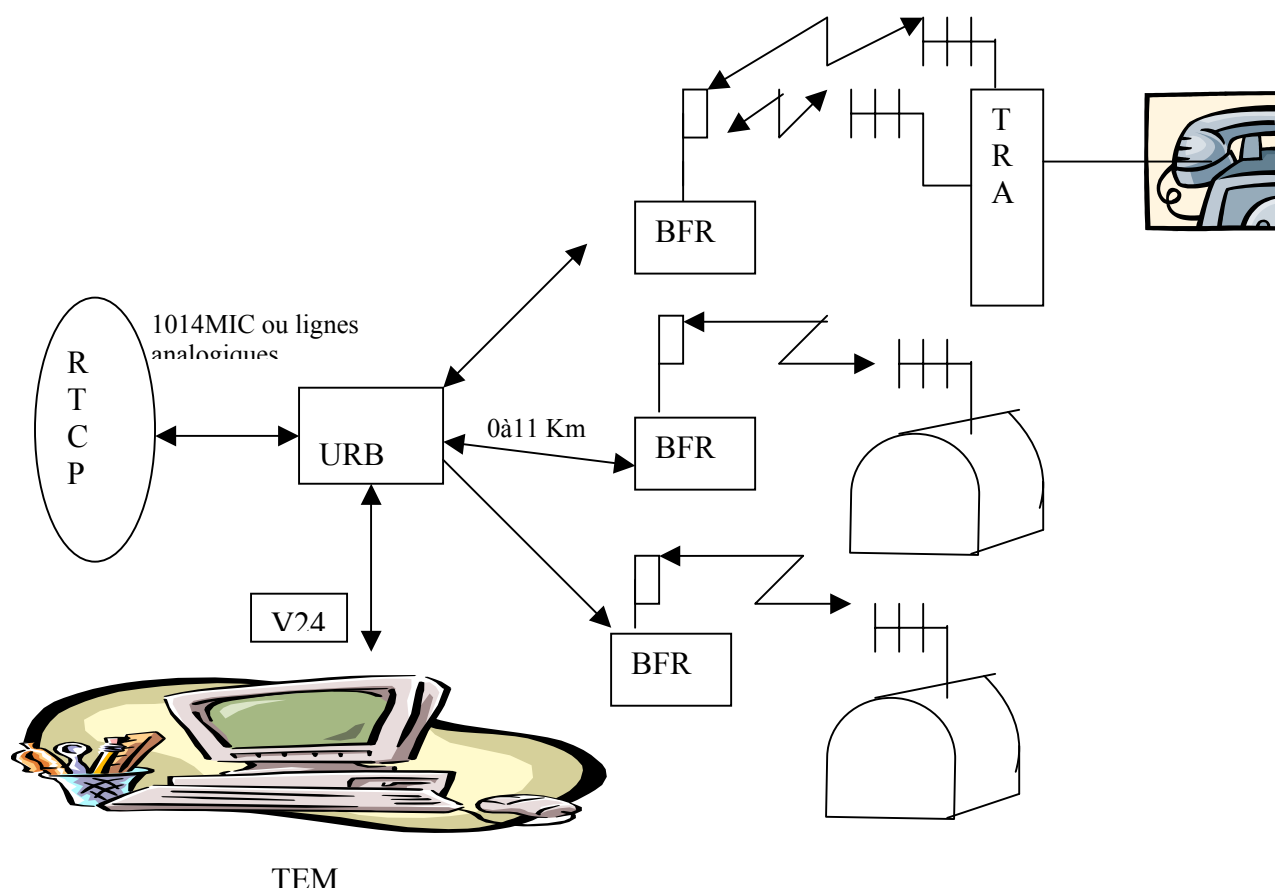
**VI-1- Le système TANGARA RD**

C'est un système qui utilise la norme CT2 (Cordless Téléphone Deuxième génération).

C'est un produit de la société française SAT, installé à Khelidia et à jbel Rsass en 1996 dans la région de Ben Arous.

Actuellement ce système st en cours de substitution par le système DECTLink.

#### VI-1-1-Architecture de base du système TANGARA RD.



Légende :

**TRA** : La terminaison Radio d'abonnés

**BFR** : Borne Fixe Radio

**URB** : Unité de Raccordement de Borne

**TEM** : le Terminal d'Exploitation et de Maintenance

**Fig II.2** : Architecture de base de système TANGARA RD

Le système TANGARA RD comprend trois entités de base :

**TRA** :la terminaison radio d'abonné

**BF** :borne fixe radio

**URB** :unité de raccordement de borne

#### ❖ **(TRA) :La transmission Radio d'Abonné**

La Transmission Radio d'abonné (TRA) permet à l'abonné d'accéder au réseau téléphonique commuté par l'intermédiaire d'un canal Radio CT2/AI .La TRA est constitué d'un coffret alimenté par une tension continue de 12 v .

Elle autorise le raccordement des terminaux analogiques classique tel que une poste téléphonique, télécopieur , répondeur (...).Elle est munie d'une interface téléphonique qui permet l'utilisation de trois terminaux raccordés en parallèle .

La TRA est connecté à une antenne directive ou omnidirectionnelle de petite dimension par l'intermédiaire d'un câble coaxial .L'antenne peut être déportée jusqu'à une dizaine de mètres du coffret TRA .

#### ❖ **(BFR) Borne fixe radio**

La Borne Fixe Radio(BFR) assure la couverture radio d'une cellule et permet l'accès des transmissions Radio d'Abonné (TRA) à l'infrastructure de TANGARA RD la borne peut disposer de 2,4 ou 6 voies Radio et donc acheminer jusqu'à six communications simultanées. Le BFR est constitué d'un coffret relié à l'unité de raccordement de base au moyen d'une à trois accès (2B+D) de types 2 fils ( interface RNIS ). Le niveau physique utilisé est de types annulation d'écho.

#### ❖ **(URB)Unité de raccordement de Borne**

L'unité de raccordement de Borne (URB) gère et supervise les informations (donné et signalisation) en provenance ou à destination des TRA situées dans les cellules de couverture Radio des bornes dont elle a la charge .Elle à de plus le rôle de gestion des communications vers le réseau téléphoniques commuté public (RTCP),et permet de traiter 2500 appels par heure .

#### ❖ **(TEM) Le Terminal d'exploitation et de maintenance.**

Le terminal d'exploitation et de maintenance (TEM) est une console qui permet d'accéder aux fonctions suivantes de l'URB :

- Gestion des usagers (création, supervision, modification....) ;
- Gestion des paramètres de configuration des TRA ;

- Gestion des données d'observations pour l'URB, les BFR et les TRA à partir des informations de comptage et statistiques ;
- Gestion des données de taxation (définition des paramètres ) si nécessaire ;
- Maintenance et supervision des équipements (URB, BFR et TRA) ;

#### VI-1-2 Les principales caractéristiques techniques

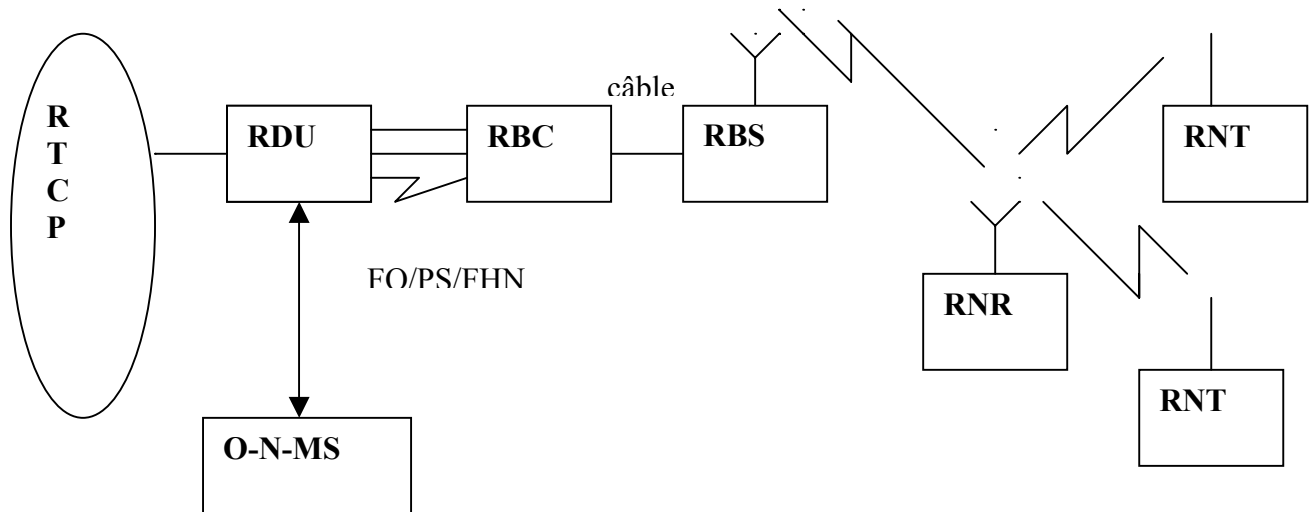
|                                       |                                  |
|---------------------------------------|----------------------------------|
| Interface radioélectrique<br>TRA /BFR | Norme ETSI-IETS 300-131(CT2-CAI) |
| Bande de fréquence                    | 864-868MHZ                       |
| Efficacité spectrale                  | FDMA= une voie par canal         |
| Nombre de canaux                      | 40                               |
| Espacement entre les canaux           | 100MHZ                           |
| Gestion des canaux                    | Dynamique                        |
| Puissance émise                       | 10mW/canal                       |
| Transmission de la parole             | Numérique                        |
| Mode de fonctionnement                | Duplex en partage du temps       |
| Codage de la parole                   | 32KB/S –Codage MICDA             |
| Débit instantané d'un canal radio     | 72KB/S                           |
| Modulation                            | 2FSQ                             |
| Débit de la voie de signalisation     | 1 ou 2KB/S                       |

**TableauII-1 :Les caractéristiques techniques du systèmes du TANGARA-RD**

## VI-2-Le système DECT Link

C'est un système de l'entreprise Allemande SIMENS installé dans la zone de ben Arous dans les régions de Yesminette et khélidia. Il est opérationnel depuis de septembre 1998.

### VI-2-1-Architecture de base du système du DECT link.



#### Légende :

**RNT** :Radio Network Terminaison

**RBC** :Radio Base Contrôleur

**OS** :operating system

**RBS** :Radio base station

**RDU** :Radio Distribution Unit

**FigII-3 : Architecture de base du système DECTlink**

Le DECT link est composé des sous systèmes suivants :

#### ❖ (RNT)Radio Network Terminaison

C'est le terminal d'abonnés qui peut être fixe avec un coffret ou portable

#### ❖ (RBS) Radio Base Station

Elle permet la gestion des liaisons radio avec les terminaux d'abonnés.

#### ❖ (RBC) Radio Base Contrôleur

C'est l'élément permettant la connexion de 15 RBS au maximum.

### ❖ (RDU) Radio Distribution Unit

Joue le rôle d'interface du système DECT link avec le centrale téléphonique, il supervise les informations en provenance ou à destination des terminaux d'abonnés .

### ❖ OS Operating System

C'est la partie chargée de la maintenance et de configuration du système .

### VI-2-2-principales caractéristiques techniques

|                             |                           |
|-----------------------------|---------------------------|
| Largeur de bande            | 1880-1900 MHZ             |
| Nombre de canaux            | 120                       |
| Méthode d'accès             | FDMA /TDMA accès multiple |
| Espacement entre les canaux | 1.728 MHZ                 |
| Puissance émise             | 250 mW                    |
| Sensibilité                 | <-90dBm                   |
| Modulation                  | GFSK                      |
| Transmission de données     | Jusqu'à 9.5 K bits /s     |
| Débit d'un canal            | 32 K bits                 |

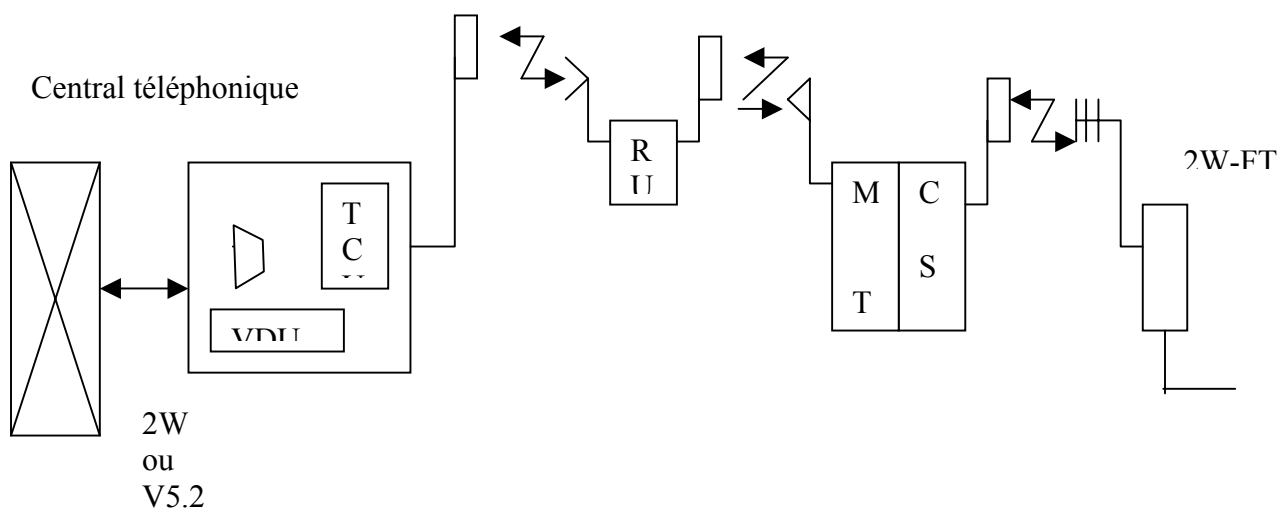
**Tableau II-2 : principales caractéristiques techniques du DECT link**

### VI-3-Le système NEC

C'est un système japonais basé sur la technique radio pour l'acheminement du trafic entre différents abonnés .

Ce système est conçu selon la norme DCTS (Système Radio de Téléphonie Numérique ).

#### VI-3-1-Architecture de base du système NEC



**Légende :****WSC:** contrôleur système radio**TCU :**contrôleur MRT**MT :**Mini Terminal**FT2W:**Terminal Fixe 2 files DCTS**VDU:**Unité De Visualisation**RU:**Unité répéteur**CS:**Station Cellulaire DCTS**Fig II-4 :Architecture de base du système NEC**

Le système NEC se compose des sous systèmes suivants :

- Une station de base formée des identités suivantes :
  - ❖ **WSC** : contrôleur système radio.
    - **VDU** :unité de visualisation ,
    - **TCU** :contrôleur MRT,
  - ❖ **RU** : Unité Répéteur.(C'est une unité auxiliaire utilisée dans des applications rurale ).
  - ❖ Des bornes fixes formées de deux entités de base :
    - **MT** :mini terminal,
    - **CS** :Station Cellulaires,
  - ❖ **FT2W** :Terminal Fixe 2 files,

**VI-3-2-Les principales caractéristiques techniques du système NEC**

|                          |                                  |
|--------------------------|----------------------------------|
| Bande de fréquence       | 1895-1948.1 MHZ                  |
| Méthode Duplex           | TDMA-TDD                         |
| Modulation               | $\Pi/4$ - DQPSK                  |
| Trame AMRT               | 5 M S                            |
| Disposition de fréquence | Affectation dynamique des canaux |
| Débit binaire de voie    | 348K bits /s                     |
| Nombre de canaux         | 4                                |
| Espacement entre canaux  | 300KHZ                           |
| Codec                    | 32Kbits /s/ADPCM                 |

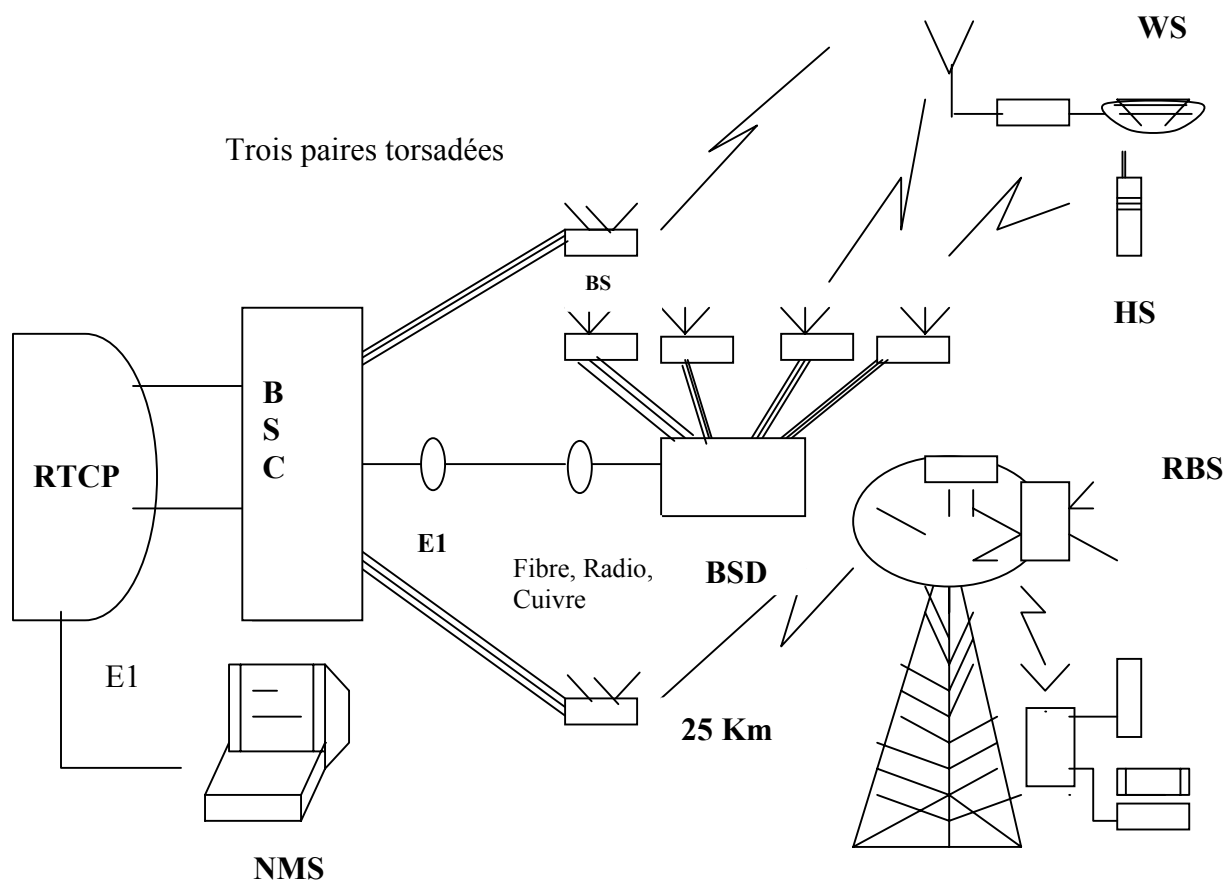
**TableauII-3/ Les caractéristiques techniques du système NEC**



## VI-4-le système TAWA

C'est un produit de la société tunisienne **OMNIACOM** dont le siège est par Technologique des communications. Ce système utilise la norme DECT.

### VI-4-1-Architecture de base du système TAWA



#### Légende :

**BSC** : Base Station Controller,

**RBS** : Repeater Base Station,

**WS** : WallSet,

**WS-IP** : WallSet-IP,

**NMS** : Network Manegement System,

**BSD**: Base Station Distributor,

**BS**: Base Station,

**MWS**: Multi-WallSet,

**HS**: Hand Set.

**Fig II.5: Architecture de base de système TAWA**

Ce système se compose des sous systèmes suivants :

- ❖ **BSC : Base Station Contrôler** : il assure le contrôle du système, la gestion des appels des abonnés et l'interfaçage avec le réseau téléphonique. Chaque BSC peut desservir jusqu'à 1000 abonnées à travers 20 BS au maximum.
- ❖ **BSD : Base Station Distributeur** : Il permet de connecter au BSC, les BS situés dans des endroits éloignés (distance supérieure à 20 Km ).Le BSD est lié au BSC par une liaison MIC par radio, fibre ou cuivre. Un BSD peut desservir jusqu'à 4 BS placées dans le même endroit.
- ❖ **RBS : Repeater Base station** : est un équipement relais permettant d'étendre la portée d'une BS jusqu'à 3.5 Km. Le RBS se connecte au BS par un lien DECT.
- ❖ **Bs : Base Station** : c'est une unité de faible encombrement montée à niveau suffisamment dégagé assurant la couverture radio désirée. Elle permet un accès non filaire avec l'équipement d'abonné en utilisant une interface DECT  
Chaque BS fournit 12 canaux de voix simultanés et se connecte au BSC ou au BSD à travers un câble à trois paires torsadées.
- ❖ **WS : Wallset** : C'est un terminal d'abonné fixe sans fil assurant une connexion à tout téléphone standard, Fax ou modem.
- ❖ **MWS : Multi-Wallset** : C'est une unité fixe sans fil assurant 2 ou 4 connexions indépendantes (téléphone standard, Fax ou modem) au sein du même bâtiment.
- ❖ **WS-IP : Wallset-IP** : Il assure les mêmes services de voix que le WS mais il permet en plus l'accès Internet sans recours au modem.
- ❖ **HS : HandSet** : c'est un téléphone portable assurant le service de voix pour l'utilisateur.
- ❖ **NMS : Network management system** : Il permet la gestion de plusieurs BSC avec leurs BS, BSD, RBS et les terminaux abonnés ainsi que toutes les interfaces et les supports de liaison.

#### **VI-4-2- Principales caractéristiques techniques**

|                         |               |
|-------------------------|---------------|
| Largeur de Bande        | 1880-1900 MHZ |
| Nombre de canaux        | 120           |
| Méthodes d'accès        | MC-TDMA       |
| Espacement entre canaux | 1.728 MHZ     |
| Puissance émise         | 250 mW        |
| Sensibilité             | -90 dBm       |
| Modulation              | GFSK          |
| Transmission de données | 1.152 Mbits/s |
| Débit d'un canal        | 32 Kbits/s    |

**TableauII-5 : Caractéristique technique du TAWA**

#### **VI-5- Présentation de quelques normes d'accès utilisées par différent system RBL**

##### **VI-5-1- La norme DECT**

L'ETSI ( European Télécommunication Standard Institut ) a normalisé en 1992 la bande de fréquence de 1.8à 1.9 MHZ comme norme téléphonique européenne. Elle porte le nom DECT (Digital Européen Cordless Télécommunications) et correspond à la directive européenne CEE 91/287. Cette norme est disponible sous le numéro ETS 300- 175 et ETS 300- 176. Elle est commune à la transmission de données et à la transmission de voix en numérique.

La norme DECT (ETS 300- 175) définie pour la téléphonie sans fil de types cellulaire, réserve initialement 4 canaux pour la transmission de données

|                                   |                 |
|-----------------------------------|-----------------|
| Fréquence                         | 1880 – 1900 MHZ |
| Nombre de porteuse                | 10              |
| Nombre de canaux par porteuse     | 12 en Duplex    |
| Assignation du canal              | Dynamique       |
| Technologie                       | Numérique       |
| Portée                            | 50 à 500 m      |
| Séparation entre chaque porteuse  | 1.728 MHZ       |
| Système de transmission           | AMRT            |
| Puissance d'émission par porteuse | 250 mW          |
| Puissance d'émission par canal    | 10 mW           |
| Débit maximal                     | 1.5 Mbits/s     |
| Longueur d'une trame              | 10 ms           |

**Tableau I : Caractéristique du norme DECT**

#### **VI-5-2- La norme CT2**

La norme CT2 (Cordless téléphone of second génération) est une interface utilisée dans la technologie radio définit par l'ETSI et normalisée par : ETS 300-131, c'est une norme de deuxième génération de téléphone sans fil, la norme CT2 définit une interface radio de la téléphonie numérique sans fil utilisable dans la bande de fréquence 864.1 à 868.1 MHZ.

### **VII- Les méthodes d'accès radio**

#### **VII-1- AMRT (TDMA) : Accès multiples à répartition dans le temps**

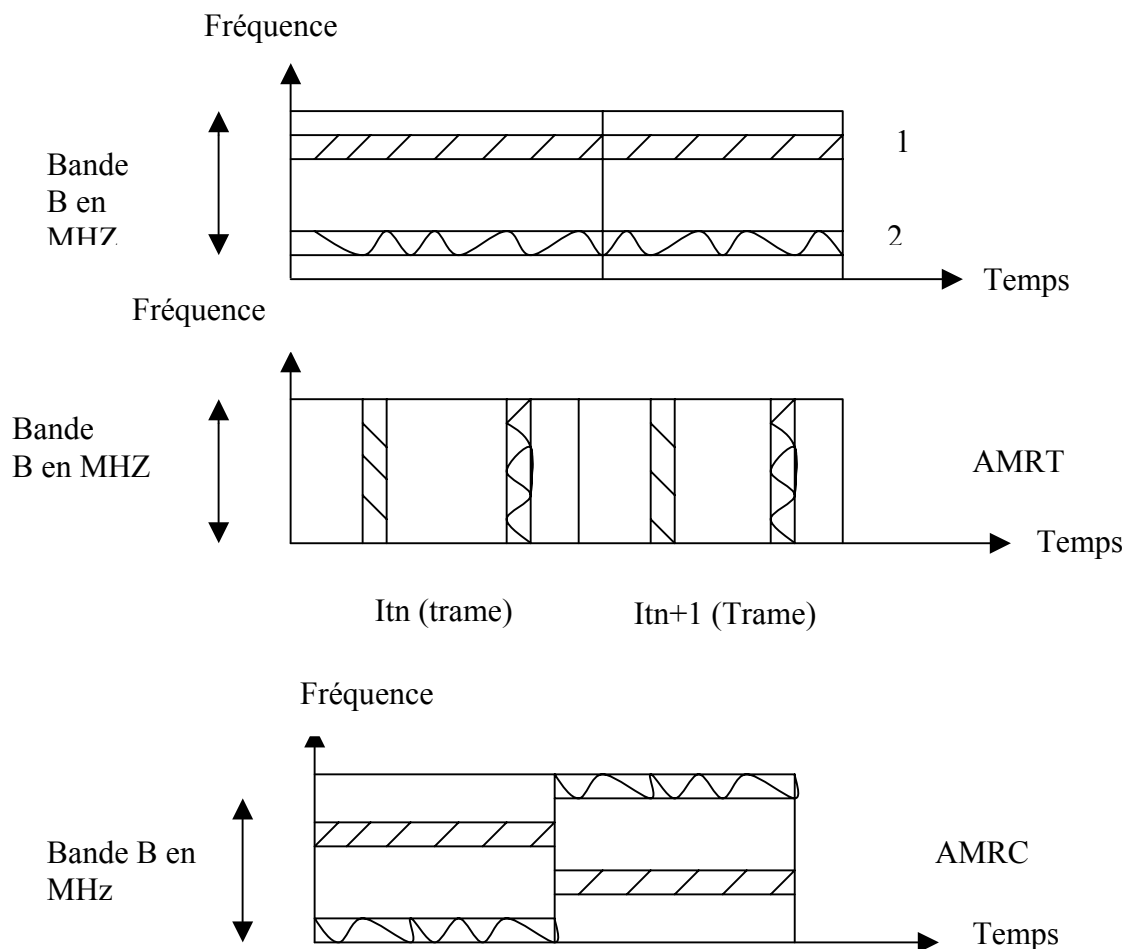
L'AMRT consiste à allouer à chaque utilisateur un intervalle de temps précis sur un canal à gros débits. C'est à dire que la bande de fréquence est exploitée en totalité par tous les usagers en même temps.

#### **VII- 2- AMRF ( FDMA) : Accès multiples à repartitions de fréquence**

L'AMRF est le système le plus classique est consiste à allouer à chaque utilisateur une fréquence pour le temps de sa communication.

### VII-3- AMRC (CDMA) : Accès multiples à répartition dans le code

Il consiste à affecter à chaque utilisateur un code particulier en utilisant la totalité de la bande de fréquence pendant toute la durée.



**Fig-1 : Occupation spectrale en fonction du temps pour AMRF, AMRT, AMRC**

### VIII- Conclusion

La capacité des systèmes RBL est ajustable dans le temps. Ils peuvent être dimensionnés en fonction du nombre initial d'abonnés, puis voir leur capacité à l'accroissement de la demande. Cela constitue un avantage décisif pour tout opérateur, lui permettant d'adopter ses investissements aux revenus escomptés.

## **Chapitre 3**

### **Planification des systèmes RBL**

#### **I-Introduction**

#### **II- Objectif de la planification**

#### **III-Etapes de planification**

#### **IV- Planification de la partie fixe**

#### **V- Conséquences concernant la planification**

#### **VI- Conclusion**

## **I-Introduction**

La planification d'un réseau présente l'une des tâches la plus complexe. Les réseaux cellulaires sont les systèmes radios mobiles les plus compliqués à planifier, surtout depuis l'introduction des techniques micro-cellulaires. La planification du réseau fixe intervient lorsque la planification de la partie radio est achevée, elle consiste à déterminer les capacités et emplacement des différents concentrateurs ainsi que les liaisons de transmission entre équipements.

## **II- Objectif de planification**

La planification suivra des objectifs différents en fonction de la zone à planifier ( contexte urbain ou milieu rural )

- En zone urbaine ou suburbaine, l'objectif est d'assurer une capacité en trafic suffisante ( c'est à dire qu'il s'agit dans ce cas de desservir un nombre d'abonnés élevé),
- En zone rurale ou des zones à faibles densités d'abonnés, l'objectif est d'assurer la couverture la plus complète possible ( rayons des cellules de plusieurs dizaines de kilomètre typiquement).

## **III- Etapes de planification du réseau cellulaire**

### **II-1- Planification de la partie radio**

Cette planification est basée sur la partie comprise entre le terminal d'abonné et la station radio fixe. Elle est la tâche la plus difficile lors de l'implantation du système, car les paramètres concernés comme le taux d'appels et les conditions de propagation sont des paramètres variables et difficiles à évaluer.

#### **II-1-1- Données de planification de la partie radio**

##### **III-1-1-1- Données provenant de l'opérateur**

- La probabilité de blocage : L'évaluation de la charge de trafic à l'heure de pointe permet de dimensionner les éléments du système ( équipement, liaisons entre ces équipements et ressources radios. Ces éléments représentent des coûts d'investissement important et les ressources radio étant rares, leur dimensionnement est réalisé en considérant qu'une faible proportion des usagers ne pourra être satisfait en période chargées. Les appels des usagers non servis du fait de l'absence des

ressources disponibles sont appelés appels bloqués, et la probabilité pour un usager de voir son appel bloqué est appelée probabilité de blocage, qui est donnée par la formule suivante :

$$PB = (A^K/k!)/\sum_{i=1}^n (A^i / i!)$$

- La pénétration du marché,
- La bande de fréquence allouée,
- L'évolution dans le temps,

### III-1-1-2 Données relatives à la demande téléphonique

- Estimation du nombre d'abonnés : c'est à dire les demandes en instance, et l'évolution des demandes prévisionnelles.
- Segmentation de la demande téléphonique ( résidentielle ou professionnelle)

### III-1-1-3- Données relatives à la zone

Les informations sur le terrain que le réseau doit couvrir sont de deux types :

- Informations générales ( morphologie, structure, composition...). Sont disponibles au pré d'organismes de cartographie.
- Informations spécifiques permettent l'identification des sites candidats.

L'identification des sites candidats fait l'objet d'une étape préalable appelée

**Surveillance.** Elle consiste principalement à :

- ✓ repérer les sites en visibilité,
- ✓ choisir les pylônes et leur hauteur en fonction du site,
- ✓ recenser l'infrastructure existante ( bâtiments, énergie, ...)
- ✓ S'informer sur les lois et interdictions dans la zone, surtout concernant la hauteur des antennes.

### III-1-1-4- La couverture radio

C'est grâce à la recherche du bilan de liaison que les frontières des cellules sont déterminées :

$$S = P + G - L - A - M$$

S: seuil de réception en dB,

P : puissance émise en dB,

G : somme des Gains des antennes en dB et par rapport à la source isotrope,

L : affaiblissement de propagation,

A : affaiblissement de feeder en dB,



M : marge de la liaison en dB,

La zone de couverture d'une borne radio est l'ensemble pour la quelles le champ reçu est supérieur au seuil prédéfini. La détermination de couverture radio revient à calculer l'affaiblissement de parcours de la borne radio au terminal d'abonné, cette tâche est déterminée à partir de plusieurs modèle de propagation. Le choix de l'utilisation d'un modèle donné plutôt qu'un autre dépend de plusieurs paramètres tels que le type d'environnement, la bande de fréquence...

Pour de terminer la couverture radio il faut prendre on considération les étapes suivantes :

- ✓ Couvrir la zone considérée en minimisant le nombre de bornes radio,
- ✓ Repérer les zones à fort trafic et y allouer un nombre suffisant de canaux de façon à satisfaire la demande en heure chargée,
- ✓ Etudier les problèmes d'interférences et essayer de les supprimer,
- ✓ Etudier le problème de blocage dans chaque cellule et le minimiser,
- ✓ Planifier le réseau pour servir le plus d'abonnés nouveaux,

#### **III-1-1-5- Trafic à écouler**

Le trafic est l'un des éléments les plus importants de la téléphonie, dont dépend la qualité de service de réseau, l'ensembles d'équipements, ainsi que les recettes.

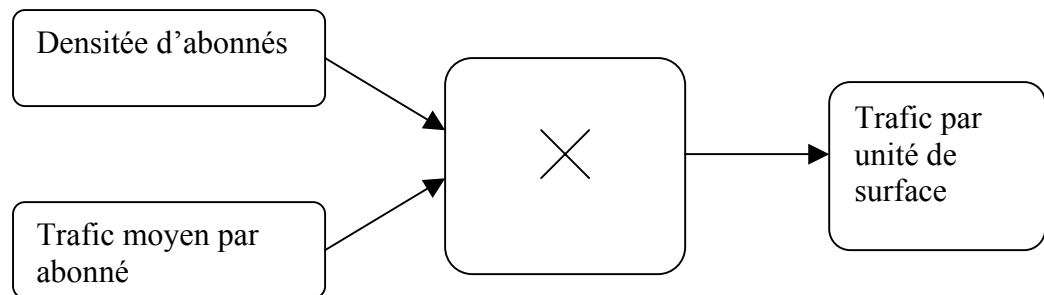
Le trafic téléphonique, produit de base des télécommunications concerne la plus part des fonctions de l'administration

- ✓ Fonction financière ; puisque le montant des recettes et montant des dépenses d'investissements dépendent du volume du trafic
- ✓ Fonction d'équipement ; puisque la planification du réseau et le dimensionnement de l'infrastructure sont fait en fonction des prévisions de trafic. Ces équipements ne doivent être ni insuffisants, pour éviter les encombrements, ni surabondants, pour éviter des gaspillages,

La charge du trafic d'un système est égale au produit de la durée moyenne d'un appel et le taux moyen d'arrivé des appels. Le taux d'appels est obtenu par la définition d'Erlang :

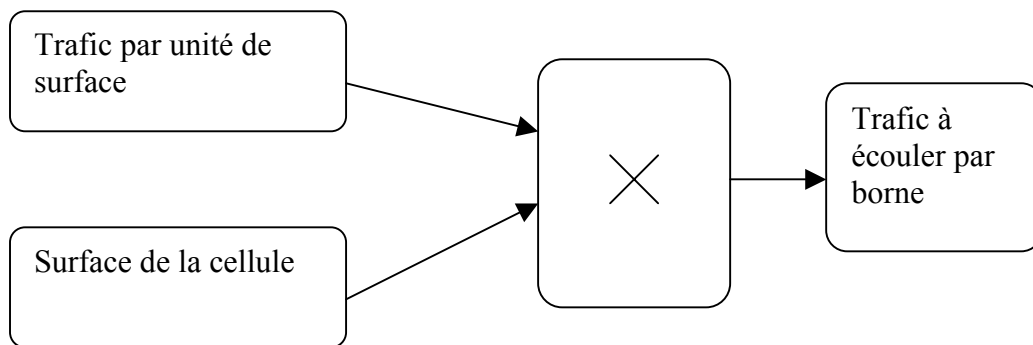
« Sur un réseau téléphonique, au cours de 60 minutes de trafic chargé l'utilisateur communique pendant, t minutes, son trafic personnel estimé en Erlang est E avec  $E=t/60$ .

Le trafic par unité de surface est obtenu en multipliant la densité d'abonné par le trafic moyen par abonné :



**Fig 1 : Trafic par unité de surface**

Le trafic total a écoulé par borne est obtenu en multipliant le trafic par unité de surfaces (densité de trafic ) par la surface de la cellule.



**Fg 2 : Trafic à écouler par borne**

### III-1-1-6- La protection contre le brouillage

La qualité de service d'un réseau cellulaire perdu par les usagers concerne la disponibilité du réseau lors de l'établissement des appels et la qualité des communications qui peuvent être affectés par des perturbations ou par des interruptions. Pour garantir une qualité de service satisfaisante, il est nécessaire d'assurer un niveau de protection contre les brouillages, c'est à dire avoir  $C/I > \text{seuil}$

Ou C : signal utile

I : Interférence

### **III-1-1-7- Hauteur des pylônes**

Le choix du hauteur des pylônes répond à deux conditions

- Elle doit être élevée le maximum possible, lorsque la hauteur des BS augmente, le rayon de couverture augmente,
- La hauteur des BS ne dépasse pas la hauteur des BS voisines pour éviter l'effet d'interférence.

## **IV- Planification de la partie fixe**

### **IV-1- Introduction**

La planification du réseau fixe intervient lorsque la planification de la partie radio est achevée. Elle consiste à déterminer les capacités et emplacement des différents concentrateurs ainsi que des liaisons de transmission entre équipements.

La planification de réseau fixe consiste donc à repartir des positions et capacités des sites cellulaires, et différent point du réseau fixe, à déterminer l'emplacement, la capacité et les moyens d'échanges (c'est à dire les liens de transmission ), des différents équipements du réseau fixe ( contrôleur de station de base ; commutateurs), la partie fixe d'un réseau RBL est l'ensemble des équipements et interfaces nécessaires à la connexion des stations de bases au réseau RTCP.

### **IV-2-Principales étapes de planification de la partie fixe du réseau RBL**

Ils existent trois étapes de planification de la partie fixe :

- L'acquisition des données,
- Le dimensionnement des sous systèmes,
- Optimisation du réseau après sa mise en service,

Ces étapes consistent à collecter des informations concernant la technologie, l'environnement et la qualité de service.

#### **IV-2-1- Paramètres caractérisant la technologie**

Les paramètres caractérisant la technologie de la partie fixe se classent en deux catégories.

- Caractérisant le transport : elles comprennent les paramètres suivants
  - Nombre maximum de borne par commutateur,
  - Nombre maximum d'abonnés par commutateur,
  - Trafic maximum par commutateur,
  - Taux d'occupation du génie civil,
- Caractérisant la distribution : contiennent les paramètres suivants.

- nombre maximum de borne radio par concentrateur,
- nombre maximum d'abonnés par concentrateur,
- trafic maximum par concentrateur,
- taux d'occupation du génie civil en distribution,

#### IV-2-1-1 Paramètres caractérisant l'environnement

L'environnement est caractérisé par trois paramètres à savoir :

- la densité d'abonné,
- le trafic moyen par ligne principale,
- la surface de la zone,

Ces paramètres permettent de distinguer cinq types de contexte, urbain, suburbain, commercial, industriel et rural.

Ces différents contextes sont donnés dans le tableau suivant

| Paramètres                 | Urbain | Suburbain | Commercial | Industriel | Rural |
|----------------------------|--------|-----------|------------|------------|-------|
| Densité<br>D'abonnés       | 5000   | 1000      | 10000      | 5000       | 100   |
| Trafic moyen<br>(m Erlang) | 70     | 70        | 150        | 100        | 10    |

#### IV-2-1-2- Paramètre caractérisant le service

Beaucoup d'élément intervient dans la qualité de service d'un réseau radio- mobile

- taux de couverture,
- qualité vocale,
- coupure des communications,

#### IV-2-2- Dimensionnement des sous systèmes

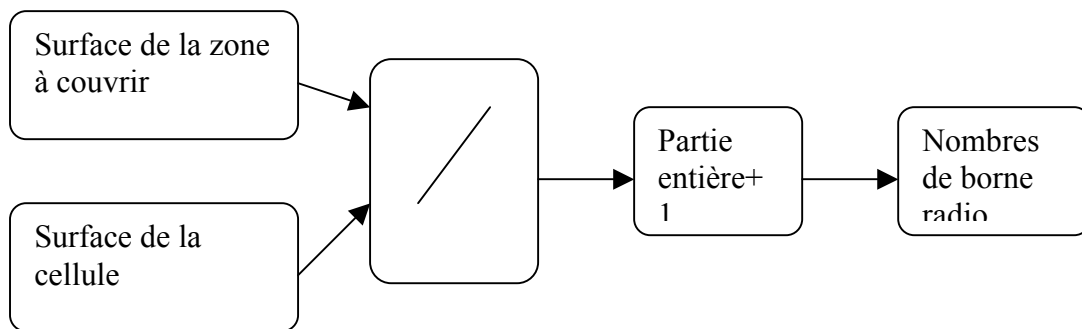
Le dimensionnement de la partie fixe d'un système RBL s'appuie sur une planification cellulaire menée dans les bonnes conditions ( dimensionnement des cellules, nombres des bornes et leur emplacement )

Le dimensionnement intervient pour minimiser les coûts, sous contrainte de qualité de service et de trafic. Le dimensionnement a pour but de déterminer les sous systèmes suivant :

- Nombre des concentrateurs,
- Emplacements des concentrateurs,
- Support de transmission utilisé(en transport et en distribution).

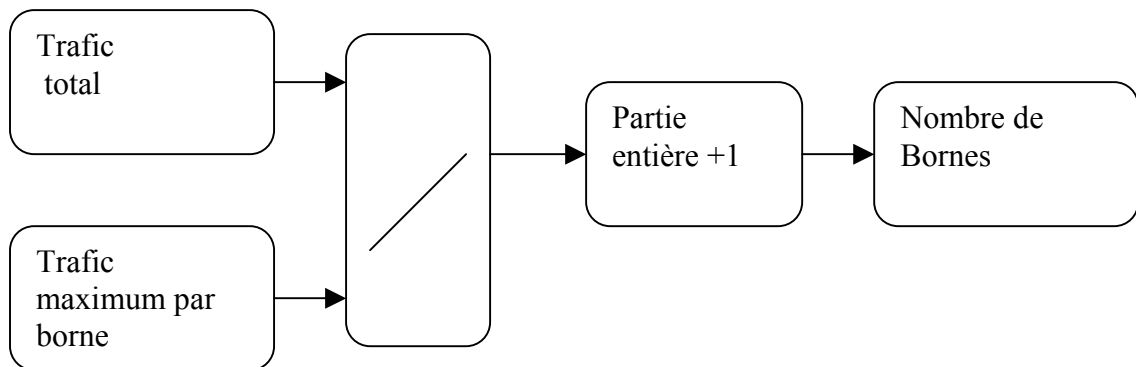
#### IV-2-2-1- Nombre de borne

Le nombre de borne est obtenue par le rapport de la surface de la zone à couvrir et la surface d'une cellule.



**Fig-3 :Nombres de bornes radio**

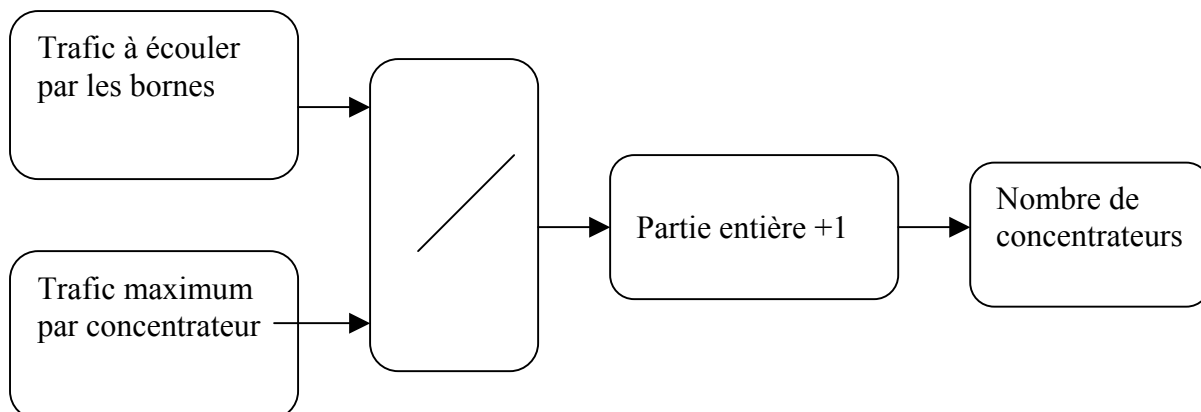
Une autre approche pour calculer le nombre de bornes à condition qu'il faut fixer le trafic maximum que peut écouler une borne.



**Fig 4 :Nombres de bornes radio**

**IV-2-2-2-Nombre de concentrateur :**

Les nombres de concentrateurs est déterminé comme suit :



**Fig 5 :nombre de concentrateurs**

**IV-2-2-3-Nombres de canaux**

L'analyse du trafic des abonnés dans les cellules permet de déterminer le nombre maximum d'abonnés qui peuvent être raccordés à chaque borne, en tenant compte de la probabilité de blocage et du trafic moyen par abonné.

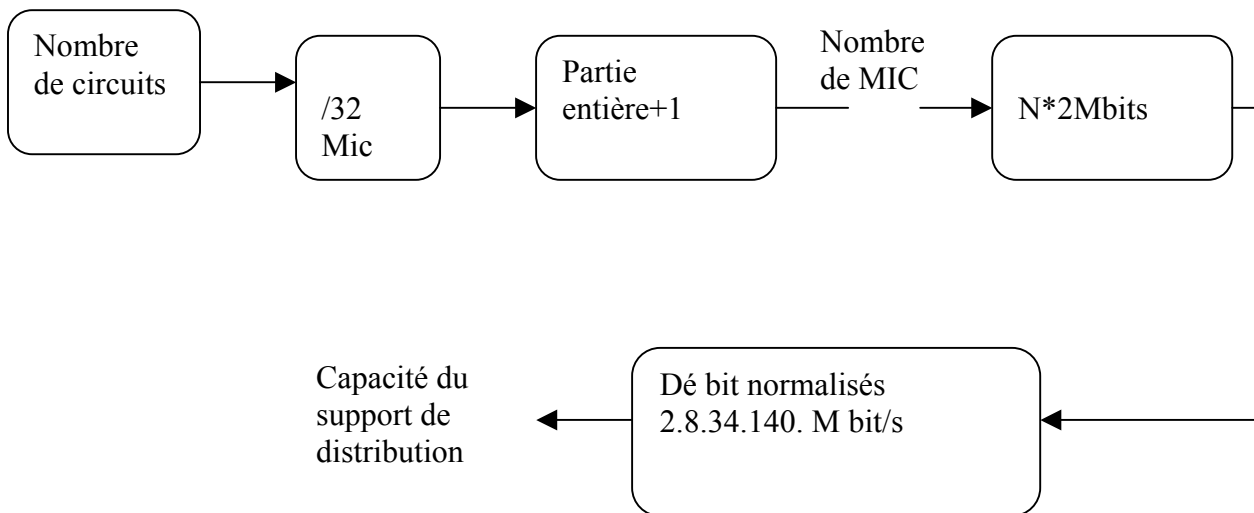
On se réfère au tableau d'ERLANG et la probabilité de blocage on peut déterminer le nombre des canaux (voir Annexe).

| Nombres de canaux (Pb=1%)  |     |     |     |     |     |     |
|----------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Trafic moyen /Ab (mErlang) | 8   | 10  | 12  | 17  | 24  | 40  |
| 30                         | 104 | 149 | 196 | 322 | 510 | 967 |
| 50                         | 62  | 90  | 118 | 194 | 306 | 581 |
| 70                         | 45  | 46  | 84  | 138 | 219 | 415 |
| 100                        | 32  | 45  | 59  | 97  | 153 | 281 |
| 150                        | 21  | 30  | 40  | 65  | 102 | 194 |
| Nombres de canaux          |     |     |     |     |     |     |

Ce tableau illustre le nombre d'abonnés en fonction du nombre des canaux radio qui leur sont alloués

#### IV-2-2-4 : Capacités des supports de transmission :

La capacité des supports de distribution et de transport peut être déterminée suivant l'organigramme suivant :



**Fig : Capacité de support**

#### IV-2-2-5-Optimisation du réseau.

L'optimisation du réseau se divise en deux étapes :

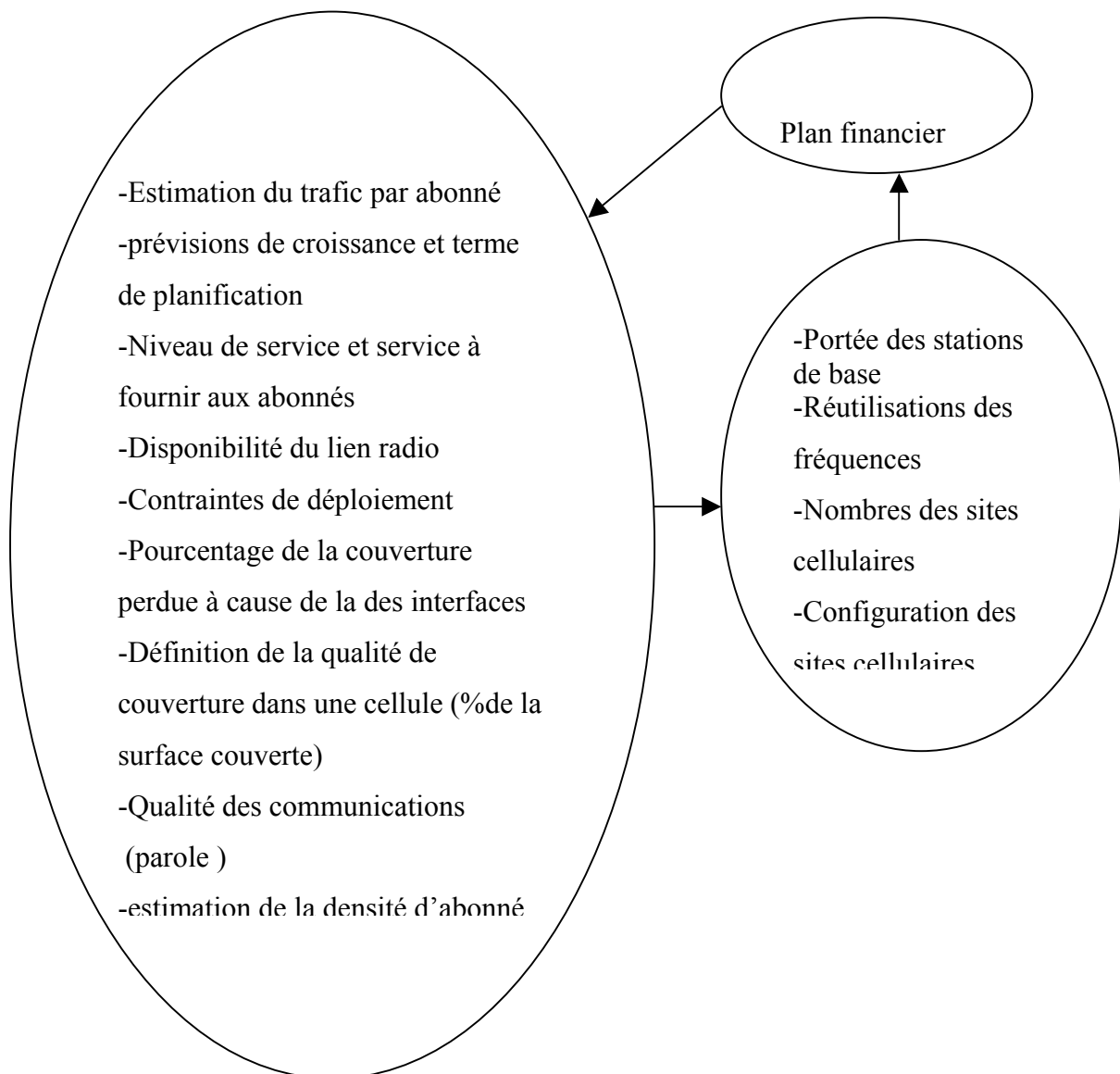
##### ➤ Avant la mise en service

Après l'installation du réseau, l'équipe de la planification peut effectuer des mesures de champ supplémentaire pour calibrer le modèle de propagation. Certains paramètres du sous système radio du WLL peuvent être corrigés après une série de mesures. Cette correction permet de dresser la liste finale des paramètres optimaux qui vont conduire à une exploitation du réseau avant sa mise en service.

➤ **Après la mise en service :**

L'optimisation du réseau se poursuit après la mise en service à travers des actions pour améliorer le rendement du système, cette optimisation permet de donner au réseau des caractères du réseau extensibles.

**V-conséquences concernant la partie planification :**



**Etapes et paramètres principaux du processus de planification**



## **VI- Conclusion :**

La planification initiale du réseau, dont nous avons évoqué les principales étapes, sera suivie d'un travail d'ingénierie tout aussi important. La montée en charge, avec la croissance du nombre d'abonnés va nécessiter l'optimisation du réseau après la mise en service. D'autre part, lors de la vie du réseau des mesures de qualité de service sont réalisées par des équipes effectuant régulièrement des mesures, de qualité de communications. Le processus de planification et donc sans cesse répète quand le réseau évolue.

## **Chapitre 4**

### **Etudes de cas**

**I-Introduction**

**II- Les étapes suivies pendant l'étude**

**III-Disposition géographique de la zone**

**IV- Solution proposé avec le système WLL**

**V- Conclusion**

## **I-Introduction**

L'étude d'une localité nécessite une connaissance de sa zone de couverture en se basant sur des données géographiques afin de permettre de desservir tous les abonnés en service et les demandes en instances.

D'une façon générale, une station de base doit être placée en hauteur et au centre de la zone pour assurer une couverture complète. Si le nombre d'abonnés est élevé ou la zone de couverture est importante, nous pouvons implanter un ou plusieurs stations de base pour assurer une couverture maximale de la zone à étudier. Les stations de bases doivent être en visibilité directe avec les stations terminales.

Les dites conditions seront respectées lors de notre étude de cas des localités « Sidi Slimen+ Sidi Sala » en suivant les étapes de la planification radio

## **II- Les étapes suivies pendant l'étude**

- Estimation du nombre actuel total des abonnés dans la zone d'étude,
- Détermination du catégorie des abonnés,
- Evaluation de taux de croissance annuelle des abonnés,
- Définition de la probabilité de blocage utile ( généralement 1%),
- Détermination du type d'environnement : morphologie ; métropolitaine, centres de grandes villes, avec moyenne de hauteur de constructions  $h \geq 25m$

**Urbaine** : Ville caractérisée par densité de construction dont la hauteur varie entre 10 et 25 m

**Suburbaine** : Villages, arbres et jardin, avec hauteur de construction varie entre 8 et 10 m

**Rurale** : Zone d'agriculture avec hauteur moyenne des constructions varie entre 5 et 8 m

- Localisation de l'emplacement favorable des sites ( minimiser le nombre de station RBS), avec considération des sites existants.

## **III- Disposition géographique des zones à couvrir**

Un survey détaillé, basé sur la visite des centraux de rattachement et des zones à couvrir, a permis :

Le prélèvement des coordonnées, ainsi, que les hauteurs et les coordonnées des pylônes existant et les caractéristiques des pylônes à rajouter.

L'étude de couverture et de visibilité (existence des obstacles entre les stations de base à prévoir )

Le tableau suivant illustre les caractéristiques principales des localités à étudier

| Localités                | Superficie approximative | Nombre d'habitants | Centre de commutation le plus proche | Distance centre de zone- centre de commutation (Km) |
|--------------------------|--------------------------|--------------------|--------------------------------------|---|
| Sidi Slimen + Sidi Salah | 28.26                    | 200                | Raoued                               | 3   |

**Tableau I :** Caractéristiques des zones d'études

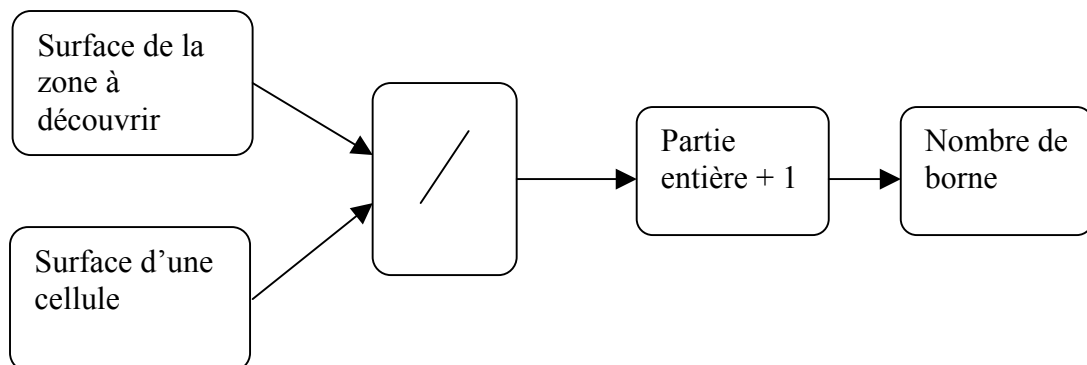
#### IV- Solution proposée avec le système RBL

##### IV-1- Nombre de station de base

Pour déterminer le nombre optimum de station de base à installer dans chaque site, nous nous sommes référés à deux approches en tenant compte des hypothèses suivantes :

- Trafic par abonnés =70 mErlang,
- Probabilité de blocage ; PB=1%,
- Surface d'une cellule rurale ;  $S=25\text{Km}^2$ ,
- Trafic maximum par borne ; E=5 Erlang,
- Nombre maximum d'abonné par borne; N= 100 abonnés,

##### - Première approche

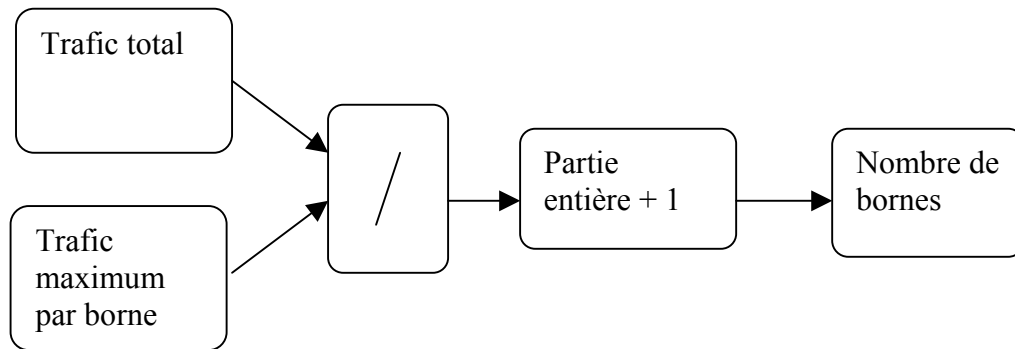


D'après les données précédentes est en appliquant cette approche nous avons trouvé que le nombre de station de base ( Borne de station de base)

### Deuxième approche

$$N_{Sb} = 2$$

Cette approche est basée sur le trafic :



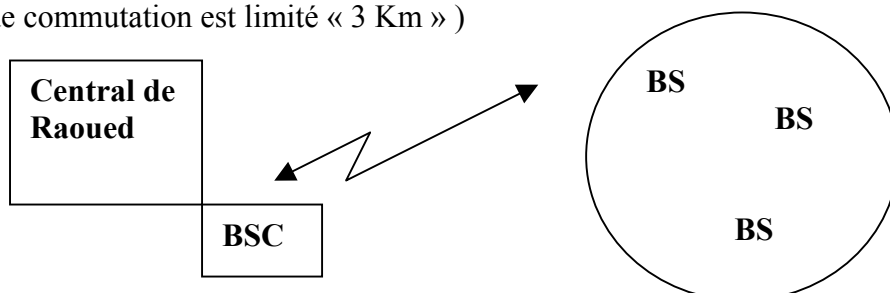
L'application de cette approche donne le nombre suivant de station de base

$$N_{SB}=3$$

Cette méthode nous donne une meilleure desserte de toutes les localités prévues, donc nous avons opté pour cette approche.

### IV-2- Nombre de contrôleur de station de base ( BSC)

Le nombre de contrôleur de station de base est calculé en fonction du nombre et de l'emplacement des bornes radio (BS), dans notre cas l'installation d'un BSC n'est pas utile puisque la couverture de la zone de Sidi Slimen +Sidi Salah, est favorable par le contrôleur de station de base déjà existant au central de Raoued ( Distance entre le centre de la zone et le central de commutation est limité « 3 Km » )



### **IV-3- Interconnexion BSC- RTCP**

L'interconnexion du système WLL au réseau téléphonique commuté public peut se faire via des liaisons MIC selon la norme G. 732 de l'UIT-T ou encore par des lignes d'abonnés (fil à fil analogique)

Les configurations possibles du système sont au nombre de trois, dans la première, le BSC est considéré comme un commutateur indépendant du réseau, il est relié au RTCP par des liaisons MIC .

Dans la seconde configuration, le BSC se compte comme une unité de raccordement d'abonnés distants (URAD), il s'interconnecte avec l'RTCP, par le biais de liaisons MIC (G703) selon le protocole V5.2 si le central de rattachement supporte cette interface.

Dans la troisième configuration le BSC peut être relié au RTCP en fil à fil analogique à travers une unité de démultiplexage, dans ce cas, le BSC joue le rôle d'un URAD qui s'interconnecte avec tout type de central.

### **IV –4 -Allocation des fréquences :**

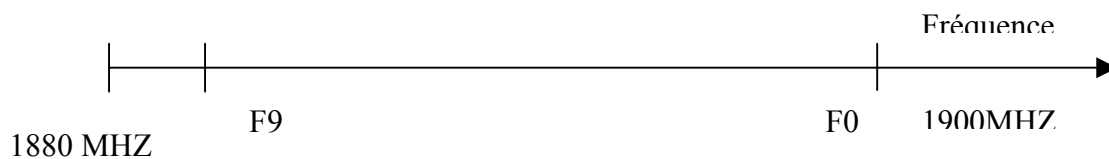
Le nombre des canaux par borne est fonction des fréquences qui vont être alloués à chaque borne suivant la norme utilisée par le système WLL.

Pour le cas des normes DECT, 10 fréquences sont disponibles afin de définir les canaux pour chaque station de base.

Une seule fréquence avec 12 slots donne la possibilité d'avoir 12 canaux. Dans notre cas chaque borne va écouler son trafic sur 8 canaux ce qui nous donne la possibilité d'utiliser une seule fréquence par borne pour écouler son trafic.

La formule suivante appliquée par la norme DECT donne les 10 fréquences possibles qui peuvent être allouées

$$F_n = 1897.344 - (1.728 * n) \text{ avec } n = 0, 1, \dots, 9$$



**Fig-3-representationdes fréquences de la norme DECT**

## V-Données d'entrées

### V-1-Donnée relative à la zone

- Nom du zone :Sidi SALAH
- Nombre d'abonné : 200
- Trafic/Abonné (Erl) : 0.07
- Surface de la zone (km<sup>2</sup>) : 3
- Hauteur des bâtiments (m) : 8
- Environnement : Rural
- X(m) :1000
- Y(m) :4000

| Données sur les sites |       |       |                |                  |                            |                        |               |
|-----------------------|-------|-------|----------------|------------------|----------------------------|------------------------|---------------|
| Nom du site           | X (m) | Y (m) | Nbre d'abonnés | Traffic/ab (Erl) | Surface (Km <sup>2</sup> ) | Hmoy des bâtiments (m) | Environnement |
| sidi salah            | 1000  | 4000  | 200            | 0,07             | 3                          | 8                      | Rural         |

**Données sur le site**

Nom  
sidi salah

Nombre d'abonnés 200

Traffic/abonné (Erl) 0,07

Surface (Km²) 3

Hauteur des bâtiments (m) 8

Environnement Rural

X (m) 1000 Y (m) 4000

## V-2-Donnés relatives au système

**Configuration du système**

Nom du système DECT

Nombre maximum de circuits par BS 8

☒ Le système comporte des BSC

Nombre maximum de BS par BSC 8

Nombre maximum de BSC par CA 8

Pe (dBm) 25,44 Pc (dB) 1

Gr (dB) 1 Fréquence (MHz) 1800

Seuil de sensibilité (dBm) -88

Appliquer Fermer

Enregistrer Restaurer

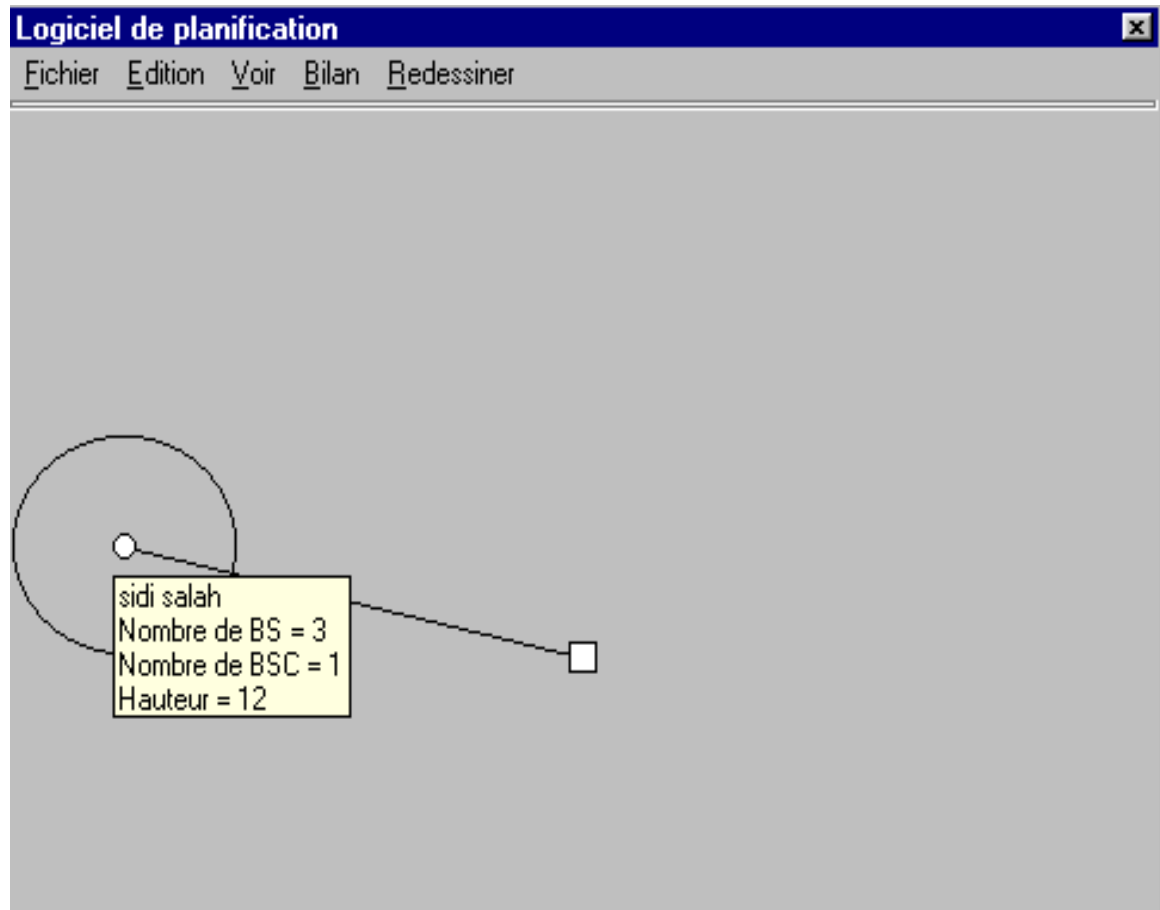


- Nom du système : DECT link
- Nombre maximum de circuit par BS : 8
- Nombre maximum de BS/BSC : 8
- Nombre maximum de BSC/CA : 8
- $P_e(\text{dBm})$  : 25.44
- $G_r(\text{dB})$  : 1
- $P_c(\text{dB})$  : 1
- Frequence (MHZ) : 1800
- Seuil de sensibilité (dBm) : -88

#### VI- Données en sorties :

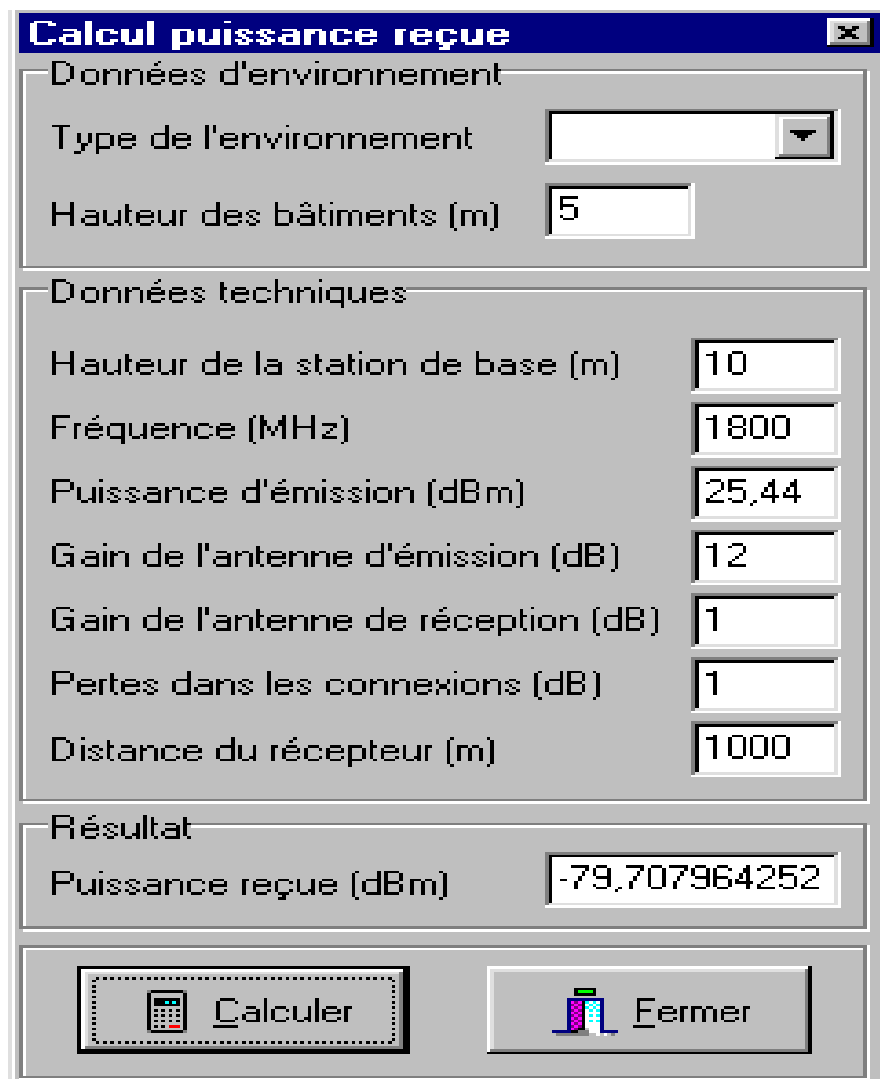
##### VI-1- Caractéristiques des BS de la zone





- Trois antennes sectorielles  $120^0$
- La hauteur des antennes est de 12 mètres,
- Le site contient un contrôleur de station de base,

## VI-2-Puissance reçue



The screenshot shows a software window titled "Calcul puissance reçue" with a close button (X) in the top right corner. The window is divided into three main sections: "Données d'environnement", "Données techniques", and "Résultat".

**Données d'environnement**

- Type de l'environnement: A dropdown menu with a downward arrow.
- Hauteur des bâtiments (m): A text input field containing the value "5".

**Données techniques**

- Hauteur de la station de base (m): A text input field containing the value "10".
- Fréquence (MHz): A text input field containing the value "1800".
- Puissance d'émission (dBm): A text input field containing the value "25,44".
- Gain de l'antenne d'émission (dB): A text input field containing the value "12".
- Gain de l'antenne de réception (dB): A text input field containing the value "1".
- Pertes dans les connexions (dB): A text input field containing the value "1".
- Distance du récepteur (m): A text input field containing the value "1000".

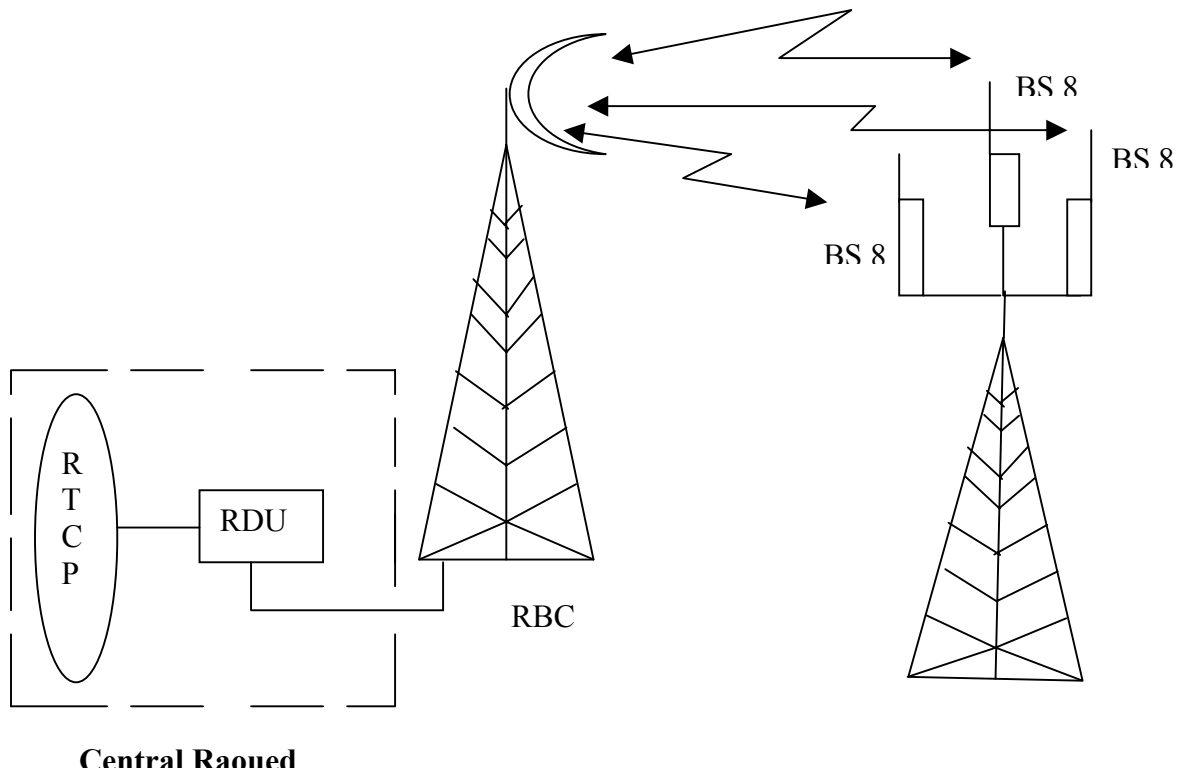
**Résultat**

- Puissance reçue (dBm): A text input field containing the calculated value "-79,707964252".

At the bottom of the window, there are two buttons: "Calculer" (with a calculator icon) and "Fermer" (with a window icon).

La valeur obtenue de la puissance émise est : -79.707964252 (dBm)

### VII- Configuration estimé du réseau dans la zone d'étude :



### VIII- conclusion :

Bien que le système RBL constitue une alternative pour les réseaux d'abonnés en milieu urbain, suburbain et rurale. Une étude de milieu de propagation, un choix de l'emplacement des bornes radio et une planification des fréquences doivent être mené, correctement afin d'éviter les interférences qui peuvent être l'origine de dégradation de la qualité de service.

## Partie 3

### Etude comparative entre le réseau filaire et le WLL

#### **I-Introduction**

#### **II- Paramètres de comparaison des projets RLA**

#### **III- Conclusion**

## **I-INTRODUCTION**

Le choix de l'une des deux techniques d'accès (filaire, WLL) pour la desserte d'une zone nécessite la détermination des avantages, des inconvénients et les endroits d'utilisation de chacune d'elles suite à une étude comparative selon les paramètres spécifiques aux deux techniques.

Pour une comparaison plus efficace et plus précise, nous avons tenu compte des paramètres suivants :

- ❖ Coût total de projet,
- ❖ Durée estimée d'installation,
- ❖ Qualité de service,
- ❖ Durée de vie,
- ❖ Durée d'étude,
- ❖ Prévision de la demande,
- ❖ Déploiement,

Le choix approprié de l'une des techniques d'accès nécessite le respect des propriétés de l'opérateur tunisien qui consistent à fournir un service de qualité dans un délai très court, tout en optimisant les investissements.

## **II- paramètres de comparaisons des projets RLA**

### **II-1 coût des projets :**

La comparaison du coût de deux solutions reste la manière la plus objective et la plus pratique d'évaluer deux solutions concurrentes, étant donné que le volume des investissements conditionne la réalisation d'un projet donné. Le type de la zone, à une influence sur le coût du projet de distribution. En effet les zones rurales et suburbaines nécessitent une distribution en aérien, ce qui influe sur le coût de réseau urbain. L'estimation de ce dernier dépend de :

- ❖ Calibre et capacité des câbles,
- ❖ Existence ou absence des infrastructures dans la zone,
- ❖ Longueur et nature des conduites,

D'après les statistiques de Tunisie télécoms, le coût estimatif d'un abonné dans une zone urbaine et de 1000 dinars, ce coût atteint 6000 dinars pour un abonné desservi par la téléphonie rurale.

Le coût estimatif d'un abonné WLL est de 2000 dinars. Et par suite nous avons conclu que le coût total en téléphonie rurale plus élevée que ce lui du réseau WLL.

Pour un projet à l'aide de la technique filaire la proportion la plus importante du coût est associée aux équipements partagés et à son infrastructure. Par conséquent, le système d'accès radio est très flexible par rapport au système d'accès filaire et cela pour deux raisons.

- La proportion la plus importante du coût d'implantation d'un réseau d'accès radio est associée aux équipements individuels
- Les équipements individuels sont réutilisables dans le cas d'une fluctuation du nombre d'abonnés.

Ces propriétés aident les opérateurs à optimiser les ressources et par suite à diminuer le plus possible leur coût d'investissement.

## **II-2- Durées d'installation**

Pour une comparaison rigoureuse, nous avons tenu compte de la période d'exécution. L'installation du réseau filaire ou RBL passe par plusieurs étapes qui succèdent dans le temps.

### **II-2-1- Durée d'installation d'un réseau RLA**

La durée d'installation d'un réseau filaire dépend de plusieurs facteurs tels que :

- La nature des travaux,
- La quantité des travaux,
- Les facteurs climatiques,
- La performance de l'entreprise chargée des travaux,

Les travaux d'exécution ou d'installation d'un réseau RLA se présentent en plusieurs étapes. La durée de réalisation de chaque étape est estimée en se référant à l'expérience des ingénieurs du CERT selon le tableau suivant.

|  |                 |
|--|-----------------|
| Travaux génie civil                    | 2 mois          |
| Travaux de câblage                     | 1 mois 15 jours |
| Réception des travaux génie civil      | 1 jours         |
| Réception des travaux de réseau urbain | 2 jours         |
| Elaboration de la documentation        | 15 jours        |
| Branchement d'abonnés                  | 20 jours        |
| Durée estimée d'installation           | 4 mois 23 jours |

On constate que les travaux de génie civil et de câblage occupe une partie très importante de la durée d'exécution du projet RLA.

### **II-2-2- Durée D'installation du réseau RBL ( WLL )**

La durée d'exécution D'un projet WLL est donnée par le tableau suivant.

|                                      |          |
|--------------------------------------|----------|
| Installation ( BSC, BSD, RBS, test ) | 6 jours  |
| Installation du pylône               | 7 jours  |
| Durée estimée d'exécution            | 13 jours |

D'après les résultats précédents, on constate que la durée d'exécution d'un projet RBL est beaucoup plus réduite que celle d'un projet RLA. La mise en place d'un projet d'accès à base de cuivre reste long temps, vu les caractéristiques du coût de son infrastructure ainsi que la sensibilité de son implantation aux obstacles naturels rencontrés, ce qui n'est pas le cas pour le projet d'accès par voie radio. La nature des obstacles influe seulement au niveau de qualité de liaison.

La comparaison entre ces deux méthodes d'accès en matière de durée d'exécution, favorise celle de la technique RBL. Cette courte période d'installation influe directement sur la liquidation des instances.

### **II-3- Qualité de service**

La qualité de service à offrir aux abonnés constitue un paramètre important pour le choix du réseau d'accès.

#### **II-3-1- Qualité de service du réseau filaire**

L'architecture du réseau téléphonique se caractérise par une distribution aérienne et une technologie de raccordement très classique, cette partie de réseau est soumise aux forces majeures tels que les effets climatiques ou les accidents qui provoquent un dérangement imprévisible ou aux défaillances des agents du centre de construction des lignes, ces dérangements sont du aux :

- Coupure et vieillissement des câbles autoportés,
- Oxydation des connexions au niveau des coffrets,
- Vieillissement du matériel,

Ce qui provoque un taux de dérangement très élevé.



### **II-3-2- Qualité de service reliée au WLL**

Les systèmes d'accès par voie radio devront assurer au moins une qualité de service comparable à celle offerte par les liaisons classiques à base de cuivre. Le système d'exploitation et de maintenance permet de gérer le réseau et d'assurer sa maintenance.

### **II-4- Durée d'étude**

Les projets RLA se caractérisent par une période d'étude importante devant celle du WLL. Elle dépend du type de zone, de la disponibilité du fond de plan et de l'accessibilité de la zone lors du pointage des abonnés, ainsi que la nature des outils de planification et la méthode utilisée pour l'élaboration des plans, ( Manuellement ou à l'aide du DAO ).

Par contre pour les systèmes WLL quelques jours sont suffisants pour l'acquisition des données, la planification, le dimensionnement du réseau et la détermination du coût estimatif du projet.

La comparaison entre ces deux méthodes d'accès en matière de durée d'étude favorise celle de WL. Cette courte durée offre des avantages significatifs car ces systèmes radio peuvent être mis en exploitation très rapidement.

### **II-5- Durée de vie**

#### **II-5-1- Durée de vie d'un projet RLA**

La durée de vie d'un projet RLA varie suivant les paramètres suivants :

- La qualité des équipements d'extrémité,
- Le type du câble ( Fibre optique ou cuivre ),
- La précision des données et le respect des règles d'ingénierie et l'installation d'un réseau est surtout lors des travaux de câblage qui constitue l'étape la plus aisée dans l'exécution du projet,
- L'efficacité des matériels de protection des équipements,
- L'efficacité des moyens de vérification et de contrôle des travaux d'installation d'un projet RLA ( tirage et pose des câbles, qualité du béton employé ),

La durée de vie d'un projet RLA varie entre 20 et 30 ans.

#### **II-5-2- Durée de vie d'un projet RBL**

La durée de vie d'un projet RBL varie selon la durée de vie des équipements numériques utilisés, celle ci dépend de :

- La qualité des équipements numériques installés,
- Le type d'environnement de la zone étudiée,
- Les performances du système utilisé,

Généralement la durée moyenne de vie d'un système RBL est de 5 ans.

La comparaison entre les deux types d'accès en matière de durée de vie favorise celle de la technique filaire qui possède une durée de vie plus importante.

#### **II-6- Prévision de la demande**

La technique d'accès filaire est utilisée sur la base d'une paire par abonné, en raison des difficultés et des coûts introduits par des éventuelles modifications ultérieures et pour anticiper tout accroissement de la demande, la mise en place du réseau RLA filaire doit être faite avec une très grande précision.

Les systèmes WLL peuvent être déployés rapidement et donnent une très grande souplesse vis à vis de l'incertitude de la demande, alors que les systèmes filaires doivent être dimensionnés en fonction d'une demande à long terme.

#### **II-7- Déploiement et extensibilité**

L'utilisation des systèmes WLL nécessite une planification continue au fur et à mesure de l'évolution de la demande qui engendre des gains considérables sur le plan d'investissement.

L'extensibilité du réseau WLL, simple et rapide, en effet l'ajout d'un abonné nécessite sa création au niveau du central téléphonique et au niveau du BSC en plus l'installation de la terminaison radio chez l'abonné, contrairement au réseau filaire classique parfois l'ajout d'un abonné nécessite un temps et un coût important.

La technologie par voie radio assure un déploiement facile et une utilisation optimale et rentable.

### **III- Conclusion**

Malgré que la période allouée à ce projet ne puisse permettre d'établir un jugement définitif en faveur d'un système parmi les deux ( filaire et radio ) que nous avons étudié, la Comparaison que nous venons de réaliser, nous permet de juger la technique radio comme étant la solution évidente pour fournir un service téléphonique immédiat, fiable et économique, grâce aux avantages présentés dans le tableau ci dessous.

| <b>Caractéristiques</b>           | <b>Cuivre</b>               | <b>Radio</b>            |
|-----------------------------------|-----------------------------|-------------------------|
| Technologie                       | Classique                   | Nouvelle                |
| Coût total du projet              | Elevé                       | Moyen                   |
| Durée d'installation              | Longue                      | Courte                  |
| Durée de vie                      | Entre 20 et 30 ans          | Maximum 5 ans           |
| Durée d'étude                     | Longue                      | Courte                  |
| Qualité de service                | Moyenne                     | Bonne                   |
| Mobilité des abonnés              | Non                         | Oui ( dans la cellule ) |
| Densité des abonnés<br>économique | Elevé                       | Faible                  |
| Maintenance                       | Coûteuse                    | Non coûteuse            |
| Extensibilité                     | Peut être lente et coûteuse | Simple et rapide        |
| Parc d'abonnés actuel             | Elevé                       | Faible                  |

# **Conclusion générale**

---

Dans le cadre de notre projet de fin d'étude nous avons étudié et planifié par les deux techniques d'accès (réseau filaire, RBL). La première étape concernant la desserte de la zone SR1 ESSAFA Cité La Gazella qui est caractérisé par une densité d'abonnés élevée à caractère résidentielle, ainsi qu'une extension future très importante. Cette solution est privilégié pour les zones urbaines.

En second lieu nous poussé nos études à la planification à l'aide de la technique radio boucle locale de la zone Sid Salah et Sidi Slimen, concernant cette zone elle est caractérisée par un environnement rurale à densité d'abonnés faible ce qui nous permet d'opter pour la solution la plus optimale la zone à desservir, et comme solution on propose que la technique WWL est la plus adéquate dans les zones rurales.