

RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE  
SCIENTIFIQUE UNIVERSITÉ MHAMED BOUGARA BOUMERDES



FACULTÉ DES SCIENCES DE  
L'INGÉNIEUR  
DEPARTEMENT INGÉNIEURIE DES  
SYSTÈMES ÉLECTRIQUES

MÉMOIRE DE FIN D'ÉTUDE  
PRÉSENTÉ POUR L'OBTENTION DU DIPLOME DE  
MASTER  
FILIERE : TÉLÉCOMMUNICATION

SPÉCIALITÉ : RÉSEAUX ET TÉLÉCOMMUNICATION

THÈME

Gestion des alarmes LTE à travers un réseau  
GSM

---

**Réalisé par :**

- GABOUR Zineddine
- TIBICHE Maria

**Tutrice académique :** Mme MECHID  
Samira

**Tuteur en entreprise :**  
- BELOUTI Raba

2018/2019

# REMERCIEMENT

AVANT DE COMMENCER L'ÉCRITURE DE CE RAPPORT, NOUS TENONS À REMERCIER LES DIFFÉRENTES PERSONNES QUI NOUS ONT AIDÉS À RÉALISER NOTRE PROJET DE FIN D'ÉTUDE DANS LES MEILLEURES CONDITIONS POSSIBLES.

TOUT D'ABORD, NOUS REMERCIONS MR BELOUTI RABAH, NOTRE ENCADRANT DE MÉMOIRE DE FIN D'ÉTUDE, POUR SES PRÉCIEUX CONSEILS ET SON ORIENTATION FICELÉE TOUT AU LONG DE NOTRE RECHERCHE.

ENSUITE, NOS ENSEIGNANTS : MME MECHID SAMIRA ET MR BAICHE KARIM, QUI PAR LEUR COMPRÉHENSION ET LEUR AIDE, NOUS ONT PERMIS D'ACCOMPLIR NOTRE TRAVAIL DE RECHERCHE.

NOUS ADRESSONS ENSUITE NOS SINCÈRES REMERCIEMENTS À NOS FAMILLES ET À NOS AMIS QUI PAR LEURS PRIÈRES ET LEURS ENCOURAGEMENTS, ON A PU SURMONTER TOUS LES OBSTACLES.

ENFIN, NOUS TENONS À REMERCIER TOUTE PERSONNE QUI A PARTICIPÉ DE PRÈS OU DE LOIN À L'EXÉCUTION DE CE MODESTE TRAVAIL.

# DÉDICACE

JE DÉDIE CE MODESTE TRAVAIL,  
RÉSULTAT DE TOUTES MES ANNÉES D'ÉTUDE :  
À MON CHER PAPA, À MA CHÈRE MAMAN, POUR LEUR AMOUR  
INCONDITIONNEL, LEUR AFFECTION  
ATTENTIONNÉE, LEUR SOUTIEN PERMANENT, LEURS CONSEILS  
JUDICIEUX ET LEURS SACRIFICES SANS LIMITE,  
AUTANT DE PHRASES NE SAURAIENT DÉCRIRE CE QUE VOUS M'AVEZ  
APPORTÉ POUR ÊTRE CE QUE JE SUIS  
AUJOURD'HUI. QUE LE DIEU, LE TOUT PUISSANT, VOUS ACCORDE  
SANTÉ, BONHEUR ET VOUS PRÉSERVE DE  
TOUT MAL

JE VOUS AIME TELLEMENT  
JE DÉDIE CE MÉMOIRE À MON TRÈS CHER FRÈRE RAHIM, ET MA  
PETITE SŒUR SÉRINE,  
TOUS LES MOTS DU MONDE NE SAURAIENT EXPRIMER L'IMMENSE  
AMOUR QUE JE VOUS PORTE,  
À LÉA DELORME ET AGHILAS RAHMANE, QUI MON BEAUCOUP AIDÉ,  
À TOUTE MA FAMILLE,  
À MES GRANDS-PARENTS,  
À MES AMIES INTIMES,  
À MA CHER BINÔME : MARIA  
À MES CHERS AMIS: AYOUB, AKRAM, MOHAMMAD, SIDAHMED,  
AGHILAS, FAYÇAL, SALAH ET AMER

GABOUR ZINEDDINE

# DÉDICACE

*JE DÉDIE CE MODESTE TRAVAIL,  
RÉSULTAT DE TOUTES MES ANNÉES D'ÉTUDE :  
À MON CHER PAPA, À MA CHÈRE MAMAN, POUR LEUR AMOUR  
INCONDITIONNEL, LEUR AFFECTION  
ATTENTIONNÉE, LEUR SOUTIEN PERMANENT, LEURS CONSEILS  
JUDICIEUX ET LEURS SACRIFICES SANS LIMITE,  
AUTANT DE PHRASES NE SAURAIENT DÉCRIRE CE QUE VOUS M'AVEZ  
APPORTÉ POUR ÊTRE CE QUE JE SUIS  
AUJOURD'HUI. QUE LE DIEU, LE TOUT PUISSANT, VOUS ACCORDE  
SANTÉ, BONHEUR ET VOUS PRÉSERVE DE  
TOUT MAL  
JE VOUS AIME TELLEMENT  
À MES DEUX SŒURS  
JE DÉDIE CE MÉMOIRE À MA TRÈS CHÈRE SŒUR IMENE, ET MA PETITE  
SŒUR KATIA,  
TOUS LES MOTS DU MONDE NE SAURAIENT EXPRIMER L'IMMENSE  
AMOUR QUE JE VOUS APPORTE  
À LÉA QUI M'A BEAUCOUP AIDÉ,  
À TOUTE SA FAMILLE,  
À MES AMIES INTIMES,  
À MON CHER BINÔME : ZINEDDINE  
À MES CHERS AMIS: SELMA, MAISSA, LILA, CHAIMA ET IMÈNE.*

*TIBICHE MARIA*

# Résumé

Le présent document constitue une synthèse du projet de fin d'étude Effectué au sein de département d'accès réseau d'Algérie télécom à Boumerdes.

Notre projet porte sur le déploiement d'un outil de supervision alternatif des sites 4G (en complément à la solution gérée par le centre de supervision de Ben Aknoun) avec la présentation de tout le processus d'installation, de configuration et d'exécution de la solution.

L'outil proposé permet de surveiller et Contrôler les composants matériels du site 4G et d'alerter les équipes de maintenance via un SMS en temps réel en cas d'incident.

**Mot clé :** Outil de supervision, monitoring, 4G, LTE, GSM...

# Abstract

This document is a summary of the end-of-study project carried out within Algeria Telecom's network access department in Boumerdes.

Our project is about the deployment of an alternative supervision tool of the 4G site (in addition to the solution managed by the supervision center of Ben Aknoun) with a presentation of the whole process of installation, configuration and execution of the solution.

The proposed tool makes it possible to monitor and control the hardware components of the 4G site and to alert the maintenance teams by SMS in real time.

**Keyword:** supervision tool, monitoring, 4G, LTE, GSM...

# Table de matière

Remerciement.....	II
Dédicace .....	III
Résumé .....	V
Abstract .....	VI
Table de matière .....	VII
Tables des figures.....	IX
Liste des tableaux .....	XI
Glossaire.....	XII
Introduction générale :.....	1
Chapitre 1 : Contexte et cadre du projet.....	4
Introduction : .....	4
1. Présentation de l'entreprise d'accueil :.....	4
2. Étude de l'existant : .....	5
Conclusion :.....	6
Chapitre 2 : État de l'art .....	8
Introduction : .....	8
1. Les Différentes générations de téléphonie Mobile :.....	8
2. Structure générale d'un site 4G : .....	22
Conclusion :.....	32
Chapitre 3 : Supervision et alarmes LTE .....	34
Introduction : .....	34
3.1 Supervision :.....	34
3.2 Les alarmes LTE :.....	36
3.3 Le report d'évènement :.....	36
3.4 La maintenance.....	39
Conclusion :.....	42
Chapitre 4 : Conception et réalisation .....	42

4.1 Introduction :	42
4.2 Outil et logiciels utilisés :	42
4.3 Implémentation :	43
4.4 Les configurations software :	49
4.4 Mise en marche du système :	60
Conclusion :	61
Conclusion générale	62
Annexe	62
<b>Bibliographies</b>	<b>66</b>

# Tables des figures

FIGURE 1: SCHEMA EXPLICATIF DE LA SOLUTION PROPOSEE .....	6
FIGURE 2 : ARCHITECTURE RESEAU GSM .....	9
FIGURE 3: ARCHITECTURE DU RESEAU GPRS .....	10
FIGURE 4: ARCHITECTURE EPS LTE.....	17
FIGURE 5 : ARCHITECTURE E-UTRAN .....	18
FIGURE 6 : DIFFERENTES GENERATION DE TELEPHONIE MOBILE .....	22
FIGURE 7 : STRUCTURE D'UN SITE LTE .....	22
FIGURE 8 : ENODEB.....	24
FIGURE 9: ARCHITECTURE DE BANDE DE BASE .....	25
FIGURE 10: EQUIPEMENT REDRESSEURS ELTEK .....	28
FIGURE 11: UNITE DE BATTERIE .....	29
FIGURE 12 : LIAISON HERTZIEN.....	30
FIGURE 13 : INDOOR DEMOD UNIT .....	31
FIGURE 14 : OUTDOOR DEMOD UNIT .....	32
FIGURE 15 : LES TACHES DE TRAVAIL DU CENTRE DE SUPERVISION NMC.....	35
FIGURE 16: LES DIFFERENTES FORMES DE MAINTENANCE .....	40
FIGURE 17: SCHEMA DES DIFFERENTES PARTIES DE NOTRE SYSTEME D'ALARME .....	44
FIGURE 18 : DIFFERENTS MATERIELS UTILISES .....	47
FIGURE 19: INTERCONNEXION COMPOSANTS MATERIELS EXTERNES .....	48
FIGURE 20 : APERÇU DES ASSIGNATIONS D'ALARMES .....	49
FIGURE 21: INTERFACE D'AUTHENTIFICATION DE L'IPASO 400 .....	49
FIGURE 22 : FENETRE PRINCIPALE DE LTC WEB.....	50
FIGURE 23 : FENETRE D'AUX OUTPUT SETTING.....	50
FIGURE 24 : FENETRE D'AUX OUTPUT 1.....	51
FIGURE 25 : INTERFACE D'AUTHENTIFICATION D'ELTEK CONTROLLER WEB INTERFACE.....	52
FIGURE 26 : ELTEK CONTROLLER WEB INTERFACE.....	53
FIGURE 27: MENU DES CONFIGURATIONS D'ALARMES .....	54
FIGURE 28 : ACTIVATION DU MONITEUR DES ALARMES DU COURANT ALTERNATIF. ....	55
FIGURE 29 : ACTIVATION DU MONITEUR DES ALARMES DE BATTERIE.....	55
FIGURE 30 : CONFIGURATION DES ALARMES EXTERNES PROGRAMMABLE .....	56
FIGURE 31 : ALARMES EXTERNES CONFIGUREES.....	57
FIGURE 32 : MAPPAGE DES GROUPES D'ALARMES SUR LES CANAUX DE SORTIE DU MONITOR I/O	57
FIGURE 33 : CONFIGURATION DU PROTOCOLE DE COMMUNICAION .....	58

FIGURE 34 : MODEM CALLBACK PAGE.....	59
FIGURE 35 : RACCORDEMENT DES GROUPES D'ALARME AUX CANAUX DE SORTIE .....	59
FIGURE 36: MODEM GSM ACTIVE.....	60
FIGURE 37 : NOTIFICATION D'ALARME PAR SMS .....	61

# Liste des tableaux

TABLEAU 1 : EVOLUTION DU GSM AU GPRS .....	11
TABLEAU 2 : DIFFERENTS PARAMETRES DU LTE-ADVANCED .....	13
TABLEAU 2 : SECTIONS DE CONFIGURATION D'ALARME ET DU SYSTEME.....	53

# Glossaire

**1G**            1st Generation

**2G**            2nd Generations

**3G**            3rd Generations

**4G**            4th Generations

## A \_\_\_\_\_

**ACCH**        Associated Control Channel

**AT**            Algérie Télécom

**AUC**        Authentication Center

## B \_\_\_\_\_

**BCH**        Broadcast Channel

**BSC**        Base Station Controller

**BSS**        Base Station Subsystem

**BTS**        Base Transceiver Station

**BBU**        Base Band Unit

## C \_\_\_\_\_

**CAP**        CAMEL Application Part

**CDR**        Call Detail Record

**CCCH** Common Control Channel  
**CSS** Common Channel Signaling  
**CPRI** radio publique commune

## **D**\_\_\_\_\_

**DCCH** Dedicated control Channel  
**DP** Destination Point  
**DPC** Destination Point Code

## **E**\_\_\_\_\_

**EDGE** Enhanced Data Rates for Global Evolution  
**EIR** Equipement Identity Register  
**EMM** EPS Mobility Management  
**eNode B** Evolved Node B  
**EPC** Evolved Packet Core  
**EPS** Evolved Packet System  
**ESM** EPS Session Management

## **G**\_\_\_\_\_

**GIMSI** Généralisation Information Méthdologie Systémique  
**GGSN** Gate way GPRS Support Node  
**GPRS** General Packet Radio Service  
**GSM** Global Systeme for Mobile Communications

## **H**\_\_\_\_\_

<b>HLR</b>	Home Location Register
<b>HSDPA</b>	High-Speed Downlink Packet Acces
<b>HSL</b>	High speed SL
<b>HSS</b>	Home Subscriber Server
<b>HTTP</b>	HyperText Transfer Protocol

## **I**\_\_\_\_\_

<b>IBM</b>	International Business Machines
<b>ICMP</b>	Internet Control Message Protocol
<b>IDE</b>	Integrated Development Environment
<b>IDU</b>	Indoor Unit
<b>IETF</b>	Internet Engineering Task Force
<b>INAP</b>	Intelligent Network Application Part
<b>IP</b>	Internet Protocol
<b>IP SPs</b>	IP Signaling Point
<b>ISP</b>	Internet service provider
<b>ISUP</b>	ISDN User Part
<b>IUA</b>	ISDN User Adaptation

## **L**\_\_\_\_\_

<b>LAU</b>	line access unit
<b>LBBP</b>	LTE Base Band Processing Unit
<b>LDAP</b>	Lightweight Directory Access Protocol
<b>LIU</b>	line interface unit
<b>LS</b>	Link Set
<b>LSL</b>	Low Speed SL
<b>LTE</b>	Long Term Evolution

## **M**\_\_\_\_\_

<b>M2PA</b>	MTP 2 Peer to Peer Adaptation
<b>M2UA</b>	MTP 2 User Adaptation
<b>M3UA</b>	MTP 3 User Adaptation
<b>MAP</b>	Mobile Application Part
<b>MCU</b>	Multiplexing & control unit
<b>MGC</b>	Media Gateway Controller
<b>MGW</b>	Media Gateway
<b>MME</b>	Mobility Management Entity
<b>MML</b>	Media Management Layer
<b>MMS</b>	Multimedia Message Service
<b>MPLS</b>	Multi Protocol Label Switching

**MRTG** Multi Router Traffic Grapher

**Ms** Mobile Station

**MSC** Mobile Switching Center

**MSS** Mobile Switching Center

## **N**\_\_\_\_\_

**NGN** Next Generation Network

**NMC** Network Mangement Centre

**NSS** Network SubSystem

**NOC** Network Operation centre

## **O**\_\_\_\_\_

**ODU** OutDoor Unit

**OMAP** Operation Maintenance and Administration Part

**OM** exploitation and maintenance

**OID** Object Identifier

**OP** Origin Point

**OSI** Open System Interconnection

**OSS** Operating SubSystem

**OTA** Orascom Telecom Algérie

**OTH** Optical Transport Hierarchy

**OFDMA** Orthogonal Frequency Division Multiple Access

**P**\_\_\_\_\_

**PCRF** Policy and Charging Rules Functions

**PDN-GW** Packet Data Network Gateway

**Q**\_\_\_\_\_

**QoS** Qualité de service

**QAM** Quadrature Amplitude Modulation

**R**\_\_\_\_\_

**RAN** Radio Access Network

**RF** Fréquence radio

**RNC** Radio Network Controller

**RRU** remote radio unit

**S**\_\_\_\_\_

**SCCP** Signaling Connection Control

**SCP** Service Control Point Part

**SCTP** Stream Control Transmission Protocol

**SDH** Synchronous Digital Hierarchy

**SC-FDMA** Single Carrier - Frequency Division Multiple Access

**SFR** Société française du Radiotéléphone

**SG** Signaling Gateway

**SGSN** Serving GPRS Support Node

<b>SGW</b>	Serving-Gateway
<b>SL</b>	Signaling Link
<b>SIM</b>	Subscriber Identity Module
<b>SMS</b>	Shortly Message Service
<b>SNMP</b>	Simple Network Management Protocol
<b>SP</b>	Signaling Point
<b>SPC</b>	Signaling Point Code
<b>SR</b>	Signaling Route
<b>SS7</b>	Signaling System No 7
<b>SSP</b>	Service Switching Point
<b>STP</b>	Signal Transfer Point
<b>SUA</b>	SCCP User Adaptation

## **T** \_\_\_\_\_

**TCAP** Transaction Capabilities Application Part

**TCP** Transmission Control Protocol

## **U** \_\_\_\_\_

**UA** User Adaptation

**UIT** Union Internationale des Télécommunications

**UMTS** Universal Mobile

**UMPT**      Unité de traitement et de transmission principale universelle

**UPEU**      Unité d'interface Universal Power and Environment

**UPS**        Uninterruptible Power Supply

**UTRAN**     Universal Terrestrial Radio Access Network

## **V**\_\_\_\_\_

**V5UA**      V5.2 User Adaptation

**VAS**        Value-added Service

**VLR**        Virtual Location Register

**VOMS**      Virtual Organization Membership Service

## **X**\_\_\_\_\_

**XML**        Extensible Markup Language

### Introduction générale :

Le marché des télécommunications en Algérie a connu un fort taux de croissance ces dernières années, puisqu'il enregistre une hausse substantielle du nombre d'abonnés. Cette hausse, qui a profité aux quatre opérateurs de téléphonie mobile qui se partagent le marché dont fait partie Algérie Télécom, s'est accompagnée d'une augmentation croissante du trafic sur le réseau mobile des opérateurs.

La notion de supervision intervient à cet effet, pour assurer la continuité des services mis à la disposition des abonnés. Il est nécessaire de surveiller et contrôler le réseau en permanence afin de gérer les incidents pouvant handicaper le réseau et par conséquent le service offert aux clients.

Le centre de supervision de Ben Aknoun est le centre de gestion du réseau responsable de la supervision de tout le réseau d'Algérie télécom. Ce centre fait face à un nombre important d'incidents où il est difficile de contrôler les notifications d'alarmes et leurs évolutions en temps réel.

Le travail que nous avons développé dans le cadre de ce mémoire, consiste à proposer un outil informatique facilitant la supervision et l'administration des notifications des équipes du département réseau d'accès. En outre, cet outil permet de gérer les différentes notifications et le suivi des alarmes du réseau.

Le présent mémoire est organisé comme suit : Dans la première partie nous procéderons à la présentation générale de l'entreprise d'accueil ALGERIE Télécom, faire une description et des critiques de l'existant avec la solution proposée.

Dans la seconde partie, nous allons faire une étude détaillée sur les réseaux 4G et nous établirons l'étude préalable de l'infrastructure générale d'un site 4G et chaque composant utilisé à superviser.

Le chapitre trois est consacré à la présentation de l'approche supervision dans son contexte général. De ce fait, nous parlerons des différentes alarmes LTE et leurs niveaux ainsi que les différentes interventions y afféran

## Introduction générale

---

Enfin, dans la quatrième partie nous procéderons à l'implémentation de l'outil de monitoring que nous avons choisi pour mettre en place notre système de surveillance en présentant tout le processus d'installation, de configuration et d'exécution des logiciels.

Finalement, nous terminons par une conclusion générale qui récapitule les principales observations concernant l'évolution du travail et nous indiquons également comment les travaux réalisés tout au long de ce mémoire pourraient être améliorés.

# Chapitre 1 : Contexte et cadre du projet

## Introduction :

En télécommunications, la 4<sup>ème</sup> génération 4G est le standard pour la téléphonie mobile. Elle est le successeur de la 2G et de la 3G. Elle permet le « très haut débit mobile », soit des transmissions de données à des débits théoriques supérieurs à 100 Mb/s, voire supérieurs à 1 Gb/s.

Notre projet de fin d'étude porte sur l'implémentation d'un outil de supervision des pannes sur les sites 4G LTE. Dans ce premier chapitre nous commençons par présenter l'entreprise Algérie télécom (direction opérationnelle de Boumerdes), lieu de notre stage de fin d'étude ainsi que l'étude de l'existant.

## 1. Présentation de l'entreprise d'accueil :

### 1.1 Algérie télécom :

Algérie Télécom est le leader sur le marché Algérien des télécommunications qui connaît une forte croissance. Offrant une gamme complète de services de voix et de données aux clients résidentiels et professionnels.

Algérie Télécom, est une société par actions à capitaux publics opérant sur le marché des réseaux et services de communications électroniques.

Sa naissance a été consacrée par la loi 2000/03 du 5 août 2000, fixant les règles générales relatives à la poste et aux télécommunications ainsi que les résolutions du conseil national aux participations de l'Etats (CNPE) du 1er Mars 2001 portant sur la création d'une Entreprise Publique Economique dénommée « Algérie Télécom ».

Algérie Télécom est donc régie par cette loi qui lui confère le statut d'une entreprise publique économique sous la forme juridique d'une société par actions SPA au capital social de 50.000.000.000 Dinars et inscrite au centre du registre de commerce le 11 mai 2002.

Entrée officiellement en activité à partir du 1er janvier 2003, elle s'engage dans le monde des Technologies de l'Information et de la Communication avec trois objectifs :

## Chapitre 1 : Contexte et cadre du projet

---

- Rentabilité
- Efficacité
- Qualité de service

Son ambition est d'avoir un niveau élevé de performance technique, économique, et sociale pour se maintenir durablement leader dans son domaine.

### **2. Étude de l'existant :**

#### **2.1 Description et critique de l'existant :**

Les pannes de réseau affectent non seulement les activités, mais érodent également les performances et la confiance des utilisateurs.

Algérie télécom gère un nombre de sites 4G LTE considérable (800 sites). La tâche des superviseurs du centrale de Ben Aknoun devenant de plus en plus complexe, il est impératif pour l'équipe de gagner en temps et en efficacité grâce à un bon outil de supervision. L'enjeu du déploiement, de la configuration et de l'optimisation d'une solution de surveillance locale des sites 4G (wilaya de Boumerdès) est de permettre aux techniciens du département réseau d'accès :

- D'être alertés en temps réel en cas de dysfonctionnement, de panne ou de coupure d'énergie ou de transmission.
- De pouvoir remonter facilement les alertes.
- D'être proactifs aux problèmes.

Notre but est donc de trouver une solution adéquate pour la gestion des alarmes et le monitoring de ses équipements en premier lieu, offrir la possibilité de devenir pro actif face aux problèmes rencontrés en second lieu, et finalement d'une manière plus importante, pouvoir détecter et interpréter les causes et les origines des problèmes rencontrés en vue de les fixer le plus rapidement possible.

#### **2.2 Solution proposée :**

En vue de minimiser le temps et la célérité de l'intervention en cas de coupure de transmission, nous suggérons le renvoi d'alarme critique généré par les équipements

## Chapitre 1 : Contexte et cadre du projet

composant le site 4G via un réseau GSM en utilisant une Gateway entre le site 4G et le module de gestion de monitoring qui assure le rôle d'une centrale d'alarme, ce qui nous permettra de garantir aux abonnés une continuité de service.



**Figure 1: Schéma explicatif de la solution proposée**

### Conclusion :

Nous venons de mettre notre travail dans son cadre. Nous passons dans ce qui suit à une étude détaillée sur les réseaux 4G et nous établirons une étude préalable de l'infrastructure générale d'un site 4G LTE et chaque composant utilisé à superviser

# Chapitre 2 : État de l'art

## **Introduction :**

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

Ce chapitre d'introduction définit d'abord les différentes générations de téléphonie Mobile. Ensuite, les concepts de base de la 4ème génération. Suivi, les éléments de la problématique y seront présentés, avec des objectifs de la recherche. Ce chapitre se termine par l'organisation de la suite du projet de fin d'étude.

## **1. Les Différentes générations de téléphonie Mobile :**

### **1.1 Historique :**

L'usage des services de communications mobiles a connu un essor remarquable, ces dernières années. La fin 2012 environs de 6.4 milliards d'abonnés à travers le monde. C'est véritablement un nouveau secteur de l'industrie mondiale qui s'est créé, regroupant notamment constructeurs de circuits électroniques, de terminaux mobiles, d'infrastructures de réseaux, développeurs d'applications et de services et opérateurs de réseaux mobiles.

### **1.2 Les différentes normes téléphoniques :**

Avant d'expliquer l'état actuel des technologies utilisées aujourd'hui, il nous semble intéressant de rappeler l'évolution de ces techniques, cela a pour avantage de savoir de quoi nous sommes partis pour mieux se positionner à l'heure actuelle.

#### **1.2.1 La première génération des téléphones mobiles (1G) :**

La première génération des téléphones mobiles est apparue en 1980 en offrant un service assez bien et très coûteux de communication mobile. La 1G avait beaucoup de défauts, comme les normes incompatibles d'une région à une autre, une transmission analogique non sécurisée (écouter les appels), pas de roaming vers l'international (roaming est

la possibilité de conserver son numéro sur un réseau d'un autre opérateur).

### 1.2.2 La deuxième génération des téléphones mobiles (2G) :

Le GSM est apparu en 1991. Il s'agit de la norme 2G. Son principe, est de passer des appels téléphoniques, s'appuyant sur les transmissions numériques permettant une sécurisation des données (avec cryptage), il a connu un succès et a permis de susciter le besoin de téléphoner en tout lieu avec la possibilité d'émettre des mini messages (SMS, limités à 80 caractères), et autorise le roaming entre pays exploitant le réseau GSM.

#### 1.2.2.1 Le réseau GSM :

Le réseau GSM a pour premier rôle de permettre des communications entre abonnés mobiles (GSM) et abonnés du réseau téléphonique commuté (RTC –réseau fixe). Il se distingue par un accès spécifique appelé la liaison radio. La figure 2 présente l'architecture du Réseau GSM.

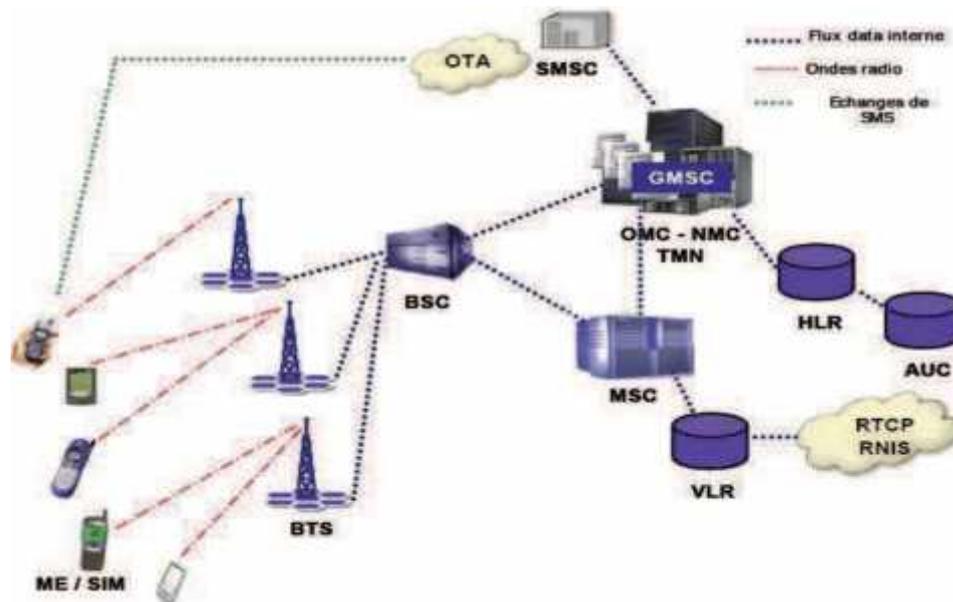
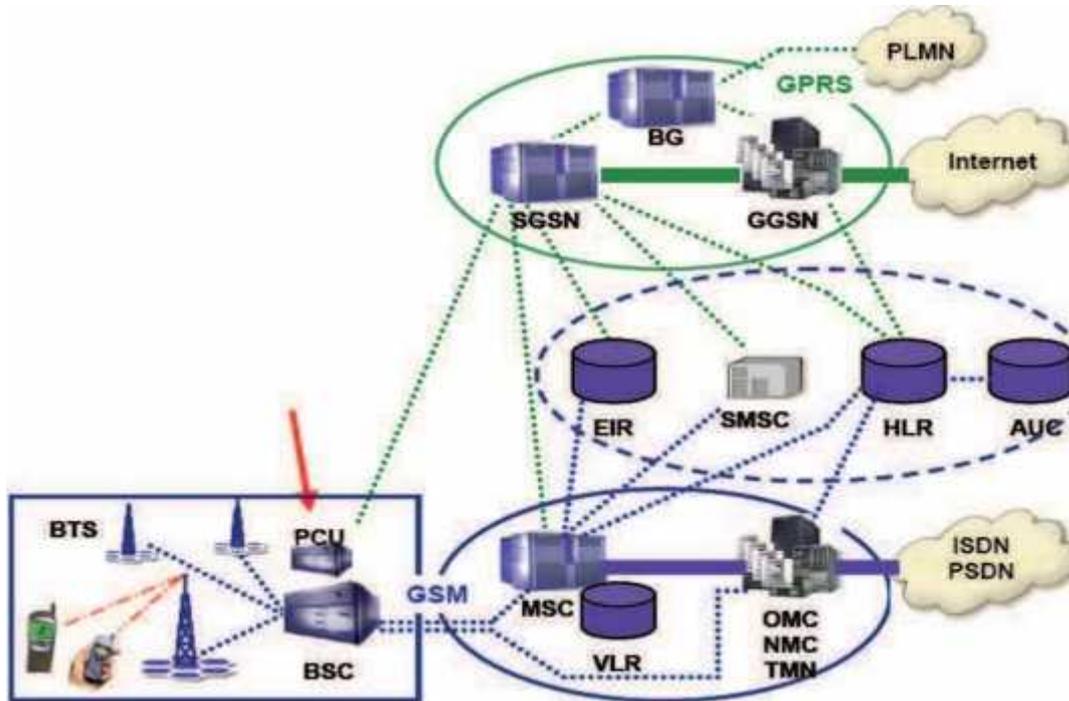


Figure 2 : Architecture réseau GSM [15]

#### 1.2.2.2 Le réseau GPRS (2.5G) :

Le réseau GPRS vient ajouter un certain nombre de « modules » sur le réseau GSM sans changer le réseau existant. Ainsi son but est de conserver l'ensemble des modules de l'architecture GSM, nous verrons par ailleurs que certains modules GSM seront utilisés pour le fonctionnement du réseau GPRS.

La mise en place d'un réseau GPRS va permettre à un opérateur de proposer de nouveaux services de type "Data" à ses clients. Le GPRS est en mode paquets. La figure 3 présente l'architecture du réseau GPRS.



**Figure 3: Architecture du réseau GPRS [16]**

Le réseau GPRS est totalement dépendant du bon fonctionnement des infrastructures du réseau GSM. Le réseau GSM constitue donc en effet une base pour la mise en place du réseau GPRS.

Le tableau 1 se compose de deux parties : la première partie présente les entités utilisées dans les deux réseaux GSM et GPRS et la deuxième partie présente les nouvelles entités ajoutées au réseau GSM et constituer le réseau GPRS.

## Chapitre 2 : État de l'art

<b>Entités GSM/GPRS</b>	<b>Logiciel</b>	<b>Matériel</b>
<b>BTS</b>	Extension requise	Aucun changement
<b>BSC</b>	Extension requise	Interface PCU
<b>MSC/VLR</b>	Extension requise	Aucun changement
<b>HLR</b>	Extension requise	Aucun changement
<b>Nouvelles entités</b>		
<b>MS</b>		Mobile station
<b>SGSN</b>		Serving GPRS Support Node
<b>GGSN</b>		Gateway GPRS Support Node
<b>CGF</b>		Charging Gateway Function
<b>OMC-G</b>		Operations And Maintenance Centre GPRS

**Tableau 1 : Evolution du GSM au GPRS**

### 1.3 La troisième génération des téléphones mobiles 3G (UMTS) :

La 3G a été impulsée pour permettre des applications vidéo sur le mobile et améliorer la QoS du Multimédia. Les applications visées donnaient la possibilité de regarder youtube, de la visiophonie,... Outre l'augmentation de débit, un point complexe à résoudre était de passer d'un service de téléphonie (à connexion circuit) vers un service DATA (connexion paquets). L'idée était d'ajouter des amplificateurs avant chaque antenne, il amplifie le signal pour que celui-ci puisse être reçu par une autre antenne, en changeant les techniques de modulation. Pour cela, il a fallu améliorer les terminaux (Smartphone, Tablette...) permettant un usage plus confortable de la connexion haut débit.

#### 1.3.1. Architecture du réseau UMTS :

Le réseau cœur de l'UMTS s'appuie sur les éléments de base du réseau GSM et

## Chapitre 2 : État de l'art

GPRS. Il est en charge de la commutation et du routage des communications (voix et données) vers les réseaux externes. Dans un premier temps le réseau UMTS devrait s'appuyer sur le réseau GPRS. Le réseau UMTS vient se combiner aux réseaux déjà existants GSM et GPRS, qui apportent des fonctionnalités respectives de Voix et de Données, le réseau UMTS apporte ensuite les fonctionnalités Multimédia.

Le réseau cœur se décompose en deux parties : le domaine circuit dans un premier temps et le domaine paquet. La figure 4 présente l'architecture du réseau UMTS.

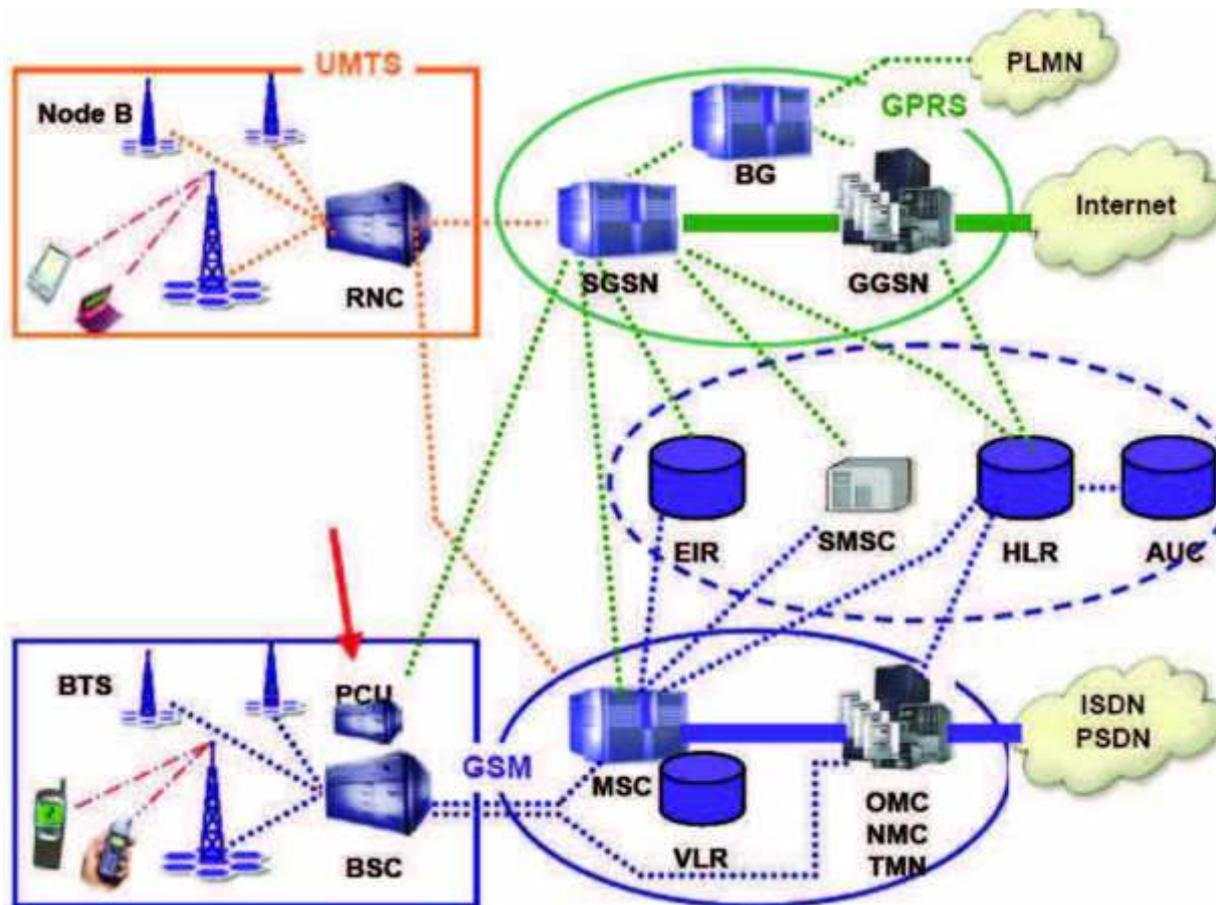


Figure 4 architecture du réseau UMTS [16]

### 1.3.2 Le débit de l'UMTS :

L'UMTS permet théoriquement des débits de transfert de 1,920 Mbit/s, mais fin 2004 les débits offerts par les opérateurs dépassent rarement 384 Kbit/s. Néanmoins, cette vitesse est nettement supérieure au débit de base GSM qui est de 9,6 kbit/seconde. Le débit est différent suivant le lieu d'utilisation et la vitesse de déplacement de l'utilisateur :

## Chapitre 2 : État de l'art

En zone rurale : 144 kbit/s pour une utilisation mobile (voiture, train, etc.)

En zone urbaine : 384 kbit/s pour une utilisation piétonne.

En zone bâtiment : 2000 kbit/s depuis un point fixe.

Grâce à son débit, l'UMTS ouvre la porte à des applications et services nouveaux. L'UMTS permet en particulier de transférer dans des temps relativement courts des contenus multimédia tels que les images, les sons et la vidéo. Les nouveaux services concernent surtout l'aspect vidéo : Visiophonie, MMS Vidéo, Vidéo à la demande, Télévision.

### 1.4 Présentation et architecture de la 4G/LTE :

La norme LTE-advanced impose des critères de base sur le débit et sur la latence, comme le résume le tableau suivant :

		LTE	LTE-advanced
<b>Débits crêtes Maximums</b>	DownLink	300 Mb/s	1 Gb/s
	UpLink	75 Mb/s	500 Mb/s
<b>Bandes de Fréquence</b>		1.4 à 20 MHz	100 Mhz
<b>Latence</b>	Données	10 ms	10ms (RTT)
	Session	100 ms	50ms
<b>Efficacité spectrale</b>	Max	5.0/2.5 b/s/Hz	30/15 b/s/Hz
	Moyen	1.8/0.8 b/s/Hz	2.6/0.2 b/s/Hz
<b>DL/UL</b>	En limite	0.04/0.02 b/s/Hz	0.009/0.07 b/s/Hz

**Tableau 2 : Différents Paramètres du LTE-Advanced. [4]**

#### 1.4.1 Réseau LTE

3GPP a commencé à travailler sur l'évolution des systèmes mobiles 3G en Novembre 2004, L'occasion a été le Works Shop RAN Evolution à Toronto, c'est un atelier à

## Chapitre 2 : État de l'art

---

Canada, il était ouvert à toutes les organisations intéressées, cela a conduit à la participation de plus de 40 contributions de tous les domaines de l'activité Mobile. Les opérateurs concernés, les fabricants et les instituts de recherche donnent leurs points de vue sur l'évolution d'Universal Terrestrial Réseau d'Accès Network (UTRAN). Un ensemble d'exigences de haut niveau a été identifié dans le travail pour améliorer encore le service d'approvisionnement et de réduire les coûts pour l'utilisateur et l'opérateur. Ces principaux objectifs de développement LTE peuvent être énoncés comme suit :

- Atteindre des débits pic de 100 Mb/s en DL et de 50 Mb/s en UL
- Améliorer l'efficacité spectrale (3 à 4 fois la Release 6 en DL)
- Fournir une bande passante modulable (1.25, 2.5, 5, 10, 15, à 20 MHz)
- Rendre flexible l'usage des bandes de fréquences
- Tolérer la mobilité entre les différents réseaux d'accès (2G, 3G, Wimax,)
- Simplifier l'architecture du réseau existant
- Garantir la compatibilité avec les Releases 3GPP précédents
- Offrir une gamme étendue de services avec des coûts raisonnables
- Augmenter le débit approprié aux applications de type **MBMS** (Multimedia **B**roadcast **M**ulticast **S**ervices) comme le mobile TV ;

### 1.4.2 Présentation de LTE :

#### Débit sur l'interface radio :

L'interface radio E-UTRAN doit pouvoir supporter un débit maximum descendant instantané (du réseau au terminal) de 100 Mbit/s tout en considérant une allocation de bande de fréquence de 20 MHz pour le sens descendant, et un débit maximum montant instantané (du terminal au réseau) de 50 Mbit/s en considérant aussi une allocation de bande de fréquence de 20

## Chapitre 2 : État de l'art

---

MHz. Les Technologies utilisées sont OFDMA (Orthogonal Frequency Division Multiple Access) pour le Sens descendant et SC-FDMA (Single Carrier - Frequency Division Multiple Access) pour le Sens montant. Cela correspond à une efficacité du spectre de 5 bit/s/Hz pour le sens Descendant, et 2,5 bit/s/Hz pour le sens montant. Avec la LTE, il est Possible d'opérer avec une bande de taille différente avec les possibilités suivantes : 1.25, 2.5, 5, 10, 15 et 20MHz, pour les sens descendant et montant. L'intention est de permettre un déploiement flexible en fonction des besoins des opérateurs et des services qu'ils souhaitent proposer.

- **Connexion permanente :**

Même si la connexion est permanente au niveau du réseau, il est nécessaire pour le terminal de passer de l'état IDLE à l'état ACTIF lorsqu'il s'agira d'envoyer ou recevoir du trafic. Ce changement d'état s'opère en moins de 100 ms. Le réseau pourra recevoir le trafic de tout terminal rattaché puisque ce dernier dispose d'une adresse IP, mettre en mémoire ce trafic, réaliser l'opération de paging afin de localiser le terminal et lui demander de réserver des ressources afin de pouvoir lui relayer son trafic.

- **Délai pour la transmission de données :**

Le délai de transmission est Moins de 5 ms entre l'UE et l'Access Gateway, ceci dans une situation de non-charge où un seul terminal est ACTIF sur l'interface radio. La Valeur moyenne du délai devrait avoisiner les 25 ms en situation de charge moyenne de l'interface radio. Ceci permet de supporter les services temps réel IP nativement, comme la voix sur IP et le streaming sur IP.

- **Mobilité :**

La mobilité est assurée à des vitesses comprises entre 120 et 350 km/h. Le handover pourra s'effectuer dans des conditions où l'utilisateur se déplace à grande vitesse.

- **Coexistence et Interfonctionnement avec la 3G :**

Le handover entre E-UTRAN (LTE) et UTRAN (3G) doit être réalisé en moins de 300 ms pour les services temps-réel et 500 ms pour les services non temps-réel. Il est clair qu'au début du déploiement de la LTE peu de zones seront couvertes. Il s'agira pour l'opérateur de s'assurer que le handover entre LTE et la 2G/3G est toujours possible.

- **Flexibilité dans l'usage de la bande :**

Comme indiqué précédemment E-UTRAN doit pouvoir opérer dans des allocations de bande de fréquence de différentes tailles incluant 1.25, 2.5, 5, 10, 15 et 20MHz.

- **Support du multicast :**

Notamment pour les applications multimédia telles que la télévision en broadcast .

- **Couverture de cellule importante dans les zones urbaines et rurales :**

Comme la LTE pourra opérer sur des bandes de fréquences diverses et notamment basses comme celle des 700 MHz, il sera possible de considérer des cellules qui pourront couvrir un large diamètre.

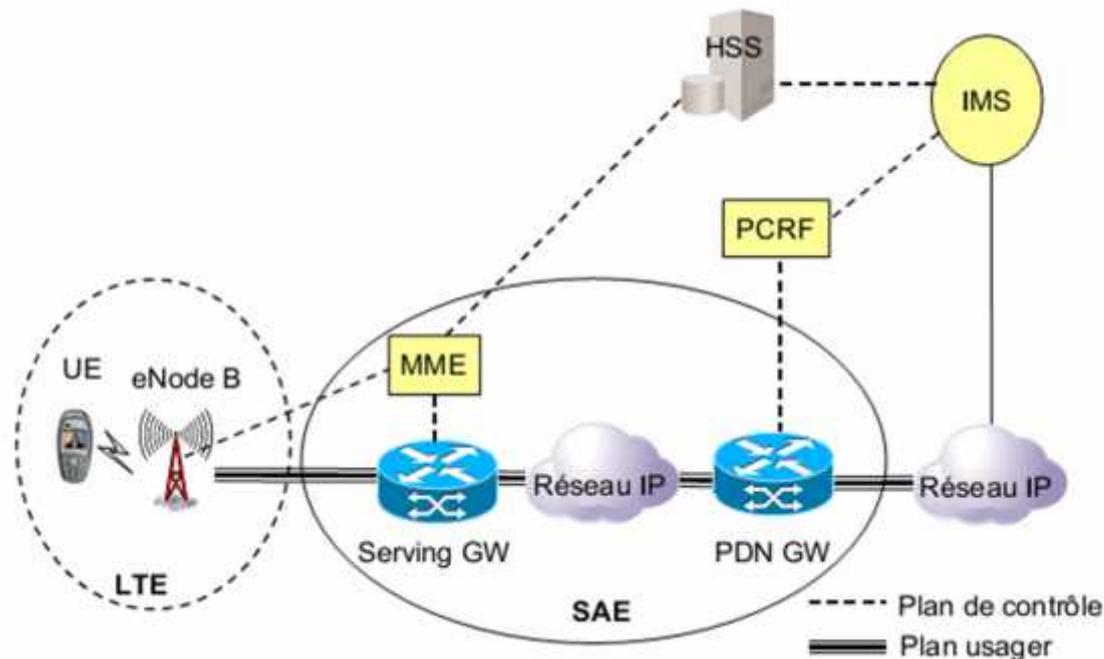
### 1.4.3 Architecture du réseau LTE :

#### 1.4.3.1 Principe de fonctionnement des entités d'un système LTE :

En passant d'une release à une autre de l'UMTS, les services se multiplient et deviennent gourmandes en capacité et en ressources, Ceci nécessite alors l'optimisation de l'interface radio pour simplifier l'interconnexion des sous-systèmes, augmenter l'efficacité du réseau ainsi que diminuer le coût de son installation.

Par ailleurs, le système LTE a essayé de promouvoir l'architecture du réseau existant de l'UMTS en proposant beaucoup d'améliorations.

L'EPS (Evolved Packet System) représente l'ensemble du réseau à savoir LTE et SAE.



**Figure 4: Architecture EPS LTE [17]**

Le réseau EPS est constitué des éléments suivants :

- Evolved Node B (ENODEB)
- Mobility Management Entity (MME)
- Packet Data Network Gateway (PDN GW)
- Home Subscriber Server (HSS)
- Policy and Charging Rules Functions (PCRF)

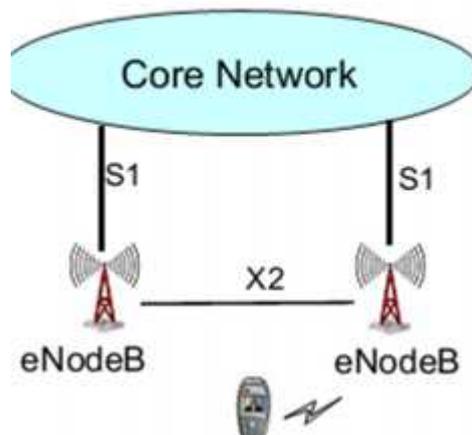
### ➤ Entité eNodeB

L'eNodeB est responsable de l'émission et de réception radio avec l'UE. A la différence de l'UTRAN 3G où sont présentés les entités NodeB et RNC, l'architecture E-UTRAN ne présente que des ENodeB. Les fonctions supportées par le RNC ont été réparties entre l'eNodeB et les entités du réseau cœur MME/Serving GW. L'eNodeB dispose d'une interface S1 avec le réseau cœur. L'interface S1 consiste en S1-C (S1-Contrôle) entre l'eNodeB et le MME et S1- U (S1-Usager) entre l'eNodeB et le Serving GW. Une nouvelle interface X2 a été définie entre eNodeBs adjacents. Son rôle est de minimiser la perte de paquets lors de la mobilité de l'utilisateur en mode ACTIF (handover). Lorsque l'utilisateur se

## Chapitre 2 : État de l'art

déplace en mode ACTIF d'un eNodeB à un autre eNodeB, de nouvelles ressources sont allouées sur le nouvel eNodeB pour l'UE ; or le réseau continu à transférer les paquets entrants vers l'ancien eNodeB tant que le nouvel eNodeB n'a pas informé le réseau qu'il s'agit de lui relayer les paquets entrants pour cet UE. Pendant ce temps, l'ancien eNodeB relaie les paquets entrants sur l'interface X2 au nouvel eNodeB qui les remet à l'UE.

La figure 5 décrit l'architecture E-UTRAN avec ses eNodeB et les interfaces X2 (entre les eNodeB) et S1 (entre eNodeB et entités du réseau cœur MME/ Serving GW).



**Figure 5 : Architecture E-UTRAN [17]**

### ➤ Entité MME (Mobility Management Entity)

Les fonctions de l'entité MME incluent :

- Signalisation EMM et ESM avec l'UE. Les terminaux LTE disposent des protocoles EMM (EPS Mobility Management) et ESM (EPS Session Management) qui leur permettent de gérer leur mobilité (attachement, détachement, mise à jour de localisation) et leur session (établissement/libération de session de données) respectivement. Ces Protocoles sont échangés entre l'UE et le MME.
- Authentification. Le MME est responsable de l'authentification des UEs à partir des informations recueillies du HSS.
- Gestion de la liste de Tracking Area. L'UE est informée des zones de localisation prises en charge par le MME, appelées Tracking Area. L'UE met à jour sa

## Chapitre 2 : État de l'art

---

localisation lorsqu'il se retrouve dans une Tracking Area qui n'est pas prise en charge par son MME.

- Sélection du Serving GW et du PDN GW. C'est au MME de sélectionner le Serving GW et le PDN GW qui serviront à mettre en œuvre le Default Bearer au moment du rattachement de l'UE au réseau.
- Sélection de MME lors du handover avec changement de MME. Lorsque l'utilisateur est dans l'état ACTIF et qu'il se déplace d'une zone prise en charge par un MME à une autre zone qui est sous le contrôle d'un autre MME, alors il est nécessaire que le handover implique l'ancien et le nouveau MME.
- Sélection du SGSN lors du handover avec les réseaux d'accès 2G et 3G. Si l'utilisateur se déplace d'une zone LTE à une zone 2G/3G, c'est le MME qui sélectionnera le SGSN qui sera impliqué dans la mise en place du default bearer.
- Roaming avec interaction avec le HSS nominal. Lorsque l'utilisateur sera attaché au réseau, le MME s'interface au HSS nominal afin de mettre à jour la localisation du mobile et obtenir le profil de l'utilisateur.
- Fonctions de gestion du bearer incluant l'établissement de dedicated bearer. C'est au MME d'établir pour le compte de l'utilisateur les default bearer et dedicated bearer nécessaires pour la prise en charge de ses communications.
- Interception légale du trafic de signalisation. L'entité MME reçoit toute la signalisation émise par l'UE et peut l'archiver à des fins de traçabilité

### ➤ Entité Serving GW (Serving Gateway)

Les fonctions de l'entité Serving GW incluent :

- Point d'ancrage pour le handover inter-eNodeB. Lors d'un handover inter-eNodeB, le trafic de l'utilisateur qui s'échangeait entre l'ancien eNodeB et le Serving GW doit désormais être relayé du nouvel eNodeB au Serving GW.
- Point d'ancrage pour le handover LTE et les réseaux 2G/3G. Il relaie les paquets entre les systèmes 2G/3G et le PDN-GW. Lors d'une mobilité entre LTE et Les réseaux 2G/3G paquet, le SGSN du réseau 2G/3G s'interface avec le Serving GW pour le routage des paquets et relai des paquets. Le Serving GW route les paquets sortant au PDN-GW approprié et relaie les paquets entrants à l'eNodeB servant l'UE.

## Chapitre 2 : État de l'art

---

- Comptabilité par usager pour la taxation inter-opérateurs. Le Serving GW comptabilise le nombre d'octets envoyés et reçus permettant l'échange de tickets de taxation inter-opérateurs pour les Reversements

### ➤ Entité PDN GW (Packet Data Network Gateway)

Les fonctions de l'entité PDN GW incluent :

- Interface vers les réseaux externes (Internet et intranet). Le PDN GW est l'entité qui termine le réseau mobile EPS et assure l'interface aux réseaux externes IPv4 ou IPv6.
- Allocation de l'adresse IP de l'UE. Le PDN GW assigne à l'UE son adresse IP dès l'attachement de l'UE lorsque le réseau établit un défaut bearer permanent à l'UE. Le PDN GW peut allouer une adresse IPv4 ou IPv6.
- Interception légale. Le PDN GW est sur le chemin de signalisation pour l'établissement. La libération de bearer et sur le chemin du média (paquets de données échangés par L'UE). Il est donc un point stratégique pour l'interception légale des flux média et contrôle.
- Taxation des flux de service montants et descendants.

### ➤ Entité HSS (Home Subscriber Server)

Avec la technologie LTE, le HLR est réutilisé et renommé Home Subscriber Server (HSS). Le HSS est un HLR évolué et contient l'information de souscription pour les réseaux GSM, GPRS, 3G, LTE et IMS. A la différence de la 2G et de la 3G où l'interface vers le HLR est supportée par le protocole MAP (protocole du monde SS7), l'interface S6 s'appuie sur le protocole DIAMETER (Protocole du monde IP). Le HSS est une base de données qui est utilisée simultanément par les réseaux 2G, 3G, LTE/SAE. Il supporte donc les protocoles MAP (2G, 3G) et DIAMETER (LTE/SAE).

### ➤ Entité PCRF (Policy & Charging Rules Function)

L'entité PCRF réalise deux fonctions :

- Elle fournit au PDN-GW les règles de taxation lorsqu'un default bearer ou un dedicated bearer est activé ou modifié pour l'utilisateur. Ces règles de taxation permettent au

## Chapitre 2 : État de l'art

---

PDN-GW de différencier les flux de données de service et de les taxer de façon appropriée. Par exemple, si l'utilisateur fait transiter sur son default bearer des flux WAP et des flux de Streaming, il sera possible au PDN GW de distinguer ces deux flux et de taxer le flux WAP sur la base du volume alors que le flux de streaming sera taxé sur la base de la Durée.

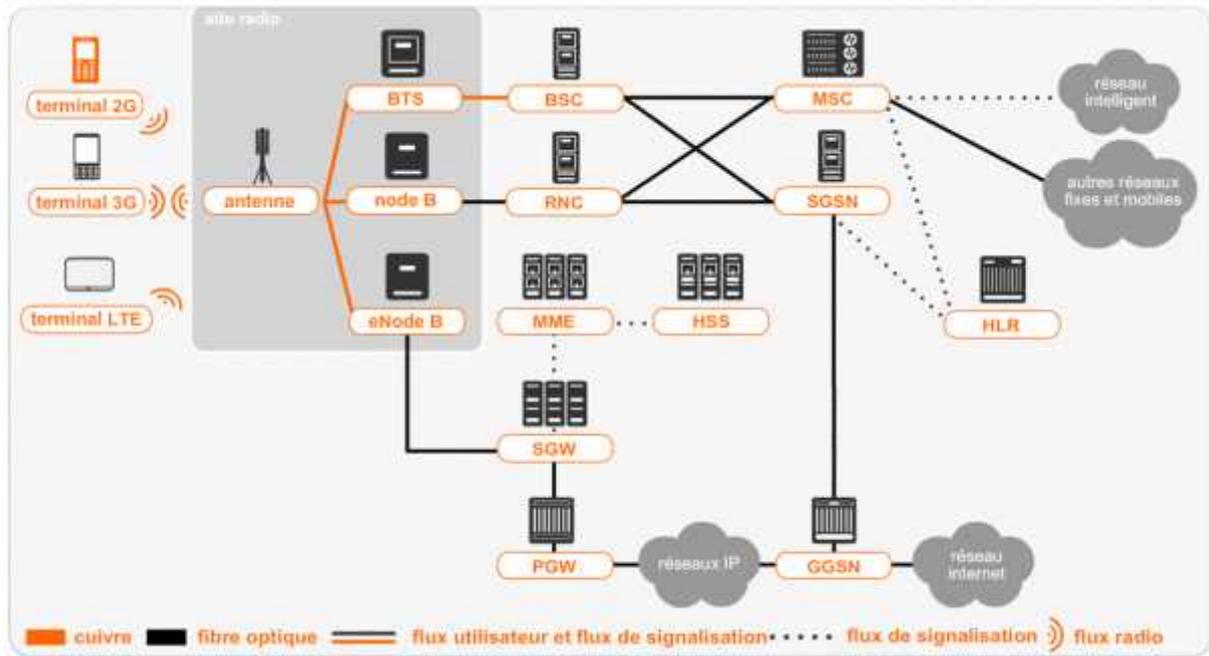
### 1.5 LTE-Advanced :

LTE-Advanced est une norme de réseau de téléphonie mobile de quatrième génération définie par l'organisme de normalisation 3GPP qui fait partie (avec le Gigabit WiMAX) des technologies réseaux retenues par l'Union internationale des télécommunications (UIT) comme norme 4G IMTAdvanced ; il représente la « vraie » 4G.

Le LTE Advanced, dont la normalisation de la première version (normes 3GPP release 10 - version 10), s'est achevée fin 2011 au sein de l'ETSI et du 3GPP, est une évolution de la norme LTE qui lui permet d'atteindre le statut de « véritable norme 4G », tout en gardant une compatibilité ascendante complète avec le LTE, au niveau des terminaux (smartphones, tablettes, clés 4G) et au niveau du réseau, grâce aux fréquences identiques et aux codages radio (OFDMA et SC-FDMA) qui sont ceux déjà utilisés dans les réseaux LTE (accès radio EUTRAN).

Le LTE-Advanced sera capable de fournir des débits pics descendants (téléchargement) supérieurs à 1 Gb/s à l'arrêt et à plus de 100 Mb/s pour un terminal en mouvement, grâce aux technologies réseaux intelligentes<sup>3</sup> qui permettent de maintenir des débits plus élevés en tout point de la cellule radio, alors qu'ils baissent fortement en bordure des cellules UMTS et LTE [13].

Le schéma suivant présente l'architecture des différentes générations des normes de téléphonie mobile :

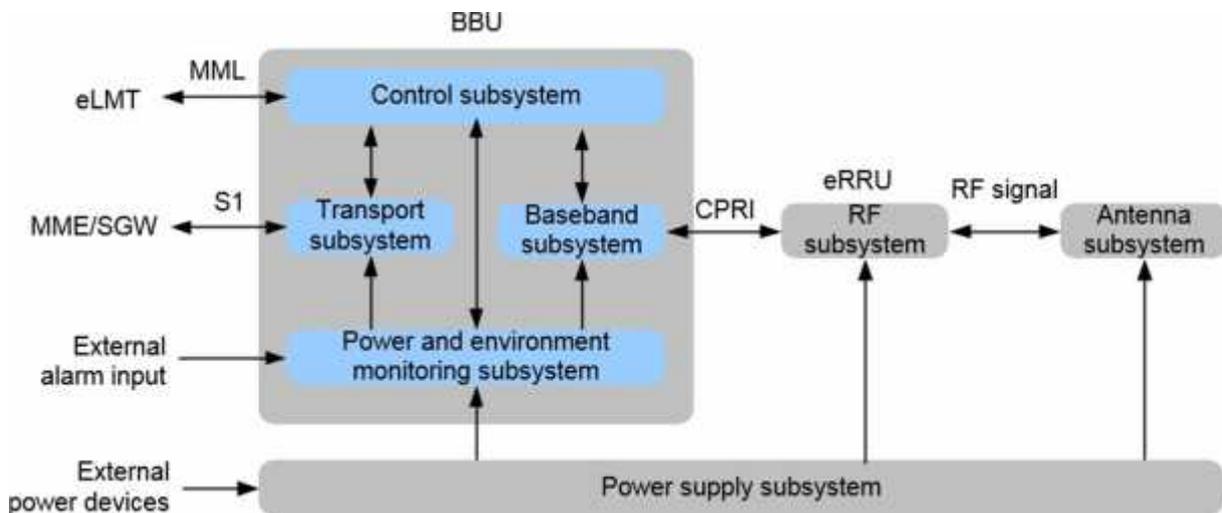


**Figure 6 : différentes génération de téléphonie mobile [18]**

## 2. Structure générale d'un site 4G :

### 2.1 Définition :

Un site est une association d'équipement de communication et d'énergie en vue d'assurer une couverture géographique. Ce site occupe une position géographique bien déterminée après une étude optimisée. C'est un ensemble de pylônes sur lequel sont installées des antennes et des paraboles, ainsi que d'un local appelé shelter qui est une chambre hermétique renfermant la BTS (Base Transceiver System), l'IDU (Indoor Unit) puis la baie énergie.



**Figure 7 : structure d'un site LTE**

<b>UE:</b> User equipment
<b>MME:</b> Mobility Management Entity
<b>S-GW:</b> Serving Gateway
<b>P-GW:</b> PDN Gateway
<b>BBU :</b> bande de base
<b>CPRI :</b> radio publique commune
<b>RRU:</b> remote radio unit
<b>eNodeB:</b> evolved Node B
<b>RF:</b> Fréquence radio
<b>RRU :</b> remote radio unit

### 2.2 Composants d'un site 4G :

Les Parties basiques d'une station de base LTE sont :

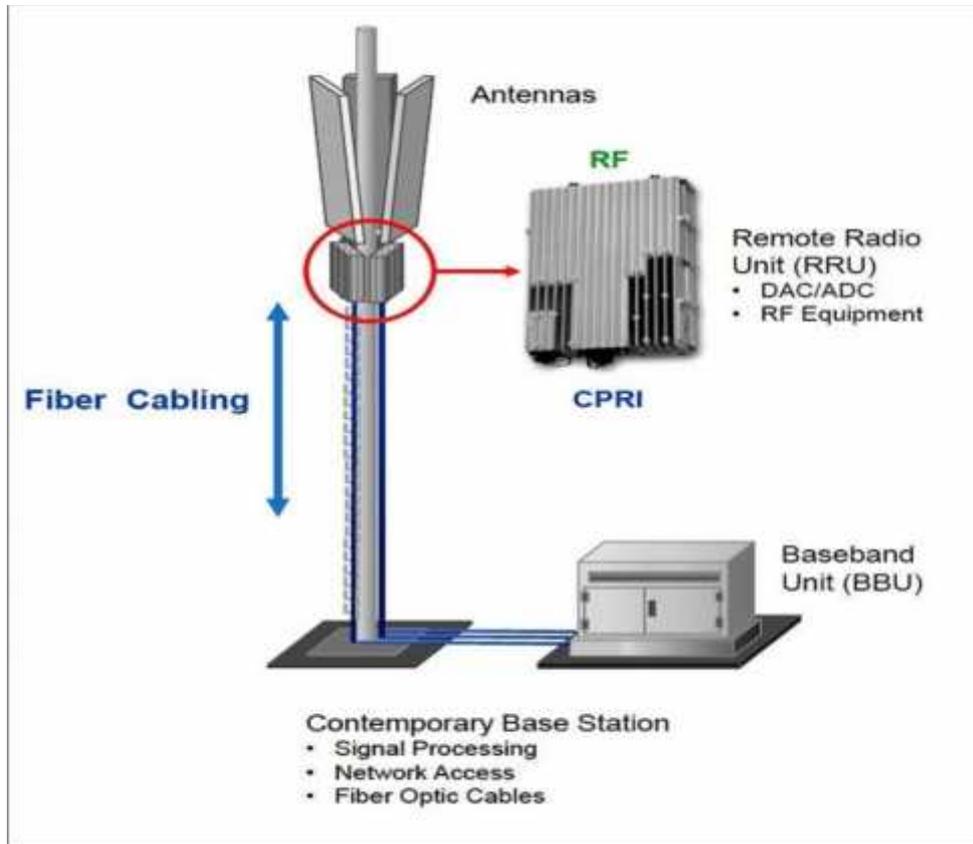
- **la partie Bande de base :**
  - Traitement des données et traitement de la signalisation
  - Détermine la capacité du système
- **La partie radio :**
  - Inter conversion de données numériques et de signaux RF
  - Filtrage et amplification du signal RF
  - Détermine la couverture du système
- **La partie antenne :**
  - Transmet et reçoit le signal RF
  - Détermine de la « forme » de la couverture

#### 2.2.1 EnodeB :

eNodeB est équipé d'une fonction de contrôle d'accès sans fil qui est directement connecté à un réseau central. Avec un nombre réduit de couches d'équipement constituant un réseau d'accès sans fil, ce système est simplifié par rapport aux systèmes de communication mobiles de troisième génération existants.

## Chapitre 2 : État de l'art

Un eNodeB est composé d'une unité de bande de base (BBU) et de remote radio unit (RRU) qui peuvent être connectées Par une interface optique de radio publique commune (CPRI).



**Figure 8 : eNodeB [19]**

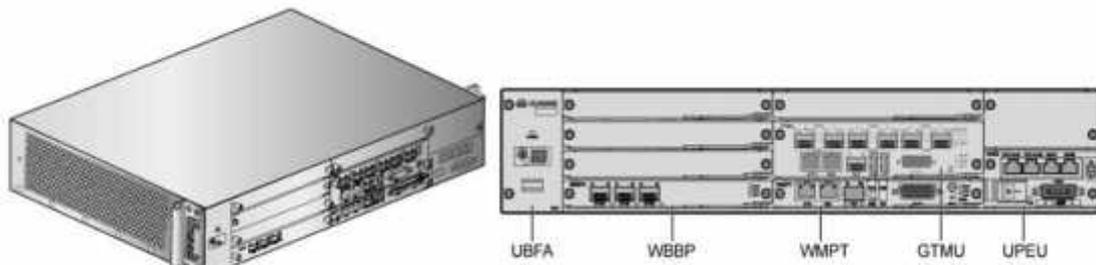
### 2.2.1.1 Bande de base (BBU) :

La bande de base fait référence au signal d'origine ou aux signaux non modulés. En d'autres termes, les signaux en bande de base occupent la plage de fréquences la plus basse. L'unité de bande de base (BBU) traite le signal de la fréquence d'origine avant sa modulation. Pour clarifier, dans la bande de base, La fréquence n'est pas décalée vers une autre bande de fréquence par modulation.

Les unités BBU ont un processeur de signal numérique (DSP) qui traite la conversion des signaux analogiques et numériques. Surtout, il est connu comme le cœur de la communication car il sert de lien de communication entre deux utilisateurs finaux.

BBU avec RRU (Radio Remote Unit) formée en tant que BTS. Premièrement, RRU traite les signaux radio entrants et sortants. Par la suite, il envoie également les signaux et reçoit des signaux (ondes EM) de l'antenne par le biais d'un câble cavalier guidé creux. BTS

est la station de base émetteur-récepteur. Au total, le BBU est connecté à la RRU via un câble à fibres optiques CPRI (Common Public Radio Interface) pour la création de BTS.



**Figure 9: Architecture de bande de base [11]**

### 2.2.1.1.1 Fonctions d'un BBU :

- Fournit des ports ou des liaisons optiques CPRI (Common Public Interface) pour la communication avec des unités RRU et traite les signaux en bande de base des liaisons montante et descendante.
- Fournit des ports S1 pour la communication entre un E-UTRAN NodeB (eNodeB) et un MME / S-GW et des ports X2 pour la communication entre eNodeB.
- Gère l'eNodeB par le biais de l'exploitation et de la maintenance et du traitement des messages de signalisation.

Pour résumer la figure 11 au-dessus, BBU comprend généralement les emplacements FAN, LBBP, UMPT, UPEU et autres. Si nécessaire, des cartes sont insérées pour le fonctionnement requis. Tous ces créneaux fonctionnent généralement comme la fonction de BBU dans les télécommunications. Une brève description de chacun des composants ci-dessus est donnée ci-dessous [11]:

- a) **FAN** : Le ventilateur dissipe la chaleur du BBU. En outre, il surveille également la température d'entrée, contrôle la vitesse de rotation des ventilateurs et signale l'état des ventilateurs au LMPT ou à l'UMPT du BBU.
- b) **LBBP**: LBBP signifie LTE Base Band Processing Unit. LBBP qui est destiné aux communications LTE ou 4G. Les fonctions du LBBP consiste à :
  - 1) Fournit des ports CPRI pour la communication avec des modules de radiofréquence (RF).
  - 2) Traite les signaux en bande de base des liaisons montante et descendante.

## Chapitre 2 : État de l'art

---

c) **UMPT** : UMPT signifie Unité de traitement et de transmission principale universelle.

Ses fonctions sont :

- 1) Exécuter les fonctions OM (exploitation et maintenance). En outre, il effectue également la gestion de la configuration, la gestion des équipements, la surveillance des performances, le traitement de la signalisation et la commutation active / en veille
- 2) Fournit la référence d'horloge, les ports de transmission et le lien de maintenance.

d) **UPEU**: UPEU signifie Unité d'interface Universal Power and Environment. Ses fonctions sont :

- 1) Convertit la puissance d'entrée -48 V en + 12 V avec une puissance de 300 W et 650 W nécessaire au fonctionnement et au traitement de la batterie.
- 2) Agit comme une unité d'interface pour les unités BBU et EMUB. EMUB est une unité de surveillance de l'environnement pour l'alarme des capteurs.

### 2.2.2.2 Module Rf :

Un module RF communément appelé module de « fréquence radio ».c'est un petit appareil électronique qui est utilisé pour transmettre et recevoir les signaux radio entre deux périphériques. Un module RF est généralement utilisé avec une paire d'encodeurs/décodeurs.

L'encodage de données parallèles pour la transmission tandis que la réception est décodée par un décodeur.

Les modules de fréquence radio sont le plus grand facilitateur de communication sans fil, car ils ne nécessitent pas une ligne de vue sans obstacles.

Il offre une gamme de 3 GHz, avec l'extrémité inférieure utilisée dans les applications telles que les stations de radio et sous-marines, tandis que le spectre plus élevé est utilisé dans les applications telles que les GPS, le Wi-Fi le Bluetooth et la diffusion. Certaines des principales fonctions d'un module RF sont les suivantes :

- Agit comme émetteur des signaux
- Solution pour la détection de signaux radio

## Chapitre 2 : État de l'art

---

- Passerelle de communication entre deux périphériques
- Les fréquences radio peuvent étendre la communication entre les applications
- Agit comme module récepteur
- Agit comme émetteur

### 2.2.1.3 L'antenne :

L'antenne est le dispositif qui permet de coupler les ondes de part et d'autre. Réciproquement, elle capte ou émet les signaux électromagnétiques de ou allant vers l'environnement, en privilégiant ou non certaines directions, pour les guider vers ou les extraire des circuits de traitement. Elle adapte ainsi les caractéristiques d'une onde électromagnétique entre un guide et un milieu de propagation ouvert (et réciproquement). Les parties suivantes rappellent les définitions utilisées couramment par les concepteurs d'antennes et qui seront utilisées dans le reste du manuscrit. Nous ne présenterons pas ici les définitions les plus fondamentales et usuelles concernant le gain, les diagrammes de rayonnement, l'impédance d'entrée, la bande passante, la polarisation, etc.. [5].

### 2.2.2 Partie d'énergie :

Généralement on distingue deux groupes d'alimentation :

- ❖ **Groupe primaire (GP)** : Source d'alimentation principale pouvant varier d'un site à un autre dépendant des facteurs liés aux infrastructures existantes et situations géographiques, redresseur et onduleur, groupe électrogène, énergie solaire
- ❖ **Groupe secondaire (GS)** : Source d'alimentation de secours tels que le groupe électrogène, les batteries tampons.

Les équipements d'énergie existants :

- Redresseur
- Batterie
- FAN

#### 2.2.2.1 Redresseur :

Un redresseur, également appelé convertisseur alternatif/continu, est destiné à

## Chapitre 2 : État de l'art

alimenter une charge à partir d'une source de tension alternative. L'alimentation est la plupart du temps un générateur de tension.

Les redresseurs sont essentiellement réalisés à partir de diodes et de thyristors. Ces derniers ne sont utilisés que s'il est nécessaire de faire varier les grandeurs électriques en sortie du redresseur.

Les redresseurs non commandés sont utilisés pour convertir une grandeur alternative en une grandeur continue.

Ils sont par exemple utilisés pour entraîner des moteurs à courant continu. Ils constituent l'étage d'entrée de la quasi-totalité des alimentations à découpage qui alimentent l'équipement audio-visuel des ménages.



**Figure 10: Equipement redresseurs ELTEK**

### 2.2.2.2 Batterie :

La batterie est une source d'énergie rechargeable qui équipe les appareils mobiles tels que les ordinateurs portables et les téléphones, leur permettant de s'affranchir momentanément d'une alimentation électrique depuis une prise. L'autonomie de chaque appareil dépend de sa consommation. La durée d'une batterie s'appelle l'autonomie.

L'autonomie d'une batterie est le temps durant lequel elle est capable de fournir une énergie suffisante. Elle varie avec la température et le régime de décharge (rap- port entre le

## Chapitre 2 : État de l'art

---

courant moyen demandé par l'équipement et la capacité nominale). Plus le régime est élevé, plus l'autonomie est réduite.



**Figure 11: unité de Batterie**

### 2.2.2.3 FAN :

Le ventilateur du climatiseur est l'un des composants essentiels du système de climatisation. La fonction du ventilateur est de produire un mouvement d'air vers l'espace en cours de conditionnement.

### 2.2.3 Faisceau hertzien :

C'est un dispositif permettant de transformer (moduler) un signal électrique à transmettre afin qu'il puisse se propager dans l'air. L'ensemble de l'énergie propagée étant contenu dans un faisceau très fin.

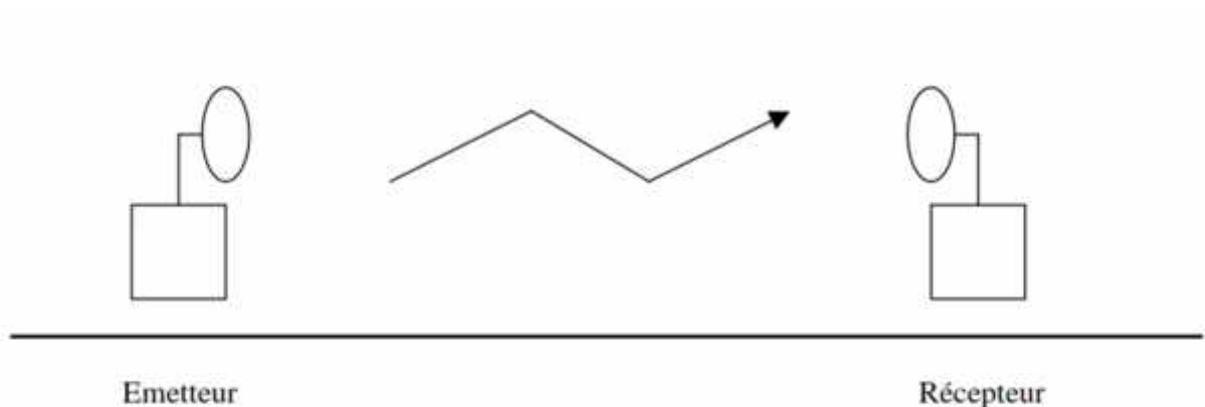
Selon les fréquences utilisées et la quantité d'information à transmettre, les distances pourront être plus ou moins grandes.

Une liaison hertzienne permet de relier deux sites distants, c'est une alternative à un réseau filaire. En effet l'avantage est de pouvoir créer son propre réseau. Un opérateur de

## Chapitre 2 : État de l'art

téléphonie mobile peut se développer grâce au faisceau hertzien. Il lui suffit de réserver des gammes de fréquences pour pouvoir émettre.

Un faisceau hertzien est constitué d'un équipement indoor (IDU), un équipement outdoor (ODU) et d'une antenne.



**Figure 12 : liaison hertzien**

### 2.2.3.1 .Outdoor et indoor Demod Unit (ODU) et (IDU):

#### **Définition :**

Ces équipements sont utilisés soit à l'intérieur du SHELTER, dans ce cas ils sont appelés IDU (Indoor Unit) ou à l'extérieur en ce moment, ils sont ODU (OutDoor Unit). Les deux sont connectés via un câble appelé câble IF.

#### **L'IDU :**

L'IDU fonctionne dans la bande de 5 à 38 GHz et supporte les capacités 4, 5, 8, 10, 16 ou 20E1 avec modulation 16QAM (Quadrature Amplitude Modulation). Il a pour rôle d'effectuer le traitement du signal numérique (MIC) à travers ces différents éléments et de le transmettre au RFU. Il assure également l'alimentation en énergie de RFU. Il est composé de plusieurs éléments lui permettant d'effectuer un fonctionnement normal.



**Figure 13 : indoor Demod Unit**

### ❖ Fonction de l'IDU

- Il sert au traitement bande de base, il aiguille les affluents, les voies de service et la supervision.
- Il est indépendant de la fréquence, mais il dépend du débit.

Trois unités dans l'IDU :

- 1) LAU (line access unit) : Interface passive des affluents
- 2) LIU (line interface unit) : Interface active des affluents, transcodage HDB3.
- 3) MCU (multiplexing & control unit): Multiplexage, démultiplexage.

- Brassage des affluents.
- Connexion de la supervision locale. Alimente et commande l'ODU. Traitement des commandes externes
- Transmet et réceptionne les agrégats ainsi que la supervision et les voies de service. Mémoire des événements.

### **L'ODU :**

L'ODU est l'équipement qui a pour fonction d'émettre le signal fourni par l'IDU et de réceptionner le signal HF. Il définit la polarisation selon la position. L'ODU de par son nom indique qu'il est placé à l'extérieur du shelter.

2 critères de sélection :

## Chapitre 2 : État de l'art

---

- La parité (bande haute ou bande basse).
- La fréquence (13GHz, 38GHz, etc...)

L'ODU se compose de plusieurs unités dont :

- **Interface câble** : Réceptionne les signaux de données et les sépare de la tension d'alimentation.
- **MDU (modulator, démodulator unit)**: A l'émission, c'est un filtre numérique, il convertit également le signal numérique en analogique. A la réception, il effectue une partie de la fonction CAG (commande automatique du gain), et il convertit le signal analogique en numérique.
- **Bloc FI** : A l'émission, c'est un filtre analogique, il module une fréquence intermédiaire (4QAM, 16QAM), il amplifie et règle le niveau de CAG.
- **Amplificateur émission** : Il permet de régler le niveau de sortie par le logiciel et il est muni d'un dispositif de coupure qui se déclenche lors d'une détection d'un défaut ou par télécommande.



**Figure 14 : Outdoor Demod Unit**

### **Conclusion :**

L'histoire des réseaux mobiles est jalonnée par quatre étapes principales, auxquelles on donne couramment le nom de génération. On parle de la première, deuxième et enfin de la troisième génération des réseaux mobiles, généralement abrégées respectivement en 1 G, 2 G, 3 G et 4G. Ces trois générations diffèrent principalement par les techniques mises en œuvre pour accéder à la ressource radio. L'évolution de ces techniques est guidée par la volonté d'accroître la capacité ainsi que les débits offerts par le système dans une bande de fréquences

## Chapitre 2 : État de l'art

---

restreinte. D'autres candidats, comme LTE (LongTerm Evolution) ou 4G préparent également la période de ceux que certains appellent déjà la Super 3G.

Dans ce chapitre, on a présenté des généralités sur les différents réseaux cellulaires, où on a observé une amélioration remarquable dans le débit après chaque génération qui apparut et aussi une description détaillée sur les équipements et leur rôle principal dans le réseau LTE. Dans le chapitre suivant on va étudier la supervision et la maintenance de ces équipements.

# Chapitre 3 : Supervision et alarmes LTE

### **Introduction :**

De nos jours, toutes les entreprises sont équipées d'un réseau local au minimum, et pour les plus importantes d'entre elles de réseaux longue distance qui englobe des centaines, voire des milliers de terminaux. L'apparition de ces nouveaux environnements informatisés rend la surveillance des équipements réseaux et du réseau lui-même une opération indispensable, afin de minimiser la perte d'exploitation et garantir que les utilisateurs ne s'aperçoivent pas des anomalies de fonctionnement. La notion de supervision présentée au cours de ce chapitre intervient à cet effet.

### **3.1 Supervision :**

La supervision se définit comme une technique utilisant au mieux les ressources informatiques pour obtenir des informations (mesures, alarmes, retour d'état de fonctionnement sur l'état des réseaux et de leurs composants. Ces données seront ensuite traitées et affichées afin de mettre en lumière d'éventuels problèmes. La supervision peut résoudre les problèmes automatiquement ou dans le cas contraire prévenir via un système d'alerte (email ou SMS par exemple) les administrateurs.

La supervision du réseau LTE par le NOC est expliquée dans le schéma suivant :

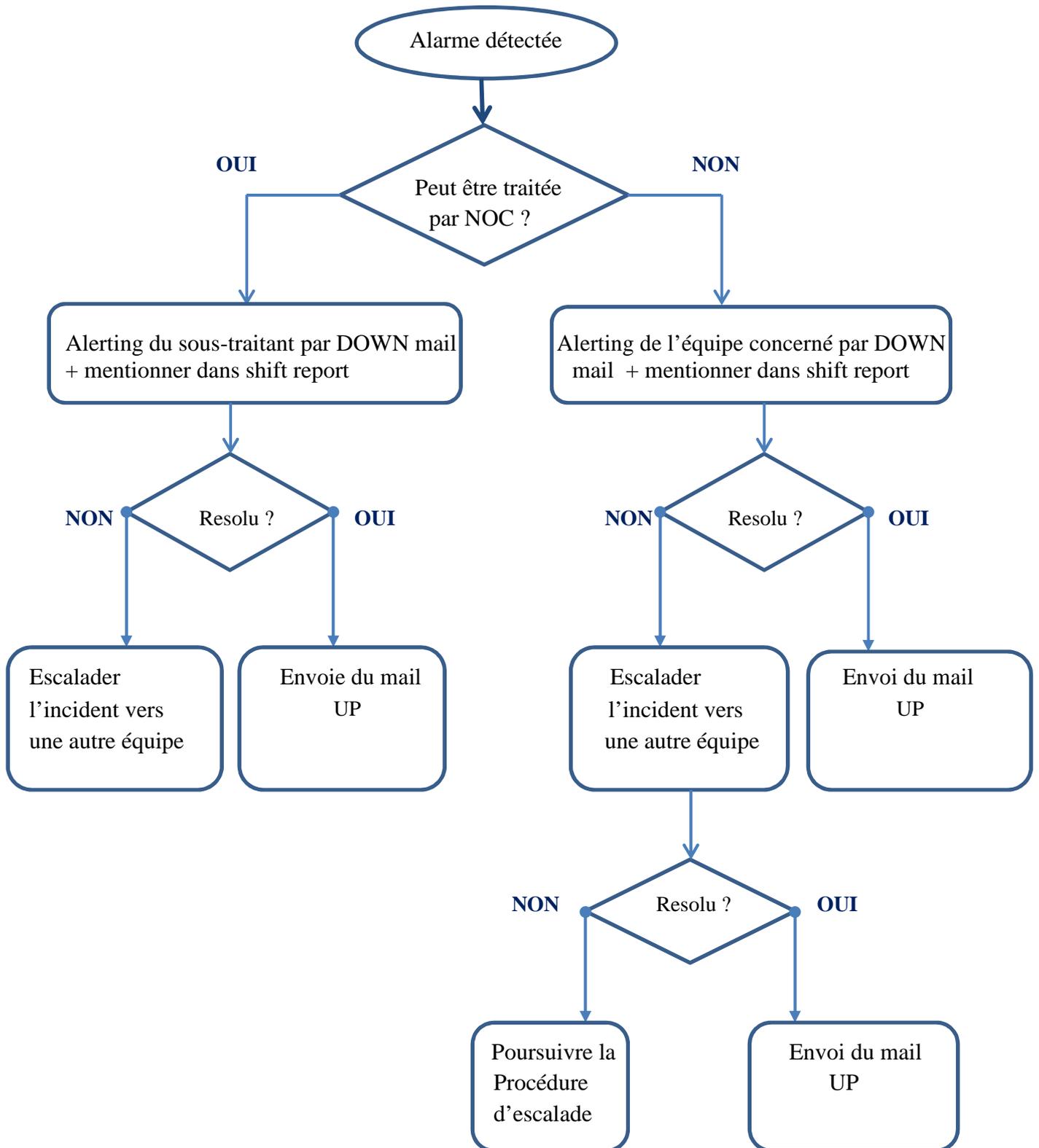


Figure 15 : Les taches de travail du centre de supervision NMC

### 3.2 Les alarmes LTE :

#### 3.2.1 Définition :

Une alarme est une information émise pour provoquer une réaction. C'est également un dispositif de surveillance le plus souvent électronique et /ou informatique qui permet de signaler un événement comme par exemple une intrusion.

On entend par alarme les messages d'alertes envoyés par le logiciel de supervision pour signaler un évènement (problème ou notification). Ces messages d'alertes relatent les évènements susceptibles de se produire aux instants  $t$  ( $t=1$ ),  $(t)$ ,  $(t+1)$  c'est à dire :

- Evènement déjà survenu et qui persiste encore ( $t=1$ )
- Evènement qui surviendra si aucune action (handling) n'est menée ( $t+1$ )
- Evènement en cours d'exécution ( $t$ )

#### 3.2.2 Les différents types d'alarme :

Dans le cadre des dispositifs d'alarme, il est possible de classer les différents signaux en trois grandes catégories :

- **Alarme critique** : quand elle survient, l'entité eNodeB (site ou carte qui lui est associée) ne fonctionne pas ou a été déconnectée du système.
- **Alarme majeur** : quand elle survient, l'entité BSS qui lui est associée fonctionne mais il y a quelques problèmes et une inaction pourrait causer un autre problème plus grand que celui-ci, On pourrait passer du major alarm au critical alarm. La principale conséquence des alarmes majeures est le « call drop » (Echec d'appel sur le site).
- **Alarme mineur** : La sévérité des alarmes mineures est moins grande que celle des majeures. Ici, il s'agit juste d'une notification non corrigée.

Il existe une Liste des alarmes LTE que nous considérons comme essentielles pour l'ensemble des équipements d'une station de base. Elle sera donnée en Annexe pour alléger la lecture.

### 3.3 Le report d'évènement :

Le réseau LTE ainsi créé est sujet à plusieurs perturbations naturelles ou non,

pouvant causer la rupture d'une liaison d'un site, ou simplement qu'il y a un problème d'énergie. Ceci étant, la nécessité de connaître l'état d'un site ou d'une cellule du réseau s'avère indéniable. L'ingénieur d'AT s'avère indispensable au bon fonctionnement du réseau, car celui-ci est devant le système de gestion du réseau capable de générer des alarmes à tout instant, et donc en cas d'alarme majeur ou critique sur un équipement du réseau, celui-ci se chargera d'informer les équipes de maintenance du réseau.

### 3.3.3 Définition d'événement :

On appelle événement, l'apparition d'une alarme quel que soit sa sévérité ; critique, majeur ou mineur. La gestion du réseau est assurée par un logiciel interactif, d'où la notion d'événement liant les alarmes sortant avec des actions appelées handling. Quand une alarme apparaît automatiquement, un événement lui est associé. Dans notre document, nous nous intéresserons aux événements associés aux alarmes critiques. Donc il s'ensuit que les événements sont basés sur les sites, car une alarme critique concerne un site alors que si elle est majeure ou mineure, il s'agit d'une cellule ou d'une carte.

- **Evènement ouvert (Open) :**

Un événement a un statut Open si et seulement si l'alarme critique liée à ce fault n'a pas disparu, autrement dit tant que l'alarme critique demeure, le statut de l'évènement est Open. Pendant ce temps, les équipes de maintenance sont mobilisées pour la résolution de cet évènement.

Un site qui a un évènement au statut Open se trouve coupé, donc pas de trafic enregistré car aucune couverture réseau n'existe, évidemment, cela constitue une grande perte pour le réseau surtout si c'est à une heure dite de « Busy hour ». Le Busy hour est par définition la période de la journée qui enregistre plus de trafic. En Algérie, cette période s'étend de 19H à 21H. En somme plus les évènements sont au statut Open et moins il y a de couverture zonale, donc moins de trafic.

- **Evènement fermé (Close status) :**

Un évènement a un statut Close si et seulement si l'alarme qui lui est liée a disparue. Ceci introduit le thème End Time, c'est à dire la date de fin d'alarme. Le site passe ainsi du statut OFF au statut ON. Dès que l'évènement est Close, l'ingénieur d'AT se doit de se mettre

en contact avec l'équipe de maintenance qui est intervenue pour la résolution du problème, afin de s'avoir ce qui s'est réellement passé. Ceci est indispensable pour la traçabilité des fault (coupure), c'est une collecte qui servira à classer l'évènement, notion que nous verrons plus tard.

### 3.3.4 Classification d'évènements :

Pour une bonne optimisation de la maintenance d'un réseau LTE, l'on a besoin de savoir avec précision ce qui s'y produit. Cette précision inclue forcément une collecte rationnelle d'information. Ainsi quand un évènement survient, on doit connaître la cause, pour pouvoir le classer. Les évènements peuvent être classés en trois(3) catégories.

#### 1. Evènement de type transmission :

Un évènement est de type transmission si et seulement si la cause est un problème de liaison entre deux équipements. Ces types d'évènements sont classés sous la responsabilité des transmettants. L'ingénieur d'AT doit se mettre en contact avec l'ingénieur de transmission afin de savoir ce qui s'est passé dans le but de remplir le fichier du Daily Report.

#### 2. Evènement de type énergie :

Un évènement est de type Energie si et seulement si la cause est un problème d'énergie. Les problèmes d'énergies sont de plusieurs ordres :

- Coupure de courant (S'il n'y a pas de groupe)
- Chaleur intense (Problème de climatiseur)
- Fusible d'équipement endommagé ou autres.

#### 3. Evènement de type unknown :

Un évènement est classé Unknown si le « fault alarm » disparaît avant qu'une équipe de maintenance n'arrive sur le site. Ces évènements surviennent lors des intempéries climatiques comme par exemple une pluie, un vent violent, ou la décharge électrique naturelle.

Dans le cas d'espèce, on assiste à une rupture du signal de transmission pendant un temps  $t$  bien défini, et ceci est rétabli en quelque minute.

### 3.4 La maintenance

La maintenance vise à maintenir ou à rétablir un bien dans un état spécifié afin que celui-ci soit en mesure d'assurer un service déterminé.

La maintenance regroupe ainsi les actions de dépannage et de réparation, de réglage, de révision, de contrôle et de vérification des équipements matériels (Équipement de transmission, d'énergie, des équipements télécoms, etc.) ou même immatériels (logiciels).

Un service de maintenance peut également être amené à participer à des études d'amélioration du processus industriel (Optimisation), et doit, comme d'autres services de l'entreprise, prendre en considération de nombreuses contraintes comme la qualité, la sécurité, l'environnement, le coût, etc...

#### 3.4.1 Les Concepts :

L'analyse des différentes formes de maintenance repose sur 4 concepts [14] :

1. **Les événements** qui sont à l'origine de l'action : référence à un échancier, relation à un type d'événement (auto diagnostic, information d'un capteur, mesure d'une usure, etc.), l'apparition d'une défaillance.
2. **Les méthodes de maintenance** qui leur seront respectivement associées : maintenance préventive systématique, maintenance préventive conditionnelle, maintenance corrective.
3. **Les opérations de maintenance** proprement dites : inspection, contrôle, dépannage, réparation, etc.
4. **Les activités connexes** : maintenance d'amélioration, rénovation, reconstruction, modernisation, travaux neufs, sécurité, etc.

#### 3.4.2 Les méthodes :

Le choix entre les méthodes de maintenance s'effectue dans le cadre de la politique de la maintenance et doit s'opérer en accord avec la direction de l'entreprise.

Pour choisir, il faut donc être informé des objectifs de la direction, des politiques de maintenance, mais il faut connaître le fonctionnement et les caractéristiques des matériels, le comportement du matériel en exploitation, les conditions d'application de chaque méthode,

les coûts de maintenance et les coûts de perte de production.

Le diagramme suivant synthétise les méthodes de maintenance.

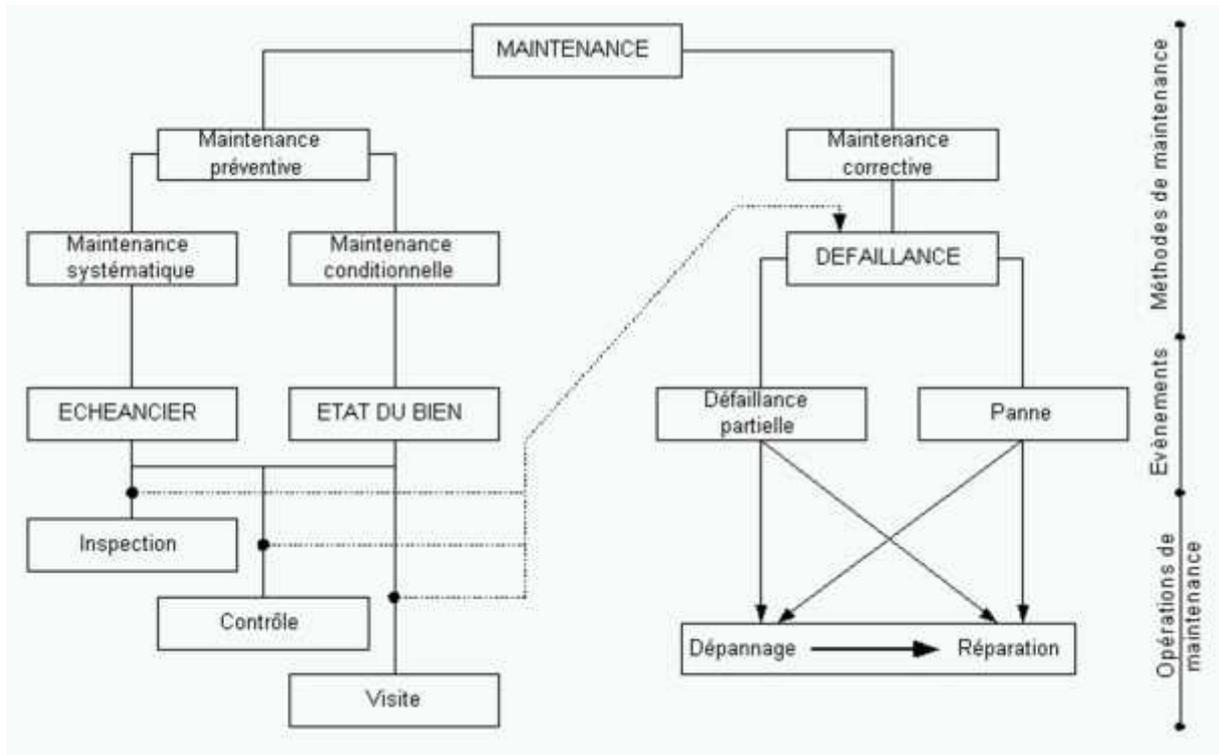


Figure 16: Les différentes formes de Maintenance [14]

La maintenance d'AT est divisée en deux (02) grandes parties : La Maintenance préventive et celle Curative.

La maintenance préventive périodiquement consiste à recenser la liste des alarmes majeures présentes sur les sites ou sur les cartes ; Pendant que celle curative concerne les alarmes critiques ou autre problème récurrent qui surviennent à un moment t.

Toutes ces maintenances sont possibles grâce à une équipe soudée mise à la disposition d'AT. Il s'agit de l'équipe de transmission et de l'équipe d'énergie.

### 3.4.3 LES OPÉRATIONS DE MAINTENANCE :

#### 3.4.2.1 Les opérations de maintenance corrective :

##### ➤ Le dépannage :

## Chapitre 3 : Supervision et alarmes LTE

---

Action sur un bien en panne, en vue de le remettre en état de fonctionnement. Compte tenu de l'objectif, une action de dépannage peut s'accommoder de résultats provisoires (maintenance palliative) avec des conditions de réalisation hors règles de procédures, de coûts et de qualité, et dans ce cas sera suivie de la réparation. Le dépannage n'a pas de conditions d'applications particulières.

Souvent, les opérations de dépannage sont de courtes durées mais peuvent être nombreuses. De ce fait, les services de maintenance soucieux d'abaisser leurs dépenses tentent d'organiser les actions de dépannage. Certains indicateurs de maintenance (pour en mesurer son efficacité) prennent en compte le problème du dépannage. Ainsi, le dépannage peut être appliqué par exemple sur des équipements fonctionnant en continu dont les impératifs de production interdisent toute visite ou intervention à l'arrêt.

### ➤ **La réparation :**

Intervention définitive et limitée de maintenance corrective après panne ou défaillance.

L'application de la réparation peut être décidée soit immédiatement à la suite d'un incident ou d'une défaillance, soit après un dépannage, soit après une visite de maintenance préventive conditionnelle ou systématique.

Remarque : la réparation correspond à une action définitive. L'équipement réparé doit assurer les performances pour lesquelles il a été conçu. Tous les équipements sont concernés.

### **3.4.2.2 Les opérations de maintenance préventive :**

Les inspections : activités de surveillance consistant à relever périodiquement des anomalies et exécuter des réglages simples ne nécessitant pas d'outillage spécifique, ni d'arrêt de l'outil de production ou des équipements.

Les visites : opérations de surveillance qui, dans le cadre de la maintenance préventive systématique, s'opèrent selon une périodicité déterminée. Ces interventions correspondent à une liste d'opérations définies préalablement qui peuvent entraîner des démontages d'organes et une immobilisation du matériel. Une visite peut entraîner une action de maintenance corrective.

Les contrôles : vérifications de conformité par rapport à des données préétablies

## Chapitre 3 : Supervision et alarmes LTE

---

suivies d'un jugement. Le contrôle peut :

- Comporter une activité d'information
- Inclure une décision : acceptation, rejet, ajournement
- Déboucher comme les visites sur des opérations de maintenance corrective

Les opérations de surveillance (contrôles, visites, inspections) sont nécessaires pour maîtriser l'évolution de l'état réel du bien. Elles sont effectuées de manière continue ou à des intervalles prédéterminés ou non, calculés sur le temps ou le nombre d'unités d'usage.

### **Conclusion :**

Nous avons présenté dans ce chapitre la supervision réseau qui vise la surveillance du bon fonctionnement d'un système ou d'une activité. Par la suite, nous avons exposé les alarmes et leurs différents types. Après cela on a défini et classifié les événements selon leurs types et finalement les procédures de maintenance à suivre pour maintenir le réseau LTE d'AT.

Dans le chapitre suivant nous exposons la conception et la réalisation de notre outil de supervision.

# Chapitre 4 : Conception et réalisation

## 4.1 Introduction :

Après avoir pris connaissance théorique dans les chapitres précédents sur les réseaux LTE et les principes de la supervision et la maintenance des réseaux 4G, nous allons dans ce chapitre implémenter notre solution que nous avons proposée. Nous présentons tout d'abord les outils et les composantes matérielles que nous avons utilisées : un module de gestion de monitoring, un monitor I/O et un modem GSM et comment nous les avons regroupés pour constituer notre système de supervision. Enfin nous concluons par une présentation de la solution réalisée.

## 4.2 Outil et logiciels utilisés :

### Eltek Controller web interface :

Eltek Controller web interface est une interface web conçue par Eltek qui simplifie et améliore l'administration des produits Eltek avec une connectivité réseau IP. Elle comprend plusieurs fonctions et caractéristiques pour la configuration efficace des paramètres réseau, la mise à jour du micro logiciel du contrôleur et la configuration du système d'alimentation du contrôleur.

L'Interface Web du contrôleur Eltek présente les avantages suivants :

- Indépendance de la plate-forme: l'interface Web fonctionne dans un ordinateur avec des systèmes d'exploitation (tels que Windows®, Mac®, UNIX, etc.) qui prend en charge les Navigateurs Web capables d'exécuter JavaScript.
- Aucune installation de logiciel requise: la communication avec l'interface Web est facilitée par HTTP standard.
- Mises à niveau sur le terrain: le micrologiciel du contrôleur peut être mis à niveau sur le réseau.
- Sessions simultanées: plusieurs sessions de connexion sont prises en charge.
- Firmware d'exploitation protégé: le firmware d'exploitation est exécuté à partir du RAM, donc il n'y a pas de fichier du system à corrompre ou à endommager. La RAM du contrôleur est non accessible de l'extérieur, ce qui fournit une excellente sécurité contre les attaques malveillants

### **iPASOLINK WebLTC :**

iPASOLINK 400 fournit le WebLCT en tant que terminal local qui est un outil pratique pour installer et entretenir l'équipement. WebLCT utilise la méthode graphique sur le navigateur Web. De plus, cet outil permet une connexion à distance.

L'utilisation de la méthode de navigateur Web suffit, il n'y a pas de logiciel d'application à installer. Le logiciel est embarqué dans l'équipement iPASOLINK 400. Il permet la configuration, l'exploitation et la maintenance d'un bond.

Ce logiciel permettra d'avoir une vision d'une partie du faisceau hertzien. Il est possible de se connecter sur le site opposé lorsque la liaison est établie.

Le webLCT permet le Paramétrage et la Visualisation des alarmes des équipements et le sauvegarde des performances du trafic TDM (G821) et Ethernet.

### **Edraw max Pro :**

C'est un Logiciel pour Créer des diagrammes de flux, cartes mentales, organigrammes, diagrammes de réseau, et des plans d'étage avec de riches exemples et modèles.

## **4.3 Implémentation :**

### **4.3.1 Description générale :**

Notre système est composé d'un moniteur d'alarme (Monitor I/O) qui est un module logiciel utilisé pour mesurer les signaux d'entrées internes ou externes du système ou les états logiques.

Si les paramètres mesurés atteignent l'une des limites, le moniteur d'alarme compare les paramètres mesurés avec des valeurs ou des limites préprogrammées et déclenche une alarme (un événement).

Lorsque cet événement se produit, le moniteur d'alarmes enregistre l'événement dans le journal des événements, lance une action interne et active un groupe de sorties d'alarme qui est transmis automatiquement et instantanément à une centrale d'alarme (SmartPack2) par liaison filaire. En retour, celle-ci va traiter l'information de l'alarme et la transmet à distance à

## Chapitre 4 : Conception et réalisation

travers un réseau GSM qui est un modem AT (automatic transmitter) qui se charge de la faire transiter via un réseau de téléphonie mobile en utilisant des protocoles de communication supportés par la centrale d'alarme. Dans ce qui suit, nous allons présenter chaque bloc constituant notre système d'alarme, ces blocs sont présentés dans le schéma global du système d'alarme réalisé dans la figure 17.

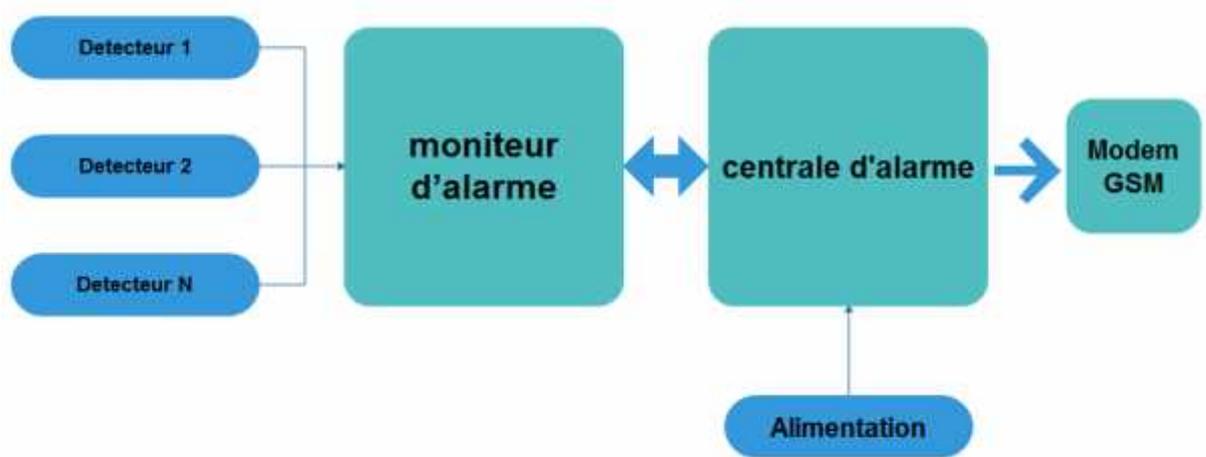


Figure 17: Schéma des différentes parties de notre système d'alarme

### 3.3.2 Matériels utilisés

#### Ordinateur portable

- **Hard Drive Size:** 500GB SSD
- **CPU:** 2.5-GHz Intel Core i5-6500 CPU
- **RAM:** 16 GB
- **Operating System:** Windows 7 Pro

#### Modem GSM Wavecom Q2303A

Le modem GSM, au même titre qu'un téléphone portable, nécessite un abonnement auprès d'un opérateur téléphonique, l'abonnement ne concernant que la transmission de données. Cet abonnement donne lieu à l'ouverture d'une ligne téléphonique ainsi qu'à l'obtention d'une carte SIM à insérer dans le modem.

Le modem Wavecom utilisé dans le cadre du projet permet d'établir une liaison radio avec un afficheur situé dans n'importe quelle région géographique couverte par un réseau téléphonique GSM.

## Chapitre 4 : Conception et réalisation

---

Il s'agit d'un modem GSM fonctionnant dans les bandes de fréquences 900MHz et 1800MHz. Il intègre les fonctions de transmission de données/voix/SMS et la fonction de FAX. Sa tension d'alimentation est de 5V à 32V pour une puissance de sortie de 2W en GSM 900MHz et 1W en GSM 1800MHz.

### Module de gestion de monitoring Eltek :

- **Smartpack S controller**

Le 'Smartpack S controller' est un contrôleur puissant et riche en fonctionnalités, utilisé comme contrôleur principal dans les systèmes d'alimentation.

Les contrôleurs Smartpack S couvrent tous les besoins du contrôle et de surveillance réseaux télécom et les systèmes d'alimentation industriels.

L'état du système et la configuration sont entièrement disponible localement via l'écran ou via le port Ethernet, distant ou local.

Principales caractéristiques :

Une large gamme de fonctionnalités est implémentée dans les contrôleurs Smartpack S, comme mentionné ci-dessous :

- Écran graphique TFT graphique 2,2" à contraste élevé et haute résolution pour un affichage facile pour la navigation
- Ethernet pour la surveillance et le contrôle à distance ou local via un navigateur Web
- DEL pour l'alarme visuelle locale (majeure, mineure, mise sous tension)
- Protocole SNMP v.3.0 avec TRAP, SET et GET sur Ethernet.
- 6 sorties relais programmables
- 6 entrées polyvalentes programmables (digital inputs ou signaux analogiques)
- Surveillance et test automatiques de la batterie
- Indication de la qualité de la batterie
- Regroupement d'alarmes défini par l'utilisateur (logique booléenne pour les alarmes groupées)

- **Monitor I/O**

Monitor I/O permettent de décentraliser et d'augmenter le nombre de signaux de contrôle d'entrée et de contrôle de sortie dans les systèmes d'alimentation Eltek. Ils peuvent également surveiller et contrôler la vitesse du ventilateur et la température ambiante dans des armoires extérieures refroidies par ventilation.

Principales caractéristiques :

Un large éventail de fonctionnalités est implémenté dans le Monitor I/O comme mentionné ci-dessous:

- Alimenté via le bus CAN ; aucune alimentation externe requise
- Mise à niveau du firmware via le bus CAN
- 6 sorties de relais libres programmables (programmable outputs) par l'utilisateur
- 6 entrées programmables et configurables par l'utilisateur (programmable inputs) pour la surveillance des fusibles et autres équipements du site
- des entrées et des sorties dédiées pour le contrôle de la température et du ventilateur
- configuration et calibration via le controller web interface navigateur web

- **iPASO 400 IDU**

La famille iPASO 400 de systèmes de faisceaux hertziens numériques point à point est conçue pour répondre aux différents besoins en transmission numérique des réseaux publics et privés dans une large gamme d'applications.

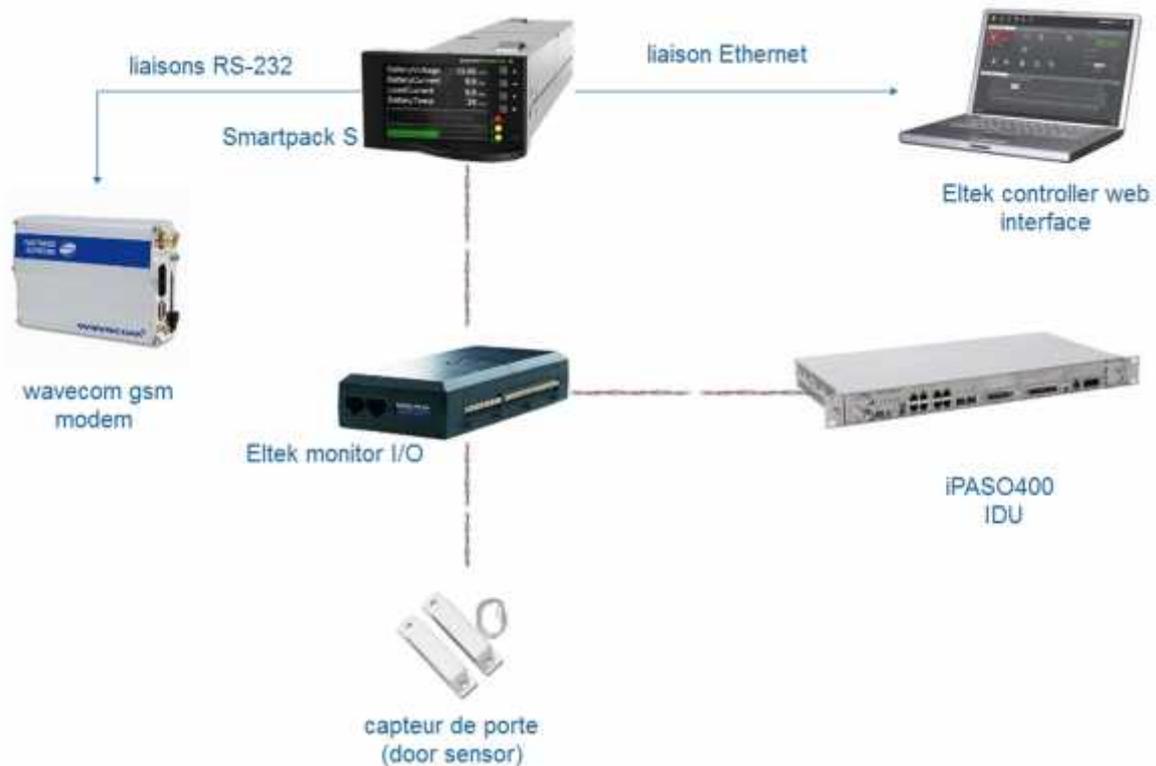
L'iPASO 400 Indoor Demod Unit assure le traitement en bande de base et offre des interfaces aux affluents ainsi que des voies de service et de supervision.

- **Capteur de porte (door sensor)**

Les capteurs de porte, encore appelés détecteurs d'ouvertures, fonctionnent pour les fenêtres, baies vitrées, et les portes. Ce dispositif, essentiel à une alarme anti-intrusion, fonctionne avec base et d'un aimant intégré. La base se fixe au cadre de l'ouverture. La partie plus petite, l'aimant, se fixe à l'ouverture elle-même. Le tout se fait via un autocollant.

## Chapitre 4 : Conception et réalisation

Lorsqu'une ouverture est ouverte, l'aimant n'est pas détecté par la base, ce qui enclenche l'alarme.



**Figure 18 : différents Matériels utilisés**

### 4.3.3 Etape de réalisation :

#### 4.3.3.1 Introduction :

Après la compréhension de l'ensemble des outils Software et hardware faisant fonctionner notre système de gestion d'alarmes, il est temps de comprendre en détail les étapes de conception ainsi que le fonctionnement logique du système.

Cette partie contient l'Interconnexion des matériels hardware et les étapes de configuration software permettant d'assurer le fonctionnement du système d'alarme.

#### 4.3.3.2 Interconnexion des matériels hardware :

Pour mettre en œuvre notre système, on a besoin de relier les composants matériels externes avec le module de gestion de monitoring :

- L'interconnexion du "monitor I/O" avec le "IDU iPASO 400" :

## Chapitre 4 : Conception et réalisation

La liaison entre ces deux équipements est effectuée par un câble FTP.

- L'interconnexion du "monitor I/O" avec le détecteur de porte :

La liaison entre ces deux équipements est effectuée par un câble FTP.

- L'interconnexion du "monitor I/O" avec le "Smartpack S" :

La liaison entre ces deux équipements est effectuée par un câble Ethernet.

- L'interconnexion du "Smartpack S" avec le "Modem Wavecom GSM" :

La liaison entre ces deux équipements est effectuée par un câble RS232.



**Figure 19: Interconnexion composants matériels externes**

Les moniteurs d'alarme pour différentes entrées sont affectés à des groupes d'alarmes. Les groupes d'alarmes, à leur tour, sont mappés sur les canaux de sortie, y compris les relais de sortie. Ces affectations sont configurables par l'utilisateur. Le diagramme suivant illustre la manière dont les moniteurs d'alarmes sont affectés aux groupes d'alarmes et comment sont mappés aux canaux de sortie.



Figure 20 : Aperçu des assignations d'alarmes

### 4.4 Les configurations software :

#### 4.4.1 Configuration des alarmes externes de l'iPASO 400 IDU :

Après avoir connecté le « monitor I/O" avec le "IDU iPASO 400", on connecte l'ordinateur avec ce dernier avec une liaison Ethernet pour configurer les alarmes externes.

Certaines données ont été saisies sur le navigateur web, parmi lesquelles nous pouvons citer :

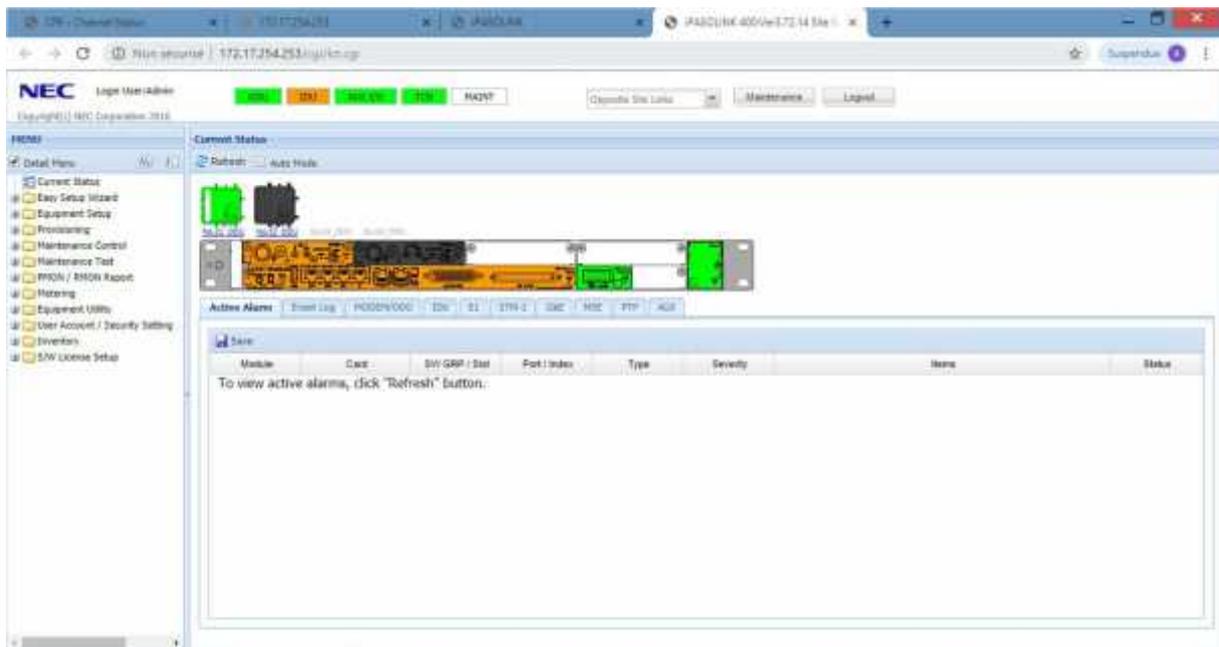
- **192.168.10.20** : l'adresse IP du WebLCT 172.17.254.253
- **username <nom d'utilisateur> password <mot de passe>** : spécifier les données d'authentification.



Figure 21: Interface d'authentification de l'iPASO 400

## Chapitre 4 : Conception et réalisation

Une fois la connexion établie, la fenêtre principale de LTC WEB apparaît



**Figure 22 : fenêtre principale de LTC WEB**

Pour continuer les configurations requises nous allons exploiter la section « **provisioning** » puis « **AUX setting** » et « **AUX OUTPUT setting** » dans la fenêtre principale de du WebLCT.

La fenêtre AUX Output Setting s'ouvre et indique l'état des quatre sorties.

	Name	Control	Status Strings
<a href="#">AUX Out1</a>	A/C RESET	Event On (Close)	A/C RESET CONTROL
<a href="#">AUX Out2</a>			
<a href="#">AUX Out3</a>		Event Off (Open)	
<a href="#">AUX Out4</a>			

**Figure 23 : fenetre d'AUX Output Setting**

On clique sur le numéro de la sortie requis pour configurer ou appliquer le contrôle de la sortie.

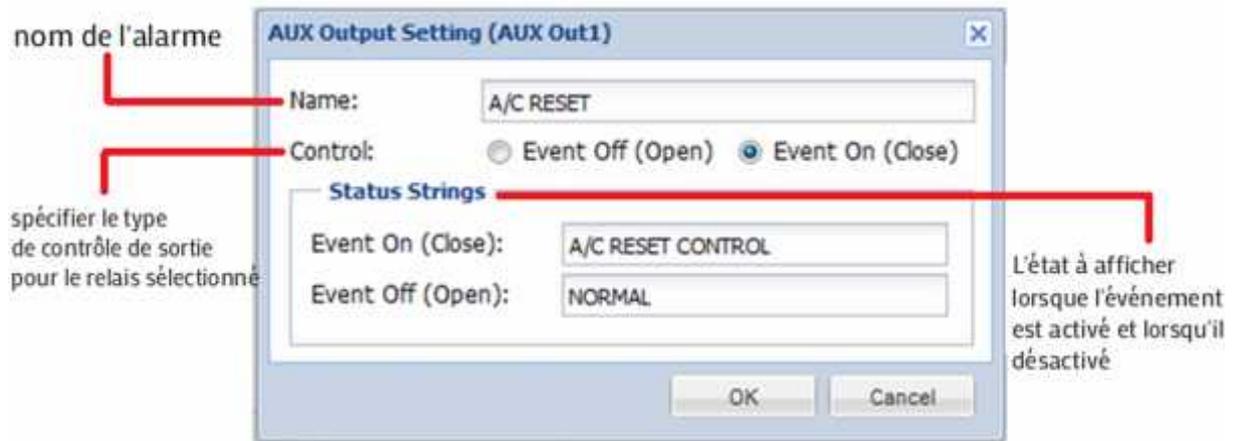


Figure 24 : fenetre d'AUX Output 1

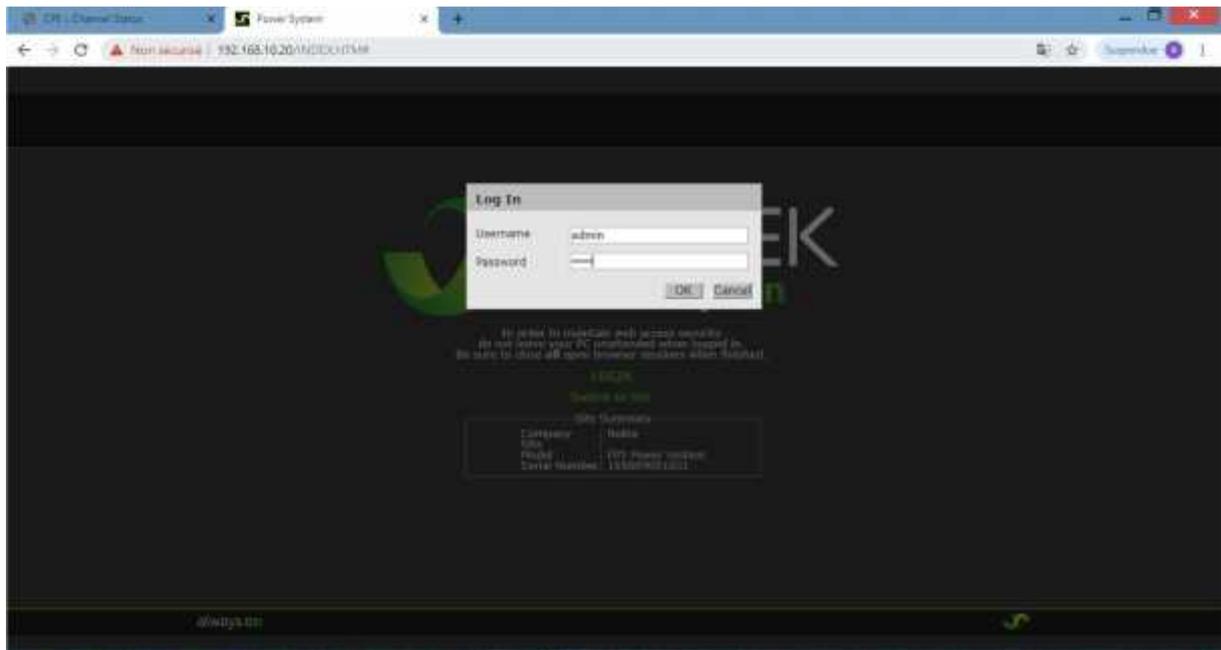
### 4.4.2 Présentation et Configuration du module de gestion de monitoring

#### Eltek :

Pour ce faire, il est indispensable de disposer d'un ordinateur qu'on doit relier avec le Smartpack S à travers une liaison Ethernet, dans le but d'exploiter l'outil Eltek Controller web interface.

Après avoir connecté l'ordinateur avec le "Smartpack S", certaines données ont été saisies sur le navigateur web, parmi lesquelles nous pouvons citer :

- **192.168.10.20** : l'adresse IP de l'Eltek controller
- **username <nom d'utilisateur> password <mot de passe>** : spécifier les données d'authentification



**Figure 25 : Interface d'authentification d'eltek controller web interface**

Une fois la connexion établie, l'écran d'accueil apparaît dans le navigateur Web. En haut de la page se trouvent les boutons de catégorie, le nom du modèle de contrôleur, ainsi que les numéros de logiciel et de révision. Le niveau d'accès est situé dans le coin inférieur droit. (Voir la figure suivante.) Ces barres d'informations supérieure et inférieure sont présentes à tout moment dans l'interface Web. L'écran d'accueil est présenté dans la section "Accueil".

## Chapitre 4 : Conception et réalisation



**Figure 26 : eltek controller web interface**

Pour continuer les configurations requises de notre système, nous allons exploiter deux sections mentionnées dans le tableau ci-dessous :

 <p>Alarm Configuration</p>	<p>On utilise cette section pour configurer les dispositifs système LVD et les tables d'alarmes du système, créer / supprimer et activer / désactiver les alarmes et les groupes d'alarmes, activer / désactiver les entrées et les sorties système, les alarmes de programme et les niveaux de sévérité des alarmes des générateurs, redresseurs, chargeurs solaires, convertisseurs ac-dc, charges, batteries, entrées / sorties et le système de contrôle.</p>
 <p>System Configuration</p>	<p>On utilise cette section pour interroger le système, apporter des modifications ou reprogrammer les paramètres du système. Les administrateurs peuvent programmer les paramètres système de base, la configuration du réseau, tensions du système, étalonnages du système, générateurs, redresseurs, chargeurs solaires, convertisseurs dc-dc, batteries,</p>

**TABLEAU 3 : Sections de configuration d'alarme et du système**

### 4.4.3 Configuration des alarmes :

Le monitoring des alarmes extérieures et intérieures est configuré sous **Alarm Conf.Categorie**.

Il existe quatre types de moniteurs d'alarme :

- Analogique - valeur mesurée (comme la tension ou le courant)
- Numérique - somme, compte ou calcul (comme le nombre de phases AC, redresseur ou autres modules d'alimentation)
- Logique - état des relais, des combinaisons logiques d'états d'alarme (par exemple : booléenne)
- LVD - un moniteur spécial basé sur les événements qui ouvre un contacteur à déconnexion basse tension (LVD)

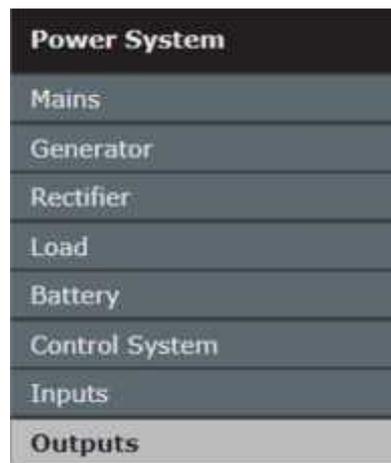


Figure 27: Menu des configurations d'alarmes

#### 4.4.3.1 Configuration des alarmes internes (alarmes d'énergie) :

Une alarme interne est une alarme relative aux équipements d'énergie.

Pour activer le moniteur d'une alarme on coche la case « **Enable** » dans la fenêtre de la configuration des alarmes.

**Mains Alarm group** : il s'agit du groupe d'alarme du courant alternatif.

## Chapitre 4 : Conception et réalisation

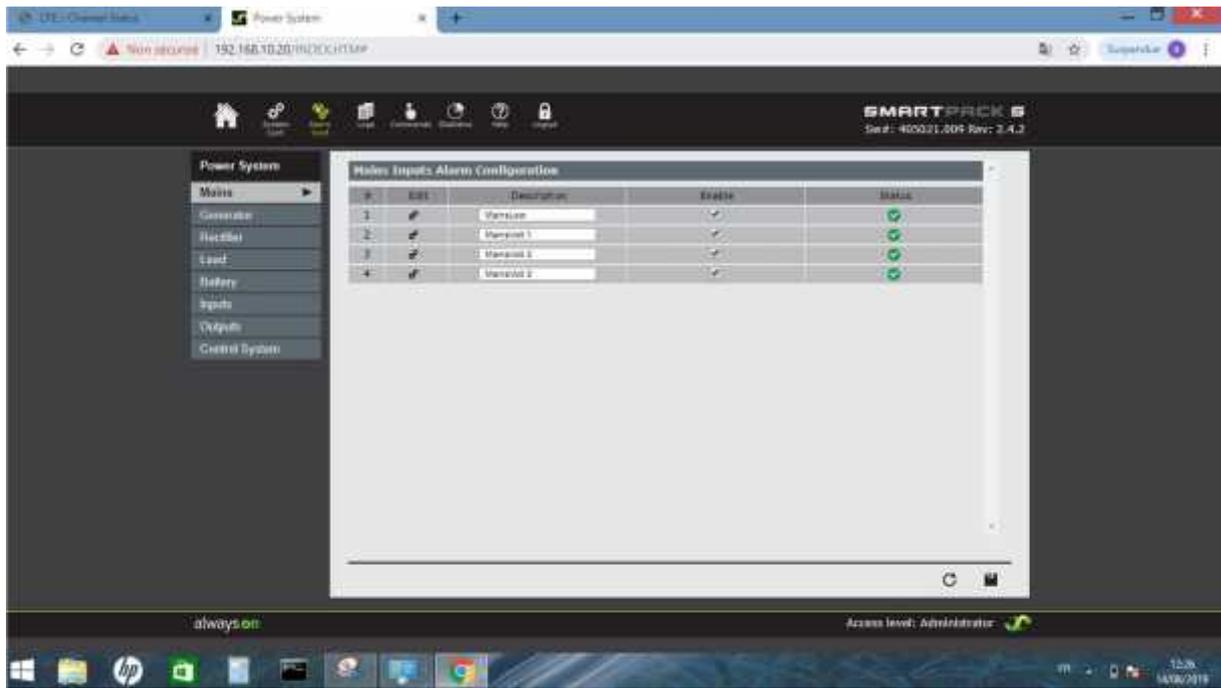


Figure 28 : Activation du moniteur des alarmes du courant alternatif.

**Battery alarms :** il s'agit des alarmes de batterie.

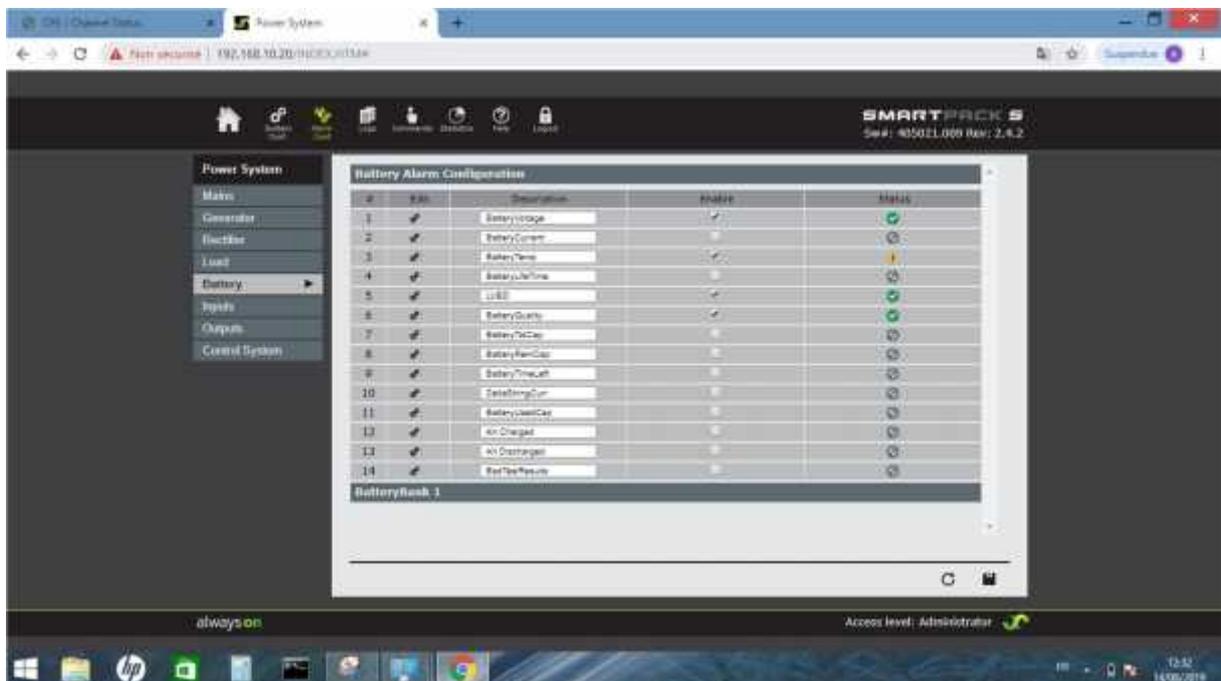
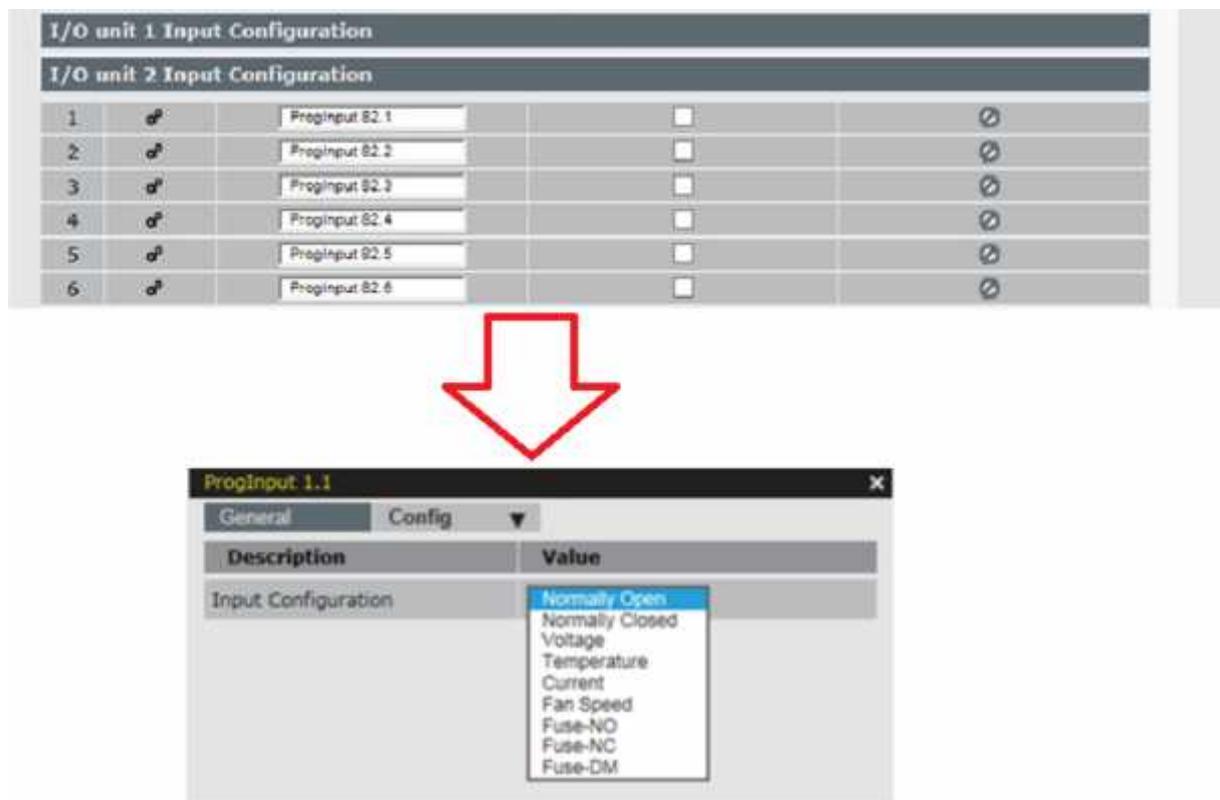


Figure 29 : Activation du moniteur des alarmes de batterie.

### 4.3.1.2 Configuration des alarmes externes du module de gestion Eltek :

Après avoir relié chaque composant externe avec le Monitor I/O qui possède six interfaces configurables, on exploite l'espace « **input alarm configuration** » qui met à la disposition de l'administrateur un onglet pour configurer, programmer et activer le monitoring des alarmes externes.

Dans la fenêtre d'édition des moniteurs d'alarme « **alarm monitors edit window** » on saisit un nom d'alarme dans le champ de description, ensuite on clique sur l'icône d'édition pour configurer le moniteur d'alarme et on coche la case d'activation d'alarme.



**Figure 30 : configuration des alarmes externes programmable**

Les alarmes externes configurées dans cette section sont :

- **Transmission** : Cette alarme est déclenchée Lorsqu'un dysfonctionnement survient au niveau l'équipement de transport (IDU et ODU).
- **Door alarm** : Cette alarme est déclenchée lorsque la porte de l'armoire est ouverte.

## Chapitre 4 : Conception et réalisation

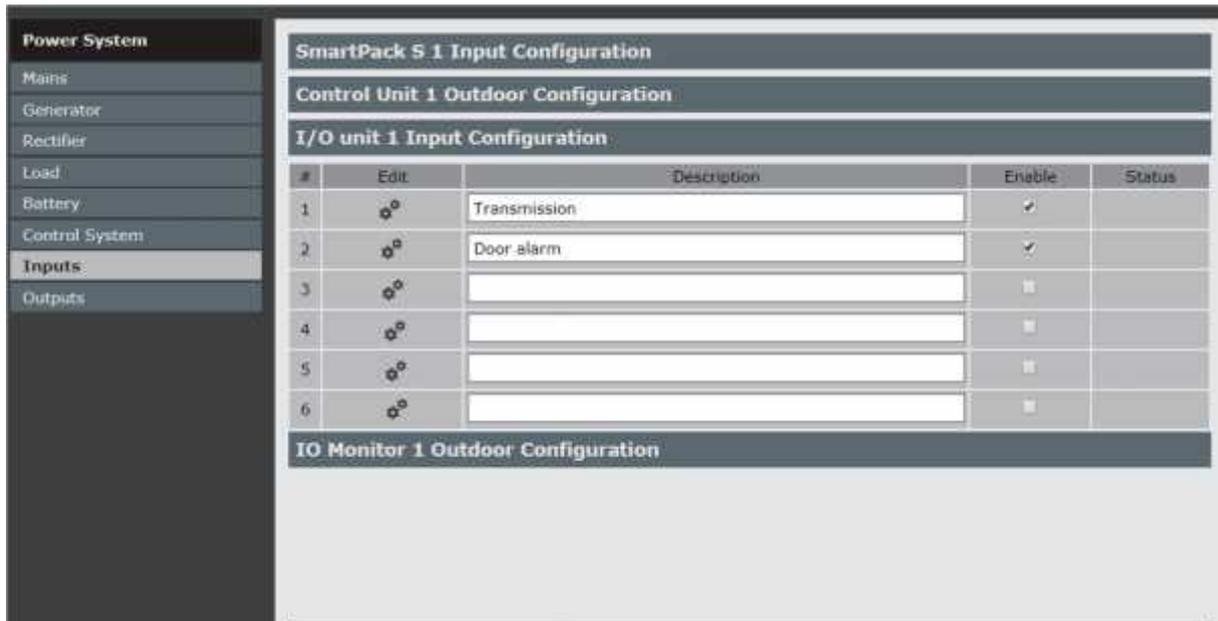


Figure 31 : alarmes externes configurées

L'étape suivante consiste à configurer le 'SmartPack S' pour qu'il reçoive les signaux du 'Monitor I/O' qui est déjà relié avec ses sorties programmables (sortie « 3 » et sortie « 4 » dans notre cas). Pour s'y faire, on exploite la section « **Outputs** » dans le menu de configuration d'alarmes « **alarm conf** ». En haut de la fenêtre se trouve une liste déroulante appelée « **Select Unit** » pour choisir l'unité de commande à laquelle les alarmes sont connectées, on coche la case située sous le relais souhaité.

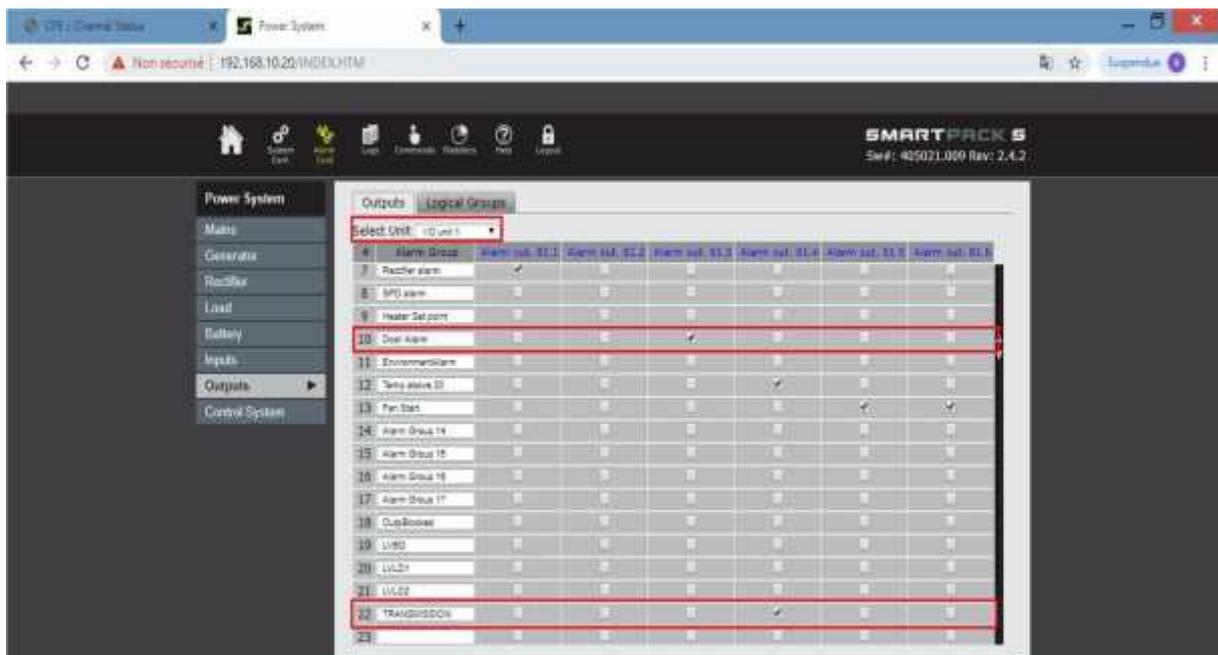


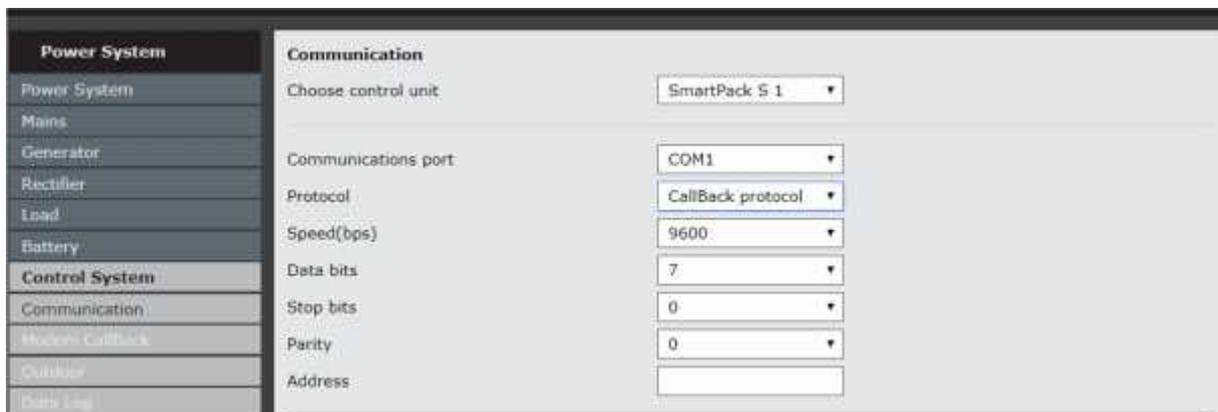
Figure 32 : mappage des groupes d'alarmes sur les canaux de sortie du monitor I/O

### 4.3.4 Configuration de la Gateway GSM :

Suite à la connexion du modem GSM avec « Smartpack S », on configure le protocole de communication pour transférer les alarmes. L'équipement modem doit être connecté à l'unité de contrôle qui prend en charge la communication par modem.

Pour configurer le protocole de communication, on exploite la section « **Communication** » « **control system** » « **system configuration** »

Dans cette section on choisit l'unité de contrôle, le port de communications et le protocole de communication.



**Figure 33 : configuration du protocole de communication**

**CallBack protocole :** c'est un protocole propriétaire d'Eltek développé pour la communication utilisant le port RS232 d'une unité de contrôle avec des modems tiers (third-party modems).

L'étape suivante est d'activer la fonction modem CallBack dans la section « **modem CallBack** » sous le menu « **control system** » qui permet de configurer un contrôleur pour composer un numéro avec un modem externe ou distant.

On choisit l'unité de contrôle, on coche la case « **Enable modem CallBack** » et le bouton radio « **SMS** » pour l'activation de la messagerie SMS des alarmes.

Ensuite, on remplit les champs « **Phone number** » par les numéros de chaque service de maintenance (3 services dans notre cas : transmission, énergie et accès radio) pour qu'il reçoive un message d'alarme.

## Chapitre 4 : Conception et réalisation

**Figure 34 : Modem CallBack page**

L'étape finale est de raccorder l'ensemble de groupe d'alarmes configurées et préconfigurées aux canaux de sorties disponibles (le modem GSM dans notre cas). Dans la section « **Outputs** », on choisit l'unité de contrôle et pour chaque groupe d'alarmes devant déclencher un relais de sortie, on coche la case située sous le (s) relais souhaité (s).

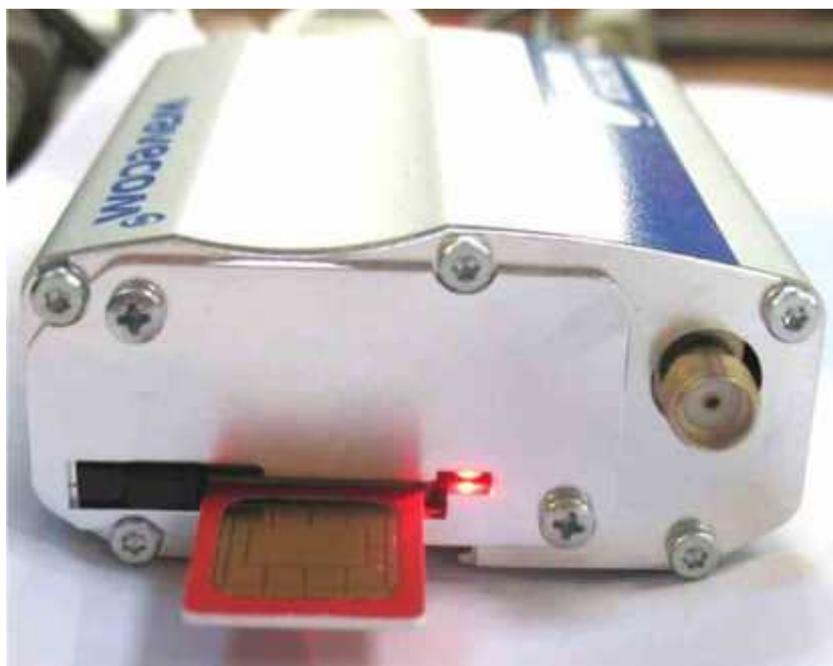
Le relai de sortie coché est « **phone1.1** »

#	Alarm Group	Alarm out. 1.1	Alarm out. 1.2	Alarm out. 1.3	Batt. out. 1	Load out. 1	Alarm out. 1.4	Alarm out. 1.5	Alarm out. 1.6	Bus 1	Pho. 1.1	Pho. 1.2	Pho. 1.3	Virt. 1	Virt. 2	Virt. 3	Virt. 4
1	Major alarm	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>													
2	Minor alarm	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>													
3	Mains alarm	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>													
4	Fuse alarm	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>													
5	Battery high	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>													
6	Battery low	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>													
7	Rectifier alarm	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>													
8	Transmission	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>													
9	Door Alarm	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>													
10	temps above 20	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>									
11	Fan Start	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>									
12		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>									

**Figure 35 : Raccordement des groupes d'alarmes aux canaux de sortie**

### 4.4 Mise en marche du système :

Lors de la mise en marche de notre système d'alarme, une LED rouge est allumée sur le modem GSM indiquant que le système est activé. Le système est alors en fonctionnement de surveillance selon la programmation prédéfini.



**Figure 36: Modem GSM activé**

Pour tester la fiabilité de notre outil de supervision, il suffit de déclencher un groupe d'alarme interne ou externe.

#### 4.4.2 Exemple d'alerte SMS :

Voici un exemple SMS d'alerte pour un incident survenu sur un site LTE à Bordj menail wilaya de Boumerdes.

L'alarme déclenchée dans notre cas est une alarme de sécurité (**Door alarm**), et c'après avoir ouvert la porte de l'armoire du site. Le format du message SMS est le suivant :

**[Site location] [Date and time] [Alarm name]**

- **Site location** : la localisation du site
- **Date and time** : la date et l'heure de l'évènement
- **Alarm name** : le nom de l'alarme ou du group l'alarme



**Figure 37 : Notification d’alarme par SMS**

### **Conclusion :**

Dans ce chapitre nous avons présenté le système d’alarme qu’on a réalisé avec ses différentes parties et leurs principes de fonctionnement. La réalisation pratique de ce système est effectuée principalement avec un module de gestion de monitoring et une Gateway GSM avec des détecteurs réels utilisés dans les systèmes d’alarmes professionnels. La mise en marche du système a montré le bon fonctionnement de notre conception.

### Conclusion générale

Le présent projet de fin d'étude s'inscrit dans le cadre de la supervision du réseau LTE de l'opérateur Algérie télécom. L'objectif est de concevoir et implémenter un outil de contrôle et de suivi des incidents possibles dans le réseau.

Une synthèse bibliographique a été effectuée comme une étape nécessaire pour la poursuite de notre travail. Cette synthèse nous a permis d'acquérir les connaissances indispensables concernant les aspects théoriques des réseaux des téléphones mobiles en générale et les réseaux LTE en particulier, Ainsi que les différents composants matériels d'un site LTE.

Nous avons effectué une étude de l'existant tout en abordant la notion de supervision et la maintenance afin de localiser et situer notre projet de fin d'étude au sein de l'organisme d'accueil.

Le dernier volet de notre projet, et certainement le plus important, était la partie réalisation qui a été consacrée à la présentation des outils du travail et les interfaces les plus significatives de notre outil.

L'apport de ce travail a été d'une importance considérable. En effet, il nous a permis tout d'abord de découvrir le domaine de la supervision, un domaine nouveau et très prometteur sur lequel se positionnent les grandes entreprises aujourd'hui. Ce projet nous a également permis de vivre une expérience professionnelle et de mettre en pratique les connaissances théoriques acquises durant notre cycle formation à l'université.

Nous préconisons à A.T d'appliquer cet outil de supervision et l'utiliser comme une solution alternative pour la gestion des alarmes des sites 4G implantés sur le territoire national.

# Annexe

Tableau des alarmes LTE :

<b>Problème spécifique</b>	<b>type d'événement</b>	<b>cause probable</b>	<b>type d'alarme</b>	<b>Description</b>
Temps de sauvegarde de la batterie trop court	EQUIPMENT_ALARME	BATTERY_FAILURE	MAJOR	Cette alarme est déclenchée lorsqu'un test à la demande ou un test périodique du temps de sauvegarde de la batterie indique que le temps de sauvegarde restant estimé de la batterie est plus court que prévu. L'alarme indique que la capacité de la batterie n'est pas suffisante et que la batterie doit être remplacée afin de respecter le temps de sauvegarde requis.
Batterie manquante	ALARME D'ERREUR DE TRAITEMENT	ERREUR DE CONFIGURATION OU PERSONNALISATION	MAJOR	Généré à cause d'un câble déconnecté ou défectueux entre la batterie et l'unité de fusible batterie (BFU) ou à cause d'une batterie défectueuse.

Tension de la batterie trop basse Charge principale déconnectée	EQUIPMENT_ALARME	Dysfonctionnement de l'équipement	MAJOR	L'alarme est déclenchée lorsque la charge principale est déconnectée en raison d'une tension de batterie faible. Le niveau déconnecté est défini par l'attribut principal Déconnecter charge sous tension.
Conseil surchauffé	EQUIPMENT_ALARME	HAUTE TEMPÉRATURE	MAJOR	L'alarme est déclenchée lorsque la température d'une carte devient supérieure à la température maximale autorisée.
Disjoncteur déclenché	EQUIPMENT_ALARME	ÉCHEC DE FUSIBLE	MAJOR	L'alarme est déclenchée lorsque la batterie est déconnectée à cause d'un disjoncteur déclenché, soit par l'intervention de l'utilisateur, soit en tant que protection automatique BFU.
Erreur de validité des informations d'identification	ALARME DE QUALITE DE SERVICE	ERREUR DE CONFIGURATION OU PERSONNALISATION	MAJOR	Les informations d'identification du nœud expireront dans moins de sept jours

Débranché	EQUIPMENT_ALARM	Dysfonctionnement de l'équipement	MAJOR	-
Porte du boîtier ouverte	EQUIPMENT_ALARM	BOITIER PORTE OUVERT	MAJOR	Cette alarme est déclenchée lorsque la porte de l'armoire est ouverte

# Bibliographies

- [1] Z. Zhang, *Antenna Design for mobile devices*, John Wiley & Sons (Asia) Pte Ltd, 2011.
- [2] Yang Bo, *Equipment in the LTE Network*, CTTL-System, CAICT, china academy of information and communication technology
- [3] TONYE.E et EWOUSSAOUA.L, « Planification Et ingénierie Des Réseau De Télécoms », mémoire pro 2 de télécommunication, Université de Yaounde I, 2011
- [4] Melle BOUCHENTOUF Hadjer et Mr BOUDGHENE STAMBOULI Riyad, « ETUDE DES PERFORMANCES DES RESEAUX 4G (LTE) », », mémoire master 2 de télécommunication, Université Abou Bekr Belkaid, Tlemcen Algérie, 2013
- [5] Florence Sonnerat, « Développement d'antennes innovantes pour les terminaux mobiles 4G tenant compte de l'interaction avec l'utilisateur : solutions circuits et antennes envisageables », Thèse de Doctorat, l'Université européenne de Bretagne, 2013
- [6] C. Balanis, *Antenna theory, analysis and design* 2nd edition, 1997.
- [7] W. L. Stutzman et G. A. Thiele, *Antenna theory and design*, 1981.
- [8] [http://prn1.univ-lemans.fr/AccesLibre/PRN/res\\_nlp/NLP\\_C\\_M01\\_G02/res/Fig\\_06.png](http://prn1.univ-lemans.fr/AccesLibre/PRN/res_nlp/NLP_C_M01_G02/res/Fig_06.png). - juin 2019
- [9] <https://www.commsmea.com/15067-comba-telecom-launches-4g-lte-base-station-antennas> \_juin 2019
- [10] Laure FREYTAG, « Conception, réalisation et caractérisation d'antennes pour stations de base des réseaux de télécommunication sans fil », Thèse de Doctorat, L'UNIVERSITE DE LIMOGES, 2004.
- [11] Gilang wijanarko, *Huawei DBS3900 Commissioning Procedure Huawei DBS3900 Commissioning Procedure*, 2019.
- [12] Charge des batteries d'accumulateurs au plomb, Prévention du risque explosion, AIDE-MEMOIRE TECHNIQUE, institut national de recherche et sécurité, 2018.
- [13] Georges RODRIGUEZ, « *Introduction aux réseaux cellulaires : Techniques d'accès et de partage de la ressource radio* ». Systèmes de Télécommunication Cycle d'harmonisation 2AAST, TEL-COM202, 2011/2012.

- [14] *Christian COUDRE, TPM Attitude « La performance, une passion », 2011.*
- [15] Georges RODRIGUEZ, « Introduction aux réseaux cellulaires : Techniques d'accès et de partage de la ressource radio ». Systèmes de Télécommunication Cycle d'harmonisation 2A AST, TEL-COM202, 2011/2012.
- [16] UMTS forum, « Recognising the promise of mobile broadband », UMTS Manuel, Juillet 2019.
- [17] [http://madarevues.recherches.gov.mg/IMG/pdf/Art\\_no07\\_2016\\_vol\\_2\\_pp\\_53-70\\_Analyse\\_crypto-mobile\\_specifie\\_par\\_la\\_norme\\_3GPP.pdf](http://madarevues.recherches.gov.mg/IMG/pdf/Art_no07_2016_vol_2_pp_53-70_Analyse_crypto-mobile_specifie_par_la_norme_3GPP.pdf) -septembre 2019
- [18] [https://www.orange.com/sirius/reseau/cartes\\_reseaux/carte.html#carte23](https://www.orange.com/sirius/reseau/cartes_reseaux/carte.html#carte23)-septembre 2019
- [19] <http://telecom4eng.blogspot.com/2016/06/bbu-rru.html> -septembre 2019