



HAL
open science

Développement d'un service applicatif télécom dans l'environnement réseau TETRA

Aymard Ngo Dibakala

► **To cite this version:**

Aymard Ngo Dibakala. Développement d'un service applicatif télécom dans l'environnement réseau TETRA. Informatique [cs]. 2012. dumas-01113727

HAL Id: dumas-01113727

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-01113727>

Submitted on 6 Feb 2015

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

CONSERVATOIRE NATIONAL DES ARTS ET METIERS
CENTRE D'ENSEIGNEMENT CNAM DE LA DEFENSE

MEMOIRE

Présenté en vue d'obtenir

Le diplôme D'INGENIEUR C.N.A.M

En

INFORMATIQUE

Par

AYMARD NGO DIBAKALA

Développement d'un service applicatif télécom dans l'environnement réseau TETRA

Soutenu le 31 janvier 2012

JURY

PRESIDENT: Philippe RIGAUX

MEMBRES : Hubert KADIMA
: Francis LESEL
: Yves DESPOIS

Aymard NGO DIBAKALA – Développement d’un service applicatif télécom dans l’environnement réseau TETRA de la RATP

Mémoire d’Ingénieur C.N.A.M Courbevoie – La Défense, 2012

Ce mémoire s’inscrit dans le cadre général d’une mission d’assistance à maîtrise d’œuvre à l’ingénierie télécom et système à la RATP dont le but est de développer un service applicatif télécom basé sur le standard TETRA. L’analyse, la conception, la mise en œuvre et la réalisation des éléments d’architecture technique du cœur de réseau sont faites à travers différentes vues caractérisant le futur service à développer.

Dans ce contexte un vaste plan de renouvellement de l’infrastructure de radiocommunication a été mis en œuvre afin de mettre en place un réseau fédérateur basé sur le standard TETRA qui s’articule autour de trois axes complémentaires dont : le développement et le déploiement d’une infrastructure TETRA en surface et en souterrain, le développement des applications poste opérateur, poste embarqué et le développement d’un service de radiocommunication dénommé *Radio Espace métro*

D’un point de vue de l’ingénierie télécom, dans ce mémoire, nous nous focalisons sur l’élaboration et la construction détaillée des composants du cœur de réseau avec l’ensemble des applications essentielles au développement du service avenir. Nous présentons les objectifs globaux du système avec les améliorations nécessaires, tout en présentant l’ensemble des fonctionnalités requises, les interfaces y compris différents diagrammes *UML* nécessaires à la construction du service télécom souhaité.

Mots- clés

Cœur de réseau TETRA, Protocole et Services TETRA

Remerciements

En préambule à ce mémoire, je souhaite adresser mes remerciements les plus sincères aux personnes qui m'ont apportées leur aide et qui ont contribué à l'élaboration de ce mémoire ainsi qu'à son aboutissement.

Je tiens à remercier Mr **Philippe RIGAUX** Professeur des universités au CNAM d'avoir accepté de présider ce jury de soutenance.

Je remercie sincèrement Mr **Francis LESEL** qui en tant que responsable de l'unité locale « Ingénierie et Expertise Radio », s'est toujours montré à l'écoute et est resté très disponible tout au long de la réalisation de ce mémoire, et sans qui ce mémoire n'aurait pas pu aboutir.

Je remercie Mr **Hubert KADIMA** en tant que directeur de ce mémoire qui a pris beaucoup de son temps pour me recadrer chaque fois que c'était nécessaire car sans sa vision ce projet ne serait sans doute pas terminé.

Je remercie Mr **Yves DESPOIS**, pour sa disponibilité et surtout pour avoir accepté d'être membre du jury pour cette soutenance.

Mes remerciements s'adressent également à **Isabelle BASSIK**, pour sa générosité et la grande patience dont il a su faire preuve malgré ses charges de travail.

J'exprime ma gratitude à tous les membres de l'équipe Ingénierie Système Radio de la RATP qui ont presque toujours acceptés de répondre à mes questions avec gentillesse notamment **Nicolas KADI**.

Je dédie ce mémoire à mon père **Ferdinand NGO**, ma mère **Simone MAVOUNGOU**, ma femme **Michelle GANGOUO**, mes enfants **Stella, Jonathan, Jessica**, en mémoire de mon grand père **Valentin MAVOUNGOU** décédé en décembre dernier et ainsi qu'au reste de ma famille pour m'avoir soutenu.

Abréviations :

AACH : *Access Assignment channel* (canal est utilisé dans le sens descendant)

ACCH: *Associated Control Channel*

ACEL AP : *Algebraic Code-Excited Linear Prediction* (codeur décodeur de voix)

Advance Link : Mode avancé

AI : Interface Air

AL : *Advanced Link* (procédure de transmission avancée niveau 2)

ARCEP : Autorité de Régulation des communications Electroniques et des Poste

ASCCH : *Associated Control Channel* (canal signalisation en extension du MCCH)

ASK: *Amplitude Shift keying* (modulation d'amplitude)

BBK: *Broadcast Block*

BCCH : *Braodcast Control Channel* (canaux diffusion d'informations générales)

BL : *Basic Link* (Procédure de transmission de base niveau 2)

BNCH : *Broadcast Network Channel* (Canal de Diffusion des Données Réseau)

BS: *Base Station* (Station de Base)

BSC : *Base Station Controller* (contrôleur de station de base)

BSCH: *Broadcast Synchronization Channel*

CCH: *Control Channel*

CDD : Configuration and Data Distribution server (système de gestion et de collecte des informations sur le réseau)

CDR : Cœur de Réseau

CL : Centre de Liaison

CLCH : *Common Linearization Channel* (Canal de linéarisation commun)

CMCE : *Circuit Mode Control Entity* (unité de gestion des échanges en mode circuit)

C-Plane: *Common Plane* (jonction de signalisation commune par opposition à U-Plane)

CSA : Contrôle Sécurité Assistance

D-call proceeding: (réponse d'acquiescement)

DGNA : Dynamic Group Number Assignment

DMO: *Direct Mode Operation* (Interface mode direct)

DWS : Dispatcher Workstation (système de gestion et de contrôle d'abonnés)

DXT: Digital Exchange for TETRA (Commutateur)

ECCH: *Extended Control Channel*

ETSI: *European Telecommunications Standard Institute*

FACCH: *Fast Associated Control Channel*

FNAP : Point d'Accès Réseau Fixe
FNAP: *Fixed Network Access Point* (Point d'Accès Réseau Fixe)
ISI : *Inter System Interface* (Interface Inter Système)
IST : Infrastructure et Service de Télécommunication
LA : Location Area (Zone de couverture d'un domaine TETRA)
LA : Location Area (Zone de couverture d'un domaine TETRA)
LLC : Logical Link Channel (unité de gestion et d'association des échanges)
LLC : *Logical Link Channel* (unité de gestion et d'association des échanges)
LS : *Line Station*
MAC : *Medium Access Control* (contrôle des accès intermédiaire)
MCC : *Mobile Country Code* (numéro du pays, Code pays)
MCCH: *Main Control Channel* (canal de signalisation principal)
MLE: *Mobile Link Entity*
MNAP: *Mobile Network Access Point* (Point d'Accès Réseau Mobile)
MNC : *Mobile Network Code* (numéro ou code réseau)
MNI : *Mobile Network Identity*
MS : *Mobile Station* (Terminal mobile -Portatif)
MTU: *Mobile Terminating Unit*
NetAct : système de gestion et de supervision de l'ensemble des éléments du réseau.
NUB : *Normal Uplink Burst*
OB : Bloc Opérationnel
OCL : Opérateur de centre de liaison
P2R : Projet Réseau Radio
PAMR : *Public Access Mobile Radiocommunications*
PAP : Poste Autonome Portatif
PDO : Optimisation des paquets de données
PEI : *Peripheral Equipment Interface* (interface sur un équipement périphérique)
PMR : *Private Mobile Radiocommunications*
PO : Poste Opérateur
PTT : Touche d'Alternat
RC Métro : Radio Conducteur Métro
RE Métro : Radio Espace Métro
SACCH: *Slow Associated Control Channel*
SAP : *Service Access Point* (jonction - donne accès à un service)

SCCH : *Secondary Control Channel* (canal de signalisation secondaire)

SCH : *Signaling Channel* (canal de signalisation)

SCH/F: *Signaling Channel, full size* (canal de signalisation bidirectionnel)

SCH/HD: *Signaling Channel, half size Downlink* (canal de signalisation descendant)

SCH/HU canal de signalisation montant

SF: *Slot Flag*

SG : Serveur de Gestion

SL : Serveur de Localisation

SSI : *Short Subscriber Identity* (numérotation TETRA abrégée d'un terminal)

STCH : *Stealing Channel* (Canal de signalisation superposé à une communication)

SW : *Switch* (Commutateur, nœud d'un réseau ou d'un sous réseau TETRA)

SWMI : *Switching and Management Infrastructure*

TBS : Station de Base TETRA

TCH: *Traffic Channel* (canal de trafic)

TCM : *Trellis Coded Modulation*

TCS : Serveur de Connexion TETRA

TDMA: *Time Division Multiple Access*

TEI : Interface d'exploitation des terminaux

TETRA: *Terrestrial Trunked Radio*

Time Slot (IT) : intervalles de temps

TL: TETRA LLC

TL: TETRA LLC

TLA-SAP: TETRA LLC Service Access Point A

TLB-SAP: TETRA LLC Service Access Point B

TLC-SAP : TETRA LLC Service Access Point C

TLE-SAP: TETRA LLC Service Access Point E

TLE-SAP: TETRA LLC Service Access Point E

TM: TETRA MAC

TMA-SAP: TETRA MAC Service Access Point A

TMB-SAP: TETRA MAC Service Access Point B

TMC-SAP: TETRA MAC Service Access Point C

TMD-SAP: TETRA MAC Service Access Point D

TMV-SAP TETRA MAC Virtual SAP

TN: Timeslot Number

TNCC-SAP: TETRA Network layer Call Control - Service Access Point

TNMM: TETRA Network Mobility Management

TNSDS-SAP: TETRA Network layer Short Data Service - Service Access Point

TNSS-SAP: TETRA Network layer Supplementary Services - Service Access Point

TP : *Trafic Physique Channel*

TP_SAP : l'interface physique qui est un peu la jonction binaire

TPC_SAP : l'interface physique qui est la jonction de contrôle (fréquence, puissance)

TPTI: Transmitting Party Type Identifier

TP-UD: Transfer Protocol - User Data (in GSM)

TS: Time Sharing

TSI : *Tetra Subscriber Identity* (adresse d'un abonné vu de l'extérieur du réseau)

UCS-2: Universal Character Set coded in 2 octets

UDH: User Data Header

UDP: User Datagram Protocol

UL: Uplink

U-MST: Uplink Multiple Slot Transmission

UMTS: Universal Mobile Telecommunications System

UP: Unallocated Physical channel

U-Plane: *User Plane* (jonction de trafic en mode circuit phonie ou données)

Uplink : sens montant liaison mobile vers infrastructure

U-SAP : User Service Access Point

U-Setup : message demande d'accès

USS: Uplink sync Sequence Set

USSI: Unexchanged Short Subscriber Identity

V+D: Voice plus Data

WAP : Wireless Application Protocol

TABLE DES MATIERES

REMERCIEMENTS	3
ABREVIATIONS :	4
TABLE DES MATIERES	8
INTRODUCTION GENERALE	10
OBJECTIF DU MEMOIRE :	10
CONTEXTE ORGANISATIONNEL DE L'UNITE P2R	14
MON ROLE DANS LE PROJET :	15
ORGANISATION DU MEMOIRE	16
CHAPITRE 1	18
ARCHITECTURE TECHNIQUE DU RESEAU RADIO DE LA RATP	18
1.1 COMPOSANTS DE L'ARCHITECTURE TECHNIQUE DU RESEAU TETRA DE LA RATP	18
1.2 AXES D'AMELIORATIONS TECHNIQUES	28
1.2.1 LES OBJECTIFS GLOBAUX A ATTEINDRE	28
1.2.2 LES AXES D'AMELIORATIONS TECHNIQUES DU SERVICE RADIO	31
CHAPITRE 2	35
PROTOCOLES ET SERVICES TETRA	35
2.1 GENERALITES SUR LE TETRA	35
2.2 TYPES D'INTERFACES TETRA	37
2.3 LES SERVICES DE TELECOMMUNICATION OFFERTS	38
2.3.1 <i>Les services de transport</i>	39
2.3.2 <i>Services de communications téléphoniques</i>	39
2.3.3 <i>Services supplémentaires</i>	40
2.4 ARCHITECTURE DE LA PILE DES PROTOCOLES TETRA	41
2.5 BASE DE DONNEES ET CANAUX DE COMMUNICATION TETRA	43
2.5.1 <i>Contenu de la base de données TETRA</i>	43
2.5.2 <i>Caractéristiques des canaux de communication</i>	44
2.6 PROCEDURE DE GESTION DES APPELS	48
2.5.1 <i>Mise en œuvre du codec ACELP</i>	50
2.5.2 <i>Gestion des liens radio entre Mobile et Infrastructure</i>	50
2.5.3 <i>La gestion des mobiles visiteurs et étrangers</i>	51
2.7 ADRESSAGE ET NUMEROTATION	53
2.7.1 <i>Adressage général TETRA (TSI)</i>	53
CHAPITRE 3	57
DESCRIPTION FONCTIONNELLE DU SERVICE RADIO ESPACE METRO	57
3.1 MODELES DU SERVICE RADIO ESPACE METRO	57
3.1.1 DIAGRAMME DE CONTEXTE DE L'INFRASTRUCTURE TETRA.....	57
3.1.2 LES FONCTIONS DE COMMUNICATION DU SERVICE RADIO ESPACE METRO	58
3.1.2.1 <i>Les appels de groupe</i>	60
3.1.2.2 <i>Les appels Individuels</i>	63
3.1.2.3 <i>Les appels d'Urgence</i>	63
3.1.2.4 <i>L'enregistrement</i>	64
3.1.2.5 <i>La localisation</i>	64
3.1.6 <i>La journalisation</i>	65
3.1.7 <i>La gestion des zones de couverture</i>	66

3.2	PROFILS DES UTILISATEURS DES SERVICES	67
3.3	MODELES DE CONCEPTION DU SYSTEME RADIO ESPACE METRO	70
3.3.1	<i>Diagramme de cas d'utilisation</i>	70
3.3.2	<i>Diagramme de séquence système</i>	71
3.3.3	<i>Diagramme d'activités</i>	74
3.3.4	<i>Liste des données essentielles</i>	76
CHAPITRE 4	79
IMPLEMENTATION DES SERVICES DU SYSTEME RADIO ESPACE METRO	79
4.1	ACTIVITES D'INGENIERIE DE SERVICES TELECOM.....	79
4.2	INTEGRATION DU SERVICE RADIO DANS L'INFRASTRUCTURE TETRA.....	81
4.2.1	<i>L'intégration au niveau DXT</i>	83
4.2.2	<i>Intégration au niveau DWS (Dispatcher Workstation)</i>	90
4.2.3	<i>Intégration au niveau du serveur de gestion</i>	94
4.2.4	<i>Intégration des applications de supervision</i>	98
CONCLUSION	103
ABREVIATIONS :	105
BIBLIOGRAPHIES ET REFERENCES:	109
TABLE DES ILLUSTRATIONS	111

Introduction générale

L'évolution croissante des besoins de radiocommunication en termes de voix et de transmission de données a conduit progressivement à une transition des réseaux analogiques vers des réseaux numériques.

De nos jours, une multitude de réseaux de radiocommunications mobiles coexistent et permettent de proposer aux utilisateurs, différentes applications avec des niveaux de qualité de service radio différents en fonction du lieu où ils se trouvent et de la mobilité qu'ils ont. Dans ce contexte, l'interopérabilité entre ces différents réseaux d'accès radio doit permettre d'offrir aux utilisateurs les différents services demandés dans les meilleures conditions possibles, quelque soit l'environnement dans lequel ils se trouvent.

Dans le but d'harmoniser les moyens de télécommunications en Europe l'**ETSI**¹ a développé un standard de radiocommunication numérique bidirectionnel appelé TETRA. **[ETSI 1]**

Objectif du mémoire :

Ce mémoire présente les différents travaux du Projet Radio Espace Métro auxquels j'ai participé à la RATP. Cela a consisté de ma part essentiellement à développer un service radio basé sur le standard TETRA. **[ETSI 2]**

Avant l'arrivée du système TETRA, l'ensemble des services de radiocommunication à la RATP fonctionnait sur plusieurs systèmes analogiques (**3RP**², **UIC**³, **THF**⁴...) et au fil de l'eau ces différents systèmes ont engendré de nombreux dysfonctionnements parmi lesquels on peut citer :

- Des problèmes de coupures de communications.
- Des problèmes liés à la fiabilité de la localisation lors des appels d'urgence.
- Des problèmes d'attributions des groupes par **DGNA**⁵ en situation de crise.
- Des problèmes de supervision.
- Des problèmes de qualité de service radio.
- Des problèmes de gestion des alarmes radio.
- Des problèmes de coûts liés à l'exploitation des fréquences radio.
- Des problèmes de maintenance ...

¹ **ETSI** : l'Institut Européen des Normes de Télécommunication

² **3RP** : Réseau Radioélectrique à Ressources Partagées

³ **UIC** : Union Internationale de Chemin de fer

⁴ **THF** : Téléphonie Haute Fréquence

⁵ **DGNA** : Attribution de Numéro de Groupes Dynamiques

Suite aux nombreux dysfonctionnements sur le fonctionnement de son système de radiocommunication, la RATP a démarré depuis quelques années un vaste plan de renouvellement de l'ensemble de ses réseaux **PMR**⁶ analogiques existants. Ce plan consiste à mettre en place un réseau numérique fédérateur de norme TETRA, qui s'articule autour de trois axes complémentaires :

- Le déploiement d'une infrastructure radio **TETRA**⁷ en souterrain et en surface.
- La réalisation et le déploiement des applications Postes Opérateurs et Postes Embarqués.
- Le développement des services radio sur l'étendue du RER, du Métro, des Bus et pour le personnel affecté à la sécurité de la RATP.

Le projet *Radio Espace Métro* sur lequel porte ce mémoire a pour objectif le développement et le déploiement d'un service radio spécifique basé sur le standard TETRA. La notion de service radio tout au long de ce mémoire sera vue essentiellement selon trois points de vue complémentaires à savoir : métier, radiocommunication et architecture en couches.

D'un point de vue métier, le service radio peut être vu comme étant une unité de communication sous forme de blocs opérationnels (**OB**⁸). Pour pouvoir communiquer, il faut appartenir à un bloc de communication, c'est-à-dire à une entité de communication arborescente dépendant d'une hiérarchie bien définie et structurée en branches de communications. Le but de la structuration en blocs opérationnels est d'éviter la congestion du réseau de communication radio. Parmi les différents blocs opérationnels actuels on distingue :

- Le bloc *Radio Conducteur Métro* : bloc opérationnel dédié à la communication des conducteurs du Métro.
- Le bloc *Radio Conducteur RER* : bloc opérationnel dédié à la communication des conducteurs du RER.
- Le bloc *Radio Espace Métro* : bloc opérationnel dédié à la communication des agents travaillant dans l'étendue des espaces du Métro.
- Le *Bloc SEC* : bloc opérationnel dédié à la communication des équipes chargées de la sécurité dans l'étendue des espaces de la RATP.

⁶ **PMR** : *Professional Mobile Radio*

⁷ **TETRA** : *Terrestrial Trunked Radio*

⁸ **OB** : Bloc Opérationnel

D'un point de vue radiocommunication, la notion de service radio est vue comme étant un ensemble de services radio fournissant les fonctionnalités suivantes :

- La fonction de transport : pour le transport d'informations.
- La fonction phonie : pour le transport de la voix et données.
- Les services supplémentaires : à caractère secours et sécurité comme, l'appel de priorité préemptif, attribution d'un numéro de groupe dynamique, l'entrée tardive de zone etc.

D'un point de vue architectural, la notion de service radio est considérée comme étant une description abstraite des fonctionnalités à l'aide des primitives telle qu'une demande de connexion ou une réception de données dans le cadre d'une architecture en couches définie dans les spécifications du standard TETRA.

Le service radio développé dans sa globalité doit pouvoir couvrir l'ensemble des communications radio sur l'étendue des espaces du Métro, en souterrain comme en surface. Les espaces du métro englobent deux grandes caractéristiques notamment:

Les espaces qui englobent la gestion des équipements, des lieux et la sécurité :

- La gestion des équipements et des lieux permettent aux clients de voyager dans un espace agréable, propre et sûr, et surtout de bénéficier de toutes les installations des stations c'est-à-dire automates, escaliers mécaniques, téléaffichages et autres.
- La sécurité permet aux agents de veiller à la sécurité physique des clients afin qu'ils voyagent sans risque en vérifiant l'état des stations et ses équipements.
- La maîtrise du territoire pour l'application et le respect des règles du savoir voyager, le contrôle des titres de transport et la lutte contre la fraude.

Les services rendus par les agents :

- L'accueil et l'information : permettent d'apporter des solutions aux demandes des voyageurs et aussi de faciliter leurs déplacements.

- La vente, l'assistance à la vente et le service après vente : permettent aux agents de conseiller les voyageurs sur le choix des titres de transport et les assistent pour utiliser les automates en fonction de leurs besoins.

Planning du projet radio espace métro

Ce planning couvre l'ensemble des étapes et tâches à réaliser tout au long de ce projet.

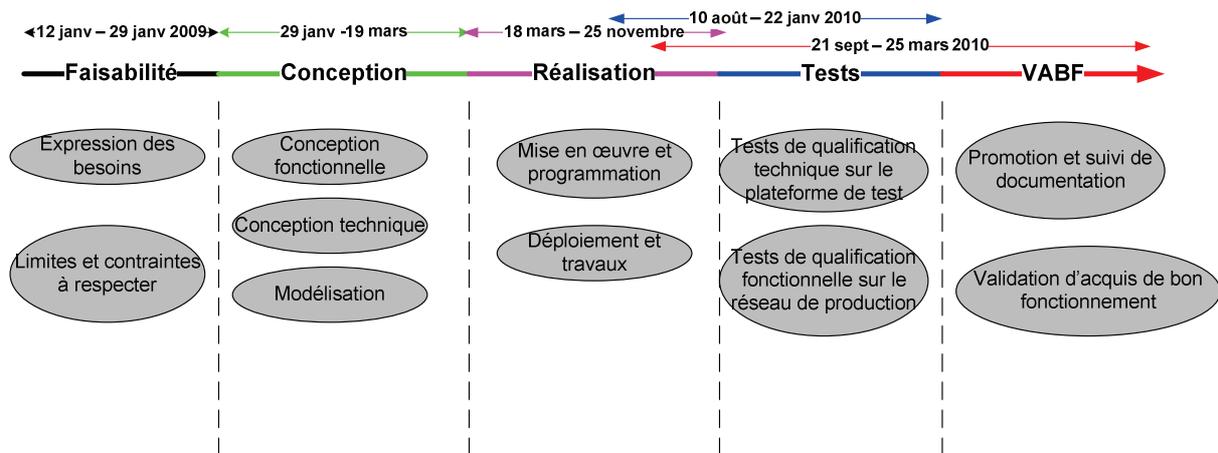


Figure 1: Planning du projet Radio Espace Métro

La faisabilité englobe entre autre comme tâche l'expression des besoins et la définition des limites et contraintes à respecter.

La phase de conception dans ce projet prend en compte la conception générale et détaillée du système, la modélisation UML et aussi la description détaillée des fonctions de communications souhaitées.

La phase de réalisation est axée sur la conception du service radio espace métro et les applications sur le réseau de plateforme avant sa mise production mais aussi sur la supervision des différents travaux sur l'ensemble du réseau TETRA. L'ensemble des tests concerne les tests de qualifications techniques et fonctionnelles.

Contexte organisationnel de l'unité P2R

L'unité P2R (Projet Réseau Radio) est affiliée à l'unité IST (Infrastructure et Service de Télécommunication) ; cette unité est composée de six équipes comme présentées sur la figure 2 ci-dessous.

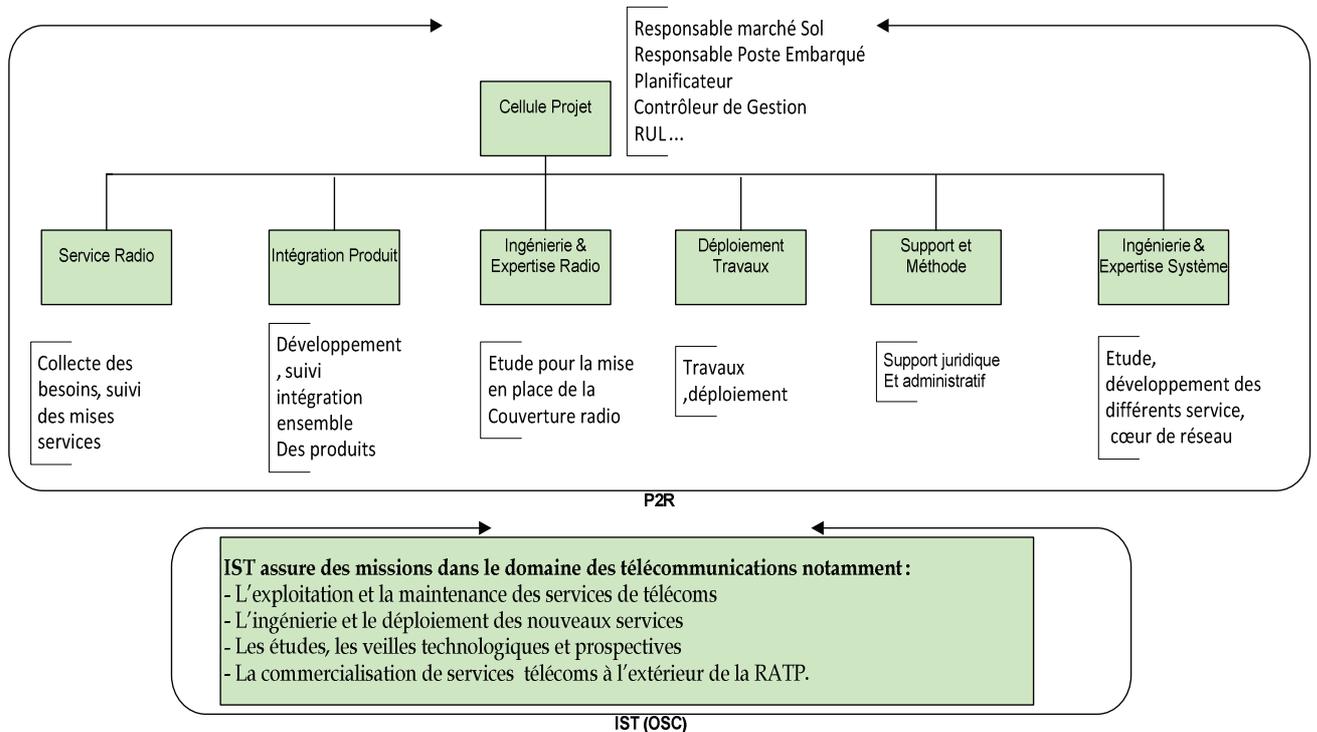


Figure 2 : Présentation de l'unité P2R (Projet réseau Radio)

L'unité P2R (Projet Réseau radio) dont je fais partie est composée de six équipes parmi lesquelles on distingue :

- L'équipe Service Radio qui est chargée de la collecte des besoins, des suivis de mises en service et de la formation pour l'ensemble des services radio.
- L'équipe Ingénierie et Expertise Radio qui est chargée des études pour la mise en place de la couverture radio.
- L'équipe Intégration Produit qui est chargée du développement, du suivi et de l'intégration de l'ensemble des produits.

- L'équipe Déploiement-Travaux qui est chargée des déploiements nécessaires à la mise en place du réseau et services radio.
- L'équipe Ingénierie et Expertise Système qui est chargée de la définition et de la gestion du cœur de réseau, ainsi que de la spécification des paramétrages des terminaux portatifs, mobiles, postes opérateurs et postes embarqués. Elle travaille de manière transverse avec toutes les autres équipes.
- L'équipe Support et Méthode qui est chargée des tâches administratives et juridiques.
- La cellule Projets est composée du responsable des marchés sols, du responsable des marchés postes embarqués, d'un planificateur, d'un contrôleur de gestion projet et d'un acheteur.

Mon rôle dans le projet :

Ce mémoire est réalisé au sein de la RATP dans l'unité **IST**⁹ qui est chargée de concevoir, d'exploiter et de maintenir en conditions opérationnelles les systèmes et réseaux de télécommunications dans les domaines radio et filaire.

IST assure des missions dans le domaine des télécommunications notamment :

- L'exploitation et la maintenance des services télécoms.
- L'ingénierie et le déploiement des nouveaux services.
- Les études, la veille technologique et les prospections.
- La commercialisation de services télécoms à l'extérieur de la RATP.

Ma participation dans ce projet fait suite à une mission d'assistance maîtrise d'œuvre à l'ingénierie télécom et système. J'ai participé au sein d'un groupe qui a développé le projet *Radio Espace Métro* dans lequel j'ai travaillé de manière transverse avec différentes équipes de l'unité **P2R**¹⁰.

⁹ **IST** : Infrastructure et Service de Télécommunication

¹⁰ **P2R** : Projet Réseau Radio

Mon apport s'est porté sur plusieurs axes de développement parmi lesquels on peut noter comme activités techniques essentielles :

- L'élaboration des spécifications fonctionnelles et détaillées.
- La conception des blocs opérationnels sur l'application **DWS**¹¹.
- La création du service radio sur l'infrastructure TETRA (**DXT**¹², **TBS**¹³).
- La mise en œuvre du service radio sur le serveur de gestion et de localisation.
- L'implémentation, la configuration et le paramétrage du service radio à développer.
- L'intégration du service radio sur les applications de supervision.
- La réalisation des tests de qualifications fonctionnelles.
- Le déploiement du service radio « Radio Espace Métro » sur l'ensemble des lignes du Métro.
- La réalisation des tests d'intégrations et de validations des acquis de bon fonctionnement.
- Le passage à la maintenance du service radio déployé et la réalisation des PV de recettes.

Organisation du mémoire

Ce mémoire est composé de quatre chapitres notamment:

- **Le premier chapitre** est consacré à la présentation de l'ensemble des problèmes techniques auxquels nous devons apporter des réponses. Nous traçons aussi dans ce chapitre les grandes lignes des axes d'améliorations à apporter dans le réseau de radiocommunication TETRA de la RATP.
- **Le deuxième chapitre** commence par un aperçu de l'état de l'art du standard TETRA, tout en mettant un accent particulier sur l'ensemble des composants de l'architecture, ensuite nous présentons l'architecture technique TETRA de la RATP en décrivant l'ensemble des services offerts, les types d'interfaces exploitées, une présentation détaillée sur le cœur du réseau TETRA, une description des procédures de gestion des appels et pour terminer par une vue d'ensemble sur le plan de numérotation et d'adressage retenu.

¹¹ **DWS** : *Dispatcher WorkStation*

¹² **DXT** : *Digital Exchange for TETRA*

¹³ **TBS** : *Station Base TETRA*

- **Le troisième chapitre** décrit l'aspect modélisation du service radio à développer et les fonctions de communication souhaitées. Plusieurs diagrammes UML décrivent l'ensemble des fonctionnalités requises, notamment ; le diagramme de contexte, le diagramme des cas d'utilisation, le diagramme de séquence, le diagramme d'activités, le diagramme d'état-transition et nous le terminons par une description des principales fonctionnalités de communication requises.
- **Le quatrième chapitre** présente la démarche d'implémentation de services radio retenu, des aspects de la supervision tout en faisant un aperçu sur les outils de production et l'ensemble de processus allant de l'implémentation à la réalisation.

Chapitre 1

Architecture technique du réseau radio de la RATP

Ce chapitre présente l'ensemble des problèmes techniques auxquels nous devons apporter des réponses, et tracer les grandes lignes et axes d'améliorations du réseau de radiocommunication de la RATP.

1.1 Composants de l'architecture technique du réseau TETRA de la RATP

Le schéma de la figure 3 montre l'ensemble des éléments du cœur de réseau TETRA de la RATP et les applications qui gravitent autour.

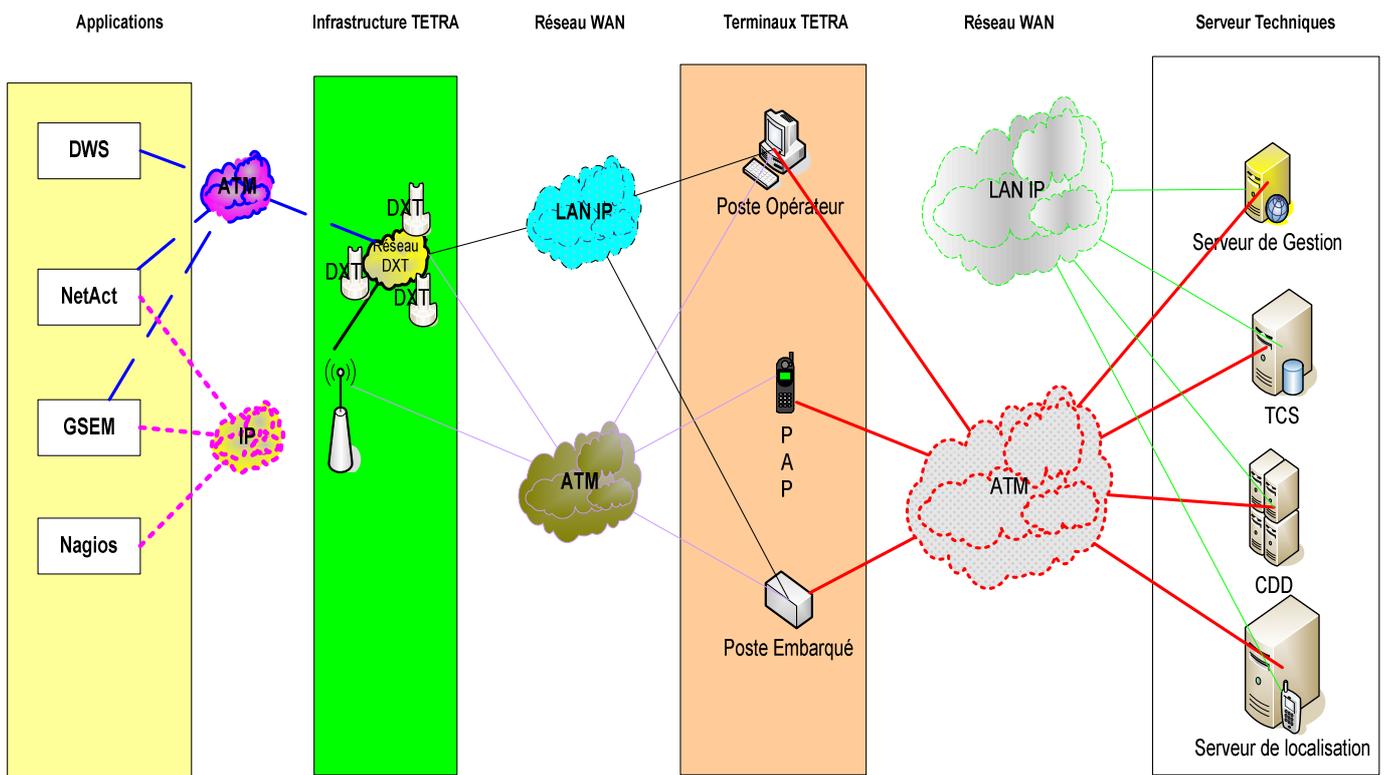


Figure 3 : Composants de l'architecture technique du réseau TETRA de la RATP

Le schéma d'architecture technique de la figure 3 donne un aperçu, des éléments d'infrastructure radio, les applications, les différents terminaux et les serveurs techniques [RATP1].

Ce réseau intègre particulièrement quatre catégories d'équipements notamment:

- Les équipements du réseau TETRA fournis par EADS : **TBS**¹⁴, **DXT**¹⁵, **CDD**¹⁶, DWS, terminaux et **NetAct**¹⁷.
- Les équipements spécifiques d'Alcatel : Serveurs de Gestion, Serveurs de Localisation, Passerelles de données, Passerelles de communication, Passerelles de *Provisioning*, Poste Opérateur, Poste Embarqué et GSEM
- Les équipements de réseau IP / téléphonie fixe.
- Les équipements spécifiques fournis par la RATP.

Le réseau est composé des stations de base et des commutateurs. Les stations de base (TBS) permettent aux mobiles de définir sur quelle fréquence ils doivent dialoguer avec elles. Chaque station de base TETRA définit une zone dans laquelle le mobile pourra dialoguer avec celle-ci. L'ensemble des stations de base est raccordé à un ou plusieurs commutateurs qui sont chargés de la gestion des mobiles [ETSI 1].

Le rôle du commutateur dans le réseau TETRA est de gérer et autoriser si un mobile est autorisé à être présent sur le réseau ou pas, de gérer et de mémoriser la localisation des mobiles ainsi que la possibilité de gestion de la mobilité.

Parmi les applications développées sur l'infrastructure TETRA de la RATP on distingue :

- **Le DWS** (*Dispatcher WorkStation*), qui permet la gestion et le contrôle de l'ensemble des usagers déclarés sur réseau. Il s'occupe de toutes les fonctions de gestion et d'administration liées aux communications.
- **NectAct**, est un outil de supervision du réseau radio, il permet la surveillance et la gestion des charges de trafic des stations de base TETRA, il permet aussi de remonter les alarmes radios quand il se passe des dysfonctionnements.

¹⁴ **TBS** : Station de Base TETRA

¹⁵ **DXT** : Digital Exchange for TETRA

¹⁶ **CDD**: Configuration and Data Distribution server

¹⁷ **NetAct** : Surveillance et gestion des charges de trafic des TBS

- **GSEM**, est une application de gestion des alarmes radios par le biais du LAN IP, elle permet de surveiller la mesure des performances des hôtes spécifiques déclarés sur le réseau.
- **Nagios**, est une application permettant la surveillance du système et du réseau. ; elle surveille les hôtes et les services spécifiques, alertant lorsque le système va mal et quand il va mieux.

Concernant les terminaux, on distingue :

- **Les Postes Opérateurs (PO)** qui sont des postes informatiques avec une interface audio et une IHM accessible via un écran tactile.
- **Les Postes Embarqués (PE)** sont des équipements radio, qui équipent les véhicules utilisés par les agents mobiles et les loges des trains.
- **Les PAP (Postes Autonomes Portatifs)** : sont des terminaux radio utilisés par les utilisateurs du réseau TETRA.

Au niveau des serveurs techniques, on distingue :

- **Le Serveur de Gestion**, permet de créer les postes opérateurs et les postes embarqués avec tous les éléments d'interface qui permettent de dialoguer avec différents utilisateurs sur l'étendue d'une ligne de Métro et du RER.
- **Le TCS (Serveur de Communication TETRA)** il fournit une interface permettant d'avoir accès à l'ensemble des fonctionnalités que l'on a sur le DWS (Dispatcher), et les fonctionnalités liées à la transmission de données. Ce qui permet de mettre en place un très grand nombre de services adaptés aux besoins des utilisateurs.
- **Le CDD** est un serveur de configuration et de distribution de données, il gère les requêtes des applications clientes ainsi que leurs droits. Il contient des copies des informations détenues dans les commutateurs (DXT).

Le système TETRA utilise le principe de la gestion des connexions et des ressources (*Trunking System*). Cela consiste à contrôler l'ensemble des ressources d'accès radio et à les affecter en fonction des besoins tout en gérant les priorités [ETSI 1].

C'est un système entièrement numérique où les fonctionnalités de contrôle et de supervision sont automatisées. Les liaisons entre les stations de base et les commutateurs ne sont pas définies par le standard et restent la propriété des constructeurs.

La RATP utilise le système TETRA d'EADS conforme au standard TETRA de l'ETSI avec toutes les fonctionnalités demandées et utilisées par les usagers du système **PMR¹⁸**. De plus, ce système a une structure modulaire permettant d'évoluer en fonction du type d'utilisateurs et d'organisations.

Le schéma de la figure 4 donne un aperçu du cœur de réseau TETRA de la RATP.

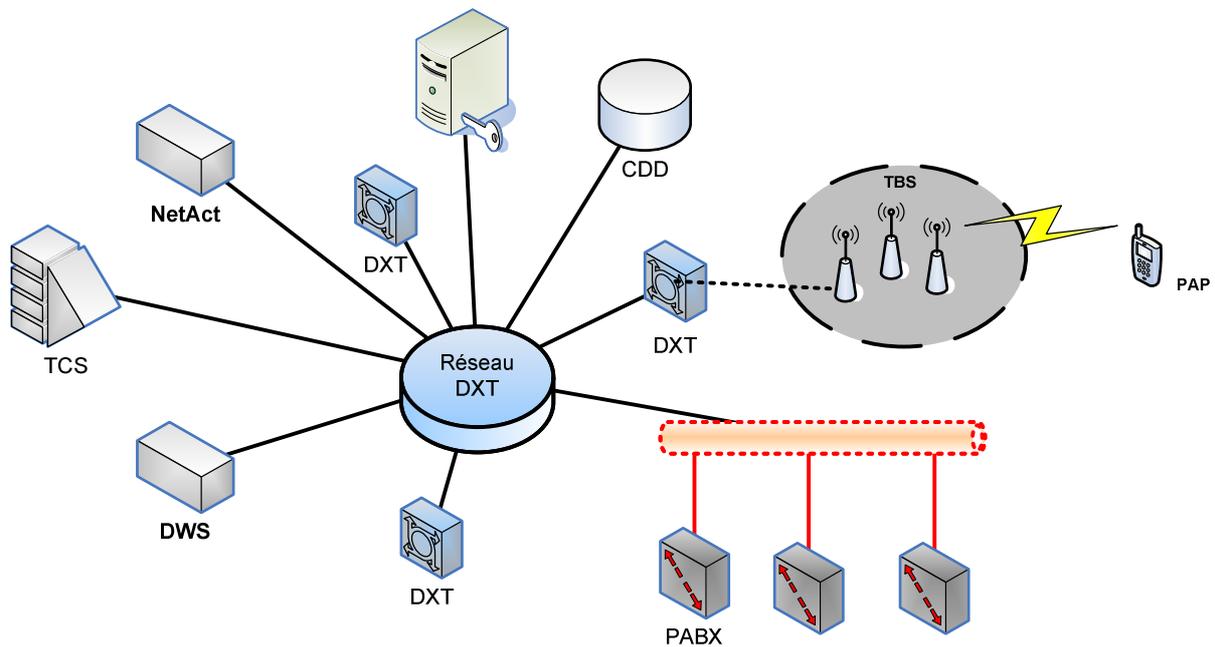


Figure 4: Architecture du cœur de réseau TETRA de la RATP

¹⁸ PMR¹⁸ : Private Mobil Radio

La structure physique tient sur un ou plusieurs DXT qui gère les stations de base (TBS) qui elles, permettent les communications avec les différents mobiles. Le DXT peut gérer 64 porteuses radio réparties sur 64 stations de base, la capacité maximum d'un DXT en nombre d'utilisateurs est de 25000. La TBS (Station de Base TETRA) est conçue pour gérer un maximum de 8 porteuses.

Pour la gestion des utilisateurs il faut au minimum un dispatcher, il est possible d'en avoir au maximum 64. Il permet la liaison avec le ou les mobiles via l'interface air et le commutateur (DXT).

Le réseau que nous comptons mettre en place sera composé de quatre DXT, et chaque DXT sera composé d'au moins 127 stations de base. La fonction d'une station de base TETRA est de convertir les informations numériques bande base en signaux radio fréquence (RF) et vice versa. La liaison entre mobile et la station de base est conforme à la norme TETRA, cela signifie que l'ensemble des informations et les types de signaux sont conformes à la norme N°300392-2[ETSI 2]. La liaison entre le commutateur et la station de base est définie par chaque constructeur et il en est propriétaire.

Le Commutateur (DXT)

Le DXT est basé sur une architecture DX200, dont les caractéristiques sont les suivantes [JOH 99]:

- Système de contrôle multiprocesseur, optimisé pour la télécommunication
- Sécurisation des unités critiques
- Modularité de la structure
- Grande capacité de trafic
- Rapidité d'établissements d'appels

Les commutateurs utilisés supportent certaines fonctions telles que:

- Fonction de contrôle d'appel
- Gestion des abonnés
- Gestion de la mobilité
- Gestion de la sécurité
- Gestion des canaux radio

- Gestion des canaux d'accès aux ressources externes
- Gestion des stations de base
- Gestion de la signalisation des TBS (station de base TETRA)
- Gestion des stations dispatcher (DWS)
- Gestion de la signalisation des stations dispatcher
- Gestion de la signalisation des réseaux téléphonique externe (PABX, RTCP)
- Gestion de la configuration et du système de maintenance
- Gestion de la signalisation avec les autres commutateurs (DXT)
- Gestion de la signalisation orientée vers les systèmes de commande et de contrôle
- Gestion des mesures statiques et les demandes de connections
- Gestion des abonnés IP
- Gestion et analyse des différents types de numérotation.

Le Dispatcher (DWS: *Dispatcher WorkStation*)

C'est un outil application multi fenêtres permettant le contrôle et la gestion des abonnés. Il permet de gérer et de contrôler l'ensemble des utilisateurs déclarés dans une station de base. Il contrôle toutes les fonctions de gestion et d'administration liées aux communications des abonnés. Les principales fonctionnalités de ce composant sont les suivantes :

- La fonction de communication
 - Réception et demandes d'appels.
 - Génère des appels individuels.
 - Emet et reçoit des appels vers les systèmes extérieurs (PABX, RTCP).
 - Gère les appels d'urgence.
 - Communication avec un ou plusieurs groupes définis.
 - Envois et reçois des messages de données.
- La fonction de contrôle
 - L'ajout et la suppression des usagers dans les groupes.
 - La création de nouveaux groupes et des groupes temporaires.
 - L'ajout de nouveaux usagers et la définition des paramètres de ceux-ci.
 - La gestion les groupes et des zones pour la mobilité.
 - La surveillance des mobiles.

Concernant son architecture système; le dispatcher qui est une station de travail dédiée, raccordée au DXT par un lien E1 2Mbits permettant de faire la gestion des abonnés et de communiquer.

Il en existe différents types en fonction du type de lien de communication utilisée est au fil de l'évolution des différents équipements exploités à la RATP, on trouve entre autre :

- DWS E1 système de 1^{ère} génération utilisant un lien 2 Mbit/s standard.
- DWS x système intégrant dans la station de travail la carte de communication 2 Mbits/s standard avec le DXT (*Xgear*).
- DWS i système intégrant dans la station de travail la carte de communication 2 Mbits/s RNIS.
- DWS système utilisant le *backbone* IP pour cela il faut avoir une licence TCS IP.

Le TCS server (Serveur de Connexion TETRA)

Le TCS permet de développer nos propres applications utilisant le système TETRA, permettant d'avoir une interface et un accès à l'ensemble des fonctionnalités liées à un dispatcher en plus des fonctionnalités liées à la transmission de données. Celui-ci permet de mettre en place un très grand nombre de services adaptés aux besoins de l'utilisateur de la RATP.

Le CDD (*Configuration and Data Distribution server*)

C'est est un serveur de configuration et de distribution de données. Il gère les requêtes des applications clientes ainsi que leurs droits. Il traite les modifications de configuration des abonnés.

Le CDD contient des copies des informations détenues dans les DXT. C'est un équipement présent dans le réseau TETRA. Il est connecté au commutateur (DXT) par *backbone* IP.

Le Serveur de Gestion

C'est un poste de travail avec une base de données MySQL. Il assure une fonction centrale à l'application destinée à gérer les communications entre différents acteurs du Métro (RC Métro), parmi ces fonctions on a **[RATP 2]**:

- La gestion de la configuration des postes opérateurs et de certaines informations réseau comme les stations de bases (TBS), les blocs d'organisations (OB)...

- La gestion d'archivages longs terme des informations d'historisation des postes opérateurs concernant tous les événements dont les communications individuelles et de groupes.

Le serveur de gestion fait l'objet de deux raccordements réseau distincts parmi lesquels on trouve :

- Le raccordement au réseau IP qui est pris en charge par une carte additionnelle supportant deux interfaces, qui ont notamment les mêmes caractéristiques IP et qui sont connectées sur des Switch distincts pour assurer la tolérance aux pannes.
- Le raccordement à l'autre serveur de gestion est pris en charge par un lien point à point, non dupliqué, géré comme un lien direct et permettant d'assurer la fiabilité et un débit adéquat indispensable pour le bon fonctionnement de l'application métier.

L'environnement logiciel comporte quatre parties notamment :

- Un logiciel Windows et ses modules optionnels : agent SNMP, Serveur Web (IIS).
- Des logiciels tiers : *Double Take* ; pour la réplication de données, MySQL ; pour gestion de bases de données, TCS ; pour l'interface avec le réseau TETRA, VNC ; pour l'accès distant.
- Des logiciels génériques Alcatel « Surveillance ».
- Des logiciels spécifiques pour le service Radio Espace Métro : application et administration Radio Espace Métro.

Le rôle des processus spécifiques étant le suivant

- Agent SNMP : interface d'accès des MIBs (dont les MIBs génériques) et gestion des traps spécifiques.
- Surveillance : qui permet l'activation et la réactivation des processus, la gestion du cluster (duplication de données, basculement « actif ou standby »).
- RCSG : qui assure les fonctions d'exploitation du serveur de gestion.
- L'administration se fait par l'interface web d'administration du serveur de gestion.

Les méthodes de communication utilisées entre processus sont:

- « .Net Remoting », méthode de communication entre applications .NET, utilisée pour les requêtes entre les processus « Surveillance », « RCSG » et l'administration.
- « Socket », méthode de communication utilisée par l'agent SNMP pour communiquer avec les autres processus.
- « SNMP » protocole de communication entre les agents SNMP et le manager distant (GSEM).

L'interface d'administration est représentée sur le schéma de la figure 5; elle est accessible à distance ou localement par le biais de l'explorateur Web du serveur de gestion) [RATP 3].

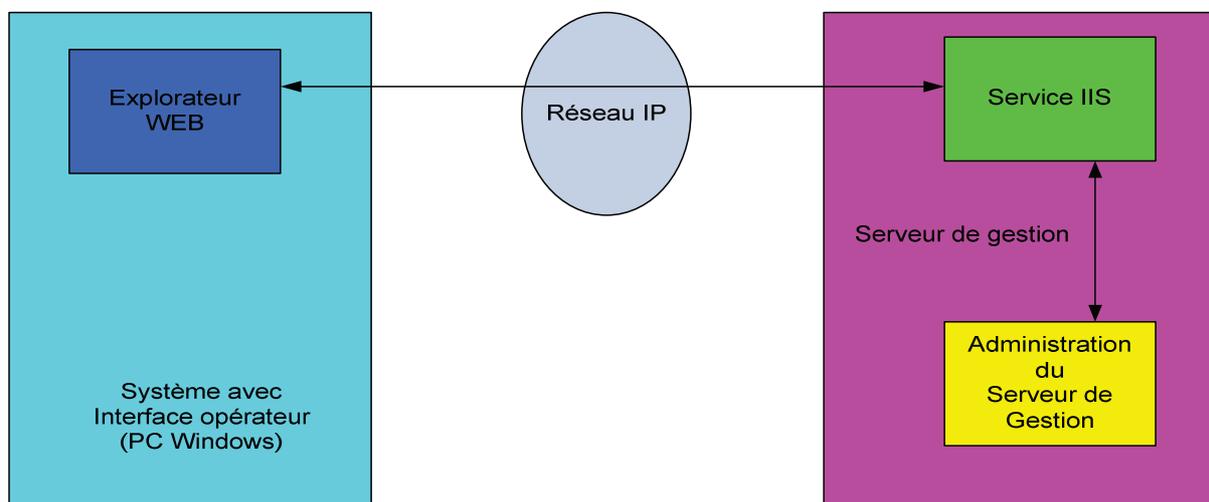


Figure 5: Interface d'administration du serveur de gestion

Le poste Opérateur

Les schémas des figures 6 et 7 décrivent les éléments d'interface d'un Poste Opérateur [RATP 2].

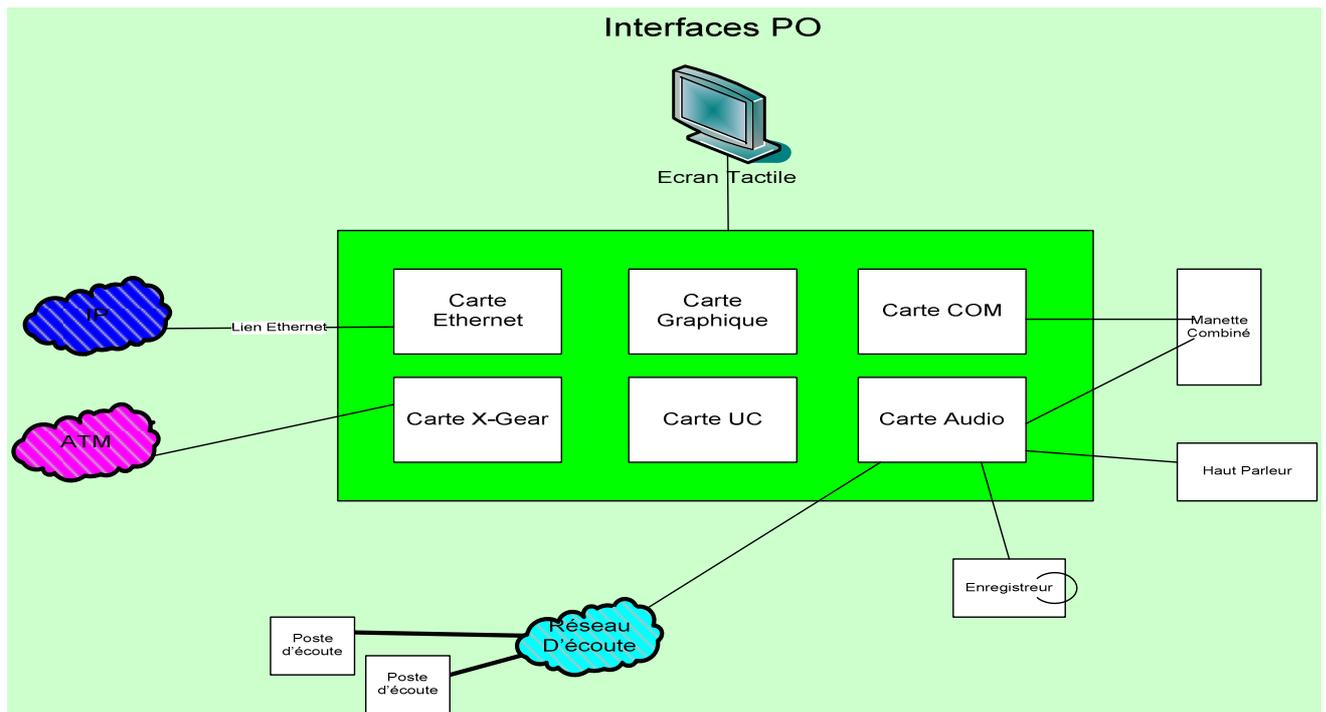


Figure 6: Interface d'un Poste Opérateur

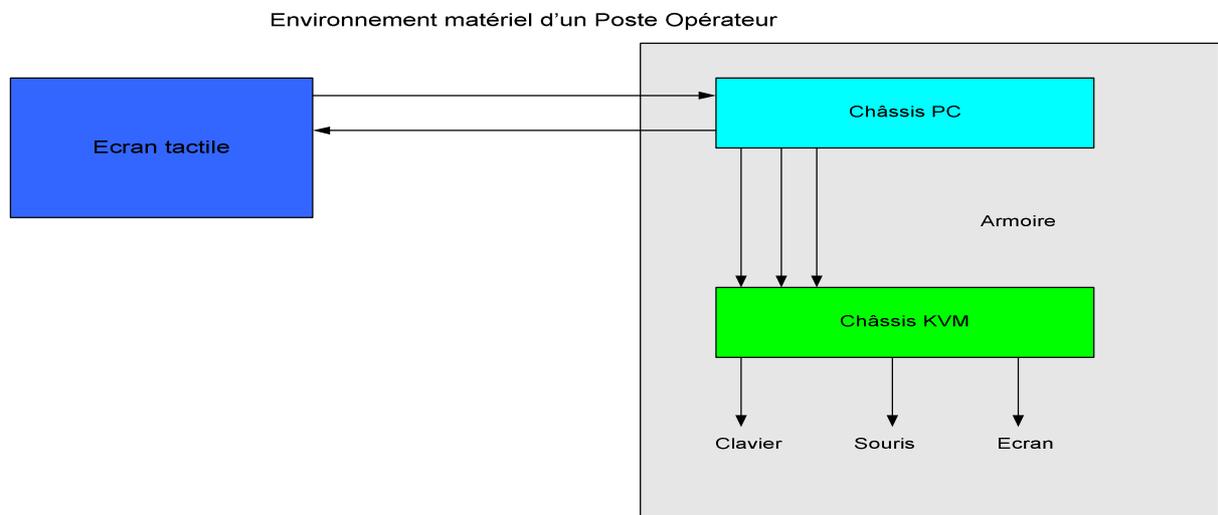


Figure 7: Environnement Matériel d'un Poste Opérateur

Le Poste Opérateur est un PC utilisé par l'opérateur du centre de liaison (CL) pour communiquer avec tous les acteurs intervenant sur l'étendue des espaces Métro.

Un PO (Poste Opérateur) est composé de :

- Ecran tactile, avec une interface de pointage en liaison série.
- Combiné avec PTT, pour entendre les communications et parle par le même canal.
- 2 hauts parleurs, il entend plusieurs communications de groupes et les alarmes sonores simultanément.
- Une carte d'interface TETRA (Xgear).
- Une connexion KVM (Vidéo/Clavier/Souris) pour les besoins de maintenance.
- Le PC est raccordé au réseau par un lien ATM pour la partie TETRA et au réseau IP pour la gestion, l'administration, la supervision etc.

Sur le poste opérateur, les communications sont automatiquement entendues dans un des deux hauts parleurs ; le chef de régulation sélectionne le groupe de communication dans lequel il souhaite parler. Il parle dans le combiné et entend cette communication sur le même combiné. Toutes les communications du chef de régulation (écoute, parole, sons) sont enregistrées.

1.2 Axes d'améliorations techniques

Afin d'atteindre les objectifs globaux et axes d'améliorations, nous avons travaillé en collaboration avec les experts d'Alcatel et EADS tout en se basant sur les indicateurs fournis par les agents de l'équipe ingénierie - expertise radio et de la plateforme de supervision concernant certains dysfonctionnements notamment; les éléments de couverture radio, les flux de messages échangés en période de pointe et en situation de crise, des indicateurs de supervision, des dysfonctionnements dans le traitement des alarmes radio, le comportement des postes opérateurs en fonction des différents profils ...

1.2.1 Les Objectifs globaux à atteindre

Pour mettre en place un service de radiocommunication fiable et efficace, plusieurs d'objectifs ont été fixés, le schéma de la figure 8 donne un aperçu sur le panel d'objectifs globaux du service radio à développer.

Objectifs globaux du service radio à développer

A.NGO

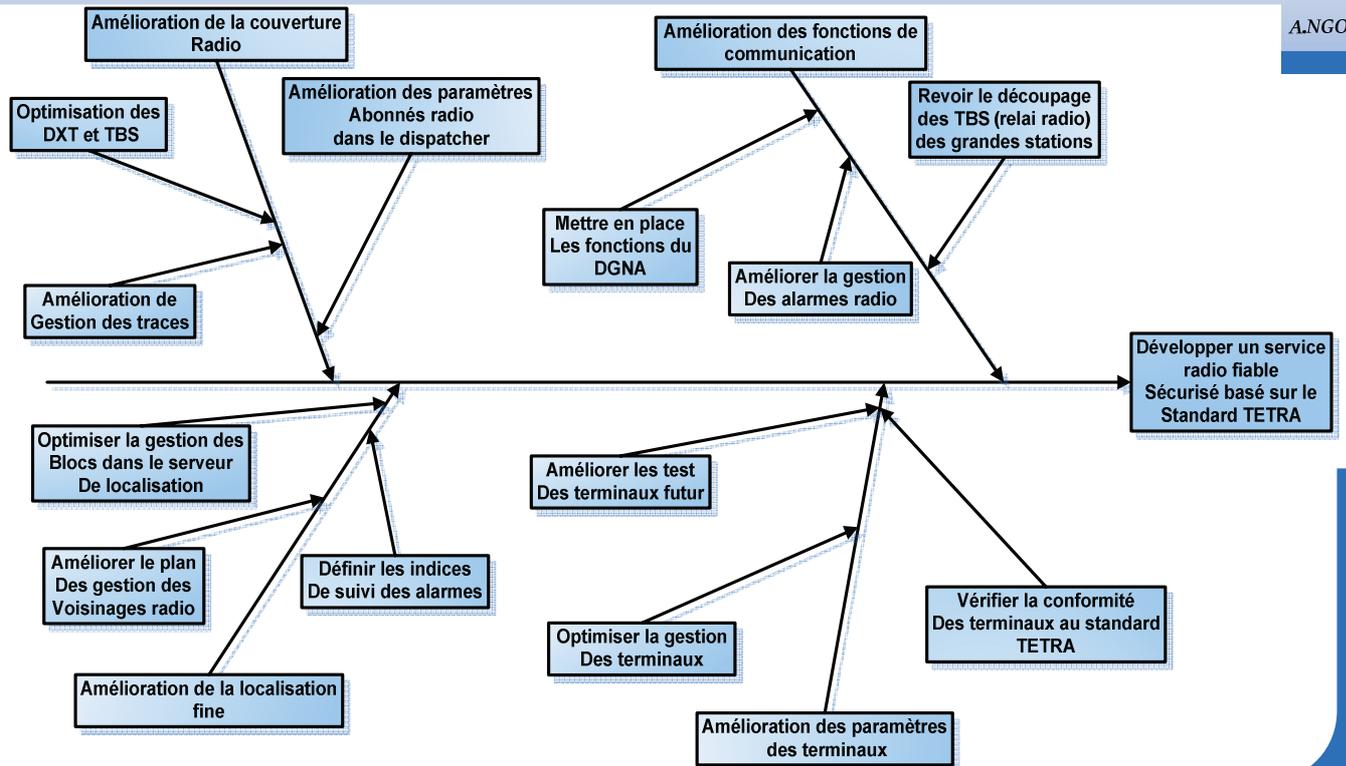


Figure 8 : Diagramme de Causes à Effets des Objectifs Globaux du système

Notes sur les objectifs globaux du service Radio Espace Métro.

Pour avoir un service radio fiable et sécurisé, ceci passe par :

- Amélioration de la couverture radio.
- Amélioration de la localisation fine.
- Amélioration des fonctions de communication.
- Amélioration des paramètres liés aux terminaux.

Amélioration la couverture Radio

L'amélioration de la couverture radio est un élément très important dans la recherche des solutions à apporter aux utilisateurs finaux ; les problèmes causés par les coupures de communication font partie d'un des éléments principaux pris en compte dans la recherche des solutions à apporter pour une couverture radio efficace.

Ce facteur représente l'un des premiers soucis dans la majeure partie de réseau de radiocommunication mobile. L'amélioration de la couverture va de paire avec l'amélioration des paramètres des terminaux et des paramètres d'infrastructure car un terminal pour communiquer en règle générale passe par une TBS (relai radio) et un DXT (commutateur) ; lors de cette phase de dialogue il faut noter trois activités techniques essentielles :

- La régulation de la puissance d'émission des mobiles.
- La surveillance de la liaison par le terminal (champ reçu et code de coloriage).
- La surveillance du temps de propagation notamment le signal d'émission de l'infrastructure.

C'est la raison pour laquelle l'amélioration de la couverture passe par l'amélioration des paramètres de l'infrastructure et des paramètres des terminaux. Quand ces deux facteurs sont optimisés, le rendu de la communication est sans blanc c'est-à-dire sans coupure de communication.

Amélioration des fonctions de communication

Il s'agit de tirer le maximum de la majeure partie des paramètres liés aux fonctions de communication.

Les fonctions de communication dans notre cas, représentent l'émission d'appels (individuels ou de groupes), la réception d'appels (individuels ou de groupes), la localisation et même les enregistrements des communications etc.

L'amélioration des fonctions de communication est un élément non négligeable, car il permet de pallier aux manquements liés à la gestion des alarmes de détresses, d'urgence, à la gestion de la fonction liée au DGNA (le téléchargement dynamique des groupes sur un terminal).

Le facteur lié à la gestion des abonnés représente aussi un élément important dans la recherche des solutions liées aux fonctions de communication.

Amélioration de la localisation fine

La fonction de localisation permet aux utilisateurs ayant un profil de supervision d'avoir en permanence la vue sur la position d'autres utilisateurs qui sont dans leur zone de supervision.

Un utilisateur en détresse doit pouvoir lancer une alarme d'urgence ; à partir de l'alarme reçue par la supervision, on doit pouvoir le localiser de manière précise ; hors il s'avère que, dans le cas des grandes stations où on trouve plusieurs cellules (TBS) indexées à plusieurs voisines.

On peut avoir un utilisateur ne s'accrochant pas sur la bonne cellule et ceci peut engendrer des soucis lors de la localisation en cas de problème majeur nécessitant une intervention immédiate. C'est la raison pour laquelle l'optimisation de la localisation fine serait un facteur non négligeable parmi les objectifs fixés.

Cette optimisation passe par la gestion d'un plan de voisinage bien ciblé; et par la rigueur dans l'élaboration des blocs opérationnels lors de la création d'un nouveau service sur le dispatcher.

La mise en conformité des paramètres liés aux terminaux

Il s'agit de programmer les terminaux en leur assignant les paramètres ou valeurs nécessaires pour qu'ils réagissent de manière efficace lors des situations de crise.

Le problème c'est que le standard TETRA étant un standard ouvert ; il est multi constructeurs et multifournisseurs et on a constaté une vraie disparité entre les terminaux venant des constructeurs différents ; la majeure partie répond aux fonctionnalités de base et quand on veut les associer aux fonctions de communication plus complexes ils ne réagissent pas toujours de la même façon.

C'est pourquoi la mise en conformité des terminaux passe non seulement par la conformité au standard TETRA mais aussi par une phase de tests de validation afin de répondre de manière fiable aux fonctions de communication souhaitées.

Le résultat du cahier des tests des terminaux joue aussi un rôle important dans ce sens car le choix des terminaux est désormais lié aux résultats des tests en fonction des besoins souhaités.

1.2.2 Les axes d'améliorations techniques du service Radio

Les axes d'améliorations techniques du service radio doivent être en harmonie avec la revue des axes stratégiques métier. Le schéma de la figure 9 montre une vue des axes d'améliorations techniques du service radio sous forme de diagramme de causes à effets.

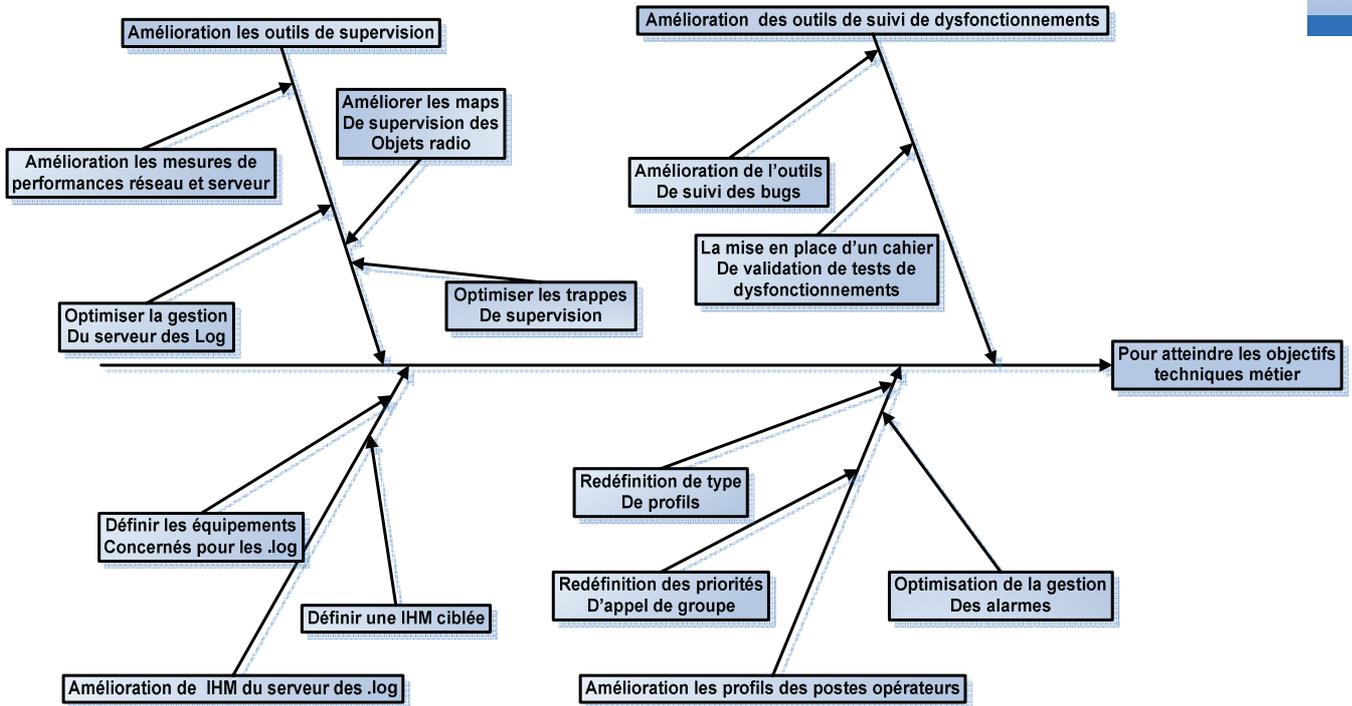


Figure 9: Diagramme de causes à effets

Améliorations techniques du service radio Espace Métro.

Pour faire face aux objectifs globaux liés au métier de la radio, le système d’information radio doit pouvoir s’aligner sur une stratégie allant dans le même sens. C’est la raison pour laquelle pour afin de rendre un service fiable et sécurisé niveau métier parmi les axes d’améliorations fixés on a :

- L’amélioration des outils de suivi de dysfonctionnements.
- L’amélioration des outils de supervision.
- L’amélioration d’IHM du serveur des Log.
- L’amélioration des profils des postes opérateurs.

L'amélioration des outils de supervision

En règle générale, les outils de supervision permettent la surveillance du système et du réseau. L'amélioration des outils de supervision passe par divers facteurs ; cela passe aussi bien par l'amélioration des mesures de performances, par l'amélioration du serveur des logs et aussi par amélioration des *mappings*.

Les mesures de performances sont indexées sur certains éléments dits critiques à surveiller. Les éléments critiques sont liés directement aux équipements du cœur de réseau TETRA ; notamment les commutateurs, les stations de base, le dispatcher etc. La notion de log est liée à la sauvegarde des événements ; le serveur de log par contre permet une connexion par *Moba SSH* (connexion à distance) pour récupérer des fichiers afin d'analyser certains comportements anormaux.

L'amélioration du serveur de log dans notre cas, est importante car on se connecte à une machine à distance sans déranger ceux qui y travaillent ; et les fichiers sont exportés sur un référentiel commun pour analyse. Cette amélioration dans ce cas permettrait un gain de temps pour la compréhension de certains dysfonctionnements, on ne sera plus obligé de déranger l'utilisateur final qui aurait besoin de son interface pour continuer son travail.

Amélioration des outils de suivi de dysfonctionnements

Les outils de suivi de dysfonctionnements sont perçus comme des outils de suivi de bugs. Dans le cadre du développement d'un nouveau service applicatif radio, on a toute une série des tests de validation qui permettent de vérifier la conformité des services rendus.

C'est la raison pour laquelle avoir des outils de suivi de anomalies efficaces permettent de maîtriser la complexité des différentes phases de tests.

L'optimisation des outils de suivi de dysfonctionnements serait un atout dans la validation des acquis de bon fonctionnement pour le passage à la maintenance des différents services radio développés.

Amélioration IHM du serveur des logs

Le serveur de bugs permet d'avoir un aperçu sur les fichiers d'analyse. Ce serveur est dimensionné de telle sorte que pour tout équipement à intégrer, le couplage du port de communication et du protocole, étendue à une adresse IP spécifique permet une connexion à distance par MOBA SSH ou par VNC.

L'amélioration de l'IHM du serveur de log permet d'avoir un aperçu graphique en temps réel de tous les équipements intégrés dans ce serveur de gestion d'où intérêt d'avoir une interface bien ciblée.

Amélioration des profils des postes opérateurs

Un poste opérateur est un terminal qui permet à l'opérateur de centre de liaison de superviser tous les agents qui travaillent sur son secteur de supervision ; il est relié au réseau par deux liens : un lien E1 (ATM 2 Mbits/s) et un lien IP.

Sa configuration en ce qui concerne les fonctions de communication se fait au niveau de son profil. Si son profil est mal configuré, cela pourrait poser des problèmes de gestion des alarmes dites critiques.

Pour tirer profit de son fonctionnement, son profil doit être défini en fonction des besoins futurs, des zones de supervision et aussi des fonctions des communications associées. Cette amélioration passe par optimisation du type de profil, la préemption d'appels, l'amélioration de la fonction de localisation fine et la gestion du type d'alarmes en fonction des besoins souhaités.

Chapitre 2

Protocoles et services TETRA

Ce chapitre présente les aspects techniques essentiels du standard TETRA. Nous commençons par la description des généralités et les types d'interfaces, en mettant un accent particulier sur la pile des protocoles, les services offerts et des éléments de la base de données TETRA. Ensuite, nous présentons une description de l'ensemble des canaux de communication disponibles, des mécanismes de gestion d'appels sans oublier le type d'adressage exploité.

2.1 Généralités sur le TETRA

TETRA est un standard de radiocommunication mobile bidirectionnel, développé par l'ETSI. Il est dit ouvert et est entièrement numérique, il est basé sur le même principe que les applications cellulaires comme le GSM. Les procédures offertes sont nombreuses parmi lesquelles on note : le *handover*, l'itinérance, l'authentification, le chiffrement et bien d'autres...

L'accès aux services s'effectue à travers plusieurs points d'accès :

- Un point d'accès réseau fixe (**FNAP**¹⁹) permettant l'interfaçage avec les équipements usagers fixes.
- Un point d'accès réseau mobile (**MNAP**²⁰) pour l'interfaçage par radio avec les terminaux mobiles. Quand le mobile est un équipement intégré sans port de données externe, la fonction MNAP est réalisée par une interface logicielle.
- Un autre accès qui est celui des terminaux mobiles (**MTU**²¹). **[MAR 03]**

Le schéma d'infrastructure de la figure 10 nous montre les différents points d'accès de l'infrastructure TETRA.

¹⁹ FNAP : Point d'Accès Réseau Fixe

²⁰ MNAP : Point d'Accès Réseau Mobil

²¹ MTU : *Mobile Terminating Unit*

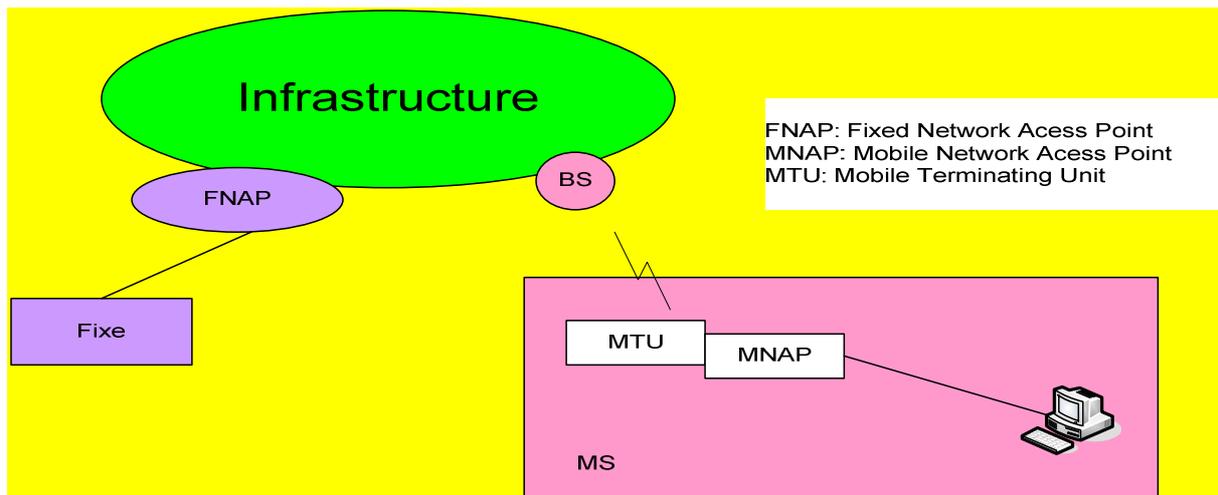


Figure 10: Schéma d'infrastructure TETRA

Les systèmes TETRA opèrent dans la bande des 380 à 400 MHz avec 10 MHz d'écart duplex. Les différentes versions de la norme utilisent la même interface radio basée sur une modulation $\pi/4$ DQPSK à 36 kb/s. Le temps d'établissement d'un appel est inférieur à une seconde [JOC 03].

L'interface radio TETRA est basée sur la technologie TDMA²² ; avec une structure de trame à 4 slots au premier niveau. Le multiplexage du trafic et des canaux de signalisation est réalisé grâce à une structure à 4 niveaux (Slot, trame, multitrame et hypertrame).

Le standard TETRA utilise la trame TDMA avec quatre canaux utilisateurs sur une porteuse radio, les porteuses sont espacées de 25 KHz. Les communications Point-à-Point et le transfert point-à-multipoint peuvent être employés. La transmission de données digitales est également incluse dans la norme, mais à faible débit.

Le TDMA est un mode de multiplexage permettant de transmettre plusieurs signaux sur un seul canal. Il s'agit du multiplexage temporel, dont le principe est de découper le temps disponible entre les différentes connexions. Par ce moyen, une fréquence peut être utilisée par plusieurs abonnés simultanément [AYA 96].

Cette technologie est utilisée dans la norme GSM, chaque porteuse (canal physique) supporte 8 IT²³ attribués à huit communications simultanées.

²² TDMA : *Time Division Multiple Access*

La trame TDMA permet la transmission dans l'air de plusieurs communications simultanées, pour TETRA, quatre communications peuvent être transportées simultanément. Il est aussi possible de transporter la signalisation de contrôle. C'est un système de multiplexage temporel qui est très souple et permet d'avoir une bande de fréquence relativement étroite, dans le cas de TETRA la bande passante allouée est de 25 kHz.

La trame est composée de quatre slots de 510 bits chacun, la durée d'une trame TDMA est de 56,67 ms. Pour permettre un codage et un décodage corrects de la voix il est nécessaire d'utiliser plusieurs trames TDMA. Dans TETRA on utilise des blocs de 18 trames appelés multitrames ou des blocs de 60 trames appelés hypertrame [JOH 99].

2.2 Types d'interfaces TETRA

Le standard TETRA définit trois types d'interfaces dits « ouvertes » ce qui permet d'avoir des éléments de constructeurs différents fonctionnant sur le même réseau. Parmi ces interfaces on trouve [JOH 99]:

- Interface Air (AI)
- Interface d'exploitation des terminaux (TEI)
- Interface Inter Système (ISI)

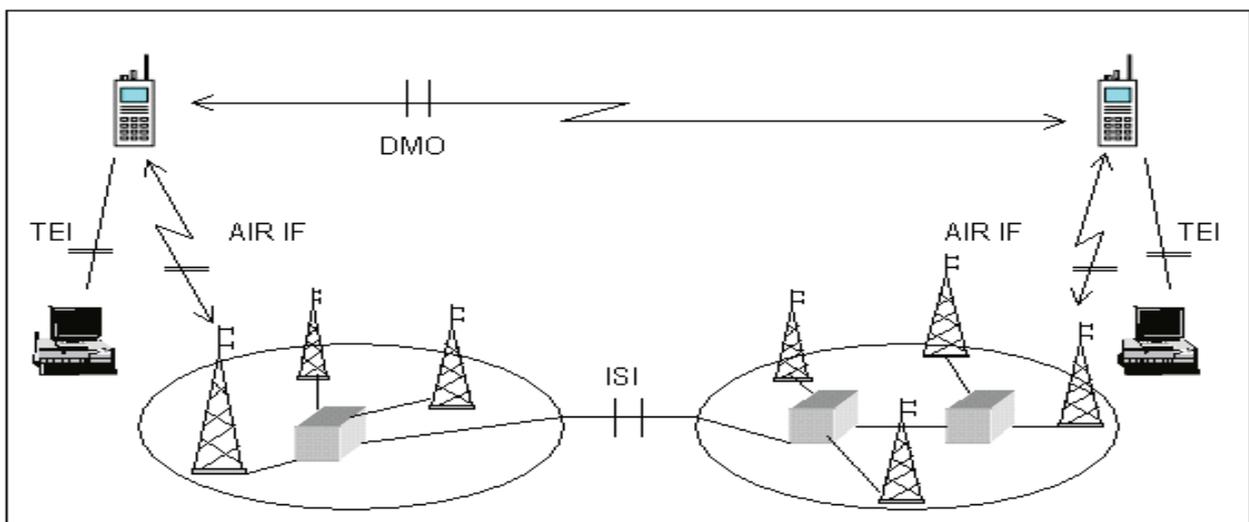


Figure 11: Les Types d'Interfaces

²³ IT : Time Slot ou intervalle de temps

Le schéma de la figure 11 montre les différents types d'interfaces exploitées à la RATP parmi lesquelles on distingue :

L'interface air est le type de liaison qui existe entre le terminal radio et la station de base ; cette interface définit aussi pour les équipements le mode direct (DMO) permettant le dialogue direct entre deux mobiles.

L'interface d'exploitation des terminaux (TEI) est la liaison qui existe entre un mobile et un terminal permettant la transmission de données. Comme exemple la communication entre un PC et un mobile.

L'interface Inter Système (ISI) est la liaison existant entre des réseaux TETRA.

Les améliorations offertes par le standard TETRA permettent entre autres :

- D'utiliser les canaux de manière plus efficace. Il est possible de mettre quatre canaux par porteuse de 25 kHz.
- De permettre une gestion poussée des groupes de communication ainsi que la gestion des services offerts.
- De fournir un service d'appels rapides.
- De permettre le chiffrement de la voix, des données et l'identité des l'utilisateur.
- De permettre de combiner la voix et le service des données.
- De fournir un service avancé de transmission de données offrant un très grand nombre de possibilité.

2.3 Les services de télécommunication offerts

L'ensemble des services offerts par le standard TETRA à la RATP se divise en trois catégories [DOU 03].

- Le transport qui définit les caractéristiques du transport des informations.
- La phonie qui définit les services voix et données.
- Les services supplémentaires qui modifient ou complètent les deux autres services.

2.3.1 Les services de transport

Ils sont utilisés pour la transmission d'informations de tous types suivants [BER 89]:

- Le service paquets de données *connectionless* et *connection oriented* :
 - Le mode *Connectionless* est un mode de transmission de données de type paquet unique ou paquet autonome (IP).
 - Le mode *Connection-Oriented* est un mode de transmission de données de type paquet, utilisé lors de transmission, d'ordre d'émission ou encore d'ordre d'arrivée des paquets est primordial.
- Les services circuit de données couvrant les modes suivants:
 - Mode non protégé : c'est un mode où le débit utilisé est égal à la capacité du canal 7.2 Kbits/s.
 - Mode protégé : ce mode réduit la capacité utile pour permettre la mise en place du système de protection, la capacité du canal est de 4.8kbits/s.
 - Mode haute protection : ce mode est identique au précédent avec un niveau de protection accru ce qui réduit encore le débit canal à 2.4kbits/s.

2.3.2 Services de communications téléphoniques

Ils regroupent toutes les fonctionnalités de base du système **PMR** (*Professional Mobile Radio*) parmi lesquelles on trouve :

- Services vocaux tels que:
 - Appel individuel (communication point à point).
 - Appel de groupe (communication point multipoint).
 - Reconnaissance d'appel de groupe.
 - Diffusion d'appel.
- Services de messagerie courte tels que:
 - Message prédéfini de 16 bits. Ces messages servent généralement pour la signalisation d'états.
 - Message de 16 bits défini par l'utilisateur de (type1).
 - Message de 16 bits défini par l'utilisateur de (type2).
 - Message de 16 bits défini par l'utilisateur de (type3).
 - Message de 1017 ou 2048 bits défini par l'utilisateur de (type4).

2.3.3 Services supplémentaires

Ils se décomposent en deux parties (services essentiels et optionnels) [BER 89]:

- Les services essentiels sont orientés pour les utilisateurs à caractères secours et sécurité, parmi ces services on trouve :
 - Zone définie (**AS**) : définition de la zone d'activité d'un utilisateur, elle peut être redéfinie pour chaque appel.
 - Appel prioritaire (**AP**) : définit les liaisons radio prioritaires durant les périodes de congestion du réseau.
 - Entrée tardive (**LE**) : un retardataire voulant rejoindre un appel en cours.
 - Appel de priorité préemptif (**PPC**) : ce sont des appels ayant la plus haute priorité en liaison radio et la plus haute priorité sur les ressources du réseau. Si le réseau est occupé par des liaisons de priorité inférieure, la plus faible sera stoppée pour permettre l'établissement de cette communication.
 - Ecoute discrète (**DL**) permet d'écouter une communication radio sans se signaler.
 - Ecoute d'ambiance (**AL**): l'aiguilleur ouvre son canal radio sans indiquer sa présence.
 - Attribution d'un numéro de groupe dynamique (**DGNA**) : c'est la programmation à distance d'un nouveau groupe dans un mobile pour une action ponctuelle.
 - Appel d'urgence.
- **Services supplémentaires optionnels** : c'est l'ensemble des services qui ne sont pas essentiels à la communication du genre :
 - Renvois d'appels vers messagerie vocale sur occupation.
 - Les connexions vers serveur *wap*.
 - Présentation de numéros.

2.4 Architecture de la pile des protocoles TETRA

L'architecture de la couche des protocoles TETRA donne les différents niveaux de traitement et la répartition des tâches. Cette architecture est figée par la norme TETRA et les modalités d'implantation sont entièrement libres.

Le diagramme de la figure 12 présente la pyramide des couches des protocoles et l'empilage des fonctions. On y distingue les trois premiers niveaux du modèle OSI avec notamment [ETSI 1]:

- La couche physique qui contient les fonctions de modulation et de filtrage.
- La couche de niveau 2 est séparée en deux sous couches à savoir :
 - la couche LLC.
 - la couche MAC : celle-ci est divisée en deux sous couches ; la sous couche MAC inférieure qui recouvre les fonctions d'encodage, d'entrelacement, le coloriage, le cryptage et la sous couche MAC supérieure qui recouvre principalement les allocations de time slots (IT) pour la signalisation, la diffusion et le contrôle de la couche transport.
- La couche de niveau 3 est divisée en deux sous couches :
 - la couche 3 inférieure qui assure la gestion des transferts de données, la gestion des inscriptions et la gestion des ressources internes au réseau avec diffusion des informations sur la configuration.
 - la couche 3 supérieure qui assure la gestion de la mobilité et des protocoles d'adaptation spécifiques aux interfaces externes, qu'elles soient orientées circuit ou paquet.

On voit également les séparations entre les différentes couches et les interfaces qui les traversent notamment:

- L'interface physique (**TP**) avec deux jonctions : TP_SAP et TPC_SAP.
 - TP_SAP qui s'occupe de la modulation et le filtrage.
 - TPC_SAP qui est la jonction de contrôle (fréquence, puissance etc.).

- L'interface entre les niveaux 2 et 3 avec ses trois jonctions :
 - Une jonction dédiée à la signalisation mobile - infrastructure.
 - Une jonction dédiée à la diffusion des informations du réseau.
 - Une jonction de contrôle.

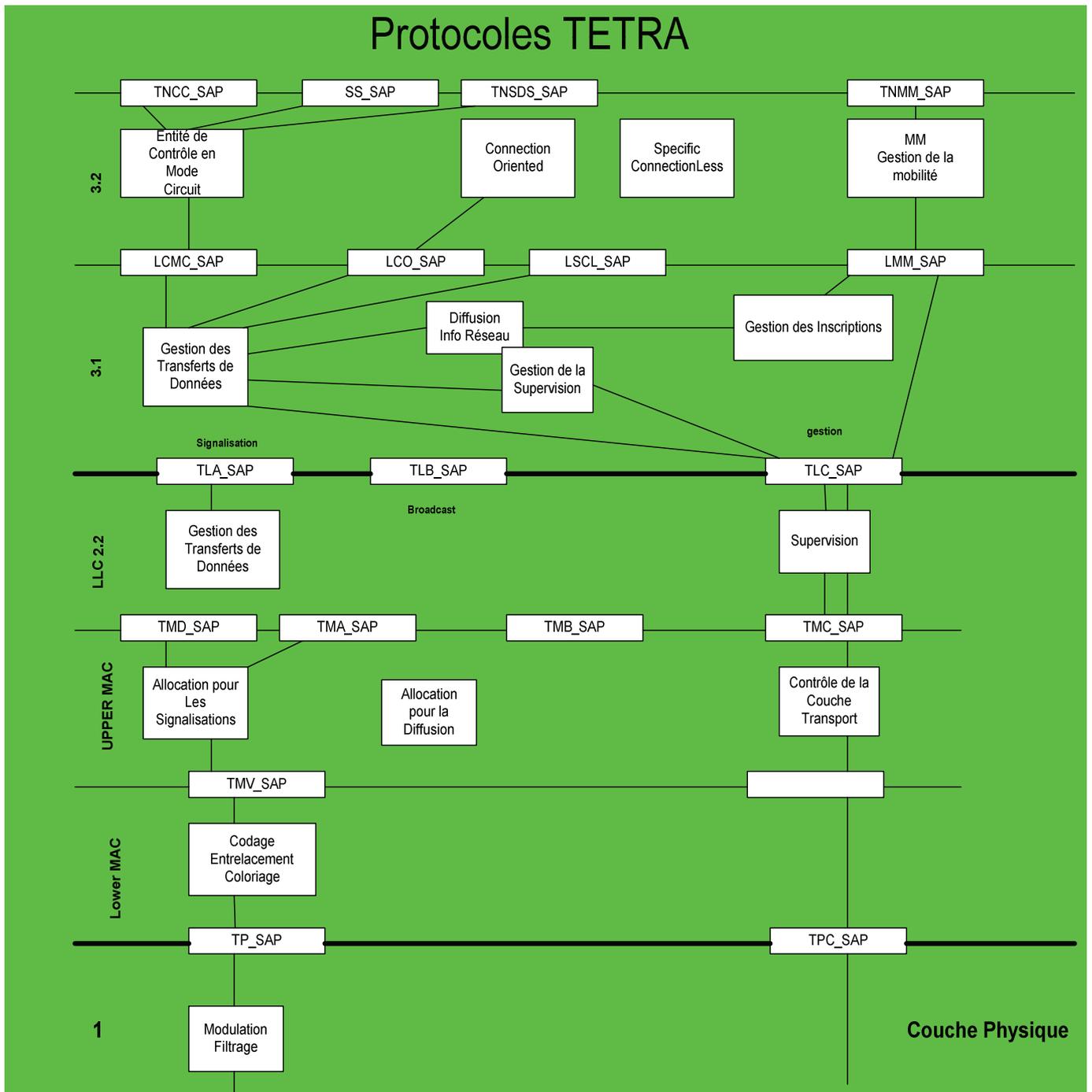


Figure 12: Architecture de la pile des Protocoles TETRA

2.5 Base de données et canaux de communication TETRA

2.5.1 Contenu de la base de données TETRA

La base de données principale du réseau radio TETRA de la RATP est celle des abonnés radio créés au fil de l'eau. Elle regroupe les éléments contenus dans le tableau ci-dessous [ETSI 2]:

Eléments de la base de données	Contenu
Identité du terminal	Identité propre Appartenance aux groupes
Les caractéristiques du terminal	Simplex / duplex Mono / multi slot Mono / multi porteuse Equipement phonie Cryptage de bout en bout Données en mode circuit Encryptage sur l'interface air Linéarisation sur changement de porteuse traitement multi canal TETRA
Les droits du terminal	Zones où il peut trafiquer Types d'appels/ correspondance admis services souscrits/paramètres de services
Les messageries du terminal	Message vocaux Message de données
L'état courant du terminal	Site de localisation

Les identités du terminal regroupent son identité propre, ses appartenances à différents groupes, ses identités assignées, etc.

Les caractéristiques du terminal concernent ses possibilités fonctionnelles, en particulier celles spécifiques à TETRA comme le mode économie d'énergie... Contrairement aux autres données, les caractéristiques du terminal ne sont pas saisies par l'opérateur mais déclarées par le terminal lui-même au moment de son inscription. Les droits du terminal recouvrent les zones où il peut émettre et recevoir des appels, le type d'appel qu'il peut émettre ou recevoir, les types de correspondants avec lesquels il peut converser etc. Les messageries du terminal recouvrent ses messages vocaux et ses messages « données ».

L'état du terminal recouvre sa situation géographique (localisation sur un site) et son état courant (en communication, en attente, ...). La norme TETRA ne contient aucune indication sur l'implantation de ces bases de données.

Un mobile donné ne peut être répertorié que dans une seule des bases de données d'un même réseau (en dehors des bases de données filles et des bases de données visiteurs) ; cette base de données est appelée base de rattachement pour ce terminal **[HAR 04]**.

2.5.2 Caractéristiques des canaux de communication

On distingue deux niveaux de canaux de communication **[NIC 02]** :

- Les canaux physiques qui correspondent aux intervalles de temps (**IT**) ou *time slot*.
- Les canaux logiques.

Les canaux logiques sont transmis sur les canaux physiques et il y a 4 canaux physiques par porteuse TETRA sur un même site radio. Le débit d'un canal physique est constant, celui d'un canal logique est très variable et tout ceci dépend des paramètres suivants.

- La demande de débit éventuellement demandée (voir imposée) par les applications distantes.
- Le mode d'émission des stations radio.

Ce dernier point est lié au fait que dans certaines conditions on peut utiliser les stations de base de manière pulsée c'est-à-dire non pas en émission continue mais en émission discontinue avec un cycle émission ou repos très variable.

2.5.2.1 Les canaux physiques

Les canaux physiques TETRA sont classés en trois catégories : les canaux de trafic, les canaux de contrôle et les canaux non affectés.

Les canaux de trafic sont des canaux qui transportent soit de la parole, soit des données échangées en mode circuit. Il ya deux modes de transmission de données, le mode circuit et le mode paquet [NIC 02].

- En mode circuit, on établit une communication audio et suite au support établi, on échange les données.
- En mode paquet, les données sont enveloppées par des adresses et par des informations de transport nécessaires et sont transmises de manière autonome, sans établissement de lien permanent entre les intervenants.

Le tableau ci-dessous présente les différents canaux de trafic:

Types de canaux	Descriptif
TCH/S	Canal de trafic supportant une voie audio
TCH/7.2	Canal de trafic supportant une communication de données en mode circuit au débit de 7,2 Kbit/s
TCH/4.8	Canal de trafic supportant une communication de données en mode circuit au débit de 7,2 Kbit/s
TCH/2.4	Canal de trafic supportant une communication de données en mode circuit au débit de 7,2 Kbit/s

Dans la majeure partie des cas, les canaux de trafic sont utilisés en point à point, c'est-à-dire sélectivement entre deux équipements déterminés. Ils acheminent des communications duplex ou semi duplex.

Les canaux de contrôle, sont des entités qui servent de porteurs pour les canaux logiques de signalisation ils sont constitués de :

- **Canal MCCH** (*Main Control Channel*, Canal de Signalisation Principal) : il y en a un seul par site radio ; il n'est associé qu'à une seule des fréquences radio utilisées sur un site quelconque. En général, il est présent dans tous les times slot 1 des trames de 1 à 8. Lorsqu'un mobile arrive sur un site, c'est toujours le canal radio supportant le MCCH qu'il recherche.
- **Canal SCCH** (*Secondary Control Channel*) : c'est un canal de signalisation réservé pour certains groupes de mobiles. Lorsqu'un mobile appartenant à l'un de ces groupes se présente sur un site, il arrive sur le MCCH et il est invité à rejoindre son SCCH.
- **Canal ASCCH** (*Associated Control Channel*) c'est un canal de signalisation utilisé en extension d'un canal MCCH ou SCCH. Il doit être pris sur la même fréquence radio que le canal MCCH ou SCCH dont il est l'extension. Ce canal sert de dégagement en cas d'engorgement.

Les canaux non affectés

Ils sont utilisés pour transmettre dans certains cas des canaux logiques de signalisation.

2.5.2.2 Canaux logiques

Ils regroupent pour chacun d'entre eux, des types d'informations particulières et ces canaux sont transmis soit sur des canaux physiques de contrôle, soit sur des canaux non affectés [HAR 00]. On en distingue plusieurs canaux logiques parmi lesquels on a :

- **Canaux BCCH** (*Broadcast Common Channel*) ce sont des canaux de diffusion d'informations générales à destination de tous les mobiles, ils n'existent donc que dans le sens infra vers mobile (*Downlink*), il y en a de deux types.
 - **Canal BNCH** (*Broadcast Network Channel*) : l'infrastructure y diffuse toutes les informations relatives au réseau avec notamment :
 - La fréquence du MCCH du site
 - Le nombre de canaux de signalisation auxiliaires
 - La puissance maximale d'émission mobile autorisée dans la cellule
 - Le niveau mini de réception dans la cellule

- L'identificateur du chiffrement
 - Description des slots utilisés
 - Les paramètres régissant le mode d'accès aléatoire
 - La priorité
 - Le numéro de réseau (N° de pays et d'opérateur)
 - La diffusion d'informations sur les cellules voisines
- **Canal BSCH** (*Broadcast Synchronisation Channel*) : l'infrastructure y diffuse des informations nécessaires aux terminaux pour se synchroniser sur le réseau avec :
 - Le code de coloriage de la station de base
 - Les numéros de time slot, trame et multitrame
 - Le détail des services offerts sur la cellule
 - Le mode de partage (time sharing, frequency sharing)
 - Les numéros de time slot réservé
 - Inscription exigée ou non
 - Indication de cellule préférentielle ou non
 - Mode minimum possible ou non
 - Possibilité de migration
 - Possibilité de *Roaming*
 - Service phonie assuré
 - Service données en mode circuit assuré
 - Chiffrement
 - *Advanced Link...*
- **Canaux SCH** (*Signaling Channel*) ce sont des canaux de signalisation que l'on pourrait rapprocher des canaux de voie de balise des systèmes *trunk* analogique, il en existe de plusieurs types :
 - **Canal SCH/F** canal de signalisation bidirectionnel utilisant des paquets entiers.
 - **Canal SCH/HD** canal de signalisation descendant utilisant des demi-paquets.
 - **Canal SCH/HU** canal de signalisation montant utilisant des demi-paquets.

- **Canal AACH** (*Access Assigned Channel*) ce canal n'est utilisé que dans le sens descendant, il donne les affectations des différents intervalles de temps ; en particulier, c'est lui qui porte les informations d'ALOHA, il est dissocié en deux :
 - **Le canal FAACH** (*Fast AACH*) est porté sur les trames 1 à 17.
 - **Le canal SAACH** (*slow AACH*) est porté sur les trames 18.
- **Canal STCH** (*Stealing Channel*) c'est un canal de signalisation particulier utilisé pour transmettre de la signalisation depuis et vers un mobile pendant une communication, elle est mélangée à la voie.

2.6 Procédure de Gestion des Appels

En veille les mobiles sont calés en permanence sur le canal de contrôle **MCCH**²⁴ pour acquérir les informations système et pour détecter les appels entrants. L'établissement d'appel peut se faire selon deux modes : soit avec contrôle de présence, soit sans contrôle de présence.

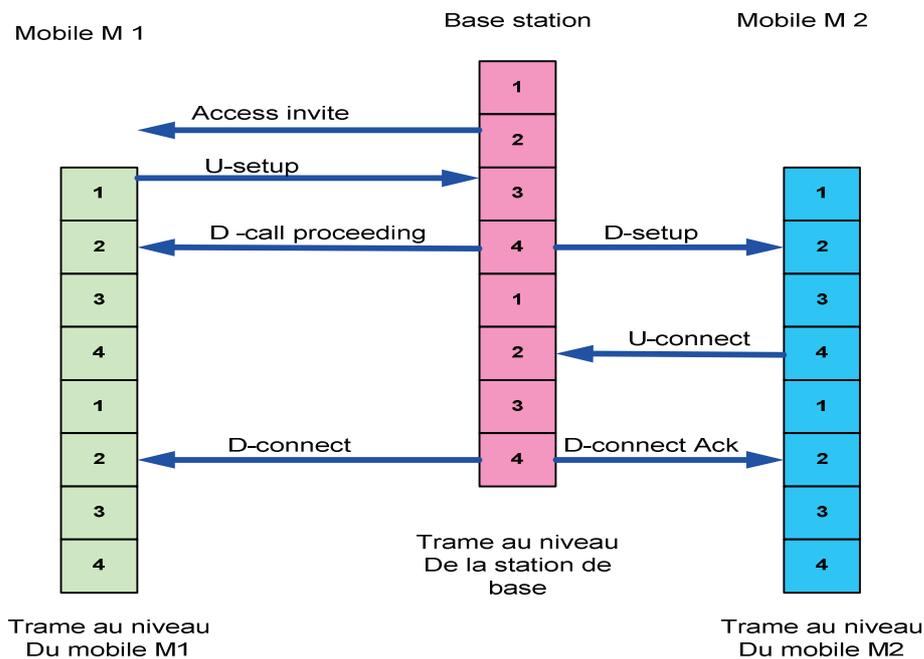


Figure 13: Procédure de Gestion des Appels

Dans l'établissement d'appel avec contrôle de présence, un mobile **M1** souhaitant entrer en communication avec un mobile **M2** émet un message demande d'accès **U-Setup**.

²⁴ MCCH : *Main Control Channel* (canal de signalisation principal)

A sa réception, la station de base répond par un acquittement *d-call proceeding* et envoie en parallèle un message *d-setup* au mobile **M2** afin de vérifier sa présence.

Le mobile **M2** répond, s'il est présent, par un message *U-connect* dans le slot indiqué dans le message *d-setup* (slot 2 du canal montant dans notre cas). A la réception de cet acquittement, la station de base alloue aux mobiles **M1** et **M2** un canal de trafic en émettant simultanément les messages *d-connect* et *d-connect-Ack*.

L'établissement d'appel sans contrôle de présence est utilisé dans le cas d'établissement d'appel très rapide. Les ressources radio sont pour cela allouées sans contrôle de présence des parties demandées. Ce mode est utilisé pour les appels de groupes ou pour les appels individuels quand l'établissement d'appel rapide est demandé. Dans ce mode, le canal de trafic est alloué dès la réception de la demande par la station de base. Celle-ci renvoie alors des messages contenant le numéro du canal alloué : *d-connect* à l'appelant et *d-setup* à l'appelé [BRI 92].

En fonction des conditions de trafic, différentes méthodes de *trunking* peuvent être utilisées pour optimiser l'efficacité spectrale, les temps d'accès au système etc.

TETRA distingue ainsi le *trunking* au niveau message, au niveau transmission et le quasi-*trunking* [BRI 92].

Trunking au niveau message (*Message trunking*)

Cette stratégie concerne l'allocation du canal de trafic ; le même canal de trafic est alloué en continu pendant la durée de l'appel, un appel consistant en plusieurs transactions séparées provenant de différents terminaux. Le canal de trafic n'est libéré que lorsque l'appel est explicitement terminé.

Après l'allocation du canal de trafic, les usagers bénéficient dans ce mode de temps d'accès minima puisque le canal leur est dédié. Cette méthode permet de réduire la signalisation et le traitement au niveau de l'infrastructure.

Dans la stratégie du *trunking* au niveau transmission, le canal de trafic n'est alloué que pendant la durée de la transaction. L'avantage de cette technique est que le canal n'est alloué que pendant cette durée ; il convient bien aux communications du type question-réponse [HAR 00].

2.5.1 Mise en œuvre du codec ACELP

TETRA utilise un codeur décodeur (Codec) à compression de voix **ACELP**²⁵. Son but est de convertir la voix en numérique et de la compresser de façon à minimiser la quantité d'informations à transmettre, ce qui permet de réduire la bande utile lors de la transmission dans l'interface air.

Le codec ACELP a la particularité de pouvoir compresser la parole avec un minimum de bits, tout en respectant une bonne qualité sonore. Ce codeur apporte une réduction très importante du nombre de bits à transmettre ce qui permet de réduire la bande passante utile et permet de transporter plus d'informations dans la bande donnée **[BRI 92]**.

Il va dans un premier temps convertir la voix en informations numériques puis va analyser les informations numériques pour déterminer les variations dues à la parole (analyse des caractéristiques de la voix humaine), mettre en place les filtres permettant d'éliminer le bruit de fond de l'environnement. Ceci donne un débit en sortie du codec de 4,567 Kbits/s ou 274 bits par ½ slot.

2.5.2 Gestion des liens radio entre Mobile et Infrastructure

Chaque terminal à un instant donné est pris en charge par un site radio, Une fois ainsi pris en charge, la liaison est surveillée en permanence par le terminal et par infrastructure. Cette surveillance dépend de trois aspects principalement **[HAR 00]**:

- La régularisation de la puissance d'émission des mobiles.
- La surveillance de la liaison par le terminal et.
- La surveillance du temps de propagation.

En pratique la découpe des grands blocs fonctionnels est unanimement adoptée avec les équipements suivants :

- La station de base TETRA (TBS)
- Le contrôleur de stations de base
- Le Switch et
- Le dispatching.

²⁵ **ACELP** : *Algebraic Code-Excited Linear Prediction (Codec TETRA)*

Selon les implémentations, le rôle du contrôleur de stations de base est plus ou moins important ; dans certains cas, ce sera un simple module matériel et, ou logiciel directement intégré dans les stations de base, dans d'autres, ce sera un équipement conséquent prenant en charge une partie du travail des switches. L'architecture fonctionnelle est une architecture en étoile autour du ou des switches ; l'implantation matérielle de cette architecture peut très bien ne pas être en étoile.

2.5.3 La gestion des mobiles visiteurs et étrangers

La norme TETRA ne fait pas directement de différence entre mobile visiteur et mobile étranger, en effet [**HAR 00**]:

- Un mobile visiteur est un mobile géré par le même opérateur mais qui change de réseau par rapport à son réseau d'origine ou de sous réseau selon l'organisation de l'opérateur.
- Un mobile étranger est un mobile géré par un autre opérateur.

Un mobile visiteur étant un mobile non répertorié dans la base de données du réseau ou du sous réseau lorsqu'il rentre sur ce réseau ou sous réseau. Cette introduction ne se fait qu'en allant consulter la base de données où est répertorié le mobile, ainsi la norme ne fait pas de distinction selon qu'il faille aller chercher ces données dans la même structure (même opérateur, réseau directement interconnectés) ou dans une autre structure. Cette différence apparaît selon qu'un opérateur utilise une base de données centralisée ou des bases de données réparties.

Lorsqu'un mobile rentre dans une zone où il est inconnu, le système va rechercher les informations relatives à cet abonné dans un endroit quelconque, dans le même réseau ou dans un autre réseau et recrée une base de données locale temporaire pour ce mobile ; c'est la base de données visiteur (ou étranger). Cette base de données temporaire sera détruite lorsque le mobile quittera définitivement la zone [**HAR 04**].

Durant tout le temps où le mobile est visiteur dans la zone, sa base de données visiteur sera mise à jour, il importe également que sa base de données d'origine soit tenue au courant de certains changements ; il y a donc échanges entre la base de données d'origine et la base de données temporaire (visiteur), ces échanges étant schématisés sur la figure 14 ci-dessous.

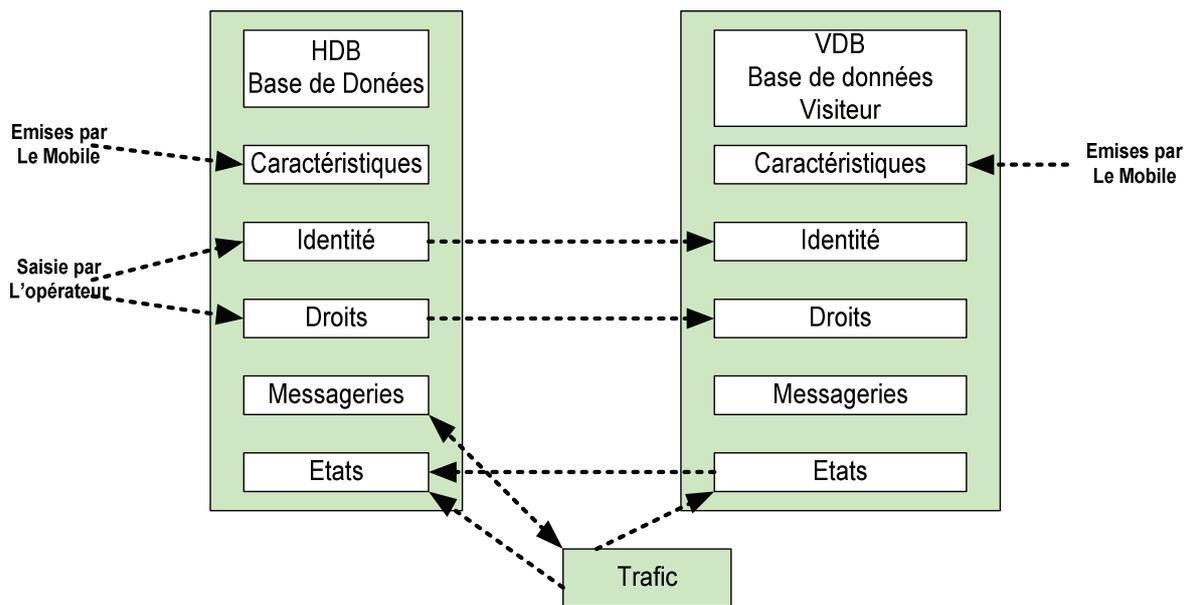


Figure 14: Echanges d'Information mobile visiteur

Plusieurs arrangements peuvent venir simplifier (ou complexifier) les mécanismes relatifs aux bases de données visiteur ou étranger [HAR 00]:

- La confiance à priori : le réseau recevant un visiteur ou un étranger l'accepte immédiatement s'il répond à certains critères, sans attendre d'avoir les éléments de réponse de la base de données de rattachement de ce mobile.
- L'authentification : ce mécanisme peut être appliqué autant aux mobiles résident qu'aux mobiles visiteurs ; il permet de vérifier l'identité exacte du mobile.
- Le droit par défaut : ces droits attribués aux mobiles visiteurs, et à fortiori étrangers ne sont pas forcément les mêmes que ceux attribués dans son réseau d'origine.

Comme déjà évoqué, la norme TETRA laisse toute liberté d'implantation des bases de données, il y a deux degrés de liberté principaux dans les choix :

- La présence d'une base de données mère unique sur un réseau ou plusieurs bases de données réparties.

- La possibilité de recréer localement, au niveau de la station de base des bases de données filles afin de réduire les temps d'accès et de pouvoir assurer un mode dégradé en cas de coupure du lien.

La présence de base de données fille ne diminue pas véritablement le volume d'échanges sur le lien entre commutateurs (DXT) supportant la base de données mère et la station de base supportant la base de données fille ; en effet :

- Sans la base de données fille, toute transaction relative au mobile implique une interrogation et/ou une mise à jour de la base de données mère.
- Avec la base de données fille, la base de données mère doit être mise à jour à chaque transaction concernant le mobile.

Par ailleurs pour le mode dégradé, la présence d'une base de données fille locale n'est intéressante que pendant les moments suivant la coupure du lien ; au-delà d'un certains temps, la base de données fille devient souvent très caduque.

Enfin, la présence d'une base de données fille ne résout pas le problème des visiteurs en mode dégradé, il convient donc d'adopter une stratégie pour ces mobiles (de type de confiance à priori).

La présence d'une base de données fille n'est donc véritablement intéressante que par les gains de temps d'accès qu'elle peut procurer.

2.7 Adressage et Numérotation

TETRA offre une large gamme de services liés à ses différents modes d'adressage.

2.7.1 Adressage général TETRA (TSI)

C'est l'adresse par laquelle un abonné (ou un groupe d'abonnés) est désigné depuis l'extérieur du réseau ; cette adresse est appelée **TSI** dans la norme, son format général est de 48 bits avec le code pays, le code réseau et l'identifiant du mobile sur le réseau comme représenté sur le figure 15 ci-dessous [ETSI 4]:

MCC (Code Pays) 10 bits	MNC (Code réseau) 14 bits	SSI Identité mobile abrégé 24 bits
----------------------------	------------------------------	--

Figure 15: Adressage générale TETRA (TSI 48 bits)

On trouve plusieurs modes d'adressage dont voici les caractéristiques :

- L'adressage individuel désigne de manière univoque un mobile particulier.
- L'adressage de groupe désigne un ensemble de mobiles ; ce sont des groupes statiques ; un mobile peut appartenir à un nombre de groupes non limité par le système (probable limitation dans les mobiles eux-mêmes).
- L'adressage assigné est un adressage téléchargé par l'infrastructure dans le mobile, à un instant donné, une adresse assignée n'est affectée qu'à un seul mobile à la fois. L'adresse peut être soit pour des besoins spécifiques, soit pour désigner un mobile étranger dont le système accepte la prise en charge.
- L'adresse d'étranger n'est utilisée que lorsque cet étranger se présente sur le réseau ; le système, s'il le prend en charge, lui assigne une autre adresse et l'adresse étranger ne doit plus alors être utilisée.

Numérotation

Le plan de numérotation ne doit pas être confondu au plan d'adressage ; le plan de numérotation correspond à ce que voit l'utilisateur et il y a toujours un équipement placé entre la numérotation et l'adressage. C'est cet équipement qui réalise la transposition [ETSI 4].

Pour un même plan d'adressage, le plan de numérotation peut être différent selon la chaîne d'équipements mis en jeu ; ainsi le même abonné sera numéroté différemment selon que l'on désire le joindre depuis un poste téléphonique situé sur le territoire ou à l'étranger.

La règle de base consiste à utiliser le premier chiffre de numérotation pour désigner le plan de numérotation ; cette disposition limite à dix le nombre de plans de numérotation utilisable dans un même terminal. La numérotation dans le réseau de rattachement a pour effet de n'utiliser que les adresses SSI (appellant et appelé) sur l'interface air.

Ces adresses présentent 24 bits, elles peuvent donc représenter des nombres compris entre 0 et 16 777 215 soit plus que **7 digits**.

Il est recommandé de ne pas dépasser ce chiffre de 7 digits, c'est-à-dire d'éviter que les numéros compris entre 10 000 000 et 16 777 215 ne soient accessibles par saisie [ETSI 4].

Le terminal dispose d'un numéro propre, correspondant à son SSI et représentable sous la forme de 7 digits : DT1 DT2 DT3 DT4 DT5 DT6 DT7. Le terminal dispose aussi, en mémoire d'un numéro figé DF1 DF2 DF3 DF4 DF5 DF6 DF7.

Lorsqu'un utilisateur saisit des chiffres sur son clavier, ceux-ci désignent un numéro composite formé à partir de cette saisie et du numéro figé, conformément au schéma ci-dessous, dans lequel l'opérateur a saisi les trois chiffres D1, D2, D3.

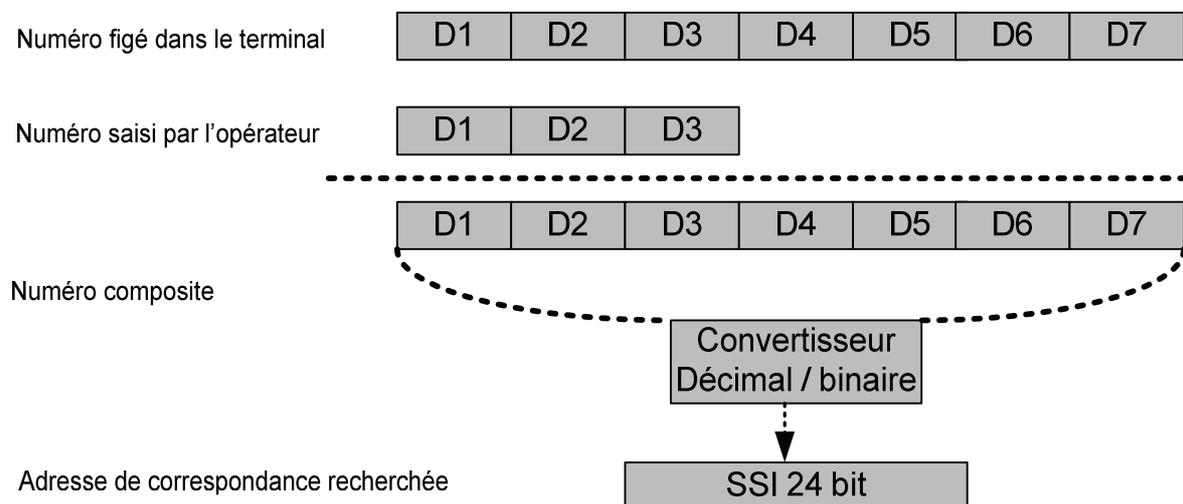


Figure 16: Plan d'adressage et Plan d'équipement (1)

Un autre mode existe, dans celui-ci le plan de numérotation doit comporter un nombre exact N des chiffres à saisir pour désigner le correspondant dans son réseau de rattachement, la règle est alors la suivante.

- Le numéro de l'appelé est formé à partir des N chiffres à droite du nombre saisi par l'opérateur.
- Les 4 chiffres précédents sont interprétés comme le numéro du réseau, les chiffres précédents, s'il en reste, comme le code de pays du réseau.

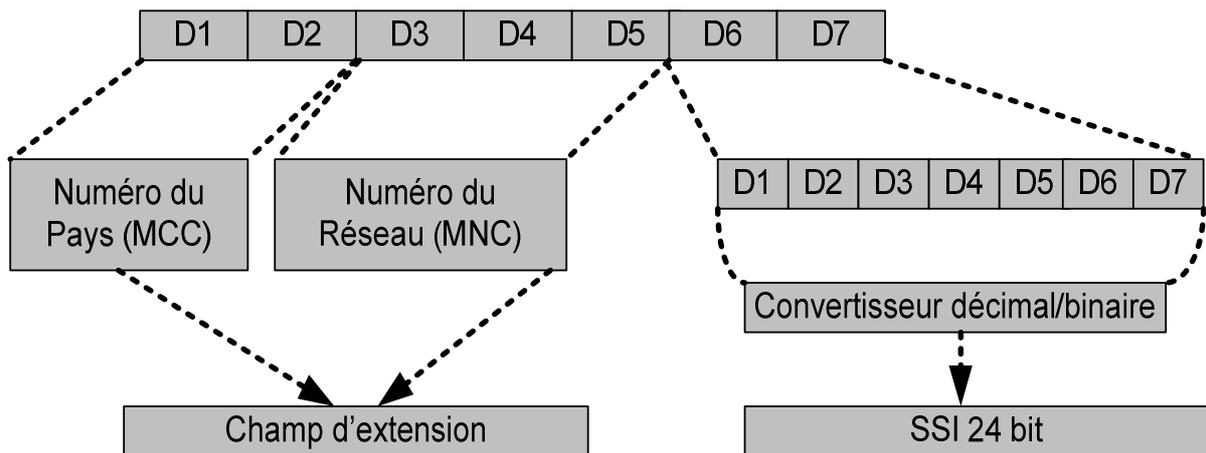


Figure 17: Plan d’adressage et Plan d’équipement (2)

Il est possible d’intégrer directement une numérotation abrégée dans un réseau TETRA.

Les numéros abrégés vont de 0 à 255 et sont directement appelés sur les terminaux du réseau avec 1 à 3 chiffres. Les numéros abrégés sont principalement utilisés pour désigner des groupes dynamiques de mobiles et des listes de mobiles.

Chapitre 3

Description fonctionnelle du service Radio Espace Métro

Ce chapitre présente les modèles du service *Radio Espace Métro* concernant les fonctions de communication souhaitées. Plusieurs diagrammes UML décrivent l'ensemble des fonctionnalités souhaitées notamment, le diagramme des cas d'utilisation, le diagramme de séquence, le diagramme d'activités et le diagramme d'états-transitions.

3.1 Modèles du service Radio Espace Métro

Nous avons utilisé *StarUML* comme logiciel de modélisation UML. Nous présentons une description détaillée de l'ensemble des fonctionnalités de communication requises et les principes de transformation de ces modèles conceptuels vers leur déploiement en se basant sur les outils d'ingénierie disponibles à la RATP.

3.1.1 Diagramme de contexte de l'infrastructure TETRA

La figure 19 montre le diagramme de contexte du système TETRA de la RATP, avec tous les acteurs qui gravitent autour du noyau de l'infrastructure TETRA.

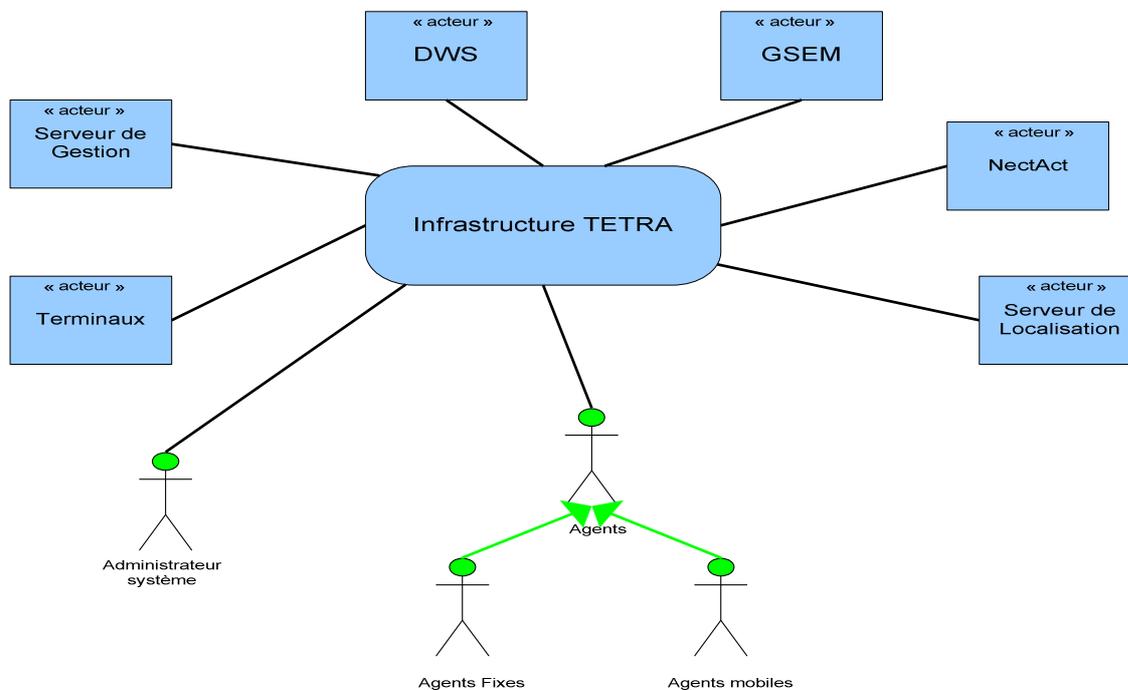


Figure 18: Diagramme de Contexte de l'infrastructure TETRA de la RATP

Ce diagramme, présente le système TETRA dans son ensemble. On note dans ce diagramme en interaction avec des composants de l'infrastructure TETRA, les agents utilisateurs du service radio à développer, le serveur de gestion, le serveur de localisation, le dispatcher (DWS), GSEM (pour la supervision), NectAct (pour l'administration) et les terminaux.

3.1.2 Les fonctions de communication du service Radio Espace Métro

La figure 20 décrit l'ensemble des fonctions de communication requises pour le développement du service radio à concevoir. Parmi les principales fonctions on y trouve notamment les fonctions d'appels individuels ; d'appels de groupes, les fonctions d'appels d'urgence, la fonction d'enregistrements, la fonction de localisation, la fonction de journalisation et la gestion des zones de couverture.

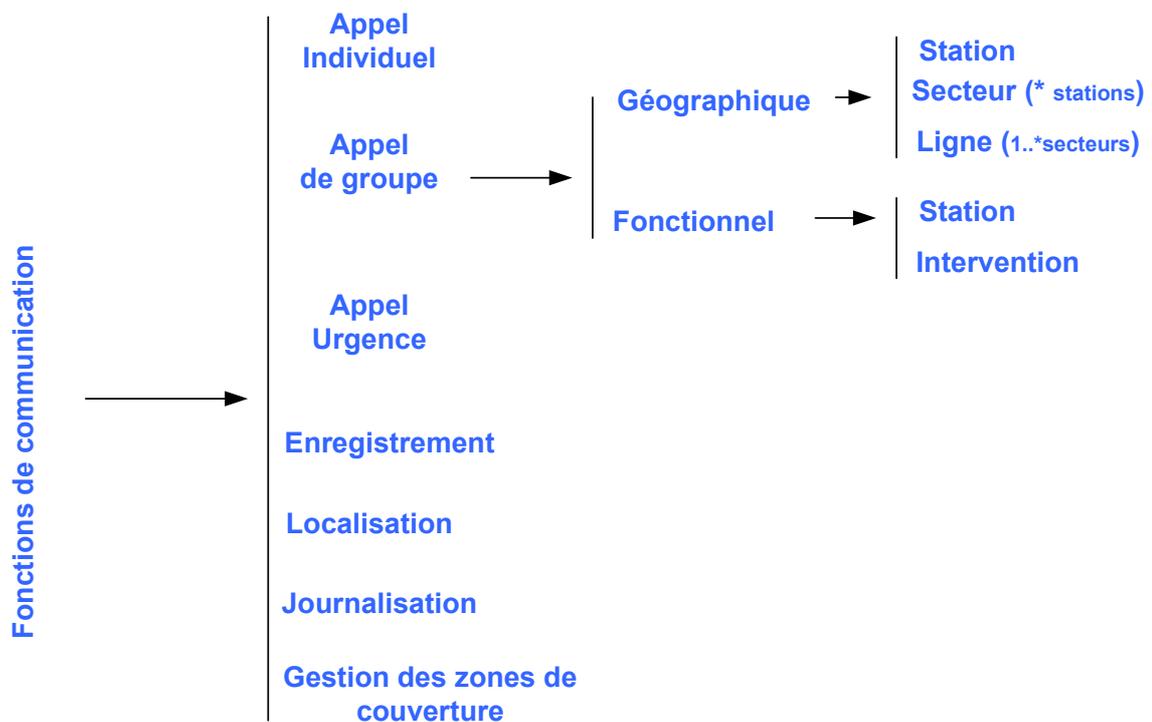


Figure 19: Description des Fonctions de Communication

Pour mieux comprendre la nécessité de l'ensemble des fonctionnalités sur la communication dans l'étendue des espaces du métro, le schéma de la figure 21 présente le découpage topologique d'une ligne de métro du fait d'une communication de groupe, d'une communication individuelle ou appel opérateur. Ces communications peuvent être émises en direction des personnes en station, sur un secteur ou sur l'étendue de la ligne en fonction des attributs de communication.

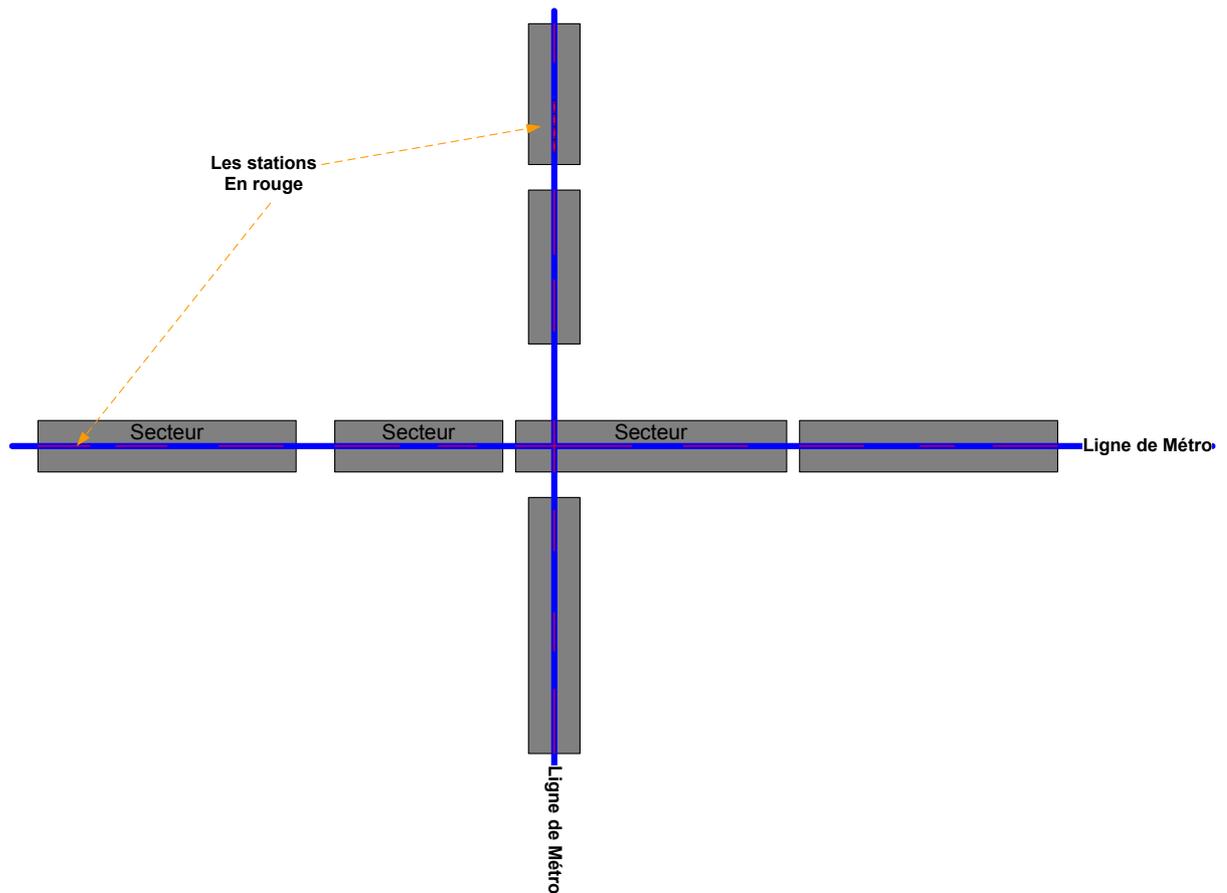


Figure 20: Découpage des Lignes du Métro

Comme l'indique la figure 21, une ligne de métro est composée de plusieurs stations. Un secteur désigne le regroupement de plusieurs stations continues de métro sur une ligne de métro quelconque.

Une ligne de métro regroupe plusieurs secteurs, mais sur les lignes de petite taille c'est-à-dire constituée de très peu de stations, on a un seul secteur pour l'ensemble de la ligne.

Par conséquent, une ligne de métro est composée d'un ou de plusieurs secteurs nommés selon le sens de la ligne sur la carte du métro en secteur Est – Ouest ou Nord – Sud, pour les lignes composées de deux secteurs.

Pour les lignes composées de trois secteurs on ajoute un secteur centre, ce qui donne comme répartition: Nord – Centre et Sud ou Est – Centre et Ouest.

Tout ceci permettra de mieux comprendre les dénominations concernant les appels de groupe stations, secteur ou ligne.

3.1.2.1 Les appels de groupe

Un appel de groupe permet une communication de 1 vers n utilisateur(s) du système radio. Lors de l'établissement de la communication de groupe, la connexion est toujours immédiate. Les utilisateurs parlent à tour de rôle en utilisant la touche d'alternat appelée PTT.

Lorsque plusieurs membres d'un groupe appuient sur la touche d'alternat (PTT) en même temps, la parole est accordée à celui qui a fait la requête en premier. Cependant, certains membres peuvent préempter le droit de parole et prendre la ressource dès qu'ils appuient sur la touche PTT [RATP 4], du fait qu'ils ont une priorité haute sur les autres.

Dans un groupe de communication donné, chaque utilisateur peut, selon la configuration de son portatif, ses autorisations et la zone de diffusion du groupe, écouter et, ou parler dans ce groupe. A un instant donné, un seul des membres du groupe peut parler dans le groupe de communication. La demande de prise de parole s'effectue via l'alternat.

Les différents types de groupes définis dans Radio Espace Métro

Un groupe de communication est défini par une liste de terminaux autorisé à utiliser ledit groupe sur une zone de couverture définie.

Ainsi, suivant la définition des paramètres [zone de couverture et de liste des terminaux], on parle de groupes géographiques, groupes fonctionnels ou groupes évènements [RATP 4].

Les groupes géographiques sont définis avec des paramètres plus discriminants sur la zone de couverture, les groupes fonctionnels avec des paramètres plus discriminants sur la liste des terminaux.

Les groupes fonctionnels ou évènements, s'ils sont confirmés, doivent permettre les communications entre utilisateurs d'unités opérationnelles distinctes sur un même évènement particulier.

Les Groupes Géographiques

Dans un groupe géographique, on définit une liste de terminaux autorisés à utiliser ce groupe sur une zone définie spécialement pour ce groupe. La définition de cette zone possède un caractère plus discriminant que la liste des terminaux.

Les utilisateurs de Poste Opérateur peuvent être autorisés à utiliser certains de ces groupes géographiques, quelle que soit leur localisation. Les groupes géographiques sont les suivants :

- Le groupe géographique station.
- Le groupe géographique secteur.
- Le groupe géographique ligne.

Les Groupes Géographiques Stations

Dans ce type de groupe de communication, tous les utilisateurs de portatif autorisés et présents dans une même station reçoivent la communication.

Ce groupe permet à des agents, situés dans une même station, de communiquer entre eux sans déranger le centre de liaison. Dans des cas rares où plus d'une équipe souhaite utiliser cette fonction simultanément, dans une même station, ces équipes s'entendront entre elles. Ce groupe est unique par station. Il existe autant de groupes géographiques station que de stations.

Les Groupes Géographiques Secteurs

Dans ce type de groupe de communication, tous les utilisateurs de portatif (PAP) autorisés et présents dans un secteur donné peuvent rentrer en communication (écouter et parler) avec les utilisateurs de ce groupe, dont le poste opérateur du centre de liaison qui supervise le secteur. Il existe autant de groupes géographiques secteurs que de secteurs.

La couverture d'un groupe géographique secteur correspond à la couverture de l'ensemble des stations de ce secteur. Pour un groupe géographique secteur donné, les stations dites « hors secteur » ne sont pas comprises dans la zone de couverture de ce groupe.

Les Groupes Géographiques Ligne

Dans ce type de groupes de communication, tous les utilisateurs de portatif ou PAP autorisés et présents sur une ligne donnée peuvent rentrer en communication (écouter et/ou parler suivant leurs droits) avec les utilisateurs de ce groupe, dont les postes opérateurs des centres de liaisons appartenant à ladite ligne.

Il existe autant de groupes géographiques ligne que de lignes de Métro.

Les Groupes Fonctionnels

Dans un groupe fonctionnel, on définit une liste de terminaux spécialement autorisée à utiliser ce groupe sur une zone définie pour ce groupe. La définition de la liste des terminaux possède un caractère plus discriminant que la zone de diffusion du groupe fonctionnel.

Les utilisateurs des postes opérateurs peuvent être autorisés à utiliser ces groupes fonctionnels quelle que soit leur localisation. Parmi ces groupes, on trouve :

- Le groupe fonctionnel secteur
- Le groupe fonctionnel intervention.

Les Groupes Fonctionnels Secteur

Dans l'un de ces groupes de communication, tous les utilisateurs de portatif attachés à un centre de liaison (CL) donné peuvent rentrer en communication (écouter ou parler) avec les utilisateurs de ce groupe et le centre de liaison d'attachement et ce quel que soit l'endroit où se trouvent ces portatifs sur la zone de couverture du groupe géographique ligne comprenant le centre de liaison d'attachement [RATP 4].

Il existe autant de groupes fonctionnels secteurs d'attachement que de secteurs.

Le Groupe Fonctionnel Intervention

Dans ce groupe de communication, tous les utilisateurs de portatif d'une ligne qui le souhaitent et ses centres de liaison peuvent rentrer en communication (écouter et/ou parler suivant leurs droits) avec les utilisateurs de ce groupe.

Il existe autant de groupes fonctionnels intervention que de lignes.

3.1.2.2 Les appels Individuels

Les appels individuels permettent la communication d'un utilisateur vers un autre utilisateur, la connexion est immédiate, les utilisateurs parlent à tour de rôle en utilisant la touche d'alternat (PTT).

Suivant les outils de communication utilisés : poste opérateur, portatif ou téléphone, le modèle de communication diffère notamment:

- Entre deux portatifs (PAP) ou entre un **PAP**²⁶ et un poste opérateur, la demande de prise de parole s'effectue à l'alternat. Ainsi, à un instant donné, un seul des deux interlocuteurs peut parler.
- Entre un Portatif (PAP) et un téléphone, l'alternat n'est pas utilisé. Ainsi, à un instant donné, les deux interlocuteurs peuvent parler en même temps. On parle alors de communication duplex ou full duplex.

L'accès à la fonction appel individuel nécessite une couverture radio et l'attribution d'autorisations. La zone de couverture radio permettant l'accès à cette fonction correspond à la zone de couverture du réseau métro.

Toutefois, il est à noter que, la couverture radio de surface permet également la transmission des appels individuels. L'engagement de service sur la couverture de surface est différent. Un appel individuel n'est pas interruptible par une communication de groupe.

3.1.2.3 Les appels d'Urgence

C'est une sorte d'appel opérateur appelé *dispatcher call* qui est une demande d'appel "individuel" vers une adresse de groupe.

L'appel est dirigé vers tous les opérateurs du groupe. Chacun des opérateurs peut répondre à l'appel. Quand l'un des opérateurs a répondu, la requête disparaît des autres dispatchers. L'appel doit être effectué en mode full duplex [**RATP 4**].

L'appel d'urgence est une fonction mise à disposition par les portatifs, cette fonction est activée par l'utilisateur d'un portatif lorsqu'il se trouve face à une situation dangereuse.

²⁶ **PAP** : Poste Autonome Portatif

De plus, à chaque fois que l'agent s'équipe d'un portatif, il doit effectuer un essai d'appel d'urgence pour être sûr qu'en cas de danger il sera secouru. En fait, il ne s'agit pas à proprement parler d'un appel, mais d'une alarme.

Sur déclenchement d'un appel d'urgence, une alarme est transmise de manière prioritaire à un **PO**²⁷ (ou à une famille de PO).

Diagramme de cas d'utilisation « appel d'urgence »

3.1.2.4 L'enregistrement

Les enregistrements de communications sont possibles depuis les centres de liaison ; cette fonction ne fait pas partie du périmètre du projet TETRA.

Cette interface devrait permettre de fournir au système d'enregistrement toutes les communications en provenance ou à destination d'un poste opérateur. Cela comprend :

- Les communications de groupes incluant au moins un poste opérateur.
- Les communications individuelles entre un poste opérateur et un portatif.
- Ces enregistrements pourront servir :
- A lever un doute ou à apporter des éléments de preuve en cas d'accident, d'incident d'exploitation, de dysfonctionnement. Ces éléments d'investigations ou d'enquêtes permettent de mieux comprendre les incidents et de progresser dans leur traitement.
- A évaluer les performances du service et à participer au retour d'expérience.
- A mettre en place des mesures appropriées (formation, changement d'organisation, signes de reconnaissance, recherche de pistes d'amélioration etc.).

3.1.2.5 La localisation

Cette fonction permet aux utilisateurs ayant un profil de supervision d'avoir en permanence la position d'autres utilisateurs qui sont dans leur zone de supervision.

L'utilisateur d'un poste opérateur dispose d'une information de localisation des terminaux selon deux modes de fonctionnement : lors d'événements radio ou à la demande de l'utilisateur du poste opérateur [RATP 4]. Ainsi, l'utilisateur d'un poste opérateur dispose d'informations de localisation concernant :

²⁷ **PO** : Poste Opérateur

- L'émetteur d'un appel de groupe, d'un appel individuel ou d'un appel d'urgence reçu par le poste opérateur.
- Le récepteur d'un appel individuel, au décroché de l'appel, émis par un poste opérateur.

L'Opérateur du centre de liaison (OCL) peut localiser sur chacune des stations de sa ligne, l'ensemble des portatifs affectés à la ligne, que ces portatifs soient ou non rattachés à son secteur. L'information de localisation correspond au nom de la station selon la définition de la zone de couverture station. Cette définition implique qu'il existe sur certaines zones, en inter-stations ou dans certains bureaux proches d'une station adjacente une incertitude sur la localisation à une station près. Pour résoudre ce problème les grandes stations de correspondance dans laquelle transitent plusieurs lignes sont divisées en plusieurs zones.

3.1.6 La journalisation

La journalisation permet aux attributs des communications entrantes/sortantes et aux alarmes d'être archivées dans un journal. Ils sont consultables dans un délai défini dans le *Serveur de Gestion*, via le poste opérateur [RATP 4].

Parmi les attributs de communication enregistrés on note :

- Les prises de paroles dans une communication de groupe :
 - L'identifiant de l'intervenant.
 - La localisation de l'intervenant.
 - L'horodatage du début de la prise de parole.
 - L'horodatage de la fin de la prise de parole.
- Les prises de paroles dans une communication individuelles:
 - l'identifiant de l'initiateur.
 - sa localisation.
 - l'horodatage de la demande d'établissement ou de la mise en communication.
 - l'horodatage de la fin de la communication.
 - le statut de la communication : décrochée/ non décrochée, échec de l'établissement.

- Les appels d'urgence :
 - L'identifiant de l'émetteur.
 - La localisation de l'émetteur.
 - L'horodatage de la réception de la communication.
 - L'horodatage de l'établissement de la communication.
 - L'horodatage de la fin de communication.
 - L'horodatage de la fin du traitement de l'alarme.

3.1.7 La gestion des zones de couverture

La fonction de gestion de la couverture radio est assurée de façon uniforme sur l'ensemble de la station pour les stations des secteurs attachés à la ligne. Concernant les stations de correspondance non attachées à la ligne prise en considération, leur couverture est assurée par leur ligne d'appartenance. Les zones de couverture prises en compte dans une station par exemple peut concerner les couloirs, les quais, salles de distribution, les accès, les locaux d'exploitation ...

La couverture de chaque station concerne l'ensemble de la station y compris les demi-inters stations. Dans la plupart des stations, la couverture actuelle comprend les zones de circulation des voyageurs sous emprise d'un secteur « Espace Métro » de la RATP (quais, couloirs, salles, accès, l'intérieur des rames de Métro éventuellement présents dans la station ou les demi-inters stations ainsi que les guichets, comptoirs d'informations, agences commerciales et Centre de Liaison).

La couverture de chaque ligne correspond à l'ensemble des couvertures des stations de la ligne, même celles considérées comme hors secteur pourvu que les stations de bases soient activées [RATP 4].

Par contre la couverture de surface est assurée par toutes les stations de bases rayonnant en surface, cela permet aux métros qui ont quelques stations en surface d'avoir un système de voisinage bilatérale avec les stations de bases (TBS) en souterrain.

3.2 Profils des utilisateurs des services

Dans ce projet les principaux acteurs donc les principaux utilisateurs de service sont des agents d'exploitation du métro notamment les agents de « Métro Espace Service », et comme évoqué précédemment l'acteur est celui qui bénéficie de l'utilisation du système et dont les résultats sont observables.

Ces acteurs sont connus et sont classés en deux types englobant plusieurs profils: **[R ATP 3]**
On a les acteurs mobiles (agents mobiles) et les acteurs fixes (agents fixes).

- Les agents mobiles peuvent être soit:
 - Les agents équipe mobile : ce sont des agents aux profils différents qui peuvent effectuer diverses actions en station notamment le contrôle, action commerciale, relève d'agents, canalisation voyageurs etc. Ils se déplacent seuls ou par équipe.
 - Les agents des bureaux de station : la vente des billets, la gestion de la station...
 - Les agents du groupe Contrôle Sécurité et Assistance (CSA) : ils appartiennent à la ligne et assistent les agents du service en station. Ils se déplacent sur l'ensemble de la ligne.
- Les agents fixes : Parmi les agents fixes, on trouve le superviseur du centre de liaison (CL), qui pilote les agents mobiles de son secteur. Il est unique par centre de liaison et est amené à discuter avec un certains nombre de groupe liés à la classe d'agents.

Le schéma de la figure 22 nous montre une représentation des agents en fonction du type de matériel utilisé et leurs rôles en fonction des affectations.

L'utilisateur du type agent fixe utilise comme matériel un poste opérateur en temps normal et un poste autonome portatif le cas de défaillance du poste opérateur. Il a un rôle de supervision, car il supervise les agents mobiles se trouvant sur son secteur de supervision.

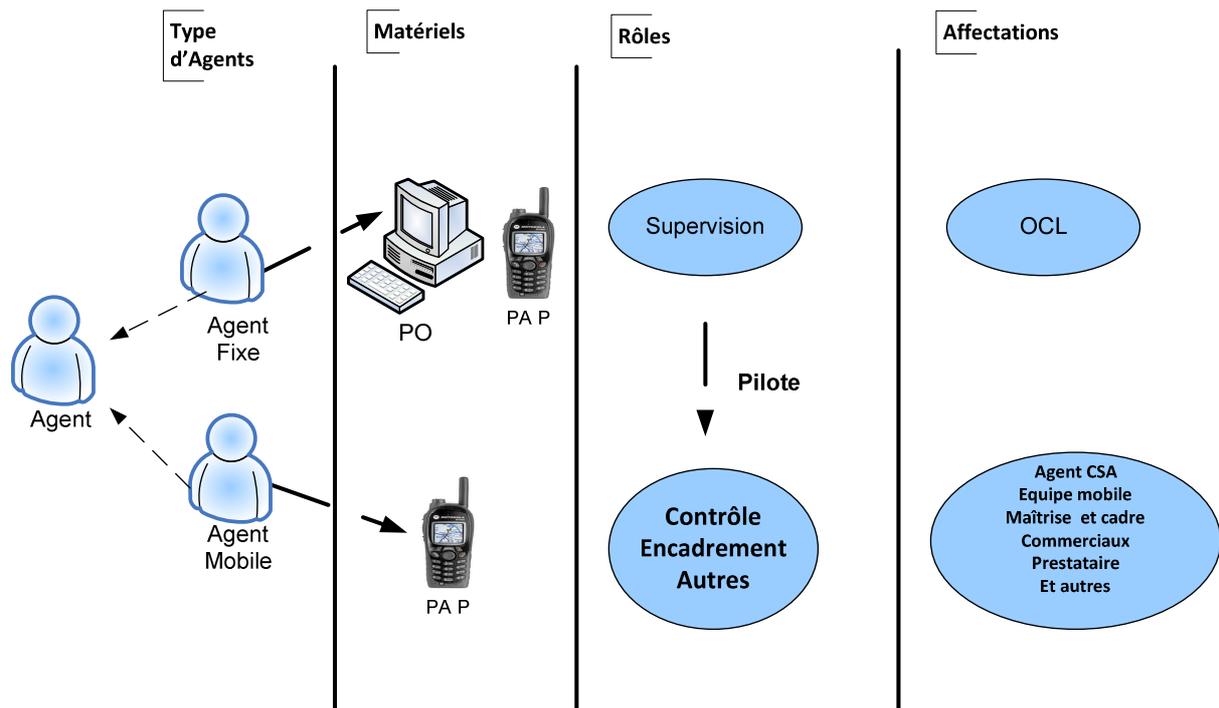


Figure 21: Profils des Utilisateurs

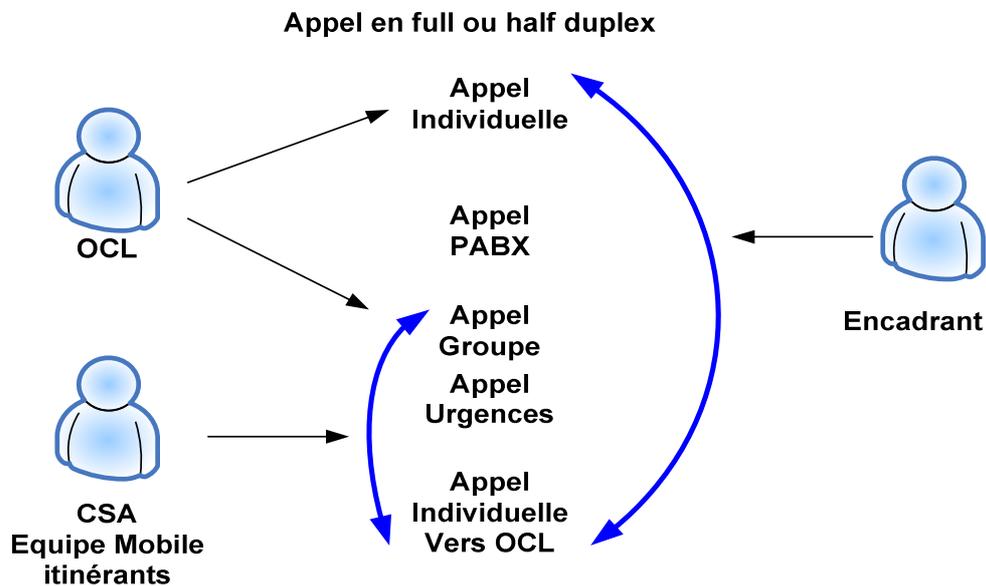


Figure 22: Profils et Types d'Appels

Le schéma de la figure 23, nous donne une répartition des types d'appels en fonction du type d'agents et leurs discriminants (profil et type d'appel).

Les utilisateurs au profil superviseur, c'est-à-dire OCL (les opérateurs du centre de liaison) peuvent faire des appels individuels, PABX et de groupe. Ils assurent la gestion d'un ou de plusieurs secteurs, ce sont des agents fixe qui supervise des agents mobiles. Ils utilisent un PO (poste opérateur) situé au centre de liaison dont ils ont la responsabilité. Ils peuvent être amenés à utiliser un PAP (Poste Autonome Portatif) de secours. Son poste opérateur leurs permet de recevoir et traiter des alarmes, émettre et de recevoir les appels de groupes ou individuels et leurs permettent d'accomplir d'autres fonctions.

Les utilisateurs au profil agent de contrôle, sont rattachés à un CL (Centre de Liaison) donné. Ils peuvent faire des appels de groupe, des appels d'urgence de type opérateur (appels individuels vers l'opérateur du centre de liaison dont ils dépendent).

Ils sont mobiles sur le secteur de leur centre de liaison d'attachement mais peuvent intervenir sur la ligne comportant leur secteur ainsi que dans les stations de leur secteur gérées par une ligne en correspondance. Leur mission première est le contrôle des titres de transport, l'assistance aux personnes, la sécurisation, la canalisation de flux et les animations commerciales ainsi que le contrôle de l'état des installations.

Ils travaillent en binôme et utilise les Portatifs. Parmi les tâches en charge de ces agents, on note le contrôle des titres de transport en point fixe ou dans une rame, la lutte contre la fraude, la canalisation des flux de voyageurs et sécurité des espaces et l'assistance aux personnes. Ils travaillent avec un Portatif (PAP) et ont un ou deux attachements par ligne de métro et ses attachements n'ont pas la même connotation que les centre de liaison et sont appelés attachement CSA. Après la fermeture des centres de liaison, leurs appels d'urgence aboutissent au PC Sécurité.

Les utilisateurs au profil encadrant ; sont des cadres ou agents de maîtrise qui assurent l'encadrement des agents qui sont sous leurs responsabilités.ils peuvent faire tous les types d'appels comme matérialisé sur le schéma de la figure 24. Ils sont rattachés à un centre de liaison donné et sont mobiles sur leur secteur et toute la ligne comportant leur secteur. Ils peuvent intervenir à l'extérieur du métro et utilisent un portatif comme outil de travail et sont rattachés à leur centre de liaison d'attachement.

3.3 Modèles de conception du système Radio Espace Métro

3.3.1 Diagramme de cas d'utilisation

Les acteurs étant répertoriés et les différents cas d'utilisation listés, le schéma 24 nous montre l'ensemble des cas d'utilisation couvrant les différentes fonctions de communication qui peuvent se présenter lors des échanges de communications entre agents.

En règle générale les cas d'utilisation ou « *Use Case* » représentent un ensemble de séquences d'actions réalisées par le système. Ceci permet de modéliser une sorte d'interaction entre acteurs et le système.

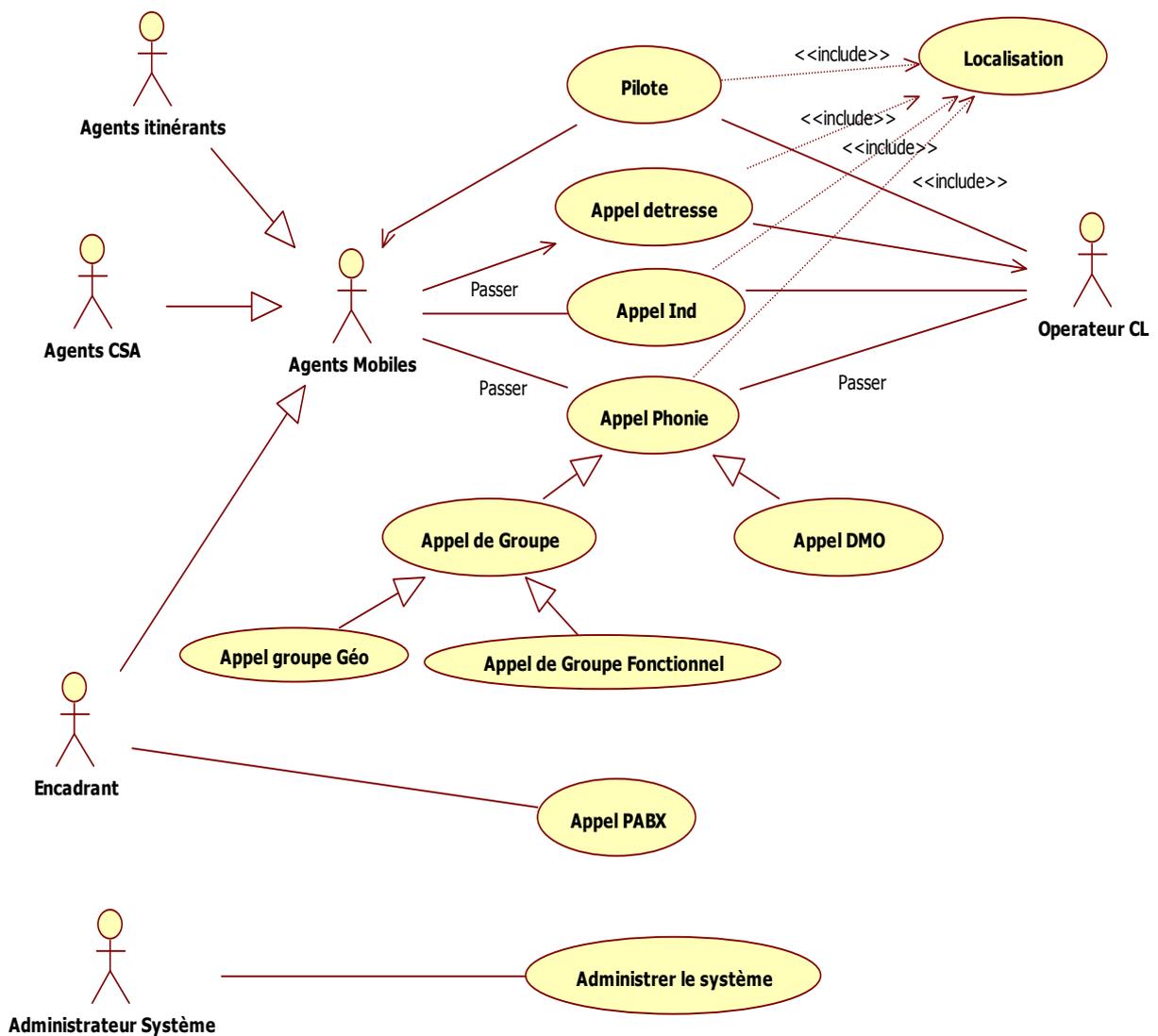


Figure 23: Diagramme de cas d'utilisation du Système Radio Espace Métro

Le schéma de la figure 24 montre les actions que peuvent faire les utilisateurs quand ils interagissent avec le système, l'ensemble des ces cas est illustré sous forme d'un tableau présenté sur la figure 25.

On présente les différents cas d'utilisation entre les différents acteurs notamment en ce qui concerne leurs droits de communication respectifs. Dans ce cas par exemple d'un agent fixe qui est l'opérateur de centre de liaison, en ce qui concerne les droits de communication, il peut faire:

- Un appel individuel.
- Un appel de groupe.
- Ne peut pas faire un appel PABX, mais peut en recevoir.
- Ne peut pas faire un appel urgence, mais peut en recevoir.

En dépit des droits de communication, il peut faire un certain nombre d'actions comme piloter les agents mobile et bien d'autres.

Droit de communication des acteurs du système				
	Appel Individuel	Appel Individuel Vers PABX	Appel de Groupe	appel d'urgence
Agent Fixe (OCL)	oui	Non	oui	non
Encadrant	oui	Oui	oui	oui
Agent CSA	Vers OCL	Non	oui	oui
Agents Equipe Mobile	Vers OCL	Non	oui	oui
Autres	Vers OCL	Non	oui	oui

Figure 24: Tableau des droits de communication des différents acteurs

3.3.2 Diagramme de séquence système

Le diagramme de séquence permet une représentation graphique des interactions entre acteurs et système selon un ordre chronologique dans le formalisme UML.

Le diagramme de séquence ci-dessous montre les interactions dans le cadre du scénario « demande d'appel individuel ».

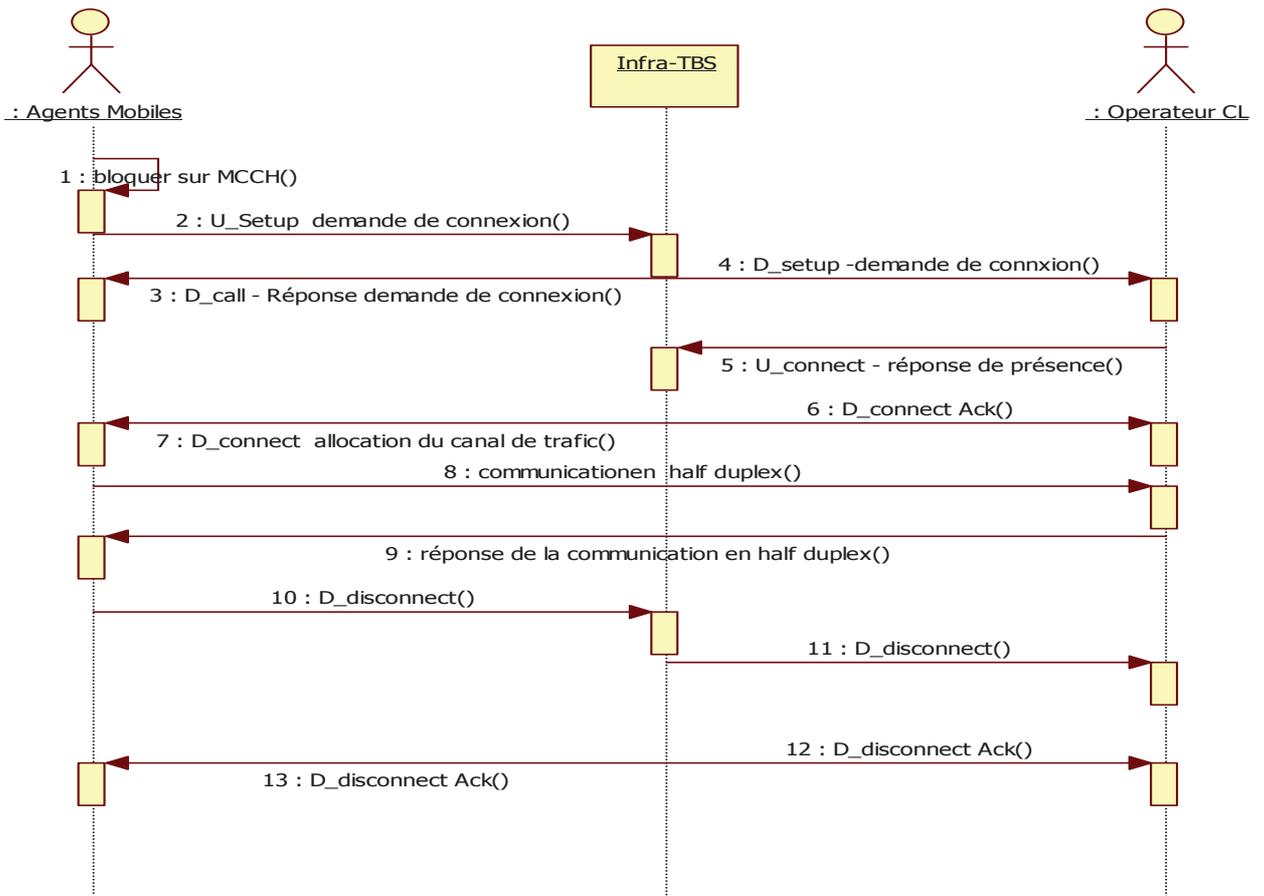


Figure 25: Diagramme de Séquence Système du scénario «demande d’appel individuel»

Le diagramme de séquence de la figure 26 montre les interactions entre un agent mobile avec un portatif et un opérateur de centre de liaison dans le cas d’un scénario d’appel individuel. En veille un mobile reste calé en permanence sur le canal MCCH, afin d’acquérir les informations système et aussi pour pouvoir détecter d’éventuels appels entrant.

Suivant la progression de l’échelle de temps pour décrire les échanges entre un portatif et un poste opérateur, les échanges se déroulent comme suit :

- Demande de connexion vers l’infrastructure TETRA.
- Simultanément une réponse et une demande est envoyée vers **M1**²⁸ et le **M2**²⁹.
- **M2** répond à l’infrastructure pour montrer qu’il est présent.
- L’infrastructure alloue un canal de communication **TCH**³⁰.
- Et les deux terminaux peuvent communiquer.

²⁸ M1 : Mobil numéro 1

²⁹ M2 : Mobil numéro 2

³⁰ TCH : canal de communication principal

L'exemple suivant met en évidence un scénario d'appel d'urgence entre un agent quelconque et un opérateur de centre de liaison (OCL), comparer au diagramme précédent, ceci pourrait être pareil à par qu'il faut tenir compte de l'indicateur d'appel d'urgence lors de l'établissement d'appel.

Description du scénario « appel d'urgence »

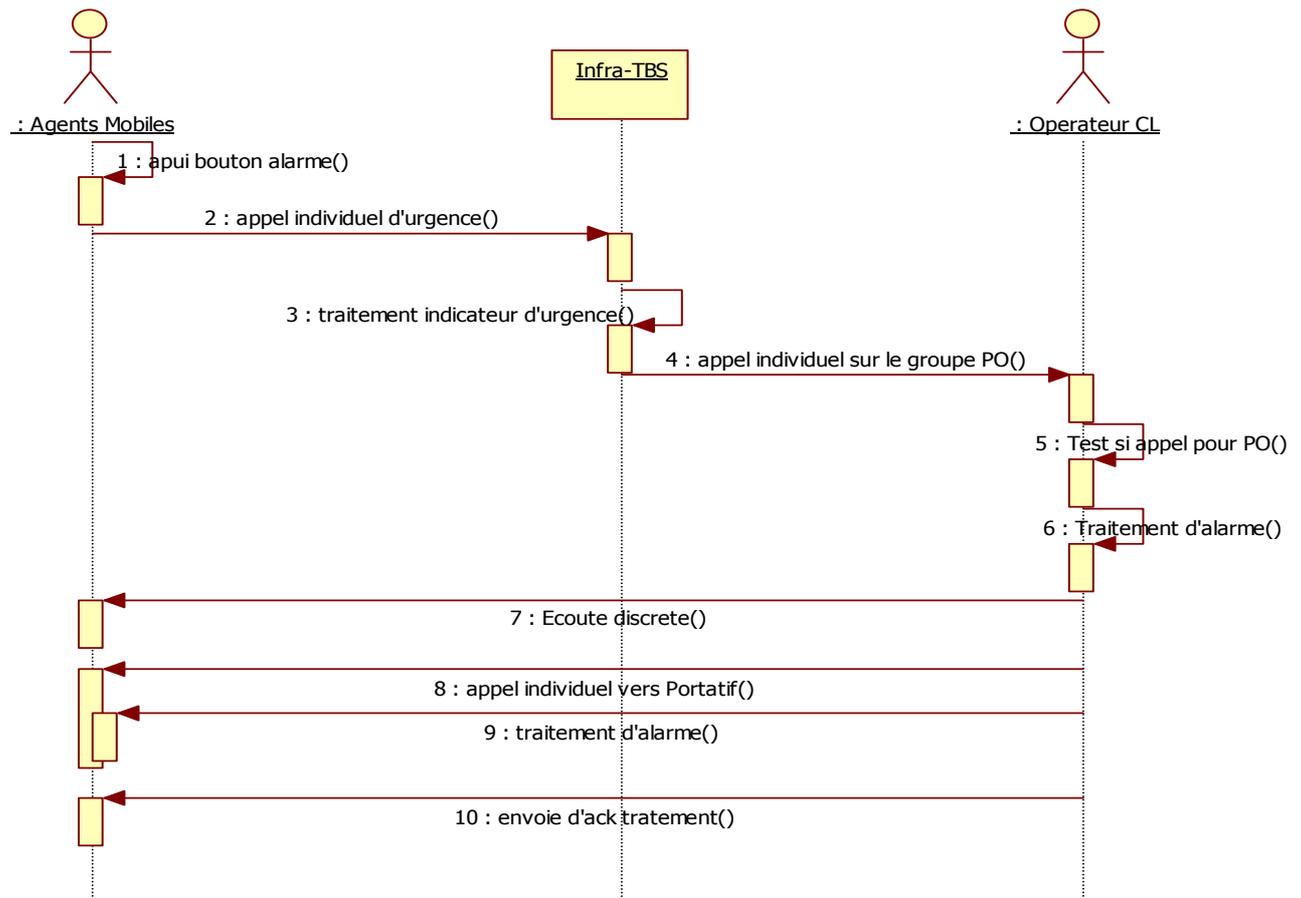


Figure 26: Diagramme de Séquence Système du scénario « appel d'urgence »

Les interactions sur le diagramme de la figure 27 montrent les échanges entre un agent et un opérateur du centre de liaison (OCL) d'un cas de détresse ou d'urgence. Tout agent utilisant un portatif dans le cadre des missions qui lui sont affectées doit faire un essai d'appel d'urgence pour s'assurer de son bon fonctionnement.

Au cours d'une situation de détresse, l'agent en détresse se doit d'appuyer sur un bouton d'alarme pour signaler une situation critique, ce qui déclenche automatiquement un appel opérateur vers un poste opérateur de son secteur d'attachement.

L'interaction dans le cadre d'un appel d'urgence, se déroule comme suit :

- Le processus commence dès lors qu'on appuie sur le bouton d'alarme.
- Déclenchement automatique d'un appel vers l'infrastructure TETRA.
- Test au niveau de l'infrastructure sur l'indicateur d'urgence.
- Test au niveau de l'infrastructure au niveau du choix du groupe à appeler.
- Appel opérateur vers le poste opérateur (PO).
- Test au niveau du PO, à propos de l'indicateur d'appel.
- Prise en compte du traitement d'alarme au niveau du PO.
- Lancement de l'écoute discrète.
- Appel individuel vers agent en détresse pour traitement d'incidents.
- Traitement d'incidents.
- Envoie message sous forme d'acquiescement pour l'alarme traitée.
- Fin

3.3.3 Diagramme d'activités

Le diagramme d'activités présente une sémantique proche du diagramme de communication; il modélise un processus tout en décrivant les échanges incluant les flots de contrôle. Dans notre cas, nous l'utilisons pour décrire le scénario d'échange concernant un appel d'urgence.

Le schéma de figure 28 montre le déroulement d'un processus d'appel d'urgence, en mettant un accent sur les messages en entrée et en sortie, sur les tests de vérification concernant l'indicateur d'alarme, les tests concernant l'appel opérateur et aussi sur choix de l'appel de groupe à effectuer vers le PO (poste opérateur). Il nous montre les frontières entre l'utilisateur, le PAP (portatif), l'infrastructure TETRA et le poste opérateur.

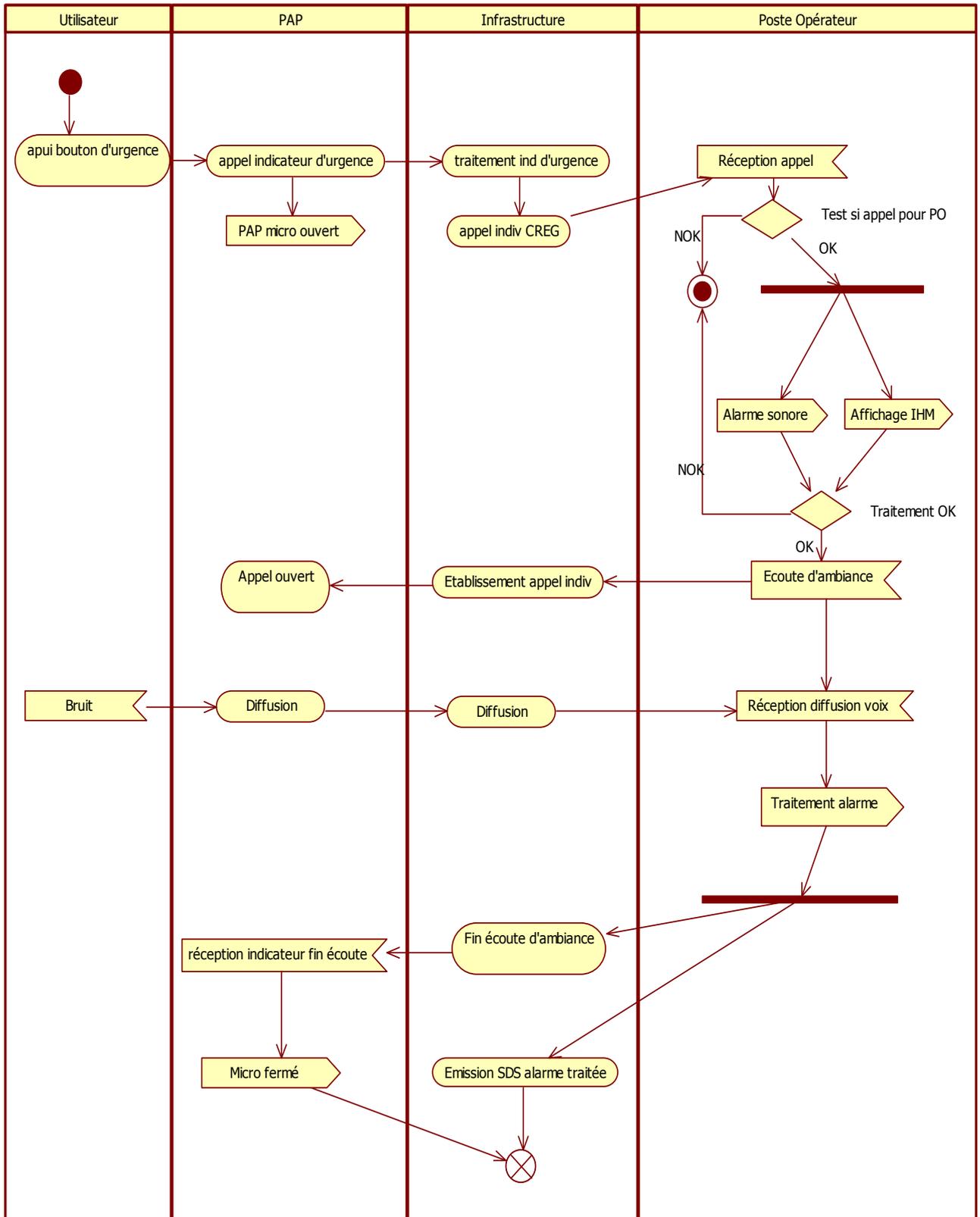


Figure 27: Diagramme d'Activité Système du scénario «Appel d'urgence»

La description du processus sur le diagramme d'activité se déroule comme suit :

- Le processus commence dès lors qu'un utilisateur appuie sur le bouton d'alarme.
- Au niveau du PAP (portatif) se traduit par un appel vers l'infrastructure et l'ouverture automatique du micro côté portatif.
- A la réception de l'indicateur d'urgence et après vérification interne à l'infrastructure, un appel de groupe CREG (appel opérateur) est envoyé vers le PO (poste opérateur).
- A la réception de l'appel, un test est effectué pour savoir si c'est destiné au Poste Opérateur.
- Si c'est non, le traitement se termine ; si c'est oui le Poste Opérateur affiche l'IHM de l'alarme et un indicateur sonore.
- L'OCL (opérateur du centre de liaison) met le portatif en écoute discrète, c'est-à-dire écoute tout ce qui se passe à côté du portatif.
- Et traite l'alarme en appelant l'agent pour en savoir plus
- Une fois l'incident traité, met fin à l'écoute et fin à l'alarme en envoyant un message SDS (*Short Data Service* ou Service Court de données) comme *Ack*.

3.3.4 Liste des données essentielles

La transformation des données est faite à partir d'un zoom de l'ensemble des activités capturées du scénario « appel d'urgence » du diagramme d'activités.

La lecture de ce diagramme montre différents scénarios avec des frontières bien délimitées entre les interactions portatif (PAP), infrastructure TETRA et le poste opérateur.

Au niveau du PAP (Poste Automne Portatif), l'ensemble des activités participant aux échanges de ce scénario est réalisé à partir du dispatcher (DWS). La lecture des interactions PAP-infrastructure commence quand un utilisateur actionne le bouton d'alarme, aussitôt on a un indicateur qui interprète cette action comme un lancement d'appel opérateur vers l'opérateur du centre de liaison dont on dépend.

L'indicateur d'appel est codé en dur lors de la programmation du portatif, cela dépend de son secteur d'affectation et des attributs de communication liés à la fonction de l'agent utilisateur du portatif.

Le déclenchement de l'appel est fait lors de l'appui d'un bouton, le choix de ce bouton est volontaire et dépend des attributs de communication.

Le tableau de la figure 29, nous donne un aperçu des éléments de construction pris en compte lors de la programmation d'un portatif au niveau du *dispatcher*.

Portatif	
Attributs	Description
Mnémonique	String
AffectationDXT	String
ISSI	Integer
IDAlarme	Integer
AffectationTBS	Integer
LigneAffectation	Integer
AffectationOB	Integer
Classe	Integer
DroitCom	Integer
MCC	Integer
MNC	Integer
NumGroupe	Integer

Figure 28: structure d'un Portatif

Au niveau de l'infrastructure TETRA l'ensemble des activités liées au scénario « appel d'urgence » met en œuvre une sorte d'interaction entre le *dispatcher*, le serveur de gestion et le cœur de réseau TETRA, car la construction des groupes se fait au niveau du dispatcher, la création du service radio à proprement parlée se fait au niveau du commutateur (DXT) et la création du poste opérateur se fait au niveau du serveur de gestion. L'ensemble des activités citées dans le scénario d'un appel d'urgence comme matérialisé sur le diagramme d'activité système, nous a permis de définir certains éléments des ressources radio utilisées dans le DXT lors de la construction d'un service comme l'indique la figure 30.

DXT	
Attributs	Description
Nom	String
Identifiant	Integer
Affectation	Integer
TBS	Integer
IndCall	Integer
LAID	Integer
BDSU	Integer
DSC	Integer
TDSC	Integer
CGR	Integer
ET	Integer
IT	Integer

Figure 29: structure d'un DXT

Au niveau du poste opérateur, l'ensemble des activités prises en compte dans le cadre du scénario « appel d'urgence » comme matérialisé sur le diagramme d'activités est fait essentiellement sur le poste opérateur lié à un serveur de gestion dédié et aussi du fait que lors de la création de celui-ci, les groupes, les secteurs d'affectation, les stations de base TETA, le numéro d'identification sont codés en dur lors de la programmation du poste opérateur.

Chaque poste opérateur contient un certain nombre de groupes et de secteurs définis en fonction de la composition de la ligne de métro qu'il gère, les attributs de communication liés aux agents affiliés à la ligne sont aussi codés en dur lors de la programmation du poste opérateur, on note entre autre, le numéro de la ligne de métro d'affectation, son nom, les GSSI c'est-à-dire les numéros de groupes, son ISSI, son profil et bien d'autres.

L'ensemble de ses attributs nous ont permis de définir un poste opérateur dont les éléments constitutifs sont représentés sur la figure 31.

Poste Opérateur	
Attributs	Description
Nom	String
Type	Integer
ISSI	Integer
GSSI	Integer
LigneAffectation	Integer
Secteur	String
Stations	String
IdDXT	Integer
Profil	String
InterfaceUnit	Integer
PrefixeOB	Integer
Mnémonique	String

Figure 30: structure d'un Poste Opérateur

Chapitre 4

Implémentation des services du système Radio Espace Métro

Ce chapitre présente les activités techniques d'implémentation du service Radio Espace Métro. On présente la démarche de déploiement du service radio sur l'infrastructure TETRA et la supervision en faisant usage des outils de production disponibles.

4.1 Activités d'ingénierie de services télécom

La figure 33 schématise l'ensemble des activités mis en œuvre dans le cadre de l'ingénierie du système TETRA de la RATP. Parmi ces activités on distingue :

- L'intégration au niveau du commutateur (**DXT**³¹)
- L'intégration au niveau du DWS (*Dispatcher*)
- L'intégration au niveau serveur de gestion et de localisation
- L'intégration au niveau **TCS**³² et du **CDD**³³
- L'intégration au niveau des applications de supervision (**GSEM**, **NetAct**³⁴, **Nagios**³⁵...)
- L'intégration au niveau du **DNS**³⁶ et *Access List*³⁷

³¹ **DXT**: Digital Exchange for TETRA

³² **TCS**: Serveur de Connexion TETRA

³³ **CDD** : Configuration and Data Distribution server

³⁴ **NetAct** : surveillance et gestion des charges de trafic

³⁵ **Nagios** : Application de surveillance système et réseau

³⁶ **DNS** : Système de Nom du Domaine

³⁷ **Access list** : Liste de contrôle d'accès

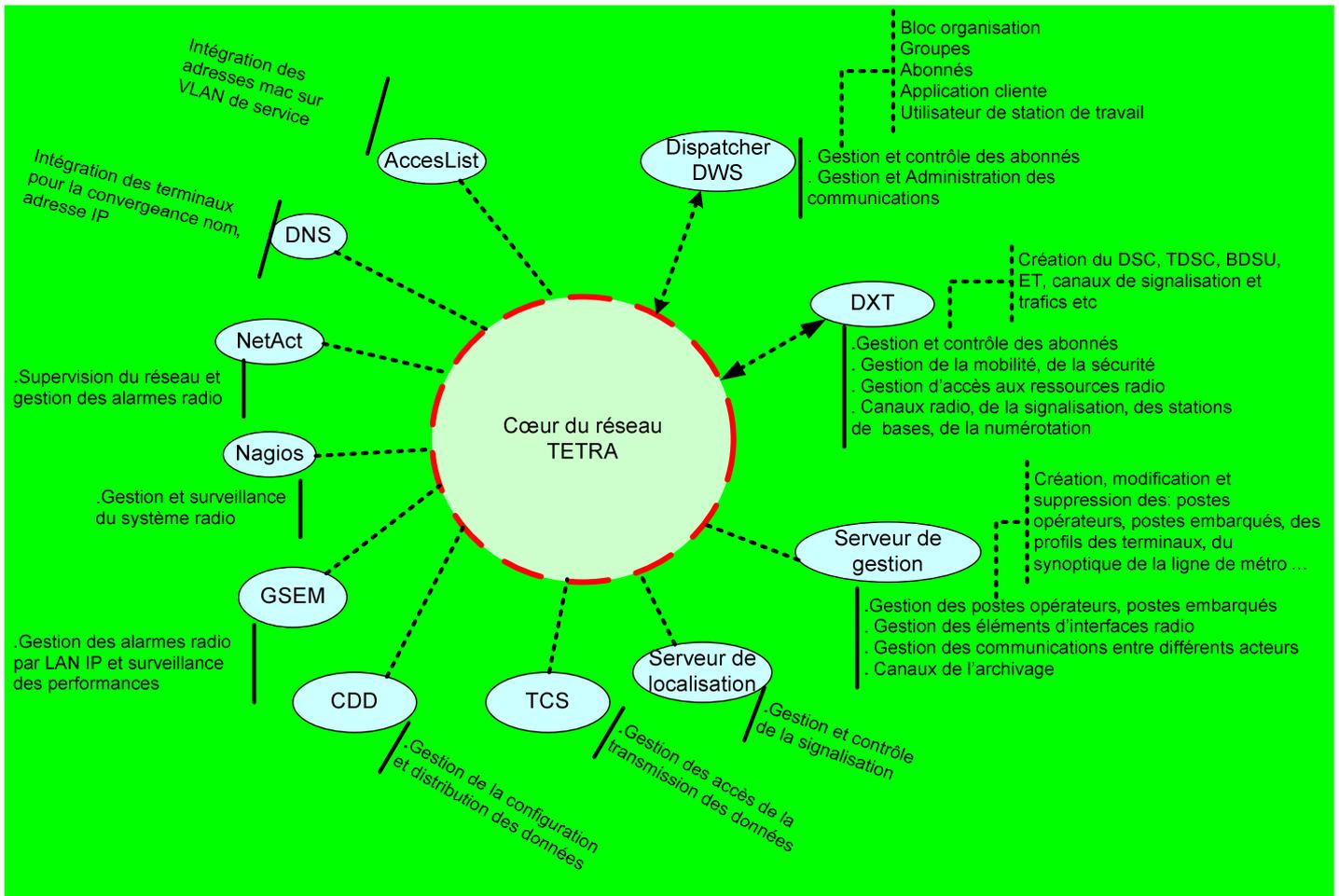


Figure 31: schéma sur l'ingénierie du système TETRA de la RATP

Le schéma de la figure 32 représente l'ensemble des activités de l'ingénierie système télécom dans le cadre de l'implémentation de service. On peut y observer les divers travaux sur le commutateur (DXT), le Dispatcher (DWS), le serveur de gestion, le serveur de localisation, le TCS, le CDD, le SGEM, Nagios, DNS, AccesList...

Au niveau du DWS (Dispatcher) qui s'occupe de la gestion et contrôle des abonnés on peut citer comme action, la création, la suppression et la modification des blocs opérationnels, des groupes, des abonnées, des applications clientes, des utilisateurs de station de travail, des attributs de communications ...

Au niveau du serveur de gestion qui s'occupe de la gestion des postes opérateurs et postes embarqués, de la gestion des éléments d'interface radio, de la gestion des communications entre différents acteurs et aussi de l'archivage, on trouve différentes activités comme :

La création, suppression et modifications des synoptiques d'une ligne de métro, des secteurs de la ligne, des groupes de communications affiliées à la ligne, le profil du poste concerné ... Le schéma de la figure 33, matérialise l'interaction entre le dispatcher, le serveur de gestion, le commutateur DXT et les terminaux (portatif radio, poste opérateur) dans le cadre du processus de déploiement de cette étude.

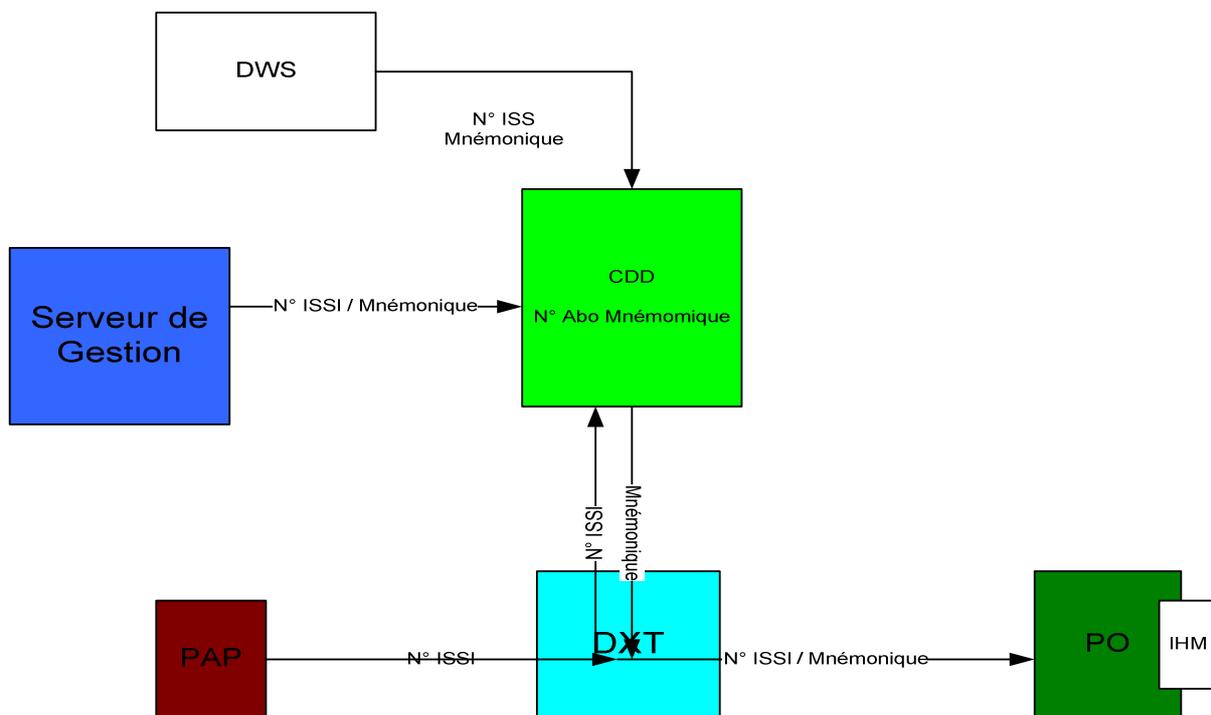


Figure 32: Architecture d'interaction PO - PAP - DXT - DWS

Le CDD s'occupe de la collecte et la distribution des données sur l'infrastructure TETRA, le schéma de la figure 33, nous donne un aperçu de quelques attributs de communication utilisés lors de l'interaction entre le DWS, CCD, serveur de gestion, le DXT, le PAP (Portatif) et le poste opérateur.

4.2 Intégration du service radio dans l'infrastructure TETRA

La démarche d'intégration du service radio met en œuvre l'implémentation des différents éléments de la structure du service radio au niveau du cœur de réseau radio (DXT, TBS et CDD) et au niveau des applications de supervision radio.

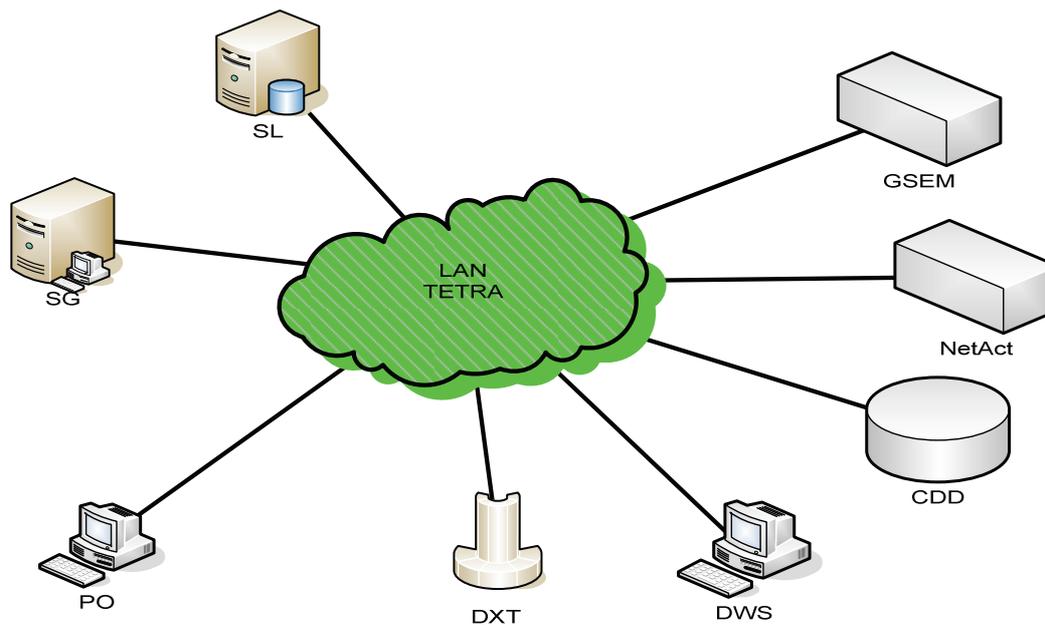


Figure 33: Architecture d'implémentation des services radio

Le schéma de la figure 34 montre les différents éléments pris en compte au niveau de l'infrastructure TETRA lors de la démarche de développement d'un service radio:

- Terminaux : DWS (*Dispatcher WorkStation*), PO (Poste opérateur).
- Cœur de réseau : DXT (Commutateur), TBS (Station de Base TETRA), TCS (Serveur de Connexion TETRA), CDD (*Configuration and Data Distribution Server*)...
- Supervision : GSEM, NetAct.
- Interface générique : Serveur de localisation, serveur de gestion ...

Pour mettre en œuvre les différents blocs fonctionnels constituant le service radio espace métro, nous nous appuyons sur l'infrastructure TETRA qui est le cœur du réseau ; en effet il faut d'abord construire les circuits SPVC par lesquels vont transiter les informations réseau dédiées. La construction de ces circuits prend en compte les informations d'équipements d'accès et d'équipements de distribution qui permettent à travers le réseau RFHD (Réseau Fédérateur Haut Débit) de transporter la voix et des données dédiées à chaque équipement créé.

La construction des circuits SPVC se fait par un montage réseau particulier qui prend en compte un tableau de routage, les numéros de port du DSLAM par lesquels transitent les informations destinées à un terminal quelconque. Après la configuration des circuits, il faut configurer les routeurs, le DXT, le serveur de gestion et de localisation et l'application de supervision.

Le schéma de la figure 35 montre les éléments pris en compte lors de la construction d'un circuit.

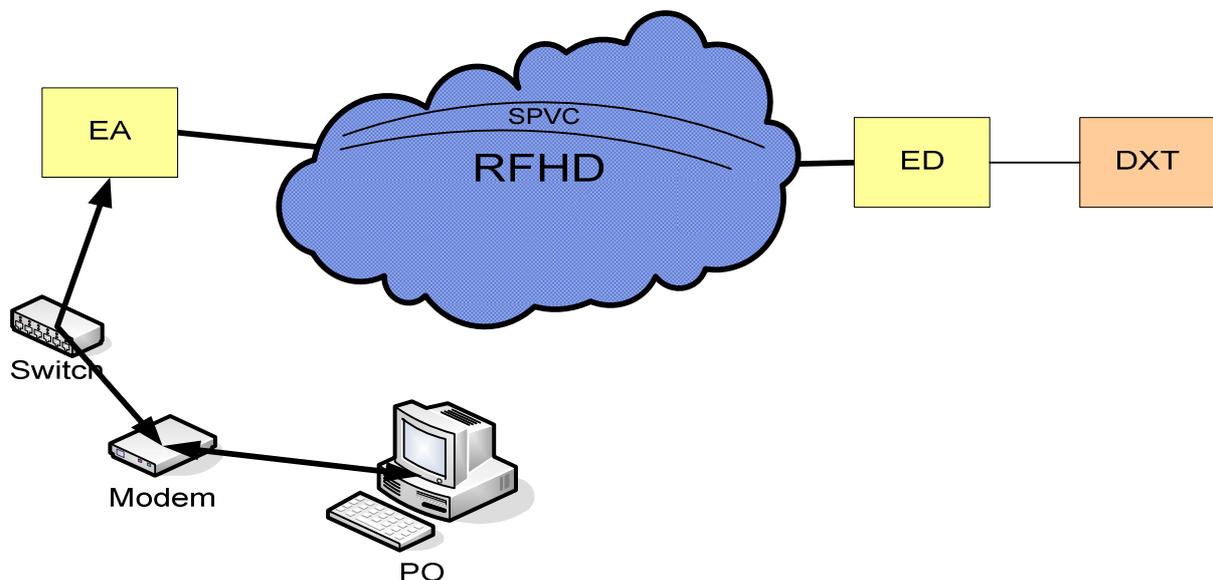


Figure 34: Synoptique de liaison Poste Opérateur - DXT (Commutateur)

4.2.1 L'intégration au niveau DXT

Le rôle du DXT dans le réseau TETRA est la gestion de présence ou non d'un mobile sur le réseau, la gestion de la mobilité des terminaux et les ressources radio affectées.

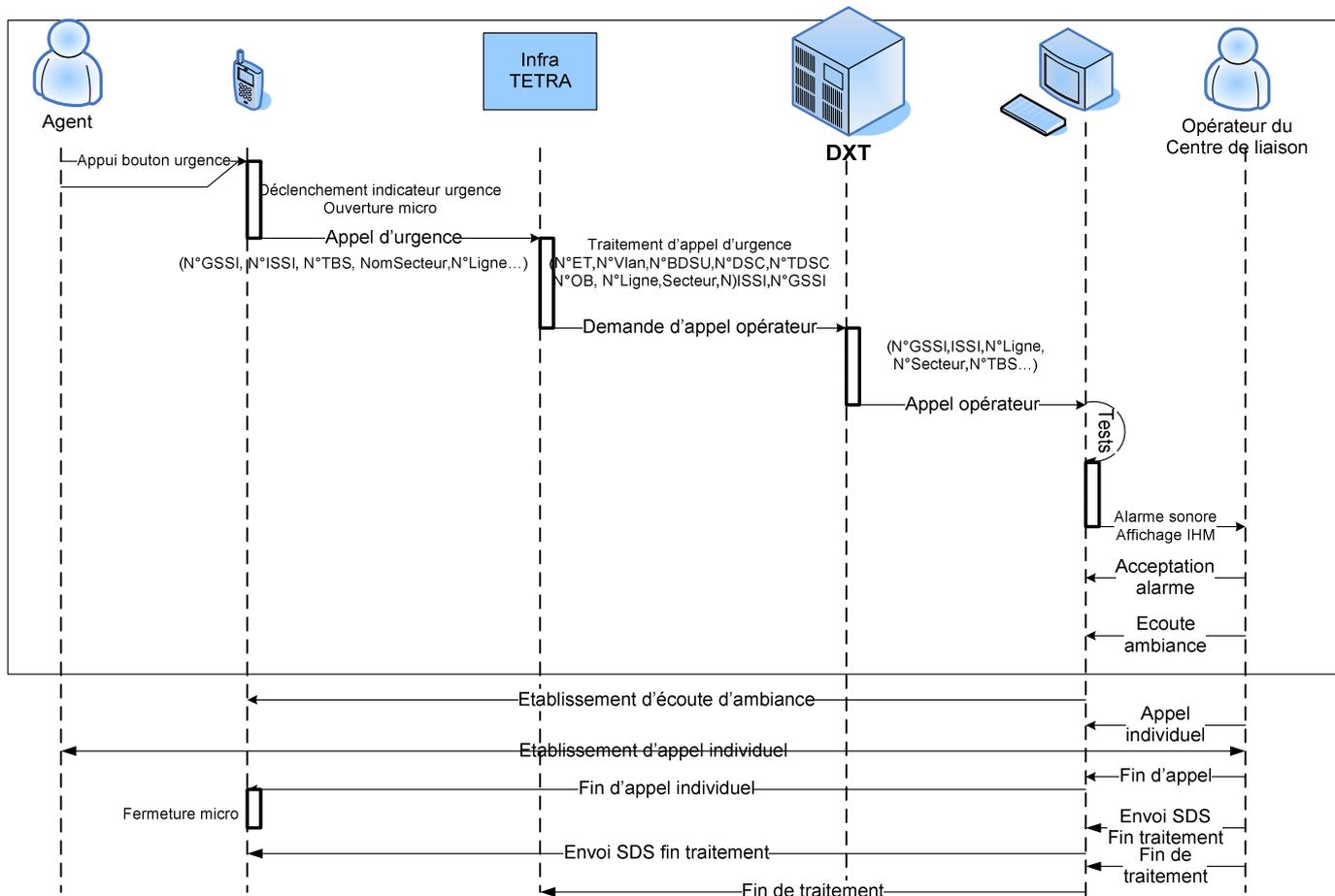
Le DXT constitue la clé de voûte du cœur de réseau TETRA, c'est au niveau du DXT que sont créés les paramètres radio, qui permettent aux PO (Postes Opérateurs) de pouvoir communiquer avec des mobiles radios.

L'implémentation au niveau du DXT, consiste à créer tous les paramètres radio pour un service dédié. Ces paramètres sont créés en fonction d'une matrice tenant compte des équipements d'interconnexion entre un site de départ et un site d'arrivée et aussi des matrices d'affectation pour la gestion des BDSU [RATP 5].

Lors du développement d'un service radio, il y a une partie des tâches qui est réalisée sur l'interface d'administration des DXT, pour cela le processus d'intégration au niveau des DXT se déroule comme suit :

- Création des équipements DSC (*Dispatcher Station TETRA*).
- Création du TDSC (*Tetra Dispatcher Station Controller*).
- Affectation des BDSU.
- Création des LAPD pour la signalisation sur les ITs et carte PCM dédiés.
- Activation du numéro de la carte PCM ou ET.
- Création des groupes de circuits voix.
- Création des canaux 8 bits.
- La création des circuits SPCV associés aux différents VLAN.
- L'ouverture des ports sur les switch ...

A titre d'exemple de réalisation nous présentons le processus d'appel d'urgence sous forme de scénario nominal décrit à l'aide du diagramme de séquence ci-dessous.



Pré condition :

- Le portatif est bien déclaré sur le réseau
- Le portatif est état de marche
- Le poste opérateur est allumé
- L'opérateur du centre de liaison est à son poste

Scénario nominal :

1. L'agent porteur du portatif appuie sur le bouton d'alarme.
2. Le portatif déclenche automatiquement l'indicateur d'urgence et ouvre son micro.
3. le portatif lance un appel d'urgence vers le centre de liaison via l'infrastructure TETRA avec un certains nombres d'indicateurs.
4. L'infrastructure TETRA vérifie le type d'appel entrant et lance un appel opérateur vers le Poste Opérateur concerné à travers le commutateur (DXT).
5. Le DXT vérifie et route l'appel vers le Poste Opérateur concerné.

6. Le Poste Opérateur effectue des tests à partir des indicateurs reçus.
7. Le poste opérateur lance simultanément une alarme sonore et affiche l'IHM d'appel d'urgence sur l'écran à l'attention de l'opérateur du centre de liaison.
8. L'opérateur du centre de liaison en acceptant l'appel, lance une écoute d'ambiance vers le portatif via l'infrastructure TETRA.
9. L'infrastructure alloue les canaux pour une écoute discrète vers le portatif.
10. L'opérateur du centre de liaison lance un appel individuel vers l'agent concerné par le portatif pour traitement.
11. L'opérateur du centre de liaison met fin à la l'appel, ce qui entraîne la fermeture automatique du micro du côté du portatif.
12. L'opérateur du centre de liaison envoie un message (SDS) vers le portatif sous forme *ack*.

Un DXT est composé de plusieurs cartes (ET³⁸, BDSU³⁹, CCSU...), chacune de ces cartes joue un rôle particulier. Certaines permettent la communication inter DXT, d'autres la communication avec les TBS ou réseau PABX.

Après la création des éléments radio, il faut faire correspondre certaines cartes du DXT aux circuits SPVC et au TDSC⁴⁰ au niveau du Dispatcher. Le DXT et le DWS communiquent par le biais d'un lien E1 dédié. Pour mettre la communication entre un PO (Poste Opérateur) et un terminal quelconque, on doit créer une application cliente dédiée à un poste opérateur et un utilisateur de station de travail.

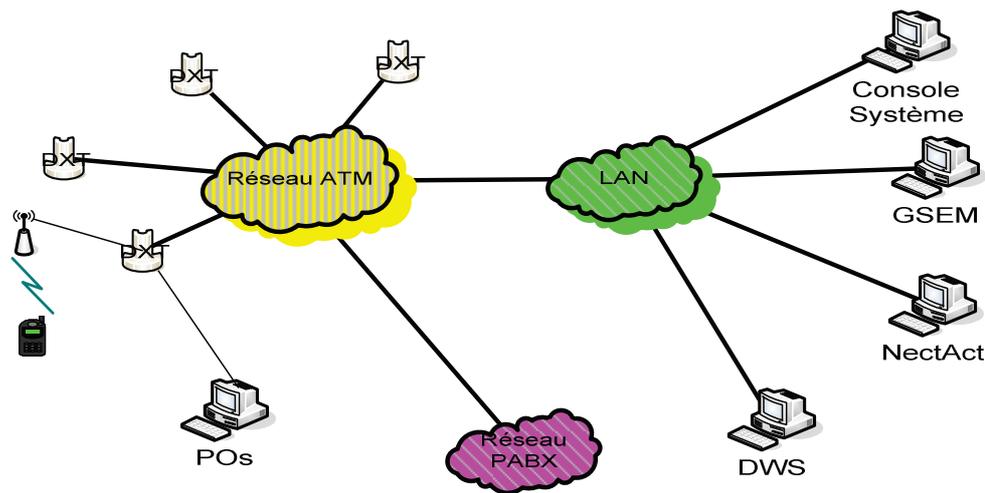
C'est la création de l'utilisateur de station de travail et de l'application cliente qui permet à un poste opérateur de pouvoir communiquer avec les terminaux, car la gestion des droits de communication se fait par le biais du dispatcher.

Le schéma de la figure 36 montre l'architecture d'une partie du réseau TETRA et les copies d'écrans lors de la création des éléments radio dans le DXT.

³⁸ **ET** : *Exchange Terminal* (carte d'interface E1 du DXT)

³⁹ **BDSU** : *Base Station and Dispatcher System Chanel Signaling Unit*

⁴⁰ **TDSC** : *Tetra Dispatcher Station Controler*



Architecture réseau DXT

Figure 35: Schéma DXT et Application de Supervision

Le schéma de la figure 37, montre l'état des affectations des canaux de trafic et le numéro de la carte ET associé. Ceci donne l'état des groupes de circuits voix sur la carte PCM ou ET ; qui est une carte permettant la communication inter DXT et avec le PABX, on a :

- **PCM-TSL-SUBTSL (65-1-0):** qui indique le numéro de la carte PCM (ET), le numéro du *Time Slot* associé et la position des groupes de circuit voix.
- **ORD :** c'est le nombre total de canaux de trafic, on en a 17 au total.
- **HGR :** indique la position des *Time Slot*, sur le premier *Time Slot* on a un canal associé, sur le deuxième *Time Slot* on a 8 canaux de trafic, pareil sur le troisième *Time Slot*. Au total, on a 17 canaux de trafic repartit sur trois *Time Slot*.
- **State :** indique l'état, on voit *WO-EX*, ce qui indique qu'ils sont en état de fonctionnement.

```

FORMAT      : PCM-TSL-SUBTSLHM1      : -          NBCRCT      : 17
DIR         : BI                      LSI          : -          ASI          : -
UPART      : -

CIRCUIT(S)

PCM-TSL-SUBTSL      ORD      CTRL      HGR      STATE      LSI
65-1-0              1        X        1-1      WO-EX      -
65-2-0              2        X        1-2      WO-EX      -
65-2-1              3        X        1-3      WO-EX      -
65-2-2              4        X        1-4      WO-EX      -
65-2-3              5        X        1-5      WO-EX      -
65-2-4              6        X        1-6      WO-EX      -
65-2-5              7        X        1-7      WO-EX      -
65-2-6              8        X        1-8      WO-EX      -
65-2-7              9        X        1-9      WO-EX      -
65-3-0              10       X        1-10     WO-EX      -
65-3-1              11       X        1-11     WO-EX      -
65-3-2              12       X        1-12     WO-EX      -
65-3-3              13       X        1-13     WO-EX      -
65-3-4              14       X        1-14     WO-EX      -
65-3-5              15       X        1-15     WO-EX      -
65-3-6              16       X        1-16     WO-EX      -
65-3-7              17       X        1-17     WO-EX      -

COMMAND EXECUTED

CIRCUIT GROUP HANDLING COMMAND <RC_>
< ZPXI

LOADING PROGRAM VERSION 4.7-0

```

Figure 36: Copie d'écran d'Eléments radio affilié au DXT

Le schéma de la figure 38 ci-dessous, montre les informations concernant la station de base numéro 19, avec son numéro d'index, son mnémonique, son numéro d'indentification et quelques informations globales sur la station de base notamment :

- Le numéro de la station de base
- Le type de combiner utilisé
- Les informations sur le *Tranceiver* notamment :
 - Les numéros de TTRX.
 - La classe concernant la puissance.
 - La fréquence choisie
 - L'index
 - Et le choix du MCCH (canal de signalisation principal)

Les commandes sont faites en langage MML sur un terminal dédié, la figure 38 montre le résultat de ces commandes concernant l'affectation des cartes ET-TDSC.

Figure 37: Copie d'écran d'affectation carte ET – TDSC

```

CELL INDEX ..... 1
CELL MNEMONIC ..... GRB001
LOCATION AREA IDENTIFIER ..... 112
LOCATION AREA MNEMONIC ..... GRB001

***** BASE STATION DATA OF THE CELL *****
BASE STATION NUMBER ..... 19
COMBINER TYPE ..... AUTOTUNING COMBINER
OPTIONAL TBC LAPD ..... NO
BASE STATION SYNCHRONISED..... NO
ISI SPEECH FRAME TYPE ..... 2
TBS FALLBACK MODE ALLOWED ..... NO
LINK DOWN TIMEOUT PERIOD ..... 30 s
DXT-TBS INTERFACE LEVEL ..... 3
EXCLUSIVE CAPACITY FOR TBS ALLOWED ..... NO

***** TRANSCEIVER DATA OF THE BASE STATION *****

```

TRANSCEIVER	POWER CLASS	CARRIER FREQ. (kHz)	CARRIER NUMBER	FR.BAND INDEX	RANK	MCCH
TTRX-19-0	6 (36 dBm/4 W)	426612.50	1064	4	0	YES
TTRX-19-1	6 (36 dBm/4 W)	426812.50	1072	4	0	NO

```

COMMAND EXECUTED

```

Le schéma de la figure 39 ci-dessous, montre les affectations des Time Slot sur la carte PCM et la BDSU associée. On remarque que pour la création du service radio en construction, on a choisi la carte PCM numéro 65, et sur les trois premières IT (*Time Slot*) associés à la BDSU numéro 1 pour le transport de la voix.

Figure 38: Copie d'écran d'affectation ET – TDSC- BDSU

```

LOADING PROGRAM VERSION 4.7-0

/* DATA UNITS:

    PCM CIRCUIT NUMBER, TETRA BASE STATION NUMBER, DISPATCHER
    STATION CONTROLLER NUMBER;

PXI:PCM

/* IDENTIFY PCM NUMBER

    DECIMAL NUMBER 0...2047 (&,&&)

    OBLIGATORY IS ONE NUMBER */

PXI:PCM=65;

PCM IS CONFIGURED FOR DSC OR TBS

PCM-TSL  FUNC UNIT  LOG COMP  USAGE OF TIMESLOT

    65-1   TDSC-121-1  BDSU-1   D-CH,SPEECH
    65-2   TDSC-121-1  BDSU-1   MON
    65-3   TDSC-121-1  BDSU-1   MON
    65-4   -----   -----   FREE IN TXDATA

```

Pour pouvoir mettre en œuvre un nouveau service, une programmation particulière doit être faite dans le DXT car cela permet de mettre en communication des nombreuses applications, notamment le DWS (Dispatcher), serveur de gestion (SG), le serveur de localisation (SL), NectAct et GSEM.

Un DXT peut gérer un à plusieurs TBS (127 au maximum), ils sont constitués de plusieurs cartes parmi lesquelles on note la PAU (gestion de la communication ET, PABX), BDSU (gestion de la communication TBS, PO et DXT), la CCSU (gestion inter DXT) et d'autres.

Pour l'implémentation d'un PO, il faut au préalable créer les équipements radio dans le DXT notamment le **DSC**⁴¹ qui est un équipement virtuel, le **TDCS**⁴² qui permet de lancer l'application Alcatel *REMétro*⁴³, les **LAPD** pour la signalisation qui permet la communication avec le poste opérateur au travers des circuits SPVC, en les associant aux IT dédiés par le calcul des matrices afin de véhiculer les informations de contrôles et de signalisation.

Les éléments radio créés au niveau du DXT, permettent à l'application RCMétro de pouvoir communiquer par le lien E1, c'est par ce lien que transitent toutes les communications du poste opérateur. Ce lien est aussi configuré pour remonter les alertes radios au niveau des outils de supervision comme NetAct. Le poste opérateur est raccordé au DXT par un lien E1 c'est-à-dire un lien ATM 2 Mbit, ceci par un équipement de distribution côté DXT et par un équipement d'accès côté poste opérateur.

Le raccordement du poste opérateur au serveur de gestion se fait par un lien IP qui permet aux applications Alcatel intégrées dans le poste opérateur de se lancer correctement, car si le lien IP ne fonctionne pas les applications ne peuvent se lancer.

4.2.2 Intégration au niveau DWS (Dispatcher Workstation)

L'implémentation au niveau du DWS, tient compte des besoins radio exprimés lors de la phase de spécification fonctionnelle. Les fonctions assurées par le DWS sont nombreuses, on note principalement, le contrôle et la gestion des abonnés [RATP 5].

⁴¹ **DSC** : *Dispatcher Station Controler*

⁴² **TDCS** : *Tetra Dispatcher Station Controler*

⁴³ **REMétro** : Radio Espace Métro

Le DWS permet de gérer et de contrôler l'ensemble des utilisateurs déclarés dans le réseau. C'est à partir du DWS que se fait la création de l'ensemble des abonnés, groupes, blocs d'organisations, les utilisateurs de station de travail et les applications clientes.

L'implémentation se fait en créant une structure sous forme d'arborescence des entités communicantes, on a une racine et des sous-entités rattachées à la racine selon la façon dont on veut organiser les communications. Les droits de communication sont octroyés selon des blocs d'organisations. Une fois les blocs d'organisations créés, on crée les abonnés, groupes, applications clientes en fonction des profils définis dans la spécification fonctionnelle.

L'implémentation d'un abonnés au niveau du DWS, nécessite des pré-requis, la connaissance du profil de l'abonné dans lequel est spécifié tous les paramètres radio nécessaire y compris les droits de communication.

Le schéma de la figure 40 ci-dessous montre l'architecture des DWS (*Dispatcher WorkStation*).

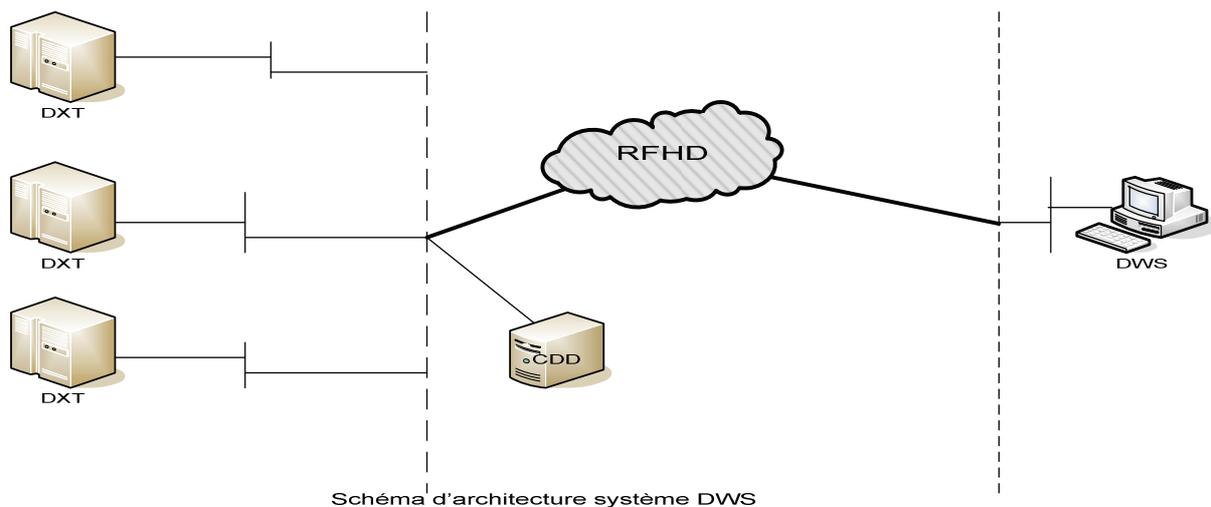
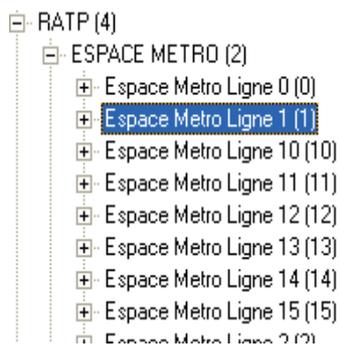
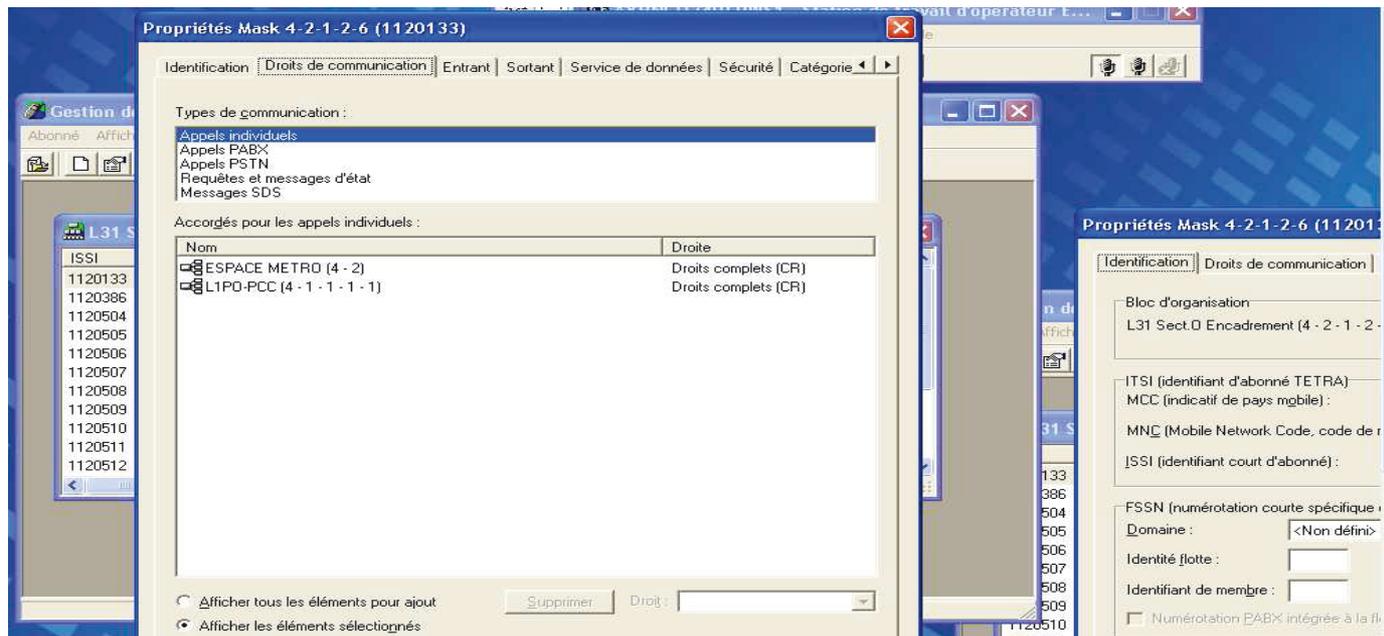


Figure 39: Architecture d'un DWS (Dispatcher) sur l'infrastructure TETRA

La copie d'écran de la figure 41, montre quelques attributs de communication liés aux fonctions de gestion de communication du DWS, on y voit les onglets :

- Identification, qui sert à l'identification du DXT, du bloc opérationnel.
- Droit de communication ; qui sert à définir les droits de communication des abonnés radio pour les appels individuels, PABX, PSTN, les droits aux requêtes et message d'état, les droits aux messages SDS.
- La sécurité de bout en bout et la catégorie des classes d'abonnés.

Figure 40: Copie d'écran d'implémentation d'un service radio au niveau du Dispatcher



La lecture de la copie d'écran ci dessus montre l'architecture des différents services radio dans le dispatcher. Le dispatcher est une station de travail dédiée et raccordée au DXT par un lien E1.

Parmi les fonctionnalités dédiées au dispatcher on a la gestion des :

- Communications
 - Réception des appels et les demandes d'appels.
 - Génère des appels individuels.
 - Emet et reçoit des appels vers les systèmes extérieurs (PABX, RTCP).
 - Gère les appels d'urgences.
 - Communique avec un ou plusieurs groupes.
 - Envois et reçois des messages court de données.

- Gestion contrôle
 - Ajoute et supprime des usagers dans les groupes.
 - Création de nouveaux groupes et des groupes temporaires.
 - Ajout de nouveaux usagers et définit l'ensemble des paramètres de ceux-ci.
 - Gère les groupes et les zones.
 - Permet la surveillance des mobiles.

Le processus d'intégration au niveau du DWS (*Dispatcher Workstation*) met en œuvre plusieurs actions entre autre la création ou la suppression des abonnés, des groupes, des applications clientes ou des utilisateurs de station de travail.

Le point d'entrée est la réception de la fiche expression des besoins pour un service particulier. L'expression des besoins est traduite en spécificité radio permettant de définir les paramètres radio qui pourraient rendre les services souhaités.

Le processus d'intégration au niveau du dispatcher se déroule comme suit :

- Comme pré-requis une fiche d'expression des besoins : définit l'ensemble des besoins souhaités par les exploitations (personne en charge de définir les demandes radio).
- Comme pré-requis Fichier de spécification radio : fichier qui permet d'exprimer les besoins souhaités en spécification radio.
- Implémentation des blocs d'organisations: les blocs d'organisations permettent de répartir les abonnés sous forme d'entité de communication pour pouvoir assurer une gestion plus fine des communications. Un abonné ne faisant pas parti d'un bloc ne peut entendre les communications ce bloc et au sein d'un même bloc tous les abonnés peuvent ou ne pas avoir les mêmes habilitations en ce qui concerne les droit de communications. Au sein d'un bloc opérationnel on peut définir pour des besoins de stratégie de communication une multitude de paramètres radio par exemple les classés car tous les terminaux peuvent ne pas s'accrocher sur la même classe.
- Les droits de communication sont attribués en fonction des profils des abonnés. Les droits de communication peuvent être les droits d'appels individuels, d'appel PABX, d'envoi des messages SDS, l'envoi des requêtes et messages d'urgence. Les droits

sont accordés sur un bloc d'organisation donné, et seul le bloc limite l'étendue des droits.

- Selon la création souhaitée (abonnés, groupes, application cliente ou utilisateur de station de travail), il faut définir les DXT (commutateur) d'affiliation selon qu'on veut travailler en sous terrain, en surface ou en sous terrain et surface.
- Définir les zones de communication, qui sont gérées par les cellules (TBS), situées en sous terrain ou en surface. Ce sont les cellules qui nous permettent de gérer, par la suite, la localisation fine des terminaux.
- Définir la stratégie de sécurité associée au terminal.
- L'implémentation au niveau du dispatcher permet de créer plusieurs paramètres pouvant entrer dans la stratégie de gestion et de contrôles des terminaux.

4.2.3 Intégration au niveau du serveur de gestion

Le serveur de gestion est un équipement spécifique fourni par Alcatel, c'est une machine sur rack qui fait l'objet de deux raccordement réseau distincts notamment : **[RATP 5]**

- Un raccordement au réseau IP qui est pris en charge par une carte additionnelle supportant deux interfaces connectées sur des Switch distincts.
- Un raccordement pris en charge par un lien point à point non dupliqué, ce lien est géré comme un lien direct (pas de routage). La fiabilité et le débit sont indispensables pour le bon fonctionnement du service à mettre en place.

L'interface d'administration se fait via une interface web et permet d'administrer les postes opérateurs ou postes embarqués. Les différentes pages de l'interface d'administration permettent de dialoguer avec les utilisateurs par l'intermédiaire des différents éléments graphiques.

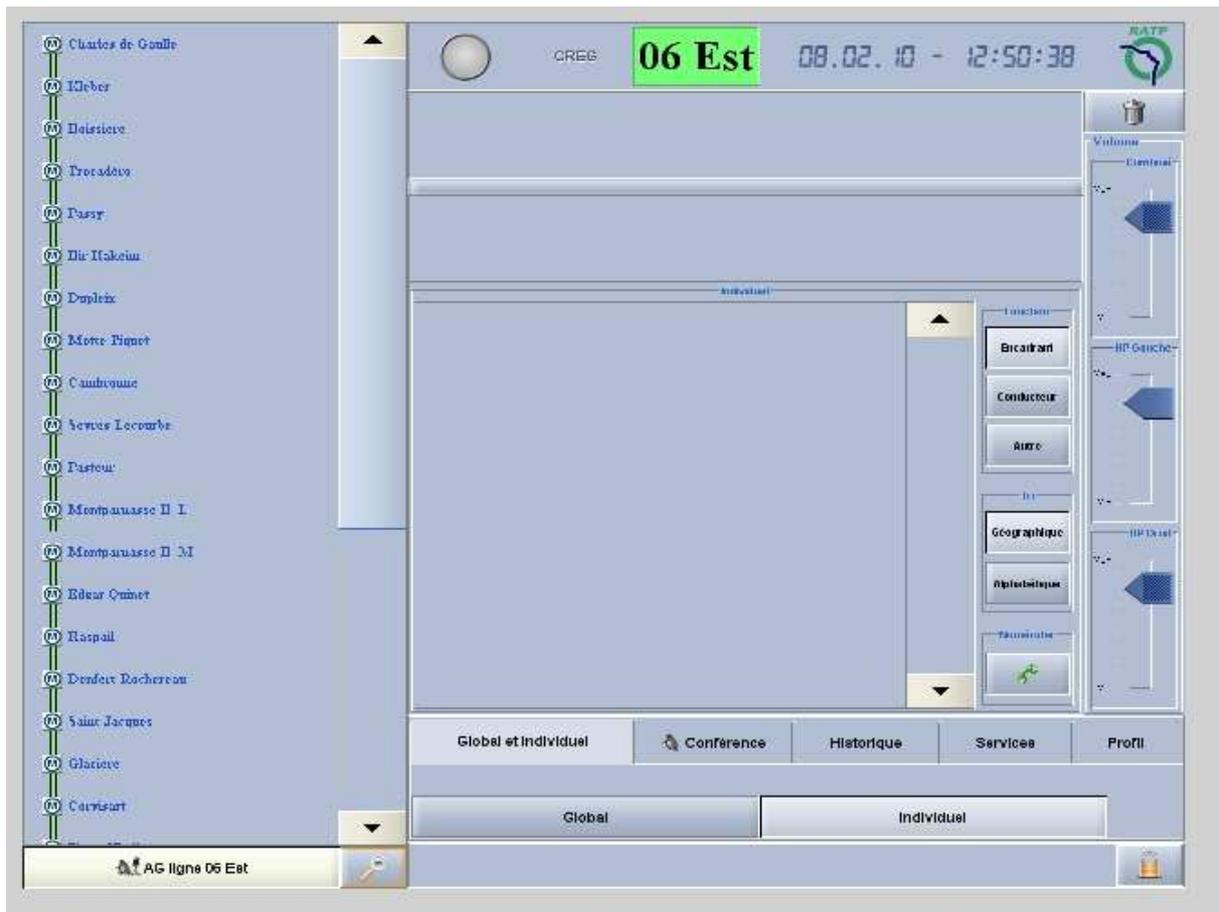


Figure 41: Copie d'écran de l'interface d'un PO créé sur le Serveur de Gestion

Le schéma de la figure 42 montre l'interface d'un poste opérateur créé à partir du serveur de gestion.

Au niveau du serveur de gestion, on peut implémenter plusieurs terminaux, notamment les postes opérateurs, postes embarqués. Le serveur de gestion permet de créer des postes opérateurs, des postes embarqués avec tous ses éléments d'interface qui permettront de dialoguer avec différents utilisateurs sur l'étendue d'une ligne de métro. En effet au niveau de la RATP, un secteur est composé d'un ensemble de stations de métro, car une ligne peut avoir un ou plusieurs secteur (s).

L'implémentation au niveau du serveur de gestion permet de créer la ligne avec les interfaces associées. Le processus d'intégration se déroule comme suit :

- La création d'une ligne de métro virtuelle, avec son numéro affectation, un préfixe de bloc opérationnel correspondant au bloc au niveau du dispatcher, on l'associe à une ligne bis s'il en existe une.
- La définition des groupes de communications dédiée pour une ligne de métro quelconque. Ces groupes doivent correspondre à ceux créés dans le *dispatcher*.
- La création des secteurs, y compris les stations associées à ses secteurs.
- La création du synoptique de la ligne, en fonction des secteurs choisis.
- La création d'un ou des profil(s) associé(s) au poste opérateur.
- La création du poste opérateur virtuel, c'est à dire un terminal avec un numéro d'identification (ISSI), un compte, un profil, et une ligne d'association créée.

Lorsque ces paramètres sont créés, il y a une synchronisation entre le serveur de gestion, le commutateur DXT associé, et entre commutateur DWS et le serveur de configuration de données CDD.

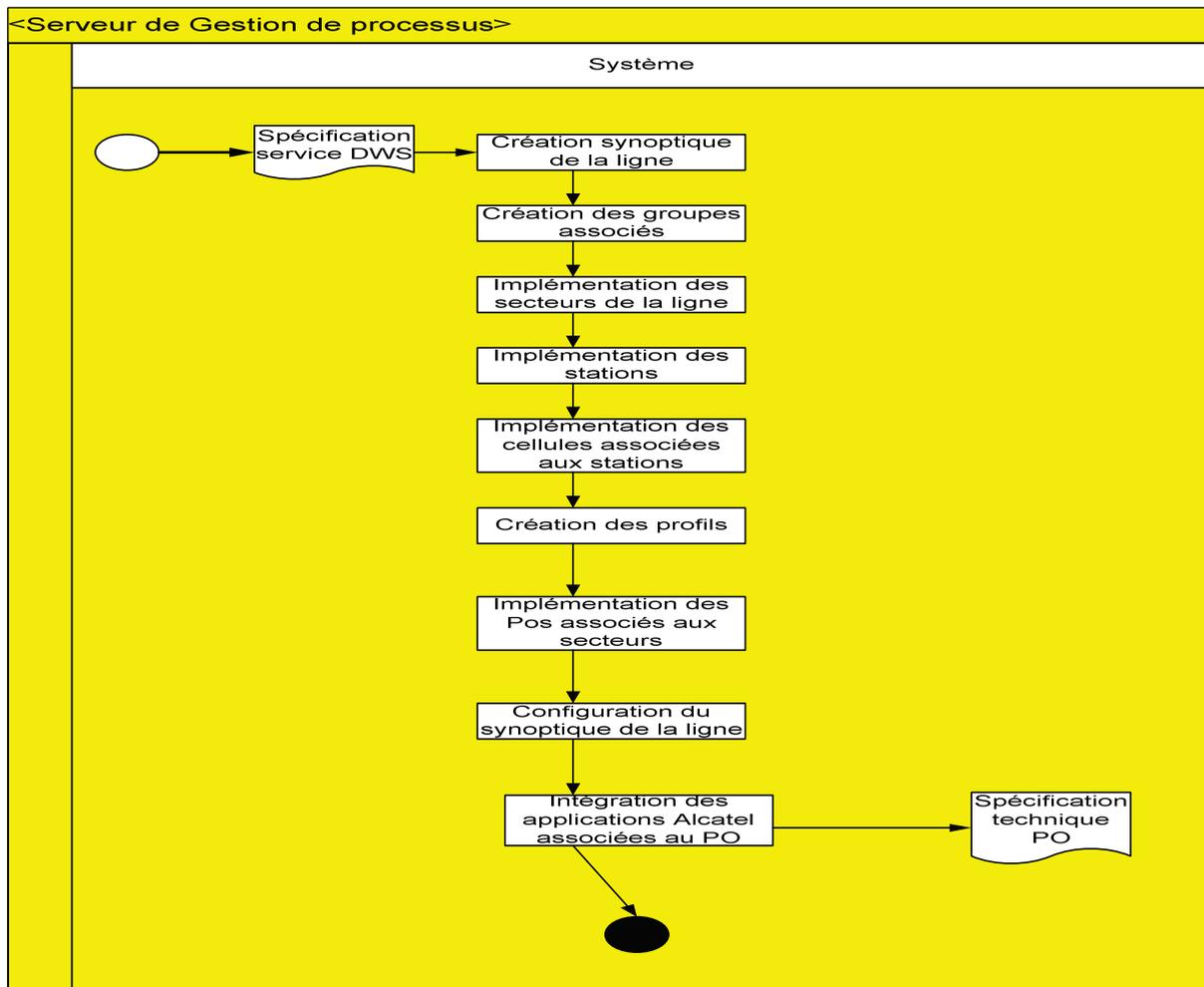


Figure 42: Schéma du processus d'implémentation au niveau du Serveur de Gestion

Ce schéma de la figure 43 montre l'ensemble des tâches mises en œuvre lors de la création d'une ligne au niveau du serveur de gestion. Pour créer une ligne sur le serveur de gestion, il faut:

- Un document de spécification avec l'ensemble des éléments concernant le service radio à créer et les groupes créés au niveau du dispatcher (DWS).
- Créer le synoptique de la ligne sur l'interface d'administration du serveur de gestion.
- intégrer les groupes créés dans le dispatcher.
- Créer les secteurs matérialisant l'ensemble des stations de la ligne.
- Intégrer l'ensemble les stations secteur par secteur.
- Créer un profil.
- Créer un poste opérateur en l'associant à un profil dédié et un type particulier.
- Configurer le synoptique de la ligne sur le serveur de gestion.
- Intégrer l'application ALCATEL (*RCMétro*) conçu à cet effet.

4.2.4 Intégration des applications de supervision

Les applications de supervision permettent de surveiller le bon fonctionnement du système radio. La gestion des alarmes se fait par le biais des applications implémentées au dessus de la couche TETRA. Parmi lesquelles on distingue :

- GSEM qui est une application de gestion des alarmes par l'intermédiaire du lien IP TETRA.
- NetAct qui est une application de gestion des alarmes par l'intermédiaire de E1 (lien 2 Mbits) TETRA.
- CACTI qui est une application de supervision basée sur *RRDtool*, par intermédiaire du lien IP TETRA.

Le schéma de la figure 44 ci-dessous montre l'architecture des outils de supervision sur l'infrastructure TETRA.

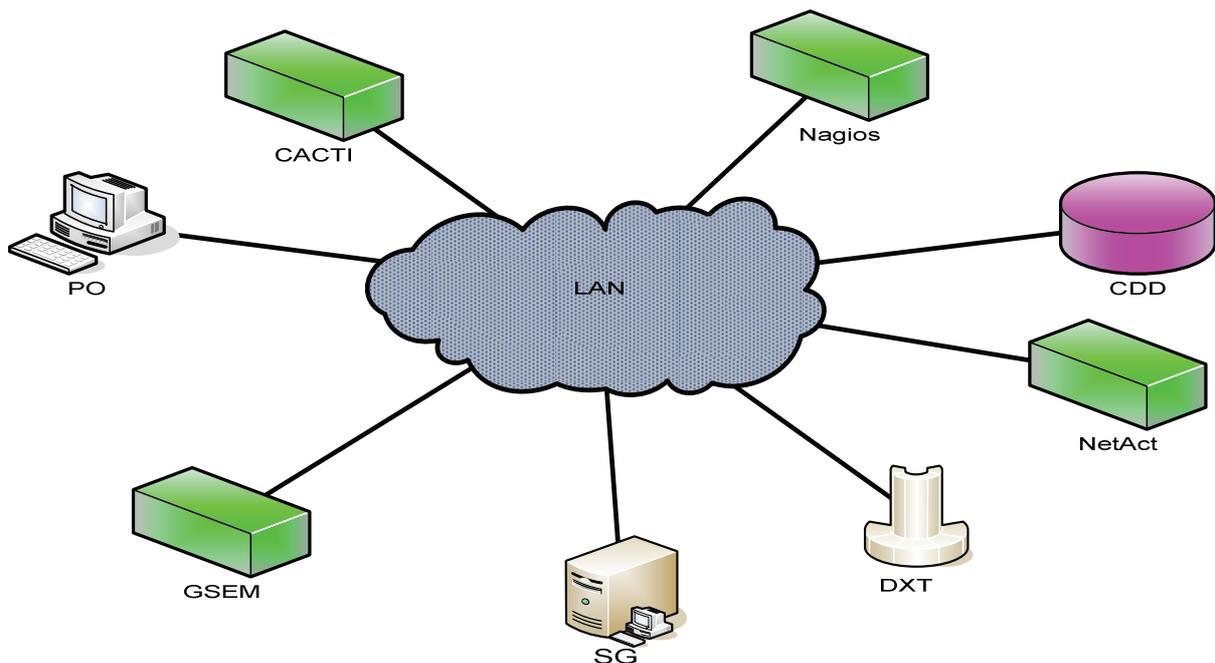


Figure 43: L'architecture de supervision des terminaux

4.2.4.1 Implémentation de l'application NetAct

NetAct est une application de supervision réseau, elle permet de construire des *maps* à partir des paramètres radio créés au niveau des DXT.

Cette intégration consiste à importer de la base de données les informations créées et les organiser sous forme de vue avec une architecture propre à NectAct. Ces vues permettent en cas de modification de remonter les alarmes concernant les éléments radio impactés.

On entend par éléments radio, l'ensemble des paramètres créés au niveau du DXT concernant un service donné et qui se charge du transport de la voix et des messages SDS ; on parle généralement du DSC, du TDSC, de la BDSU, du LAPD pour la signalisation, de la carte ET, des ITs comme paramètres essentiels dans l'infrastructure TETRA [RATP 5]. Tous ses éléments sont pris en compte lors de la création au niveau du DXT ; ils sont automatiquement créés dans la base de données et sont connus du serveur TCS qui s'occupe de la collecte des données.

L'import des paramètres radio au niveau de NectAct, lors de la création des vues, permet d'avoir une surveillance quasi instantanée des dysfonctionnements du système radio. Toutes modifications d'un paramètre système entraîneraient la remontée d'alarmes pour signaler un incident ou dysfonctionnement de manière instantané. Le processus d'intégration de l'application NectAct sur l'infrastructure TETRA se déroule comme suit :

- Pré-requis, le fichier de spécification des paramètres radio.
- Le choix de type de vue à créer.
- L'importation des paramètres radio créés dans le commutateur (DXT).
- L'importation des paramètres radio créés dans le dispatcher (DWS).
- L'importation des paramètres radio créés dans le DNS serveur.
- Création des objets radio destinés à la surveillance du système sous forme de maps.
- Synchronisation de l'ensemble des objets radio créés avec le commutateur et le dispatcher (DWS).
- Consolidation des maps sur interface radio espace métro.

La communication entre le commutateur (DXT) et le dispatcher (DWS) se fait par un lien 2 Mbits. Si une anomalie est constatée au niveau de ce lien, une alarme est remontée sur l'application NectAct en indiquant l'objet ou le paramètre concerné. Cette surveillance est nécessaire car elle permet de pallier aux nombreux dysfonctionnements radio et permet aussi la mise à jour des éléments d'infrastructure TETRA.

4.2.4.2 Implémentation sur CACTI

CACTI est un outil de supervision basé sur *RRDtool* (*Round Robin Databases*), permettant de surveiller l'activité d'un terminal ou d'une architecture quelconque à partir de graphiques quotidien, hebdomadaire, mensuel ou annuel. C'est une interface web écrite en PHP permettant de gérer des graphes RRD. Ces graphes peuvent avoir comme source le résultat de n'importe quelles requêtes SNMP ou d'un script, cela permet de suivre l'évolution de divers paramètres comme [JOC 03] :

- Le taux d'occupation du ou des disque(s)
- Le temps de réponse des différents services réseaux
- Le trafic réseau
- La consommation CPU, mémoire etc.

Le *RRDtool* ⁴⁴ est un outil de stockage et de visualisation de séries de données échantillonnées au cours du temps, il est couramment utilisé pour faire du monitoring (trafic réseau, consommation mémoire...), avec en sortie des graphes. Il est utilisé dans le cadre de l'administration système et réseau, pour suivre l'évolution de divers paramètres [WRT].

Elle se fait par le biais du protocole SNMP utilisant un port particulier, c'est-à-dire pour un terminal mis sous surveillance, on paramètre le pare-feu pour que l'application CACTI, soit capable de surveiller ce terminal par le biais du protocole SNMP en configurant le port et une adresse IP dédiée.

4.2.4.3 L'implémentation sur GSEM

GSEM est une application de surveillance des activités réseau par le biais du lien IP. L'intégration d'un terminal dans l'application GSEM, se fait en ajoutant les informations issues des propriétés de ce dernier dans l'application notamment, son adresse IP, son *Hostname*, son *Sysname* (nom figurant au niveau des MIB Browser) et bien d'autres.

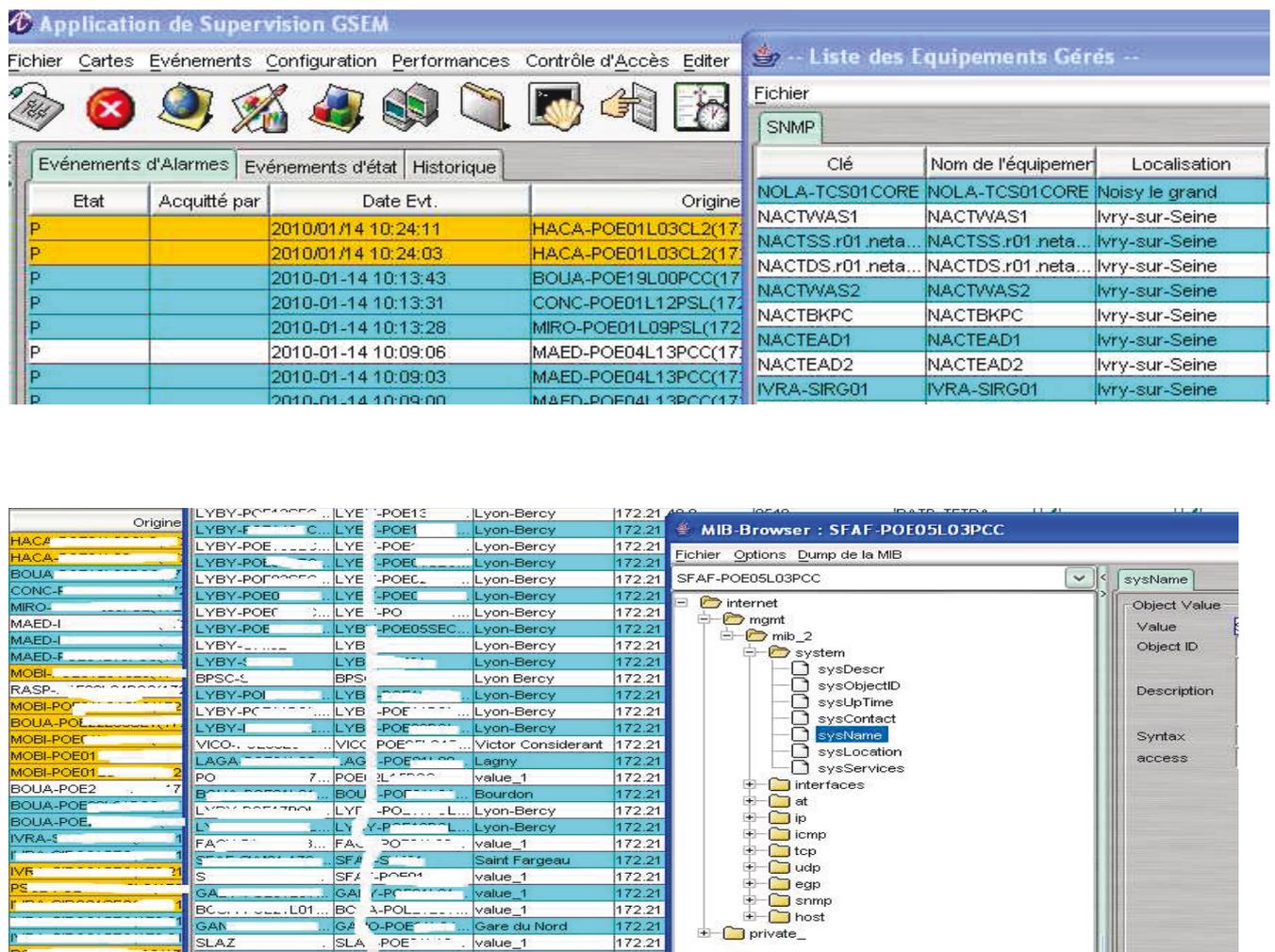
Toutes ces informations sont entrées au niveau de l'application de telle sorte qu'en cas de défaillance concernant ces paramètres, une alerte est remontée au niveau des maps de l'application pour le signaler.

⁴⁴ RRDtool : Round Robin Databases

Le protocole utilisé est SNMP, et le choix du port fait parti des stratégies de sécurité, ce qui ne s'aurait être abordé dans ce mémoire.

Les schémas de la copie d'écran de la figure 45 présentent des vues de l'application GSEM, certaines informations ont été rayées volontairement pour des raisons de sécurité.

Figure 44: Copie d'écran de l'application GSEM



Les vues de l'application GSEM de la copie d'écran 45 ci-dessus, montrent une partie des informations que peut renvoyer l'application en cas d'incident. En fonction du type d'évènements on peut distinguer :

- Les états des évènements en cours.
- Le nom des équipements concernés.
- Les informations réseau des équipements concernés.

- Les informations système des équipements concernés.
- Le seuil d'impact sur l'infrastructure TETRA.
- Le nom du site impacté.
- Les personnes à contacter etc.

La surveillance réseau ou système se fait de manière continue sur la disponibilité des services, son fonctionnement, le débit, sur la sécurité des équipements et également sur le contrôle des flux. Elle permet de répondre aux préoccupations techniques, applicatives, métier et aussi de contrat de service.

Les préoccupations techniques, concernant la surveillance du réseau, les machines et infrastructures.

Les préoccupations applicatives, concernant des applications et des processus métiers.

Le contrat de service, concerne la surveillance du respect des indicateurs.

Les préoccupations métier, concerne la surveillance des processus métiers.

Conclusion

Le premier point de cette conclusion concerne l'entreprise, la RATP plus particulièrement l'unité P2R (Projet Réseau Radio) où j'ai passé ce mémoire. P2R est composé de six équipes dont l'équipe ingénierie et expertise système dans laquelle j'ai fait parti et qui travaille de manière transverse avec l'ensemble des équipes de P2R et les différents partenaires prenant part à ce projet.

Je suis satisfait du travail rendu tout d'abord à cause de la satisfaction du client sur ce projet et ensuite parce que j'ai eu l'occasion de travailler avec des personnes venant de différents horizons et ayant de cultures de travail diverses, à savoir que ce projet fait suite à une mission d'assistance maîtrise d'œuvre télécom par le biais de la société SOM qui m'a envoyé à la RATP pour ce projet.

La satisfaction sur ce projet s'explique aussi par le fait que, les exigences fonctionnelles et axes d'améliorations techniques qui m'étaient assignés au niveau de la RATP ont été atteints. L'ensemble des problématiques liées aux coupures de communications en surface et en souterrain, des soucis de localisation, de gestion des alarmes ont été résolues avec le standard TETRA.

En second lieu j'aborde l'impact de ce projet pour la RATP, le projet *Radio Espace Métro* à eu une véritable adhésion des agents travaillant avec ce système car ils sont très contents de son fonctionnement et l'on adoptés les produits avec beaucoup d'enthousiasme. Car avant l'arrivée du TETRA, l'ensemble du système de radio communication fonctionnait sur divers standards analogiques. C'est suite à plusieurs dysfonctionnements que la RATP a entreprit un vaste plan de renouvellement de l'ensemble de son système de radiocommunication. L'avènement du standard TETRA a permis de résoudre de nombreux problèmes parmi lesquels; les coupures de communications, la gestion de la localisation fine, les coûts liés à la maintenance des systèmes analogiques et biens d'autres.

Le développement d'un nouveau service de radiocommunication basé sur le TETRA représente un intérêt non négligeable pour la RATP, car il remédie aux faiblesses des anciens standards mais aussi a permis de mettre en place des nouvelles fonctionnalités liées au développement rapide du numérique.

L'ensemble des tests ont été réalisés sur le réseau de plateforme puis le réseau de production en respectant scrupuleusement le cahier de charge bien défini. Les tests de qualifications fonctionnelles, techniques et aptitudes de bon fonctionnement ont été validés dans le respect du cahier de charge. Les difficultés rencontrées sur la validation de l'ensemble de tests avant passage à la maintenance sont beaucoup plus dues aux problèmes de gestion de licences, des versions concernant les applications utilisées et quelques contraintes lors de la fabrication des postes opérateur et bien d'autres.

Le troisième point de cette conclusion concerne l'intérêt et le choix du système TERA pour la RATP, cela est dû au fait qu'avec les systèmes analogiques, les communications sont bornées à une fréquence de porteuse définie. Le système analogique induit des nombreux inconvénients. Avec celui-ci il est difficile de cloisonner les communications, ce qui entraîne de nombreux problèmes de confidentialité. Pour séparer les échanges entre les utilisateurs, il faut donc utiliser plusieurs fréquences de porteuses. En plus, il y a des problèmes de couverture à savoir le coût de la location des fréquences, car l'utilisation d'une fréquence sur certaines zones est soumise à l'autorisation de l'ARCEP ; qui est l'autorité de régulation ancienne appelée ART. Pour chaque porteuse il faut s'assurer que la fréquence est disponible dans la zone souhaitée, mais également s'acquitter d'un coût de location annuelle. Ainsi une entreprise qui souhaite pouvoir véhiculer un grand nombre de communications de plusieurs types devrait réserver plusieurs bandes ce qui représente un budget non négligeable pour une entreprise pour tout entreprise.

En revanche le système TETRA remédie à toutes ces problématiques, il permet un traitement de l'information beaucoup plus fin. Il est ainsi possible de définir des groupes d'utilisateurs, muni de droits spécifiques en fonction de leur droit de communication, et il est en effet possible de contrôler à partir de l'infrastructure TETRA un grand nombre de paramètres, tels que la priorité de certaines communications de groupes et surtout que l'intégralité des communications est chiffrée de bout en bout, ce qui garantit la sûreté des échanges d'où tout l'intérêt du TETRA.

Pour finir je dirai que le système TETRA a encore des beaux jours devant lui et va évoluer sans cesse comme le numérique.

Abréviations :

AACH : *Access Assignment channel* (canal est utilisé dans le sens descendant)

ACCH: *Associated Control Channel*

ACELP : *Algebraic Code-Excited Linear Prediction* (codeur décodeur de voix)

Advance Link : Mode avancé

AI : Interface Air

AL : *Advanced Link* (procédure de transmission avancée niveau 2)

ARCEP : Autorité de Régulation des communications Electroniques et des Poste

ASCCH : *Associated Control Channel* (canal signalisation en extension du MCCH)

ASK: *Amplitude Shift keying* (modulation d'amplitude)

BBK: *Broadcast Block*

BCCH : *Braodcast Control Channel* (canaux diffusion d'informations générales)

BL : *Basic Link* (Procédure de transmission de base niveau 2)

BNCH : *Broadcast Network Channel* (Canal de Diffusion des Données Réseau)

BS: *Base Station* (Station de Base)

BSC : *Base Station Controller* (contrôleur de station de base)

BSCH: *Broadcast Synchronization Channel*

CCH: *Control Channel*

CDD : système de gestion et de collecte des informations sur le réseau

CDR : Cœur de Réseau

CL : Centre de Liaison

CLCH : *Common Linearization Channel* (Canal de linéarisation commun)

CMCE : *Circuit Mode Control Entity* (unité de gestion des échanges en mode circuit)

C-Plane: *Common Plane* (jonction de signalisation commune par opposition à U-Plane)

CSA : Contrôle Sécurité Assistance

D-call proceeding: (réponse d'acquiescement)

DMO: *Direct Mode Operation* (Interface mode direct)

DWS : Dispatcher Workstation (système de gestion et de contrôle d'abonnés)

DXT : Commutateur

ECCH: *Extended Control Channel*

ETSI :

FACCH: *Fast Associated Control Channel*

FNAP : Point d'Accès Réseau Fixe

FNAP: *Fixed Network Access Point* (Point d'Accès Réseau Fixe)

ISI : *Inter System Interface* (Interface Inter Système)

IST : Infrastructure et Service de Télécommunication

LA : Location Area (Zone de couverture d'un domaine TETRA)

LA : Location Area (Zone de couverture d'un domaine TETRA)

LLC : Logical Link Channel (unité de gestion et d'association des échanges)

LLC : *Logical Link Channel* (unité de gestion et d'association des échanges)

LS : *Line Station*

MAC : *Medium Access Control* (contrôle des accès intermédiaire)

MCC : *Mobile Country Code* (numéro du pays, Code pays)

MCCH: *Main Control Channel* (canal de signalisation principal)

MLE: *Mobile Link Entity*

MNAP: *Mobile Network Access Point* (Point d'Accès Réseau Mobile)

MNC : *Mobile Network Code* (numéro ou code réseau)

MNI : *Mobile Network Identity*

MS : *Mobile Station* (Terminal mobile -Portatif)

MTU: *Mobile Terminating Unit*

NetAct : système de gestion et de supervision de l'ensemble des éléments du réseau.

NUB : *Normal Uplink Burst*

OB : Bloc Opérationnel

OCL : Opérateur de centre de liaison

P2R : Projet Réseau Radio

PAMR : *Public Access Mobile Radiocommunications*

PAP : Poste Autonome Portatif

PDO : Optimisation des paquets de données

PEI : *Peripheral Equipment Interface* (interface sur un équipement périphérique)

PMR : *Private Mobile Radiocommunications*

PO : Poste Opérateur

PTT : Touche d'Alternat

RC Métro : Radio Conducteur Métro

RE Métro : Radio Espace Métro

SACCH: *Slow Associated Control Channel*

SAP : *Service Access Point* (jonction - donne accès à un service)

SCCH : *Secondary Control Channel* (canal de signalisation secondaire)
SCH : *Signaling Channel* (canal de signalisation)
SCH/F: *Signaling Channel, full size* (canal de signalisation bidirectionnel)
SCH/HD: *Signaling Channel, half size Downlink* (canal de signalisation descendant)
SCH/HU canal de signalisation montant
SF: *Slot Flag*
SG : Serveur de Gestion
SL : Serveur de Localisation
SSI : *Short Subscriber Identity* (numérotation TETRA abrégée d'un terminal)
STCH : *Stealing Channel* (Canal de signalisation superposé à une communication)
SW : *Switch* (Commutateur, nœud d'un réseau ou d'un sous réseau TETRA)
SWMI : *Switching and Management Infrastructure*
TBS : Station de Base TETRA
TCH: *Traffic Channel* (canal de trafic)
TCM : *Trellis Coded Modulation*
TCS : Serveur de Connexion TETRA
TDMA: *Time Division Multiple Access*
TEI : Interface d'exploitation des terminaux
TETRA: *Terrestrial Trunked Radio*
Time Slot (IT) : intervalles de temps
TL: TETRA LLC
TL: TETRA LLC
TLA-SAP: TETRA LLC Service Access Point A
TLB-SAP: TETRA LLC Service Access Point B
TLC-SAP : TETRA LLC Service Access Point C
TLE-SAP: TETRA LLC Service Access Point E
TLE-SAP: TETRA LLC Service Access Point E
TM: TETRA MAC
TMA-SAP: TETRA MAC Service Access Point A
TMB-SAP: TETRA MAC Service Access Point B
TMC-SAP: TETRA MAC Service Access Point C
TMD-SAP: TETRA MAC Service Access Point D
TMV-SAP TETRA MAC Virtual SAP
TN: Timeslot Number

TNCC-SAP: TETRA Network layer Call Control - Service Access Point

TNMM: TETRA Network Mobility Management

TNSDS-SAP: TETRA Network layer Short Data Service - Service Access Point

TNSS-SAP: TETRA Network layer Supplementary Services - Service Access Point

TP : *Trafic Physique Channel*

TP_SAP : l'interface physique qui est un peu la jonction binaire

TPC_SAP : l'interface physique qui est la jonction de contrôle (fréquence, puissance)

TPTI: Transmitting Party Type Identifier

TP-UD: Transfer Protocol - User Data (in GSM)

TS: Time Sharing

TSI : *Tetra Subscriber Identity* (adresse d'un abonné vu de l'extérieur du réseau)

UCS-2: Universal Character Set coded in 2 octets

UDH: User Data Header

UDP: User Datagram Protocol

UL: Uplink

U-MST: Uplink Multiple Slot Transmission

UMTS: Universal Mobile Telecommunications System

UP: Unallocated Physical channel

U-Plane: *User Plane* (jonction de trafic en mode circuit phonie ou données)

Uplink : sens montant liaison mobile vers infrastructure

U-SAP : User Service Access Point

U-Setup : message demande d'accès

USS: Uplink sync Sequence Set

USSI: Unexchanged Short Subscriber Identity

V+D: Voice plus Data

WAP: Wireless Application Protocol

Bibliographies et References:

- [ARM 95] ARMSTRONG R., «Key Issues for the Mobile Radio User» Mobile Communications International” April 1995
- [ASA 96] ASATANI k et NOGAMI s «Trends in the Standardization of Telecommunications on GII, multimedia, and Other network Technology and services» IEEE Communications Magazine, June 1996
- [AYA 96] AYANOGLU E «TETRA – Une norme pour les radiocommunications » August 1996
- [BER 89] BERTHELOT P., CARRIE A., MATAMOROS J. et PIERRUGUES M., «les Réseaux partagés : de L’Analogique au Numérique» 1989
- [BER 95] BERGHOLM P., HONKANEN M et HANGGMAN S. «Simulation of a Microcellular DS_CDMA Radio Network»1995
- [BLO 96] BLONDEAU O., DESSEIGNES C., HAMANT S. et THOMAS R., «Radiocommunications Personnelles» Mars 1996
- [BOI 84] BOITHIAS L., «La propagation des ondes radioélectriques dans l’environnement terrestre » 2^{ième} édition 1984
- [BRI 87] BRITISH STANDARD INSTITUTION, «apparatus using cordless attachments for connection to analogue interface of public switched telephone network» BS 6833 London 1987
- [BRI 92] BRITLAND D.E.A., «Trunked mobile radio systems» in personal & Mobile Radio Systems edited by R.C.V. Macario, editions P. Peregrinus 1992
- [DOU 03] Doug Gray «TETRA: The Advocate's Handbook» Published 2003
- [ETSI 1] ETSI EN 300-392-1 “*General Network Deign*”
- [ETSI 2] ETSI EN 300-392-2 « *Air Interface* »
- [ETSI 3] ETSI EN 300-392-5v-1-2-1 « PEI »
- [ETSI 4] ETSI EN 300-392-10-01 V010301 P « CALL IDNETIFICATION »
- [HAR 00] HART «Public and Private Mobile radio Technologies» 07-2000
- [HAR 04] L.HARTE «Introduction to Private Land Mobile radio» (LMR) 01- 2004
- [HAS 98] H.HASS, S. Mc LANGHLIN « Next Generation Mobile Access Technology Hans P Ketterling»Wege zum digitalen Betriebsfunk” Published 1998

- [JOH 99] JOHN D, Demessie Girma, James Irvine «Digital Mobile Communications and the TETRA System» Published 1999
- [HKAD 05] Hubert KADIMA «Conception orientée objet guide par les modèles» Dunod 2005
- [JOC 03] JOCHEN SCHILLER «Mobile communication» 08-2003
- [JOH 99] JOHN.D, J.IRVINE«Digital Mobile communications and the TETRA System» (11-1999)
- [LAG 00] X LAGRANGE, P GODLEWSKI, S TABBANE «RESEAU SGM» 11-2000
- [MAR 03] MARTINE VILLEGAS et COLL «Radio Communications Numérique»
- [NIC 02] P.NICOPOLITIDIS, MOHAMED S «Wireless Networks» 11- 2002
- [RATP 1] TETRA/SYS/TEC003 V0.8
- [RATP 2] REF 08-600 V1.3 du 10/06/2009
- [RATP 3] 3BW/TETRA/P2R/SocleCommun V2.3
- [RUD 01] RUDI BEKKERS «Mobile telecommunications Standard» 09-2001
- [WIK 1] fr. wikipedia.org/wiki/Télécommunications
- [WRT] <http://www.mrtg.org/rrdtool/about> *RRDtool*

Table des Illustrations

FIGURE 1: PLANNING DU PROJET RADIO ESPACE METRO	13
FIGURE 2 : PRESENTATION DE L'UNITE P2R (PROJET RESEAU RADIO).....	14
FIGURE 3: COMPOSANTS DE L'ARCHITECTURE TECHNIQUE DU RESEAU TETRA DE LA RATP	18
FIGURE 4: ARCHITECTURE DU CŒUR DE RESEAU TETRA DE LA RATP.....	21
FIGURE 5: INTERFACE D'ADMINISTRATION DU SERVEUR DE GESTION.....	26
FIGURE 6: INTERFACE D'UN POSTE OPERATEUR	27
FIGURE 7: ENVIRONNEMENT MATERIEL D'UN POSTE OPERATEUR.....	27
FIGURE 8: DIAGRAMME DE CAUSES A EFFETS DES OBJECTIFS GLOBAUX DU SYSTEME	29
FIGURE 9: DIAGRAMME DE CAUSES A EFFETS.....	32
FIGURE 10: SCHEMA D'INFRASTRUCTURE TETRA.....	36
FIGURE 11: LES TYPES D'INTERFACES	37
FIGURE 12: ARCHITECTURE DE LA PILE DES PROTOCOLES TETRA	42
FIGURE 13: PROCEDURE DE GESTION DES APPELS.....	48
FIGURE 14: ECHANGES D'INFORMATION MOBILE VISITEUR.....	52
FIGURE 15: ADRESSAGE GENERALE TETRA (TSI 48 BITS).....	54
FIGURE 16: PLAN D'ADRESSAGE ET PLAN D'EQUIPEMENT (1).....	55
FIGURE 17: PLAN D'ADRESSAGE ET PLAN D'EQUIPEMENT (2).....	56
FIGURE 19: DIAGRAMME DE CONTEXTE DE L'INFRASTRUCTURE TETRA DE LA RATP.....	57
FIGURE 20: DESCRIPTION DES FONCTIONS DE COMMUNICATION	58
FIGURE 21: DECOUPAGE DES LIGNES DU METRO.....	59
FIGURE 22: PROFILS DES UTILISATEURS	68
FIGURE 23: PROFILS ET TYPES D'APPELS.....	68
FIGURE 24: DIAGRAMME DE CAS D'UTILISATION DU SYSTEME RADIO ESPACE METRO.....	70
FIGURE 25: TABLEAU DES DROITS DE COMMUNICATION DES DIFFERENTS ACTEURS.....	71
FIGURE 26: DIAGRAMME DE SEQUENCE SYSTEME DU SCENARIO «DEMANDE D'APPEL INDIVIDUEL»	72
FIGURE 27: DIAGRAMME DE SEQUENCE SYSTEME DU SCENARIO « APPEL D'URGENCE ».....	73
FIGURE 28: DIAGRAMME D'ACTIVITE SYSTEME DU SCENARIO «APPEL D'URGENCE»	75
FIGURE 29: STRUCTURE D'UN PORTATIF.....	77
FIGURE 30: STRUCTURE D'UN DXT.....	77
FIGURE 31: STRUCTURE D'UN POSTE OPERATEUR	78
FIGURE 32: SCHEMA SUR L'INGENIERIE DU SYSTEME TETRA DE LA RATP.....	80
FIGURE 33: ARCHITECTURE D'INTERACTION PO - PAP - DXT - DWS.....	81
FIGURE 34: ARCHITECTURE D'IMPLEMENTATION DES SERVICES RADIO.....	82
FIGURE 35: SYNOPTIQUE DE LIAISON POSTE OPERATEUR - DXT (COMMUTATEUR).....	83
FIGURE 36: SCHEMA DXT ET APPLICATION DE SUPERVISION	87
FIGURE 37: COPIE D'ECRAN D'ELEMENTS RADIO AFFILIE AU DXT	88
FIGURE 38: COPIE D'ECRAN D'AFFECTATION CARTE ET - TDSC.....	89
FIGURE 39: COPIE D'ECRAN D'AFFECTATION ET - TDSC- BDSU.....	89
FIGURE 40: ARCHITECTURE D'UN DWS (DISPATCHER) SUR L'INFRASTRUCTURE TETRA.....	91
FIGURE 41: COPIE D'ECRAN D'IMPLEMENTATION D'UN SERVICE RADIO AU NIVEAU DU DISPATCHER.....	92
FIGURE 42: COPIE D'ECRAN DE L'INTERFACE D'UN PO CREE SUR LE SERVEUR DE GESTION.....	95
FIGURE 43: SCHEMA DU PROCESSUS D'IMPLEMENTATION AU NIVEAU DU SERVEUR DE GESTION	97
FIGURE 44: L'ARCHITECTURE DE SUPERVISION DES TERMINAUX	98
FIGURE 45: COPIE D'ECRAN DE L'APPLICATION GSEM.....	101