

SOMMAIRE

Dédicaces
Remerciements
Liste des abréviations
Introduction Générale

CHAPITRE INTRODUCTIF : CONTEXTE GENERAL DU PROJET «SOLUTION DU BACKHAULING MOBILE D'ALCATEL LUCENT POUR SON CLIENT MAROC TELECOM»

Section I: Présentation succincte de la société **ALCATEL LUCENT**
Section II: Contexte projet et raisons fondées du choix de la solution

PARTIE I : SYNTHÈSE DES RECHERCHES LIÉES AU CONCEPT IP-RAN

Chapitre 1 : Technologie IP-RAN : Historique et évolution

Section I: Architecture RAN (Radio Access Network)
Section II: Technologie IP-RAN (Internet Protocol-RAN)

Chapitre 2 : Etude des équipements, protocoles et services attachés à la solution IP-RAN

Section I: Etude physique de la solution
Section II: Etude Logique de la solution

PARTIE II : MISE EN ŒUVRE DE LA SOLUTION IP-RAN

Chapitre 3 : Implémentation des équipements, protocoles et services appropriés à la solution et production du document HLD

Section I: Implémentation physique
Section II: Implémentation logique
Section III: Implémentation du réseau MPLS dans la solution
Section IV: Implémentation des services VPN dans la solution

Chapitre 4 : Mise en œuvre des tests d'interopérabilité

Section I : Architecture de la maquette de test
Section II : Fast ReRoute (FRR)
Section III : Test IuB over Ethernet avec NodeB connecté à un 7705 SAR

Conclusion Générale
Liste des figures
Bibliographie et Webographie
Table des matières

LISTE DES ABREVIATIONS

A

ABR	Area Border Router
AS	Autonomus System
ASBR	Autonomous System Boundary Router
ATM	Asynchronous Transfert Mode
AuC	Authentication Center

B

BFD	Bidirectional Forwarding Detection
BGP	Border Gateway Protocol
BNG	Broadband Network Gateway
BR	Border Router
BSC	Base Station Controller
BSS	Base Station Controller
BTS	Base Transceiver Station

C

CCITT	Comité Consultatif International pour le Téléphone et le Télégraphe
CE	Customer Edge
CIDR	Classless Inter-Domain Routing
CN	Core Network
CPM	Central Processor Module
CS	Circuit Switched
CSNP	Complete sequence number PDU

D

DoS	Denial Of Service
DSLAM	Digital Subscriber Line Access Multiplexer

E

EGP	Exterior Gateway Protocol
ESS	Ethernet switch service
ETSI	European Telecommunications Standards Institute

F

FIB	Forwarding Information Base
FRR	Fast Reroute

G

GGSN	Gateway GPRS Support Node
GMSC	Gateway Mobile Switching Centre
GPRS	General Packet Radio Service
GRE	Generic Routing Encapsulation
GSM	Global System for Mobile

H

HLD	High Level Design
HLR	Home Location Register

HSDPA	High Speed Downlink Packet Access
HSI	High Speed Internet
HSPA	High Speed Packet Access
HVPLS	Hierarchical Virtual Private LAN service
<u>I</u>	
IANA	Internet Assigned Numbers Authority
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers
IETF	Internet Engineering Task Force
IGP	Interior gateway protocol
IMEI	International Mobile Equipment Identity
IMSI	International Mobile Subscriber Identity
IOM	Input Output module
IOT	Interoperability Testing
IR	Interior Router
IS-IS	Intermediate system to intermediate system)
ISP	Internet service provider
ITU	International Telecommunication Union
<u>L</u>	
LAN	Local Area Network
LDP	label distribution protocol
LLC	Logical Link Control
LSP	Label Switched Path
LSR	Label Switch Router,
LTE	Long Term Evolution
<u>M</u>	
MAC	Media Access Control Address
MEF	Metro Ethernet Forum
MGW	Media gateway
MPLS	Multi-Protocol Label Switching
MS	Mobile Station
MSC	Mobile-services Switching Centre
MT	Maroc Télécom
<u>N</u>	
NMS	Network Mangement System
<u>O</u>	
OPEX	dépenses d'exploitation
OSI	Open Systems Interconnection
OSPF	Open Shortest Path First
<u>P</u>	
PDH	Plesiochronous Digital Hierarchy
PE	Provider edge
PPP	Point-to-Point Protocol
PS	Paquet switch
PSTN	public switched telephone network
PW	Pseudowire

Q

QoS Quality Of Service

R

RAN Radio Acces Network

RD Route Distinguisher

RIP Routing Information Protocol

RNC Radio Network Controller

RR Router Reflector

RSVP-TE Resource Reservation Protocol - Traffic Engineering

RT Route target

RTCP Real-time Transfert Control Protocole

RTM Route Table Manager

S

SAM Service Aware Manager

SAR Service Aggregation Router

SDH Synchronous Digital Hierarchy

SDP Session Description Protocol

SF Switch Fabric

SGSN Serving GPRS Support Node

SLA Service Level Agreement

SNAP SubNetwork Access Protocol

SPF Shortest Path First

SR Service Router

STM Synchronous Transport Module

T

TCP Transmission Control Protocol

TDM Time-Division Multiplexing

U

UDP User Datagram Protocol

UE User Equipemnt

UMTS Universal Mobile Telecommunications System

V

VLL Virtual Leased Line

VLR Visitor Location Register

VLSM Variable Length Subnetwork Mask

VoD Video on Demand

VPLS Virtual private LAN service

VPRN Virtual private routed network

VRF Virtual Routing and Forwarding

W

WDM Wavelength-Division Multiplexing

INTRODUCTION
GENERALE

INTRODUCTION GENERALE

De nos jours, devant une concurrence exacerbée sur le marché des télécommunications, la fidélité du client est devenue de plus en plus instable. Les utilisateurs Mobile, qu'ils soient particuliers ou professionnels, sont plus avertis lors du choix de leurs opérateurs télécom : Ils réclament un service fiable, de qualité et s'alignant aux derniers lancements technologiques à un prix bien évidemment convenable. Pour prévenir donc l'attrition de ses clients, les fournisseurs de service et les opérateurs Télécom doivent tenir compte de ces attentes tout en préservant une marge commerciale viable.

Le contexte apparaît donc si critique avec la montée en puissance des services Mobiles large bande. Ces services requièrent plus de bande passante que ceux des générations précédentes (1 seul utilisateur 3G consomme l'équivalent en bande passante de plus de 1000 abonnés Gsm 2G) et mettent à rude épreuve le transport des flux mobiles entre les équipements qui lui sont associés. **La technologie IP RAN** vient donc trouver des solutions pratiques à toutes ces difficultés : C'est un réseau de nouvelle génération permettant le transport des flux mobiles sur de nouveaux réseaux plus adaptés appelés IP ou MPLS. Changement qui nous a permis donc le transport d'une bande passante plus élevée pour les applications mobiles de troisième génération (3G), une réduction des coûts et a surtout donné vie à une multitude d'applications dont on a pris l'habitude d'utiliser quotidiennement (Télévision par internet, téléphonie IP et plein d'autres).

Au Maroc l'apport de cette solution a été assimilé par l'ensemble des fournisseurs de services télécoms. En l'occurrence, Maroc Télécom qui a confié au prestataire ALCATEL LUCENT une partie de son projet de migration IP-RAN. Mission dont j'ai eu le plaisir d'y participer activement durant ma période de stage de fin d'études chez ce prestataire.

Techniquement et comme nous allons traiter plus en détail lors de la deuxième partie du présent mémoire, le passage vers une solution IP RAN consiste à implémenter une boucle 10G entre les stations de base (BTS/Node B) et les contrôleurs correspondants (BSC/RNC).

Notre **problématique** se résume donc aux questions suivantes :

Afin de satisfaire donc à ces besoins et devant la multitude des schémas possibles, quelle architecture faut-il concevoir? Quels équipements utiliser ? Et surtout quels protocoles et services adopter pour assurer une fiabilité de transmission du trafic ?

Enfin, et dans l'intention de faciliter la tâche à nos ingénieurs « Deployment Team », essayons de leurs mettre à disposition un document de base décrivant plus particulièrement la mise en œuvre de la dite solution sur les deux niveaux physique et logique.

Notre **méthodologie d'approche**, ayant comme objectif la réponse à la dite problématique, a consisté dans un premier lieu à la compréhension du besoin peaufiné de Maroc Telecom à travers l'analyse de leur cahier de charge et l'étude de la description technique de la solution de Backhauling Mobile d'Alcatel avant d'établir une synthèse des recherches liées à la technologie IP-RAN et aux différents équipements, protocoles et services qui lui sont attachées. Dans un deuxième lieu nous avons procédé à la production du document de référence appelé HLD « High-Level Design » décrivant toutes les étapes de mise en place de la solution de migration, ce qui explique la combinaison d'un travail littéraire universitaire et d'un autre pratique réalisé au sein d'ALCATEL LUCENT.

Le **plan d'analyse** de ce travail s'articule donc autour de quatre chapitres détaillés dans deux parties distinctes: Une présentation de la société ALCATEL LUCENT et description de la nature de la mission du projet de migration s'avère très palpitante (Chapitre introductif) ; la première partie tentera de synthétiser les différentes recherches liées à la technologie IP-RAN dans le premier chapitre et analyser les différents équipements, protocoles et services associées dans le second. La Deuxième partie quand à elle traitera dans le troisième chapitre la mise en œuvre de la solution conçue sur les deux volets physique et logique et exposera dans une dernier chapitre les différents tests exigés par le client afin de s'assurer des résultats escomptés.

Chapitre introductif :

*Contexte général du projet «Solution du
Backhauling mobile d'ALCATEL LUCENT
pour son client Maroc Telecom»*

Chapitre introductif : Contexte général du projet «solution du backhauling mobile d'ALCATEL LUCENT pour son client maroc telecom»

Avant de mettre l'accent sur la compréhension du besoin Maroc Telecom à travers l'analyse de leur cahier de charge et l'étude de la description technique de la solution de Backhauling Mobile d'ALCATEL LUCENT une présentation succincte de la société ALCATEL LUCENT s'avère indispensable.

Section I: Présentation succincte de la société ALCATEL LUCENT

ALCATEL LUCENT est le nom de la société née en 2006 de la fusion entre Alcatel et Lucent Technologies. La fusion de ces deux géants de la télécommunication a permis à ALCATEL LUCENT, en février 2007, de devenir, le deuxième équipementier télécoms et réseaux au niveau mondial derrière l'américain Cisco Systems et devant le suédois-Ericsson, et le germano-finlandais Nokia Siemens Networks.

1. À-propos d'ALCATEL LUCENT

Présente au Maroc depuis 1975, ALCATEL a su accompagner ce pays sur les voies du développement en participant pleinement aux projets de construction des télécommunications. En 1989 le groupe a créé une filiale au Maroc dont le siège est installé à Salé, comptant renforcer ainsi sa présence à long terme au Maroc.



Figure 1 ALCATEL LUCENT Maroc

2. Organigramme de la société

La structure d'ALCATEL LUCENT comprend un certain nombre de centres opérationnels et fonctionnels, supervisés par la direction générale qui assure le pilotage et la coordination stratégique avec la maison mère. Cette structure est présentée sur l'organigramme suivant, dans lequel on trouve l'ordre hiérarchique, les tâches existantes et leurs répartitions.

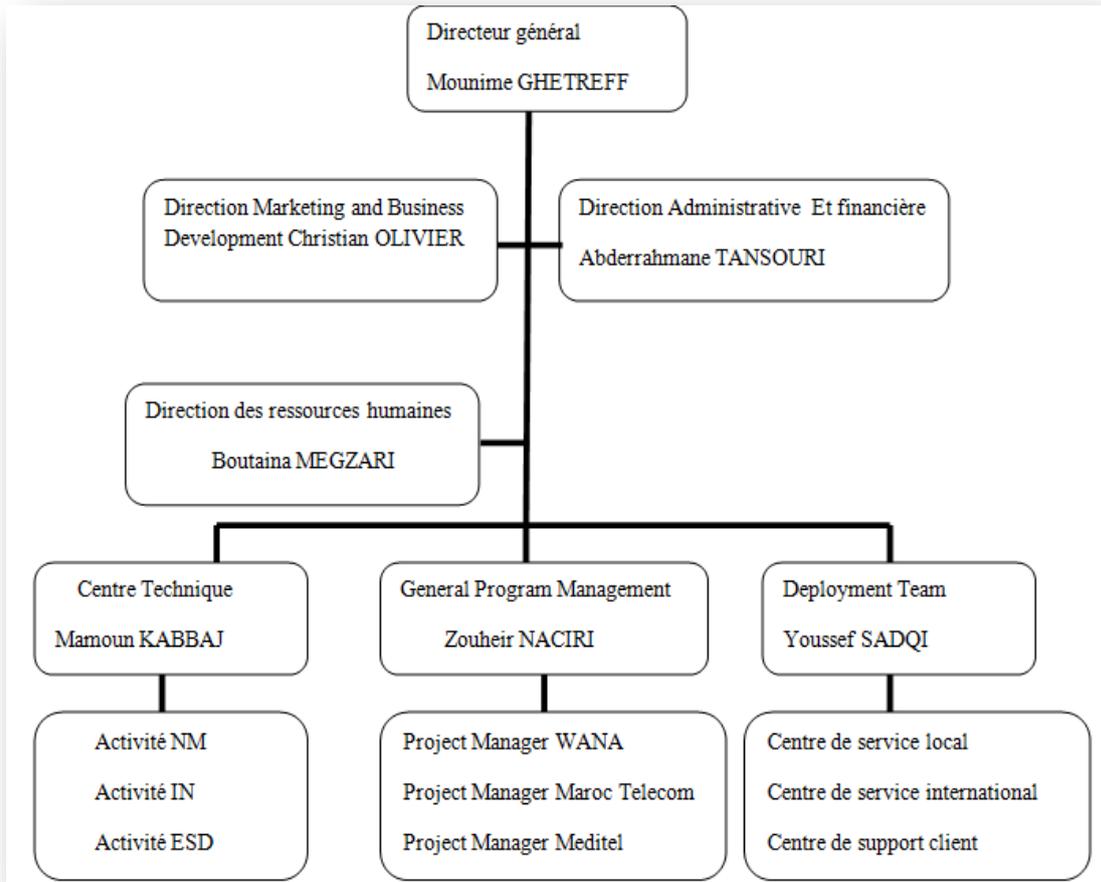


Figure 2 Organigramme d'ALCATEL LUCENT au 31.12.2010

Notre stage s'est déroulé au sein de la division Deployment Team.

Deployment Team

Dans le but de répondre aux besoins client en appliquant le juste à temps de quoi a-t-il besoin ? Dans quels délais ? En quelle quantité et dans quelle condition ? Le service Deployment Team vient pour assurer les techniques de configuration, de l'installation, du test, du montage et de la maintenance des équipements sous garantie renvoyés par les clients.

Le service Team rend service à ces clients potentiels comme IAM via l'amélioration et l'expertise de technologie au niveau de télécommunication.

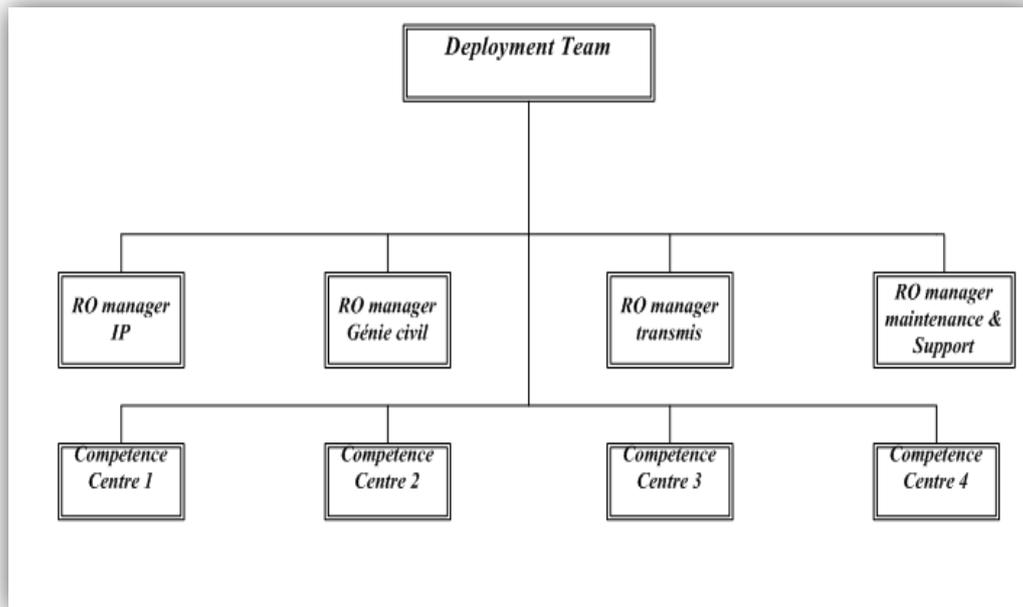


Figure 3 Organigramme du service Deployment Team

L'acquisition des sites et les services de déploiement et de construction sont aussi une fonction importante exécutée par le Deployment Team.

Section II: Contexte projet et raisons fondées du choix de la solution

1. Analyse du cahier de charges

1.1. Avant projet

Avant l'implémentation de la solution de migration IP-RAN, le réseau mobile de Maroc Télécom était constitué de différentes technologies d'accès radio mobile, allant du GSM, jusqu'au HSPA+ sur certains endroits. Différents constructeurs sont présents sur le réseau mobile de Maroc Télécom. On cite Ericsson, Nokia Siemens Networks et Huawei pour les réseaux 3G/3G+. Nokia Siemens Networks et Huawei ainsi que Motorola pour le réseau 2G.

En ce qui concerne l'infrastructure de transport mobile de Maroc Telecom, plusieurs flux sont transportés sur différentes technologies. Pour le flux GSM, de type TDM, transporté sur une architecture PDH/SDH de la station de base BTS jusqu'au contrôleur BSC. En ce qui concerne le trafic 3G, on distingue deux types de flux. En premier lieu, l'ATM qui a été initialement utilisé pour transporté les trafics de type circuits et paquets. En deuxième lieu, l'Ethernet pour la nouvelle génération des NodeBs. Enfin, pour une éventuelle introduction de la 4 G LTE, le trafic IP provenant des NodeBs sera naturellement transporté avec la nouvelle infrastructure de transport IP/MPLS.

1.2. Pourquoi une la solution IP-RAN ?

Aujourd'hui, les opérateurs de téléphonie mobile, notamment l'opérateur Maroc Télécom, sont en face d'une série d'importants défis qui leur imposent d'offrir de nouveaux services rentables sans augmenter le prix pour pouvoir rester concurrentiels.

L'ensemble de ces exigences ont poussé les opérateurs à opter pour la migration vers la 3G et 4G pour pouvoir améliorer la couverture dans tous les domaines, accroître la capacité de relais ainsi que pour bien gérer les nouveaux protocoles.

Lors de cette migration, il est évident que les infrastructures du réseau mobile ne sont pas suffisantes pour fournir ces services du moment où les sites cellulaires existants et les macro-stations de base (BTS) manquent souvent de la capacité de soutenir l'augmentation de la bande.

Il y'a en résumé plusieurs problématiques à traiter pour arriver à avoir un réseau plus efficace :

1.2.1. Insuffisance de couverture

Les réseaux 3G et 4G souvent fonctionnent à des fréquences supérieures à 2GHz, qui s'atténuent beaucoup plus rapidement que les basses fréquences utilisées dans les réseaux 2G. Dans les réseaux classiques de macro, il ya les zone "d'ombre" que les signaux ne peuvent pas atteindre, comme à l'intérieur des bâtiments, aux lieux publics (métro, aéroports, et les stades), ces zones d'ombre sont exacerbées par l'introduction de nouvelles fréquences et protocoles de données intensives.

1.2.2. Difficultés d'extension

Les macros BTS et le déploiement du site cellulaire sont coûteux, ce qui rend l'extension du réseau traditionnel cher. En outre, les gouvernements locaux dans les zones urbaines ainsi que les zones résidentielles ne peuvent pas permettre un strict déploiement de sites à grandes cellules en raison de préoccupations esthétiques et de santé.

1.2.3. Hausse des coûts de l'OPEX

En règle générale, les Macro sites cellulaires se basent sur des lignes T1/E1 fonctionnant à 1.5/2.0 Mbps. Pour supporter une plus grande bande passante et de nouveaux services, les opérateurs ont été amenés à continuer d'ajouter de nouvelles lignes, souvent par leur location à des concurrents. Cette solution se présente comme étant onéreuse et insuffisante pour satisfaire les besoins des clients assez exigeants en qualité de service ainsi qu'en frais proposées.

En plus de ces problématiques le réseau de transport mobile de Maroc Telecom, présente plusieurs lacunes. D'abord, en termes de lourdeur d'équipement, entre les commutateurs ATM, le transport PDH/SDH ainsi que celui de l'Ethernet. C'est pour cela que la solution IP-RAN compte exploiter l'infrastructure existante, afin d'optimiser l'investissement de l'opérateur.

2. Description technique de la solution

2.1. Présentation de l'architecture choisie

La nouvelle architecture cible doit assurer le transport de manière fiable des trafics :

- ✓ Mobiles voix et data 2G (TDM) et 3G (ATM, ATM IMA et Ethernet),

En respectant les exigences de la QoS. Cette nouvelle architecture sera basée sur IP ainsi que sur la technologie IP/MPLS offrant au minimum, de nouvelles technologies de routage et des bandes passantes garanties.

Le principe de l'architecture cible est de relier les Node B/BTS du réseau UTRAN aux RNC/BSC de rattachement via un réseau Metro IP qui sera construit à l'aide des Routeurs/Switchs proposés par le soumissionnaire et qui seront déployés au niveau des Nodes/BTS ainsi qu'au niveau des POPs qui représentent des points nodaux de concentration par où la transmission (liens E1 [cuivre / Fibre] reliant les BTS/Node B aux BSCs/RNCs) passe avant de regagner le BSC/RNC. Ces points de concentration sont reliés en boucle 10 Gbps en fibre noire.

L'architecture proposée devra utiliser des équipements dotés des dernières technologies en matière de commutation, de routage, de performances, de sécurité, et de disponibilité de ressources.

L'architecture physique proposée est basée sur les schémas de connectivité de chaque région présentés ci-après:

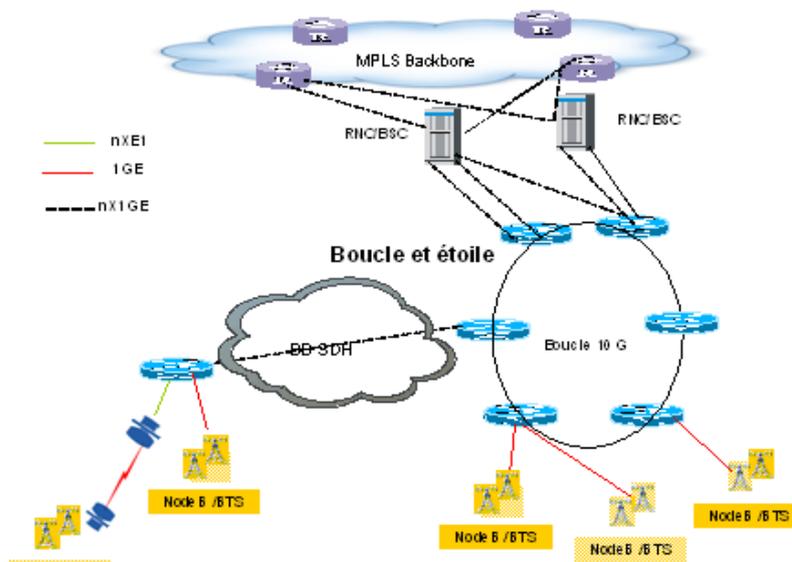


Figure 4 Schéma de connectivité d'une région

Les régions concernées par le projet d'ALCATEL LUCENT, sont ceux de Rabat, Témara, Skhirate, Bouznika, Salé, Kénitra et régions. Ce qui constitue au total 47 sites. Ces sites sont raccordés en transmission par des liens Ethernet de 1GE ou de 10GE. Pour les sites assez

proches, des fibres noires sont déjà installés pour les raccorder. Pour les sites lointains, ils sont raccordés sur la boucle WDM.

2.2. Planification du projet de migration IP-RAN

La planification du projet consiste à établir un planning adapté pour pouvoir observer, contrôler l'avancement et assurer le bon déroulement des différentes étapes, opérations et tâches, afin de conduire avec succès le projet et réussir son organisation.

Il convient comme même de signaler que

La durée prévue pour notre mission de stage au sein d'ALCATEL LUCENT est entre le 15 février et le 30 juin 2011. Le diagramme ci-dessous présente le déroulement des différentes étapes constituant notre modeste participation au présent projet :

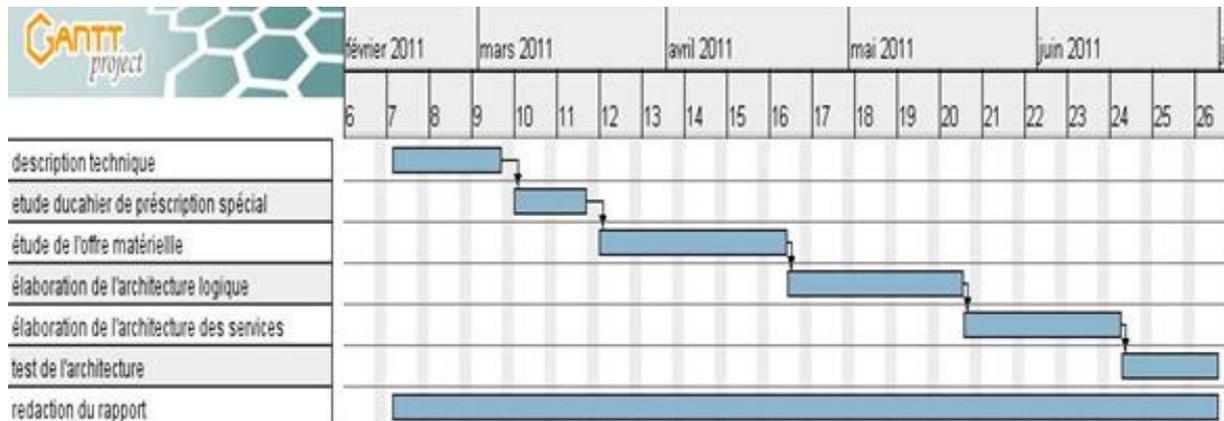


Figure 5 Diagramme de GANTT

Une fois présenté l'organisme d'accueil et compris la nature de la mission, nous allons tenter d'établir dans la première partie une synthèse des recherches liées à la technologie IP-RAN et aux différents équipements, protocoles et services qui lui sont attachées et étudier leurs compatibilités avec la dite solution.

PARTIE I : SYNTHÈSE DES
RECHERCHES LIÉES AU
CONCEPT IPRAN

Il paraît inévitable que pour faire l'étude de la solution IP-RAN dans le réseau de Backhauling mobile, de comprendre deux éléments : le premier étant la présentation du réseau IP-RAN et ses technologies GSM et UMTS. Pour ce qui est du second élément, il concerne l'analyse des recherches en termes d'équipements, des protocoles et des services liés à la migration vers la nouvelle boucle 10G implémentée dans notre cas de projet.

Chapitre 1 : Technologie IP-RAN : Historique et évolution

Depuis la mise au point de la norme numérique de seconde génération « *Global System for Mobile Communications (GSM)* » en 1982 par l'European Telecommunications Standards Institute (ETSI), les technologies réseaux mobiles ont connu une parfaite révolution donnant ainsi naissance à la technologie LTE en passant par la GPRS, L'UMTS et bien d'autres.

Nous nous limitons dans le présent chapitre à exposer les composants matériels et les techniques de commutation des technologies GSM et UMTS seulement. Technologies utilisées dans le BackHaul Maroc Telecom.

Section I: Architecture RAN (Radio Access Network)

Un réseau d'accès radio (RAN) fait partie du système de télécommunications mobiles. Il met en œuvre une technologie d'accès radio. Conceptuellement, il se trouve entre le téléphone mobile, et le cœur de réseau (CN). Le téléphone mobile est également connu comme équipement utilisateur (UE), l'équipement terminal, de la station mobile (MS), etc. en fonction de la norme. La figure suivante montre la place du RAN dans un système de télécommunications.

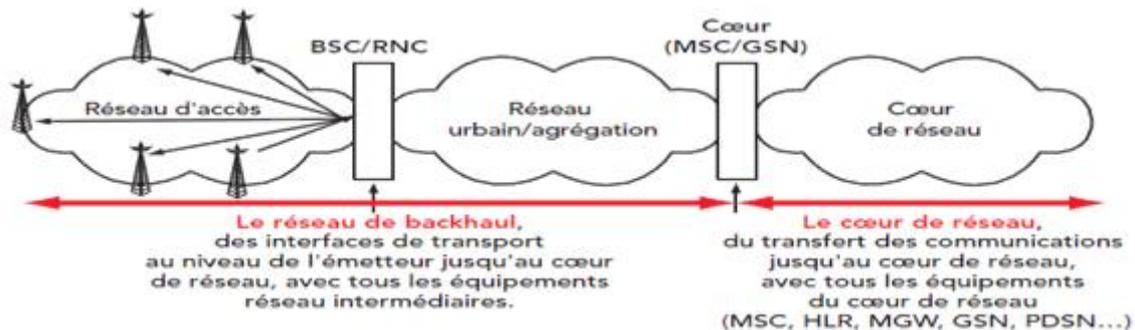


Figure 6 RAN dans un système de télécommunication

Les nœuds de l'architecture RAN de Maroc Telecom font part à la fois au réseau en mode paquets (GSM) et celui en mode circuits (UMTS).

On ce qui suit, on présente l'architecture générale des deux technologies ainsi que les techniques de transport utilisées pour chacune d'elles.

1. Technologie GSM : Sous-système et technique de commutation

En général, l'architecture GSM est basée sur deux sous-systèmes distincts :

- Sous-système Radio **BSS** (Base Sub-System)
- Sous-système Réseau **NSS** (Network Sub-System)

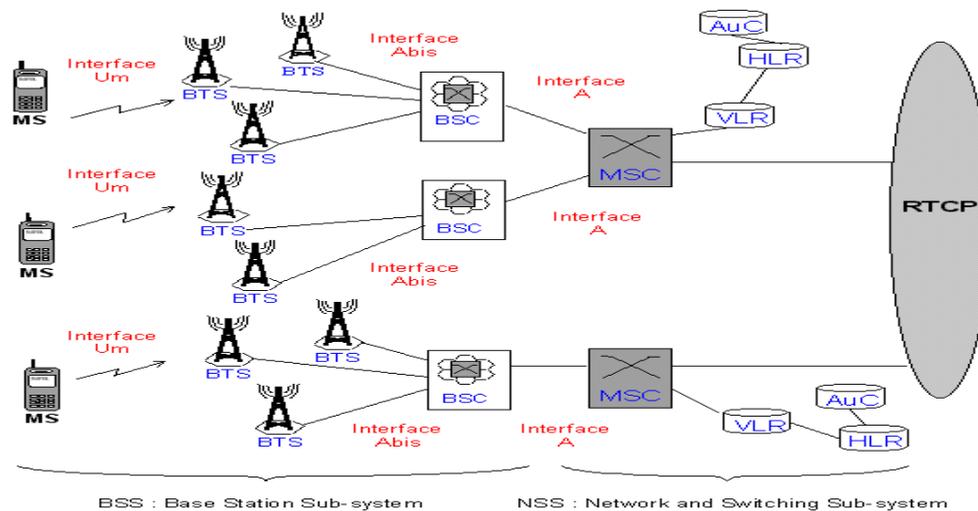


Figure 7 Architecture GSM

La figure ci-dessus met en évidence les deux sous-systèmes, expose leurs composants matériels et précise les interfaces de communication entre chaque composant.

1.1. Sous-système radio BSS et ses composants

Le sous-système radio BSS correspond à la fonction de distribution du réseau de radiocommunication, il est constitué des composants suivants:

1.1.1. BTS (Base Transceiver Station)

La station BTS est un ensemble d'émetteurs-récepteurs ayant la charge de la transmission radio au niveau de la couche physique (modulation, démodulation, égalisation, codage correcteur d'erreur), l'échange de la signalisation et l'assurance de la fiabilité du dialogue au niveau de la couche liaison de données.

1.1.2. BSC (Base Station Controller)

Le BSC est l'organe intelligent du BSS. Il gère les ressources radio des BTS qui lui sont attachées et réalise par conséquent les procédures nécessaires à l'établissement/rétablissement des appels, à la libération des ressources à la fin de ces derniers, et contrôle les fonctions propres aux communications (puissance, décision d'exécution et HandOver).¹

¹ « Radiocommunications : CONSERVATOIRE NATIONAL DES ARTS ET METIERS »

1.1.3. Communication entre composants

La communication entre les MS et les BTS se fait via des interfaces dites Um tant dis que celle entre les BTS et les BSC est assurée par des interfaces appelés Abis.

1.2. Sous-système d'acheminement NSS et ses composants

Réseau fixe intégrant l'ensemble des fonctions nécessaires à l'établissement des appels et à la mobilité, ce sous-système comprend des commutateurs, des passerelles vers le R.T.C.P. (Réseau Téléphonique Commuté Public) ainsi que des bases de données. Il constitue l'infrastructure la plus légère d'un réseau GSM en ce qui concerne l'investissement de l'opérateur et comporte les composants décrits ci-dessous.²

1.2.1. MSC (Mobile-services Switching Centre)

Le MSC est un commutateur mobile qui gère l'établissement des communications entre une station mobile et un autre MSC ainsi que l'exécution éventuelle des HandOver.

1.2.2. VLR (Visitor Location Register)

Le VLR est une base de données qui gèrent la mobilité des usagers : vérification des caractéristiques d'un abonné, transfert d'informations de localisation, il contient toutes les données des abonnés mobiles présents dans une zone géographique.

1.2.3. HLR (Home Location Register)

Le HLR est une base de données de localisation et de caractérisation des abonnés d'un réseau public de mobiles.

Il enregistre en effet l'IMSI (l'identité internationale de l'abonné), le numéro d'annuaire de l'abonné, le profil de l'abonnement, et tous les services supplémentaires auxquels l'abonné a souscrit.

La signalisation GSM est transportée sur un ou plusieurs liens T1/E1 en utilisant le multiplexage TDM.

1.3. Technique de commutation TDM

1.3.1. Généralités

Le multiplexage à division de temps (TDM) est une méthode synchrone permettant de mettre plusieurs flux de données en un seul signal, en séparant le signal en plusieurs segments de taille fixe appelés slots.

² Rapport de projet de dominante communication "GPRS, service de GSM"

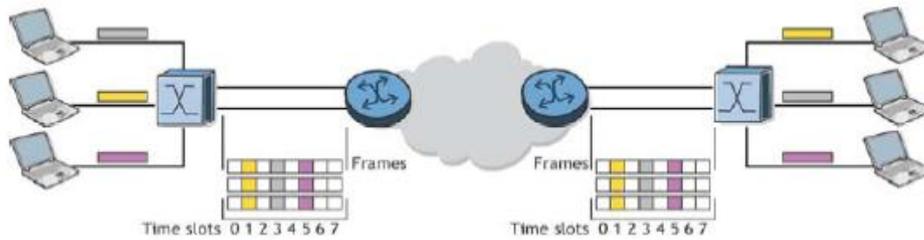


Figure 8 Time Division Multiplexing

Comme le montre la figure 8, chaque pc envoie une information au switch qui retransmet la trame au routeur avec un débit constant de 1.5Mbits/s. Cette trame sera divisée en 24/32 times slots fixés. Afin d'optimiser l'utilisation de la bande passante, Cette transmission doit suivre un régime capable de faire varier le nombre de signaux envoyés le long de la ligne et ajuster en permanence les intervalles de temps. D'où la flexibilité de la technique TDM.

Le commutateur MSC supporte TDM dans deux formes E1 (Européenne) et T1(Américaine) selon le débit et les canaux utilisés.

1.3.2. Applications de TDM

Les canaux T1 ou E1 peuvent être multiplexés entre eux pour former des canaux à plus hauts débits, etc. Cette hiérarchie des débits est appelée hiérarchie numérique synchrone ou SDH (Synchronous Digital Hierarchy).

1.3.2.1. SDH

- **Généralités**

Avant les années 90, le réseau de transmission optique des opérateurs était basé sur une hiérarchie plésiochrone. La hiérarchie plésiochrone (PDH), est basée sur un multiplexage des données spécifique, l'un des inconvénients de ce mode de transmission est qu'il ne permet pas l'accès aux données transmises sans démultiplexage. Autre inconvénient à cette époque, il n'y avait pas de normalisation au niveau du C.C.I.T.T., ce qui veut dire que l'on ne pouvait pas interconnecter deux hiérarchies (U.S.A., EUROPE, JAPON) sans passer par un équipement intermédiaire.

C'est ainsi qu'est apparue à la fin des années 80 (1988) une nouvelle hiérarchie de transmission appelée " synchronous digital hierarchy " (SDH), c'est-à-dire en français la hiérarchie numérique synchrone. Cette hiérarchie repose sur une trame numérique de niveau élevé qui apporte une facilité de brassage et d'insertion/extraction des niveaux inférieurs.

- **Principe de fonctionnement**

La trame de base, appelée STM-1 (Synchronous Transport Module 1) est structurée en octets et possède les caractéristiques suivantes :

- **Taille** : 2430 octets (organisation : 9 rangées / 270 colonnes)
- **Durée** : 125µs (i.e. synchronisation sur le 8 kHz, contrainte vocale...) et donc un débit de 155 Mbit/s.

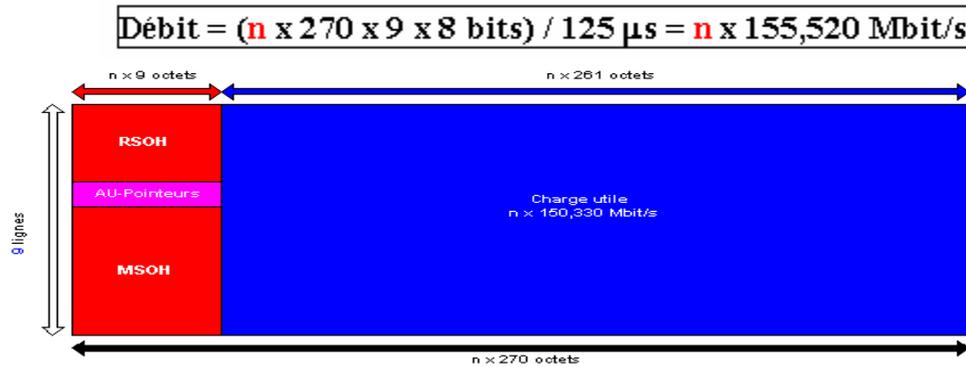


Figure 9 Format d'une trame STM

A partir du STM-1 la norme SDH prévoit la construction de trame de niveau n qui sont les STM-n proposant des débits supérieurs. Ci-dessus un tableau récapitulatif des STM-n actuellement normalisés³ :

STM-n	Débit	Support
STM-1	155 Mbit/s	FO, radio, coaxial
STM-4	622 Mbit/s	Fibre optique
STM-16	2,5 Gbit/s	Fibre optique
STM-64	10 Gbit/s	Fibre optique
STM-256	40 Gbit/s	Fibre optique

1.3.2.2. SONET

- **Généralités**

SONET est la norme nord-américaine pour la transmission à fibres optiques. Elle fournit un ensemble de protocoles pour la gestion et contrôle de la bande passante de transmission des réseaux optiques. La norme SONET inclut des définitions pour une structure de multiplexage, des paramètres optiques, des mappages de service et de gestion de réseau. SONET utilise des interfaces standardisées, qui permettent l'interconnexion de terminaux multi-fournisseurs (SONET Multiplexer) et sous-systèmes.

- **Principe de fonctionnement**

Dans ce type d'hierarchie, la trame se reproduit 8000 fois par seconde et transporte 810 octets ce qui correspond à un débit de 51,84 Mbits/s, cela signifie aussi qu'un octet particulier de la trame est transporté à un débit de 64 Kbits/s. La trame est présentée sous forme d'une grille de 9 lignes et 90 colonnes : Le débit transmis est calculé comme suit :⁴

$$9 \times 90 \times 8000 \times 8 = 51,84 \text{ Mbits / sec}$$

³ Synchronous Digital Hierarchy / École Nationale Supérieure des Télécommunications de Bretagne

⁴ http://www.e-miage.org/demos/B222/214_1_4.htm

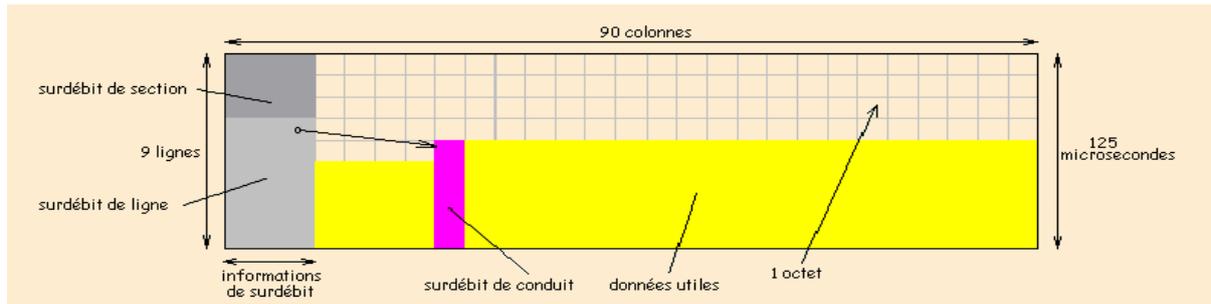


Figure 10 Format de la trame SONET

Les octets des trois premières lignes et des trois premières colonnes (sur-débit de section), ainsi que le reste des trois premières colonnes (sur-débit de ligne) sont utilisés pour la synchronisation. Un pointeur indique le début des données (conteneur virtuel), les données utiles commencent par un octet de sur-débit de conduit. On peut insérer des données n'importe où dans la trame (dans les 87 colonnes suivant les trois premières).

2. Technologie UMTS : Sous-système et techniques de commutation

En général, l'architecture UMTS est basée sur deux sous-réseaux distincts :

- Le Réseau d'Accès UTRAN (UMTS Terrestrial Access Network)
- Réseau de base (Core Network)

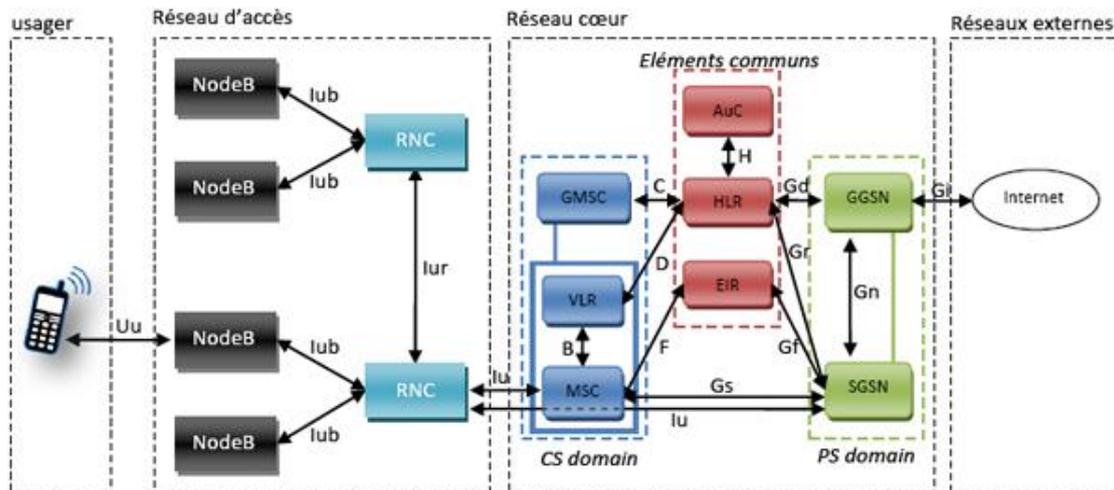


Figure 11 Architecture UMTS

La figure ci-dessus met en évidence les deux sous-réseaux, expose leurs composants matériels et précise les interfaces de communication entre chaque composant.

2.1. Réseau d'accès UTRAN et ses composants

Le réseau d'accès UTRAN est doté de plusieurs fonctionnalités. Sa fonction principale est de transférer les données générées par l'utilisateur. Il se compose des composants suivants:

2.1.1. NodeB

Le NodeB permet d'assurer les fonctions de réception et de transmission radio pour une ou plusieurs cellules du réseau d'accès de l'UMTS avec un équipement usager. Il travaille au niveau de la couche physique du modèle OSI (codage et décodage).

2.1.2. RNC (Radio Network Controller)

Le contrôleur RNC route les communications entre le NodeB et le réseau cœur de l'UMTS. Il travaille au niveau des couches 2 (liaison de données) et 3 (Réseau) du modèle OSI (contrôle de puissance, allocation de codes).

2.1.3. Communication entre composants

Plusieurs types d'interfaces de communication coexistent au sein du réseau UTRAN, nous nous limitons dans ce qui suit à la définition des interfaces entre la station NodeB, le contrôleur RNC et la station mobile MS :

- **Uu** : Interface entre un équipement usager et le réseau d'accès UTRAN. Elle permet la communication avec l'UTRAN via la technologie CDMA.
- **Iur** : Interface qui permet à deux contrôleurs radio RNC de communiquer.
- **Iub** : Interface qui permet la communication entre un NodeB et un contrôleur radio RNC.

2.2. Réseau de base (Core Network)

Le réseau cœur de l'UMTS est composé de trois parties dont deux domaines :

- Le domaine CS (Circuit Switched) utilisé pour la téléphonie
- Le domaine PS (Packet Switched) qui permet la commutation de paquets.
- Les éléments communs aux domaines CS et PS

Ces deux domaines permettent aux équipements usagers de pouvoir gérer simultanément une communication paquets et circuits.

2.2.1. Domaine CS

Le domaine CS est composé de plusieurs modules :

Le **MSC** (Mobile-services Switching Center) est en charge d'établir la communication avec l'équipement usager. Il a pour rôle de commuter les données.

Le **GMSC** (Gateway MSC) est une passerelle entre le réseau UMTS et le réseau téléphonique commuté PSTN (Public Switched Telephone Network). Si un équipement usager contacte un autre équipement depuis un réseau extérieur au réseau UMTS, la communication passe par le GMSC qui interroge le HLR pour récupérer les informations de l'utilisateur. Ensuite, il route la communication vers le MSC dont dépend l'utilisateur destinataire.

Le **VLR** (Visitor Location Register) est une base de données, assez similaire à celle du HLR, attachée à un ou plusieurs MSC. Le VLR garde en mémoire l'identité temporaire de l'équipement usager dans le but d'empêcher l'interception de l'identité d'un usager. Le VLR est en charge d'enregistrer les usagers dans une zone géographique LA (Location Area).

2.2.2. Domaine PS

Le domaine PS est composé de plusieurs modules :

Le **SGSN** (Serving GPRS Support Node) est en charge d'enregistrer les usagers dans une zone géographique dans une zone de routage RA (Routing Area)

Le **GGSN** (Gateway GPRS Support Node) est une passerelle vers les réseaux à commutation de paquets extérieurs tels que l'Internet.

2.2.3. Eléments communs

Le groupe des éléments communs est composé de plusieurs modules :

Le **HLR** (Home Location Register) représente une base de données des informations de l'utilisateur : l'identité de l'équipement usager, le numéro d'appel de l'utilisateur, les informations relatives aux possibilités de l'abonnement souscrit par l'utilisateur.

L'**AuC** (Authentication Center) est en charge de l'authentification de l'abonné, ainsi que du chiffrement de la communication. Si une de ces deux fonctions n'est pas respectée, la communication est rejetée. L'AuC se base sur le HLR afin de récupérer les informations relatives à l'utilisateur et pour ainsi créer une clé d'identification.

L'**EIR** (Equipment Identity Register) est en charge de la gestion des vols des équipements usagers. Il est en possession d'une liste des mobiles blacklistés par un numéro unique propre à chaque équipement usager, le numéro IMEI (International Mobile station Equipment Identity).

Le réseau UMTS transporte le trafic de la voix, des données et de la signalisation UMTS sur un ou plusieurs liens T1/E1 en utilisant la commutation de cellules ATM et la commutation de paquets Ethernet.

2.3. Commutation de cellules ATM

2.3.1. Généralités

ATM (Asynchronous Transfer Mode) est la technique de multiplexage et de commutation assurant l'acheminement des informations numériques indépendamment de leur nature.

C'est un protocole de réseau de niveau trois. Il repose sur le concept de commutation de cellule. Ces cellules sont commutées le long des circuits virtuels. Toute communication via ATM doit être précédée d'une phase d'établissement de connexion au préalable. Une particularité d'ATM est la taille de cellules : 53 octets fixe. Ce choix s'explique par la volonté des concepteurs de garder un temps de transfert proche du temps de transmission, le temps d'émission de la cellule doit donc être court. ATM se distingue des autres protocoles de niveau trois par la notion de qualité de service qu'il implémente et par le fait que la plus part des protocoles de ce niveau (IP, X25, IPX...) peuvent fonctionner par-dessus du réseau ATM. C'est pour cette raison qu'ATM peut être vue comme un protocole de niveau deux.

2.3.2. Architecture

En traitant des données de longueur réduite et fixe (cellules), on peut assurer leur commutation au niveau physique (multiplexage). La commutation peut donc être assurée par des systèmes hardware et non plus logiciels, ce qui autorise des débits bien plus importants. La cellule ATM suit cette logique en présentant une cellule de 53 octets, dont 5 octets d'en-tête et 48 octets de charge utile. L'architecture ATM est représentée dans la figure suivante :

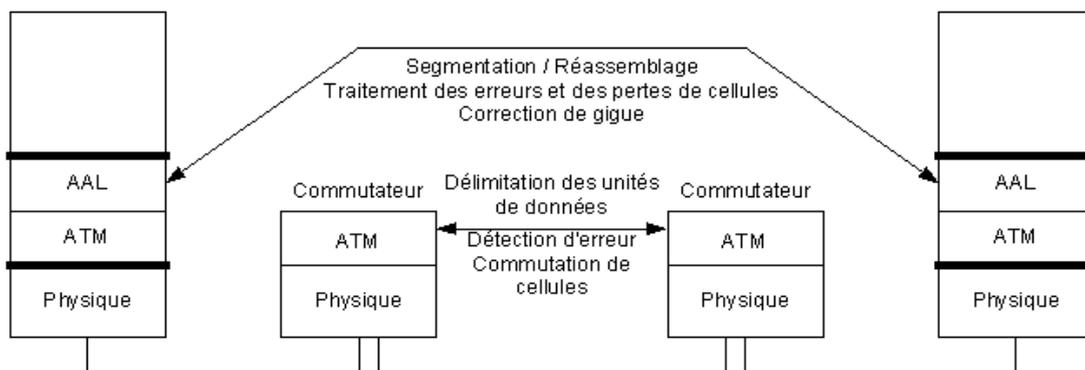


Figure 12 Architecture ATM

2.4. Commutation de paquets Ethernet (Protocol IP)

Le protocole IP fait partie du niveau 3(couche réseau) du modèle TCP/IP. C'est l'un des plus importants protocoles d'Internet car il permet le transport et l'élaboration des datagrammes IP (les paquets de données), sans toutefois en assurer la « livraison ». En réalité, le protocole IP traite les datagrammes IP indépendamment les uns des autres en définissant leur représentation, leur routage et leur expédition.

Le protocole IP détermine le destinataire du message grâce à 3 champs :

- Le champ adresse IP : adresse IP de la machine soit IPv4 ou IPv6.
- Le champ masque de sous-réseau : un masque de sous-réseau permet au protocole IP de déterminer la partie de l'adresse IP qui concerne le réseau.
- Le champ passerelle par défaut : Permet au protocole Internet de savoir à quelle machine remettre le datagramme si jamais la machine de destination n'est pas sur le réseau local.

Section II: Technologie IP-RAN (Internet Protocol-RAN)

1. Concept général

Comme le montre la figure 13, Le concept IP-RAN consiste à introduire la technique IP au sein de l'architecture RAN en optant pour l'une des deux solutions :

- Remplacer le transport traditionnel à base de TDM et ATM par un transport à base d'IP/MPLS ou ETHERNET.
- Chercher à implémenter une solution de coexistence entre les technologies existantes et l'IP en utilisant les TDM/ATM over MPLS.

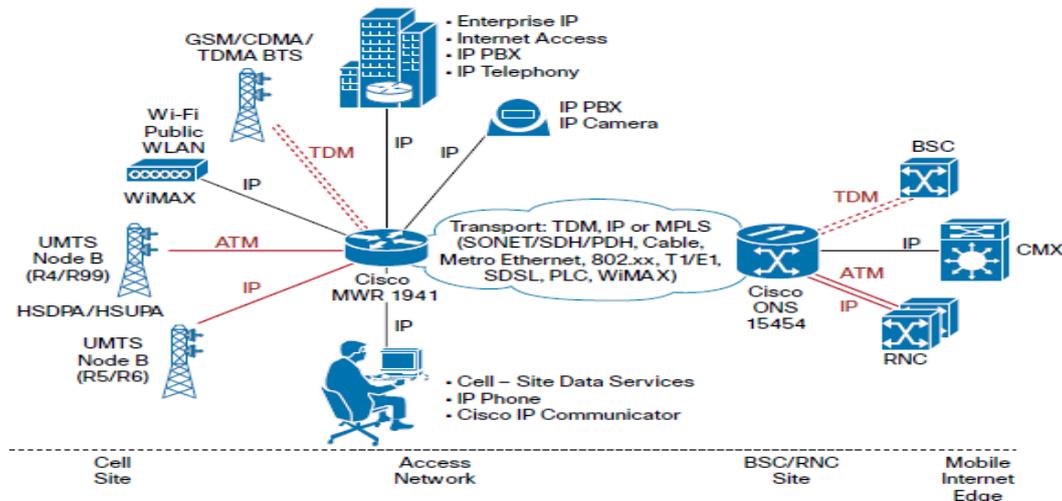


Figure 13 Techniques de transport

2. Evolution de l'architecture IPRAN

2.1. IP-RAN et voix 2G/3G Release 99

Avant l'avènement de l'IP-RAN, les services vocaux ont été assurés grâce à l'architecture RAN qui porte la voix 2G sur la ligne d'or TDM et la voix 3G Release 99 sur la ligne bleue ATM. La passerelle de média (MGW) a également été introduite depuis pour faire la conversion de la voix ATM à la TDM et traité quelques opérations de signalisation. Toutes ces commutations sont gérées par un MSC.

Le trafic voix ne cesse de croître rendant ainsi l'intensification des réseaux de base MSC plus longue et plus coûteuse dans la mise en œuvre. Le défi pour les opérateurs de téléphonie mobile est de s'éloigner de la commutation de circuits et d'exploiter l'efficacité offerte par les nouvelles technologies paquets IP-RAN, tout en conservant une même qualité de service pour ne pas dire une meilleure.

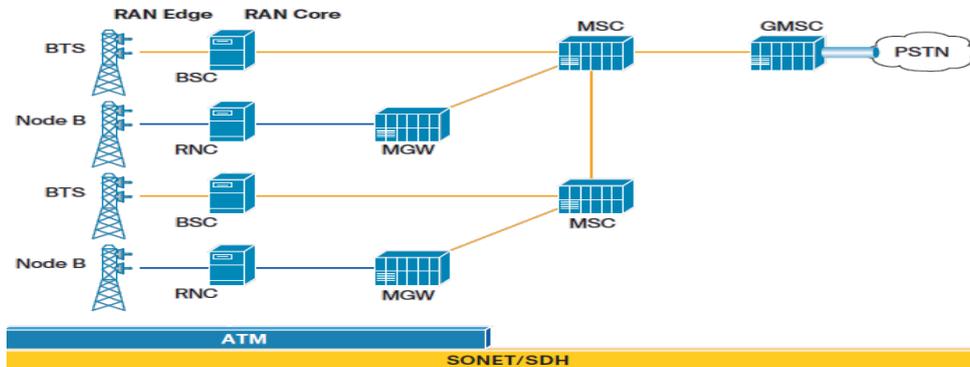


Figure 14 Architecture RAN de la voix 2G et la 3G Release 99

2.2. Intégration de l'ATM dans la 3G Release 4

Avant de mettre le point sur l'architecture de la norme 3G release 4, une description brève de la technique MPLS/IP-MPLS est nécessaire :

MPLS (Multi-Protocol Label Switching) est une technique réseau en cours de normalisation à l'IETF dont le rôle principal est de combiner les concepts du routage IP de niveau 3, et les mécanismes de la commutation de niveau 2 telles que implémentée dans ATM ou Frame Relay.

Le prochain déploiement des services vocaux sur les réseaux mobiles est la 3G Release 4, elle introduit la technique ATM pour le transport du trafic de la voix 3G dans un réseau MPLS et développe l'architecture existante des MGWs vers une architecture fractionnée.

La connexion entre ces passerelles a un plan de contrôle et un plan utilisateur. Le plan de contrôle est basé sur IP, et la signalisation System 7 (SS7) est activée via le serveur MSC. Le plan utilisateur peut manipuler TDM, ATM, ou le trafic IP.

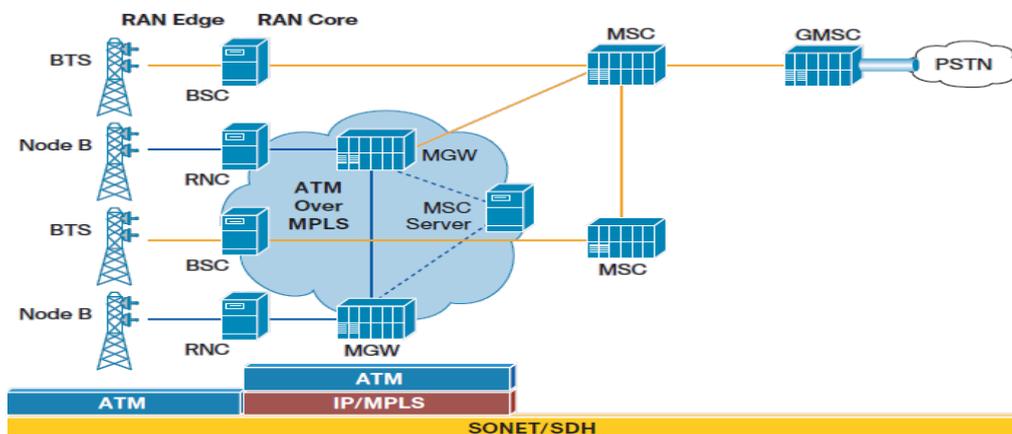


Figure 15 Architecture de la 3G Release 4 avec ATM et Media Gateway

2.3. Tous services vocaux (2G & 3G) à base de l'IP

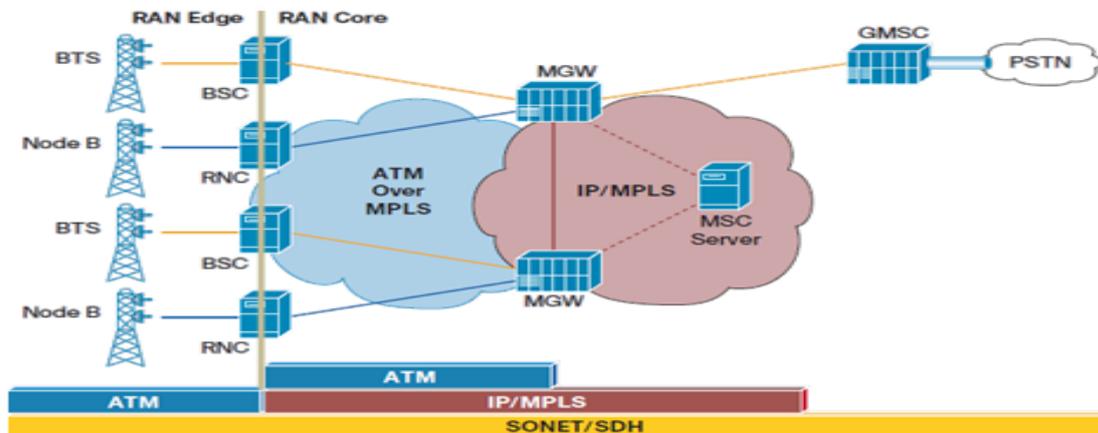


Figure 16 Architecture 3G version 4 avec passerelles d'interconnexion de la voix

Les économies réelles et la simplicité viendra quand les MGWs transforme tous les types de services vocaux en VoIP à travers le réseau IP / MPLS. Dans la figure, les interconnexions du plan utilisateur et du plan de contrôle pour tous les services voix au-delà des MGWs sont basés sur la technologie IP. Les services de voix 2G et 3G sont en convergence vers IP, et ils n'ont plus besoin de la traditionnelle MSC.

2.4. Pseudowires sur le Réseau d'accès

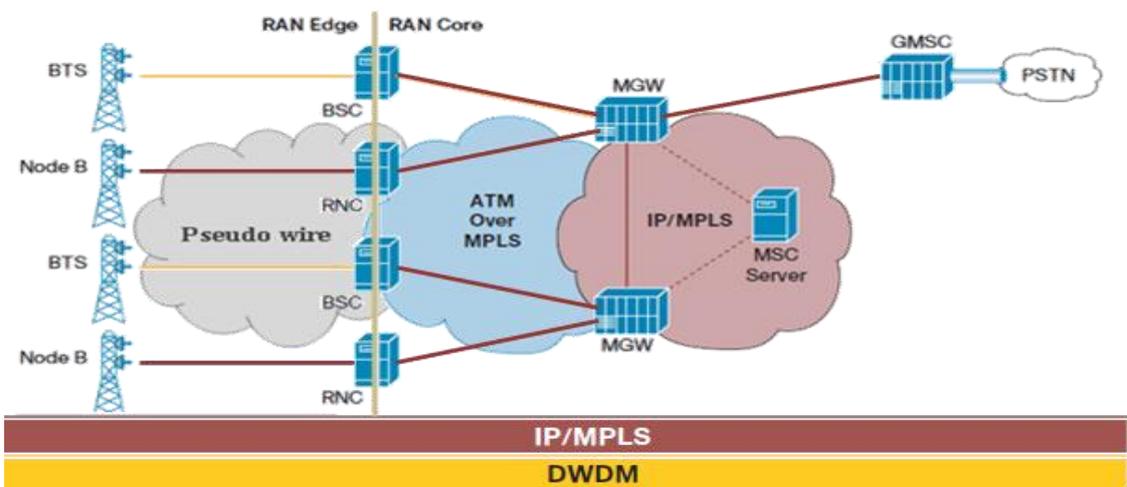


Figure 17 3G version 5 et au-delà IP / MPLS RAN et Core

L'utilisation accrue de l'IP/MPLS (Pseudowires) au RAN edge avec la 3G Release 5 va simplifier et accélérer l'introduction de la VoIP sur le réseau convergé IP. Comme on le voit sur la figure, éventuellement IP / MPLS va devenir la technologie de transport dans l'infrastructure RAN. Avec un réseau IP / MPLS RAN et Core RAN, les opérateurs mobiles seront en mesure de réaliser des économies, simplifier les opérations réseau, et d'accélérer les délais de commercialisation pour de nouveaux services.

Dans ce chapitre, nous avons exposé une synthèse des recherches liées à la technologie IP-RAN qui sera, dans le deuxième chapitre, achever par une analyse des différents équipements, protocoles et services ainsi que leurs compatibilités avec la solution de migration Metro IP.

Chapitre 2 : Etude des équipements, protocoles et services attachés à la solution IP-RAN

La mise en place de la solution IP-RAN a exigé une étude préliminaire de l'offre physique et logique d'ALCATEL LUCENT afin d'être en mesure de choisir les équipements, protocoles et services liés à la solution de migration Metro IP.

Dans le présent chapitre, nous présentons la synthèse des recherches en termes d'équipements, de protocoles, de services ainsi que leurs compatibilités avec la solution.

Section I: Etude physique de la solution⁵

Alcatel Lucent offre trois types de familles de routeurs :

- 7750SR
- 7450 ESS
- 7705SAR

Dans ce qui suit nous allons présenter les principales caractéristiques de ces différents routeurs.

1. Description des différents types de routeurs d'ALCATEL LUCENT

1.1. Routeurs de service 7750 SR

Les routeurs 7750 SR sont disponibles sous différents formats de châssis : le 7750 SR-1 avec un seul slot, le 7750SR-7 avec sept slots, le 7750SR-12 avec douze slots, tous disponibles avec une large gamme d'interfaces, en plus d'une architecture matérielle et logicielle entièrement distribuée conçue dès l'origine pour offrir des services efficaces. Le 7750SR fonctionne à la fois comme routeur Ethernet puissant et comme plate-forme flexible de services.

1.1.1. Famille 7750 SR

✓ 7705 SR7

La plateforme de routage SR7 est constituée de sept emplacements dont deux sont dédiés aux cartes de contrôle et de commutation SF/CPM⁶. En effet un seul de ces SF/CPM est requis pour le fonctionnement, le second assure une redondance totale permettant d'activer les fonctionnalités de Haute Disponibilité Non Stop Routing et Non Stop Services.

Les cinq emplacements restants sont utilisés pour les cartes de base IOM⁷. Le fond de panier supporte un débit de 50Gbps Full Duplex vers chaque emplacement IOM.

⁵ SRC « Alcatel-Lucent Scalable IP Networks » : Document 1 certification Alcatel Lucent

⁶ La SF/CPM (Switch Fabric and Central Processor Module) : Cette carte inclut les éléments matériels de commutation et les processeurs de contrôle du routeur.

⁷ L'IOM (Input/Output Module) : Ces cartes effectuent toutes les opérations de niveau 2 et 3 : encapsulation, lecture des adresses IP/MPLS ou MAC, gestion de la QoS.



Figure 18 Format du châssis 7750 SR7

✓ 7750 SR12

La plateforme de routage SR12 est constituée de douze emplacements. Comme les SR7 deux emplacements sont dédiés aux cartes de contrôle et de commutation SF/CPM. Les dix emplacements restants sont utilisés pour les cartes de traitement IOM. Le fond de panier supporte un débit de 50Gbps Full Duplex vers chaque emplacement IOM.



Figure 19 Format du châssis 7750 SR12

1.1.2. Les caractéristiques des 7750 SR

La famille 7750 SR prend en charge tous les protocoles standards de l'industrie de routage en l'occurrence l'**OSPF** en version 2 et 3, l'**IS-IS**, le **BGP** avec les familles d'adresses (IPv4, IPv6, VPN-IPv4, multicast), **RIP** et **VPRN**.

Parmi les caractéristiques importantes de ces routeurs c'est la prise en charge du MPLS et **LDP** avec la capacité d'offrir les services **VLL**, **VPLS** et **VPRN**.

Les équipements 7750SR (sauf SR1) permettent de réaliser les objectifs les plus stricts de disponibilité et de réduire significativement les temps d'indisponibilité annuels grâce à leur architecture entièrement redondante.

NB : tous les mots en gras seront traités dans la suite de ce chapitre.

1.2. Commutateurs de service 7450 ESS

Les commutateurs 7450 ESS sont disponibles sous quatre formats de châssis tous disponibles avec une large gamme d'interfaces. le 7450 ESS fonctionne à la fois comme commutateur Ethernet puissant et comme plate-forme flexible de services.

Le 7750 SR et 7450 ESS partagent Le même service de gestion et de dépannage puisqu'ils sont basés sur le même principe en termes de technologie.

1.2.1. Famille 7450 ESS

✓ 7450 ESS-7

Le châssis 7450 ESS-7 est un système entièrement redondant à sept slots. Deux slots sont dédiés pour les équipements communs redondants, dont chacun détient une SF / CPM. Les cinq autres emplacements sont utilisés pour les cartes de traitement IOM. La capacité totale de commutation pour le 7450 ESS-7 est limitée par la capacité de l'IOM.



Figure 20 Format du châssis 7450 ESS7

✓ 7450 ESS-6

Le 7450 ESS-6 est un système entièrement redondant d'une capacité de commutation inférieure à la 7450 ESS-7. Cependant, il supporte toutes les fonctionnalités du 7450 ESS-7.



Figure 21 Format du châssis 7450 ESS6

✓ 7450 ESS-12

Le 7450 ESS-12 est le plus puissant de la famille 7450 ESS, il dispose de 12 slots. Deux options de commutateurs existent dans ce type : 200 Gb/s et 400 Gb/s de débit en full-duplex. Deux commutateurs 200 Gb/s fournissent 400 Gb/s de débit en full-duplex non redondant ou 200 Gb/s full-duplex entièrement redondant.



Figure 22 Format du châssis 7450 ESS12

1.2.2. Caractéristiques des 7450 ESS

L'ensemble des caractéristiques du 7450 ESS lui permettent de réaliser uniquement le transport des services metro ethernet. En effet, le 7450 ESS ne prend pas en charge les services de la couche 3 à savoir MPLS/BGP/VPNs.

Les 7450ESS supportent les protocoles standards de routage tels que l'OSPF, IS-IS, RIP, ils permettent aussi d'offrir les services VLL et VPLS.

1.3. Routeur d'agrégation de service 7705 SAR

Le routeur ALCATEL LUCENT 7705 SAR délivre des capacités IP/MPLS et de pseudowires dans une plate-forme initialement destinée à l'évolution du transport dans le réseau d'accès radio mobile. Avec des capacités de traitement de trafics 2G, 3G et 3,9G, il permet de grouper plusieurs protocoles de transport et de média sur une infrastructure de transport paquet normalisée et plus économique.

Le développement du 7705 SAR a largement hérité des routeurs de service 7750/7710SR. Partageant une grande partie des fonctionnalités des familles des routeurs 7750 SR et commutateurs 7450 ESS.

De plus, le 7705 SAR fournit une solution compacte de routage et d'agrégation dans les réseaux fixes pour des applications d'opérateurs ou d'entreprises, par exemple pour remplacer des lignes louées.

Les routeurs de la gamme ALCATEL LUCENT 7705 SAR sont présentés par les 2 châssis suivants :

- 7705 SAR-8
- 7705 SAR-F



Figure 23 Vue du châssis SAR-F



Figure 24 Vue du châssis SAR-8

2. Choix du matériel

Après avoir traité les différents types de routeurs offerts par ALCATEL LUCENT, On procède par une sélection de ceux qui peuvent répondre aux besoins dans les différents sites à savoir :

- **Les sites d'accès** qui sont directement liées aux BTS et aux RNC de ce faite les 7705SAR constituent les équipements les plus aptes à réaliser cette fonction puisqu' ils sont spécialisés en mobile backhaul.
- **Les sites core** qui sont directement reliés au backbone MPLS et sont inclus dans la boucle 10G avec les sites d'agrégation. Des sites de pré-agrégation ou des sites d'accès peuvent être directement relié aux sites core.
- **Les sites d'agrégation** sont les sites inclus dans la boucle 10G (avec les sites core) mais ne sont pas directement relié au backbone MPLS. Des sites de pré-agrégation ou des sites d'accès peuvent être directement relié aux sites d'agrégation.
- **Les sites de pré-agrégation** sont situés entre les sites d'accès et les sites d'agrégation ou sites core. Les sites de pré-agrégation ne sont pas inclus dans la boucle 10G.

En effet l'utilisation du 7450 ESS est directement exclue du moment où il ne supporte pas les fonctionnalités MPLS qui sont par contre supportées par la famille SR et qui va être implémentée pour les trois sites ci-dessus.

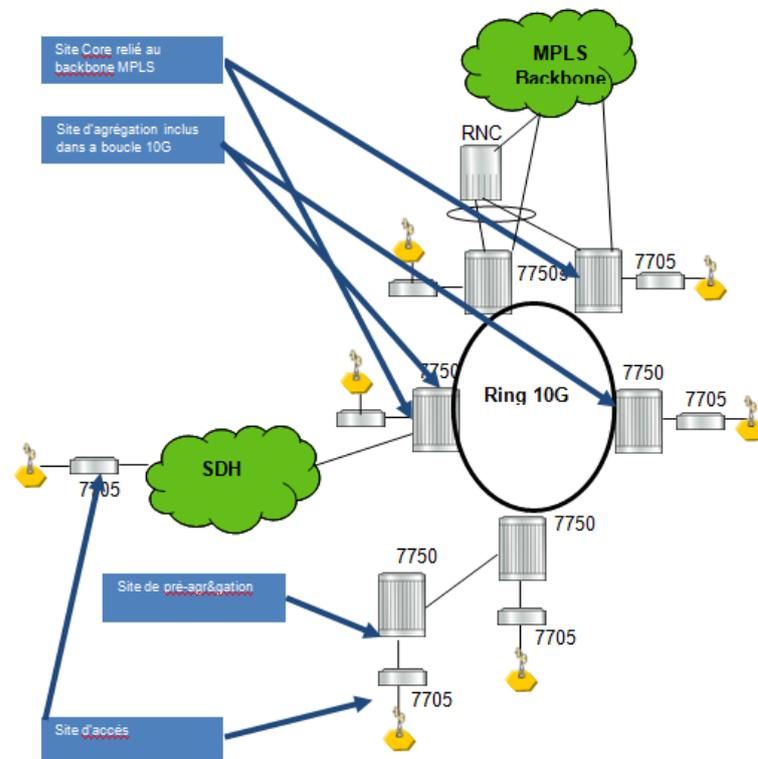


Figure 25 Site core, agrégation, pré-agrégation et accès d'une boucle

Section II: Etude Logique de la solution

Après avoir défini l'ensemble des routeurs utilisés pour les différents sites, on enchaîne avec la détermination des protocoles de routage utilisés et qui permettront le transport des différents flux requis

Ce qui nous ramènera à traiter :

- ✓ Les protocoles de routage intérieur IGP
- ✓ Les protocoles de routage extérieur BGP
- ✓ Les protocoles de signalisation du réseau MPLS

1. Protocoles de routage IGP ⁸

Afin de réaliser la communication à l'intérieur d'un système autonome, il est nécessaire de configurer un protocole IGP.

Les protocoles IGP utilisés pour les grands systèmes autonomes sont :

- OSPF
- IS-IS

1.1. Protocole OSPF

OSPF est un IGP utilisé dans les grands systèmes autonomes (AS). Il fait partie des protocoles à état de lien. Les routeurs OSPF échangent l'état, les coûts, et d'autres informations pertinentes avec les voisins. L'échange d'informations permet à tous les routeurs d'établir une carte de topologie du réseau. Chaque routeur applique l'algorithme (SPF) pour calculer le plus court chemin vers chaque destination dans le réseau. La table de transfert OSPF résultante est soumise à la RTM pour calculer la table de routage.

Caractéristiques de l'OSPF

Une caractéristique principale d'OSPF est de supporter des inter-réseaux très larges grâce au regroupement des routeurs dans des entités logiques appelées «Area» ou zone. La communication inter-area laisse passer uniquement les informations minimales nécessaires pour que les zones restent connectées. Il en résulte que tous les efforts de calcul de routes ne s'opèrent qu'au sein d'une même zone. Les routeurs d'une zone ne sont pas affectés par les changements intervenus dans une autre zone.

Un routeur OSPF peut prendre en charge trois types d'opérations : opération dans une zone, connexion inter-zone et connexion entre systèmes autonomes (AS) ainsi on distingue quatre types de routeurs OSPF :

- **Internal Router (IR)** – Un IR remplit uniquement des fonctions au sein d'une zone. Sa fonction primordiale est d'entretenir à jour sa base de donnée « link-state database

⁸

SRC « Alcatel-Lucent Interior Routing Protocols and High Availability » : Document 2 certification Alcatel Lucent

». Il renvoie toute information aux autres routeurs de sa zone, le routage ou l'inondation des autres zones requiert l'intervention d'un Area Border Router (ABR).

- **Backbone Router (BR)** – Une des règles de design OSPF est que chaque zone dans l'inter-réseau doit être connectée à une seule zone, la zone 0 ou la backbone area. La plupart des BR ont une interface connectée à la backbone area et une ou plusieurs interfaces d'autres areas.
- **Area Border Router (ABR)** – Un ABR connecte deux ou plusieurs zones. il possède autant de link-state databases qu'il y a d'interfaces connectées à des zones différentes. Chacune des ces bases de données contiennent la topologie entière de la zone connectée. Ces informations peuvent être transmises à la zone de backbone pour la distribution.
- **Autonomous System Boundary Router (ASBR)** puisque l'OSPF est un IGP (Interior Gateway Protocol), ce dernier devra être connecté au reste de l'inter-réseau par d'autres AS. Ce type de routeur fera en quelque sorte une passerelle vers un ou plusieurs AS.

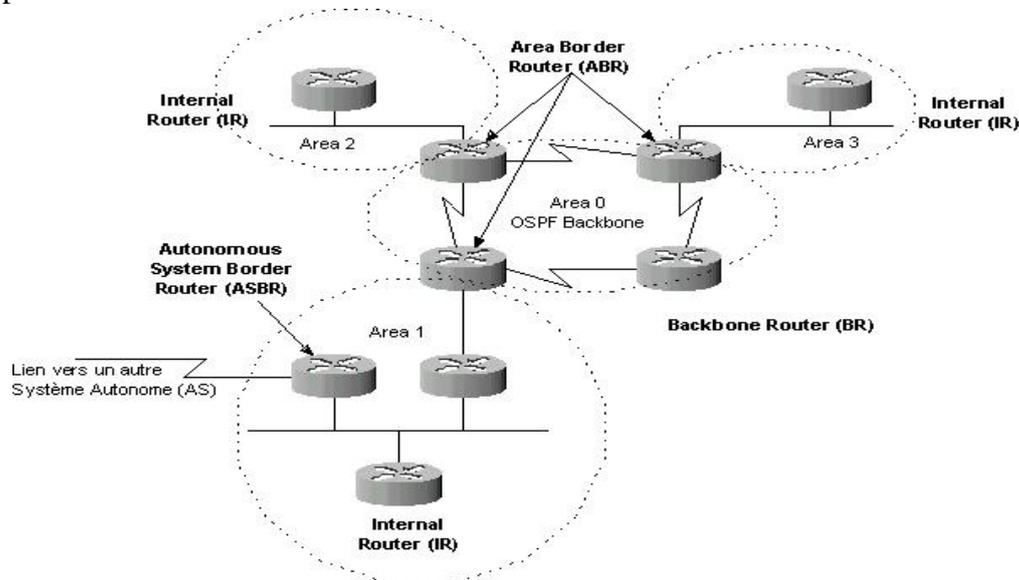


Figure 26 les différentes zones en OSPF

1.2. Protocole Is-Is

Le protocole de routage « Inetermediate System to Intermediate System » (**IS-IS**) un « Interior Gateway Protocol » (**IGP**), qui fonctionne au sein d'un Système Autonome (**AS**).

Il est de type à état de liens :

- Les systèmes intermédiaires (routeurs) ont une connaissance exacte et complète de la topologie du réseau.
- Chaque système intermédiaire (**IS**) connaît l'existence de ses voisins adjacents.
- Les émissions des mises à jour sont déclenchées par des modifications topologiques.
- L'algorithme utilisé est « **Shortest Path First** » de Dijkstra.

IS-IS intégré est un protocole **classless**. Il est optimisé pour supporter le CIDR (agrégation de routes) et le VLSM (masque variable de sous réseau).

Caractéristiques de l'Is-Is

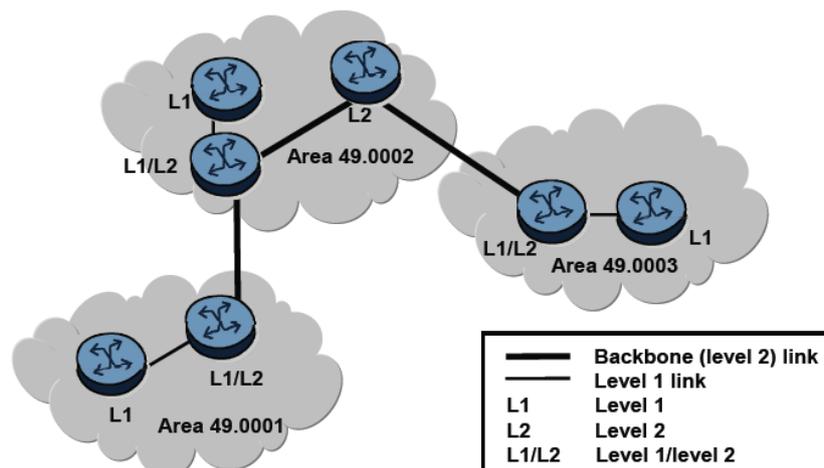


Figure 27 Architecture générale en IS- IS

IS-IS est construit pour supporter des réseaux de grandes envergures, capables d'évoluer en taille et en complexité. De ce fait, le système autonome est organisé hiérarchiquement en zones. Cela permet aux routeurs d'avoir une table de routage de taille réduite, ainsi qu'une convergence plus rapide. La majorité d'équipements à l'intérieur d'une zone est isolée de l'extérieur. En effet, on pourrait considérer une zone comme un mini système autonome.

Un routeur IS-IS peut être identifié dans l'un des trois niveaux (level) suivants :

- Level 1 pour le routage intra-zone.
- Level 2 pour le routage interzone.
- Level 1 /2 correspond aux routeurs capables d'opérer sur level 1 et 2.

1.3. Evaluation des deux protocoles

Les deux protocoles cités précédemment sont à état de liens qui utilisent tous un mécanisme similaire, connu sous le nom des inondations, pour l'échange des informations de routage de

plus Ils se basent sur le même algorithme du plus court chemin (algorithme de Dijkstra) pour le calcul de meilleures routes.

Du moment où ces deux protocoles sont supportés par les différents routeurs d'ALCATEL LUCENT on se propose d'évaluer ces deux protocoles en termes de points de différences qui sont présentés comme suit :

Encapsulation des données :

Contrairement à l'OSPF le protocole IS-IS s'exécute directement sur la couche de liaison de données, en effet , les paquets sont traités dans la couche 2 comme s'ils appartenaient à la famille ISO .L'un des avantages de ce traitement de données est de fournir une transmission fiable des paquets du moment où ces derniers sont protégés contre la « l'usurpation d'adresse IP » et tout autre « denial of services DoS ».Cependant cette caractéristique empêche le transport de l'IS-IS à travers ATM en utilisant la technique VC multiplexing comme le cas de l'OSPF puisqu'elle ne supporte qu'un seul protocole de la couche3 par VC. Ce qui ramène à l'utilisation de la technique LLC/SNAP qui rajoute une entête permettant de mélanger les protocoles transportés dans un seul canal ATM ce qui augmente la taille du paquet.

Sécurité :

En termes de sécurité les deux protocoles possèdent des mots de passes pour protéger leurs paquets. Cependant le protocole IS-IS gagne un point fort dans ce volet grâce au traitement des paquets dans la couche liaison de données ce qui les protège contre toute « denial of services DoS ».

Stabilité et robustesse :

En général en terme de stabilité et de convergence les deux protocoles sont comparables en effet les paquets hello sont utilisés pour détecter les problèmes de proximité. Donc l'évaluation de la stabilité dépend des intervalles « hello » qui sont ajustables lors de la configuration.

En ce qui concerne la robustesse, le protocole IS-IS renforce sa fiabilité par l'acquittement de tout LSP dans le cas d'une liaison « point to point » et par des CSNP qui sont envoyées périodiquement pour des vérifications dans le cas d'une liaison multipoint.

1.4. Choix du protocole IGP

La comparaison des deux protocoles nous a ramené à faire le choix du protocole IS-IS qui pourra répondre parfaitement au cahier de charge qui exige un réseau IP-RAN totalement sécurisé, qui répond à toutes les spécifications du QoS avec une haute disponibilité et un support de l'IPV6 .

2. Protocoles de routage EGP⁹

Une fois le choix du protocole de routage intérieur est fait, on enchaîne avec la sélection du protocole permettant l'échange d'informations entre deux systèmes autonomes

Dans ce cadre on trouve deux protocoles :

- **Exterior Gateway Protocol EGP** qui est devenu de nos jours obsolète et il est remplacé par BGP.
- **Border Gateway Protocol BGP** qu'on va utiliser dans notre cas. Pour cela on étudie quelques caractéristiques.

2.1. Généralités

Le protocole BGP v4 permet l'échange d'informations de routages entre des systèmes autonomes différents.

BGP est le protocole choisi par l'« Internet Service Provider » ISP puisqu'il se caractérise par une évolutivité et il prend en charge l'ensemble des exigences actuels des grands réseaux comme les multi-protocoles, et les numéros étendus des AS de plus c'est un protocole bien positionné pour le futur puisqu'il supporte les adresses IPV6.

Le protocole BGP est utilisé entre différents systèmes autonomes en tant que eBGP et au sein du même système autonome en tant qu'iBGP.

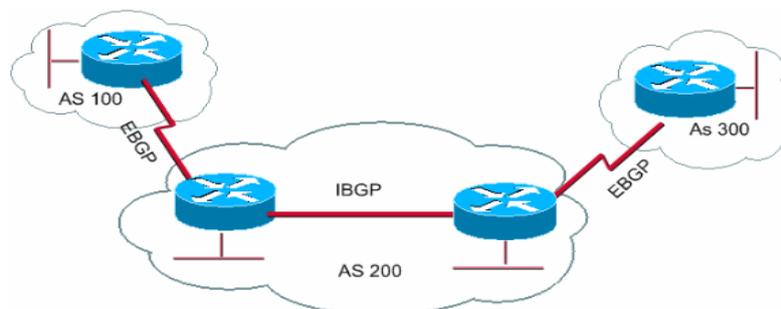


Figure 28 Architecture générale du BGP

2.2. BGP peering full mesh

Les données reçues par eBGP doivent être publiées vers les différents routeurs au sein du même système autonome à l'aide de l'iBGP. Pour ce faire il doit y avoir maillage complet entre les différents routeurs du même système autonome, ce qui signifie tous les routeurs internes sont paires entre eux. Cette opération s'avère onéreuse en termes de nombre de mise à jour.

⁹ SRC « Alcatel-Lucent Border Gateway Protocol » : Document 3 certification Alcatel Lucent

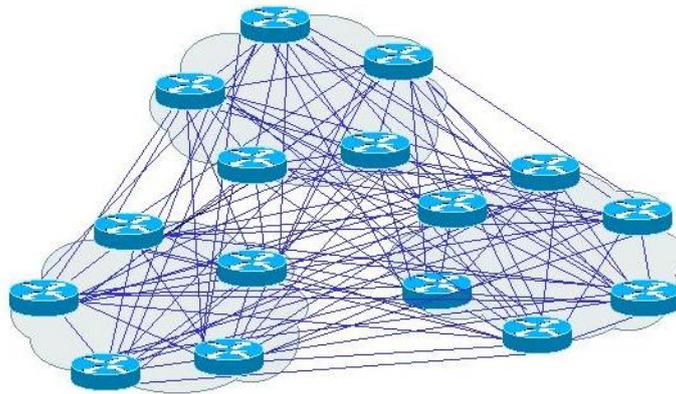


Figure 29 Trafic en cas du BGP peeling full-mesh

2.3. Route Reflectors

« Route Reflectors RR » est une technique permettant un bon déploiement du BGP au sein des systèmes autonomes. Elle permet de diminuer le nombre de mises à jours envoyés en créant un routeur de concentration appelé « Route Reflector Server » avec lequel se connectent les autres « Route Reflector client » afin d'échanger les informations de routage.

Les RR clients et serveurs forment un cluster. Dans la plupart des cas un cluster comprend plus d'un « Route Reflector Server » afin d'améliorer la fiabilité et offrir une redondance utile en cas de panne.

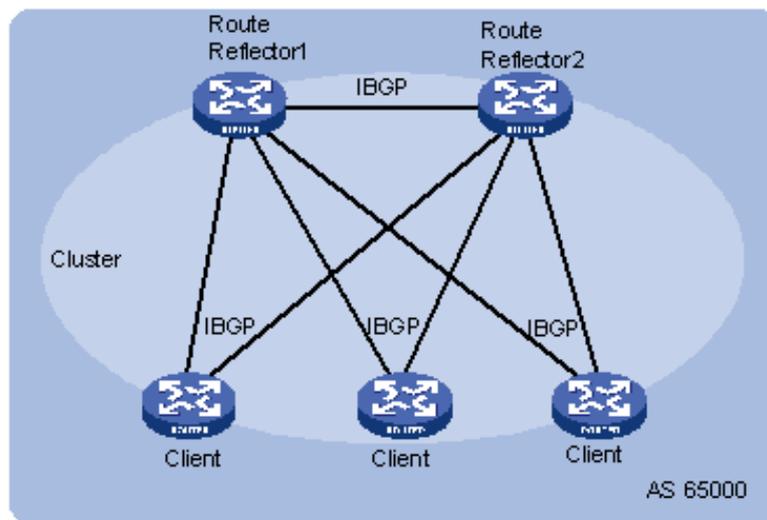


Figure 30 Système autonome avec deux routes réflecteurs

3. Réseau MPLS ¹⁰

Comme exigé par MT l'architecture du Backhaul doit être hébergée sous un réseau MPLS afin de profiter de ses fonctionnalités en ingénierie de trafics.

3.1. Généralités

MPLS (Multi-Protocol Label Switching) est une technique réseau dont le rôle principal est de combiner les concepts du routage IP de niveau 3, et les mécanismes de la commutation de niveau 2 telles qu'ils sont implémentée dans ATM ou Frame Relay.

Les efforts de l'IETF portent aujourd'hui sur Ipv4. Cependant, la technique MPLS peut être étendue à de multiples protocoles (IPv6, IPX, AppleTalk, etc.). MPLS n'est en aucune façon restreint à une couche 2 spécifique et peut fonctionner sur tous les types de support permettant l'acheminement de paquets de niveau 3.

MPLS traite la commutation en mode connecté (basé sur les labels), puisque les tables de commutation sont calculées à partir d'informations provenant des protocoles de routage IP ainsi que de protocoles de contrôle. MPLS peut être considéré comme une interface apportant à IP le mode connecté et qui utilise les services de niveau 2 (PPP, ATM, Ethernet, ATM, Frame Relay, SDH ...).

3.2. Principe de fonctionnement

Le principe de base de MPLS est la commutation de labels. Ces labels, simples nombres entiers, sont insérés entre les en-têtes de niveaux 2 et 3, les routeurs permutant alors ces labels tout au long du réseau jusqu'à destination, sans avoir besoin de consulter l'entête IP et leur table de routage.

Cette technique de commutation par labels est appelée Label Swapping. MPLS permet de définir des piles de labels (label stack), dont l'intérêt apparaîtra avec les Vpn. Les routeurs réalisant les opérations de label swapping sont appelés LSR pour Label Switch Routers.

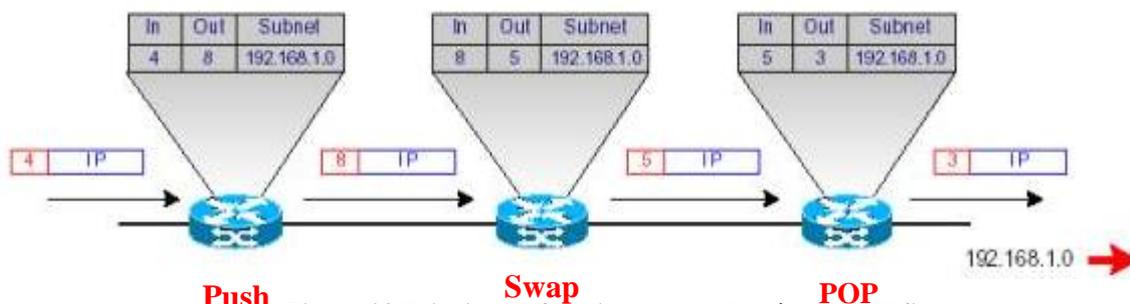


Figure 38 Principe de fonctionnement du réseau MPLS

A l'entrée du réseau MPLS, les paquets IP sont classés dans des FEC (Forwarding Equivalent Classes). Typiquement, les FEC sont des préfixes IP appris par l'IGP tournant sur le BackBone MPLS, mais peuvent aussi être définis par des informations de QOS (Quality Of

¹⁰ SRC « Alcatel-Lucent Multiprotocol Label Switching » : Document 4 certification Alcatel Lucent

Services). La classification des paquets s'effectue à l'entrée du Backbone MPLS, par les Ingress LSR qui imposent les labels (Push). A l'intérieur du Backbone MPLS, les paquets sont label-switchers (Swap), et aucune reclassification des paquets n'aura lieu. Tandis qu'à la sortie, les routeurs Egress LSR retirent ces labels ajoutés (POP).

3.3. Types des LSPs

L'architecture MPLS ne suppose pas un seul protocole de distribution de label. Un certain nombre de ces derniers ont été ou sont en cours de normalisation.

Les protocoles de signalisation sont définis suivant les types de LSP:

- **Un statique LSP** est spécifié par un plan administratif définissant un chemin statique. Les routeurs d'entrée, de transit et de sortie doivent être manuellement configurés avec des labels, un label pour chaque LSP définit par l'administrateur.
- **Des LSP dynamiques** établis par des protocoles de signalisation dynamique des labels tels que LDP (Label Distribution Protocol), CR-LDP (Constraint-based Routing Label Distribution Protocol), RSVP-TE (Resource Reservation Protocol - Traffic Engineering), BGP (Border Gateway Protocol) et OSPF.

3.4. Protocoles de signalisation

Les tunnels de transport ou LSPs sont dynamiquement établis par les 7750/7705, ces routeurs permettent de gérer les deux protocoles de signalisation MPLS suivants :

- LDP
- RSVP-TE

Protocole LDP

LDP, un protocole de distribution dynamique des labels MPLS qui se base sur les routes de l'IGP. D'où l'attribution dynamique de labels qui permet l'établissement des LSP. C'est un protocole point à multipoint simple à implémenter.

Le temps de convergence lors d'un changement de topologie (exemple : coupure d'un lien) est lié à celui de l'IGP : de l'ordre de 200ms dans le meilleur des cas et jusqu'à 2 secondes. Ce temps de convergence dépend évidemment de la topologie du réseau.

LDP est bidirectionnel et permet la découverte dynamique des nœuds adjacents grâce à des messages Hello échangés par UDP. Une fois que les 2 nœuds se sont découverts, ils établissent une session TCP qui agit comme un mécanisme de transport fiable des messages d'établissement de session TCP, des messages d'annonce de labels et des messages de notification.

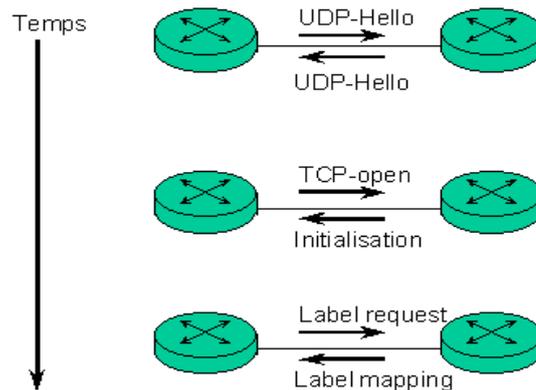


Figure 32 Etablissement de connections en LDP

Protocole RSVP-TE

RSVP-TE, protocole de réservation de ressource, utilisé dans un réseau MPLS, permet de distribuer les labels pour créer les LSP (tunnels MPLS). Chaque LSP peut avoir une réservation de ressources (exemple : bande passante) spécifique.

RSVP-TE permet de réaliser du Traffic Engineering, ce qui signifie que le LSP n'est pas obligé de suivre la route calculée par l'IGP, mais un autre chemin dicté par d'autres paramètres tel que : Link Coloring, Available/Used Bandwidth, Explicit Hops, etc...

C'est un protocole point-à-point plus complexe à configurer que LDP mais apportant en contrepartie plus de contrôle sur son réseau.

Ce protocole offre un temps de convergence beaucoup plus rapide (de l'ordre de 50ms), grâce à l'activation de mécanismes tels que FRR (fast reroute)

Au niveau des mécanismes de protection, on peut configurer à travers le protocole RSVP plusieurs LSPs par SDP : c'est la notion de primary path, secondary path.

4. Services VPN ¹¹

L'une des applications les plus importantes du protocole MPLS est de pouvoir créer des réseaux privés virtuels (ou VPN : Virtual Private Network).

Pour satisfaire les besoins des opérateurs de services VPN. Des tunnels sont créés entre des routeurs MPLS appartenant à l'opérateur et dédiés à des groupes fermés d'utilisateurs particuliers, qui constituent les VPN. Dans l'optique MPLS/VPN, un VPN est un ensemble de sites placés sous la même autorité administrative, ou groupés suivant un intérêt particulier et qui n'ont pas conscience de la présence d'éventuels autres sites connectés eux aussi sur cette infrastructure.

Pour créer des VPNs clients, il est donc nécessaire d'isoler les flux de chacun des clients. Pour cela, le label MPLS est constitué de 2 labels : le premier label (extérieur) identifie le chemin vers le LSR destination, et change à chaque bond, le second label (intérieur) spécifie le VPN-ID attribué au VPN et n'est pas modifié entre le LSR source et le LSR destination. C'est le LSR source qui applique ces 2 labels au paquet de data lorsqu'un VPN est utilisé.

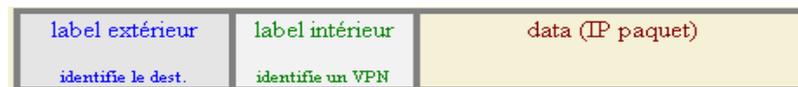


Figure 33 Les labels d'un paquet VPN

4.1. Composants d'un service VPN

Le routeur ALCATEL LUCENT est basé sur le modèle de service où les routeurs de bord de service sont déployés chez le fournisseur. Les services sont provisionnés sur le routeur et transportés à travers un réseau IP / MPLS dans des tunnels créés à l'aide des LSP.

Le modèle utilise des entités logiques pour construire un service. Ces entités logiques de service sont conçues pour fournir l'uniforme, la configuration orientée de service, la gestion, et le modèle de facturation pour l'apport du service.

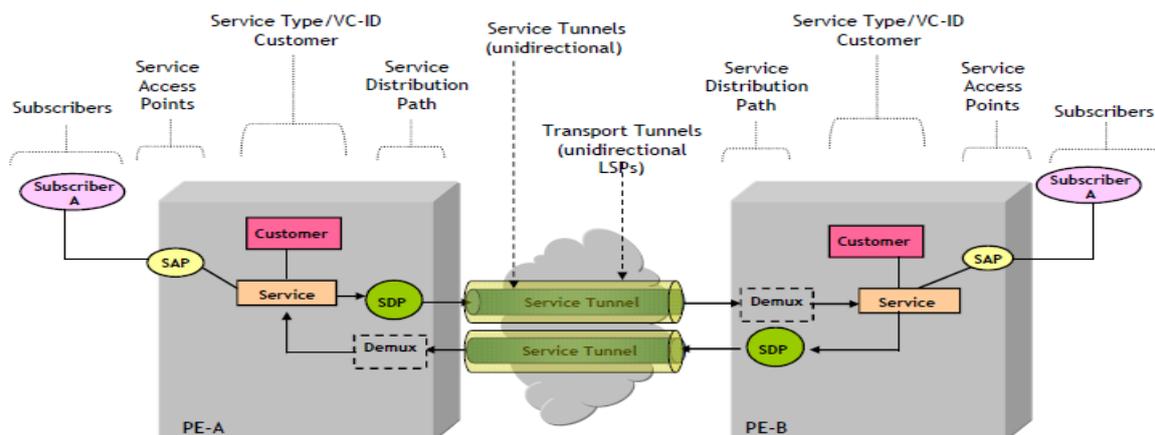


Figure 34 Les composants d'un service VPN

Le modèle de service est basé sur les éléments suivants:

¹¹ SRC « Introduction to Services Architecture » : Document 5 certification Alcatel Lucent

Customer : La notion de Customer ou « Client » est utilisée pour un opérateur ayant un Backbone, afin de définir les différents services rattachés à chaque client spécifique.

Un “Customer ID” est un identifiant unique par client qui est utilisé principalement par le NMS 5620 SAM pour faciliter l’identification et le Troubleshooting d’un client donné. Ce numéro ID sera associé à un service, parmi ces services, au moment de sa création.

Service : Le routeur ALCATEL LUCENT 7750 est un routeur de services. Toutes les fonctionnalités tournent autour de la notion de service, où un service est défini comme une entité unique au niveau mondial qui fait référence au type de connectivité soit pour Internet (couche 3) ou VPN (couche 2 ou 3) de la connectivité.

L’ID d’un Service doit être unique sur tout l’ensemble du réseau, défini et associé à un SAP et un SDP.

SAP: Le SAP (Service Access Point) est l’entité logique qui serve l’accès au service par le client, permettant d’interconnecter tout type de flux client vers le réseau d’agrégation. Chaque service d’abonné est configuré au moins par un seul SAP.

Le type d’encapsulation est une propriété d’accès d’un port Ethernet service ou SONET / SDH ou un canal TDM.

SDP: Un SDP (Service Distribution Point) est un tunnel de service unidirectionnel (tunnel logique), permettant de diriger le trafic d’un routeur à un autre et de réaliser l’interconnexion entre les services (type epipe, vpls, vprn), en se basant sur les tunnels MPLS (ou LSP). L’ID de SDP devrait être défini.

Tunnels : L’acheminement du trafic se base sur des tunnels MPLS dont :

- Tunnels de transport permettant d’établir une connexion entre les routeurs Provider Edge.
- Tunnels de service identifiant le type de service du trafic client.

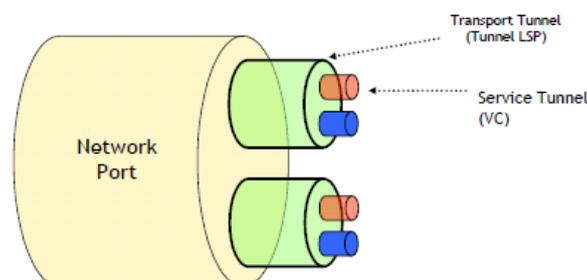


Figure 35 Tunnels de services

4.2. Types des services VPN

Un service peut être:

- VPWS Virtual Private Wire Service (Apipé, Fpipe, EPIPE....)
- VPLS Virtual Private LAN Service
- VPRN Virtual Private Routed Network

4.2.1 VPWS

Le routeur ALCATEL LUCENT prend en charge un service de couche 2 point-à-point connu sous le nom d'un Virtual Private Wire Service (VPWS). Le service VPWS encapsule les données clients au niveau de son réseau (CE) et les transporte à travers IP d'un fournisseur de services (PE) ou d'un réseau MPLS dans un tunnel GRE ou MPLS. Ces tunnels représentent des connexions logiques à travers un réseau à commutation de paquets et sont appelés des « Pseudowire ».

Une autre approche consiste à fournir de multiples services d'interfonctionnement sachant pour Ethernet (Epipe), ATM (Apipe) et Frame Relay (Fpipe), chacun pour une émulation dans un tunnel sur une commutation de paquets IP réseau.

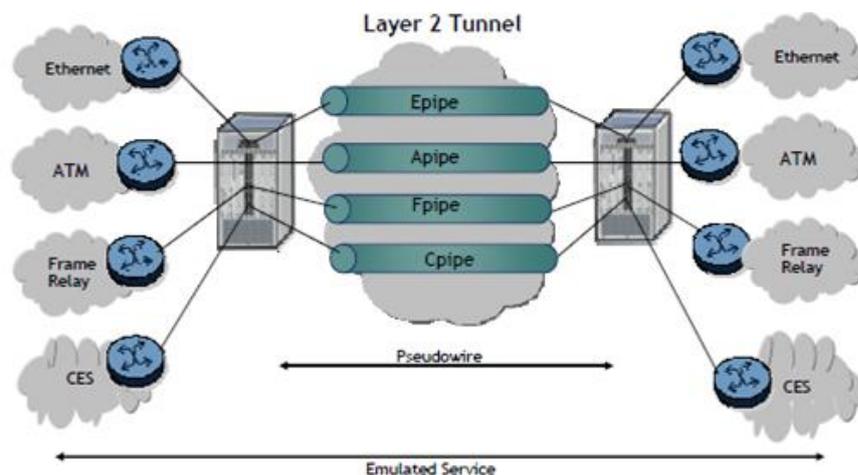


Figure 36 Multiple services d'interfonctionnement sur VPWS

4.2.2 VPLS

Les routeurs Alcatel -Lucent supportent les services « Virtual Private Lan Services VPLS ». VPLS est un service multipoint de la couche 2 permettant à plusieurs sites clients d'être connecté à un seul domaine de commutation au sein d'un réseau géré par IP/MPLS.

Dans un service VPLS les sites clients apparaissent comme étant dans un seul LAN même s'ils sont géographiquement dispersés.

Le service VPLS peut s'étendre sur un ou plusieurs nœuds. Dans le cas d'un seul nœud, les données des clients sont distribuées à travers les points d'accès des services (SAP) associées

aux nœuds .par contre dans le cas de plusieurs nœud les données entrent au service en utilisant le SAP de chaque nœud où ils sont transportés à travers les tunnels du réseau IP /MPLS puis le service VPLS fait recours aux SDP des différents nœuds afin de distribuer les données .

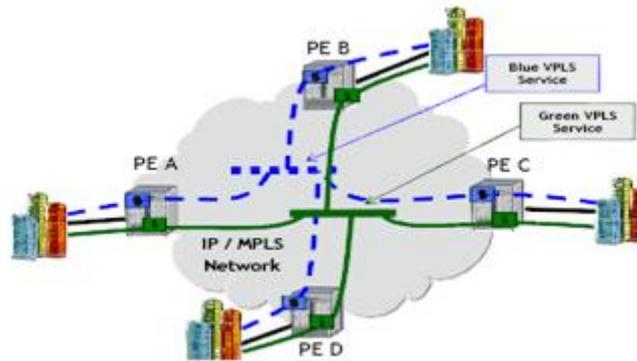


Figure 37 Exemple d'un service VPLS

Procédure de transmission des paquets

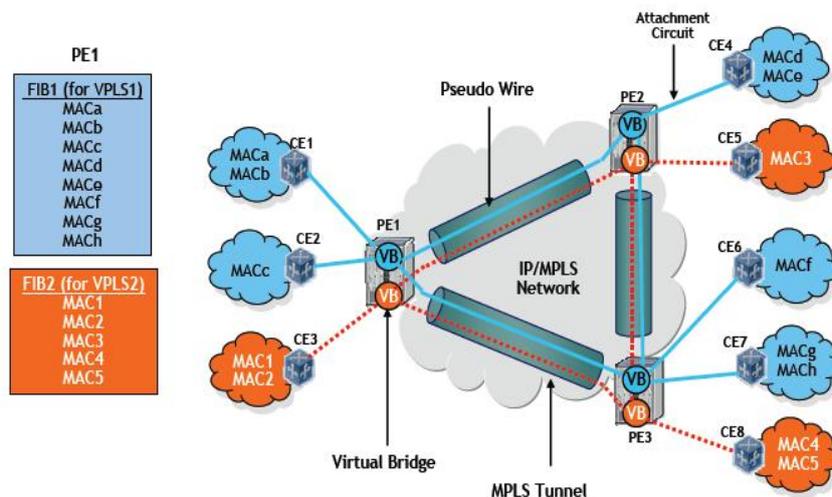


Figure 38 Fonctionnement du VPLS

Les routeurs PE doivent prendre en charge les différentes caractéristiques classiques d'Ethernet, comme l'acquisition de l'adresse MAC, la réplique des paquets ainsi que leur transfert.

Au début les PE analysent l'adresse MAC source du trafic arrivant sur leurs ports d'accès. Puis ils mettent en œuvre un pont pour chaque instance VPLS, qui est souvent appelé un pont virtuel (VB) dont la fonction est de réaliser « Forwarding Information Base (FIB) » pour chaque instance VPLS, cette FIB est remplie avec toutes les adresses MAC prises en compte, finalement tout le trafic est commuté en fonction des adresses MAC et est transmis entre tous les routeurs PE en utilisant les tunnels LSP.

Un paquet inconnu (par exemple un paquet dont l'adresse MAC de destination n'a pas été tirée dans la base de données FIB) est reproduit et transmis vers tous les SDPs des routeurs PE de ce service jusqu'à ce que la station cible réponde, et que l'adresse MAC soit apprise par les routeurs PE associés à ce service.

Le service VPWS et VPLS utilisent le protocole de signalisation T-LDP pour l'acheminement des paquets.

Protocole de signalisation T-LDP

Les sessions Targeted LDP sont des sessions LDP entre pairs non directement liés. Quand un SDP est configuré, les étiquettes automatiques d'entrée et de sortie (LDP ciblée) sont activées par défaut et signalées via une connexion TLDP. Si la signalisation est éteinte sur un SDP, les étiquettes "service" d'entrée et de sortie doivent être manuellement configuré lorsque le SDP est lié à un service

4.2.3 VPRN

Le service VPRN permet aux opérateurs d'utiliser leurs Metro/Backbone IP pour fournir un service VPN de couche 3 à leurs clients. Chaque VPRN consiste en un ensemble de sites clients connectés à un ou plusieurs routeurs provider.

Chaque routeur client (CE) devient une paire de routage pour le routeur provider qui lui est directement lié. Un routeur client fournit les informations de routage au routeur provider pour le réseau privé du client. Par ailleurs, chaque routeur provider maintient une table de transmission IP pour chaque VPRN. L'Opérateur peut réutiliser l'infrastructure IP/MPLS pour offrir de multiples services pour les clients.

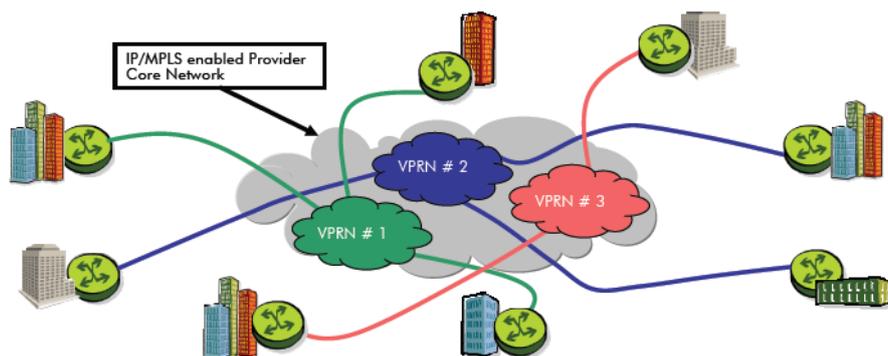


Figure 39 Exemple de services VPRN

Les services VPRNs tirent avantages du dynamisme des protocoles de routage IP, en supportant l'ajout automatique des nouveaux sites ou la suppression d'un VPN, sans aucune reconfiguration. Ce type de VPN fait appel au Label Stacking, avec un premier label (top label) qui permet au trafic reçu par un usager de transiter dans l'IGP et un label qui dirige le trafic à l'interface ou service approprié vers la destination final du réseau client. En plus de cela, le VPRN est capable de fournir une connectivité entre n'importe quel nombre de sites

clients. Enfin, le VPRN peut aussi être configuré pour supporter le trafic IP multicast en plus de l'unicast.

Le service VPN utilise VPN Routing and Forwarding Instance (VRFs) au sein d'un PE pour maintenir les informations de transfert sur une base de site. Une VRF est une table de routage privé logique créée au sein d'un routeur PE. Elle permet d'isoler les informations de routage d'un client d'un autre, et aussi les routes du réseau provider. Par ailleurs, chaque PE peut maintenir plusieurs VRFs séparées en se basant sur le nombre de sites clients auxquels il est connecté.

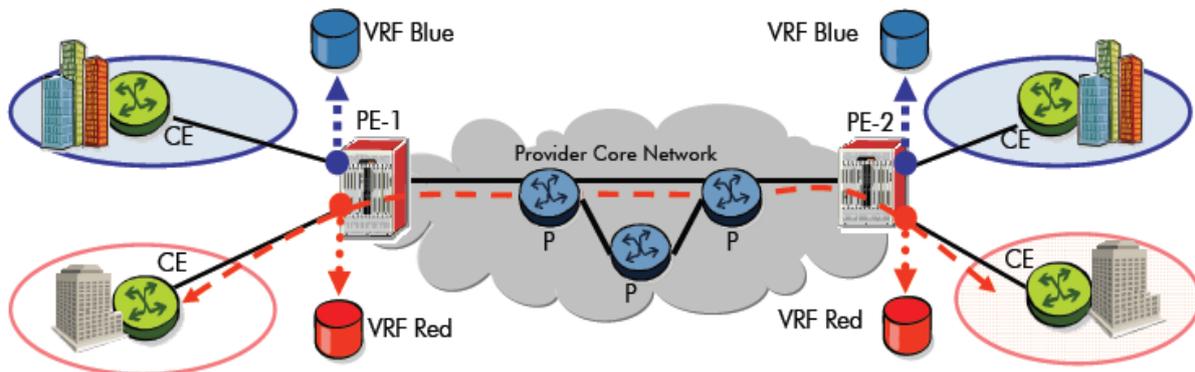


Figure 40 Exemple Deux PE avec deux VRF chacun

Activation du protocole VPRN

Afin d'activer un service VPRN un protocole de routage doit être activé entre les CE et les PE afin de permettre l'échange des informations des clients entre les différents sites.

En ce qui suit nous allons présenter les différentes solutions possibles en terme de protocoles de routage permettant de répondre à ce besoin afin d'opter pour la meilleure solution

- **Le protocole IGP**

Un protocole de routage IGP est essentiel pour réaliser les fonctions de routage internes, quelque soient les services offerts. Cependant dans le cas spécial du VPRN plusieurs conditions doivent être satisfaites comme l'accessibilité et la convergence optimales sans oublier la sécurité des tables VRF des différentes instances.

Il existe plusieurs techniques possibles dans le cas de l'utilisation d'un protocole IGP pour l'échange des routes VPRN :

- ✓ la redistribution des routes VRF dans le provider IGP.
- ✓ la configuration des instances IGP séparée pour chaque client.

Les deux solutions ne sont pas valides en effet la redistribution des routes VRF présente des clichés au niveau de la sécurité car l'ensemble des routes vont être mélangées dans la même table du routeur provider. de même la séparation des instances IGP ne peut pas être opérationnelle du moment où le nombre d'instances supportées par un routeur est limité.

- **Le protocole BGP**

Si l'exigence était de pouvoir échanger l'ensemble des tables VRF directement entre les PE, le protocole BGP se présente comme étant évolutif et capable d'échanger un grand nombre de routes entre les paires.

Cependant dans notre cas l'échange se fait à travers des routeurs providers qui doivent être conçu afin de pouvoir séparer plusieurs entrées provenant de la même adresse IPv4. ce qui n'est pas pris en charge par le BGPv4.

➔ **Solution : MultiProtocol BGP**

La solution consiste en un mécanisme permettant de reconnaître qu'une même adresse peut faire référence à plusieurs entrées. Ce qui nous ramène à ajouter un préfixe unique à chaque entrée appelé « Route Distinguisher » pour créer une nouvelle adresse spéciale au service VPRN notée « VPN-IPv4 »

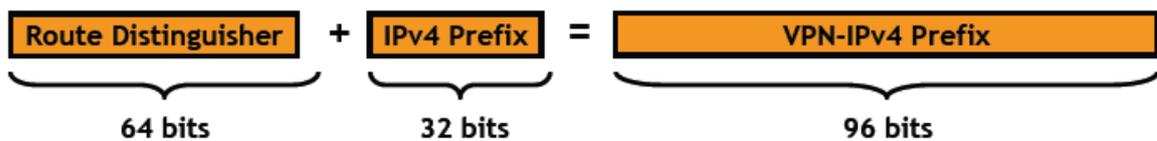


Figure 41 Constitution d'une adresse "VPN-IPv4 "

Dans ce cas **MultiProtocol BGP** est utilisé pour distribuer les informations de routage VPRN à travers les providers le MP –BGP possède en effet la capacité de lire les adresses VPN-IPv4.

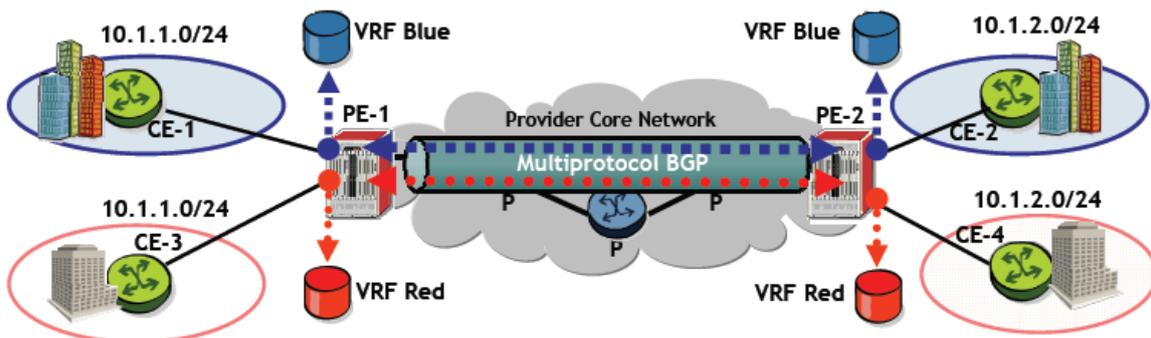


Figure 42 Echange des routes VPRN à travers MP BGP

Le protocole MP-BGP est une extension du protocole BGP 4, et permettant d'échanger des routes Multicast et des routes VPNv4. MP-BGP adopte une terminologie similaire à BGP concernant le peering :

- ✓ MP- BGP : peering entre routeurs d'un même AS.
- ✓ MP-eBGP : peering entre routeurs situés dans 2 AS différents.
- **Notion de RD (Route Distinguisher)**

Des sites appartenant à des VPN isolés ayant la possibilité d'utiliser des plans d'adressage recouvrant les routes échangées entre PE doivent être rendues uniques au niveau des updates BGP. Pour cela, un identifiant appelé RD (Route Distinguisher), codé sur 64 bits, est accolé à chaque subnet IPv4 d'une VRF donnée. Le RD s'écrit sous la forme « ASN:nn » ou « IP-Address:nn ».

- **Notion de RT (Route Target)**

Le RD permet de garantir l'unicité des routes VPNv4 échangées entre PE, mais ne définit pas la manière dont les routes vont être insérées dans les VRF des routeurs PE. L'import et l'export de routes sont gérés grâce à une communauté étendue BGP (extended community) appelée RT (Route Target). Les RT ne sont rien de plus que des sortes de filtres appliqués sur les routes VPNv4. Chaque VRF définie sur un PE est configurée pour exporter ses routes suivant un certain nombre de RT. Une route VPN exportée avec un RT donné sera ajoutée dans les VRF des autres PE important ce RT.

Ce chapitre a été consacré à l'analyse des recherches des différents équipements, protocoles et services attachés à Alcatel ainsi qu'une étude de leurs compatibilités avec la solution du backhaul mobile de Maroc Telecom. Pour enfin produire un document de base dit HLD « High-Level Design » décrivant plus particulièrement la mise en œuvre de la dite solution sur les deux niveaux : physique et logique.

Cette partie nous a permis d'approfondir nos connaissances sur les principes de base du réseau RAN à savoir les technologies utilisées dans le Backhaul mobile de Maroc Telecom : GSM et UMTS jusqu'à l'avènement de l'IP-RAN. L'étude de ces éléments constitue une base pour entreprendre la nouvelle infrastructure du réseau radio proposée et procéder à une analyse complète des différents équipements, protocoles et services compatibles avec la dite solution.

PARTIE II : MISE EN ŒUVRE DE LA SOLUTION IP-RAN

L'analyse des recherches faite dans la partie précédente nous aide à produire dans celle-ci un document HLD « High-Level Design », mise à disposition de nos ingénieurs « Deployment Team », qui décrit notamment l'implémentation de la solution IP-RAN sur les deux niveaux physique et logique ainsi que la mise en œuvre de quelques tests demandés par Maroc Telecom et vérifiant son opérabilité sur le nouveau réseau Backhaul mobile.

Chapitre 3 : Implémentation des équipements, protocoles et services appropriés à la solution et production du document HLD

Dans l'intention de faciliter la tâche à nos ingénieurs « Deployment Team », nous essayons de leur mettre à disposition, dans ce chapitre, un document de référence « HLD » décrivant la mise en œuvre de la solution IP-RAN sur les deux niveaux : physique et logique.

Section I: Implémentation physique

1. Equipements d'accès

Ces équipements sont directement liés aux BTS et aux RNC. Pour cette raison que les **7705SAR** constituent les équipements les plus aptes à réaliser cette fonction puisqu'ils sont spécialisés en mobile Backhaul et permettent:

- Transport de service TDM / ATM / Ethernet sur MPLS pseudowires
- Support de technologies de synchronisation Eth Synch / ACR / Bits ...
- Support de MPLS LDP / RSVP TE / FRR
- Support de MPLS pseudowires active/standby
- Support de MPLS LSR (chainage de 7705s possible si nécessaire).
- Futur support de MPLS L3VPN (entre autre)

2. Equipements Core, agrégation et pré agrégation

Les fonctionnalités demandées pour ces trois types de sites sont établies par le 7750SR qui peut supporter :

- Tous les types des services : backhaul mobile, business, résidentiel...
- TDM / ATM / Ethernet PW pour tout type de service.
- Multi-châssis LAG, Multi châssis APS
- Redondance PW
- VPLS / HVPLS
- L3VPN sur MPLS (y compris Multicast)
- PLS LDP / RSVP-TE / FRR / LSR

- Tous les modèles de service résidentiel : VLAN par service, VLAN par service et par subscriber, VLAN par subscriber et par service
- Tous les modèles de ‘Set Top box’ : Routé et bridgé pour les services résidentiels.

L’architecture matérielle finale est présentée comme dans la figure(x):

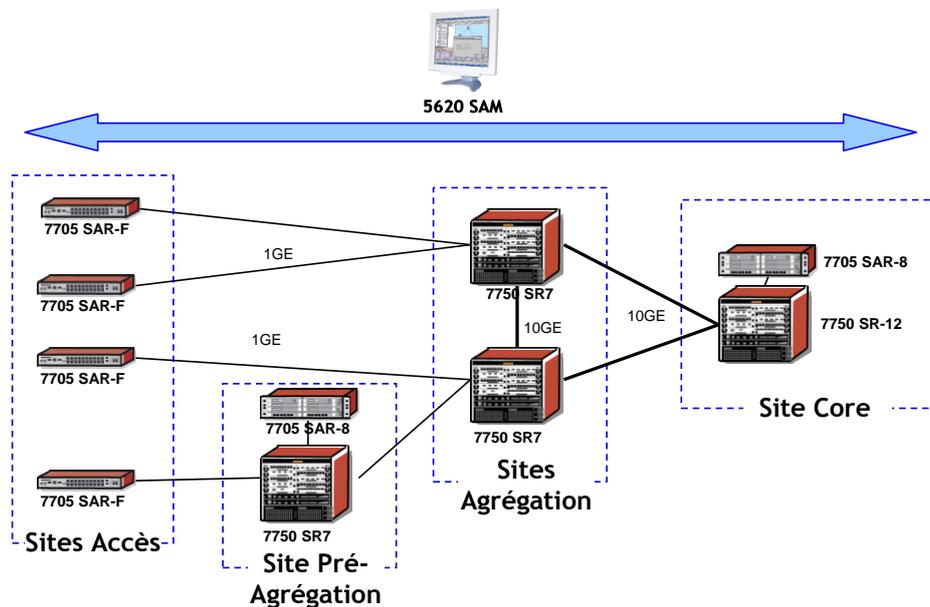


Figure 43 Architecture de la maquette

3. Gestion du hardware

L’application 5620 Service Aware Manager (5620 SAM) est le gestionnaire des équipements de nouvelle génération pour les routeurs IP et les Switch Ethernet d’Alcatel. Le 5620 SAM est développé pour faciliter la gestion des technologies et des services VPN dans des environnements Ethernet et IP. Avec le 5620 SAM, Maroc Telecom gèrera de bout en bout les services déployés via une interface graphique.

Le routeur 5620 SAM maintient une relation directe entre d’une part les ressources individuelles d’un réseau sous sa gestion et d’autre part les services et les abonnés qui utilisent cette ressource. Ce qui permet aux opérateurs d’avoir à disposition une vision claire et précise du réseau ainsi que les outils d’analyse rapide des impacts des problèmes des réseaux sur les services gérés

Le routeur 5620 SAM permet aussi de définir les interfaces exposés aux opérateurs afin de n’afficher que les informations pertinentes pour l’activation des services définis par Maroc Telecom. Ainsi il apporte des outils simples d’utilisation permettant de sécuriser et de raccourcir ces opérations.

La solution proposée est basée sur une architecture redondante dite active/standby comme schématisé dans la figure 44. Les opérateurs de Maroc Telecom pourront accéder à l’application via des clients 5620 SAM installé sur leur poste.

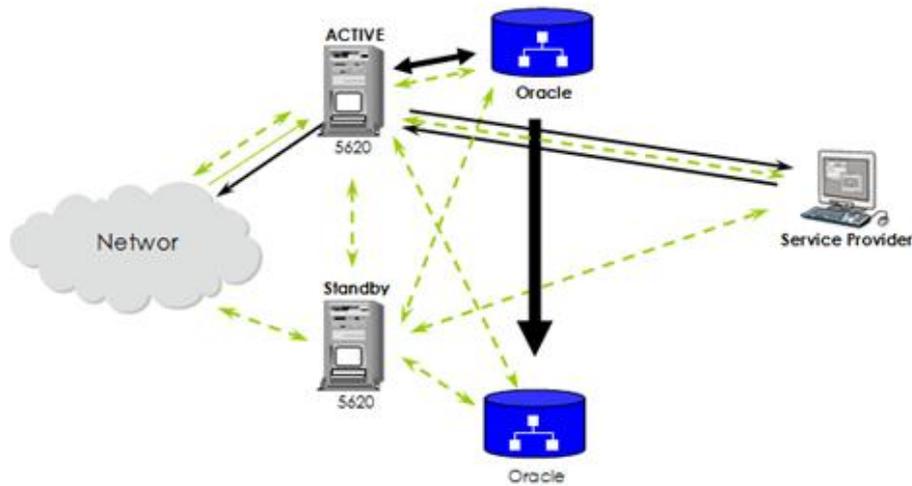


Figure 44 Schéma de redondance des serveurs de management 5620 SAM

Cette architecture redondante assure une fiabilité du moment où elle dispose de deux serveurs chacun lié à une base de données.

En état normal les données sont transmises à travers le serveur actif qui les stocke dans sa base de données. Cette dernière transmet régulièrement des mises à jour à la base de données du serveur standby qui sera actif une fois le serveur principal tombe en panne.

Section II: Implémentation logique

Le réseau sera composé de 2 plaques :

- La plaque de rabat constituée de 7 boucles.
- La plaque de Kenitra constituée d'une seule boucle.

Les communications inter boucles se font via les routeurs dits « Core ».

Les communications inter plaque se font via le réseau cœur IP/MPLS.

1. Implémentation de l'IS-IS dans l'architecture

La philosophie de découpage IS-IS est donc la suivante par une même plaque :

- Les liens vers les sites Core, sites d'Agrégation et sites de Pré-agrégation sont au niveau 2 ISIS.
- Les liens des Sites d'accès 7705 vers les sites Core, site d'Agrégation et sites de Pré-agrégation en niveau 1 IS-IS.

La figure suivante montre cette philosophie pour la plaque de rabat:

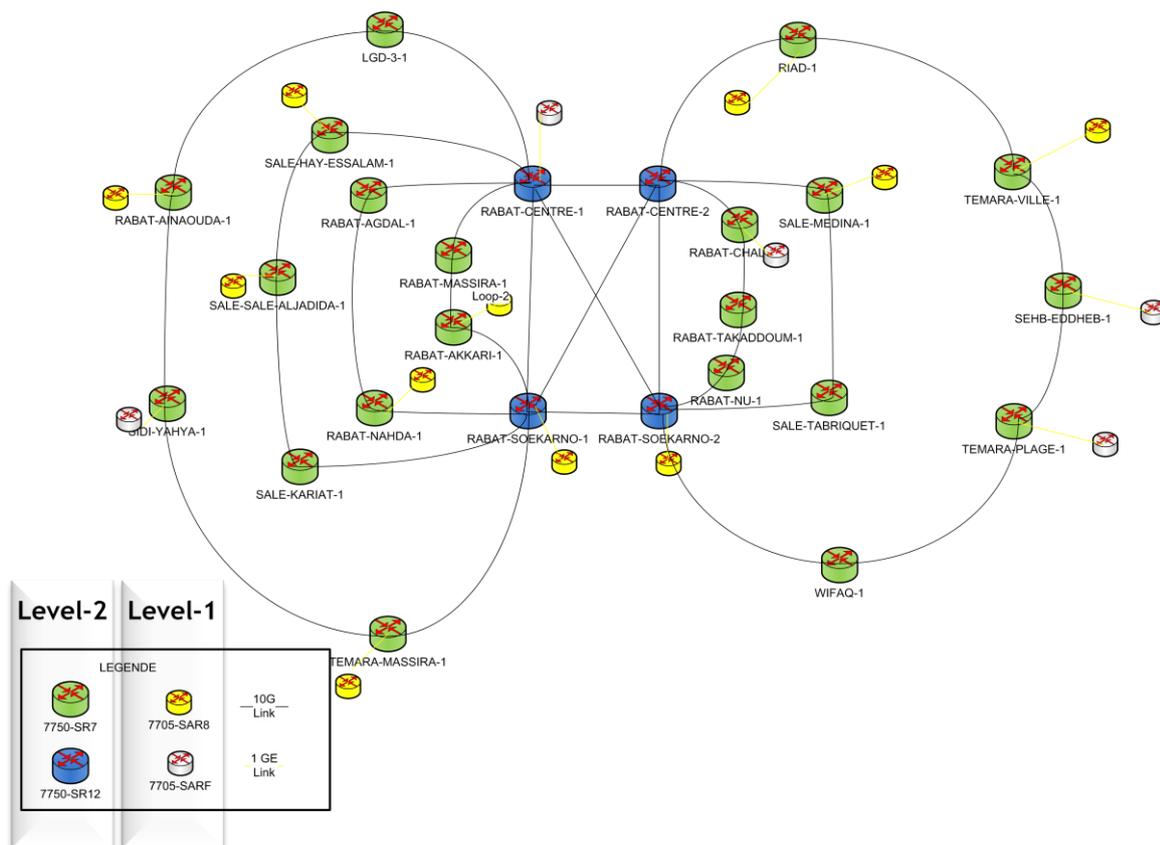


Figure 45 Découpage IGP de la plaque de Rabat

1.1. Paramètres de convergence

Afin de permettre une convergence rapide au niveau IGP et d'éviter la perte des sessions entre les NodeB et le RNC en cas de changement de topologie les deux mécanismes suivants seront configurés : **Exponential backoff algorithm**

Le principe de ce mécanisme est de réagir rapidement au premier changement de topologie réseau pour le calcul SPF (après un délai entre l'évènement et le démarrage du calcul SPF : *spf-initial-wait*) et ensuite en cas de changement trop fréquent d'allonger le délai entre les recalculs SPF pour ne pas augmenter la charge CPU du routeur et le faire tomber pour cela le délai *spf-second-wait* est utilisé et multiplié par 2, 4, 8 entre chaque calcul SPF jusqu'à la limite *spf-wait*.

Pour ce faire les paramètres suivants seront configurés :

- ***spf-initial-wait=50msec***
- ***spf-second-wait=50msec***
- ***spf-wait=2seconds***

Utilisation de BF

BFD est un protocole créant une session entre les instances de routage de deux routeurs distants .En effet La fréquence élevée de « hello packet » de ce protocole permet une détection rapide de la perte de session.

La valeur du timer hello-interval pour BFD sera configurée à 10msec pour les 7750, et 100ms pour les 7705 comme suit :

- ***hello-interval=10ms (7750) ou hello-interval=100ms (7705)***
- ***hello-multiplier=3***

Ces valeurs sont relativement basses, cela permet une détection rapide de panne et permet d'activer les protocoles IGP ainsi que le FastReroute sans attendre l'expiration du timer de ces derniers.

1.2. Définition des Métriques

Par défaut en IS-IS, le cout des liens est de 10. La configuration par défaut ne permet pas de privilégier les liens ayant une bande passante plus importante par rapport aux autres.

Il faudra donc configurer le mode référence ***bandwidth*** qui permet d'affecter à un lien un cout proportionnel à sa bande passante. Le calcul se base sur une bande passante de référence que l'on compare à la bande passante du lien selon la formule suivante :

$$\text{Cout du lien} = \frac{\text{Bande passante de référence}}{\text{Bande passante du lien}}$$

La bande passante de référence configurée sera de 100Gbps.

Il en découle le tableau de correspondance suivant :

Type de lien	Coût
10GbE	10
1GbE	100
STM-1	645
FE (100MbE)	1000

Les liens de même de type auront donc le même cout. Lorsque qu'un coût identique existe pour une même destination sur différents liens, le trafic sera *load-balancé*.

Dans le cas d'IS-IS, l'utilisation de l'attribut référence bandwidth est associé à la notion de narrow metrics qui limite la plage du cout des liens à 63 en fonction du résultat du calcul. Pour supprimer cette limitation il faut activer la notion de wide-metrics-only.

2. Implémentation du BGP dans l'architecture

Un peering BGP full mesh sera établi entre l'ensemble des routeurs **core, agrégation et pré-agrégation d'une même plaque**. Les site d'accès ne font partie de ce full mesh.

Par plaque, deux routeurs seront identifiés en tant que route réflecteurs. Ceci permettra de réduire le peering à deux routeurs, de simplifier la configuration lors de l'ajout d'un nouveau nœud.

Comme l'indique la figure, par plaque, deux routeurs seront identifiés en tant que route réflecteurs. Ceci permettra de réduire le peering à deux routeurs, de simplifier la configuration lors de l'ajout d'un nouveau nœud.

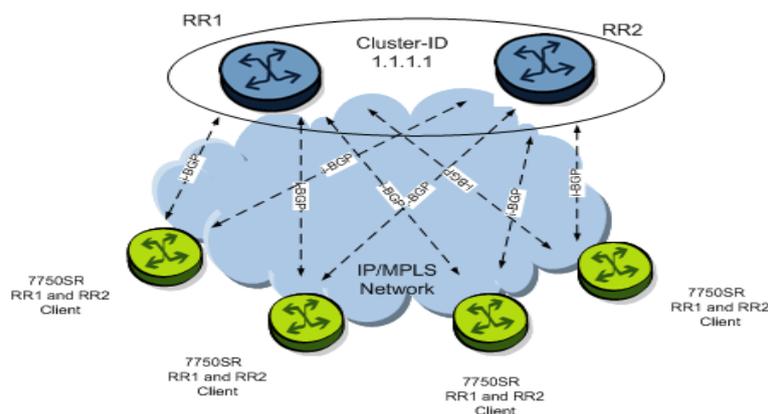


Figure 46 BGP Peering

Multi-Protocole BGP sera utilisé pour le service de backhauling mobile pour l'échange des routes VPN.

Un numéro d'AS privé sera défini. Multi-Protocole BGP sait gérer un grand nombre de familles, seule la famille vpn-ipv4 sera utilisé.

Un numéro d'AS privé sera utilisé parmi la plage autorisée par l'IANA

Le même numéro d'AS sera utilisé pour l'ensemble des plaques. La fonction BGP override devra être utilisée pour permettre d'avoir plusieurs fois le même numéro d'AS dans un «AS path».

L'idée étant de pouvoir communiquer entre deux plaques via le réseau cœur MPLS afin de pouvoir effectuer des re-parentages de NodeB vers d'autres RNC par exemple.

3. Processus de sélection des routes BGP VPN-IPv4

Pour chaque route dans la table de routage du 7750 SR, le protocole de routage sélectionne le meilleur chemin. Ensuite, la meilleure chemin est comparé au chemin suivant dans la liste jusqu'à ce que tous les chemins de la liste soient épuisés. Les paramètres suivants sont utilisés pour déterminer le meilleur chemin (la meilleure route) :

- Les routes ne sont pas considérées si le next-hop IGP n'est pas installé.
- Les routes avec la plus haute valeur de *local preference* sont préférées
- Les routes avec le plus petit *AS path* sont préférées (non applicable pour IBGP)
- Les routes avec la plus petite *origin* sont préférées IGP=0, EGP=1, INCOMPLETE=2.
- Les routes avec la plus petite valeur de *Multi-Exit Discriminator (MED)* sont préférées
- Les routes apprises par un peer EBGP sont préférées par rapport à celles apprises par un peer IBGP. (dans le cas de Maroc Telecom, il n'y aura pas de routes apprises par EBGP)
- Les routes avec le plus petit *coût IGP* sont préférées
- Les routes avec le plus petit *BGP-ID* sont préférées
- Les routes avec le plus petit *cluster list* (dans le cas de route relecteurs) sont préférées
- Les routes avec le plus petit *next-hop IP* sont préférées

Section III: Implémentation du réseau MPLS dans la solution

Le choix des protocoles de signalisation, pour le réseau d'agrégation se porte sur LDP, RSVP et LDPoverRSVP pour les raisons suivantes :

Protocoles de signalisation	Région	Raisons du choix
LDP	réseau d'agrégation sites d'accès 7750 co-localisés avec les sites Core	Simplicité de configuration (point à multipoint). Scalabilité. Convergence rapide non nécessaire car site single homé.
RSVP	sites Core Agrégation et Pré-agrégation	Chemins déterministes. Convergence de 50ms (avec l'utilisation de fast reroute).

La figure suivante illustre l'implémentation des protocoles de signalisation au sein d'une même plaque :

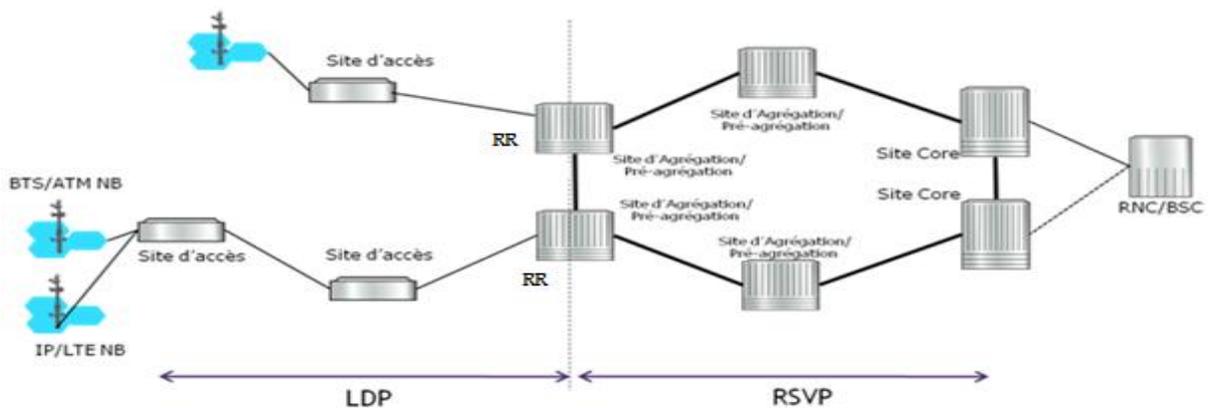


Figure 47 LDP dans l'accès et LDPoRSVP au niveau des sites Core, Agrégation et Pré agrégation.

Dans la partie Core, Agrégation, et Pré-Agrégation, l'idée est d'implémenter un chemin RSVP primaire et secondaire avec l'activation de fast reroute sur le chemin primaire Afin de contrôler le trafic au niveau de la boucle d'agrégation, nous pouvons utiliser du link coloring ou obliger à passer par certains nœuds du réseau.

Section IV: Implémentation des services VPN dans la solution

La nouvelle architecture se base sur la technique Pseudo Wire PWE3 pour le transport de plusieurs types de flux, à savoir:

- **Flux mobile :**
 - 2G : TDM venant de la BTS.
 - 3G : ATM et Ethernet venant de la NodeB.
- **Flux résidentiel :**
 - Voix sur IP (VoIP).
 - Accès à l'internet (HSI).
 - Vidéo à la Demande (VoD).
 - TV Broadcast (IPTV).

1. Implémentation des flux mobiles

Comme cité précédemment le réseau d'agrégation mobile transportera des flux :

- E1 TDM issues des BTS 2G.
- E1 ATM issues des Nodes B 3G.
- Ethernet issues des Nodes B 3G.

Le réseau de la solution multiservice MPLS est composé, des routeurs de service 7750 ainsi qu'un équipement d'accès mobile Backhaul 2G/3G/LTE : Le routeur d'agrégation 7705.

1.1. Service de transport TDM pour 2G

Les flux E1 2G seront transportés de bout en bout au sein d'une même plaque en utilisant des pseudowires TDM. Ces derniers utiliseront un tunnel de transport MPLS/LDP qui sera encapsulé dans RSVP-TE au niveau du premier 7750 rencontré de plus un tunnel de services permet la signalisation dynamique T-LDP pour l'annonce des labels de service.

Ci-dessous la décomposition de ce service pour le scénario proposé à Maroc Telecom :

- Le routeur 7705 sur un port E1 démarre le service qui se termine sur les 7705 sur un port E1 colocalisé avec le BSC.
- MPLS est utilisé pour trafic engineering ainsi que pour la protection de bout en bout (FRR / Active standby LSP).
- Sur ce service, les 7750 intermédiaires sont uniquement MPLS LSR.

TDM PSW protégé par MPLS FRR /
active standby LSP entre les 7750

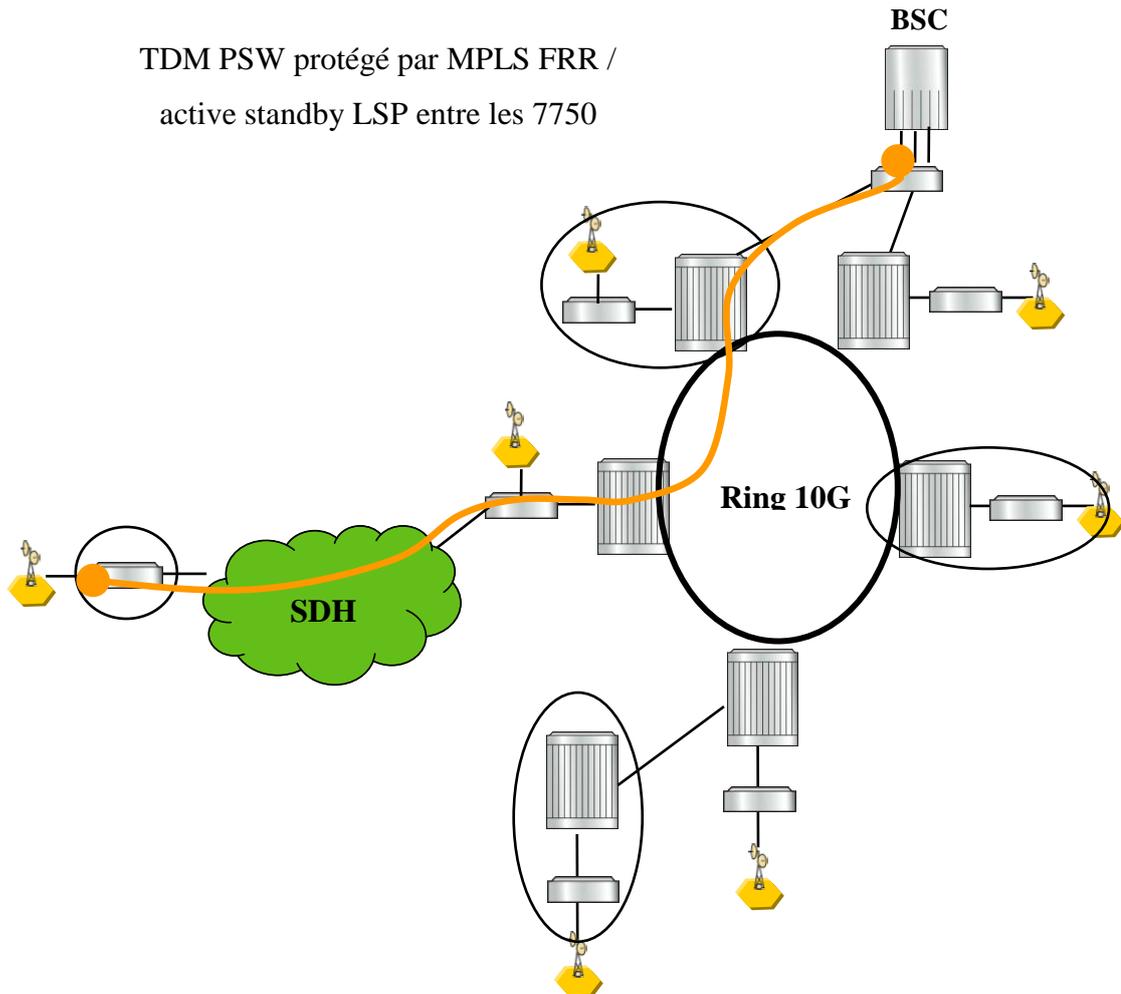


Figure 48 Exemple de service TDM sur Pseudowire

Choix de la méthode d'encapsulation

Au niveau de la solution offerte, deux techniques d'encapsulation SAToP et CESoPSN sont supportées par les équipements impliqués dans la terminaison des circuits CPIPE, à savoir le 7750 et le 7705.

Afin de choisir une de ces techniques nous avons procédé par une étude comparative représentée dans le tableau suivant :

Technique	Type de paquet	avantages	Limitations
SAToP	Non structuré.	-Faible entête. -Temps de transfert de bout en bout réduit.	-Plus susceptible à la perte des trames.
CESoPSN	Structuré.	-Temps de paquetage faible	-Les paquets doivent être fragmentés

La méthode d'encapsulation choisie est SAToP qui permet de transporter l'E1 dans son intégralité. Le nombre d'E1 transporté dans un paquet est configurable. Plus le nombre d'E1

transporté dans un paquet est élevé, plus le délai est élevé et plus la bande passante est optimisée.

De manière générale, le délai de bout en bout est fonction des paramètres suivants :

- Nombre d'E1 stocké dans le « packetisation buffer » avant l'envoi du paquet ; le délai correspond aux nombre d'E1s * 125 microsecondes
- Délai de transfert dans le réseau qui est fonction de la distance
- Temps passé dans le « de-jitter buffer » pour absorber la jigue, la taille du buffer devrait être au minimum 3 à 4 fois le temps de packetisation.

La figure ci-dessous schématise le processus de paquetisation d'une trame TDM

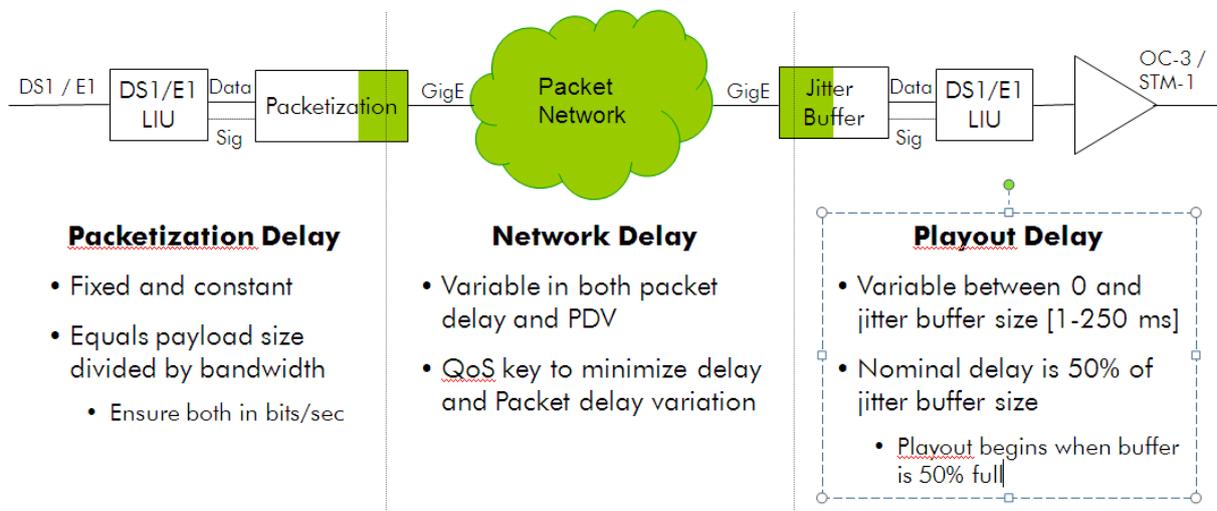


Figure 49 Paquetisation d'une trame TDM

1.2. Service de transport ATM pour 3G

Les flux E1 3G seront transportés de bout en bout au sein d'une même plaque en utilisant des pseudowires ATM.

Le service est décomposé comme suit :

- Le routeur 7705 démarre le service qui se termine sur les 7750s.
- 2 pseudowires (1 actif et un standby) sont terminés sur chacun des 7750.
- MPLS est utilisé pour distribuer les Pseudowires (actif et standby) sur des chemins différents.
- Sur ce service, les 7750 intermédiaires sont uniquement MPLS LSR.

Le schéma ci-dessous illustre cette description :

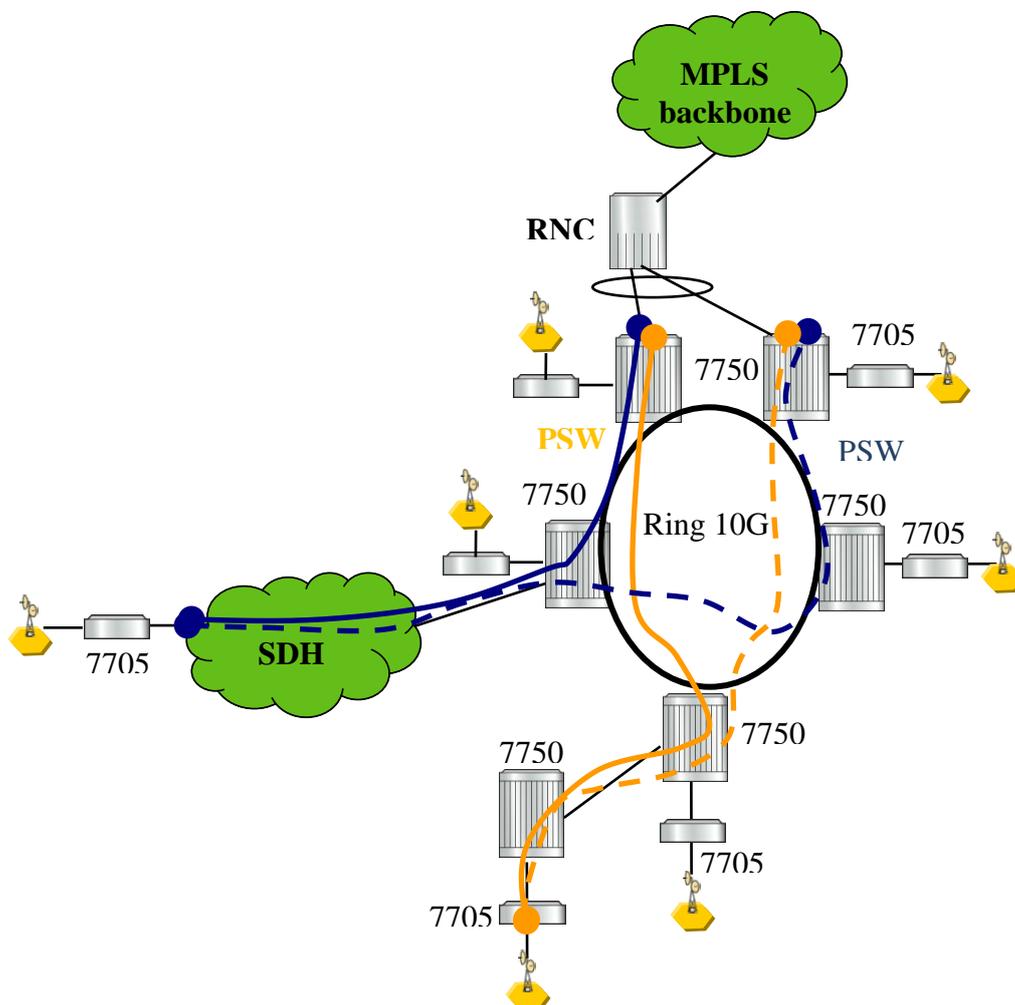


Figure 50 Exemple de service ATM sur pseudowires

Dans le cas où les Node B utilisent différents VP/VC pour différents types de trafic, la solution offerte doit permettre de faire des encapsulations PW par VP/VC pour séparer le transport des différents types de trafic.

Le nombre de cellule encapsulées dans un paquet peut être défini et est déterminant pour :

- Le délai maximum
- Le MTU de l'interface

Une redondance n'est pas prévue au niveau ATM. Le service démarre d'un 7705 sur un port E1 ou des ports E1 ATM IMA et se termine sur un autre 7705 sur une interface STM1 ATM clear channel colocalisé avec le RNC.

Les paramètres suivants seront configurés :

- SAP : PVC (vci ou vpi)
- Signalisation T-LDP, tunnel LDP (qui sera encapsulé dans RSVP au niveau du premier 7750 rencontré) vers le 7705 colocalisés avec le RNC.
- Type d'encapsulation N : 1 avec N=1, mapping 1 :1 entre 1 PVC et 1 pseudowire
- Pour le trafic UBR, non sensible aux délais, cell concatenation à 26 (max par rapport au MTU de l'interface)
- Pour le trafic CBR, sensible aux délais, ALCATEL LUCENT recommande un cell concatenation entre 1 et 6

1.3. Service de transport Ethernet pour 3G

Les flux Ethernet seront transportés de bout en bout au sein d'une même plaque.

Le service retenu pour l'interface IuB/IP est une combinaison de deux services de même type implémentés comme suit :

- Le routeur 7705 démarre le service Epipe et le route par une VRF (VPRN sap-to-sap) sur ce même 7705, Le protocole de signalisation des labels utilisé sera LDP
- Le service Epipe est terminé dans un IP-VPN 7750 du niveau d'agrégation,
- MPLS TE est utilisé pour distribuer les Pseudo wires (actif et standby) sur des chemins différents.
- MPLS TE peut être également utilisée pour contrôler le trafic entre les instances VPRN des 7750.

Le schéma ci-dessous illustre cette description :

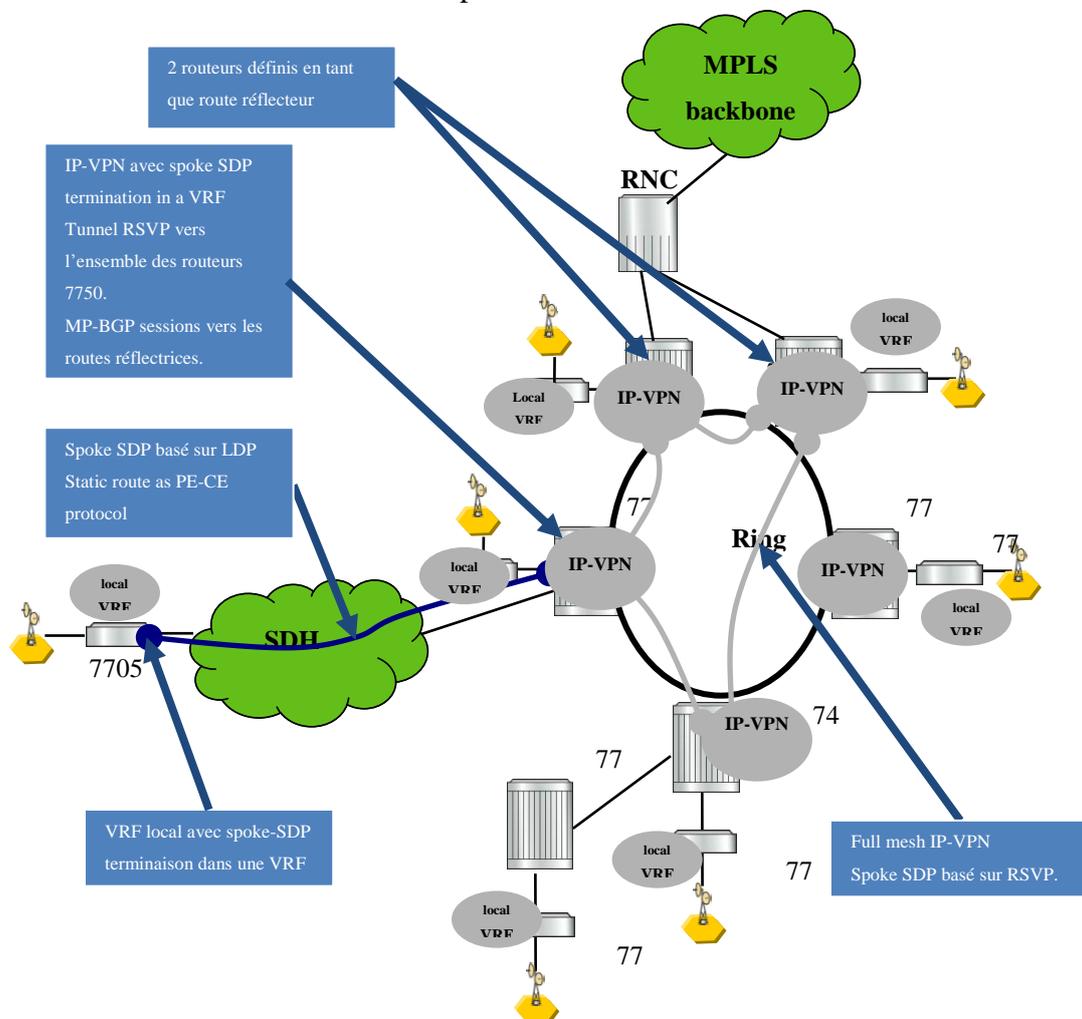


Figure 51 Vue logique du service 3G ethernet

La VRF des 7705 sera reliée au 7750 adjacent avec un pseudowire Ethernet (Spoke SDP).

Pour le futur, pour les réseaux LTE, l'utilisation de VRF permettra de router le trafic directement au niveau des nœuds d'agrégation sans avoir à passer par les sites core ; ceci est intéressant pour l'interface LTE X2.

Le choix de Maroc Telecom est d'utiliser une VRF (instance de routage) par constructeur radio (Hwawei, NSN, ERICSON). Nous aurons donc 3 VRF au total. Au niveau du site core, où l'on peut avoir plusieurs boucles connectées, on retrouve également les 3 VRF correspondantes à chaque constructeur.

Les paramètres suivants seront configurés :

- Au niveau du 7705
 - ✓ Service VPRN local sans MP-BGP
 - SAP Ethernet correspondant au vlan du nodeB
 - Spoke SDP vers le routeur 7750
 - Route statique, default gateway, vers le 7750 attaché
 - ✓ Spoke SDP avec signalling T-LDP dynamique et tunnel basé sur MPLS LDP
- Au niveau des 7750
 - ✓ Service VPRN
 - Spoke SDP ethernet venant du 7705.
 - Route statique qui correspond à la summarization des adresses de nodeB rattachés derrière le 7705.
 - Tunnel RSVP vers l'ensemble des autres 7750 de la plaque SDP vers l'ensemble des autres 7750 de la plaque (automatique avec auto-bind RSVP).
 - Peering MP-BGP avec les 2 routes reflecteurs. (pour les routes reflecteurs : peering MP-BGP avec l'ensemble des 7750 de la plaque).

2. Implémentation des flux résidentiels

Les services résidentiels sont démarrés sur 7750 après une agrégation (DLSAM). Chacun de ces services résidentiels peut opter pour un mode de transport pour les services qui peuvent être soit:

2.1. Niveau 2 (VPLS de bout en bout)

les équipements d'agrégation résidentielle (DSLAM ...) sont connectés sur les sites de pré-agrégation, d'agrégation ou core. Comme le montre la figure suivante

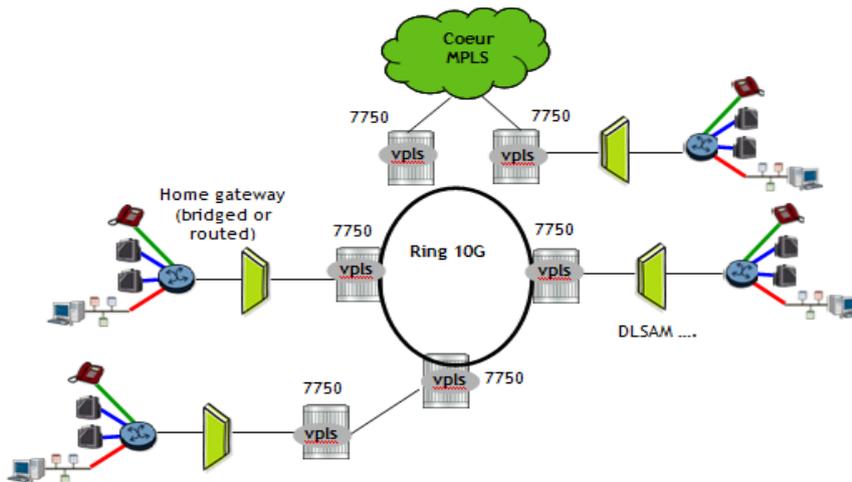


Figure 92 Service résidentiel avec transport en niveau 2 (ex : HSI/PPPOE)

2.2. Niveau 3 (VRF de bout en bout)

En fonction du type de service et de la position des sources IPTV / Gateway VOIP / VOD serveurs, les services sont délivrés à un niveau 3 qui peut être soit les 7750 de la pré-agrégation, agrégation ou cœur soit le réseau MPLS de cœur ce qui est schématisée par la figure suivante :

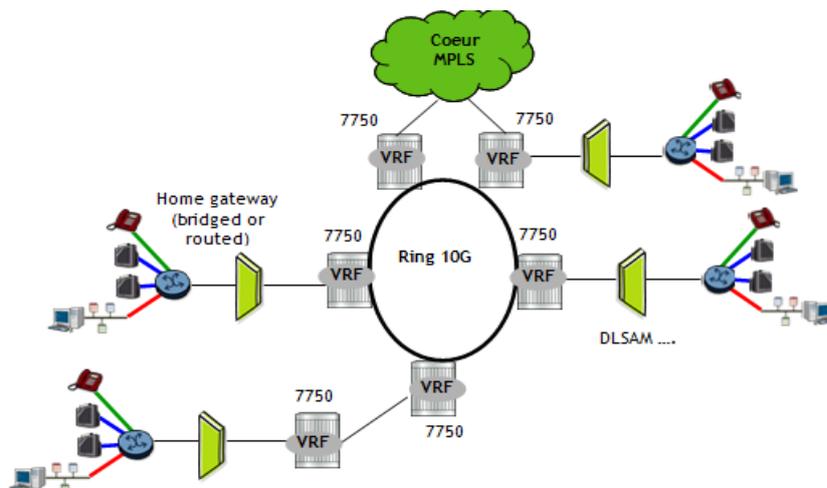


Figure 53 Service résidentiel avec transport niveau3 (ex: IPTV, VOIP...)

2.3. Niveau 2 + niveau 3 (VPLS + VRF)

Services VOIP / IPTV / HSI / VOD transportés en VPLS ou en VRF et donc possibilité de ‘trafic engineering’ et de protection de type MPLS (FRR, Standby...) sur ces services.

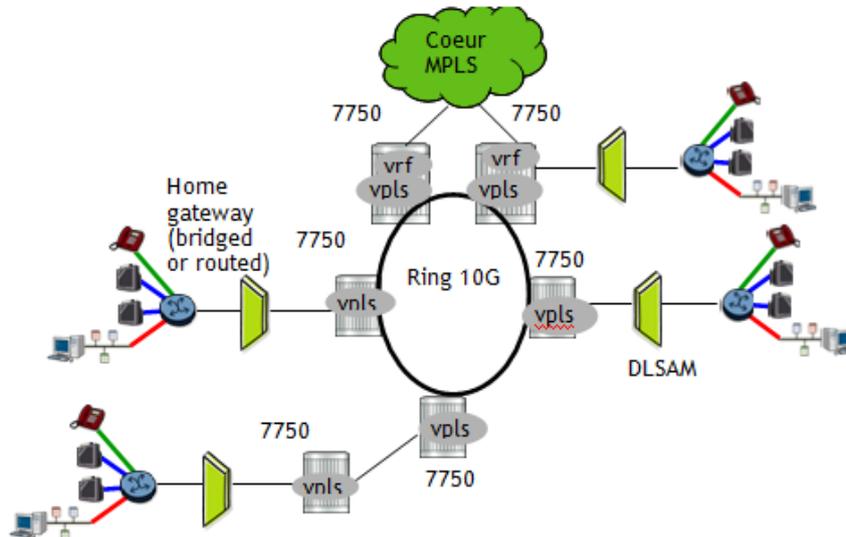


Figure 54 Service résidentiel avec transport mixte niveau2 et niveau3 (ex: IPTV, VOIP...)

La gestion des abonnés est complètement découplée du mode de transport choisi pour un service donné, de même, elle est complètement découplée du mode de service (VLAN par abonné ou VLAN par service ou VLAN par service et par abonné ...)

Le type ‘home Gateway’ (routée ou bridgée) est lui aussi découplé du mode de service et du type de transport choisi pour un service (niveau 2 ou niveau 3 ou mixte niveau 2 et niveau 3).

Il est à noter que le routeur 7750 SR peut en plus jouer le rôle d’un BNG (Broadband Network Gateway) qui consiste en un routeur edge où les polices de bande passante et qualité de service sont appliquées.

La solution est fondée sur un BNG permettant d’avoir une architecture distribuée et optimisée pour délivrer des services convergents tels que l’IPTV, la VoD, la VoIP, les jeux à la demande ainsi que d’autres services de divertissement et de communication intégrés.

Dans ce chapitre, nous avons mis à disposition de nos ingénieurs « Deployment Team » un document de référence HLD qui décrit en particulier l’implémentation de la solution IP-RAN sur les deux niveaux physique et logique.

La réussite qui complète ce modeste travail doit être justifiée par des tests aptes à répondre aux exigences de Maroc Telecom.

Chapitre 4 : Mise en œuvre des tests d'interopérabilité

De façon à assurer une prestation de service optimale à leurs clients, Maroc Télécom doit s'assurer de l'opérabilité de la solution avant son exploitation sur un réseau à grande échelle. En effet, Maroc Telecom effectue des tests d'interopérabilité et ce avant chaque nouvelle introduction d'équipement ou mise à jour logicielle. Cela permet d'une part à l'opérateur de vérifier la conformité au cahier de charge. D'une autre part, vérifier la compatibilité des nouvelles solutions avec l'architecture réseau existante.

Les tests IOT permettent de manière bilatérale aux différents équipementiers de vérifier la conformité des interfaces standardisés communs avant le lancement d'une mise à jour logicielle ou une nouvelle solution. Ces tests sont réalisés au niveau de la maquette client, en faisant appel aux différents équipements qui vont interagir dans le réseau à grande échelle.

Le processus des tests IOT est généralement proposé par le client et consiste en différents activités. Tout d'abord, le Project Planning qui consiste à définir les intervenants dans le test, le calendrier des tests et toute autre information spécifique au projet. Ensuite, vient l'étape du Table Testing, où les différents intervenants essaient d'identifier les potentiels problèmes qui peuvent subvenir avant la phase du test. Après, vient le Test Planning, où les intervenants se mettent d'accord sur les tests qui doivent être réalisés. Ultérieurement, vient l'étape du Laboratory Test, qui consiste à test sur maquette la conformité des tests, en présence des responsables client. Enfin, un rapport détaillé doit être rédigé qui s'inscrit dans l'étape du Test Reporting.

Dans ce chapitre, nous allons mettre en œuvre quelques un des tests demandés par Maroc Télécom. Après avoir exposé l'architecture de la maquette des tests, nous allons vérifier la synchronisation fréquentielle des routeurs. Ensuite, nous allons nous assurer du bon fonctionnement de la protection LSP en utilisant le mécanisme du FRR. Enfin, nous décrirons le processus d'implémentation du réseau d'agrégation proposé par ALCATEL LUCENT dans le cas d'une NodeB et RNC de Huawei.

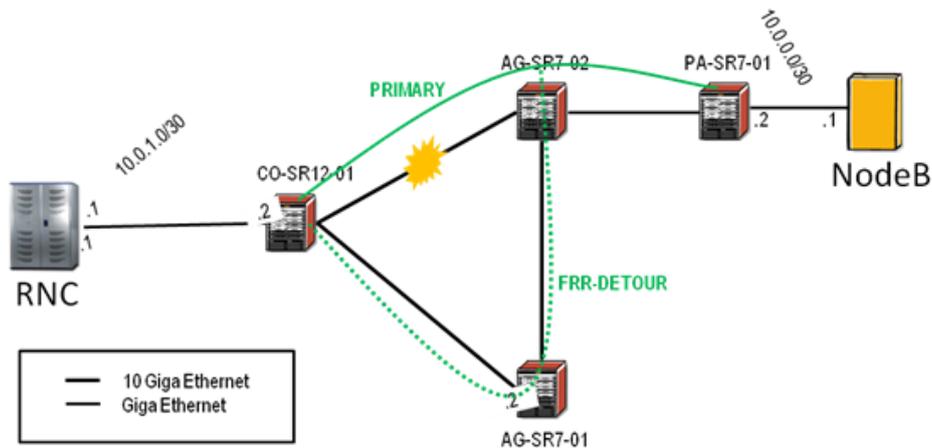


Figure 56 Mise en œuvre du mécanisme FRR

Le protocole de routage IGP, dans ce cas IS-IS doit être configuré ainsi que le trafic engineering. Le temps de convergence du FRR est d'environ 50ms, il est donc transparent pour le customer et n'aura aucun impact sur le trafic.

Pour tester le mécanisme FRR, six étapes sont proposés :

a. Activation de trafic engineering

Cela se fait par la commande suivante :

```
config router is-is
  traffic-engineering
  exit
exit all
```

b. Activation de MPLS

```
Configure router
  mpls
    interface "system"
    exit
    interface "to_p_sr12_01"
    exit
    interface "to_pe_sr7_02"
    exit
    interface "to_sarf_01_1"
    exit
  exit
```

On utilisera la commande suivante pour vérifier que le mpls est bien opérationnel sur toutes les interfaces :

```
Show router mpls interface
```

c. Configuration de PATH

```
mpls
  path "primary"
  no shutdown
exit
```

d. Configuration de LSP

```
mpls
    lsp "to_p_sr12"
        to 192.168.0.1
        cspf
        adspec
        retry-timer 3
        primary "primary"
        exit
        no shutdown
exit
```

e. Activation de la fonction FRR sur le LSP

Nous pouvons à présent configurer et tester le FRR (facility) qui va créer un LSP de backup automatiquement après la détection que le lien primaire soit tombé

```
Configure router mpls

    Lsp "TEST"
        Fast-reroute facility
exit
```

On utilisera la commande suivante pour vérifier que le mpls est bien opérationnel sur toutes les interfaces :

```
Show router mpls status

Show router mpls lsp path detail

Show router rsvp session
```

f. Test de coupure dans le réseau avec un appel en cours

Le test consiste à montrer que le FRR arrive à protéger les appels en cas de pertes de liens dans le réseau. Les pertes de liens n'arrivent pas à dégrader le service voix. Le scénario est le suivant :

- Emettre un appel.
- Deconnecter le lien entre les routeurs CO-SR12-01 et AG-SR07-02.
- Remettre le lien entre le CO-SR12-01 et AG-SR07-02. Puis attendre 10 secondes et deconnecter le lien entre les routeurs CO-SR12-01 et AG-SR07-01.

Le résultat attendu est d'avoir la continuité du service (sans interruption de l'appel en cours) pendant toutes les manipulations.

Section III : Test IuB over Ethernet avec NodeB connecté à un 7705 SAR

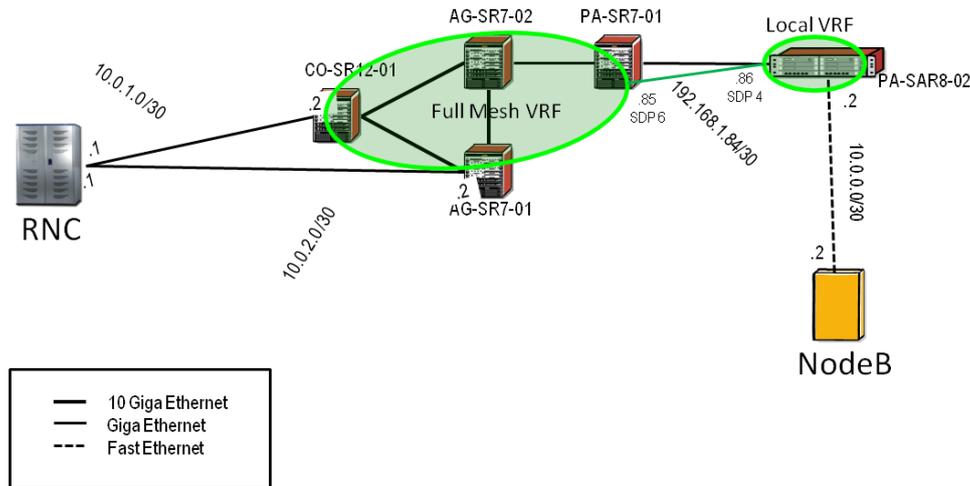


Figure 57 Backhaul Iub Over Ethernet avec NodeB sur un 7705 SAR.

Le RNC est connecté aux routeurs 7750 SR12 et 7750 SR7 (AG-SR7-01). Les liens sont des GE. La Node B sera connectée au routeur 7705 SAR8 (7705-SAR8-02).

Un VRF FULL Mesh (VPRN) sera configuré sur tous les routeurs 7750 de l'IP-RAN. Un VRF local sera configuré sur le routeur 7705. Les deux VRF seront connectés à l'aide d'une interface spoke-sdp. Sur la NodeB, une default route sera configurée. Cette route pointera vers le routeur 7705. Pour joindre la NodeB, une route statique est configurée sur le VRF Full Mesh.

Pour vérifier l'opérabilité de la proposition, les tests suivants sont proposés sur le RNC et NodeB Huawei :

a. Configurer les interfaces GE entre le RNC et les routeurs 7750

```
port 1/2/3
description "TO RNC HUAWEI"
ethernet
mode access
encap-type dot1q
exit
no shutdown
exit
```

b. Configurer Un VRF Full mesh sur les routeurs IP-RAN

```
vprn 30 customer 1 create
description "3G-ETH IUB Traffic"
route-distinguisher 64999:5052
auto-bind rsvp-te
vrf-target target:64999:5050
exit
```

c. Créer l'interface entre le RNC et les routeurs 7750 dans le VRF

Sur le routeur CO-SR12-01 :

```
vprn 30

    interface "to_RNC_HUAWEI" create
        address 10.0.1.2/30
        sap 1/2/3:20 create
    exit
exit
no shutdown
exit
```

Sur le routeur AG-SR07-01 :

```
vprn 30

    interface "to_RNC_HUAWEI" create
        address 10.0.2.2/30
        sap 1/2/3:20 create
    exit
exit
no shutdown
exit
```

d. Configurer l'interface GE entre le routeur 7750 et la Node B

```
port 1/2/8
    description "TO NODE HUAWEI"
    ethernet
        mode access
        encaps-type dot1q
    exit
no shutdown
exit
```

e. Configurer un VRF local sur le routeur 7705

```
vprn 31 customer 1 create
    description "3G-ETH IUB Traffic -local VRF"
    route-distinguisher 64999:5053
    vrf-target target:64999:5052
    interface "to_3GETH_GE/FE_NODEB_HUAWEI" create
        shutdown
        address 10.0.0.2/30
        sap 1/4/8:0 create
    exit
no shutdown
exit
```

f. Connecter le VRF du 7750 et celui du 7705 à l'aide d'une interface spoke-sdp

Sur le routeur 7705, on a :

```
vprn 31

    interface "to_VPRN30_7750" create
        address 192.168.1.86/30
        static-arp 192.168.1.85 8c:90:d3:1c:fc:01
        spoke-sdp 4:31 create
    exit
```

```
exit
static-route 0.0.0.0/0 next-hop 192.168.1.85
no shutdown
exit
```

Sur le routeur 7750, on a :

```
vprn 30
interface "to_VPRN31_7705" create
address 192.168.1.85/30
static-arp 192.168.1.86 48:f8:e1:78:58:01
spoke-sdp 6:31 create
exit
exit
static-route 10.0.0.0/30 next-hop 192.168.1.86
no shutdown
exit
```

La suite des tests consiste à vérifier les différents services Iub :

- g. Test de connectivité entre Node B et RNC (Ping)**
- h. Test d'appel Voix**
- i. Test d'appel Vidéo**
- j. Test de transfert de données (Data)**

Ces tests ne peuvent pas être faits pour le moment par manque de matériel en l'occurrence le générateur de trafic qui est utilisé par un autre opérateur.

Les Tests IOT représentés dans ce rapport constituent une partie de l'ensemble des Tests IOT qu'ALCATEL LUCENT est dans l'obligation de réaliser. En effet, Maroc Telecom tiens à vérifier de près l'opérabilité de la solution proposé par ALCATEL LUCENT, vue son importance une fois intégré au réseau. Il consiste notamment à s'assurer que tous les mécanismes de haute disponibilité son fonctionnels, les équipements des différents Vendors sont compatible (Huawei, NSN, Motorola et Ericsson) et que les mesures des différents KPI est conforme aux besoins décrits dans le cahier de charge.

La production de ce document HLD représente un atout dans la mesure où il facilite la tâche aux ingénieurs du département « Deployment Team » qui ont comme mission la mise en place de la solution avant de réaliser les tests d'opérabilité.

CONCLUSION GENERALE

Ce projet a vu le jour suite à un besoin qui se fait sentir dans le monde entier, il s'agit de la migration vers une nouvelle infrastructure du réseau d'accès Radio mobile de nature IP : Solution qui a répondu aux exigences posées par les opérateurs télécoms en général puisqu'elle fournit une architecture de bout en bout qui prévoit **l'intelligence, la flexibilité, la simplicité et la rentabilité des coûts** requis afin de supporter l'augmentation massive du nombre d'abonnés et la saturation de la bande passante. Ceci a permis plus particulièrement à notre fournisseur Maroc Telecom d'effectuer une transition profitable vers une infrastructure de réseau de transport mobile largement plus avantageuse.

La participation active à ce projet nous a permis d'approfondir nos connaissances dans le domaine des réseaux de télécommunication à savoir le GSM et l'UMTS, de bien maîtriser les techniques de transport et de définir les spécifications techniques et fonctionnelles requises pour la fourniture, l'installation et l'intégration d'une solution IPRAN de bout en bout.

Due à la taille et l'importance de tout ce qui précède, Il convient comme même de signaler que l'évaluation de la qualité des résultats dudit projet et la simulation financière de ces couts sont des points non traités durant notre période de stage et peuvent éventuellement faire l'objet d'un traitement ultérieur en cas de prolongation de la durée de stage ou dans le cas échéant, donner lieu à un prochain projet de fin d'études.

LISTE DES FIGURES

Figure 1 ALCATEL LUCENT Maroc	11
Figure 2 Organigramme d'ALCATEL LUCENT au 31.12.2010	12
Figure 3 Organigramme du service Deployment Team	13
Figure 4 Schéma de connectivité d'une région	15
Figure 5 Diagramme de GANTT	16
Figure 6 RAN dans un système de télécommunication.....	18
Figure 7 Architecture GSM.....	19
Figure 8 Time Division Multiplexing.....	21
Figure 9 Format d'une trame STM	22
Figure 10 Format de la trame SONET	23
Figure 11 Architecture UMTS.....	23
Figure 12 Architecture ATM.....	26
Figure 13 Techniques de transport	27
Figure 14 Architecture RAN de la voix 2G et la 3G Release 99	28
Figure 15 Architecture de la 3G Release 4 avec ATM et Media Gateway	28
Figure 16 Architecture 3G version 4 avec passerelles d'interconnexion de la voix	29
Figure 17 3G version 5 et au-delà IP / MPLS RAN et Core	29
Figure 18 Format du châssis 7750 SR7	32
Figure 19 Format du châssis 7750 SR12.....	32
Figure 20 Format du châssis 7450 ESS7.....	33
Figure 21 Format du châssis 7450 ESS6.....	33
Figure 22 Format du châssis 7450 ESS12.....	33
Figure 23 Vue du châssis SAR-F Figure 24 Vue du châssis SAR-8.....	34
Figure 25 Site core, agrégation, pré-agrégation et accès d'une boucle	35
Figure 26 les différentes zones en OSPF.....	37
Figure 27 Architecture générale en IS- IS	38
Figure 28 Architecture générale du BGP	40
Figure 29 Trafic en cas du BGP peeling full-mesh	41
Figure 30 Système autonome avec deux routes réflecteurs.....	41
Figure 38 Principe de fonctionnement du réseau MPLS.....	42
Figure 32 Etablissement de connections en LDP.....	44

Figure 33 Les labels d'un paquet VPN	45
Figure 34 Les composants d'un service VPN	45
Figure 35 Tunnels de services	46
Figure 36 Multiple services d'interfonctionnement sur VPWS	47
Figure 37 Exemple d'un service VPLS.....	48
Figure 38 Fonctionnement du VPLS	48
Figure 39 Exemple de services VPRN	49
Figure 40 Exemple Deux PE avec deux VRF chacun.....	50
Figure 41 Constitution d'une adresse "VPN-IPv4 "	51
Figure 42 Echange des routes VPRN à travers MP BGP	51
Figure 43 Architecture de la maquette	55
Figure 44 Schéma de redondance des serveurs de management 5620 SAM	56
Figure 45 Découpage IGP de la plaque de Rabat.....	57
Figure 46 BGP Peering.....	59
Figure 47 LDP dans l'accès et LDPoRSVP au niveau des sites Core, Agrégation et Pré agrégation.	61
Figure 48 Exemple de service TDM sur Pseudowire	63
Figure 49 Paquetisation d'une trame TDM.....	64
Figure 50 Exemple de service ATM sur pseudowires.....	65
Figure 51 Vue logique du service 3G ethernet	67
Figure 92 Service résidentiel avec transport en niveau 2 (ex :HSI/PPPOE).....	69
Figure 53 Service résidentiel avec transport niveau3 (ex: IPTV, VOIP...)	69
Figure 54 Service résidentiel avec transport mixte niveau2 et niveau3 (ex: IPTV, VOIP...)	70
Figure 55 Figure de la Maquette Maroc Télécom.	72
Figure 56 Mise en œuvre du mécanisme FRR	73
Figure 57 Backhaul Iub Over Ethernet avec NodeB sur un 7705 SAR.	75

BIBLIOGRAPHIE & WEBOGRAPHIE

Mot Gaby JUNOWICZ « Newsletter RAD at a Glance »

Edition AVRIL 2008

Michel Terré « Radiocommunications : CONSERVATOIRE NATIONAL DES ARTS ET METIERS »

Edition 2010-2011

«GPRS, service de GSM : RAPPORT DE PROJET DE DOMINANTE COMMUNICATION»

Edition JUIN 2000

Franck MENIN «Synchronous Digital Hierarchy: École Nationale Supérieure des Télécommunications de Bretagne»

Edition OCTOBRE 2007

E-MIAGE

http://www.e-miage.org/demos/B222/214_1_4.htm#Commutation et Multiplexage

SRC ALCATEL LUCENT

ALCATEL LUCENT Scalable IP Networks Edition JANVIER 2009

Interior Routing Protocols and High Availability Edition MARS 2008

ALCATEL LUCENT Border Gateway Protocol Edition DECEMBRE 2007

Multiprotocol Label Switching Edition JANVIER 2008

Architecture Services Edition FEVRIER 2009

[HTTP://WWW.NEXCOM.FR/RAN-IP.HTML](http://www.nexcom.fr/RAN-IP.HTML)

[HTTP://WWW.3GPP.ORG/FTP/WORKSHOP/2009-12-17_ITU-R_IMT-ADV_EVAL/DOCS/PDF/REV-090005%20LTE%20RAN%20ARCHITECTURE%20ASPECTS.PDF](http://www.3gpp.org/ftp/workshop/2009-12-17_ITU-R_IMT-ADV_EVAL/DOCS/PDF/REV-090005%20LTE%20RAN%20ARCHITECTURE%20ASPECTS.PDF)

[HTTP://MPLS-EXPERTS.COM/BLOG/INDEX.PHP/2008/01/21/WHAT-IS-A-PSEUDOWIRE/](http://mpls-experts.com/blog/index.php/2008/01/21/what-is-a-pseudowire/)

http://www.e-miage.org/demos/B222/214_1_4.htm

TABLE DES MATIERES

SOMMAIRE	1
DEDICACES	2
REMERCIEMENTS	3
LISTE DES ABREVIATIONS	4
INTRODUCTION GENERALE	8
Chapitre introductif : Contexte général du projet «solution du backhauling mobile d'ALCATEL LUCENT pour son client maroc telecom»	11
Section I: Présentation succincte de la société ALCATEL LUCENT.....	11
1. À-propos d'ALCATEL LUCENT.....	11
2. Organigramme de la société	11
Section II: Contexte projet et raisons fondées du choix de la solution.....	13
1. Analyse du cahier de charges	13
1.1. Avant projet.....	13
1.2. Pourquoi une la solution IP-RAN ?.....	14
1.2.1. Insuffisance de couverture	14
1.2.2. Difficultés d'extension.....	14
1.2.3. Hausse des coûts de l'OPEX.....	14
2. Description technique de la solution	15
2.1. Présentation de l'architecture choisie.....	15
2.2. Planification du projet de migration IP-RAN.....	16
PARTIE I : SYNTHÈSE DES RECHERCHES LIÉES AU CONCEPT IPRAN	17
Chapitre 1 : Technologie IP-RAN : Historique et évolution.....	18
Section I: Architecture RAN (Radio Access Network)	18
1. Technologie GSM : Sous-système et technique de commutation.....	19
1.1. Sous-système radio BSS et ses composants	19

1.1.1.	BTS (Base Transceiver Station).....	19
1.1.2.	BSC (Base Station Controller).....	19
1.1.3.	Communication entre composants	20
1.2.	Sous-système d’acheminement NSS et ses composants.....	20
1.2.1.	MSC (Mobile-services Switching Centre)	20
1.2.2.	VLR (Visitor Location Register)	20
1.2.3.	HLR (Home Location Register).....	20
1.3.	Technique de commutation TDM.....	20
1.3.1.	Généralités.....	20
1.3.2.	Applications de TDM.....	21
1.3.2.1.	SDH.....	21
1.3.2.2.	SONET	22
2.	Technologie UMTS : Sous-système et techniques de commutation	23
2.1.	Réseau d’accès UTRAN et ses composants	23
2.1.1.	NodeB	24
2.1.2.	RNC (Radio Network Controller).....	24
2.1.3.	Communication entre composants	24
2.2.	Réseau de base (Core Network)	24
2.2.1.	Domaine CS	24
2.2.2.	Domaine PS.....	25
2.2.3.	Eléments communs	25
2.3.	Commutation de cellules ATM	26
2.3.1.	Généralités.....	26
2.3.2.	Architecture.....	26
2.4.	Commutation de paquets Ethernet (Protocol IP).....	26
Section II: Technologie IP-RAN (Internet Protocol-RAN)		27
1.	Concept général	27

2.	Evolution de l'architecture IPRAN	27
2.1.	IP-RAN et voix 2G/3G Release 99.....	27
2.2.	Intégration de l'ATM dans la 3G Release 4.....	28
2.3.	Tous services vocaux (2G & 3G) à base de l'IP.....	29
2.4.	Pseudowires sur le Réseau d'accès.....	29
Chapitre 2 : Etude des équipements, protocoles et services attachés à la solution IP-		
	RAN.....	31
Section I: Etude physique de la solution		
1.	Description des différents types de routeurs d'ALCATEL LUCENT	31
1.1.	Routeurs de service 7750 SR.....	31
1.1.1.	Famille 7750 SR.....	31
1.1.2.	Les caractéristiques des 7750 SR.....	32
1.2.	Commutateurs de service 7450 ESS.....	32
1.2.1.	Famille 7450 ESS.....	33
1.2.2.	Caractéristiques des 7450 ESS.....	33
1.3.	Routeur d'agrégation de service 7705 SAR	34
2.	Choix du matériel	35
Section II: Etude Logique de la solution.....		
1.	Protocoles de routage IGP	36
1.1.	Protocole OSPF	36
1.2.	Protocole Is-Is.....	38
1.3.	Evaluation des deux protocoles	38
1.4.	Choix du protocole IGP.....	39
2.	Protocoles de routage EGP	40
2.1.	Généralités.....	40
2.2.	BGP peering full mesh	40
2.3.	Route Reflectors	41

3.	Réseau MPLS	42
3.1.	Généralités	42
3.2.	Principe de fonctionnement	42
3.3.	Types des LSPs.....	43
3.4.	Protocoles de signalisation	43
4.	Services VPN	45
4.1.	Composants d'un service VPN.....	45
4.2.	Types des services VPN	47
4.2.1	VPWS	47
4.2.2	VPLS	47
4.2.3	VPRN	49
PARTIE II : MISE EN ŒUVRE DE LA SOLUTION IP-RAN		53
Chapitre 3 : Implémentation des équipements, protocoles et services appropriés à la solution et production du document HLD		54
Section I: Implémentation physique.....		54
1.	Equipements d'accès	54
2.	Equipements Core, agrégation et pré agrégation.....	54
3.	Gestion du hardware.....	55
Section II: Implémentation logique.....		57
1.	Implémentation de l'IS-IS dans l'architecture.....	57
1.1.	Paramètres de convergence	58
1.2.	Définition des Métriques	58
2.	Implémentation du BGP dans l'architecture	59
3.	Processus de sélection des routes BGP VPN-IPv4.....	60
Section III: Implémentation du réseau MPLS dans la solution.....		61
Section IV: Implémentation des services VPN dans la solution.....		62
1.	Implémentation des flux mobiles	62

1.1.	Service de transport TDM pour 2G	62
1.2.	Service de transport ATM pour 3G	65
1.3.	Service de transport Ethernet pour 3G	67
2.	Implémentation des flux résidentiels	69
2.1.	Niveau 2 (VPLS de bout en bout)	69
2.2.	Niveau 3 (VRF de bout en bout)	69
2.3.	Niveau 2 + niveau 3 (VPLS + VRF)	70
Chapitre 4 : Mise en œuvre des tests d'interopérabilité		71
Section I : Architecture de la maquette de test.....		72
Section II : Fast ReRoute (FRR)		72
Section III : Test IuB over Ethernet avec NodeB connecté à un 7705 SAR.....		75
CONCLUSION GENERALE		78
LISTE DES FIGURES		79
BIBLIOGRAPHIE & WEBOGRAPHIE		81
TABLE DES MATIERES		82

