

MA-004-383-1

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Saad Dahlab Blida



Faculté des sciences

Département d'informatique

Mémoire Présenté par :

MERBAH Zohra BENOUARED Affaf

En vue d'obtenir le diplôme de master

Domaine : Mathématique et informatique

Filière : Informatique
Spécialité : Informatique
Option : Ingénierie de logiciel

Sujet : L'implémentation du MPLS Traffic Engineering pour l'amélioration des capacités des réseaux IP du groupe SONELGAZ

Soutenu le :

Devant le jury :

M.
M.
M.
M. BENYAHIA Mohamed Promoteur
Mme NEZELFAR Soumaya Encadreur

Président OULD KHOUA
Examineur BOU TOU MI
Examineur

Promotion 2016 / 2017

MA-004-383-1



REMERCIEMENTS

Bien que la Réalisation d'un mémoire ait toute l'apparence d'un long parcours académique solitaire, diverses personnes ont contribué à différents degrés à mener à bien ce projet parfois périlleux, avec ses hauts et ses bas.

*Nous tenons d'abord à remercier mon directeur de thèse, Professeur **Benyahia Mohamed**, d'avoir accepté de nous diriger dans le cadre de cette étude et surtout pour nous avoir guidés dans nos recherches. Ses commentaires éclairés, ses judicieux conseils, sa disponibilité et son encouragement nous ont considérablement aidés à mener à terme ce travail.*

*Nous aimerons spécialement remercier **Mme. Nezelfar Soumayapour** ses conseils et la confiance dont elle nous a fait preuve à notre égard et également pour sa patience, sa générosité et ses orientations qui nous ont aidés dans la formalisation de l'application.*

Nos remerciements vont ensuite à l'ensemble du personnel de l'ELIT, pour l'accueil chaleureux qui nous nous ont réservé pour la réalisation de ce mémoire

Nous tenons ensuite à remercier les personnes que nous avons eu la chance de rencontrer au cours de ces années de master, qui n'ont pas hésité à me faire bénéficier de leurs compétences et de leurs encouragements. Je pense en particulier à l'ensemble du corps professoral du département d'informatique de Blida.

Nos remerciements ne pourraient être complets sans témoigner notre reconnaissance à nos proches qui nous ont supporté et apporté soutien moral et physique tout au long de cette aventure. Merci en particulier à notre famille, pour leur motivation et leur fierté, et qui ont su nous

encourager à leur façon tout au long de ce mémoire, mais aussi pour nous avoir laissé suivre notre voie.

Enfin, Nous tenons à remercier tout ceux et celles qui ont participé à la concrétisation de ce projet.

Que ceux que nous avons omis de nommer nous pardonnent...

Affaf et Zohra



Dédicace

Je dédie ce modeste travail à :

Ma vie et ma cœur ' Ma mère'

Mon père,

Mes tantes : Djamila, Bakhta.

Mes sœurs : ritaj, thoraya, malika

Mes frères : abderrahman, mohamed

Et Rahma

Et tous mes cousins et cousines et surtout bochra

Et merci beaucoup bochra, mon amie, ma sœur,

Donya et amina et nadia et hadjar

, imane, salomi, malika

Zohra

Dédicace

Ma réalisation à ce projet c'est fait grâce à dieu qui m'a
donné la force, l'espoir, la volonté et le courage de finir
mon travail

Je voudrais tout d'abord adresser mes plus
sincères remerciements à mes chers parents qui ont
toujours été là pour moi par leur soutiens et leur
encouragements et à mes frères Salah eddine et Imad
eddine ainsi qu'à mes sœurs Kawthar et Aya ,

À mon mari NAHNAH Yacine

A ma grand-mère et grand père, à toute ma famille

BENOUARED et BAKHOUCHE

A toutes mes amies que j'aime

Et à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin pour
que ce projet soit possible,

je vous dis merci

Affaf

Table de matières

Dédicaces.....	4
Dédicaces.....	5
Résumé.....	13
Abstract.....	14
ملخص	15
Introduction générale.....	16
Chapitre 1 Présentation de l'entreprise d'accueil	
1.1 Introduction.....	20
1.2 Historique du Groupe SONELGAZ.....	20
1.3 Organisation du Groupe SONELGAZ.....	21
1.4 L'informatique au sein du Groupe SONELGAZ.....	22
1.5 Présentation de « ELIT »	22
1.6 Les missions d'ELIT	23
1.6.1 Structures métier	24
1.6.2 Structures support.....	26
1.7 Conclusion.....	26
...	
Chapitre 2 Généralités sur les réseaux IP	
2.1 Introduction.....	28

Table de matières

2.2	Types de réseau informatique	28
2.3	Architecture en couches	28
2.3.1	le modèle OSI (Open System Interconnexion).....	29
2.3.2	Les couches du modèle	29
2.4	Le protocole TCP/IP	30
2.4.1	Le protocole TCP/IP	30
2.4.2	Le protocole IP	30
2.5	Le protocole UDP	31
2.5.1	Structure du datagramme UDP	31
2.6	Routage.....	32
2.6.1	Protocole vecteur de distance	32
2.6.2	Protocole état de lien	33
2.7	Les types de protocoles de routage dynamique	33
2.7.1	RIP.....	33
2.7.2	EIGRP.....	34
2.7.3	OSPF.....	34
2.7.3.1	Le concept de zone	34
2.7.3.2	Fonctionnement protocole OSPF	35
2.8	Technologie WAN.....	35
2.8.1	RNIS.....	35
2.8.2	ATM.....	36

Table de matières

2.8.3	Frame relay.....	36
2.9	Conclusion	36
Chapitre 3	La technologie MPLS et ses applications	
3.1	Introduction	38
3.2	Evolution d'IP vers MPLS	38
3.3	MPLS (Multi-Protocol Label Switching)	39
3.3.1	Label.....	40
3.4	Architecture du protocole MPLS	41
3.4.1	Fonctionnement MPLS	42
3.5	Tables MPLS	43
3.5.1	TIB.....	43
3.5.2	TFIB	43
3.6	Les applications de la technologie MPLS.....	43
3.6.1	MPLS VPN	44
3.6.2	MPLS Qualité de service	43
3.7	Mécanisme MPLS-TE	45
3.7.1	LSP TE.....	45
3.7.2	Le protocole RSVP-TE	47
3.8	Conclusion.....	48
Chapitre 4	Implémentation et réalisation de l'application	
4.1	Introduction.....	50

Table de matières

4.2	Présentation de l'architecture réseau du Groupe SONELGAZ...	50
4.2.1	La topologie réseau existante du Groupe SONELGAZ	50
4.2.2	La topologie réseau du site pilote du Groupe SONELGAZ	50
4.3	.Les outils d'étude.....	51
4.3.1	Le simulateur réseau GNS3	51
4.3.2	Logiciel de supervision PRTG (Paessler Routeur Traffic Grapher)	51
4.3.3	Logiciel Virtualisation VMware.....	52
4.4	Réalisation.....	52
4.4.1	Organigramme global de la solution	52
4.4.2	Présentation du plan d'adressage.....	54
4.4.3	Configuration.....	54
4.5	Conclusion.....	76
Chapitre 5	Conduite du projet MPLS	
5.1	Introduction.....	77
5.2	Implantation d'un nouveau réseau.....	77
5.2.1	Attentes de l'entreprise.....	77
5.2.2	Gestion des changements.....	78
5.2.2.1	Accompagnement du changement.....	79
5.2.2.2	Bilan du changement.....	79
5.3	Cycle d'implantation MPLS.....	80

Table de matières

5.4	Gestion des risques.....	83
5.5	Budget estimative.....	83
5.5.1	Matériel.....	84
5.5.2	Sécurité	84
5.5.3	Formation du personnel de projet.....	85
5.6	Comment justifier les investissements budgétaires.....	86
5.7	Comment convaincre l'entreprise pour la mise en place le réseau MPLS.....	86
5.8	Conclusion.....	88
	CONCLUSION GENERALE.....	91
	Bibliographie.....	93
	Annexes.....	94

Liste de figure

Figure 1.1 : Organisation de la filiale ELIT.

Figure 2.1 : schéma couches du modèle

Figure 2.2 : schéma couches TCP/IP

Figure 3.1 : schémas d'architecture du protocole MPLS

Figure 3.2: schémas de fonctionnement de MPLS

Figure 4.1 : Echantillon du réseau SONELGAZ

Figure 4.3 : configuration des interfaces

Figure 4.4 : affichage de la configuration des interfaces

Figure 4.5 : configuration OSPF

Figure 4.6 : affichage des voisin durouteur

Figure 4.7 :table de routage du routeur ZAHANA

Figure 4.8 : Graphe de trafic au niveau de serial 1/1 du routeur Marset

Figure 4.9 : Graphe de trafic au niveau de serial 1/2 du routeur Marset

Figure 4.10 : Graphe e trafic d'interface serial 1/0 du routeur OUARGLA

Figure 4.11 : Graphe e trafic du interface serial 1/1 du routeur OUARGLA

Figure 4.12 : configuration MPLS

Figure 4.13 : configuration OSPF –TE

Figure 4.14 : activation du MPLS –TE dans les interfaces

Figure 4.15 : configuration du chemin explicite t2

Figure 4.16 : configuration du tunnel 1

Figure 4.17 : configuration du chemin explicite t1

Figure 4.18 : configuration du tunnel 2

Figure 4.19: table de routage du routeur ZAHANA

Figure 4.20 : afficher les paramètre du tunnel 1

Liste de figure

- Figure 4.21 : afficher les paramètre du tunnel 2
- Figure 4.22 : Graphe de trafic au niveau de serial 1/1 du routeur Marset
- Figure 4.23 : Graphe de trafic au niveau de serial 1/2 du routeur Marset
- Figure 4.24 : Graphe de trafic au niveau de serial 1/0 du routeur OUARGLA
- Figure 4.25 : Graphe de trafic au niveau de serial 1/1 du routeur OUARGLA
- Figure 4.26: configuration du tunnel 1
- Figure 4.27: configuration du tunnel 2
- Figure 4.28: table de routage du routeur ZAHANA
- Figure 4.29: afficher les paramètre du tunnel 1
- Figure 4.30: afficher les paramètre du tunnel 2
- Figure 4.31 : Graphe de trafic au niveau de serial 1/0 du routeur Marset
- Figure 4.32 : Graphe de trafic au niveau de serial 1/1 du routeur Marset
- Figure 4.34 : Graphe de trafic au niveau de serial 1/2 du routeur Marset
- Figure 4. 34 Filtrage de flux
- Figure 4. 35 : Classification
- Figure 4. 36 : Création de politique
- Figure 4. 37 Attachement de politique aux interfaces
- Figure 4. 38 : sh policy-map interface f0/0
- Figure 4. 39 : ping avec qualité de service
- Figure 4. 40: Observation des interfaces avec qualité de service
- Figure 4. 41 : ping sans qualité de service
- Figure 4. 42: Observation des interfaces sans qualité de service
- Figure 5.1 : Cycle de planification de l'implantation de MPLS

Résumé

La technologie MPLS combine la flexibilité du routage et la puissance de commutation, ce qui constitue le secret d'un traitement rapide des paquets IP et cela tout en assurant une qualité de service dans les réseaux IP.

En la combinant avec le traffic engennering, MPLS-TE s'accroît en termes de rapidité, de routage, et procure une meilleure exploitation des ressources avec le partage de charge tout en conservant l'infrastructure de base du réseau.

Dans le but de faire une étude sur les améliorations que peut apporter la technologie MPLS-TE dans le réseau du groupe SONELGAZ, une simulation via le logiciel GNS3 sur un échantillon du réseau a été faite avec la visualisation via le logiciel PRTG du trafic circulant entre les différents nœuds.

Abstract

MPLS technology combines routing flexibility and switching power, which is the secret of fast IP packet processing while ensuring quality of service in IP networks.

By combining it with traffic engineering, MPLS-TE increases in rapidity, routing, and provides better resource utilization with burden sharing while maintaining the core infrastructure of the network.

In order to make a study on the improvements that MPLS-TE can bring to the SONELGAZ network, a simulation via the GNS3 software on a sample of the network was made with the PRTG visualization of the traffic flowing between the different node

ملخص

جمعتقنية MPLS بين مرونة التوجيه و طاقة التبديل, ما يعد السر وراء المعالجة السريعة للحزم IP بالإضافة الى ضمان جودة الخدمة في شبكات IP.

بالجمع بينها و بين تطبيق traffic engennering , تتطور MPLS إلى MPLS-TE مشكلة قفزة نوعية فيما يخص سرعة التوجيه و استغلال الموارد و ذلك بالاعتماد على تقاسم الأعباء, و هذا مع المحافظة على البنية التحتية الأساسية للشبكة .

بهدف استخدام MPLS-TE لتحسين قدرات توجيه مجموعة سونلغاز, لشبكة MPLS-TE عن طريق GNS3 لجزء من شبكة المجموعة السابق ذكرها, أضيف إلى ذلك تتبع موارد البيانات عند مرورها عبر مختلف واجهات الشبكة عن طريق PRTG

INTRODUCTION
GENERALE

Introduction

Avec l'extension des tailles des entreprises, la croissance des systèmes d'information et la centralisation des données des entreprises dans les centres de données (cloud computing), le recours à l'architecture MPLS est devenu une nécessité incontournable pour répondre à la complexité croissante des réseaux informatiques.

Sa grande flexibilité pour le choix des routes et à sa capacité de réserver explicitement les ressources et à préconfigurer des chemins de secours locaux, le MPLS offre la possibilité de réduire sensiblement les délais de récupération (jusqu'à 50 millisecondes), d'assurer la disponibilité des ressources après une panne et d'optimiser l'utilisation des ressources.

De ce fait, l'architecture MPLS (Multi-Protocol Label Switching) semble être la technologie la plus appropriée qui permet de répondre à la complexité des réseaux compte tenu que son 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 afin de permettre une fluidité du trafic avec des temps de réponse plus appréciables sur les grands réseaux IP.

Les réseaux MPLS sont particulièrement bien adaptés à l'ingénierie de trafic (Traffic Engineering) car ils permettent de mieux répartir la charge dans le réseau et d'optimiser l'utilisation des ressources de manière plus efficace afin d'éviter les cas de congestion.

L'architecture réseau du groupe SONELGAZ a évolué vers une infrastructure globale fondée sur routage IP de bout en bout. Notre organisme d'accueil dispose de plus de 600 sites sur territoire national connectés en simultané aux services hébergés au niveau de plusieurs DATA Center. Pour assurer un bon niveau de gestion de disponibilité pour les services fournis, et garantir une gestion optimale et la continuité d'activité, il est impératif d'exploiter MPLS avec l'ingénierie de Trafic.

Notre objectif de thèse consiste à implémenter le MPLS Traffic Engineering pour l'amélioration des capacités des réseaux IP du groupe SONELGAZ et de montrer l'intérêt pour une grande entreprise tel que le groupe SONELGAZ d'investir dans un réseau MPLS et de démontrer la valeur ajoutée apportée par le MPLS-TE avec qualité de service dans un grand réseau d'entreprise.

Dans ce qui va suivre, nous allons commencer dans un premier chapitre par vous présenter l'organisme d'accueil en l'occurrence le groupe SONELGAZ, son organisation et ses différentes activités à l'échelle nationale. Dans un second chapitre, nous ferons un état de l'art complet sur les réseaux IP et les concepts de base des réseaux informatiques. Le troisième chapitre présentera en détail les concepts de base de la technologie MPLS et les mécanismes de l'ingénierie de trafic basé sur MPLS (MPLS-TE). Le quatrième chapitre s'attellera à présenter les infrastructures réseaux MPLS du groupe SONELGAZ ainsi que la réalisation de la solution que nous proposons. Le dernier chapitre sera consacré à présenter la démarche à entreprendre pour l'implémentation de MPLS dans un grand réseau tel que le réseau WAN du Groupe SONELGAZ

***Chapitre I : PRESENTATION DE
L'ORGANISME D'ACCUEIL***

1.1 Introduction

Ce chapitre fera l'objet d'une présentation de la structure de l'organisme d'accueil à savoir le Groupe SONELGAZ, ainsi que sa filiale IT « ELIT » pour laquelle ce travail est destiné au niveau du département "Réseau", les missions de l'entreprise, les services offerts aux différentes filiales du groupe.

A noter, que notre organisme d'accueil est considéré parmi les grandes entreprises publiques algériennes de par sa mission; ses effectifs, et sa présence à travers tout le territoire national.

1.2 Historique du Groupe SONELGAZ

SONELGAZ est l'opérateur historique dans le domaine de la fourniture des énergies électriques et gazière en Algérie. Depuis sa création, SONELGAZ est chargée d'assurer la production, le transport et la distribution de l'électricité ainsi que le transport et la distribution du gaz par canalisation

Grâce à ses qualifications humaines, technologiques et matérielles, le Groupe occupe une position privilégiée dans l'économie du pays, surtout avec son nouveau statut (loi N°01.02 du 05 février 2002) qui lui a élargi son champ d'action en lui offrant la possibilité d'intervenir dans d'autres segments d'activités présentant un intérêt pour l'entreprise et notamment dans le domaine de la commercialisation de l'électricité et du gaz à l'étranger.

De nos jours, le groupe SONELGAZ approvisionne de plus de six millions de ménages en électricité et de trois millions en gaz naturel, soit une couverture géographique de plus de **99%** en taux d'électrification et **59%** pour la pénétration gaz.

Durant son existence le groupe a connu des évolutions majeures qui peuvent être résumées comme suit :

- ✓ **1947, Création d'EGA** : C'est le décret du 5 juin 1947 qui porte création de l'Etablissement Public National « Electricité et Gaz d'Algérie »
- ✓ **1969, création de SONELGAZ** : La création de la nouvelle Société Nationale de l'Electricité et du GAZ - SONELGAZ-, L'ordonnance précitée a attribué à l'entreprise le monopole de la production, du transport, de la distribution, de l'importation et de l'exportation de l'électricité et du gaz manufacturé.
- ✓ **1983, naissance des entreprises travaux** : six entreprises autonomes voient le jour.

- ✓ **1991, SONELGAZ EPIC** : SONELGAZ change de nature juridique et devient Etablissement Public à caractère Industriel et Commercial (EPIC)
- ✓ **1998, création de filiales périphériques** : Le 1er janvier 1998, neuf filiales périphériques ont vu le jour.
- ✓ **Juin 2002, SONELGAZ SPA** : SONELGAZ est passé d'Etablissement Public à caractère Industriel et Commercial à une Société Par Actions (SPA) dont le capital est détenu par l'Etat.

1.3 Organisation du Groupe SONELGAZ

La nouvelle organisation validée en février 2017, a érigé SONELGAZ en Groupe industriel composé de 16 filiales. On compte parmi eux les sociétés suivantes:

1. La Société de Production de l'Electricité (SPE),
2. Sharikat Kahraba wa takat moutadjadida (SKTM)
3. La Société de l'Engineering de l'électricité et du Gaz (CEEG)
4. La Société de Gestion du Réseau de Transport de l'Electricité (GRTE),
5. La Société de Gestion du Réseau de Transport Gaz (GRTG),
6. L'Opérateur Système électrique (OS), chargée de la conduite du système Production / Transport de l'électricité,
7. La Société de Distribution de l'électricité et du gaz (SDC)

Les sociétés travaux du Groupe SONELGAZ, Kahrif, Kahrakib, Etterkib, Inerga et Kanaghaz, sont spécialisées dans le domaine de la réalisation des infrastructures énergétiques (engineering, montage industriel, réalisation de réseaux...) Si de nos jours l'Algérie dispose d'une couverture électrique très appréciables, c'est bien grâce à ces sociétés.

Par ailleurs, **les filiales métiers périphériques** sont en charge d'activités annexes, telles que la maintenance d'équipements énergétiques, la distribution de matériel électrique et gazier, le transport et la manutention exceptionnels, ... etc.

Sans oublier que le groupe SONELGAZ détient également des participations dans des sociétés, dont le métier est en rapport avec le domaine de l'électricité et du gaz.

1.4 L'informatique au sein du Groupe SONELGAZ

Devant l'ampleur des missions du groupe, l'informatique occupe une place très importante au sein du Groupe SONELGAZ et ce depuis le début des années quatre-vingt. En effet, durant cette période, l'informatique était essentiellement présente au niveau central sur gros systèmes. Cette période a vu le développement de systèmes de gestion de l'entreprise et l'acquisition de modèles scientifiques de calcul pour la planification des réseaux Electricité et Gaz (CARAT et APHYRE).

L'avènement des minis et micro-ordinateurs durant le début des années quatre-vingt-dix et la politique de réorganisation du groupe durant cette période ont précipité la décentralisation de l'informatique.

En 1996, le schéma directeur informatique de l'entreprise a défini la stratégie de décentralisation de l'informatique vers une informatique distribuée, se basant sur l'interconnexion des réseaux locaux à travers un réseau de télécommunication propre.

En 2006, le Groupe centralise l'activité informatique par la création de la Direction Générale des Systèmes d'Information (DGSI), chargée de la maîtrise d'œuvre dans le domaine de l'informatique.

En 2009, la DGSI s'est érigée au rang de filiale spécialisée dans le domaine des systèmes d'information et technologies nouvelles sous le nom de "EL Djazair Information Technology", par abréviation "ELIT Spa".

1.5 Présentation de « ELIT »

Elit « **EL-Djazair Information Technology** » a pour mission principale de répondre aux besoins et problèmes des filiales du groupe en matière de développement et de promotion d'une culture de gouvernance informatiques. En d'autres termes, ELIT élabore et met en œuvre les systèmes d'information destinés au pilotage et à la gestion des différentes activités du Groupe SONELGAZ, assure l'accès à l'information et aux applications, en garantit la sécurité, l'intégrité et la fiabilité et met à la disposition de ses clients l'expertise technique indispensable à la satisfaction de leurs besoins.

1.6 Les missions d'ELIT :

Comme nous l'avons déjà suscité, les missions d'ELIT s'inscrivent dans la stratégie globale du groupe SONELGAZ qui est de confier la propriété des Systèmes d'Information à une entité spécialisée et de focaliser les capacités de ses sociétés sur leurs métiers de base respectifs.

Son objectif est de développer des moyens propres de maîtrise dans le domaine des Systèmes d'Information, tout en disposant d'un pôle de compétences technologiques au bénéfice de ses sociétés.

Les missions assignées à ELIT se déclinent à deux niveaux, stratégique et opérationnel. Pour le premier : ELIT contribue à la stratégie du Groupe SONELGAZ par :

- L'élaboration des politiques et stratégies en matière des Systèmes d'Information et des technologies de l'information et de la communication du Groupe SONELGAZ ;
- L'étude et la prise en charge des besoins des sociétés du Groupe SONELGAZ en matière d'informatique et de télécommunications et la mise en œuvre des solutions ;
- la mise à disposition des moyens informatiques et de télécommunications pour assurer le bon déroulement du groupe.

Quant au niveau opérationnel, ELIT s'emploie à :

- Elaborer et mettre en œuvre les Systèmes d'Information destinés au pilotage et à la gestion des différentes activités des sociétés du Groupe SONELGAZ ;
- Mettre à la disposition des sociétés du Groupe SONELGAZ les moyens informatiques et de télécommunications (logiciels, matériels, infrastructures, etc.) nécessaires pour assurer le niveau de service attendu ;
- Assurer la maintenance et l'administration des Systèmes d'Information, des plateformes et des équipements mis à la disposition des utilisateurs ;
- Assurer l'accès à l'information et aux applications et en garantir la sécurité, l'intégrité et la fiabilité ;
- Mettre à la disposition des utilisateurs l'expertise technique indispensable à la satisfaction de leurs besoins ;
- Proposer à terme tous les services IT construits pour les sociétés du Groupe aux clients externes ;
- L'amélioration du système de gestion de la clientèle ainsi que ceux des réseaux électriques et gaziers ;

- La mise en place d'un système intégré (ERP ;)
- La réalisation de Data-centers modernes pour l'hébergement et la sécurisation des systèmes d'information du Groupe ;
- La mise à niveau, la modernisation et l'extension des réseaux informatiques basés sur les différents technologies.

Les services fournis par ELIT portent sur :

- Le développement d'applicatifs métiers ;
- Les outils de travail collaboratif ;
- L'infogérance ;
- Les réseaux et télécoms ;
- La formation ;
- L'assistance et le conseil.

Organisation de la filiale ELIT

L'organigramme suivant illustre la manière dont est organisée la filiale « ELIT » et la distribution

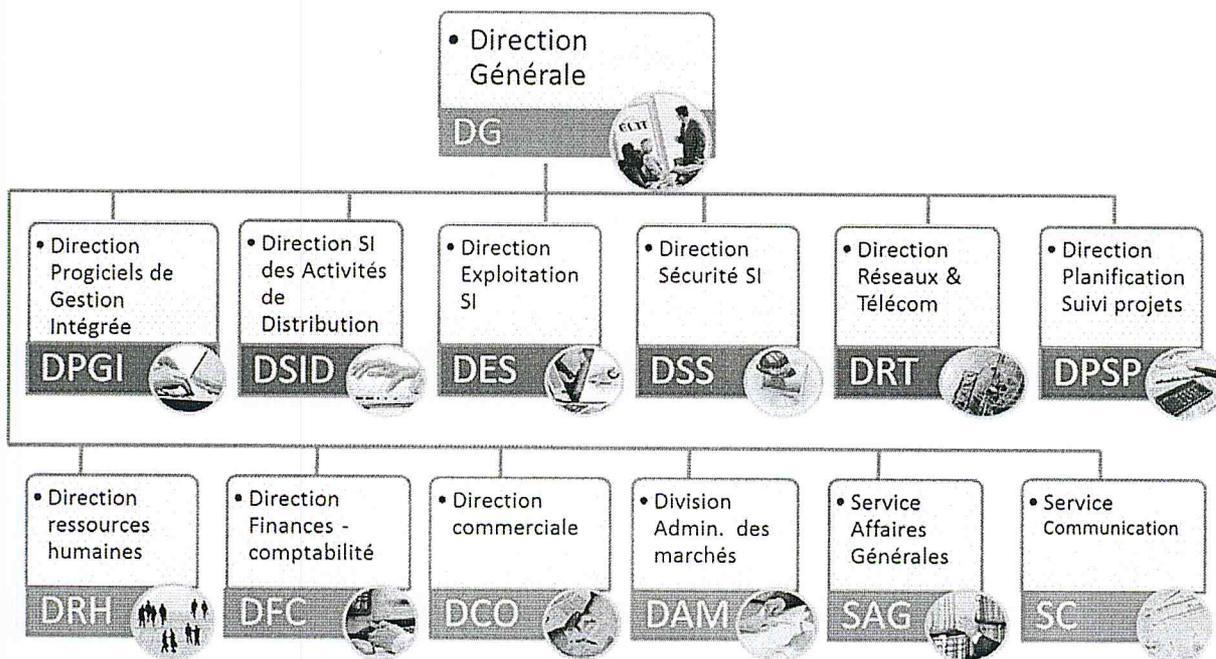


Figure 1.1 : Organisation de la filiale ELIT.

1.6.1 Structures métier : on retrouve

- Direction Progiciels de Gestion Intégrée
- Direction SI Activités Distribution / Gestion de Réseaux
- Direction Exploitation SI

- Direction Sécurité Systèmes d'information
- Direction Planification et Suivi des Projets
- Direction Réseaux et Télécoms : direction qui nous accueille et encadré

a. Mission de la Direction Réseaux et Télécoms (DRT)

La Direction Réseaux et Télécoms est chargée de développer, de mettre en œuvre et de maintenir, dans les limites de son champ d'intervention, les moyens de communication nécessaires au déploiement des systèmes d'information, ainsi que la fourniture des services requis pour l'amélioration des échanges d'informations du Groupe SONELGAZ et ses filiales.

b. Missions

- Étudier le choix des normes et standards nécessaires à l'évolution cohérente et durable des systèmes de communication ;
- Développer les réseaux, voix et données dans le cadre du schéma directeur, et superviser leur fonctionnement ;
- Valider et respecter les standards techniques ou l'introduction de nouvelles technologies lors de la mise en œuvre de nouveaux projets ou l'acquisition de nouveaux produits, en relation avec la maîtrise d'ouvrage ;
- Suivre et optimiser les coûts télécoms (redevances d'exploitation) ;
- Assurer le choix et la validation des solutions technologiques (validation de concepts) ;
- Assurer le choix de partenaires (opérateurs, fournisseurs, équipements, etc.) ;
- Optimiser les moyens télécom (voix, données, images) ;
- Intégrer les nouvelles technologies (Internet, VOIP, multimédia, solutions mobiles, etc.)
- Assurer la continuité et l'amélioration de la qualité de service des réseaux informatiques ;
- Étudier les besoins d'interconnexion et développement des réseaux informatiques ;
- Planifier et optimiser la capacité du réseau ;
- Définir les principes et les modèles de solutions de réseaux sans fils et de technologies mobiles répondants aux besoins nomades et aux standards d'accès et de sécurité ;
- Définir, déployer et maintenir les services de téléphonie, de voix et de données via réseaux informatique (IP) ;
- Coordonner l'administration des réseaux locaux administratifs ;

- Fournir les services d'assistance et d'administration des réseaux du Groupe SONELGAZ ;
- Assurer le bon fonctionnement (exploitation et administration) des plates-formes réseaux et accès distants des serveurs centralisés ;
- Mise à niveau des matériels et logiciels d'administration réseau ;
- Développer les prestations relatives au conseil, à l'assistance, au déploiement et à la formation des compétences dans le domaine ;
- Assurer la veille technologique dans le domaine des réseaux et télécoms.

1.6.2 Structures support

- Direction Ressources Humaines
- Direction Finances /Comptabilité
- Direction Commerciale
- Division Administration Marchés
- Service Communication
- Service Affaires Générales

Conclusion

Le Groupe SONELGAZ et sa société informatique représente un acteur majeur et incontournable de l'économie nationale.

L'étude de l'organisme d'accueil, nous a permis de mieux comprendre l'organisation, le fonctionnement et l'intérêt de la mission de l'entreprise.

Chapitre II :GENERALITES
SUR LES RESEAUX
IP

2.1 Introduction

Le réseau informatique est composé d'un ensemble d'ordinateurs ou périphériques autonomes connectés entre eux [1] Il permet d'échanger des informations électroniques ou de partager des ressources entre les objets de réseaux en utilisant des signaux, selon des règles bien définies.

Dans ce chapitre, on présentera dans une première section les différents types de réseau informatique, suivi d'une deuxième section relative au modèle de réseau .Quant à la troisième section, elle représentera le protocole TCP/IP ainsi que le protocole UDP .La cinquième section sera consacrée au routage. Et nous finirons ce chapitre par les technologies WAN

2.2 Types de réseau informatique :

La classification des réseaux informatiques se fait selon la distance entre les nœuds [2]. Nous y trouvons :

- ✓ **LAN (Local Area Network)** : est un réseau local qui permet la transmission de données avec une vitesse de 100 Mb /s couvrant un rayon de 10 km. Ce type de réseau est utilisé largement au niveau des entreprises.
- ✓ **MAN (Metropolitan Area Network)** : est un réseau qui relie plusieurs réseaux LAN et couvre un rayon de 25 km. Il est présent au niveau d'une ville ou à l'échelle des grandes entreprises. il assure la communication à travers des switches
- ✓ **WAN (Wide Area Network)** : il permet l'interconnexion des différents réseaux LAN se trouvant dans des périphéries très éloignées. Ce type de réseau est présent pour couvrir cette couverture des routeurs ou des switches.

2.3 Architecture en couches :

L'architecture en couches dans le réseau informatique est constituée d'un ensemble de tâches bien définies et ordonnées qui accomplissent dans un ordre chronologique avant que les données seront envoyées. Ces tâches ordonnées sont différentes d'un protocole à un autre

L'architecture en couches est basée sur certains principes qui sont comme suit :

- ✓ Une couche n d'une machine communique avec la couche n de l'autre ;
- ✓ Chaque couche ajoute seulement ses informations ;
- ✓ Une couche reconnaît que les informations de son niveau ;
- ✓ Les deux machines doivent utiliser le même protocole.

2.3.1 Le modèle OSI (Open System Interconnexion) :

En 1984, l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO) a proposé le modèle OSI après avoir constaté d'une part que le nombre de réseaux et leur taille sont en pleine croissance et d'autre part la présence de beaucoup de problèmes au niveau des compatibilités entre les réseaux et les capacités à communiquer.

Le modèle OSI offre certaines normes qui permettent de résoudre les problèmes de compatibilité et de communication entre les réseaux. Il se base sur le principe de l'architecture en couche. Ce dernier est composé de sept couches isolées les unes des autres et disposant chacune d'une interface bien définie.

Par ailleurs, ce modèle ne précise pas les services et les protocoles qu'ils utilisent pour chaque couche. Il décrit seulement ce que doivent faire les couches.

2.3.2 Les couches du modèle :

Les sept couches du modèle sont regroupées dans deux groupes : le premier regroupe les couches basses (1,2,3,4) qui sont nécessaires à l'acheminement des informations entre les deux extrémités en fonction du support physique. Quant au second, il regroupe les couches hautes (5, 6 et 7) qui sont responsables du traitement de l'information.

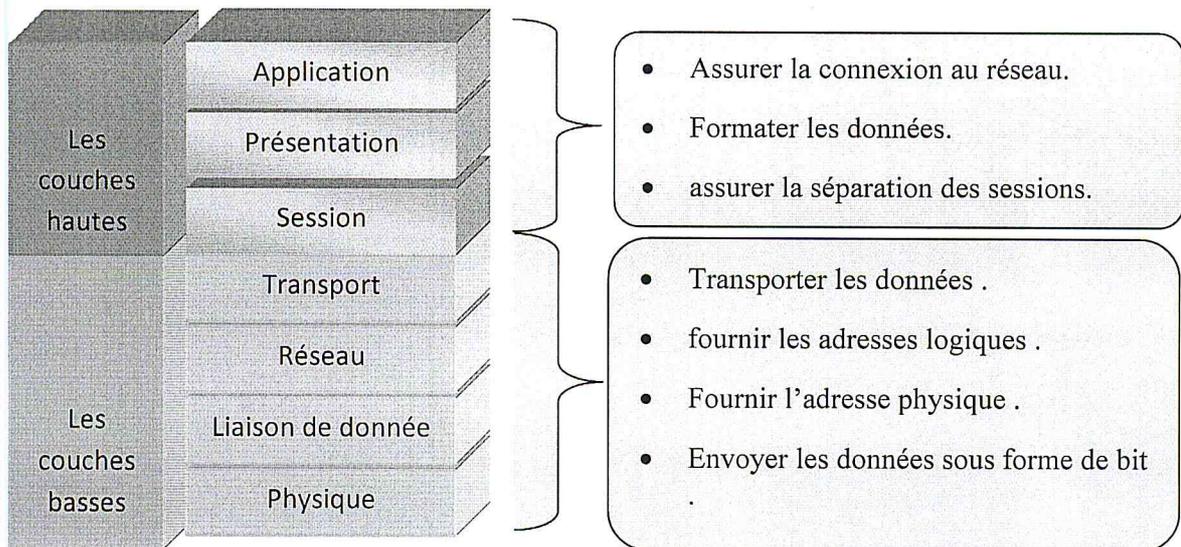


Figure 2.1 : schéma couches du modèle

2.4 Le protocole TCP/IP :

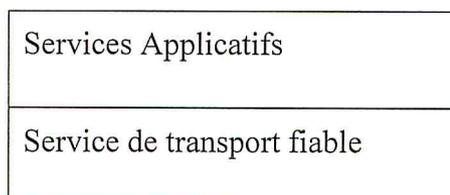
Le protocole est l'ensemble des règles qu'elles déterminent la façon d'échanger les données entre les appareils [3].

2.4.1 Le protocole TCP/IP :

Le TCP est l'acronyme de « Transmission Control Protocol TCP » tandis que l'IP est l'acronyme de « Internet Protocol ». Le protocole TCP/IP est l'ensemble des protocoles utilisés pour le transfert des données sur Internet.

2.4.2 Le protocole IP :

il a pour mission de réaliser les fonctionnalités de la couche réseau selon le modèle OSI. Ce protocole se situe au cœur de l'architecture TCP/IP qui met en œuvre un mode de transport fiable (TCP) sur un service réseau en mode non connecté :



Service réseau en mode
connecté

Le protocole TCP/IP est caractérisé par 4 couches :

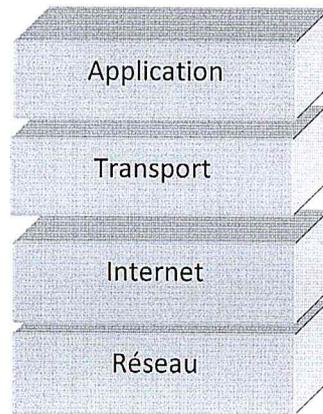


Figure 2.1 : schéma couches TCP/IP

2.5 Le protocole UDP :

Le rôle de ce protocole est de permettre la transmission de données de manière très simple entre deux entités, chacune étant définie par une adresse IP et un numéro de port, il n'existe pas de procédure de connexion préalable à l'envoi des données, et il n'y a pas de garantie de bonne livraison d'un datagramme à sa destination, l'ordre d'arrivée des datagrammes peut différer selon l'ordre d'envoi, il est basé en couche 4 (Transport).

2.5.1 Structure du datagramme UDP :

Le paquet UDP est encapsulé dans un paquet IP , il comporte un en-tête suivi des données proprement dites à transporter.

En -tête IP	E En -tête UDP	D Données
-------------	----------------	-----------

2.6 Routage

L'adressage IP nous donne la possibilité d'acheminer les paquets et le protocole de routage nous permet de faire le choix du meilleur chemin pour arriver à l'hôte destinataire.

On distingue deux types de routage :

✓ **Routage statique** : L'administrateur réseau spécifie manuellement la table de routage et effectue les mises à jour de topologie du réseau. Seulement ce type de routage a plusieurs inconvénients dont :

- Son utilisation sur les petits réseaux ou sur les réseaux d'extrémité ;
- Sa topologie de réseau change ;
- Et sa reconfiguration, en cas de panne, se fait de manière manuelle .

Par ailleurs, son avantage réside dans la réduction de la charge du système, car aucune mise à jour de routage n'est envoyée.

✓ **Routage dynamique** : L'administrateur réseau met en place un protocole de routage établissant automatiquement les chemins entre deux routeurs. Son inconvénient réside dans l'augmentation de la charge du système, car des mises à jour de routage doivent être envoyées. Par contre son avantage est la prise en compte automatique d'un changement de la topologie du réseau.

2.6.1 Protocole vecteur de distance :

C'est un protocole qui est basé sur l'échange d'informations entre routeurs adjacents (connectés directement). Au départ chaque routeur connaît uniquement le

coût de ses propres liaisons. Quand un routeur reçoit une nouvelle table, au niveau de chaque entrée (réseau destination), il la rajoute, si elle offre une meilleure alternative qu'une entrée déjà existante dans sa table, il modifie cette dernière entrée sinon, il n'y a pas de changement .

2.6.2 Protocole état de lien :

C'est un protocole qui est basé sur la découverte par chaque routeur de la topologie complète du réseau .Chaque routeur commence par identifier ses voisins, il transmet ensuite régulièrement à ses voisins des paquets de mise à jour d'état de lien

La différence entre protocole à vecteur de distance et protocole état de lien :

Algorithme vecteur de distance	Algorithme état de lien
Petit réseaux	Grand réseaux
Convergence lente	Convergence rapide
Simple à utiliser	Beaucoup de calcul local
	Métriques précises

2.7 Les types de protocoles de routage dynamique :

Dans un réseau informatique, l'affectation des chemins de paquet se fait de manière statique ou dynamique. Le routage dynamique découvre automatiquement le meilleur chemin pour l'envoi des données. Cette détection se fait selon la table de routage et le protocole de routage lequel est un ensemble de processus, d'algorithmes et de messages standardisés qu'on utilise pour échanger,

Les protocoles du routage dynamique sont classifiés en deux catégories : les protocoles internes (OSPF, RIP, IS-IS et EGRP) et les protocoles externes (BGP).

2.7.1 RIP :

Le RIP est un protocole de routage qui est classé dans les protocoles IGP. Le but de ce protocole est de trouver le meilleur chemin en utilisant l'algorithme de Bellman-Ford qui calcule les plus courts chemins. Ce protocole se base sur le nombre de saut pour déterminer le bon chemin. Il est défini dans la RFC 1058(V1) et RFC 1723(V2) [4]. A titre indicatif, la seconde version n'est que la version améliorée de la première. Cette nouvelle version supporte le routage classless ou le V.L.S.M, (Variable Length Subnet Mask). Elle permet aussi la mise à jour des tables de routage toutes les 30 secondes, comme elle permet l'élimination du paquet si le nombre de saut dépasse le 15.

2.7.2 EIGRP :

Le protocole EIGRP se base sur l'algorithme DUAL pour trouver le meilleur chemin en calculant la métrique tout en tenant compte de la bande passante et du délai des interfaces. Ce protocole a la capacité de supporter le VLSM et d'assurer l'échange des messages par RTP (Reliable Transfer Protocol).

2.7.3 OSPF

Le protocole de routage dynamique OSPF (Open Shortest Path First) est parmi les protocoles les plus utilisés, aujourd'hui. C'est un protocole interne comme le RIP et l'EIGRP.

Ce protocole a été développé par l'EITF vers la fin des années 80. Il a permis une convergence rapide vers le plus court chemin, comme il peut s'adapter au grand réseau à cause de sa possibilité de faire le partage en zone. Ce protocole peut aussi supporter le VLSM ce qui signifie que c'est un protocole de classless

Le protocole OSPF est un protocole à état de lien c'est à dire il donne la possibilité à tous les routeurs du réseau d'avoir une vue globale de la topologie du zone

2.7.3.1 Le concept de zone :

Le OSPF a été conçu pour les grands réseaux, comme on l'a déjà précisé qui sous entend l'existence d'un nombre énorme des routes. Son schéma de travail repose sur le principe de répartition en zone afin d'éviter que la bande passante ne soit engloutie dans la diffusion des routes. Il divise le réseau en plusieurs zones de routage qui contiennent des routeurs et des hôtes.

Chaque zone est identifiée par un numéro avec une topologie différente des autres zones. Chaque zone ne peut connaître la topologie des autres. Toutes les zones doivent être connectées physiquement à la zone 0 (appelée backbone ou réseau fédérateur). Elle est constituée de plusieurs routeurs interconnectés. Le backbone est chargé de diffuser les informations de routage qu'il reçoit d'une zone aux autres zones. Tout routage basé sur OSPF doit posséder une zone 0.

2.7.3.2 Fonctionnement protocole OSPF :

Avant que le travail de routage soit effectué, l'OSPF passe par un ensemble de tâches à l'intérieur d'une même zone :

1. Établir la liste des routeurs voisins :

Dès son activation le routeur OSPF envoie un paquet hello aux voisins afin de se présenter et faire leur connaissance. Ce paquet est envoyé sur une adresse multicast 224.0.0.5.

2. Élire le routeur désigné et le routeur désigné de secours. Dans une zone OSPF composée de réseau de diffusion ou de réseau à accès multiples sans diffusion, l'OSPF fera le choix d'un DR qui sert de référent et d'un BDR qui aura de mission de secours. Le DR de référence est choisi parmi ceux qui a la plus grande propriété.

3. Découvrir les routes ;
4. Élire les routes à utiliser ;
5. Maintenir la base topologique

2.8 Technologie WAN :

Les réseaux WAN sont utilisés pour relier les différents LAN distants. Nous y trouvons plusieurs technologies dont [5] :

2.8.1 RNIS :

RNIS est une évaluation d'un réseau téléphonique analogique. Elle est conçue pour transporter les données les voix et les vidéos sous forme de signaux numériques. Le transport s'effectue à travers des canaux logiques qui sont : les canaux B et les canaux D. Les canaux B permettent de transmettre les informations (voix, données, fax....) avec un débit 64 kbit/s.

Alors que les canaux D supportent les informations sur des signalisations avec un débit qui diffère d'une interface à une autre. Cette technologie a deux interfaces qui sont BRI et PRI.

2.8.2 ATM :

La technologie ATM a été développée par le centre d'étude France Telecom. Elle s'applique les LAN et WAN. L'ATM est conçu pour le transport des voix, des données et des vidéos. Cette technologie est basée sur les cellules ATM ayant une longueur fixe de 53 octets. Les cinq premiers octets présentent l'entête des cellules et les 48 restants présentent les données à envoyer. De plus, Ces cellules fixes offrent une vitesse de communication dans les délais de transport.

2.8.3 Frame relay

Cette technologie est une simple technologie de couche 2. Elle remplace le protocole X.25. Le but de cette technologie est de lier le réseau LAN d'une entreprise en utilisant les circuits virtuels. Cette technique permet d'utiliser une seule interface de route pour se connecter à plusieurs sites.

La frame relay permet d'avoir un débit jusqu'à 4Mbit/s, comme elle peut être utilisée dans les réseaux privés et publics.

2.9 Conclusion :

Dans ce chapitre nous avons décrit de manière succincte les types de réseaux, le routage et les différents protocoles de routage dynamiques existants, comme l'OSPF. Ce chapitre était nécessaire pour appréhender les technologies WAN telles que les ATM et Frame relay lesquelles ont été développées avant l'apparition du MPLS-TE que nous allons le détaillé au cours du chapitre trois.

***Chapitre III : LA TECHNOLOGIE
MPLS
ET SES APPLICATIONS***

3.1 Introduction

Les réseaux informatiques ont connu une très grande évolution au niveau des techniques employés. Cette évolution a été boostée par les nouveaux enjeux en termes de croissance des débits d'accès, de l'augmentation du volume de trafic, de convergence des services internet, sans oublier l'intérêt de la qualité de service qui est devenue avec le temps une nécessité incontournable dans la gestion de l'information. Le mécanisme MPLS a eu le privilège d'apporter une solution efficace aux exigences croissantes du trafic professionnel.

Dans cette partie, nous allons présenter de manière succincte la technologie MPLS et ses différentes composantes. La première section portera sur l'évolution des IP vers le mécanisme MPLS. La seconde mettra en valeur les mécanismes MPLS. La troisième fera l'objet d'un état des tables MPLS. La quatrième formulera les applications MPLS. Quant à la cinquième et sixième section, ils présenteront successivement les mécanismes MPLS TE et RSVP TE.

3.2 Evolution d'IP vers MPLS :

Un réseau IP est basé sur le routage IP qui vérifie l'adresse IP destinataire dans l'entête des paquets avant de les envoyer. Le réseau IP est un réseau de niveau 3 en mode non connecté. Cela signifie que les paquets prennent des chemins différents provoquant ainsi une lenteur dans le temps de transmission et consomme des ressources au niveau du routeur. Ce mécanisme est de type « hop by hop » qui respecte deux principes qui sont le vecteur de distance et l'état de lien.

De ce fait, le réseau IP présente deux inconvénients majeurs qui sont : l'absence de garantie relative à l'arrivée des paquets à destination et ce à cause de son

mode non connecté et le manque de rapidité dans la transmission de ces derniers qui est due également au choix du chemin au niveau de chaque routeur.

Cet état de fait des réseaux IP a poussé à la recherche d'une méthode plus efficace qui permet de changer le réseau d'un mode non connecté à un réseau connecté. Cette nouvelle technologie se nomme le MPLS qui a été développé par l'organisme IETF qui est spécialisé dans la normalisation d'Internet pour l'ensemble des architectures et des protocoles de haut niveau.

L'idée de base a été de proposer une norme commune pour transporter des paquets IP sur plusieurs types de réseaux de trame de niveau 2.5. Cette norme commune est d'introduire une nouvelle référence, appelée label, qui sera prise en compte par le protocole MPLS.

3.3 MPLS (Multi-Protocol Label Switching) :

Le protocole MPLS est un protocole qui se situe entre les couches 3 et 2 du modèle OSI. C'est un protocole qui prend en charge tous les protocoles de couche 2. Sa qualité est de permettre d'acheminer un paquet en permutant le label sans consulter l'entête IP.

Leur principe de fonctionnement est comme suit : Le Ingress LSR (E-LSR) reçoit les paquets IP, réalise une classification des paquets, y assigne un label et transmet les paquets labellisés au nuage MPLS. En se basant uniquement sur les labels, les LSR du nuage MPLS commutent les paquets labellisés jusqu'à l'Egress LSR qui supprime les labels et remet les paquets à leur destination finale [6].

3.3.1. label :

Un label est une entête MPLS de 4 octets (32 bits) qui se situe entre l'entête de la couche 2 du protocole de liaison et celle de la couche 3 qui représente l'entête IP. Un label a une signification locale entre deux routeurs LSR adjacents et mappe le flux de trafic.

L'entête MPLS contient 4 champs à savoir :

- Le numéro de label
- CoS : Class du service qui sert actuellement pour la QoS
- S : bottom of stack. Le bit "S" est à 1 quand le dernier label de la pile est atteint.
- TTL : Ce champ a le même rôle que le TTL de l'entête IP. Sont rôle est de limiter la durée de vie du paquet (8 bits)

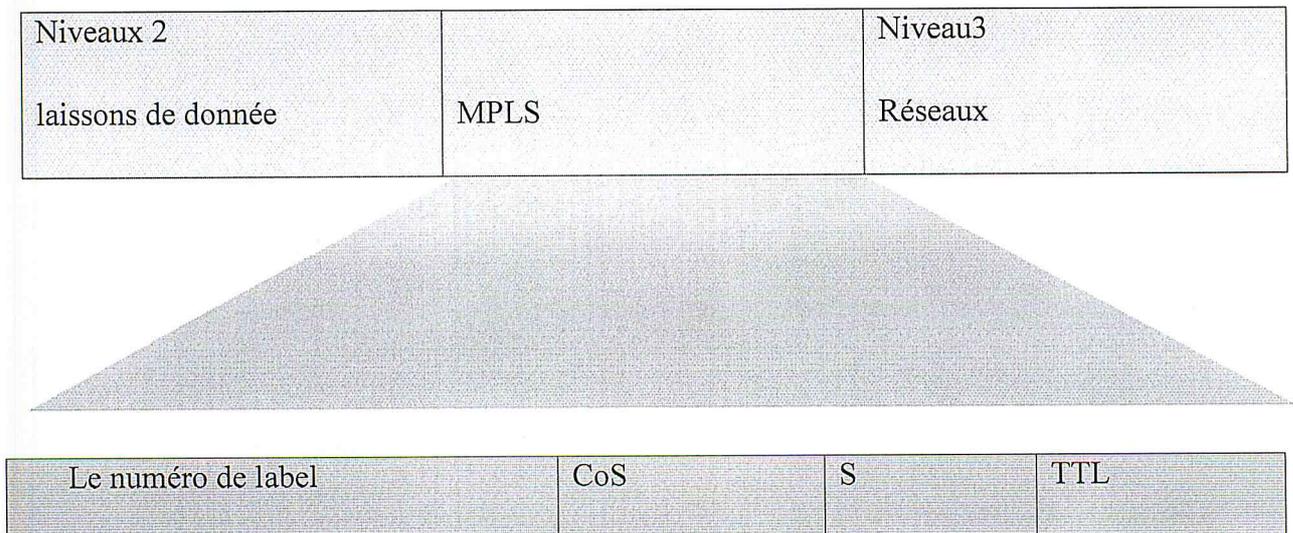


Figure 3.1 : schémas d'un label

Un label est utilisé dans le but de chercher les informations de routage (Next Hop, interface de sortie). Par ailleurs, la distribution et la création de ces labels se font selon deux méthodes qui sont « Implicit routing » et « Explicit routing ».

Le principe de la première méthode est le routage implicite qui se base sur la technique du saut par saut. Quant à la seconde méthode, elle se base sur un autre principe qui donne la possibilité au premier routeur de tracer un chemin pour le FEC

3.4. Architecture du protocole MPLS :

Par ailleurs, la technologie MPLS est basée sur deux plans principaux : le plan de control et le plan de données

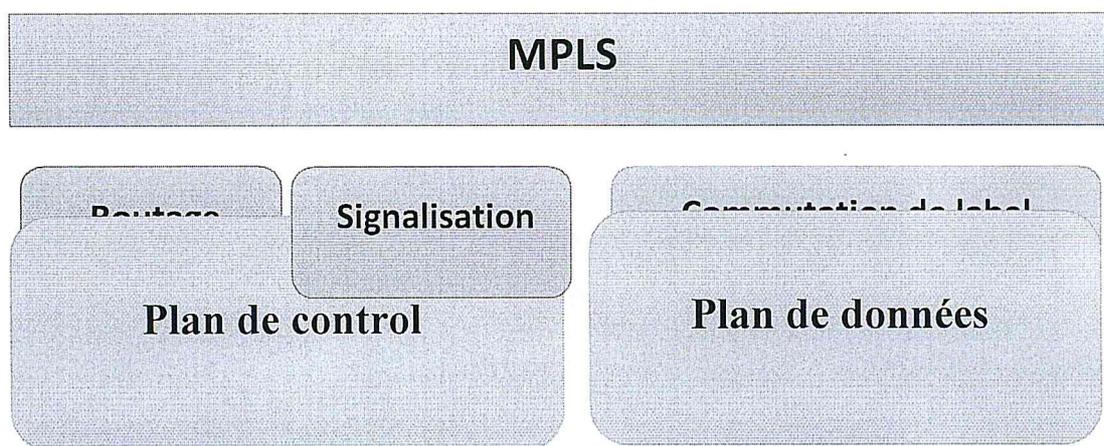


Figure 3.2: schémas d'architecture du protocole MPLS

1. **Plan de control** : Ce plan s'occupe de la maintenance et de la gestion des tables de routage et des tables de commutation. Il utilise, pour les réaliser, différents protocoles de routage tels que les protocoles IS-IS, OSPF et les protocoles de signalisation lesquels sont spécialisés pour le MPLS. Nous citons le cas des protocoles LDP (Label Distribution Protocol), BGP (utilisé par MPLS VPN) ou RSVP (utilisé par MPLS TE).
2. **Plan de données** : Ce plan s'intéresse au mécanisme de transmission des données en utilisant la table LIFB. Cette dernière va être remplie par les protocoles d'échange de label, comme le protocole LDP, pour effectuer le choix des labels. Elle est indépendante des algorithmes de routages.

3.4.1. Fonctionnement MPLS :

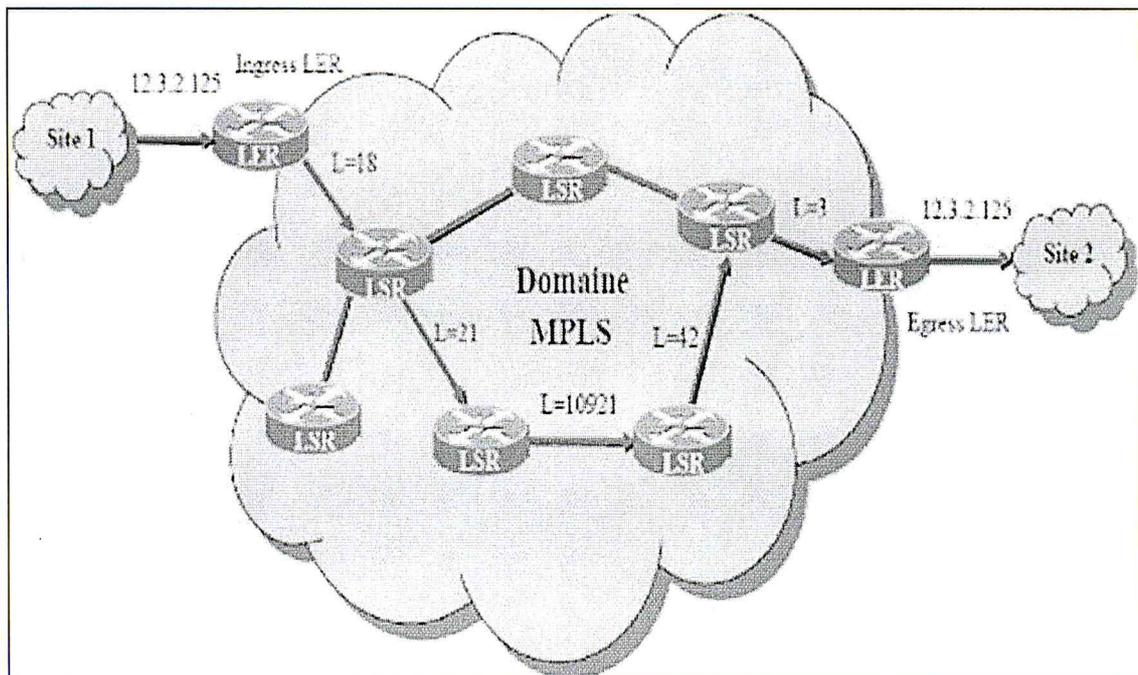


Figure 3.2: schémas de fonctionnement de MPLS

Pour envoyer un paquet IP du site 1 vers le site 2, à travers le nuage MPLS, il faut passer par les étapes suivantes qui constituent le principe de base de MPLS :

1. Le routeur du site 1 transmet le paquet avec l'adresse IP du site 2 (12.3.2.125) (voir figure 3.2) ;
2. A l'arrivée du paquet au nuage MPLS, le premier routeur lui associe un FEC (cette étape s'effectue une seule fois) et un label selon la table de commutation. Dans notre cas, le paquet a été envoyé par $l = 18$;
3. A la réception du paquet par les routeurs LSR, ces derniers vont comparer le label avec sa table de commutation au niveau de la couche 2.5 pour le remplacer par un autre, comme le montre la figure ci-dessus ou LSR 2 remplace le label $l=18$ par le label $l=21$;
4. A la fin, le paquet arrive au routeur egress LSR qui correspond à la sortie du nuage MPLS, lequel va supprimer le label et envoyer le paquet selon l'adresse IP du niveau 3 (voir figure 3).

Ces 4 étapes qui correspondent au principe de base du mécanisme de technologie MPLS, vont se répéter à chaque fois qu'un nouveau paquet arrive, à l'exception de l'étape d'établissement du FEC qui s'effectue une seule fois, comme nous l'avons déjà expliqué lors de l'étape 2. Seulement, la mise en œuvre de ces étapes exige de mise en place du protocole de distribution de label afin de donner au routeur la possibilité de remplir leur table de commutation.

3.5 Tables MPLS :

Le mécanisme MPLS possède deux tables : la table TIB et la table TFIB. La table TIB est une table qui contient tous les LSR voisins. Tandis que la table TFIB est un sous ensemble de la table TIB qui sert à la commutation du paquet.

3.5.1 TIB :

Constitue la première table que construit le routeur MPLS afin d'organiser de façon que chaque IP de destination à une liste de labels affectés par les LSR voisins.

3.5.2 TFIB :

A partir de la table TIB et de la table de routage IP du réseau interne au backbone, chaque routeur LSR construit une table TFIB qui sera utilisée pour commuter les paquets labélisés. Dans le réseau MPLS, chaque sous-réseau IP est appris par un protocole IGP qui détermine le prochain saut (Next Hop) pour l'atteindre.

Donc pour atteindre un sous-réseau IP donné, le routeur LSR choisit le label d'entrée de la table TIB qui correspond à ce sous-réseau IP et sélectionne comme un label de sortie le label annoncé par le routeur voisin (correspondant au Next Hop) déterminé par le protocole IGP (plus court chemin).

3.6 Les applications de la technologie MPLS

On a quatre applications principales dans la technologie MPLS qui sont :

- MPLS ATOM
- MPLS VPN
- MPLS Qualité de service

- MPLS L'ingénierie de trafic

3.6.1 MPLS VPN :

Le VPN est une technologie qui se base sur les circuits virtuels pour relier deux réseaux. Cette technologie assure la confidentialité des données à transporter. Le MPLS intègre cette technologie pour la transmission de données avec la notion VRF. Le MPLS-VPN est considéré comme un moyen souple et le plus économique.

Le principe MPLS-VPN est de créer un VRF dans les routeurs PE dans le but que chaque CE soit relié directement avec VRF. Le routage VPN s'effectue grâce au protocole MP-BCP.

Notons que chaque VRF dispose deux tables qui sont le FIB et le CEF.

On peut trouver d'autres approches pour mettre en œuvre le VPN dans le réseau IP, comme le IPSEC qui donne la primauté à la sécurité des flux. Par contre le MPLS se base sur la gestion de la qualité de service et donne la priorité des flux, mais la souplesse de MPLS donne la possibilité d'utiliser ces deux méthodes en même temps à savoir la sécurité et la qualité de service.

3.6.2 MPLS Qualité de service :

La QOS est un élément crucial pour un réseau d'opérateur. En effet, l'opérateur doit pouvoir garantir à ses clients le transport de leurs flux en garantissant différentes contraintes, comme par exemple : Débit minimal garanti, Débit maximal, Latence, Gigue. [7]

Cette technologie peut fournir deux approches complémentaires qui sont le INTSER et DIFFSER. La première approche s'occupe du contrôle de bout en bout et la deuxième spécifie le comportement de chaque saut.

Ainsi, cette solution permet de véhiculer la voix sur IP (VoIP) et de mettre en place des applications de visioconférence dans des conditions excellentes sur des réseaux VPN/MPLS à forts taux d'utilisation [7]

3.7 Mécanisme MPLS-TE :

L'objectif d'un réseau multiservice est de transporter les différents types de données lesquelles sont difficiles à transporter avec les protocoles de routage car ses protocoles ne permettent pas d'éliminer les saturations de liens, Ce qui nécessite à la fois l'optimisation de l'utilisation des ressources, la garantie de la qualité de service et la disponibilité élevée des liens. Tous les besoins précédents sont assurés par L'ingénierie de trafic (TE) qui est un ensemble de fonctions permettant le contrôle du chemin de trafic dans un réseau. Ce dernier propose des solutions pour éviter la congestion des chemins IP, en partageant le trafic sur tous les liens du réseau pour éviter la saturation de liens. Cette solution proposée par le MPLS TE se base sur la réservation de bandes passantes. L'application de TE dans les réseaux IP a beaucoup de limites comme la différenciation dans les capacités de lien.

Cependant la mise en œuvre de TE par le MPLS sous le nom MPLS –Traffic Engineering (MPLS-TE) est une nouvelle technologie qui permet de donner un LSP-TE de façon explicite ou dynamique selon les contraintes de TE. Cette combinaison du MPLS avec TE donne la possibilité de [8]:

- Création de LSP-TE MPLS unidirectionnels, indépendants du routage IGP et contraints par des critères de métrique, de bande passante requise (fixe ou adaptative), de délai.
- Qualité de service, grâce aux critères de bande passante, priorités d'établissement et de maintien des tunnels et aux chemins préférés (couleurs administratives et affinités).
- Reprise rapide sur incident, sécurisation des LSP-TE (Fast-Reroute).
- Partage de charge entre plusieurs LSP-TE.

3.7.1 LSP TE

LSP-TE est une connexion unidirectionnelle de point en point qui repose sur certains paramètres qui sont :

- L'adresse du routeur de destination
- Le chemin : le chemin peut être explicite complet ou dynamique. Le premier est une suite d'adresses du lien emprunté ou bien de nœuds pour un tunnel. Quant au second, le chemin est déterminé par le calcul qui se fait soit au

niveau du routeur d'entête ou bien par le serveur à l'aide d'un algorithme de calcul qui sont le CSPF ou PCALC.

- Les affinités : leur rôle est de définir les liens à inclure, à préférer et à exclure du chemin.
- Les priorités de préemption : sont un champ de 3 bits de 0 à 7 qui correspondent à la priorité des LSPTE. Ces priorités se subdivisent en deux : La priorité de maintien qui correspond à la capacité de résistance à la préemption et la priorité d'établissement qui correspond à la capacité à préempter d'un LSP TE à un autre.
- La bande passante à réserver : Elle peut être absolue ou s'adapter dynamiquement à la charge réelle du LSP-TE
- Le mode d'annonce des LSP-TE : il existe trois modes d'annonces
 1. Aucune annonce : le LSP-TE n'est pas annoncé dans la table de routage
 2. « IGP Shortcut », ou « autoroute » : spécifie le LSP TE et la métrique. Cette dernière est utilisée pour le calcul CSPF
 3. IGP Shortcut Forwarding Adjacency ; LSP TE est annoncé comme une interface physique mais dans ce cas le LSP TE doit être bidirectionnel avec une métrique IGP.
- La métrique à utiliser pour le LSP TE : Cette métrique peut être absolue ou relative à la métrique IGP.
- Le partage de charge entre plusieurs LSP-TE : ce partage donne la possibilité à plusieurs LSP TE d'avoir la même destination mais avec de chemin différent (explicite ou dynamique) en précisant leur pondération de partage de la charge de trafic pour chaque LSP TE
- Des LSP-TE de secours : qui sont utilisés pour pallier à des éventuelles défaillances du LSP TE.
- La qualité de service : qui constitue un mécanisme de signalisation du chemin contraint.
-

3.8

Le protocole RSVP-TE :

Le RSVP-TE est une extension de RSVP qui est un protocole de signalisation destiné au départ au modèle de qualité de service. Après il a été développé pour devenir mieux adapté à MPLS-TE

Le RSVP TE résume sa fonctionnalité en 3 points comme suit :

1. effectuer un contrôle d'admission local
2. réserver la bande passante
3. distribuer les labels et une mise à jour des tables MPLS

Le RSVP-TE est un protocole qui a besoin de rafraîchir périodiquement ses réservations dans le réseau. Il se base sur certain message pour établir leur fonctionnement. Ces messages sont comme suit [9]:

- Path : Etablit et maintient le LSP-TE dans le sens descendant.
- Resv : Etablit et maintient le LSP-TE dans le sens montant.
- PathTear : Supprime le LSP-TE dans le sens descendant.
- ResvTear : Supprime le LSP-TE dans le sens montant.
- PathErr : Indique une erreur dans le sens montant.
- ResvErr : Indique une erreur dans le sens descendant.
- ResvConf : Confirme l'établissement d'un tunnel dans le sens descendant.
- Srefresh : Rafraîchit un ensemble de sessions RSVP-TE.
- Hello : Maintient l'adjacence entre deux voisins RSVP-TE, permet de détecter la perte d'un voisin. Cette procédure est optionnelle.

L'établissement de LSPTE par le RSVP-TE se fait en deux étapes : la première étape constitue d'envoyer le message PATH de la source vers la destination. Ce message contient des informations sur la bande passante et la classe de service ..etc.... A la réception du message PATH chaque routeur crée un état RSVPTE pour enregistrer les informations du message puis il vérifie si le prochain lien vérifie les contraintes TE. La deuxième étape consiste à répondre par le message RESV à partir du routeur de destination, dans le but de réserver une bande passante et de distribuer les labels .

3.9 Conclusion :

Ce chapitre nous a permis de mieux cerner le mécanisme MPLS qui semble être fort intéressant pour l'avenir du fait qu'il possède une meilleure rapidité de transmission ainsi qu'une très grande souplesse en s'adaptant à d'autres technologies sans oublier sa performance pour un coût réduit.

***Chapitre IV :IMPLEMENTATION
ET REALISATION DE
L'APPLICATION***

4.1 Introduction :

Après l'étude théorique de la technologie MPLS-TE et de son fonctionnement, nous allons mettre en application cette étude sur une partie du réseau du groupe de SONELGAZ.

Cette étude expérimentale a pour but de dégager les avantages de la technologie MPLS-TE par rapport au protocole OSPF utilisé maintenant au sein du Groupe SONALGAZ. Pour cela, nous avons utilisé le simulateur réseau GNS3 ainsi que le logiciel PRTG (Paessler Routeur Traffic Grapher) pour superviser le trafic Source/Destination (l'utilisation de la bande passante, le chemin emprunté).

4.2. Présentation de l'architecture réseau du Groupe SONELGAZ.

4.2.1. La topologie réseau existante du Groupe SONELGAZ :

L'architecture réseau Backbone du groupe SONELGAZ est constituée d'environ 53 équipements interconnectés en « full mesh ».

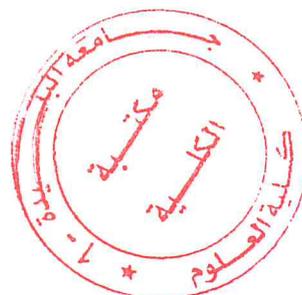
Les routeurs sont placés dans les différentes régions du pays interconnectés entre eux via des liaisons fibres optiques de type : STM4, STM1, etc.

Les équipements de routage utilisés sont des routeurs Cisco type 3600, 3800.

4.2.2. La topologie réseau du site pilote du Groupe SONELGAZ :

La figure ci-dessous montre un échantillon de la topologie réseau que nous avons utilisé dans notre étude expérimentale, celle-ci est constituée de 08 sites :

- Deux sites : ZAHANA et OUARGLA pour simuler les réseaux LAN des deux régions ;
- Six sites : Alger, MERSAT, Saida, Ramadan-Djamel, Hassi-Messoud et Hadjar qui se trouvent en intermédiation entre les deux sites.



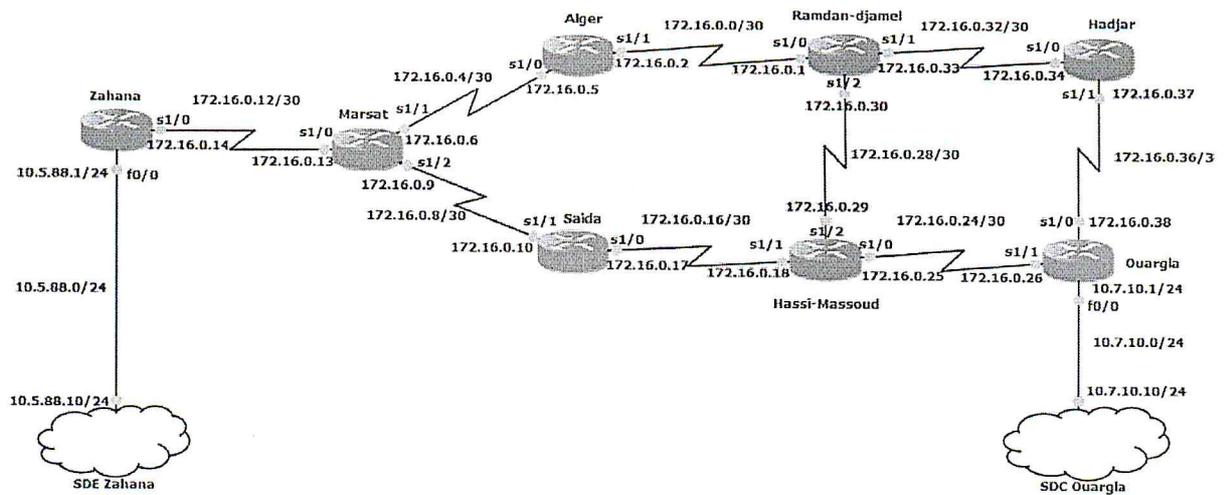


Figure 4.1 : Echantillon du réseau Sonelgaz

4.3. Les outils d'étude.

4.3.1 Le simulateur réseau GNS3 :

GNS3 est un réseau graphique multi plateforme, qui fonctionne sur Windows, OS X et Linux. Il est utilisé pour simuler de différents périphériques virtuels et des dispositifs réels y compris les réseaux Cisco IOS à savoir routeurs et commutateurs...

Il fonctionne via une interface graphique en mode drag and drop des différents équipements commutateur ou routeurs et les relie par les différents supports de transmission.

4.3.2 Logiciel de supervision PRTG (Paessler Router Traffic Grapher) :

PRTG Network Monitor est une puissante application de surveillance de réseau pour Windows. Il convient aux petits, moyens et grands réseaux et supporte le LAN, WAN, WLAN et la surveillance via VPN. Il peut également surveiller des serveurs web, des fichiers réel ou virtuels, les routeurs et bien d'autres encore. Il surveille la disponibilité du réseau grâce au protocole SNMP et l'utilisation de la bande

passante et le taux de trafic entrant et sortant des routeurs et de leurs interfaces grâce au protocole SNMP.

4.3.3 Logiciel Virtualisation VMware :

VMware Workstation est un logiciel qui permet d'exécuter plusieurs systèmes d'exploitation de bureau et de serveur basés sur x86 simultanément sur un seul PC, dans des machines virtuelles portables entièrement en réseau. Aucun redémarrage ou partitionnement du disque dur n'est nécessaire, seulement de l'espace mémoire requis pour le bon fonctionnement du système d'exploitation ou serveur.

4.4. Réalisation.

Notre étude est divisée en trois phases essentielles :

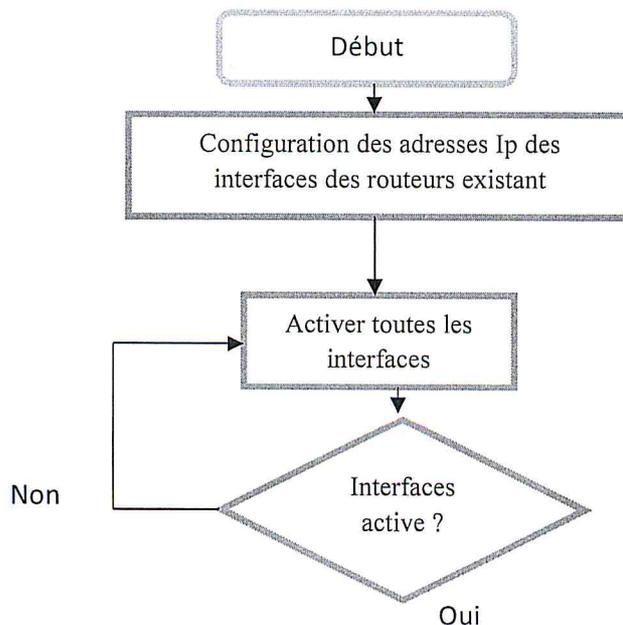
- La première phase consiste à implémenter le protocole de routage OSPF.
- La deuxième phase consiste à implémenter la technologie MPLS-TE.
- La dernière consiste à implémenter la qualité de service

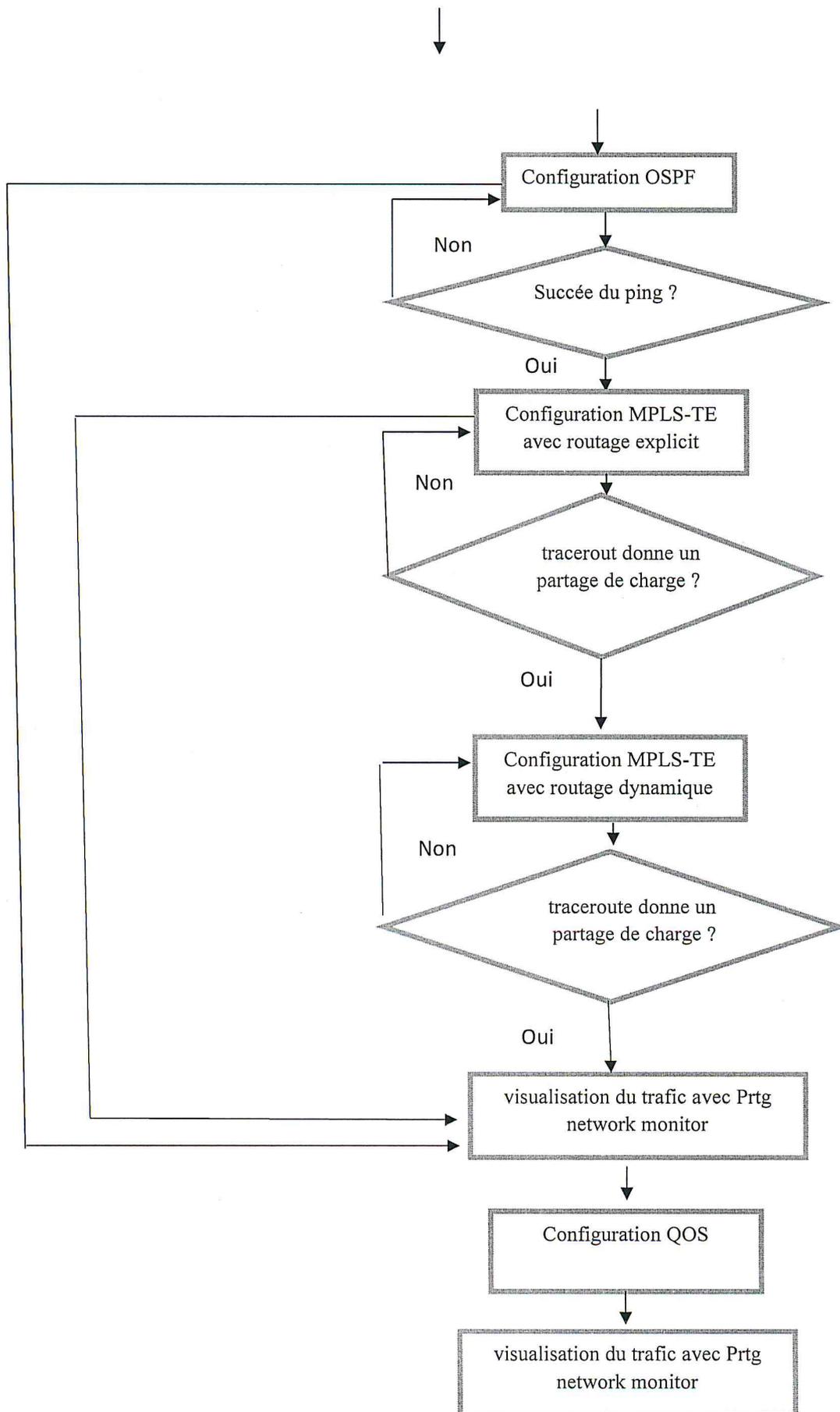
Les équipements utilisés sur GNS3 sont :

Équipements réseaux (Routeur) de type Cisco 7200 pour simuler réseau WAN avec des liens sérial.

- Une machine virtuelle Windows Server 2003 installées sur VMware Workstation et une autre machine physique pour simuler deux LAN distant.

4.4.1. Organigramme global de la solution :







4.4.2 Présentation du plan d'adressage.

Pour les adresses des liaisons point à point, nous utilisons des adresses /30 comme suite :

172.16.0.12/30 : l'adresse réseau du segment ZAHANA-MERSAT.

172.16.0.4/30 : l'adresse réseau du segment MERSAT-Alger.

172.16.0.8/30 : l'adresse réseau du segment MERSAT-Saida

172.16.0.0/30 : l'adresse réseau du segment Alger-Ramdan Djamel

172.16.0.32/30 : l'adresse réseau du segment Ramdan Djamel-Hadjer

172.16.0.36/30 : l'adresse réseau du segment Hadjer-OUARGLA

172.16.0.16/30 : l'adresse réseau du segment Saida-Hassi massoud

Pour l'adressage des LAN des sites distants nous avons utilisé des adresses /24 comme ce qui suit :

10.5.88.0/24 : plage d'adresse des utilisateurs du site distant SDE-ZAHANA.

10.7.10.0/24 : plage d'adresse des utilisateurs du site distant SDC-OUARGLA

4.4.3 Configuration

Pour illustrer cette partie de configuration nous avons opté de prendre comme exemple le routeur ZAHANA afin de mieux appréhender le processus.

Phase 1 : segmentation

Pour effectuer cette phase, on doit accéder à l'interface correspondante par le biais de la commande « **interface** » dans le but de donner une adresse IP (172.16.0.14) ainsi que le masque (255.255.255.252) en utilisant « **ip address** » . L'activation de l'interface s'opère par la commande « **no shutdown** ».

```
zahana(config)#int f0/0
zahana(config-if)#ip add 10.5.88.1 255.255.255.0
zahana(config-if)#no shut
zahana(config-if)#exit
zahana(config)#int s1/0
zahana(config-if)#ip add 172.16.0.14 255.255.255.252
zahana(config-if)#no shut
```

Figure 4.3 configuration des interfaces

Pour confirmer la configuration on affiche tous les interfaces du routeur en utilisant la commande « **show ip interface brief** » .

```
zahana#show ip interface brief
Interface                IP-Address      OK? Method Status        Protocol
FastEthernet0/0         10.5.88.1       YES NVRAM    up            up
Serial1/0                172.16.0.14    YES NVRAM    up            up
Serial1/1                unassigned      YES NVRAM    administratively down down
Serial1/2                unassigned      YES NVRAM    administratively down down
Serial1/3                unassigned      YES NVRAM    administratively down down
```

Figure 4.4 affichage de la configuration des interfaces

Phase 2 : Routage

Pour effectuer cette phase, on utilise le protocole de routage dynamique OSPF. Quant à son démarrage, on active OSPF en utilisant la commande « **routeur ospf** » et on donne un numéro au processus OSPF de valeur 1 et après on introduit à la fois les adresses IP des réseaux voisins au routeur (172.16.0.12) et le numéro de la zone (0) par le biais de la commande « **network** ».

```
zahana(config)#router ospf 1
zahana(config-router)#net 172.16.0.12 0.0.0.3 area 0
zahana(config-router)#net 10.5.88.0 0.0.0.255 area 0
zahana(config-router)#net 1.1.1.1 0.0.0.0 area 0
```

Figure 4.5 configuration OSPF

Pour visualiser la table de voisinage et vérifier qu'OSPF a établi une contiguïté avec ses voisins, on applique la commande « **show ip ospf neighbor** ».

```
Neighbor ID      Pri   State           Dead Time   Address        Interface
2.2.2.2          0    FULL/ -         00:00:32   172.16.0.13   Serial1/0
```

Figure 4.6 affichage des voisins du routeur

D'après la table de routage on peut voir que le réseau permet une connexion avec le réseau d'OUARGLA, comme la montre la figure ci-dessous.

```
zahana#sh ip rout
Codes: C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP
       D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area
       N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2
       E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2
       i - IS-IS, su - IS-IS summary, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2
       ia - IS-IS inter area, * - candidate default, U - per-user static route
       o - ODR, P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is not set

 1.0.0.0/32 is subnetted, 1 subnets
C    1.1.1.1 is directly connected, Loopback1
 2.0.0.0/32 is subnetted, 1 subnets
O    2.2.2.2 [110/65] via 172.16.0.13, 00:53:33, Serial1/0
 3.0.0.0/32 is subnetted, 1 subnets
O    3.3.3.3 [110/129] via 172.16.0.13, 00:53:33, Serial1/0
 4.0.0.0/32 is subnetted, 1 subnets
O    4.4.4.4 [110/129] via 172.16.0.13, 00:53:33, Serial1/0
 5.0.0.0/32 is subnetted, 1 subnets
O    5.5.5.5 [110/193] via 172.16.0.13, 00:53:33, Serial1/0
 6.0.0.0/32 is subnetted, 1 subnets
O    6.6.6.6 [110/193] via 172.16.0.13, 00:53:33, Serial1/0
172.16.0.0/30 is subnetted, 8 subnets
O    172.16.0.36 [110/320] via 172.16.0.13, 00:53:34, Serial1/0
O    172.16.0.32 [110/256] via 172.16.0.13, 00:53:34, Serial1/0
O    172.16.0.24 [110/256] via 172.16.0.13, 00:53:34, Serial1/0
O    172.16.0.16 [110/192] via 172.16.0.13, 00:53:35, Serial1/0
C    172.16.0.12 is directly connected, Serial1/0
O    172.16.0.8 [110/128] via 172.16.0.13, 00:53:35, Serial1/0
O    172.16.0.4 [110/128] via 172.16.0.13, 00:53:35, Serial1/0
O    172.16.0.0 [110/192] via 172.16.0.13, 00:53:35, Serial1/0
 7.0.0.0/32 is subnetted, 1 subnets
O    7.7.7.7 [110/257] via 172.16.0.13, 00:53:36, Serial1/0
 8.0.0.0/32 is subnetted, 1 subnets
O    8.8.8.8 [110/257] via 172.16.0.13, 00:53:36, Serial1/0
10.0.0.0/24 is subnetted, 2 subnets
O    10.7.10.0 [110/257] via 172.16.0.13, 00:53:36, Serial1/0
C    10.5.88.0 is directly connected, FastEthernet0/0
zahana#
```

Figure 4.7 table de routage du routeur ZAHANA

La confirmation se fait à travers un PING de ZAHANA à OUARGLA. Pour effectuer cette étape On utilise la commande PING et l'adresse IP destination (10.7.10.10).

Et à la fin, pour mieux visualiser le trafic, on a utilisé le PRTG pour voir l'état de l'interface. On a remarqué que le protocole OSPF ne permet pas un partage de charge, malgré que le lien soit saturé. Mais par contre, il reste toujours le seul chemin pour envoyer un trafic. Ce qui signifie qu'on peut tomber sur une saturation de chemin qui implique une perte des paquets

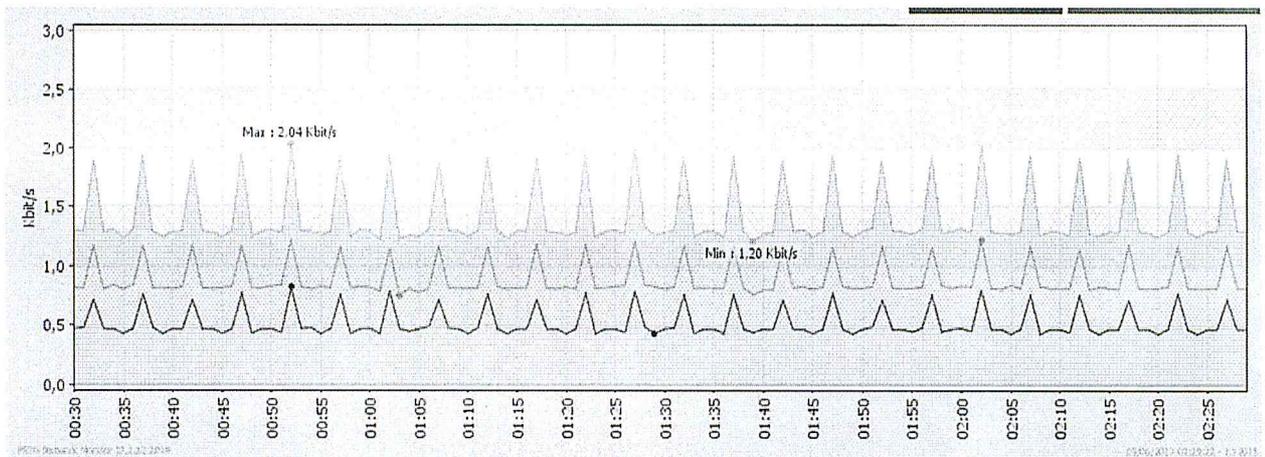


Figure 4.8 : Graphe de trafic au niveau de serial 1/1 du routeur Marset

D'après ce graphe on remarque qu'on a un trafic de valeur maximale 2.04 kbit/s. Si on compare ce graphe avec celui du s1/2 de MERSAT, on en déduit que ce n'est pas le trafic envoyé par le routeur ZAHANA, mais c'est un trafic généré par l'OSPF et le SNMP

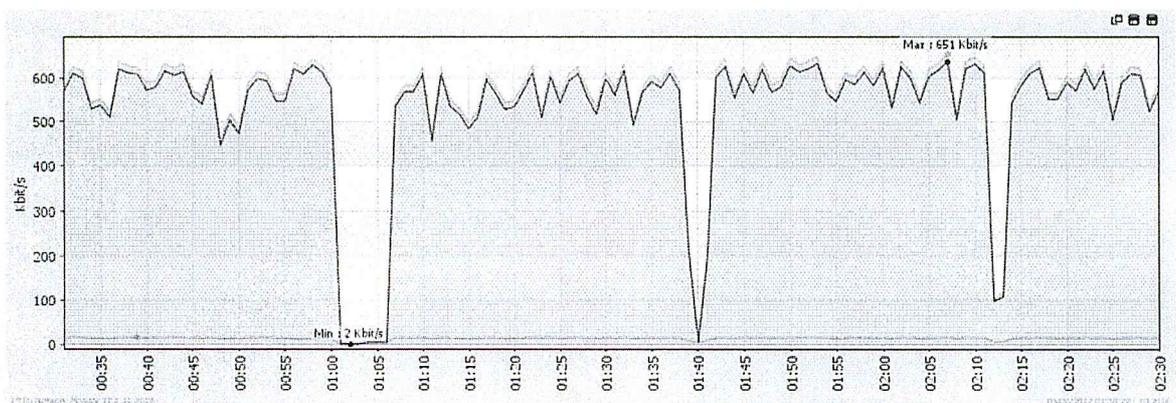


Figure 4.9 : Graphe de trafic au niveau de serial 1/2 du routeur Marset

En analysant le deuxième graphe de l'interface s1/2 du routeur MERSAT on remarque que ce dernier a supporté un trafic de valeur maximale 651 kbit/s, c'est le trafic envoyé par le routeur ZAHANA.

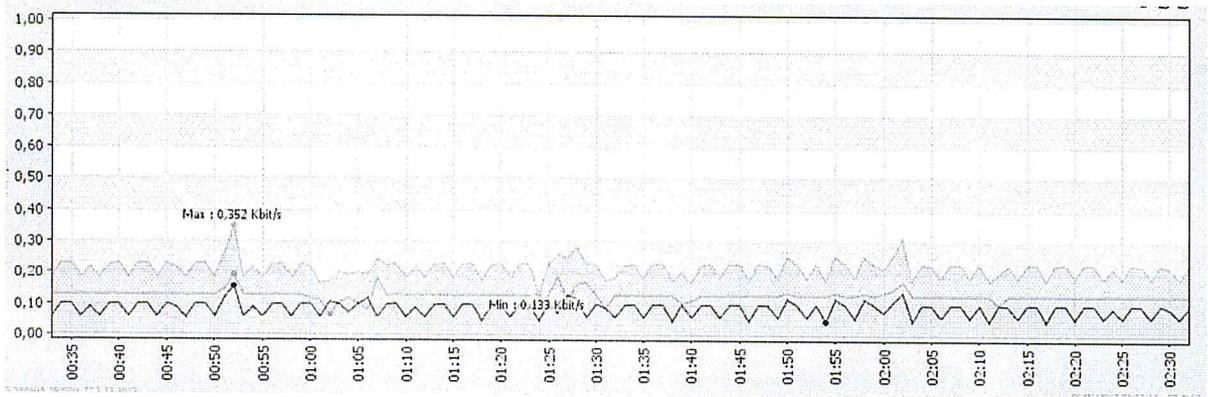


Figure 4.10 : Graphe trafic d'interface serial 1/0 du routeur OUARGLA

Par contre le troisième graphe de l'interface s1/0 du routeur d'OUARGLA n'a rien reçu de ZAHANA car la valeur maximale est de 0.352

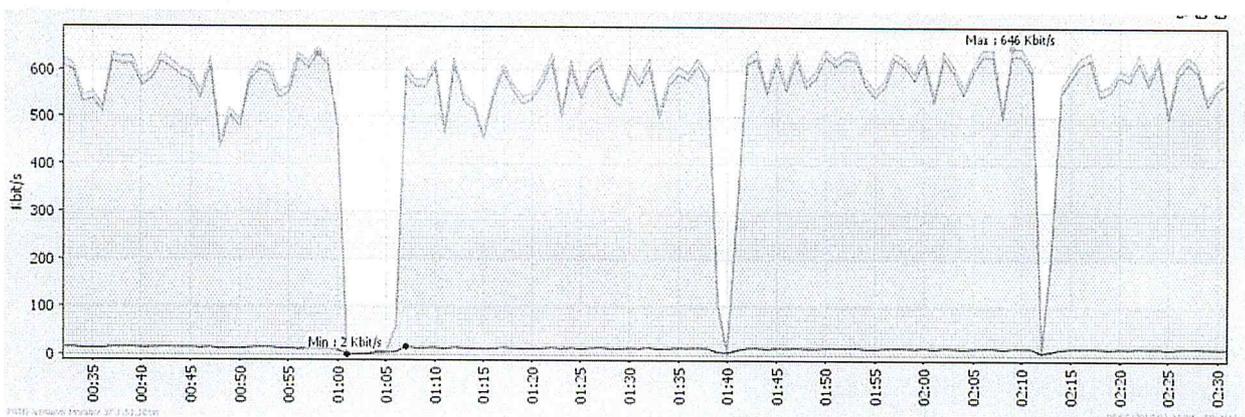


Figure 4.11 : Graphe trafic d'interface serial 1/1 du routeur OUARGLA

Le dernier graphe montre que le routeur de OUARGLA a reçu le trafic produit au niveau du routeur ZAHANA, avec une valeur maximale égale à 646 kbits/s

A la fin, on confirme l'hypothèse, que le protocole OSPF a envoyé les paquets par le meilleur chemin même s'il y a une congestion des liens ce qui devient incontrôlable avec le temps et un risque de perte de paquet pourrait être envisageable.

Phase 3 : Configuration MPLS-TE

Cette phase se subdivise en deux parties à savoir la configuration MPLS et la configuration MPLS-TE

Configuration MPLS

Avant la configuration du MPLS dans les routeurs il est indispensable d'activer le CEF par la commande « **ip cef** ». Après cette opération, on active le MPLS sur le routeur pour qu'il devienne un routeur MPLS avec la commande « **mpls ip** » .

L'activation de MPLS diffère selon l'emplacement du routeur dans le backbone, Dans les 6 routeurs LSR, nous avons activé MPLS sur toutes les interfaces tandis que dans les 2 routeurs Ingress LSR, le MPLS est activé seulement sur les interfaces liant ces routeurs aux routeurs LSR avec la commande « **mpls ip** » .

```
zahana(config)#ip cef
zahana(config)#mpls ip
zahana(config)#mpls label range 100 199
zahana(config)#int s1/0
zahana(config-if)#mpls ip
zahana(config-if)#exit
```

Figure 4.12 : configuration MPLS

Configuration MPLS TE

Au départ, on active le OSPF TE , pour indiquer par le protocole OSPF qu'une action d'ingénierie de trafic est mise en œuvre sur tous les routeurs backbone. Pour cela il faut que les commandes suivantes doivent être ajoutées sur tous les routeurs : «**Routeur ospf 1**

mpls traffic-eng area 0

mpls traffic-eng router-id loopback 1»

```
zahana(config)#router ospf 1
zahana(config-router)#mpls traffic-eng router-id loo1
zahana(config-router)#mpls traffic-eng area 0
zahana(config-router)#exit
```

Figure 4.13 : configuration OSPF -TE

La commande « **mpls traffic-eng tunnels** » est utilisée pour activer les tunnels TE.

Pour créer une topologie TE, il faut :

- activer MPLS TE dans le but de reconnaître les tunnels,
- réserver une bande passante pour les tunnels par la commande « **ip rsvp bandwidth 10000** »
- attribuer un groupe administratif aux liens qui se fait à partir de la commande « **mpls traffic-eng attribute-flags** »

Ces commandes doivent également être placée sur chaque interface et routeur où MPLS est activé.

```
zahana(config)#mpls traffic-eng tunnels
zahana(config)#int s1/0
zahana(config-if)#mpls traffic-eng tunnels
zahana(config-if)#ip rsvp bandwidth 1024
zahana(config-if)#exit
```

Figure 4.14 : activation du MPLS –TE dans les interfaces

La déclaration d'un tunnel se fait uniquement sur le point de départ de celui-ci. Dans notre exemple nous avons proposé de mettre en place deux tunnels au niveau de ZAHANA. Ce choix nous permettra d'avoir un partage de charge. Pour avoir un tunnel bidirectionnel on a proposé de mettre en place deux tunnels aux niveaux d'OUARGLA.

Dans notre cas, on a utilisé les deux méthodes de déclaration du tunnel à savoir la méthode statique et dynamique, dans le but de voir laquelle est meilleure

La méthode statique

Pour effectuer cette étape, il faut déclarer le chemin du tunnel de manière statique

❖ Le premier tunnel :

Tout d'abord, nous avons déclaré un ordre de chemin inclus pour le tunnel 1

```
Zahana (config)# ip explicit-path name t2 enable
Zahana (cfg-ip-expl-path)# next-address 2.2.2.2
Explicit Path name t2:
  1: next-address 2.2.2.2
Zahana (cfg-ip-expl-path)# next-address 4.4.4.4
Explicit Path name t2:
  1: next-address 2.2.2.2
  2: next-address 4.4.4.4
Zahana (cfg-ip-expl-path)# next-address 6.6.6.6
Explicit Path name t2:
  1: next-address 2.2.2.2
  2: next-address 4.4.4.4
  3: next-address 6.6.6.6
Zahana (cfg-ip-expl-path)# next-address 8.8.8.8
Explicit Path name t2:
  1: next-address 2.2.2.2
  2: next-address 4.4.4.4
  3: next-address 6.6.6.6
  4: next-address 8.8.8.8
Zahana (cfg-ip-expl-path)# exit
```

Figure 4.15: configuration du chemin explicite t2

Après cette étape, nous avons déclaré de manière explicite le tunnel 1 lequel serait une interface pour le routeur

```
interface Tunnell
 ip unnumbered loopback1
 tunnel mode mpls traffic-eng
 tunnel destination 8.8.8.8
 tunnel mpls traffic-eng priority 1 1
 tunnel mpls traffic-eng bandwidth 1024
 tunnel mpls traffic-eng affinity 0x0 mask 0x0
 tunnel mpls traffic-eng path-option 1 explicit name t2
```

Figure 4.16: configuration du tunnel 1

❖ Le second tunnel

On procèdera de la même manière que le tunnel 1 sauf qu'on lui donne un autre ordre

```
Zahana(config)#ip explicit-path name t1 enable
Zahana(cfg-ip-expl-path)# next-address 2.2.2.2
Explicit Path name t1:
 1: next-address 2.2.2.2
Zahana(cfg-ip-expl-path)# next-address 3.3.3.3
Explicit Path name t1:
 1: next-address 2.2.2.2
 2: next-address 3.3.3.3
Zahana(cfg-ip-expl-path)# next-address 5.5.5.5
Explicit Path name t1:
 1: next-address 2.2.2.2
 2: next-address 3.3.3.3
 3: next-address 5.5.5.5
Zahana(cfg-ip-expl-path)# next-address 7.7.7.7
Explicit Path name t1:
 1: next-address 2.2.2.2
 2: next-address 3.3.3.3
 3: next-address 5.5.5.5
 4: next-address 7.7.7.7
Zahana(cfg-ip-expl-path)# next-address 8.8.8.8
Explicit Path name t1:
 1: next-address 2.2.2.2
 2: next-address 3.3.3.3
 3: next-address 5.5.5.5
 4: next-address 7.7.7.7
 5: next-address 8.8.8.8
```

Figure 4.17: configuration du chemin explicite t1

```
interface Tunnel2
 ip unnumbered Loopback1
 tunnel mode mpls traffic-eng
 tunnel destination 8.8.8.8
 tunnel mpls traffic-eng priority 1 1
 tunnel mpls traffic-eng bandwidth 1024
 tunnel mpls traffic-eng affinity 0x0 mask 0x0
 tunnel mpls traffic-eng path-option 1 explicit name t1
```

Figure 4.18: configuration du tunnel 2

La réalisation que nous venons de bâtir, permet d'assurer un trafic allant de ZAHANA vers le routeur OUARGLA et vice versa c'est-à-dire de OUARGLA vers ZAHANA.

Après la configuration des deux tunnels, on remarque que le routeur de ZAHANA peut se connecter au réseau 10.7.10.10 avec le tunnels 1 et tunnel 2 .

```
1.0.0.0/32 is subnetted, 1 subnets
C   1.1.1.1 is directly connected, Loopback1
2.0.0.0/32 is subnetted, 1 subnets
O   2.2.2.2 [110/65] via 172.16.0.13, 02:53:20, Serial1/0
3.0.0.0/32 is subnetted, 1 subnets
O   3.3.3.3 [110/129] via 172.16.0.13, 00:34:50, Serial1/0
4.0.0.0/32 is subnetted, 1 subnets
O   4.4.4.4 [110/129] via 172.16.0.13, 00:26:27, Serial1/0
5.0.0.0/32 is subnetted, 1 subnets
O   5.5.5.5 [110/193] via 172.16.0.13, 00:00:42, Serial1/0
6.0.0.0/32 is subnetted, 1 subnets
O   6.6.6.6 [110/193] via 172.16.0.13, 00:00:42, Serial1/0
7.0.0.0/32 is subnetted, 1 subnets
O   7.7.7.7 [110/257] via 172.16.0.13, 00:00:42, Serial1/0
8.0.0.0/32 is subnetted, 1 subnets
O   8.8.8.8 [110/257] via 172.16.0.13, 00:00:42, Serial1/0
10.0.0.0/8 is variably subnetted, 3 subnets, 2 masks
C   10.5.88.0/24 is directly connected, FastEthernet0/0
L   10.5.88.1/32 is directly connected, FastEthernet0/0
S   10.7.10.0/24 is directly connected, Tunnel2
    is directly connected, Tunnel1
172.16.0.0/16 is variably subnetted, 10 subnets, 2 masks
O   172.16.0.0/30 [110/192] via 172.16.0.13, 00:34:50, Serial1/0
O   172.16.0.4/30 [110/128] via 172.16.0.13, 02:53:20, Serial1/0
O   172.16.0.8/30 [110/128] via 172.16.0.13, 02:53:20, Serial1/0
C   172.16.0.12/30 is directly connected, Serial1/0
L   172.16.0.14/32 is directly connected, Serial1/0
O   172.16.0.16/30 [110/192] via 172.16.0.13, 00:00:42, Serial1/0
O   172.16.0.24/30 [110/256] via 172.16.0.13, 00:00:42, Serial1/0
O   172.16.0.28/30 [110/256] via 172.16.0.13, 00:00:42, Serial1/0
O   172.16.0.32/30 [110/256] via 172.16.0.13, 00:00:42, Serial1/0
O   172.16.0.36/30 [110/320] via 172.16.0.13, 00:00:42, Serial1/0
```

Figure 4.19: table de routage du routeur ZAHANA

Pour confirmer la configuration, on utilise la commande « **show mpls traffic-eng tunnels** » qui sert à afficher tous les tunnels existant dans le routeur ainsi que leur propriété.

```
zahana#sh mpls traffic-eng tunnels
Name: zahana_t1                               (Tunnel1) Destination: 8.8.8.8
Status:
  Admin: up           Oper: up           Path: valid           Signalling: connected

  path option 1, type dynamic (Basis for Setup, path weight 256)

Config Parameters:
  Bandwidth: 1024      kbps (Global) Priority: 0 0  Affinity: 0x0/0x0
  Metric Type: TE (default)
  AutoRoute: enabled  LockDown: disabled Loadshare: 1024  bw-based
  auto-bw: disabled

InLabel : -
OutLabel : Serial1/0, 217
RSVP Signalling Info:
  Src 1.1.1.1, Dst 8.8.8.8, Tun_Id 1, Tun_Instance 16
RSVP Path Info:
  My Address: 1.1.1.1
  Explicit Route: 172.16.0.13 172.16.0.10 172.16.0.18 172.16.0.26
                  8.8.8.8
  Record Route: NONE
  Tspec: ave rate=1024 kbits, burst=1000 bytes, peak rate=1024 kbits
RSVP Resv Info:
  Record Route: NONE
  Espec: ave rate=1024 kbits, burst=1000 bytes, peak rate=1024 kbits
```

Figure 4.20: affichage des paramètres du tunnel 1

```
zahana#sh mpls traffic-eng tunnels
Name: zahana_t1                               (Tunnel1) Destination: 8.8.8.8
Status:
  Admin: up           Oper: up           Path: valid           Signalling: connected

  path option 1, type dynamic (Basis for Setup, path weight 256)

Config Parameters:
  Bandwidth: 1024      kbps (Global) Priority: 0 0  Affinity: 0x0/0x0
  Metric Type: TE (default)
  AutoRoute: enabled  LockDown: disabled Loadshare: 1024  bw-based
  auto-bw: disabled

InLabel : -
OutLabel : Serial1/0, 217
RSVP Signalling Info:
  Src 1.1.1.1, Dst 8.8.8.8, Tun_Id 1, Tun_Instance 16
RSVP Path Info:
  My Address: 1.1.1.1
  Explicit Route: 172.16.0.13 172.16.0.10 172.16.0.18 172.16.0.26
                  8.8.8.8
  Record Route: NONE
  Tspec: ave rate=1024 kbits, burst=1000 bytes, peak rate=1024 kbits
RSVP Resv Info:
  Record Route: NONE
  Espec: ave rate=1024 kbits, burst=1000 bytes, peak rate=1024 kbits
```

Figure 4.21: affichage des paramètres du tunnel 2

La visualisation du trafic par PRTG qui permet de voir l'état des interfaces de routeur se fait dans le but de déduire si l'hypothèse du MPLS TE relative au partage de charge est juste. Pour effectuer cette tâche, on va prendre en considération les

deux nœuds de topologie (MERSATe ,OUARGLA) pour montrer le partage des charges comme les montre les graphes ci-dessous.

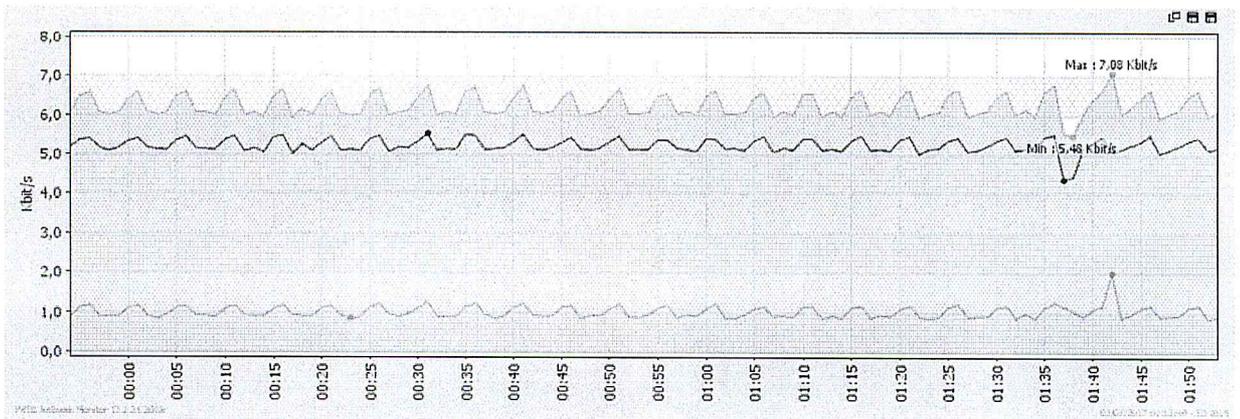


Figure 4.21 : Graphe de trafic au niveau de serial 1/1 du routeur Marset

D'après ce graphe ci-dessus on remarque qu'on a un trafic de valeur maximale 7.08 kbits /s. Si on compare ce graphe avec celui du s1/2 de MERSAT, on en déduit que c'est le partage de trafic envoyé par le routeurZAHANA.

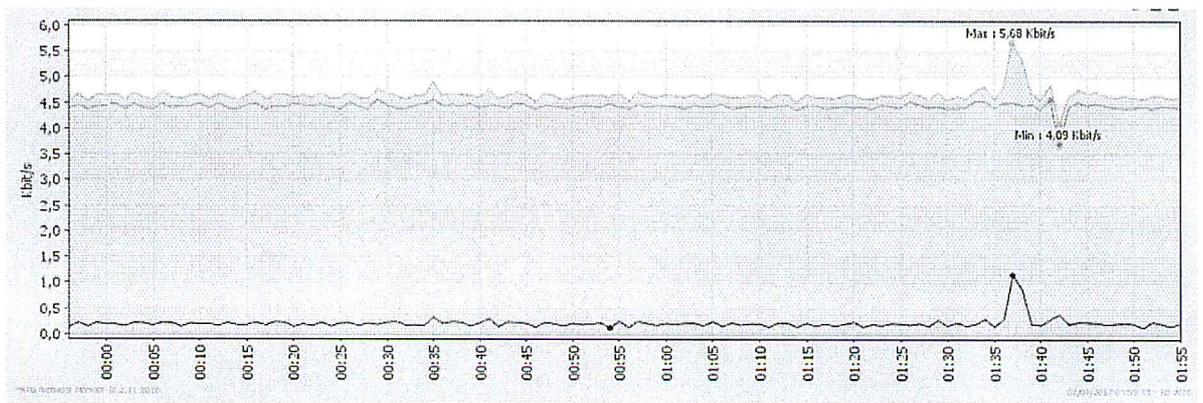
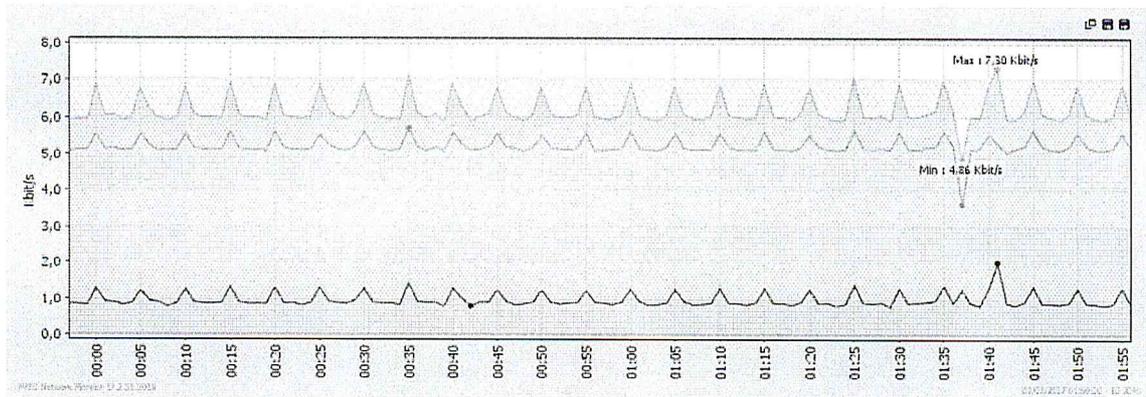
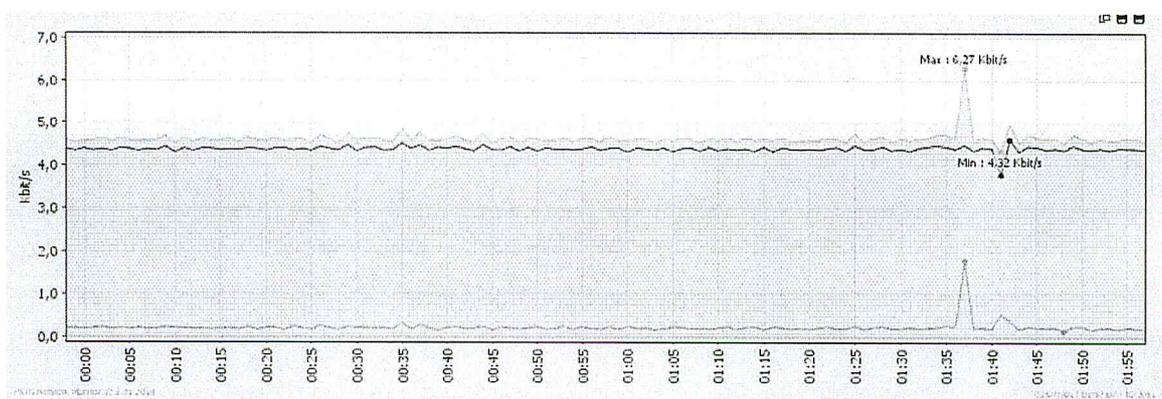


Figure 4.22 : Graphe de trafic au niveau de serial 1/2 du routeur Marset

En analysant ce graphe, l'interface s1/2 du routeurMERSAT a supporté un trafic de 5.68kbits /s lequel était envoyé par le routeurZAHANA. D'où l'existence d'un partage de charge au niveau de routeur MERSAT



En arrivant au graphe de l'interface s1/0 du routeurOUARGLA, on remarque que le routeur a reçu le trafic de s 1/1 du ZAHANA car la valeur maximale du trafic est de 7.30



Ce graphe montre que le routeur de OUARGLA reçoit le trafic produit au niveau du routeurZAHANAavec une valeur maximale égale à 6.27k bits /s.

A la fin, les quatre graphes, nous ont permis de confirmer que notre hypothèse relative à la capacité de partage des charges par le mécanisme MPLS TE est juste

La méthode dynamique :

La méthode dynamique s'opère de la même manière que la méthode statique sauf que la déclaration du choix de chemin se fait de manière dynamique. Cette méthode consiste à donner la possibilité au OSPF de choisir le bon chemin en respectant la bande passante.

❖ *Le premier tunnel :*

```
Zahana(config)#interface Tunnel1
Zahana(config-if)# ip unnumbered Loopback1
Zahana(config-if)# tunnel mode mpls traffic-eng
Zahana(config-if)# tunnel destination 8.8.8.8
Zahana(config-if)# tunnel mpls traffic-eng autoroute announce
Zahana(config-if)# tunnel mpls traffic-eng autoroute metric 25
Zahana(config-if)# tunnel mpls traffic-eng priority 1 1
Zahana(config-if)# tunnel mpls traffic-eng affinity 0x0 mask 0x1010
Zahana(config-if)# tunnel mpls traffic-eng path-option 1 dynamic
Zahana(config-if)# tunnel mpls traffic-eng path-selection metric te
Zahana(config-if)# tunnel mpls traffic-eng auto-bw
Zahana(config-if)#
```

Figure 4.25: configuration du tunnel 1

❖ *Le second tunnel*

```
Zahana(config)#interface Tunnel2
Zahana(config-if)# ip unnumbered Loopback1
Zahana(config-if)# tunnel mode mpls traffic-eng
Zahana(config-if)# tunnel destination 8.8.8.8
Zahana(config-if)# tunnel mpls traffic-eng autoroute announce
Zahana(config-if)# tunnel mpls traffic-eng autoroute metric 25
Zahana(config-if)# tunnel mpls traffic-eng priority 1 1
Zahana(config-if)# tunnel mpls traffic-eng affinity 0x0 mask 0x9
Zahana(config-if)# tunnel mpls traffic-eng path-option 1 dynamic
Zahana(config-if)# tunnel mpls traffic-eng path-selection metric te
Zahana(config-if)# tunnel mpls traffic-eng auto-bw
Zahana(config-if)#
```

Figure 4.26: configuration du tunnel 2

D'après la table de routage on remarque que le routeur de ZAHANA se connecte avec OUARGLA, en utilisant le tunnel 1 et tunnel 2

```
1.0.0.0/32 is subnetted, 1 subnets
C   1.1.1.1 is directly connected, Loopback1
2.0.0.0/32 is subnetted, 1 subnets
O   2.2.2.2 [110/65] via 172.16.0.13, 00:03:44, Serial1/0
3.0.0.0/32 is subnetted, 1 subnets
O   3.3.3.3 [110/129] via 172.16.0.13, 00:03:44, Serial1/0
4.0.0.0/32 is subnetted, 1 subnets
O   4.4.4.4 [110/129] via 172.16.0.13, 00:03:44, Serial1/0
5.0.0.0/32 is subnetted, 1 subnets
O   5.5.5.5 [110/154] via 8.8.8.8, 00:03:44, Tunnel1
    [110/154] via 8.8.8.8, 00:03:44, Tunnel2
6.0.0.0/32 is subnetted, 1 subnets
O   6.6.6.6 [110/90] via 8.8.8.8, 00:03:44, Tunnel2
    [110/90] via 8.8.8.8, 00:03:44, Tunnel1
7.0.0.0/32 is subnetted, 1 subnets
O   7.7.7.7 [110/90] via 8.8.8.8, 00:03:44, Tunnel2
    [110/90] via 8.8.8.8, 00:03:44, Tunnel1
8.0.0.0/32 is subnetted, 1 subnets
O   8.8.8.8 [110/26] via 8.8.8.8, 00:03:44, Tunnel1
    [110/26] via 8.8.8.8, 00:03:44, Tunnel2
10.0.0.0/8 is variably subnetted, 3 subnets, 2 masks
C   10.5.88.0/24 is directly connected, FastEthernet0/0
L   10.5.88.1/32 is directly connected, FastEthernet0/0
O   10.7.10.0/24 [110/26] via 8.8.8.8, 00:03:44, Tunnel1
    [110/26] via 8.8.8.8, 00:03:44, Tunnel2
172.16.0.0/16 is variably subnetted, 10 subnets, 2 masks
O   172.16.0.0/30 [110/192] via 172.16.0.13, 00:03:44, Serial1/0
O   172.16.0.4/30 [110/128] via 172.16.0.13, 00:03:44, Serial1/0
O   172.16.0.8/30 [110/128] via 172.16.0.13, 00:03:44, Serial1/0
C   172.16.0.12/30 is directly connected, Serial1/0
L   172.16.0.14/32 is directly connected, Serial1/0
O   172.16.0.16/30 [110/153] via 8.8.8.8, 00:03:44, Tunnel2
    [110/153] via 8.8.8.8, 00:03:44, Tunnel1
O   172.16.0.24/30 [110/89] via 8.8.8.8, 00:03:44, Tunnel1
    [110/89] via 8.8.8.8, 00:03:44, Tunnel2
O   172.16.0.28/30 [110/153] via 8.8.8.8, 00:03:44, Tunnel2
    [110/153] via 8.8.8.8, 00:03:44, Tunnel1
```

Figure 4.27: table de routage du routeur ZAHANA

On confirme cette configuration, avec la commande « **show mpls traffic-eng tunnels** ».

```
Config Parameters:
Bandwidth: 500      kbps (Global) Priority: 1 1 Affinity: 0x0/0x0
Metric Type: TE (interface)
AutoRoute: enabled LockDown: disabled Loadshare: 500      bw-based
auto-bw: disabled

Active Path Option Parameters:
State: dynamic path option 1 is active
BandwidthOverride: disabled LockDown: disabled Verbatim: disabled

InLabel : -
OutLabel : Serial1/0, 202
RSVP Signalling Info:
  Src 1.1.1.1, Dst 8.8.8.8, Tun_Id 1, Tun_Instance 5
RSVP Path Info:
  My Address: 172.16.0.14
  Explicit Route: 172.16.0.13 172.16.0.10 172.16.0.18 172.16.0.26
                  8.8.8.8
  Record Route: NONE
  Tspec: ave rate=500 kbits, burst=1000 bytes, peak rate=500 kbits
RSVP Resv Info:
  Record Route: NONE
  Fspec: ave rate=500 kbits, burst=1000 bytes, peak rate=500 kbits
```

Figure 4.28: affichage des paramètre du tunnel 1

```
Config Parameters:
Bandwidth: 500      kbps (Global) Priority: 1 1 Affinity: 0x0/0x0
Metric Type: TE (interface)
AutoRoute: enabled LockDown: disabled Loadshare: 500      bw-based
auto-bw: disabled

Active Path Option Parameters:
State: dynamic path option 1 is active
BandwidthOverride: disabled LockDown: disabled Verbatim: disabled

InLabel : -
OutLabel : Serial1/0, 203
RSVP Signalling Info:
  Src 1.1.1.1, Dst 8.8.8.8, Tun_Id 2, Tun_Instance 5
RSVP Path Info:
  My Address: 172.16.0.14
  Explicit Route: 172.16.0.13 172.16.0.10 172.16.0.18 172.16.0.26
                  8.8.8.8
  Record Route: NONE
  Tspec: ave rate=500 kbits, burst=1000 bytes, peak rate=500 kbits
RSVP Resv Info:
  Record Route: NONE
  Fspec: ave rate=500 kbits, burst=1000 bytes, peak rate=500 kbits
```

Figure 4.29: affichage les paramètre du tunnel 1

Après cette configuration on remarque que les deux tunnels prennent le même chemin car la bande passante qu'ils réservent leur suffit. Pour éviter ce problème on découpera le réseau en deux sous réseaux et cela en utilisant le groupe administratif. Cette solution permet un bon partage de charge.

Pour configurer cette solution, on donne la même valeur du groupe administratif au lien commun pour les deux sous réseaux et des valeurs différentes pour les autres liens.

Après cette étape, on confirme que les deux tunnels prennent deux chemins différents

La visualisation du trafic par PRTG est présentée dans les graphes ci-dessous.

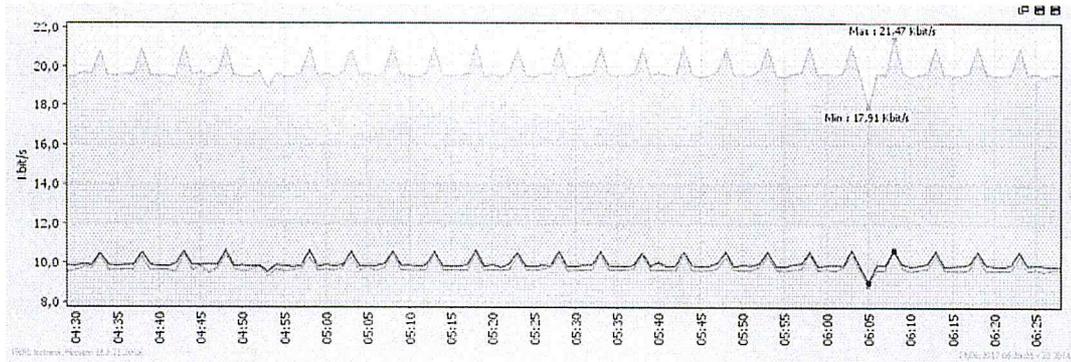


Figure 4.30: Graphe de trafic au niveau de serial 1/0 du routeur Marset

D'après ce graphe on remarque aussi qu'on a un trafic entrant de valeur maximale 21.47 kbits /s d'où on déduit que ce le trafic est envoyé par le routeur ZAHANA .

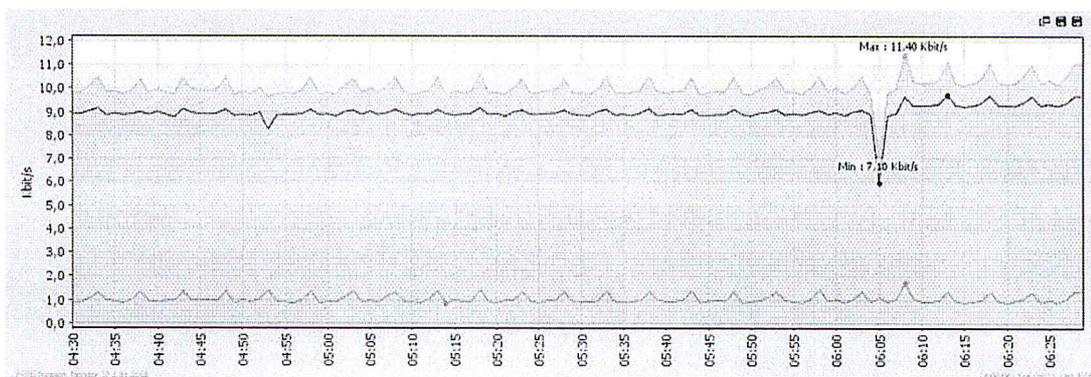


Figure 4.31 : Graphe de trafic au niveau de serial 1/1 du routeur Marset

En analysant ce graphe, l'interface s1/1 du routeur MERSAT a supporté un trafic de 11.40 kbits /s lequel était envoyé par le routeur ZAHANA D'où l'existence d'un partage de charge au niveau de routeur MERSAT

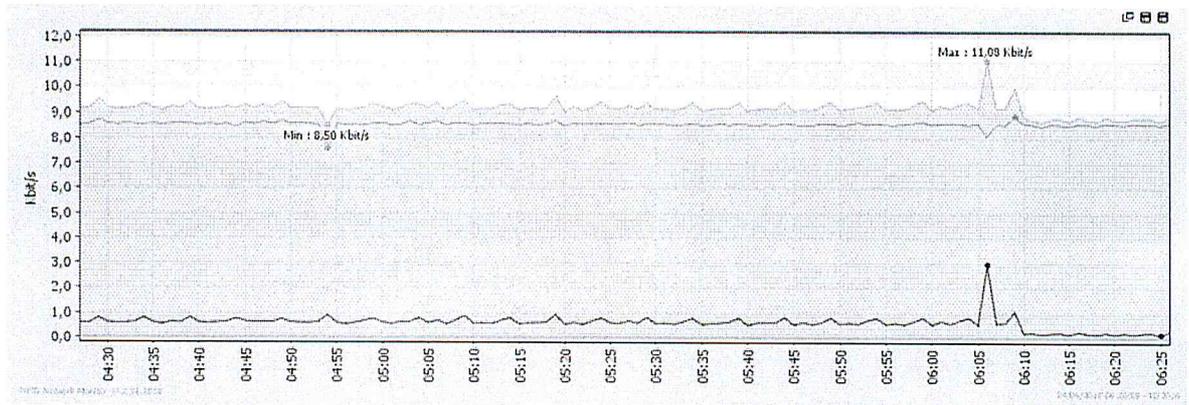


Figure 4.32 : Graphe de trafic au niveau de serial 1/2 du routeur Marset

En arrivant au graphe de l'interface s1/2 du routeur ZAHANA, on remarque que le routeur a reçu le trafic car la valeur maximale du trafic est de 11.08 ce qui signifie que il y a un partage de charge

A la fin, les trois graphes nous ont permis de confirmer que notre hypothèse relative à la capacité de partage des charges par le mécanisme MPLS TE est juste ainsi que un excluent temps de repense d'après la figure suivante

La qualité de service

Pour configurer la qualité de service il est nécessaire de passer par 4 étapes qui sont :

- Filtrage de flux
- Classification
- Création de politique
- Attachement de politique aux interfaces

Pour mettre ces étapes en œuvre nous avons effectué un filtrage au niveau des routeurs de ZAHANA et OUARGLA. Ce filtrage offre la possibilité aux paquets TCP et UDP d'aller vers le réseau.

Quant à la classification, elle permet de classer les flux entrants en deux classes : la classe TCP et UDP. Pour notre cas d'étude nous avons effectué un autre classement en deux classes à savoir INTUDPet INTTCP. Ce nouveau classement offre une

politique de priorité à l'UDP afin d'éviter les pertes de paquets. Quant au premier classement TCP et UDP, nous avons aussi appliqué une politique qui permet de changer le champ EXP de l'entête MPLS afin de pouvoir faire le deuxième classement, déjà mentionnée.

Quant à la dernière étape, nous avons opéré à un attachement des politiques aux interfaces de notre réseau.

1. Filtrage de flux

```
Zahana(config)#ip access-list extended tcp
Zahana(config-ext-nacl)# permit tcp 10.5.88.0 0.0.0.255 10.7.10.0 0.0.0.255
Zahana(config-ext-nacl)#ip access-list extended udp
Zahana(config-ext-nacl)# permit udp 10.5.88.0 0.0.0.255 10.7.10.0 0.0.0.255
```

Figure 4. 34 Filtrage de flux

2. Classification

```
Zahana(config)#class-map match-all intudp
Zahana(config-cmap)# match mpls experimental topmost 1
Zahana(config-cmap)#class-map match-all inttcp
Zahana(config-cmap)# match mpls experimental topmost 2
Zahana(config-cmap)#class-map match-any udp
Zahana(config-cmap)# match access-group name udp
Zahana(config-cmap)#class-map match-any tcp
Zahana(config-cmap)# match access-group name tcp
Zahana(config-cmap)#
```

Figure 4. 35 : Classification

3. Création de politique

```
Zahana(config-cmap)#policy-map outmpls
Zahana(config-pmap)# class intudp
Zahana(config-pmap-c)# priority percent 50
Zahana(config-pmap-c)# class inttcp
Zahana(config-pmap-c)# priority percent 30
Zahana(config-pmap-c)#policy-map inqos
Zahana(config-pmap)# class udp
Zahana(config-pmap-c)# police cir percent 50
Zahana(config-pmap-c-police)#$action set-mpls-exp-imposition-transmit 1
Zahana(config-pmap-c-police)# exceed-action drop
Zahana(config-pmap-c-police)# class tcp
Zahana(config-pmap-c)# police cir percent 50
Zahana(config-pmap-c-police)#$action set-mpls-exp-imposition-transmit 2
Zahana(config-pmap-c-police)# exceed-action drop
Zahana(config-pmap-c-police)#exit
```

Figure 4. 36 : Création de politique

4. Attachement de politique aux interfaces

```
Zahana(config-pmap-c)#int f0/0
Zahana(config-if)#service-policy input inqos
```

Figure 4.37 Attachement de politique aux interfaces

Pour confirmer la configuration, on a utilisé la commande « **sh policy-map interface f0/0** »

```
Zahana#sh policy-map interface f0/0
FastEthernet0/0

Service-policy input: ingos

Class-map: udp (match-any)
 0 packets, 0 bytes
 5 minute offered rate 0000 bps, drop rate 0000 bps
Match: access-group name udp
 0 packets, 0 bytes
 5 minute rate 0 bps
police:
  cir 50 %
  cir 50000000 bps, bc 1562500 bytes
  conformed 0 packets, 0 bytes; actions:
  set-mps-exp-imposition-transmit 1
  exceeded 0 packets, 0 bytes; actions:
  drop
  conformed 0000 bps, exceeded 0000 bps

Class-map: tcp (match-any)
 429 packets, 36143 bytes
 5 minute offered rate 3000 bps, drop rate 0000 bps
Match: access-group name tcp
 429 packets, 36143 bytes
 5 minute rate 3000 bps
police:
  cir 50 %
  cir 50000000 bps, bc 1562500 bytes
  conformed 429 packets, 36143 bytes; actions:
  set-mps-exp-imposition-transmit 2
  exceeded 0 packets, 0 bytes; actions:
  drop
  conformed 3000 bps, exceeded 0000 bps

Class-map: class-default (match-any)
 2755 packets, 246149 bytes
 5 minute offered rate 0000 bps, drop rate 0000 bps
Match: any
```

Figure 4. 38 : sh policy-map interface f0/0

On a testé cette configuration en faisant une transformation des fichiers de manière simultanée entre ZAHANA-OUARGLA d'une part et OUARGLA-ZAHANA d'autre part, en lançant un PING de 500 octets, juste après le début de transfert des fichiers dans le but de visualiser les temps de réponse avec qualité de service et sans qualité de service.

- Avec la qualité de service :

```
Statistiques Ping pour 10.7.10.10:
Paquets : envoyés = 19, reçus = 19, perdus = 0 (perte 0%),
Durée approximative des boucles en millisecondes :
Minimum = 156ms, Maximum = 435ms, Moyenne = 247ms
```

Figure 4. 39 : ping avec qualité de service

3.	(002) Serial1/0 Traffic	Disponible	OK	Somme	815 Kbit/s	★★★★★
4.	(003) Serial1/1 Traffic	Disponible	OK	Somme	426 Kbit/s	★★★★★
5.	(004) Serial1/2 Traffic	Disponible	OK	Somme	390 Kbit/s	★★★★★

Figure 4. 40: Observation des interfaces avec qualité de service

- Sans qualité de service

```
Statistiques Ping pour 10.7.10.10:
Paquets : envoyés = 22, reçus = 22, perdus = 0 (perte 0%),
Durée approximative des boucles en millisecondes :
Minimum = 380ms, Maximum = 549ms, Moyenne = 453ms
```

Figure 4. 41 : ping sans qualité de service

3.	(002) Serial1/0 Traffic	Disponible	OK	Somme	1 471 Kbit/s	★★★★★
4.	(003) Serial1/1 Traffic	Disponible	OK	Somme	615 Kbit/s	★★★★★
5.	(004) Serial1/2 Traffic	Disponible	OK	Somme	584 Kbit/s	★★★★★

Figure 4.42 : Observation des interfaces sans qualité de service

L'analyse des résultats avec ou sans qualité de service fait ressortir que le temps de réponse est meilleur lorsqu'on introduit la qualité de service. (247 contre 453 sans qualité de service) Cependant on remarque aussi que dans l'utilisation de la qualité de service le débit diminue, il passe de 10471 à 815. Cette diminution est liée à la priorité donnée aux autres protocoles.

Compte tenu que l'entreprise SONELGAZ effectue beaucoup de transfert de fichiers entre ces différents sites installés en Algérie, il est donc bénéfique pour elle d'introduire la qualité de service car cette dernière lui donne une priorité aux paquets de temps réels par rapport aux transferts des fichiers.

Conclusion :

Ce chapitre nous a permis de faire une comparaison entre les capacités qu'offre le MPLS par rapport à ceux offerts par l'OSPF. Les résultats montrent que le MPLS TE permet un meilleur partage des charges tout en évitant la saturation des liens. Comme il permet aussi un temps de réponse plus rapide que celui de l'OSPF.

De plus, nous avons constaté lors de l'utilisation de la méthode ~~statique~~ et dynamique que cette dernière présente une meilleure utilisation du fait que le réseau de SONELGAZ est très étendu.

Chapitre V : CONDUITE DU PROJET MPLS

5.1 INTRODUCTION

Intégrer le MPLS dans un grand réseau d'entreprise suppose un projet grand et parfois difficile. Le chemin est long et les résistances au changement sont rarement inexistantes, il faut au préalable s'assurer que le management de la société soutient le projet et en connaît les objectifs et les conditions. Si les orientations sont mouvantes, certaines décisions importantes peuvent être remises en question, mettant parfois en danger le projet dans sa totalité.

Ce chapitre se concentre sur la préparation du projet MPLS chez le groupe **SONELGAZ** et aborde les éléments les plus précis pour préparer à une modification en profondeur de ses méthodes de travail. Nous commençons par une description des attentes de l'entreprise lors d'implantation d'une nouvelle méthode de routage capable de contrôler et de gérer la qualité de service, ainsi la gestion des changements et des risques peuvent accompagner ce projet. Ensuite, nous continuons la description estimative de budget pour mettre en place le projet de MPLS. Enfin nous présentons les avantages clés du MPLS pour convaincre l'entreprise afin d'accepter notre projet.

5.2 Implantation d'un nouveau réseau

Le service IT propose à la direction un nouveau réseau d'entreprise qui, selon le directeur IT, sera plus fiable et plus rapide, ouvrant la voie à la convergence, soit la possibilité de traiter la voix, les données et la vidéo sur un réseau de grande performance.

Si le réseau existant fonctionne encore correctement, faut-il alors qu'il évolue vers la convergence? Pour répondre à cette question il est indispensable de comprendre les attentes de l'entreprise.

5.2.1 Attentes de l'entreprise

En vingt ans, grâce à d'importants progrès technologiques, l'utilisation de l'informatique a favorisé la transition des entreprises de l'ère industrielle à l'ère de l'information.

Ces dernières années ont clairement démontré l'importance stratégique, sinon vitale, pour toute entreprise de gérer cette ressource « informationnelle » au même titre que ses autres activités. En conséquence, il faut comprendre à quel point les entreprises dépendent de leurs infrastructures informatiques et de leurs aspects télécommunications lorsqu'elles développent des stratégies commerciales, des produits ou des services destinés à conquérir et à fidéliser des clients.

Toutes les fonctions de l'entreprise doivent être coordonnées pour lui permettre d'atteindre ses objectifs de croissance et de rentabilité afin de créer de la valeur. Le réseau informatique est au cœur de cette stratégie car la création de valeur repose également sur la disponibilité et la bonne gestion des applications et des infrastructures.

Plus les architectures informatiques sont alignés sur la stratégie, plus ils contribuent à l'avantage concurrentiel que l'entreprise doit développer.

Le but de notre projet est de montrer l'intérêt pour une grande entreprise tel que le groupe **SONELGAZ** d'investir dans un réseau MPLS de qualité et démontrer la valeur ajoutée apportée par le MPLS-TE dans un grand réseau d'entreprise. Investir dans un projet MPLS induit un changement profond et progressif au sein de la société qui le met en œuvre.

5.2.2 Gestion des changements

Le réseau informatique est soumis à l'impact d'événements intérieurs et extérieurs. Lorsqu'ils proviennent de l'intérieur, ces événements sont issus des incidents et des problèmes de configurations, ou représentent les optimisations que l'entreprise souhaite apporter en vue d'une amélioration du routage ou d'une réduction des coûts. Lorsqu'ils se manifestent depuis l'extérieur, il s'agit de modifications réglementaires et légales ou bien d'évolutions du marché.

Dans tous les cas, il convient de s'adapter pour réagir face à l'événement afin que le réseau informatique puisse continuer à fonctionner. Mais ces modifications doivent être contrôlées afin de ne pas perturber le fonctionnement de ce réseau.

La gestion du changement permet de répondre à ces événements en assurant qu'un changement réalisé sur le réseau informatique ne risque pas de le déstabiliser, ou de provoquer un impact négatif sur les engagements de niveau de service (SLA). L'objectif principal de la gestion des changements est donc de s'assurer que des méthodes et des procédures standards sont utilisées lors de l'évaluation de ces changements. Le but poursuivi est alors d'éviter une régression consécutive à l'implémentation de ces changements ou, dans le pire des cas, de minimiser l'impact des incidents qui en découlent. Les changements dans l'infrastructure informatique dans certains cas sont inéluctables dans un projet MPLS et répondent à des problèmes d'exigences imposées pour améliorer l'efficacité du routage.

Le changement au niveau de l'infrastructure réseau expose l'entreprise à un risque supplémentaire lors de sa mise en œuvre. C'est pourquoi la gestion des changements réalise une étude préalable à tous les changements afin de faciliter leurs implantations et maintenir l'équilibre délicat entre la nécessité du changement et son effet potentiellement négatif.

5.2.2.1 Accompagnement du changement

L'implantation d'un nouveau réseau MPLS entraîne systématiquement une résistance de la part des personnes qui utilisent ou administrent l'élément modifié (routage IP classique). Cette résistance au changement est naturelle et classique, mais ne doit pas être prise à la légère. Afin de traiter ce problème, les utilisateurs comme les membres de la direction informatique doivent comprendre les buts recherchés, identifier les avantages espérés, et partager la vision de la nouvelle organisation, afin de percevoir le changement comme souhaitable et nécessaire. La présentation de ces changements demande une approche progressive et doit conduire à leur acceptation par les différents intervenants du projet.

5.2.2.2 Bilan du changement

Après l'implantation de ce changement, il est nécessaire de faire un bilan de l'impact et de la réussite de cette évolution de la méthode de routage.

Ce bilan peut éventuellement se faire après une période de temps prédéfinie permettant de valider l'impact dans le temps. Ce bilan doit estimer l'effet réel du changement sur le réseau en le confrontant avec l'hypothèse de départ, et valider qu'aucun effet de bord n'est à redouter. Il doit également établir si le changement a été mis en place dans les temps et les coûts prévus initialement.

En tout état de cause, le bilan doit s'assurer de la satisfaction des utilisateurs et des clients après la mise en place du changement, ou dans le cas contraire, si le scénario de retour arrière s'est réalisé correctement.

5.3 Cycle d'implantation MPLS

Les phases du cycle, ici au nombre de six, correspondent toutes à une étape clé de la prise de vision de l'entreprise, puis de l'implantation de MPLS comme technologie associée dans les cœurs de réseaux. Comme le montre la [figure V.1] chacune de ces étapes répond à une question fondamentale et fixe ainsi le cahier des charges de l'implantation. Les objectifs spécifiques de l'implantation de MPLS sont alignés continuellement sur les objectifs plus globaux de l'entreprise.

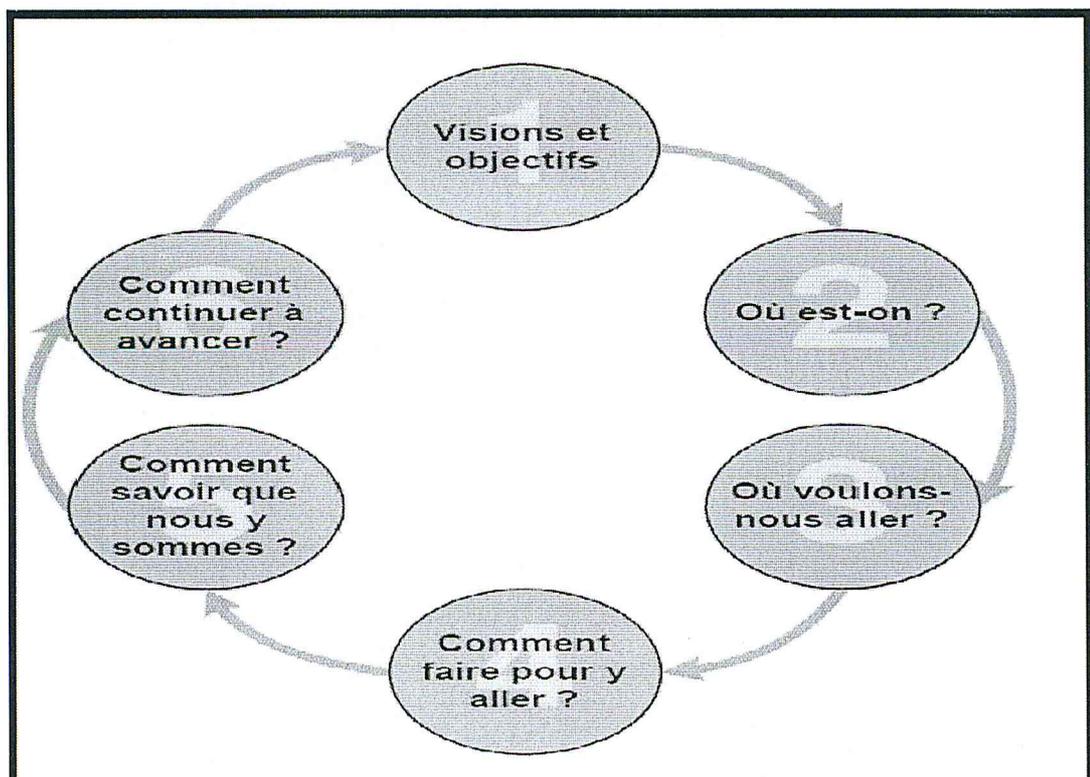


Figure 5.1 : Cycle de planification de l'implantation de MPLS

Quel est le but à atteindre ?

Cette étape est celle de la définition des objectifs. Répondre à cette question de fixer la vision et les objectifs métiers idéaux aux yeux de l'entreprise, et surtout de déterminer en quoi les capacités des réseaux aideront l'entreprise à atteindre ces objectifs. Pour éviter de partir de zéro lors de cette étape, une solution de commutation de labels consisterait à employer le routage MPLS sur diverses technologies de niveau 2 existants.

Où se trouve-t-on actuellement ?

La seconde étape s'interroge sur le niveau de maturité atteint par l'entreprise en général, la direction réseau informatique en particulier. Il s'agit également de comprendre en quoi l'organisation actuelle diffère de celle proposée par MPLS, et si un manque de compétence ou de ressource entraîne des difficultés. L'évaluation de ce niveau aide à quantifier l'effort à fournir pour remplir les objectifs énoncés précédemment.

C'est une étape complexe portant sur des sujets très différents comme la vision à long terme, les processus de routage, la culture de service, les apports de la technologie et bien sûr la dimension humaine comme la formation. C'est réellement l'étape de la prise de conscience qui demande l'utilisation de techniques d'entretiens. Pour cette raison, une attention particulière sera apportée à la communication sur les bénéfices attendus par cette nouvelle architecture informatique sur l'entreprise par le biais de séminaires, réunions, ou journal d'entreprise.

Où voulons-nous aller ?

Cette troisième étape est l'occasion de définir plus précisément les objectifs, le rôle et les caractéristiques de l'implantation de MPLS au sein de la direction informatique, afin qu'elle soutienne plus efficacement l'activité de l'entreprise.

C'est le moment où l'on définit les objectifs de performance et les métriques du projet qui valideront les progrès accomplis.

C'est également la phase d'évaluation des moyens à employer pour parvenir aux résultats envisagés dans les étapes précédentes.

Cette étape analyse les besoins de façon détaillée, quantifie les ressources et la charge de travail, afin de produire le plan du projet d'implantation des nouveaux

processus de routage, dans lequel est expliqué comment les changements vont être réalisés, où commencer et quel élément essentiel doit prendre en compte le projet.

Comment atteindre notre but ?

La quatrième étape correspond à la mise en œuvre des modifications et configurations concernant la commutation de labels et à la mesure de leur efficacité, c'est-à-dire au moment de développer ou d'améliorer les méthodes de routage, puis d'adapter ou d'installer les outils informatiques destinés à les soutenir.

Ensuite, arrivent la rédaction de documents de référence et la formation du personnel impliqué dans la mise en place de ces configurations.

Enfin, une phase de tests, puis de validation doivent mettre à l'épreuve le bon fonctionnement de routage, et vérifier qu'ils répondent bien aux objectifs fixés par l'entreprise.

Comment savoir si le but fixé a été atteint ?

La cinquième étape consiste à identifier et à mettre en place un ensemble de métriques pour évaluer le progrès et la performance du routage.

Ceux-ci doivent être régulièrement mesurés, contrôlés et passés en revue à chaque étape du projet afin d'en assurer le succès.

Il est important d'inclure des mesures qui touchent directement aux avantages procurés à l'entreprise et des améliorations de la qualité de service. Ces revues et contrôles sont l'occasion de vérifier que les services fournissent ce que les utilisateurs attendent, en comparant les niveaux d'activité réels avec les prévisions. Cette évaluation peut également se faire lors d'une enquête de satisfaction du personnel à l'égard du service. Tout ceci permet de déterminer les bénéfices obtenus par la nouvelle organisation.

Comment continuer le cycle ?

La sixième étape, qui ne doit pas être la dernière, est la plus difficile à mettre en place, puisqu'il s'agit de l'étape de bouclage.

En effet, dans la perspective d'amélioration continue, il est nécessaire de revenir à la première étape afin de revoir ce qui a été réalisé, les difficultés rencontrées, et de réfléchir à la façon de l'améliorer.

Le bouclage correspond donc à la surveillance, la révision et l'ajustement de l'efficacité du routage en fonction des mesures obtenues précédemment. C'est le

moment où l'on peut réviser les différentes parties du projet comme les étapes et le mode de gestion du projet lui-même.

Il faut en effet toujours se rappeler au cours de toutes les activités du processus, que le message clé est les améliorations comprennent de vrais avantages pour l'entreprise.

5.4 Gestion des risques

Il est important d'estimer en permanence quels risques sont susceptibles d'avoir un impact sur le succès du projet pour chaque phase de cycle d'implantation d'MPLS.

Pour une bonne gestion des risques, tous les membres du projet doivent s'exprimer sur le sujet, qui ne doit pas devenir un domaine réservé du management.

Les personnes directement impliquées sur certaines tâches perçoivent mieux les risques importants. Chaque chef d'équipe peut donc rassembler les risques perçus par son équipe, même ceux qui se situent au-delà de la responsabilité personnelle de chacun.

Lorsqu'on traite pour la première fois une solution technique, on n'est pas certain de respecter une exigence de performance avec une technologie donnée, ou encore on s'inquiète de la qualité de l'architecture d'un composant.

Les exemples de risques sont donc très nombreux. Dans tout projet, il convient d'éliminer au plus tôt les risques les plus importants. Cela permet de fiabiliser les projections en éliminant les facteurs d'incertitude mais aussi de trouver des solutions de remplacement si un problème apparaît comme bloquant. Le risque est un facteur décisif dans l'attribution des priorités des tâches.

Dans notre projet «MPLS-TE», la simulation constitue une technique souvent utilisée pour évaluer les performances des systèmes informatiques, et minimiser le plus possible les différents risques, puisqu'elle permet d'évaluer le système sous plusieurs conditions et configurations.

5.5 Budget estimatif

La définition des budgets est comme toujours primordiale. Il faut bien sûr que le budget puisse satisfaire aux ambitions et objectifs de la société.

La budgétisation correspond à la prévision des dépenses dans une organisation concernant un projet bien-défini, puis au suivi de ces dépenses afin de s'assurer que

les coûts réels correspondent aux coûts prévisionnels, et d'éviter ainsi les dérapages budgétaires.

5.5.1 Matériel

Dans l'estimation des ressources à mettre en œuvre, il est important de considérer également le matériel supplémentaire à acquérir en vue de l'installation des applications de gestion des processus, ou destiné à délivrer des informations à ces applications. Parmi ces matériels, on trouve notamment les serveurs dédiés en vue de l'hébergement des applications, les bases de données de configuration, on trouve également les outils d'analyse des pannes, d'audit des configurations.

Dans notre cas les routeurs utilisés dans le Backbone des réseaux IP du groupe SONELGAZ sont de marque **Huawei Technologies** (NE16 et NE 40), permettant d'introduire les commandes de la sécurité, (Virtual Private Network), la fiabilité, la qualité de service apporté par le support de l'MPLS. Cela permet d'améliorer l'architecture existante au niveau du Backbone sans besoin d'acquérir de matériel supplémentaire.

5.5.2 Sécurité

La gestion de la sécurité informatique est le processus permettant de gérer un niveau défini de sécurité des services informatiques, de l'infrastructure et de l'information qui y transite.

Ce processus prend en compte les évolutions des besoins métier inhérentes aux marchés ou à la législation, les modifications du système d'information et des éléments d'architecture informatique, mais également l'évolution des menaces.

La direction générale de l'entreprise est responsable devant les clients et les actionnaires de la sécurité et doit définir la politique de sécurité de l'entreprise.

L'une des applications les plus importantes de la technologie MPLS est de pouvoir créer des réseaux privés virtuels VPN (Virtual Private Network) sur un réseau physique partagé. Un réseau privé est dit virtuel lorsque sur une infrastructure partagée (réseau public ou privé) on développe des mécanismes tels que les

communications ne soient possibles qu'entre les clients d'un même réseau privé virtuel (VPN).

Donc un réseau virtuel VPN MPLS peut être totalement sécurisé sans mettre en place beaucoup d'équipements de sécurité.

5.5.3 Formation du personnel de projet

Points importants à ne pas négliger, la formation et éventuellement la certification de personnel aux processus MPLS semblent particulièrement importants dans le cadre d'une implantation MPLS. Tant du point de vue de la compréhension des concepts principaux que de l'acquisition d'un vocabulaire commun, la formation donne à tous les acteurs un niveau de connaissance minimal pour mener à bien ce projet d'ampleur pour l'entreprise.

Concernant les personnes à prendre en compte, il semble indispensable d'assurer les formations aux différents responsables de la direction informatique, ainsi qu'aux intervenants principaux (administrateurs réseau).

La durée consacrée à la formation ou à la sensibilisation

Pour répondre à cette question, il convient surtout de s'interroger sur la maturité de l'entreprise à la gestion des services informatiques, c'est-à-dire sur l'ampleur des compétences à acquérir.

Il existe plusieurs techniques de formation et plusieurs publics potentiels pour ces formations.

La première technique, la plus large, est celle du séminaire de présentation.

Cette étape se déroule généralement sur une durée de deux jours maximum pendant lesquels un grand nombre de personnes sont sensibilisées.

Un intervenant extérieur ou parfois de la société présente devant le groupe les grands concepts de MPLS. Le risque de cette technique reste que les participants peuvent ne pas se sentir réellement impliqués, et ils doivent donc seulement être motivés.

Le public visé est large, et couvre l'ensemble du personnel informatique, personnel d'encadrement et non-cadre. En tout état de cause, ce type de session n'est pas nécessairement limité aux informaticiens.

La seconde technique, qui est de loin la plus classique, est celle de la formation traditionnelle en groupes plus réduits. Elle est plus destinée aux personnes qui

mettront en œuvre directement les processus MPLS et en particulier les administrateurs réseau et chefs de projet. Ce type de session se déroule en général sur une période de trois à cinq jours et dépend essentiellement du niveau de compétence recherché.

Une autre technique envisageable consiste à mettre en place un système de *coaching* lors du projet. Celui-ci peut-être externe sous forme de conseil plus orienté vers les décideurs, mais également sous forme d'un *coaching* de projet ou plus opérationnel. La durée envisageable sur ce type de prestation est très variable et peut aller de quelques jours à plusieurs mois.

5.6 Comment justifier les investissements budgétaires

La principale justification à la mise en place de MPLS est la réduction des coûts liés à l'amélioration de réseau informatique comme surdimensionnement. Il est dommage de n'envisager MPLS que par ce biais, mais c'est en général comme cela que sont justifiés ces projets.

En effet, les gains de productivité ou même l'amélioration de la qualité des services se traduit rapidement par des économies financières. En conséquence, ce point reste le meilleur candidat à la justification d'MPLS.

5.7 Comment convaincre l'entreprise pour la mise en place le réseau MPLS

Faire accepter le projet MPLS revient souvent à convaincre les personnes qui vont le mettre en œuvre d'une part, mais également les personnes qui vont le financer.

Le credo de MPLS est de remplacer les traitements longs et complexes associés au reliage de paquets IP par un traitement plus simple. Cette simple proposition est déjà un projet en soi. En effet, le préalable à cela consiste à faire motiver de nombreux informaticiens que l'ensemble des architectures de communication est en train de converger vers une architecture globale fondée sur IP : les réseaux de nouvelle génération (NGN : Next Generation Networks).

La convergence des réseaux multiservices nécessite une optimisation de l'utilisation des ressources pour limiter les coûts d'investissement, une garantie stricte de la qualité de service et une disponibilité élevée. A tous ces besoins s'ajoute celui de

limiter les coûts d'exploitation. Des mécanismes d'ingénierie de trafic s'avèrent alors nécessaires pour répondre à tous ces besoins.

De nombreuses méthodes d'ingénierie de trafic pour les réseaux IP ont été proposées. L'utilisation de l'architecture MPLS est l'une d'elles, car elle s'avère bien adaptée aux objectifs d'ingénierie de trafic.

Implanter MPLS implique un grand projet et parfois difficile. Le chemin est long et les résistances au changement sont rarement inexistantes.

L'entreprise doit se préparer à une modification en profondeur de ses méthodes de travail.

Pour y parvenir, l'ensemble du personnel, et en particulier les dirigeants de l'entreprise et les administrateurs réseaux, doivent être sensibilisés aux enjeux et aux grands concepts de MPLS.

Le manque d'implication des responsables du projet ou de la direction générale est rapidement perçu par les différents intervenants, avec des conséquences néfastes sur la motivation de l'équipe, ou l'apparition d'une résistance au changement.

Afin de percevoir le changement comme souhaitable il est nécessaire d'identifier les avantages espérés de ce projet et montrer l'intérêt pour une grande entreprise tel que le groupe SONELGAZ d'investir dans un réseau MPLS de qualité et démontrer la valeur ajoutée apportée par le MPLS-TE dans un grand réseau d'entreprise.

Atouts de MPLS

✓ L'utilisation de la technologie MPLS permet de s'adapter aux objectifs d'ingénierie de trafic. L'ingénierie de trafic regroupe l'ensemble des méthodes de contrôle du routage permettant d'optimiser l'utilisation des ressources, tout en garantissant la qualité de service (bande passante, délai...). L'objectif des mécanismes d'ingénierie de trafic est de maximiser la quantité de trafic pouvant transiter dans un réseau afin de retarder au maximum les investissements (réduction des coûts concernent le surdimensionnement) tout en maintenant la qualité de service.

✓ Avec l'ingénierie de trafic, l'autre grande application de MPLS est la possibilité de créer des réseaux privés virtuels (appelés par la suite VPN : *Virtual Private Network*) utilisant MPLS comme mode de transport. L'avantage découlant de l'utilisation de MPLS est la possibilité de ne pas avoir à chiffrer les

données lors de leur transport tout en garantissant leur confidentialité, ce qui permet de simplifier les coûts de gestion et d'opération. C'est le but primordial d'un VPN.

✓ Afin d'assurer une bonne disponibilité des réseaux IP et de répondre aux exigences fortes de sécurisation des services temps réel (voix, visioconférence), il devient également primordial de disposer de mécanismes de reroutage rapide sur pannes de liens et de nœuds. La technologie MPLS-TE permet de répondre à ces exigences de sécurisation. Le mécanisme MPLS-TE Fast Reroute consiste à protéger des tunnels primaires par des tunnels de secours préétablis. En cas de panne d'un élément de réseau (lien ou nœud), le trafic d'un tunnel primaire est rapidement basculé, en moins de 100 ms, sur un tunnel de secours.

✓ MPLS permet le passage à l'échelle (scalabilité) par l'utilisation des méthodes de routage par tunnels. La scalabilité est la capacité du système à s'adapter à un nouvel environnement sans mettre en cause ses performances. Elle représente sa capacité à fonctionner correctement et à évoluer en cas de montée en charge. Elle est nécessaire lorsqu'on veut s'adapter aux caractéristiques variables des ressources manipulées, ainsi qu'à la diversité des services visés. En effet, un système est dit scalable si l'augmentation de processus entraîne une augmentation proportionnelle des performances, car il pourrait offrir un redimensionnement selon les besoins des applications.

✓ Un autre argument militant en faveur de la commutation de labels est sa capacité à **valoriser les investissements en équipements ATM** (Asynchronous Transfer Mode) ou **Frame Relay** déjà effectués par les opérateurs. En effet, le traitement d'un paquet devient relativement simple et peut être le fait d'un simple commutateur à peine modifié. Il suffit de placer le label dans les champs contenant les étiquettes de commutation propres à chaque technologie de niveau 2.

Les points étudiés permettent de dégager plusieurs perspectives directement liées à l'évaluation de performances de la qualité de service dans les réseaux IP/MPLS du groupe SONELGAZ avec un coût minimal.

5.8 Conclusion

Les avantages que l'entreprise peut tirer de la mise en place MPLS sont multiples, globalement, elles permettent d'obtenir des services plus proches des besoins de l'entreprise et qui répondent à ce qu'elle attend en termes de qualité de service et de coûts. De plus, on constate également une meilleure communication entre le service informatique et le reste de l'entreprise.

Dans ce chapitre, nous avons entamé une étude manageriel sur le projet de mise en place MPLS.

Dans un premier temps, nous avons expliqué les attentes de l'entreprise de ce projet.

Dans un second temps, nous avons présenté la gestion de changement dans tel projet et les risque qui peuvent menacer ce type de projet.

Finalement nos avons parlé sur la méthode à suivre pour convaincre l'entreprise SONELGAZ des avantages du MPLS et par conséquent la motiver de l'adopter comme réseau de base pour la gestion de ses ressources.

Conclusion
générale

Conclusion générale

Conclusion générale :

Ces dernières années, le MPLS-TE est déployé par plusieurs opérateurs de réseau IP pour mieux optimiser l'utilisation de leurs ressources en bande passante. Aujourd'hui, il occupe une place primordiale dans les entreprises surtout avec l'évolution de la gestion des réseaux informatiques.

Afin de mieux comprendre comment l'entreprise gère ces réseaux, nous avons réalisé ce projet de fin d'études au sein de la filiale ELIT du groupe SONELGAZ ayant pour objectif l'amélioration des capacités du routage réseau existant, et l'optimisation des ressources et du temps de traitement des paquets, en installant un backbone MPLS-TE.

La technologie MPLS possède des avantages comparés aux autres protocoles et technologies réseaux existants. Parmi ceux-ci, nous avons relevé les fonctionnalités de la commutation par label, la possibilité d'établir des chemins à qualité de service, la coexistence de stratégies de routage dynamique et de routage statique. La compétence d'ingénierie de trafic s'impose progressivement aux grands opérateurs.

Le travail que nous avons réalisé au sein du groupe SONELGAZ et sa filiale informatique ELIT, nous a permis de concrétiser et d'approfondir nos connaissances théoriques en ce qui concerne la technologie MPLS TE acquises durant la période d'études, dans un domaine réel de travail.

Les principaux résultats auxquels nous avons abouti sont :

- La technologie MPLS-TE permet de mieux répartir les charges sur les liens de réseau, donc cette dernière ne le répartit pas de la même manière que l'OSPF.
- L'utilisation de la technologie MPLS-TE au sein du groupe SONELGAZ permet d'augmenter la rapidité de routage.
- L'exploitation de MPLS-TE contribue à la réduction de la congestion dans le réseau du groupe SONELGAZ.

Conclusion générale

- La qualité de service permet de donner aux paquets de temps réel

Donc l'apport du MPLS est vraiment très important d'être exploité par n'importe quelle entreprise dans le domaine du réseau informatique, et spécialement dans le cas particulier du groupe SONELGAZ.

Au final, nous estimons que les objectifs de cette étude sont atteints, et que ce travail de recherche nous a été très bénéfique et enrichissant

Références bibliographiques

- [1] ATHMANI Samir; Protocole de sécurité pour les réseaux de capteurs sans fil ; mémoire de magistère ; P : 9-13; 2010.
- [2] Ernest EYEME LUNDU ; Etude de la mise en place d'un reseau LAN avec connexion internet ; mémoire 2014 .
- [3] Guy PUJOLLE, Les Réseaux, 3^e Edition mise à jour, Edition Eyrolles, Paris, 2000, P23
- [4] <http://www-l2ti.univ-paris13.fr/~zhang/contenu/TP3-rip.pdf> / PROTOCOLE DE ROUTAGE TRAVAUX PRATIQUE : Routage Dynamique RIP sur CISCO ; ZHANG Tuo
- [5] <https://www.slideshare.net/ELAMRIELHASSAN/cours-les-technologies-wan>
- [6] <http://www.frameip.com/mpls/>
- [7] Etude et optimisation d'un backbone IP/MPLS, N. Saâda(2014), thèse de master
- [8] Étude, conception et déploiement des technologies d'ingénierie de trafic sur l'infrastructure de production MPLS de RENATER, N. GARNIER(2013), thèse d'ingénieur
- [9] Étude, conception et déploiement des technologies d'ingénierie de trafic sur l'infrastructure de production MPLS de RENATER, N. GARNIER(2013), thèse d'ingénieur

