

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE  
SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE M'HAMED BOUGARA-BOUMERDES



Faculté de Technologie

Département Ingénierie des Systèmes Electriques

**Mémoire de Master**

Présenté par

**HARICHANE HICHEM**

**&**

**ARRIBET RABAH**

**Filière : Télécommunications**

**Spécialité : Réseaux et Télécommunications**

---

**EVPN via MPLS**  
**(Ethernet Virtual Private area Network via Multiprotocol**  
**Label Switching)**

---

**Soutenu le 29/07/2021 devant le jury composé de:**

Messaoudi	Noureddine	MCA	UMBB	Président
Haroune	Radia	MAA	UMBB	Examineur
Akliouat	Hacene	MAA	UMBB	Rapporteur

**Année Universitaire : 2020/2021**



# Résumé

---

Le multi-homing consiste à connecter un hôte ou un réseau informatique à plusieurs réseaux. Cela peut être fait pour augmenter la fiabilité ou les performances afin de pouvoir bénéficier totalement de ce privilège le Protocol VPLS doit être remplacé à cause des limitations qu'il peut montrer concernant cette solution, pour cela *l'EVPN-MPLS* est la solution idéale pour ce travail. Ce mémoire a pour but de présenter les avantages de EVPN-MPLS par rapport au VPLS, ainsi que de réaliser une recherche par l'intermédiaire d'un LAB que nous avons établie pour tester la fiabilité de cette solution.

**Mots-clés : Multi-homing, VPLS, EVPN, MPLS.**

## Abstract

---

Multi-homing consists of connecting a host or a computer network to several networks. This can be done to increase reliability or performance in order to be able to fully benefit from this privilege the VPLS Protocol must be replaced due to the limitations it may show regarding this solution, for this the EVPN-MPLS is the ideal solution for this works. This thesis aims to present the advantages of EVPN-MPLS over VPLS, as well as to carry out research through a LAB that we have designed to test the reliability of this solution.

**Keywords: Multi-homing, VPLS, EVPN, MPLS.**

## ملخص

---

يسمح نظام التوجيه المتعدد من توصيل مضيف أو شبكة كمبيوتر بالعديد من الشبكات. يمكن القيام بذلك لزيادة الموثوقية أو الأداء، لكن من أجل الاستفادة الكاملة من هذه الخدمة يجب استبدال بروتوكول VPLS بسبب القيود التي قد يبيدها عندما يؤول الأمر لهذا الحل الذي يحمل اسم Multi-homing، لذلك فإن EVPN-MPLS هو الحل المثالي لهذه الأعمال. تهدف هذه الأطروحة إلى تقديم مزايا EVPN-MPLS على VPLS ، بالإضافة إلى إجراء البحث من خلال LAB الذي أنشأناه لاختبار موثوقية هذا الحل.

**الكلمات الدالة : Multi-homing, VPLS, EVPN, MPLS .**

## Remerciements:

Nous tenons en premier lieu à remercier le bon dieu qui nous a donné de la patience, le courage et la volonté pour pouvoir terminer nos études avec succès et finir ce modeste travail.

On tient à remercier respectivement notre promotrice, Madame Mechid Samira, pour le temps qu'elle a consacré à nous' apporter les outils méthodologiques indispensables à la conduite de cette recherche. Son exigence nous a grandement stimulés.

Nous adressons nos sincères remerciements à tous nos professeurs, qui nous ont fourni pendant ces cinq années universitaires les outils nécessaires à la réussite de nos études universitaires.

Nous voudrions exprimer notre reconnaissance envers Monsieur Tadjine Rabeah qui nous a encadré durant notre travail et nous a fournis la puissance machine nécessaire à l'accomplissement de notre LAB.

Les mots nous manquent pour exprimer notre profonde reconnaissance à notre tendre famille pour l'amour, la patience et le sacrifice qu'ils nous ont donné durant tout ce travail.

Enfin, on adresse nos plus sincères remerciements à tous nos proches et amis, qui, nous ont toujours soutenus et encouragés au cours de la réalisation de ce mémoire.

# Sommaire

---

Résumé.....	I
Remerciements.....	II
Sommaire.....	III
Liste des figures.....	IV
Liste des tableaux.....	V
Liste des abréviations.....	VI
Introduction générale.....	VII
Chapitre 1: L'étude de l'existant.....	1
1.1 Introduction.....	1
1.2 Etude de l'existant.....	1
1.3 Structure du réseau RMS d'Algérie Télécom.....	1
1.4 Multi Protocol Label Switching.....	2
1.5 Intérêt des réseaux MPLS.....	3
1.6 Les avantages des réseaux MPLS pour les entreprises.....	4
1.7 Architecture de MPLS.....	4
1.8 Principe de réseau MPLS.....	5
1.9 Principe de fonctionnement de MPLS.....	6
1.9.1 Label Switched Path (LSP).....	7
1.9.2 Resource Reservation Protocol.....	8
1.9.3 Protocole LDP :.....	8
1.9.4 Notions de VRF (Virtual Routing and Forwarding Table).....	9
1.9.4.1 Route Distinguisher (RD).....	10
1.9.4.2 Route Target (RT).....	10

1.9.5	BGP (Border Gateway Protocol).....	11
1.9.5.1	Voisins BGP (Peers) .....	11
1.9.5.2	MP-BGP .....	12
1.9.6	Protocole IS-IS .....	12
1.9.6.1	Fonctionnement IS-IS .....	13
1.9.6.2	Identification du SI.....	13
1.9.6.3	Types de PDU IS-IS.....	14
1.9.6.4	Types de circuits pris en charge par IS-IS .....	15
1.9.7	Conclusion .....	15
<b>Chapitre 2 : EVPN multihoming.....</b>		<b>17</b>
2.1	Introduction .....	17
2.2	Ethernet VPN .....	17
2.3	Les avantages d'EVPN .....	19
2.4	Les inconvénients d'EVPN.....	19
2.5	Les modes EVPN .....	19
2.6	Concepts de multi-homing EVPN.....	21
2.7	Types d'EVPN .....	23
2.7.1	EVPN-VXLAN .....	24
2.7.2	EVPN-PBB: .....	24
2.7.3	EVPN-ETREE :.....	25
2.7.4	EVPN-MPLS :.....	26
2.8	Normes EVPN prise en charge .....	27
2.9	EVPN-MPLS multihoming.....	29
2.10	Mode de fonctionnement d'EVPN Multihoming .....	30
2.11	Conclusion .....	31
<b>Chapitre 3 : Simulation EVPN-MPLS.....</b>		<b>33</b>
3.1	Introduction :.....	33

3.2	Description de l'application :	33
3.3	Outils utilisés :	34
3.4	Simulation de solution d'EVPN-MPLS:	34
3.4.1	Topologie :	34
3.4.1.1	Table d'adressage :	35
3.4.2	Configuration des différentes parties de l'architecture :	36
3.4.2.1	Configuration des interfaces :	36
3.4.2.2	Configuration de l'IS-IS :	38
3.4.2.3	Configuration MP-BGP :	40
3.4.2.4	Configuration MPLS :	41
3.4.2.5	Configuration RSVP :	42
3.4.2.6	Configuration VRF :	43
3.4.2.7	Configuration LSP :	44
3.4.2.8	Configuration EVPN :	45
3.4.3	Affichage des résultats de la configuration :	47
3.4.3.1	Affichage résultat de la configuration des interfaces :	47
3.4.3.2	Affichage résultat de la configuration d'ISIS :	48
3.4.3.3	Affichage résultat de la configuration de MPBGP :	49
3.4.3.4	Affichage résultat de la configuration du MPLS :	50
3.4.3.5	Affichage résultat de la configuration de RSVP :	51
3.4.3.6	Affichage résultat de la configuration d'EVPN :	52
3.4.3.7	Affichage des tables de routages EVPN :	56
3.5	Conclusion	59
	Conclusion Générale :	60
	Bibliographie :	61

# Liste des figures

---

Figure 1: Architecture du Backbone AT.....	2
Figure 2: Architecture de MPLS.....	5
Figure 3: MPLS Network.....	5
Figure 4: LSR-LER Architecture.....	6
Figure 5: MPLS Principe de fonctionnement.....	7
Figure 6: Principe de fonctionnement de LPS.....	7
Figure 7: RSVP architecture.....	8
Figure 8: LDP architecture.....	9
Figure 9: VRF notion.....	10
Figure 10: Border Gateway Protocol.....	11
Figure 11: IS-IS architecture.....	13
Figure 12: Identification du SI.....	13
Figure 13: Type de PDU IS-IS.....	14
Figure 14: EVPN-MPLS.....	18
Figure 15: BGP MPLS-EVPN.....	18
Figure 16: EVPN Single-homing.....	20
Figure 17: EVPN Multihoming.....	20
Figure 18: EVPN Multihoming Concepts.....	21
Figure 19: EVPN-VXLAN.....	24
Figure 20: Provider Backbone Bridge EVPN.....	25
Figure 21: EVPN-MPLS Architecture.....	26
Figure 22: Fonctionnement d'EVPN Multihoming.....	30
Figure 23: Topologie EVPN-MPLS.....	35
Figure 24: Configuration des interfaces du backbone IP/MPLS.....	36
Figure 25: Configuration des interfaces des clients (CEs).....	37
Figure 26: Configuration du protocole IS-IS.....	38
Figure 27: Configuration du protocole IS-IS.....	39
Figure 28: Configuration du protocole MP-BGP sur (PEs).....	40
Figure 29: Configuration de MPLS sur (PEs).....	41
Figure 30: Configuration de RSVP sur (PEs).....	42
Figure 31: Configuration des VRFs.....	43
Figure 32: Configuration des LSPs sur (PEs).....	44
Figure 33: Configuration EVPN Actif-Actif.....	45
Figure 34: Configuration EVPN Actif-veille.....	46
Figure 35 Résultats de configuration des interfaces.....	47
Figure 36: Résultats de la configuration IS-IS.....	48
Figure 37: Résultats de la configuration de MP-BGP.....	49
Figure 38: Résultats de la configuration de MPLS.....	50
Figure 39: Résultats de la configuration de RSVP.....	51
Figure 40: Résultats de la configuration EVPN (PE3).....	52
Figure 41: Résultats de la configuration EVPN (PE2).....	53
Figure 42: Résultats de la configuration EVPN (PE1).....	54

Figure 43: Table de routage EVPN (PE2).....	56
Figure 44: Table de routage EVPN (PE3).....	57
Figure 45: Table de routage EVPN (PE1).....	58

## Liste des tableaux

Tableau 1: Table d'adressage.....	35
-----------------------------------	----

# Liste des abréviations

---

<i>ARP</i>	<i>Address Resolution Protocol.</i>
<i>AS</i>	<i>Autonomous System.</i>
<i>AT</i>	<i>Algérie Télécom.</i>
<i>ATM</i>	<i>Asynchronous transfer modus.</i>
<i>BGP</i>	<i>Border Gateway Protocol.</i>
<i>ELSR</i>	<i>Edge Label Switching Router.</i>
<i>ESI</i>	<i>Identificateur de segment Ethernet.</i>
<i>EVPN</i>	<i>Ethernet virtual private area network.</i>
<i>FIB</i>	<i>Forwarding Information Base.</i>
<i>IETF</i>	<i>Internet Engineering Task Force.</i>
<i>IP</i>	<i>Internet Protocol.</i>
<i>IS-IS</i>	<i>Intermediate System to Intermediate System.</i>
<i>LDP</i>	<i>Label Distribution Protocol.</i>
<i>LFIB</i>	<i>Label Forwarding Information Base.</i>
<i>LIB</i>	<i>Label Information Base.</i>
<i>LLDP</i>	<i>Link Layer Discovery Protocol.</i>
<i>LSP</i>	<i>Label Switched Path.</i>
<i>LSR</i>	<i>Label Switching Router.</i>
<i>MP-BGP</i>	<i>Multiprotocol BGP.</i>
<i>MPLS</i>	<i>Multiprotocol Label Switching.</i>
<i>NET</i>	<i>Network Entity Title.</i>
<i>OSI</i>	<i>Open System Interconnection.</i>

***OSPF*** ..... ***Open Shortest Path First.***

***PBB*** ..... ***Provider Backbone Bridge.***

***QoS*** ..... ***Quality of Services.***

***RD*** ..... ***Route Distinguisher.***

***RMS*** ..... ***Réseau Multiservices.***

***RSVP*** ..... ***Reservation Protocol.***

***RT*** ..... ***Route Target.***

***VLAN*** ..... ***Virtual Local Area Network.***

***VPLS*** ..... ***Virtual Private LAN Service.***

***VPN L*** ..... ***Virtual Private Network Layer.***

***VRF*** ..... ***Virtual Routing and Forwarding.***

***VXLAN*** ..... ***Virtual Extensible LAN.***

## Introduction générale :

Dans les réseaux à grande échelle le protocole MPLS (*Multiprotocol Label Switching*) est une solution très importante et très efficace, elle est utilisée afin de fournir une meilleure qualité de service en optimisant et accélérant le trafic réseau, et ce qui peut rendre cette solution plus fiable c'est la méthode du multi-homing EVPN-MPLS (*Ethernet virtual private area network-MPLS*) qui nous permet de dépasser les limitations de son altérant VPLS (*Virtual Private LAN Service*), sa mission principale est de fournir une connectivité pontée multipoint virtuelle entre différents domaines de couche 2 sur un réseau IP/MPLS.

Cela nous mène à poser les questions suivantes, Que ce que L'EVPN-MPLS et quelle est son principe de fonctionnement ? Quelle sont ses avantages par rapport VPLS ? Et comment peut-on l'intégrer sur notre réseau existant ?

L'objectif de ce travail est de mettre en clair les avantages de l'EVPN-MPLS et de démontrer la façon idéale pour l'intégrer dans les réseaux MPLS actuels.

Notre mémoire se divise en trois chapitres :

Chapitre 1 : Ce chapitre représente une introduction au monde des réseaux MPLS et de ces protocoles avec une étude des architecture réseaux MPLS existant d'Algérie télécom.

Chapitre 2 : Ce deuxième chapitre consiste à présenter la solution EVPN-MPLS et à décrire ses avantages, inconvénients et sa méthode de fonctionnement.

Chapitre 3 : Le chapitre trois est la partie pratique de ce mémoire dans laquelle nous avons expliqué comment implémenter l'EVPN sure une architecture réseau MPLS

# **Chapitre 1:**

## **L'étude de l'existant**

# Chapitre 1: L'étude de l'existant

## 1.1 Introduction

Virtual Private LAN Service (VPLS), est une technologie éprouvée et largement déployée, notamment, c'est la solution déployée en Algérie Telecom. Cependant, cette dernière présente un certain nombre de limitations en ce qui concerne le multihoming, la redondance et l'équilibrage de charge basé sur le flux et le multiacheminement ; Ces limitations sont des considérations importantes pour le développement d'une nouvelle solution, cette solution étant EVPN-MPLS.

Au cours de ce chapitre nous allons donner un aperçu sur les différentes technologies participantes à la mise en place de l'EVPN-MPLS multihoming. Nous allons passer par l'étude de l'existant d'Algérie Telecom, puis par quelques informations de base sur la technologie MPLS, ainsi que les protocoles BGP (*Border Gateway Protocol*), RSVP (*Reservation Protocol*) et IS-IS (*Intermediate System to Intermediate System*).

## 1.2 Etude de l'existant

Algérie Télécom (AT) est un opérateur Algérien activant sur le marché des télécommunications. Il a pour but de proposer des services et des solutions de voix et de données aux clients en veillant à assurer une bonne qualité de service.

AT utilise plusieurs technologies, parmi lesquelles on trouve la technologie VPN niveau 2 appelé VPLS.

Cette étude consiste, dans un premier temps, à collecter les informations sur le réseau actuel et les équipements qui le constituent, déterminer ses inconvénients et ses limites. Le choix de la solution retenue va être basé sur les exigences et les besoins exprimés par l'opérateur Dans cette partie, sera présentée succinctement, le backbone IP/MPLS d'Algérie Telecom.

## 1.3 Structure du réseau RMS d'Algérie Télécom

Le réseau RMS (Réseau Multiservices) d'Algérie Télécom est un réseau de nouvelle génération (Next Generation Network) d'envergure nationale, qui dispose d'une architecture

de fonctionnement en couches. Ce Backbone détient deux principales couches : Une couche Cœur et une couche Edge réparties en deux sites (des sites primaires et des sites secondaires).

Le réseau RMS est conçu afin de supporter et fédérer tous les types de protocoles, grâce à un ensemble d'équipements réseau comprenant les larges bandes tels que des routeurs (core et edge), des soft switchs, des media Gateway, le tout étant relié par des liaisons en fibre optique. La solution de raccordement des sites sur le backbone RMS permet de garantir: le débit, la

fiabilité, la qualité de service, la sécurité, la disponibilité, l'extensibilité et la souplesse, la redondance, VoIP (Voice Over IP), Internet et la vidéoconférence.

Le backbone d'Algérie Télécom supporte plusieurs fonctionnalités et services, qui sont, les services téléphoniques, Les services de données, VPN L2 (Virtual Private Network Layer 2), VPN L3 (Virtual Private Network Layer3), Les services vidéo et multimédia (vidéo conférence...). Actuellement, Algérie Télécom utilise plusieurs technologies où est retrouvée la technologie de VPN niveau 2 du type VPLS.

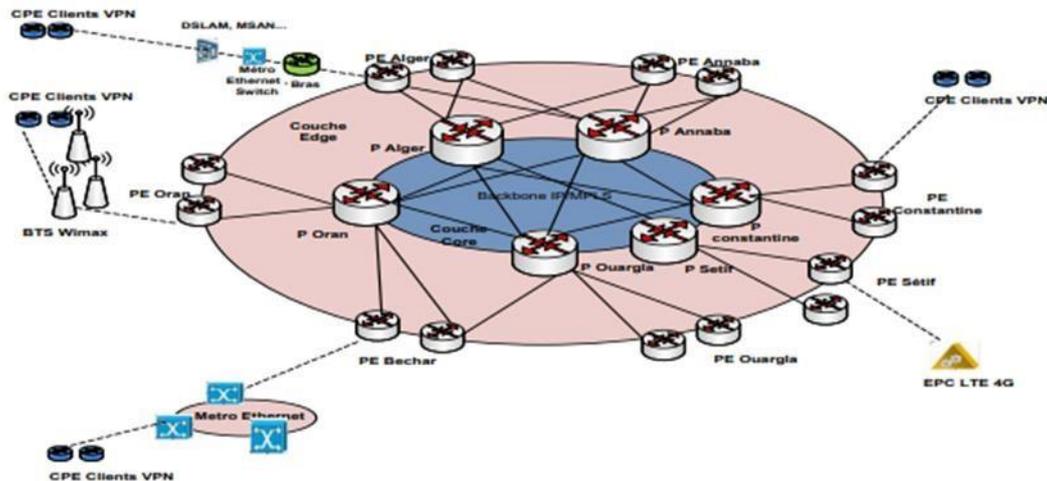


Figure 1: Architecture du Backbone AT.

## 1.4 Multi Protocol Label Switching

Le Multiprotocol Label Switching (MPLS) est un protocole conçu pour optimiser et accélérer le trafic réseau. Il a été développé à la fin des années 1990 pour éviter aux routeurs de perdre

constamment du temps à chercher dans les tables de routage. Le protocole permet à la plupart des paquets de données d'être acheminés par commutation plutôt que par routage.

Dans les réseaux informatiques et les télécommunications, MultiProtocol Label Switching (MPLS) est un mécanisme de transport de données basé sur la commutation de labels (des « étiquettes »), qui sont insérés à l'entrée du réseau MPLS et retirés à sa sortie.

À l'origine, cette insertion s'opère entre la couche de liaison de données (niveau 2) et la couche réseau (niveau 3) afin de transporter des protocoles comme IP. C'est pourquoi MPLS est qualifié de protocole de couche « 2,5 » ou « 2 / 3 ».

Ce protocole a évolué pour fournir un service unifié de transport de données pour les clients en utilisant une technique de commutation de paquets. MPLS peut être utilisé pour transporter pratiquement tout type de trafic, par exemple la voix ou des paquets IPv4, IPv6 et même des trames Ethernet ou ATM. Ainsi, MPLS permet d'acheminer sur une unique infrastructure différents types de trafic tout en les isolant.

L'utilisation de labels dits de transport permet au routeur de départ, pour chaque paquet, de déterminer à la source le routeur de sortie du réseau, sans que les routeurs intermédiaires aient besoin de consulter une table de routage volumineuse lors de la transmission du paquet.

MPLS offre une technique de commutation, dont le rôle principal est de combiner les mécanismes de couche 2 liaison de données (rapidité) avec les concepts de la couche 3 réseau (flexibilité).

## **1.5 Intérêt des réseaux MPLS**

Les prestataires peuvent utiliser un réseau MPLS pour améliorer la qualité de service. Ils s'inscrivent dans des protocoles qui définissent les niveaux acceptables de latence, ainsi que les variations de cette latence ou gigue.

Un réseau entrepris peut avoir trois niveaux de service : un premier niveau pour la voix, un autre pour le trafic à délai critique et un dernier pour le trafic dans lequel l'augmentation du temps de transmission d'une ou plusieurs millisecondes n'est pas déterminante. Dès lors qu'il s'agit de réseaux étendus, comme un réseau entrepris, la technologie de réseau MPLS offre une solution de connectivité incontournable. C'est le cas en

particulier dans les réseaux virtuels IP de niveau 3, dans lesquels les routeurs MPLS s'associent aux routeurs entreprise de nos clients. [9]

## 1.6 Les avantages des réseaux MPLS pour les entreprises

Le MPLS fonctionne avec les protocoles de réseau IP (Internet Protocol), ATM (Asynchronous Transport Mode) et Frame Relay. Une erreur fréquente consiste à penser qu'il n'est utilisé que dans les réseaux privés. Pourtant, il trouve une place de choix dans tous les réseaux de fournisseurs de services. Il permet une inter connectivité optimisée et sans contraintes. Il offre aussi aux entreprises la possibilité de sous-traiter plus facilement leur routage. La mise en œuvre d'un réseau entreprise utilisant la technologie MPLS s'accompagne par ailleurs, comme tous les services destinés aux professionnels, de contrats garantissant le niveau et la qualité des prestations (contrats SLA). De plus, une prise en charge de la qualité (QoS), offrant plusieurs niveaux de service. Cette QoS est définie par l'opérateur, et fait l'objet d'un service supplémentaire à souscrire. [9]

## 1.7 Architecture de MPLS

En règle générale on parle d'architecture MPLS. En effet, MPLS décrit une manière d'encapsuler différents protocoles de niveau 2 et niveau 3 pour en améliorer le fonctionnement. On parle alors de protocole de niveau 2.5 pour faire référence à sa position entre la couche liaison et routage.

L'architecture MPLS se base sur deux composants essentiels :

Plan de contrôle (Control plane) : Il permet de créer et distribuer les Routes et les labels. Il contrôle des informations de routage de niveau 3 grâce à des protocoles tels que (OSPF, IS-IS ou BGP), et les informations de commutation et de distribution de labels entre les périphériques adjacents grâce à des protocoles comme (LDP, RSVP).

Plan de données (Data plane) : Il est connu également sous le nom de forwarding plane, il permet de contrôler la transmission des données. Il est responsable de l'acheminement des paquets étiquetés par le biais des LSP, en se basant essentiellement sur les tables MPLS suivant :

- **LIB (Label Information Base):** contient pour chaque sous-réseau IP la liste des labels affectés par lui et par les LSR voisins.

- **LFIB (Label Forwarding Information Base):** est utilisé pour la commutation proprement dite du paquet labellisé. Il ne contient que les labels du meilleur prochain saut.
- **FIB (Forwarding Information Base):** est utilisé pour acheminer les paquets ne portant pas encore des labels.

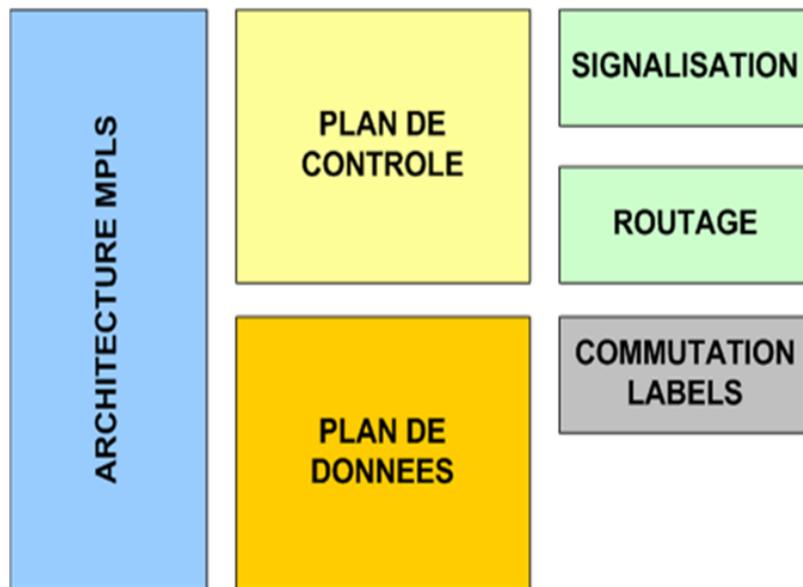


Figure 2: Architecture de MPLS.

## 1.8 Principe de réseau MPLS

Un domaine MPLS est composé de deux sortes de routeurs, les LSR (Label Switching Router) et les ELSR (Edge Label Switching Router). Les LSR sont les routeurs de cœur capables de supporter le MPLS et les ELSR sont des routeurs permettant de faire la transition entre le domaine MPLS et les autres réseaux, par exemple, les clients IP.

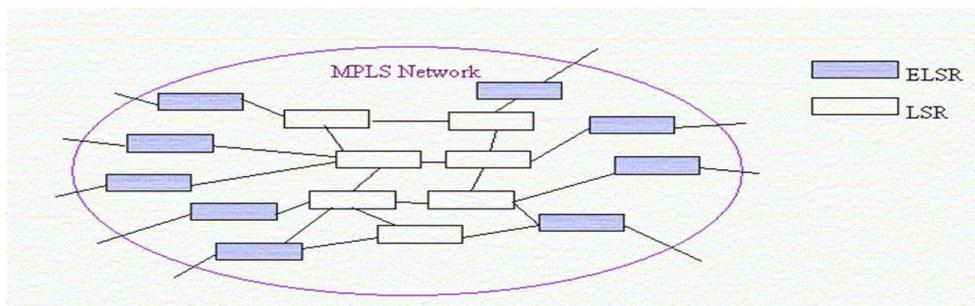
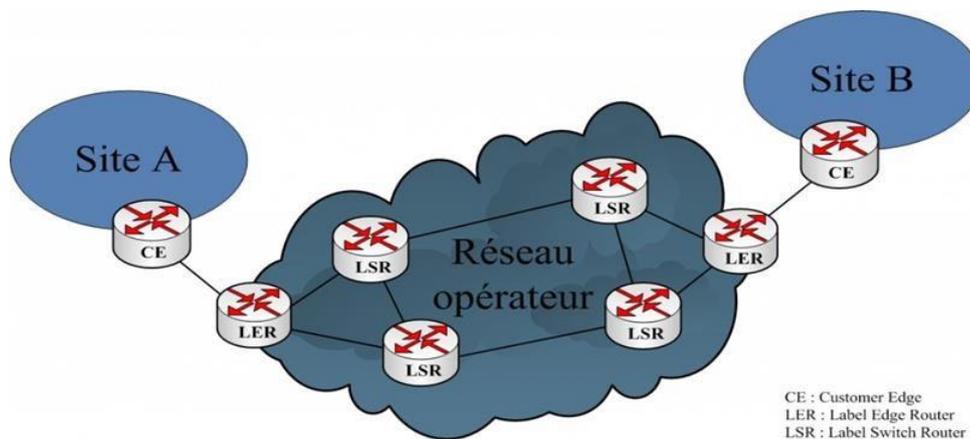


Figure 3: MPLS Network.

**LSR (label switched router):** c'est un routeur de cœur du réseau MPLS permutant ces labels tout au long du réseau jusqu'à la destination, sans avoir besoin de consulter l'entête IP et la table de routage.

**LER (Label Edge Router):** c'est le routeur qui fait l'interface entre le domaine MPLS et le monde extérieur. Il existe deux types de LER :

- **IngressLER:** c'est un routeur qui gère le trafic qui entre dans un réseau MPLS.
- **EgressLER:** c'est un routeur qui gère le trafic qui sort d'un réseau MPLS.



**Figure 4: LSR-LER Architecture.**

## 1.9 Principe de fonctionnement de MPLS

Le MPLS utilise divers protocoles pour acheminer des paquets de données sur le réseau. Le fournisseur de services dote les paquets d'un étiquetage ou label, permettant de déterminer le chemin à utiliser. Les différents chemins sont appelés des LSP, ou Label Switched Paths. Cette procédure permet aux fournisseurs de services de décider à l'avance quel est le chemin le mieux adapté aux différents types de trafic au sein d'un réseau privé ou public. Le label détermine le chemin à utiliser.

Le premier routeur MPLS (**ou routeur Ingress**) insère une étiquette – ou des étiquettes – avant l'en-tête IP, puis achemine le paquet de données. Les commutateurs de routage suivants ignorent les en-têtes IP et transmettent le paquet sur la base des informations de l'étiquette. Le dernier routeur (**appelé Egress**) enlève alors l'étiquette et achemine le paquet IP vers sa destination finale.

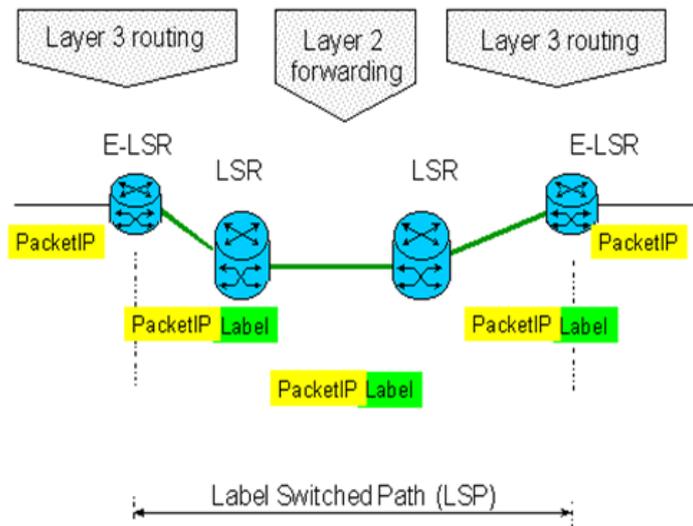


Figure 5: MPLS Principe de fonctionnement.

### 1.9.1 Label Switched Path (LSP)

Dans un environnement MPLS, un **Label Switched Path (LSP)** est un chemin à travers le réseau MPLS. Il est mis en place par des protocoles comme **LDP**, **RSVP**, ou **CR-LDP**. Le chemin est basé sur une Forwarding Equivalence Class ou FEC. il est établi avant la transmission des données ou à la détection d'un flux qui souhaite traverser le réseau. Les LSP sont unidirectionnels c'est à dire que le flux d'information ne peut circuler que du nœud d'entrée vers le nœud de sortie.

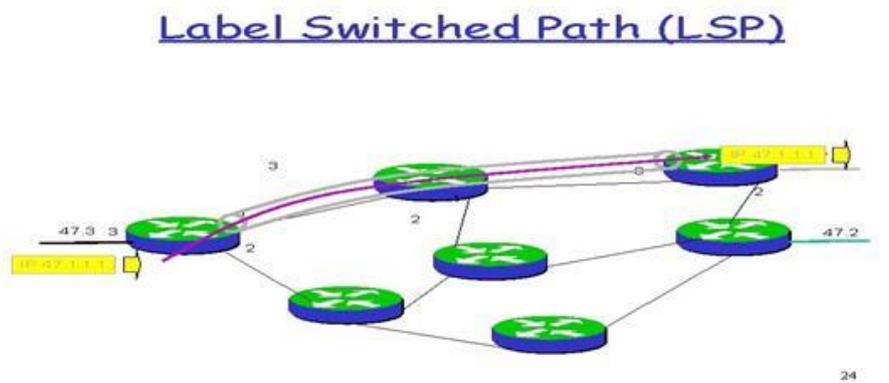


Figure 6: Principe de fonctionnement de LPS.

## 1.9.2 Resource Reservation Protocol

Resource Reservation Protocol (RSVP) est un protocole de couche de transport utilisé pour réserver des ressources dans un réseau informatique afin d'obtenir une qualité de service (QoS) différente tout en accédant aux applications Internet. Il fonctionne via le protocole Internet (IP) et lance les réservations de ressources du côté du destinataire. Il est également connu sous le nom de protocole de configuration de réservation de ressources (RSVP).

RSVP est utilisé par un hôte pour demander des QoS spécifiques du réseau pour un flux de données d'application particulier. La demande RSVP entraîne généralement la réservation de ressources dans chaque nœud le long du chemin de données. [10] [11].

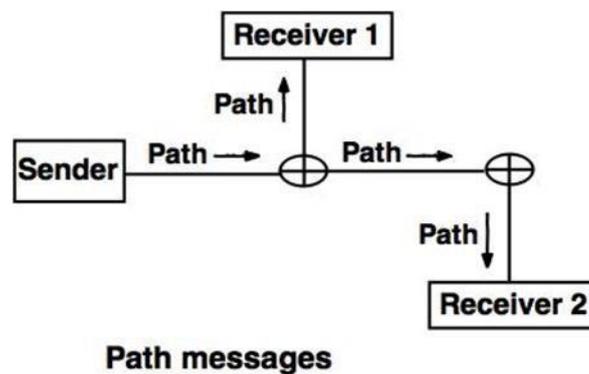


Figure 7: RSVP architecture.

## 1.9.3 Protocole LDP :

LDP (label distribution protocol) est le protocole de distribution de proche en proche défini par le groupe de travail MPLS de l'IETF (Internet Engineering Task Force). Il est complètement indépendant des protocoles préexistants. Par contre, il est issu d'un consensus chèrement acquis au sein du groupe de travail et intègre comme c'est souvent le cas de nombreuses options de fonctionnement qui sont autant de concessions faites à ce consensus.

Nous n'en verrons ici qu'une partie pour ne pas surcharger le texte. LDP fonctionne sur le modèle des protocoles de routage IP. Il utilise la table de routage générée par ces derniers pour construire les tables de commutation MPLS. Il établit automatiquement pour chaque « classe d'équivalence » un chemin (LSP) entre les routeurs d'entrée et le routeur de sortie du réseau

(celui par lequel les paquets IP appartenant à cette classe d'équivalence quitte le nuage MPLS). Il offre différents modes de distribution et de conservation des labels, ce qui lui permet de s'adapter à différentes utilisations.

LDP a un principe très simple, chaque LSR attribue un label à chacun des LSR voisins pour chaque classe d'équivalence qu'il reconnaît. Le voisin pourra, ensuite, utiliser ce label pour tous les paquets correspondant à cette classe d'équivalence qu'il lui envoie. [15].

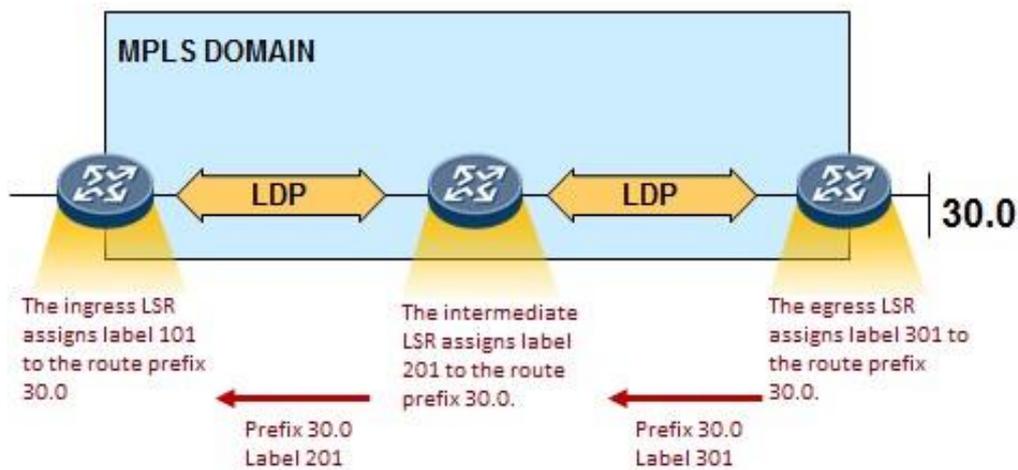


Figure 8: LDP architecture.

#### 1.9.4 Notions de VRF (Virtual Routing and Forwarding Table)

La VRF est une table de routage associée à un VPN qui donne les routes vers les réseaux IP faisant partie de ce VPN. Chaque interface de PE, reliée à un site client, est rattachée à une VRF particulière. La table VRF permet de créer une isolation du trafic entre les différents sites clients n'appartenant pas au même VPN. Cette technologie incluse dans les routeurs de réseau IP (Internet Protocol) qui permet à plusieurs instances d'une table de routage de coexister dans un routeur et de travailler simultanément. La fonctionnalité réseau est alors améliorée, car les chemins réseau peuvent être segmentés sans faire appel à plusieurs routeurs. Dans la mesure où le trafic est automatiquement isolé, le VRF permet aussi d'accroître la sécurité du réseau et d'éviter le chiffrement et l'authentification. Les fournisseurs d'accès Internet (FAI) s'appuient souvent sur le concept VRF pour créer des réseaux privés virtuels

(VPN) distincts pour chaque client. C'est pourquoi on fait également référence à cette technologie sous l'appellation Routage et transfert VPN.

Le VRF se comporte comme un routeur logique, mais contrairement à ce dernier qui inclut plusieurs tables de routage, une instance VRF n'en utilise qu'une.

En outre, le VRF requiert une table de réacheminement qui désigne le saut suivant - le trajet entre deux points de commutation étant appelé « bond » ou « saut » (hop) - pour chaque paquet de données, une liste des périphériques susceptibles de participer au transfert du paquet et un ensemble de règles et de protocoles de routage régissant le mode de transmission du paquet.

Ces tables empêchent de transférer du trafic en dehors d'un chemin VRF spécifique et de laisser entrer tout ce qui doit rester à l'extérieur du chemin VRF.

#### 1.9.4.1 Route Distinguisher (RD)

Les routes échangées entre PE doivent être rendues uniques. Pour cela, un identifiant appelé RD (Route Distinguisher) codé sur 64 bits est ajouté à l'adresse IPv4 d'une VRF donnée pour créer une route unique, ce qu'on appelle VPNv4. Les VPNv4 sont supportées par MP-BGP.

#### 1.9.4.2 Route Target (RT)

Un autre identifiant dit RT (Route Target) est utilisé pour définir la manière dont les routes VPNv4 vont être insérées dans les VRFs des routeurs PE.

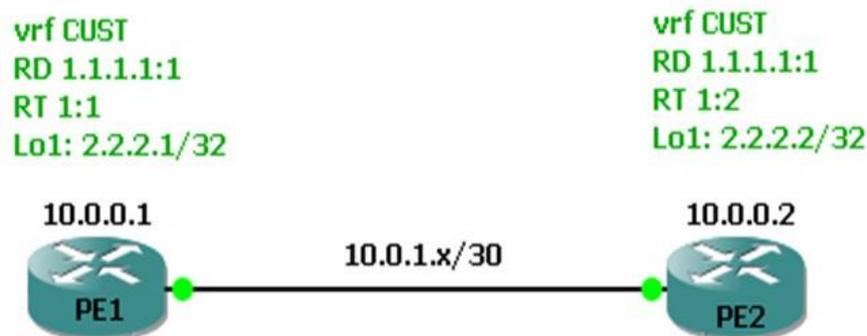


Figure 9: VRF notion.

## 1.9.5 BGP (Border Gateway Protocol)

BGP est un protocole de passerelle externe normalisé (EGP). BGP est considéré comme un protocole de routage «PathVector». BGP n'a pas été conçu pour route dans un système autonome (AS), mais plutôt pour l'acheminement entre les AS.

BGP maintient une table de routage distincte basée sur le chemin AS le plus court et divers autres attributs, par opposition aux métriques IGP (Interior Gateway Protocol) comme la distance ou le coût.

BGP n'utilise pas de métrique classique mais fonde les décisions de routage sur les chemins parcourus, les attributs des préfixes et un ensemble de règles de sélection définies par l'administrateur de l'AS. On le qualifie de protocole à vecteur de chemins (pathvectorprotocol).

BGP prend en charge le routage sans classe et utilise l'agrégation de routes afin de limiter la taille de la table de routage. Depuis 1994, la version 4 du protocole est utilisée sur Internet, les précédentes étant considérées comme obsolètes. Ses spécifications sont décrites dans la RFC 4271 A Border Gateway Protocol 4 (BGP-4)

### 1.9.5.1 Voisins BGP (Peers)

Pour que BGP fonctionne, les routeurs BGP doivent former des relations de voisinage. Il existe deux types de relations de voisinage BGP:

- **iBGPPeers - Voisins BGP au sein du même système autonome.**
- **eBGPPeers - Voisins BGP se connectant séparément systèmes. [12]**

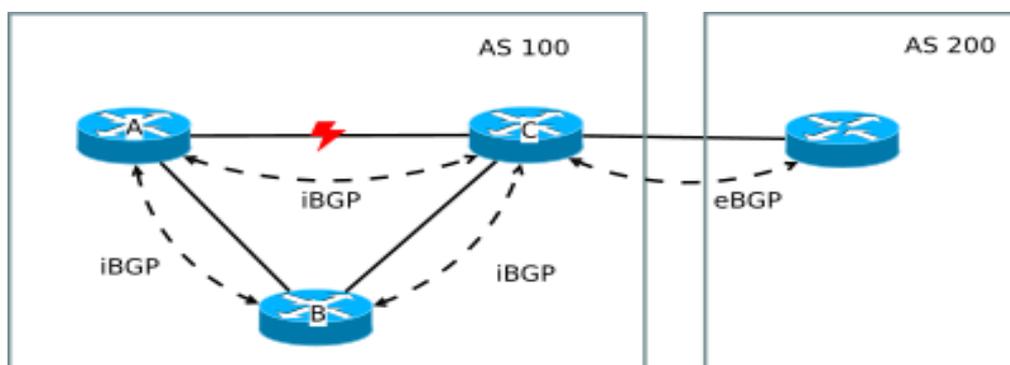


Figure 10: Border Gateway Protocol.

### 1.9.5.2 MP-BGP

La version normale de BGP (Border Gateway Protocol) ne prenait en charge que les préfixes de monodiffusion IPv4. De nos jours, nous utilisons MP-BGP (Multiprotocol BGP) qui prend en charge différentes adresses:

- Monodiffusion IPv4
- Multidiffusion IPv4
- Monodiffusion IPv6
- Multidiffusion IPv6

Pour supporter ces nouvelles adresses, MBGP a quelques nouvelles fonctionnalités que l'ancien BGP n'a pas :

- **Identificateur de famille d'adresses (AFI)** : spécifie la famille d'adresses.
- **Identificateur de famille d'adresses subséquentes (SAFI)** : contient des informations supplémentaires pour certaines familles d'adresses.
- **Informations d'accessibilité de la couche réseau inaccessible multiprotocole (MP\_UNREACH\_NLRI)** : il s'agit d'un attribut utilisé pour transporter les réseaux inaccessibles.
- **Annonce des capacités BGP** : Ceci est utilisé par un routeur BGP pour annoncer à l'autre routeur BGP les capacités qu'il prend en charge. MP-BGP et BGP-4 sont compatibles.[13]

### 1.9.6 Protocole IS-IS

Le protocole IS-IS (**Intermediate System to Intermediate System**) est un protocole de routage conçu pour déplacer des informations en déterminant le meilleur itinéraire pour les datagrammes via un réseau à commutation de paquets. [7]

IS-IS est un protocole à état de liens utilisé à l'intérieur d'un autonomous system. Les routeurs IS-IS maintiennent une vue topologique commune. La base de données topologique est construite individuellement et ensuite partagée entre tous les routeurs. Les paquets sont transmis par le plus court chemin

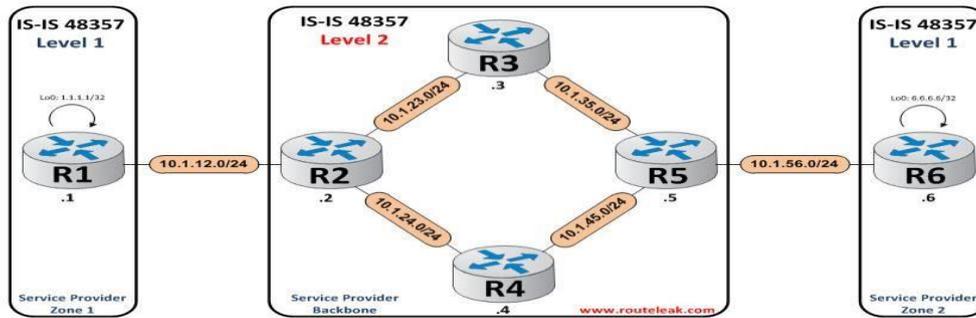


Figure 11: IS-IS architecture.

### 1.9.6.1 Fonctionnement IS-IS

Une hiérarchie à deux niveaux permet de prendre en charge les grands domaines de routage. Un grand domaine peut être divisé en plusieurs zones. Le routage au sein d'une zone est appelé routage de niveau 1, le routage entre les zones est appelé routage de niveau 2. Un système intermédiaire peut être au niveau 1, ou au niveau 2 ou aux niveaux 1 et 2 en même temps. [14]

### 1.9.6.2 Identification du SI

Un SI est identifié par une adresse connue sous le nom de **Network Entity Title** (NET). Le NET est l'adresse d'un réseau Service Access Point (NSAP), qui identifie une instance du protocole de routage IS-IS s'exécutant sur un SI. Le NET peut avoir une longueur de 8 à 20 octets et se compose de trois parties:

- Adresse de zone: ce champ a une longueur de 1 à 13 octets et est composé d'octets de poids fort de l'adresse.
- ID système: ce champ a une longueur de 6 octets et suit immédiatement l'adresse de la zone.
- NSEL: le champ N-selector a une longueur de 1 octet et suit immédiatement l'ID système. Il doit être réglé à 00.



Figure 12: Identification du SI.

### 1.9.6.3 Types de PDU IS-IS

Le Protocol Data Unit est l'unité de mesure des informations échangées dans un réseau informatique. Les SI échangent des informations de routage avec leurs pairs à l'aide d'unités de données de protocole (PDU). Les types suivants de PDU sont utilisés:

#### IIHs

Les PDU Hello de système intermédiaire à système intermédiaire (IIH) sont échangés entre les voisins IS sur circuits sur lesquels le protocole IS-IS est activé.

#### LSPs

Un SI génère des PDU à état de liaison (LSP) pour annoncer ses voisins et la destination qui sont directement connecté au SI

#### SNPs

Les PDU à numéro de séquence (SNP) contiennent une description sommaire d'un ou plusieurs

LSP

CSNP	advertises the IS's neighbors and its directly-connected destination
IIH	exchange the identity of the IS's known neighbors
LSP	indicates the subset of LSPs that the IS needs to obtain
PSNP	sends a summary of an IS level's LSPDB

Figure 13: Type de PDU IS-IS.

#### 1.9.6.4 Types de circuits pris en charge par IS-IS

IS-IS prend en charge deux types de circuits génériques:

- **Circuits point à point**

Un circuit point à point a exactement deux SI sur le circuit. Un SI forme une seule contiguïté avec l'autre SI sur le circuit point à point. Le type de contiguïté décrit le ou les niveaux pris en charge sur ce circuit.

- **Circuits multi-accès**

Les circuits multi-accès prennent en charge plusieurs SI; par exemple, deux ou plus fonctionnant sur le circuit. La capacité à adresser plusieurs systèmes utilisant une adresse de multidiffusion ou de diffusion est supposée.

#### 1.9.7 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté une étude de l'existant du backbone de l'opérateur AT d'une part et d'autre part quelques généralités sur différentes technologies.

# **Chapitre 2:**

# **EVPN multihoming**

## Chapitre 2 : EVPN multihoming

### 2.1 Introduction

Le service de réseau local privé virtuel (VPLS) est une technologie éprouvée et largement déployée. Cependant, la solution existante présente un certain nombre de limitations en ce qui concerne le multihoming et la redondance, l'optimisation de la multidiffusion, la simplicité de provisionnement, l'équilibrage de charge basé sur le flux et le multiacheminement; ces limitations décrivent la motivation d'une nouvelle solution pour remédier à ces limitations.

Dans ce chapitre, nous allons voir comment une solution basée sur BGP MPLS appelé Ethernet VPN (EVPN) peut répondre aux limitations précédentes.

### 2.2 Ethernet VPN

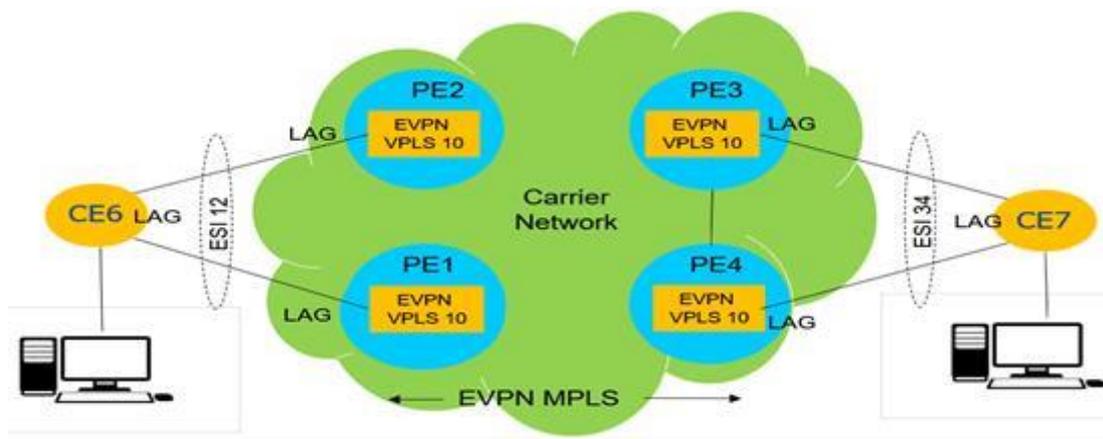
Ethernet VPN (**EVPN**) est une technologie basée sur des normes qui fournit une connectivité multipoint virtuelle pontée entre différents domaines de couche 2 sur un réseau dorsal IP ou IP / MPLS. Comme d'autres technologies VPN, les instances EVPN sont configurées sur des routeurs de périphérie fournisseur (**PE**) pour maintenir une séparation logique des services entre les clients.

Un VPN Ethernet (EVPN) se compose d'équipements de périphérie clients (**CE**) connectés aux équipements de périphérie du fournisseur (PE), qui constituent la périphérie de l'infrastructure MPLS réseau.

Un (CE) peut être un hôte, un routeur ou un commutateur. Les équipements PE offrent une connectivité de pont virtuel de couche 2 entre (CE) périphériques.

Il peut y avoir plusieurs VPN sur le réseau du fournisseur. L'apprentissage entre les routeurs PE se fait dans le plan de contrôle à l'aide BGP, contrairement aux pontages traditionnels, où l'apprentissage se produit dans le plan de données.

Les routeurs PE se connectent aux périphériques client (CE). Les routeurs PE échangent ensuite des informations d'accessibilité en utilisant Multiprotocol BGP (**MP-BGP**) et le trafic encapsulé est transmis entre les routeurs PE. Les éléments de l'architecture étant communs à d'autres technologies VPN, permet la possibilité d'introduire et intégrer de manière transparente EVPN dans les environnements de service existants.



**Figure 14: EVPN-MPLS.**

**EVPN** s'appuie sur l'expérience opérationnelle et utilise le plan de contrôle BGP pour échanger des informations d'accessibilité L2 et L3. Il introduit un nouveau modèle pour les services Ethernet mais fonctionne de la même manière qu'un protocole de routage en tirant parti de MPBGP (Multiprotocol-BGP) pour distribuer les informations MAC et IP en optimisant les défis d'inondation et d'apprentissage du pontage traditionnel. La fonction de publicité MAC est déplacée du plan de données vers le plan de contrôle, ce qui rend l'apprentissage MAC très efficace. EVPN peut prendre en charge différentes technologies d'encapsulation dans un plan de données qui peut être modifié en fonction de scénarios d'application. En pratique, EVPN avec VxLAN ou **MPLS** sont les choix les plus populaires.

La technologie EVPN est normalisée dans RFC7432, il n'est donc pas nécessaire de se verrouiller sur les fonctionnalités exclusives d'un fournisseur particulier. Il tire parti des efficacités bien connues de BGP et intègre entièrement la prise en charge d'IPv6. Il aide à intégrer les services L2 / L3, permet la mobilité de la charge de travail entre les centres de données et permet la multi-location. EVPN simplifie instantanément DCI avec une technologie évolutive et efficace.



**Figure 15: BGP MPLS-EVPN.**

En bref, cela permet aux applications L2 de fonctionner correctement dans les centres de données et autres interconnexions L3.

## 2.3 Les avantages d'EVPN

Parmi les avantages que l'EVPN peut offrir on site:

- Locations multiples.
- Équilibrage de charge sur les liaisons doubles actives.
- Permet des connexions serveur à double hébergement actif-actif.
- Mobilité d'adresse MAC.
- Convergence rapide.
- Exploite l'évolutivité connue du contrôle BGP. [8]

## 2.4 Les inconvénients d'EVPN

Parmi les inconvénients qu'on peut site :

- La disponibilité et les performances des VPN dépendent largement des fournisseurs de services et des sous-traitants.
- La mise en route d'un VPN réclame une forte expertise.

## 2.5 Les modes EVPN

Deux modes sont pris en charge : le single-homing et le multihoming.

- **Single-homing :** La fonction d'hébergement unique d'EVPN utilise la fonctionnalité définie dans la RFC 7432 (VPN Ethernet basé sur BGP MPLS) pour réaliser l'hébergement unique entre un périphérique Provider Edge (PE) et un périphérique Customer Edge (CE).Ce dernier Permet de connecter un périphérique client (CE) à un périphérique fournisseur (PE). [6]

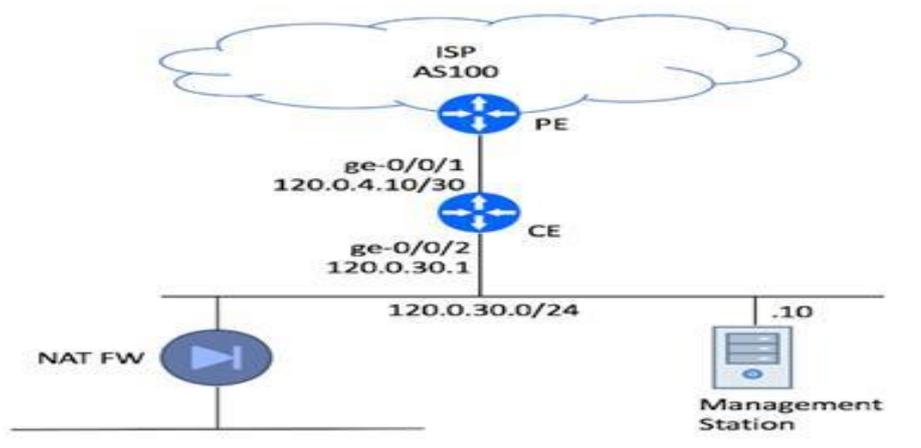


Figure 16: EVPN Single-homing.

- Multihoming** : Le multihoming consiste, pour un réseau informatique, à être connecté à plusieurs fournisseurs d'accès à Internet afin d'améliorer la fiabilité de la connexion à Internet. ce dernier Permet de connecter un périphérique de périphérie client (CE) à plusieurs périphériques de périphérie fournisseur (PE). Le multihoming garantit une connectivité redondante. Le dispositif PE redondant garantit qu'il n'y a pas de perturbation du trafic en cas de panne du réseau. [16].

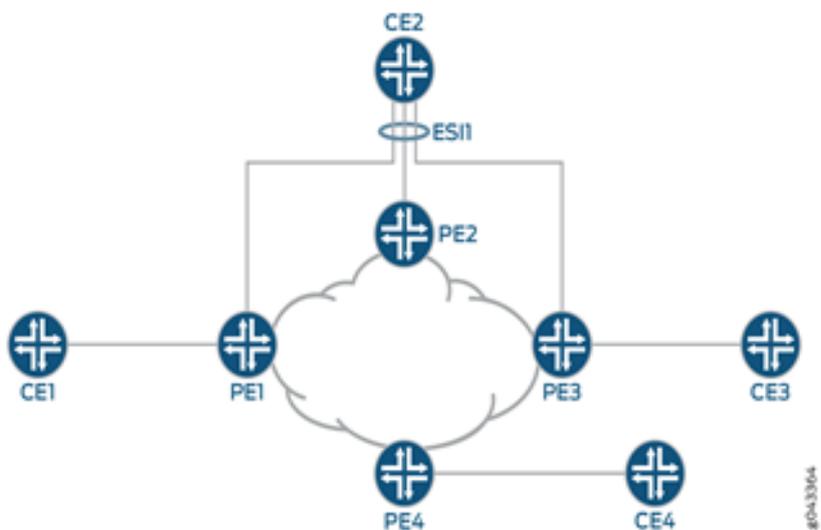


Figure 17: EVPN Multihoming.

## 2.6 Concepts de multi-homing EVPN

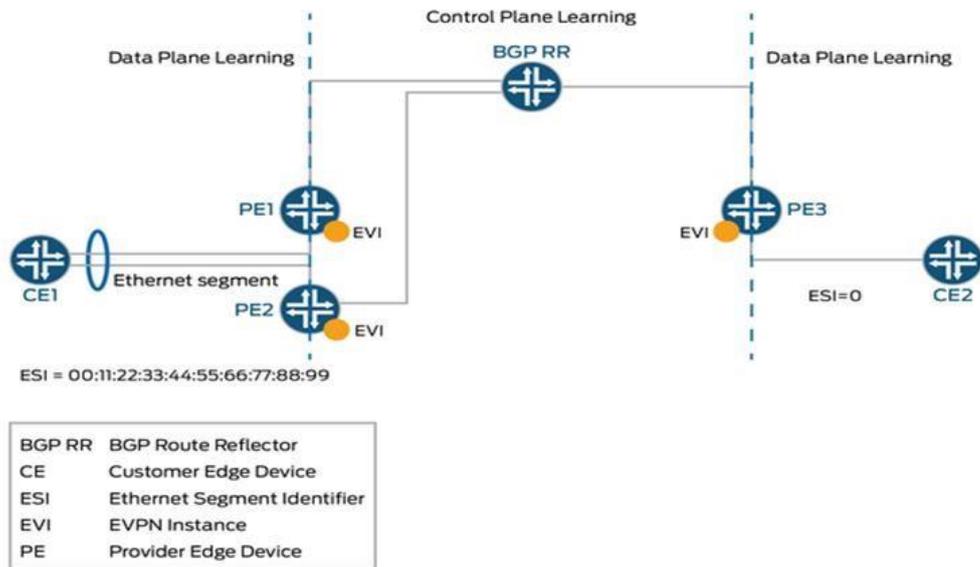


Figure 18: EVPN Multihoming Concepts.

- **Ethernet segment** : Lorsqu'un CE est utilisé en multi-domicile avec au moins deux routeurs PE, l'ensemble des liaisons Ethernet constitue un segment Ethernet. Un segment Ethernet se présente sous la figure d'un groupe d'agrégation de liens (LAG) vers l'équipement

CE liaison. Les liaisons des routeurs PE1 et PE2 vers l'équipement CE1 forment un segment Ethernet. Dans le multihérisme actif-veille, les liaisons qui constituent un segment Ethernet forment un domaine de pontage. Dans le multihérisme actif-actif, un segment Ethernet apparaît comme un LAG vers l'équipement CE réseau. Autrement dit le segment Ethernet est un ensemble de liaisons Ethernet qui connecte un périphérique multi-hôte. Si un périphérique ou un réseau multi-hébergé est connecté à deux PE ou plus via un ensemble de liaisons Ethernet, alors cet ensemble de liaisons est appelé segment Ethernet. La route du segment Ethernet est également appelée Route Type 4.

- **Identificateur de segment Ethernet (ESI)**: Un segment Ethernet doit être 1er identifiant non zéro, appelé identifiant de segment Ethernet (ESI). L'ESI est encodé sous la forme d'un octet d'octet. Lors de la configuration manuelle d'une valeur ESI, l'octet le plus important, connu sous le nom d'octet de type, doit être 00. Lorsqu'un équipement d'CE

unique est relié à un segment Ethernet, la valeur ESI dans son ensemble est zéro. Le segment Ethernet

de l'équipement multihomed CE1 présente une valeur ESI de 00:11:22:33:44:55:66:77:88:99. L'équipement ce2 d'accueil unique présente une valeur ESI de 0.

- **EVI :** Une instance EVPN (EVI) est une instance de routage et de routage EVPN qui couvre tous les routeurs PE participant à ce VPN. Une EVI est configurée sur les routeurs PE par client. Chaque EVI dispose d'un routeur unique et d'une ou plusieurs cibles de route. Un EVI est configuré sur les routeurs PE1, PE2 et PE3.

- **Ethernet tag :** Une balise Ethernet identifie un domaine de diffusion particulier, tel qu'un VLAN. Une instance EVPN se compose d'un ou plusieurs domaines de diffusion. Les balises Ethernet sont attribuées aux domaines de diffusion d'une instance EVPN donnée par le fournisseur de cet EVPN. Chaque routeur PE de cette instance EVPN effectue un mappage entre les identifiants de domaine de diffusion compris par chacun des équipements CE associés et la balise Ethernet correspondante.

- **Ethernet segment route :** Les routeurs PE connectés à un équipement CE multi-CE utilisent des messages de segments BGP Ethernet pour découvrir que chacun des routeurs PE est connecté au même segment Ethernet. Les routeurs PE font la publicité de la route de segment Ethernet, constituée d'une communauté étendue d'ESI et d'ES-import.

Les routeurs PE1 et PE2 font la publicité d'un routeur ES avec une communauté étendue d'importation DE ES (ainsi que d'autres communautés étendues comme la cible du routeur). Les routeurs PE construisent également un filtre basé sur une communauté étendue d'importation ES, ce qui permet à ces routeurs PE d'importer le routeur ES et d'identifier qu'ils sont connectés au même segment Ethernet.

- **Extended community :** La plupart des façons de faire une communauté étendue se ressemblent à celle d'une communauté régulière. Les VPN ont recours aux communautés étendues, car la valeur de la communauté régulière à 4 octet ne fournit pas suffisamment d'expansion et de flexibilité. Une communauté étendue est une valeur de 8 octet divisée en deux sections principales.

- **BUM traffic :** Ce type de trafic est envoyé à plusieurs destinations, y compris le trafic de diffusion, le trafic unicast inconnu diffusé dans le segment Ethernet et le trafic multicast.

- **EAD / ES** : La route de découverte automatique Ethernet par ES est également appelée route de type 1. Cette route est utilisée pour faire converger le trafic plus rapidement pendant les scénarios d'échec d'accès. Cette route a une étiquette Ethernet de 0xFFFFFFFF.
- **EAD / EVI** : La route de découverte automatique Ethernet par EVI est également appelée Route Type 1. Cette route est utilisée pour l'aliasing et l'équilibrage de charge lorsque le trafic ne hache que vers l'un des commutateurs. Cette route ne peut pas avoir une valeur d'étiquette Ethernet de 0xFFFFFFFF pour la différencier de la route EAD / ES.
- **DF** : Lorsqu'un équipement CE est utilisé en mode multi-domicile avec au moins deux routeurs PE, un ou la plupart des routeurs PE multi-maisons sont utilisés pour atteindre le site du client en fonction du mode de fonctionnement du multihomage. Le routeur PE qui joue le rôle principal dans le transport du trafic BUM vers l'équipement de CE est appelé le « forwarder désigné ».
- **BDF** : Chaque routeur de l'ensemble d'autres routeurs PE représentant la route de découverte automatique par segment Ethernet pour le même esI, et servant de chemin de secours en cas de défaillance du DF, est appelé un routeur désigné de secours (BDF). On appelle cela un routeur non-DF.
- **Aliasing** : Ce dernier est utilisé pour équilibrer la charge du trafic vers tous les commutateurs connectés pour un segment Ethernet donné en utilisant la route Route Type 1 EAD / EVI. Ceci est fait quel que soit le commutateur où les hôtes sont réellement appris.
- **Retrait de masse** : Il est utilisé pour une convergence rapide pendant les scénarios d'échec d'accès en utilisant la route Route Type 1 EAD / ES.
- **DF Election** : Sur chaque segment Ethernet, les routeurs PE participent à une procédure appelée « designatedforwarderelection » pour sélectionner les routeurs DF et BDF PE.

Il est utilisé pour empêcher le transfert des boucles. [16].

## 2.7 Types d'EVPN

Il existe de multiples type d'EVPN et ces types sont :

## 2.7.1 EVPN-VXLAN

Les VPN Ethernet (EVPN) vous permettent de connecter des groupes de sites clients dispersés à l'aide de ponts virtuels de couche 2, tandis que les réseaux VXLAN (Virtual Extensible LAN) vous permettent d'étirer la connectivité de couche 2 sur un réseau de couche 3 intermédiaires, tout en assurant la segmentation du réseau comme un VLAN, mais sans la limitation de mise à l'échelle des VLAN traditionnels.

EvPN avec encapsulation VXLAN gère la connectivité de couche 2 à l'échelle requise par les fournisseurs de serveurs cloud et remplace les protocoles limitants comme STP (SpanningTree Protocol), ce qui libère votre réseau de couche 3 et permet d'utiliser des protocoles de routage plus robustes. EvPN avec encapsulation de plan de données VXLAN peut être utilisé avec et

sans logiciel de virtualisation Juniper Networks Contrail: utilisez Contrail avec l'encapsulation de plan de données EVPN VXLAN lorsque vous avez un environnement comprenant des équipements virtuels et « baremetal ».

L'EVPN avec VXLAN encapsulation est utilisé pour la connectivité de couche 2 entre des machines virtuelles et un commutateur haut de rack (TOP-of-rack), par exemple un commutateur QFX5100, dans un domaine de couche 2.

Lorsqu'EVPN est utilisé comme solution de superposition pour le réseau IP sous-jacent avec encapsulation VXLAN, le paquet de données est encapsulé avec un en-tête VXLAN sur le périphérique PE d'entrée, et le paquet de données est désencapsulé de l'en-tête VXLAN au niveau du périphérique PE de sortie. [1]

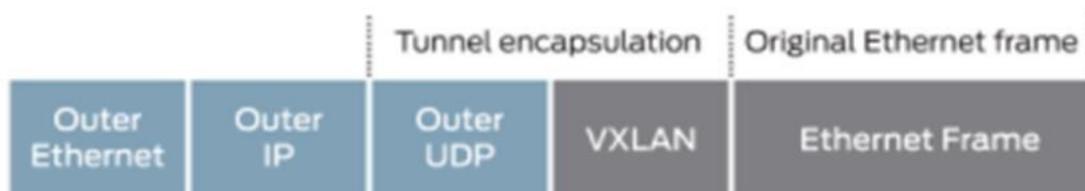


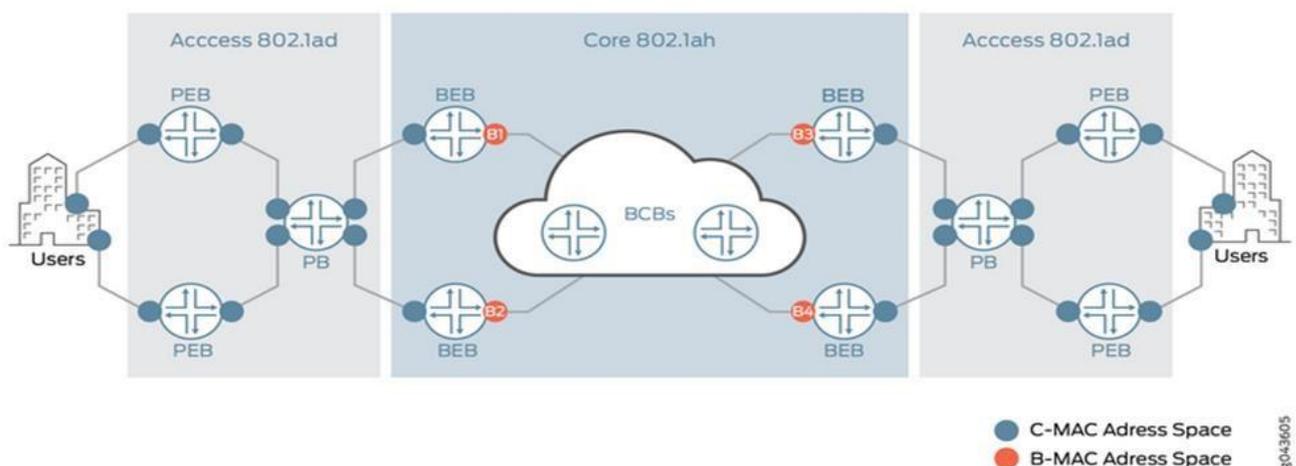
Figure 19: EVPN-VXLAN.

## 2.7.2 EVPN-PBB:

Ethernet VPN (EVPN) fournit une solution pour les services VPN multipoints de couche 2 avec des capacités de multihérison avancées utilisant des BGP pour distribuer des

informations d'accessibilité d'adresse MAC sur le réseau de MPLS ou IP central. Cependant, avec l'EVPN, plusieurs milliers d'adresses MAC sont transportées depuis chaque instance de routage et de routage virtuel, ce qui nécessite des mises à jour fréquentes des routes MAC récemment apprises et des routes non périmées. Cela augmente les frais généraux sur le réseau du fournisseur.

Le pontage de dorsale du fournisseur (PBB) étend la commutation Ethernet de couche 2 pour améliorer l'évolutivité, la qualité de service (QoS) et la niveau opérateur fiable. Grâce à l'intégration du PBB à EVPN, au lieu d'envoyer les adresses MAC client (C-MAC) en tant qu'apprentissage du plan de contrôle, les adresses MAC dorsales (B-MAC) sont distribuées dans le réseau central EVPN. Cela simplifie l'apprentissage du plan de contrôle à travers le réseau central et permet à un grand nombre de services de couche 2, tels que la connectivité des centres de données, de transiter le réseau de manière simple. [2]



**Figure 20: Provider Backbone Bridge EVPN.**

### 2.7.3 EVPN-ETREE :

Le service EVPN-ETREE est un service VPN dans lequel chaque circuit de pièce jointe est désigné comme étant root ou leaf. La fonctionnalité EVPN E-Tree met en œuvre un service ETree tel que défini par le Forum Metro Ethernet (MEF) dans le document draft-sajassi-12vpnevpn-etree-03. Le service E-Tree est un service multipoint racine uniquement pris en charge

MPLS EVPN au cœur du réseau. La fonctionnalité EVPN E-Tree permet de catégoriser les interfaces comme « racine » ou « branche » dans une instance de routage. Dans un service EVPN E-Tree, chaque équipement De périphérie client connecté au service est une racine ou une branche. Le service E-Tree EVPN adhère aux règles de forwarding suivantes :

- Une feuille peut envoyer ou recevoir du trafic uniquement à partir d'une racine.
- Une racine peut envoyer du trafic vers une autre racine ou l'une des feuilles.
- Une leaf ou une root peut être connectée aux équipements de périphérie du fournisseur en mode de monohoming ou en mode multihoming. [3]

## 2.7.4 EVPN-MPLS :

Un VPN Ethernet (EVPN) vous permet de connecter des sites d'entreprises dispersés à l'aide d'un pont virtuel de couche 2.

Comme pour les autres types de VPN, un EVPN se compose d'équipements de périphérie (CE) (hôtes, routeurs ou commutateurs) connectés aux routeurs de périphérie du fournisseur (PE). Les routeurs PE peuvent inclure un MPLS de périphérie (MES) qui agit en périphérie de MPLS infrastructure. Une MX Series 5G Plate-forme de routage universelle ou un commutateur autonome peuvent être configurés pour jouer le rôle de MES (**le cas de routeur JUNIPER**).

Vous pouvez déployer plusieurs réseaux VPN au sein d'un réseau de fournisseur de services, chacun fournissant une connectivité réseau à un client tout en garantissant que le partage de trafic sur ce réseau reste privé.

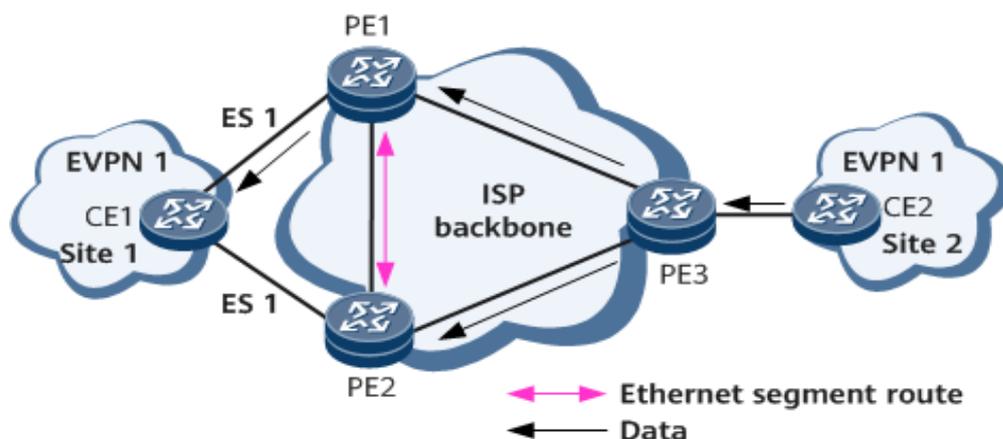


Figure 21: EVPN-MPLS Architecture.

Une instance EVPN comprend des périphériques Customer Edge (CE) qui sont connectés aux périphériques Provider Edge (PE) qui forment la périphérie de l'infrastructure MPLS. Un CE peut être un hôte, un routeur ou un commutateur. Les PE fournissent une connectivité pontée de couche 2 virtuelle entre les CE. Il peut y avoir plusieurs instances EVPN sur le réseau du fournisseur.

Les PE peuvent être connectés par une infrastructure MPLS Label Switched Path (LSP), qui offre les avantages de la technologie MPLS, tels que le réacheminement rapide, la résilience, etc

Dans un EVPN, l'apprentissage MAC entre les PE se produit dans le plan de contrôle. L'apprentissage du plan de contrôle offre un meilleur contrôle sur le processus d'apprentissage MAC, tel que la restriction de qui apprend quoi et la possibilité d'appliquer des politiques. En outre, le plan de contrôle choisi pour la publicité des informations d'accessibilité MAC est le BGP multi-protocole (MP). Cela offre de la flexibilité et la possibilité de préserver la «virtualisation» ou l'isolement des groupes d'agents en interaction (hôtes, serveurs, machines virtuelles) les uns des autres.

Les PE annoncent les adresses MAC apprises des CE qui leur sont connectés, avec une étiquette MPLS, à d'autres PE dans le plan de contrôle en utilisant Multiprotocol BGP (MP-BGP). L'apprentissage du plan de contrôle permet d'équilibrer la charge du trafic vers et depuis les CE qui sont multi-hôtes vers plusieurs PE. Cela s'ajoute à l'équilibrage de charge sur le cœur MPLS via plusieurs LSP entre la même paire de PE. En d'autres termes, il permet aux CE de se connecter à plusieurs points d'attache actifs. Il améliore également les temps de convergence en cas de certaines pannes du réseau.

Cependant, l'apprentissage entre PE et CE se fait par la méthode la mieux adaptée au CE: apprentissage du plan de données, Link Layer Discovery Protocol (LLDP), AddressResolution Protocol (ARP), management plane, ou d'autres protocoles. [4]

## 2.8 Normes EVPN prise en charge

RFC et ébauches Internet qui définissent des normes pour les VPN EVPN:

- **RFC 4364, BGP/MPLS VPN IP**
- **RFC 4761, Service de réseau lan privé virtuel (VPLS) utilisant BGP pour la**

## **détection et la signalisation automatiques**

- **RFC 7209, Exigences pour VPN Ethernet (EVPN)**
- **RFC 7432, BGP MPLS Ethernet VPN basé sur le serveur**

Les fonctionnalités suivantes ne sont pas prises en charge :

- o Dérivation automatique des valeurs ES (Ethernet Segment). Seules les configurations ES statiques sont prise en charge.
- o ARP proxy d'hôte.
- RFC 7623, pontage de dorsale fournisseur associé au VPN Ethernet (PBB-EVPN)
- RFC 8214, Prise en charge de services privés virtuels dans Ethernet VPN
- RFC 8317, Prise en charge de l'Ethernet-Tree (E-Tree) dans EVPN (Ethernet VPN) et de l'EVPN de pontage de cœur de réseau (PBB-EVPN)
- FC 8365, une solution de superposition de virtualisation de réseau utilisant EVPN (Ethernet VPN)
- Projet d'Internet draft-ietf-bess-evpn-igmp-mld-proxy, IGMP et proxy MLD pour EVPN
- Projet d'Internet draft-ietf-bess-evpn-inter-subnet-forwarding, routage et pontage intégrés dans EVPN
- Projet d'Internet draft-ietf-bess-evpn-na-flags, Propagation des indicateurs de publicité de voisinage IPv6 dans EVPN
- Projet Internet draft-ietf-bess-evpn-oam-req-frmwk, EvPN Exigences et infrastructure en matière d'administration et de maintenance
- Internet draft-ietf-bess-evpn-optimized-ir, solution de réplication d'entrée optimisée pour EVPN
- Draft-ietf-bess-evpn-pref-df Internet draft-ietf-bess-evpn-pref-df, choix DF EVPN basé sur les préférences
- Projet Internet draft-ietf-bess-evpn-prefix-advertisement, annonce de préfixe IP dans EVPN
- Projet Internet draft-ietf-bess-evpn-proxy-arp-nd, Aspects opérationnels de Proxy-

## ARP/ND dans EVPN Networks

- Projet Internet draft-ietf-bess-evpn-virtual-eth-segment, segment EvPN Ethernet virtuel
- Projet Internet draft-ietf-bess-evpn-vpls-seamless-integ, (PBB-)EVPN Intégration transparente avec (PBB-)VPLS
- Internet draft-ietf-bess-evpn-vpws-fxc, EVPN VPWS Flexible Cross-Connect Service
- Projet d'Internet draft-ietf-bess-evpn-yang, modèle de données Yang pour EVPN
- Projet Internet draft-ietf-isis-segment-routing-extensions-13, extensions IS-IS pour le routage de segments
- Projet Internet draft-ietf-spring-segment-routing-13, architecture de routage de segments
- Projet Internet draft-ietf-spring-segment-routing-mpls-11, routage de segments MPLS plan de données
- Projet Internet draft-wsv-bess-extended-evpn-optimized-ir, Extended Procedures for EVPN Optimized Ingress Replication. [5]

## 2.9 EVPN-MPLS multihoming

La fonctionnalité de multihoming EVPN permet de connecter un site client à deux équipements PE ou plus afin de fournir une connectivité redondante. Un CE peut être utilisé en multidomicile avec différents équipements PE ou le même équipement PE. Un équipement PE redondant peut fournir un service réseau au site du client dès qu'une panne est détectée. Le multihoming EVPN permet ainsi de maintenir le service EVPN et le trafic de retour vers et en provenance du site multi-domicile en cas de types de défaillances réseau suivantes:

- **Panne de l'équipement PE.**
- **Panne de la liaison CE de l'équipement PE.**

- **Échec d'accessibilité MPLS entre le périphérique PE local et un périphérique PE distant.**

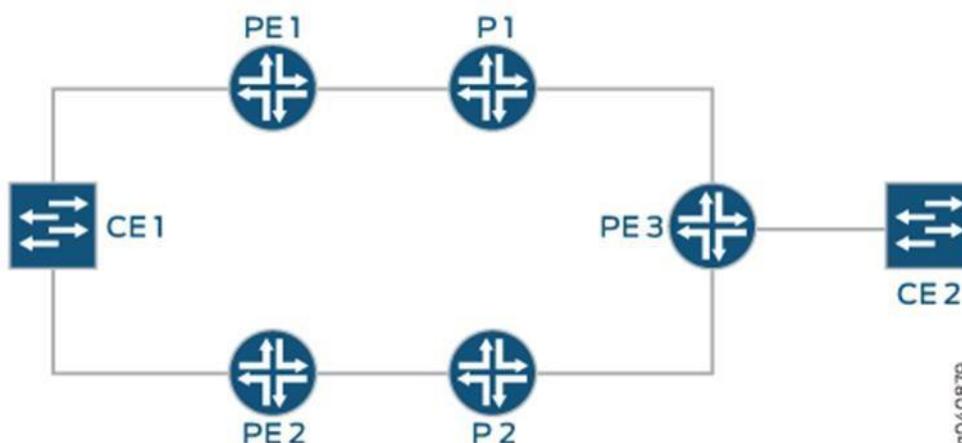
La figure ci-dessus illustre comment un équipement CE peut être utilisé en multi-domicile avec deux routeurs PE. L'CE 1 est en multi-domicile (multi-résident) avec les routeurs PE 1 et PE 2.

L'CE 2 dispose de deux chemins potentiels pour atteindre l'équipement CE 1.

Selon le mode de multihoming de redondance, un seul chemin ou les deux chemins sont actifs à tout moment (actif-passif) ou (actif-actif).

Le mode de fonctionnement du multihoming détermine également le ou les routeurs PE qui versent le trafic vers le dispositif CE. Le routeur PE qui route le trafic vers l'CE réseau (également appelé « forwarder désigné » ou « expéditeur désigné ») utilise des tunnels **LSP MPLS** pour le transport du trafic.

En cas de défaillance de ce chemin, un nouveau routeur désigné est choisi pour faire avancer le trafic vers l'CE 1.



**Figure 22: Fonctionnement d'EVPN Multihoming.**

## 2.10 Mode de fonctionnement d'EVPN Multihoming

Les différents modes de fonctionnement du multihoming EVPN sont les suivants:

- **Unique:** lorsqu'un routeur PE est connecté à un site client rattaché à un seul et même site, ce mode est en fonctionnement (activé). Le mode unique est le mode de fonctionnement par défaut et ne nécessite pas de valeurs de segment Ethernet pour être configurées.
- **Active-Standby:** lorsqu'un seul routeur PE, parmi un groupe de routeurs PE reliés à un segment Ethernet, est autorisé à transférer le trafic vers et en provenance de ce segment Ethernet, le segment Ethernet est défini pour fonctionner en mode de redondance active-veille.
- **Actif-actif:** lorsque tous les routeurs PE reliés à un segment Ethernet sont autorisés à avancer le trafic vers et en provenance du segment Ethernet, le segment Ethernet est défini pour fonctionner en mode de redondance actif-actif. *[16]*

La fonction multihoming EVPN active-active fournit une redondance au niveau de la liaison et au niveau du nœud ainsi qu'une utilisation efficace des ressources.

## 2.11 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté une étude sur l'EVPN multihoming d'une manière générale et en particulier L'EVPN-MPLS multihoming qui est une technologie évolutive et efficace.

# **Chapitre 3:**

# **Simulation EVPN-**

# **MPLS**

## **Chapitre 3 : Simulation EVPN-MPLS**

### **3.1 Introduction :**

Algérie Télécom utilise pour ses clients la technologie VPLS comme technologie de VPN niveau 2, cette technologie présente plusieurs avantages mais elle a certaines contraintes qui ont été observées par l'équipe d'exploitation. Ces dernières ont poussé à implémenter une nouvelle solution, qui est EVPN I2 qui répond à l'attente des clients notamment pour la solution multi homing (partage de charge).

Comme on a pu le voir dans le chapitre précédent ; Ethernet VPN est une technologie basée sur des normes qui fournit une connectivité multipoint virtuelle entre différents domaines de couche 2 sur un réseau IP / MPLS, comme d'autres technologies VPN telle que le service VPLS.

Après avoir étudié la théorie de l'EVPN, nous passons maintenant à la partie pratique qui présente la mise en œuvre de la simulation de notre réseau basé sur cette technologie.

En premier lieu nous fournissons un aperçu des outils choisis pour réaliser la simulation.

Ensuite nous présenterons les configurations mises en place pour établir l'EVPN.

### **3.2 Description de l'application :**

Dans la technologie VPN de couche 2 déployé, actuellement chez Algérie Télécom, on trouve le VPLS, ayant un principe de fonctionnement qui est similaire à ceux des switches de niveau 2.

Ce dernier, même s'il a plusieurs avantages, Il présente des inconvénients et des limites qui ont été observées par l'équipe d'exploitation.

Afin de surmonter ces limites, on suggère le déploiement de l'Ethernet VPN (EVPN), qui est un service de VPN niveau 2 multipoints.

### 3.3 Outils utilisés :

- **Junos :**

Le système d'exploitation Junos (Junos OS) utilisé dans les périphériques réseau Juniper Networks crée un environnement permettant d'accélérer le déploiement de services et d'applications sur un réseau unique.

- **Eve**

EVE-NG est un outil similaire à GNS3 qui fournit aux administrateurs réseau des moyens de simuler des routeurs, des commutateurs, des pare-feu et de nombreux autres appareils virtuels. Vous pouvez créer un laboratoire réseau avec des appareils Cisco, Juniper et bien plus encore.

- **Routeur vmx**

Le vMX (virtual MX) est un routeur UniversalEdge 3D MX series doté de nombreuses fonctionnalités. Le vMX offre des services de routage avancés qui permettent la prise en charge d'applications de périphérie fournisseur virtuelle (vPE), de réflecteur de route virtuelle (vRR) ou encore d'équipement virtuel côté client (vCE). Il est adapté à la modification flexible de services pour les fournisseurs de services et les opérateurs cloud.

### 3.4 Simulation de solution d'EVPN-MPLS:

Nous présenterons dans cette partie : la topologie simulée, les configurations réalisées et enfin les résultats des configurations.

#### 3.4.1 Topologie :

Nous avons utilisé dans notre solution 7 routeurs Juniper VMX.

Dont {P, PE1, PE2, PE3} représente le IS-IS domain et le MPLS domain (résau AT).

Avec le {CE1 et CE2} sont des clients de (AT).

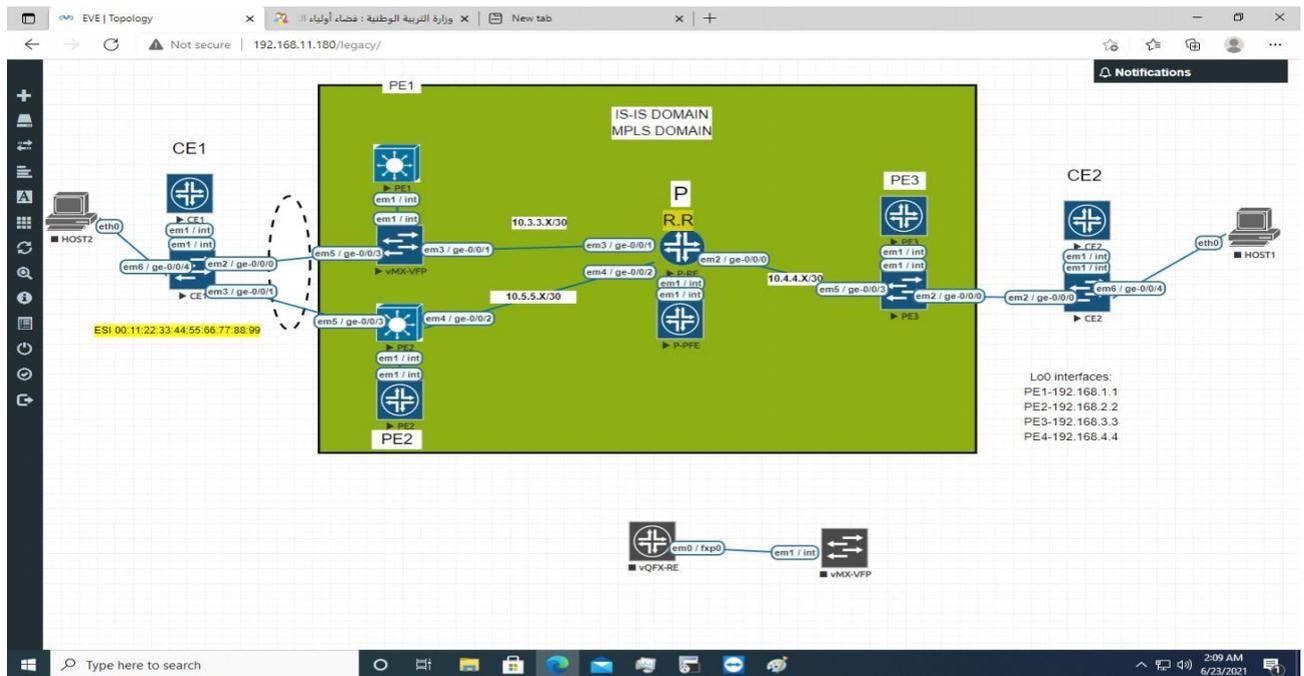


Figure 23: Topologie EVPN-MPLS.

### 3.4.1.1 Table d'adressage :

Pour la réalisation de cette simulation, nous utiliserons une table d'adressage.

Le tableau suivant affiche les routeurs et les ID.

Tableau 1: Table d'adressage.

Routeur	Router id	Interface	Adresse
P	192.168.4.4	Ge 0/0/0 vers PE3	10.4.4.2/30
		Ge 0/0/1 vers PE1	10.3.3.2/30
		Ge 0/0/2 vers PE2	10.5.5.2/30
		Lo0	192.168.4.4/32
PE1	192.168.1.1	Ge 0/0/0 vers P	10.3.3.1/30
		Ge 0/0/3 vers CE1	
		Lo0	192.168.1.1/32
PE2	192.168.2.2	Ge 0/0/2 vers P	10.5.5.1/30
		Ge 0/0/3 vers CE1	

		Lo0	192.168.2.2/32
PE3	192.168.3.3	Ge 0/0/0 vers CE2	
		Ge 0/0/3 vers P	10.4.4.1/30
		Lo0	192.168.3.3/32

### 3.4.2 Configuration des différentes parties de l'architecture :

Les configurations suivantes sont réalisées sur le routeur **PE3**

#### 3.4.2.1 Configuration des interfaces :

On effectue la configuration suivante sur les interfaces du *backbone IP/MPLS* :

```

P-PFE
File Edit View Options Transfer Script Tools Window Help
Enter host <Alt+R>
PE1 NE40-Metro-Backbone-Alger1 PE1 P-PFE CE1 CE2 PE2 PE3 PE4
'in' is ambiguous.
Possible completions:
  ingress-replication show Ingress-Replication tunnel information
  interfaces show interface information
[edit]
root# run show interfaces descriptions
Interface Admin Link Description
ge-0/0/0 up up to-PE3
ge-0/0/1.0 up up to-PE1
ge-0/0/2.0 up up to-PE2

[edit]
root# show interfaces
set policy-options policy-statement send-isis term 2 then acceptge-0/0/0 {
  unit 0 {
    description to-PE3;
    family inet {
      address 10.4.4.2/30;
    }
    family iso;
    family mpls;
  }
}
ge-0/0/1 {
  unit 0 {
    description to-PE1;
    family inet {
      address 10.3.3.2/30;
    }
    family iso;
    family mpls;
  }
}
ge-0/0/2 {
  unit 0 {
    description to-PE2;
  }
}
Filename: et policy-options policy-statement send-isis term 2 then accept'
wrote 30 lines of output to 'et policy-options policy-statement send-isis term 2 then accept'
---(more 46%)---[abort]

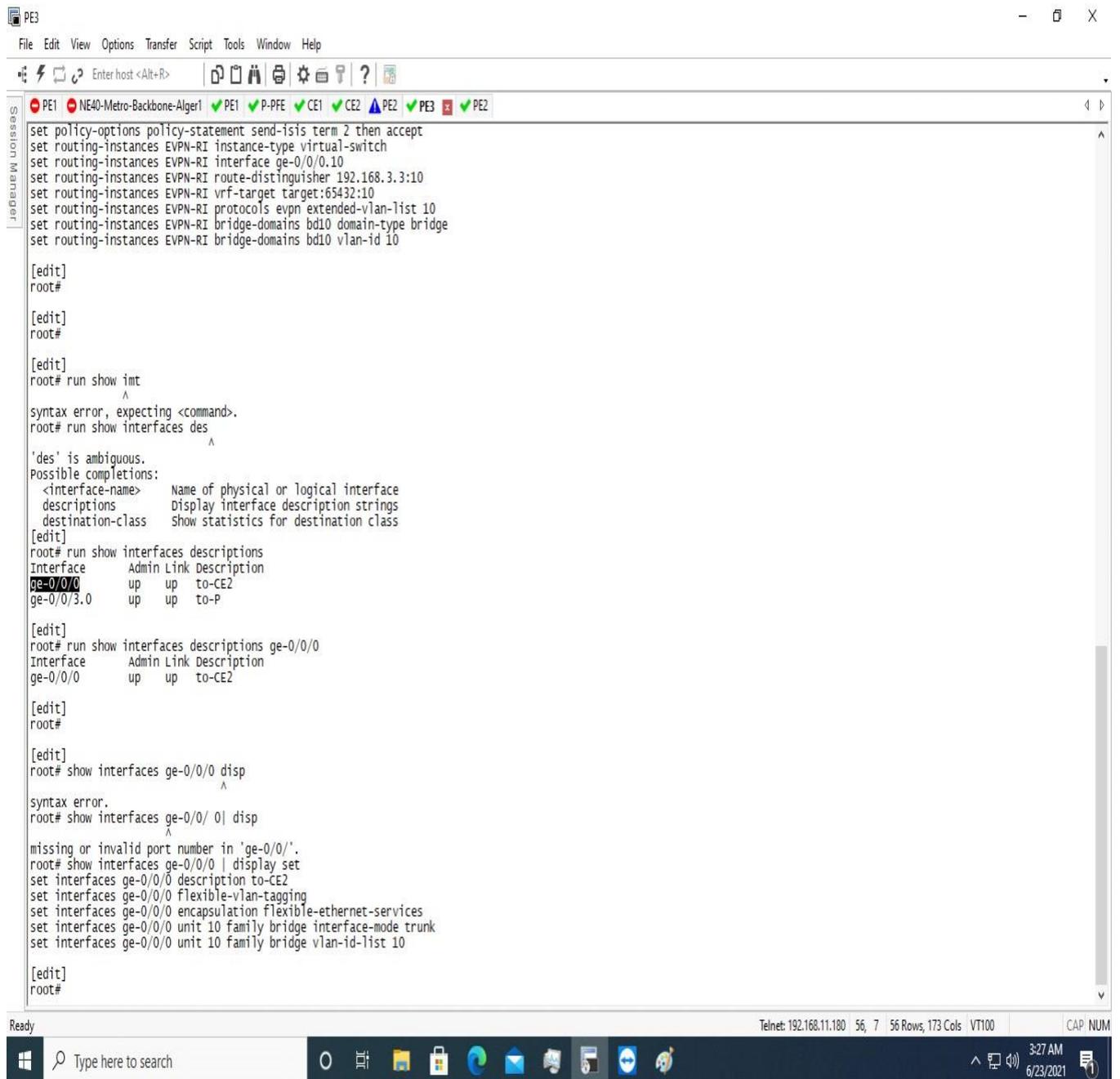
[edit]
root# show interfaces ge-0/0/0 | display set
set interfaces ge-0/0/0 unit 0 description to-PE3
set interfaces ge-0/0/0 unit 0 family inet address 10.4.4.2/30
set interfaces ge-0/0/0 unit 0 family iso
set interfaces ge-0/0/0 unit 0 family mpls

[edit]
root# show interfaces ge-0/0/1.0 | display set
set interfaces ge-0/0/1 unit 0 description to-PE1
set interfaces ge-0/0/1 unit 0 family inet address 10.3.3.2/30
set interfaces ge-0/0/1 unit 0 family iso
set interfaces ge-0/0/1 unit 0 family mpls

[edit]
root#
  
```

Figure 24: Configuration des interfaces du backbone IP/MPLS.

On effectue la configuration suivante sur les interfaces sortant vers les routeurs clients (*Ces*) :



```
PE3
File Edit View Options Transfer Script Tools Window Help
Enter host <Alt+R>
Session Manager
PE1 NE40-Metro-Backbone-Alger1 PE1 P-PFE CE1 CE2 PE2 PE3 PE2
set policy-options policy-statement send-isis term 2 then accept
set routing-instances EVPN-RI instance-type virtual-switch
set routing-instances EVPN-RI interface ge-0/0/0.10
set routing-instances EVPN-RI route-distinguisher 192.168.3.3:10
set routing-instances EVPN-RI vrf-target target:65432:10
set routing-instances EVPN-RI protocols evpn extended-vlan-list 10
set routing-instances EVPN-RI bridge-domains bd10 domain-type bridge
set routing-instances EVPN-RI bridge-domains bd10 vlan-id 10

[edit]
root#

[edit]
root#

[edit]
root# run show int
      ^
syntax error, expecting <command>.
root# run show interfaces des
      ^
'des' is ambiguous.
Possible completions:
<interface-name>  Name of physical or logical interface
descriptions      Display interface description strings
destination-class  Show statistics for destination class
[edit]
root# run show interfaces descriptions
Interface  Admin Link Description
ge-0/0/0   up   up   to-CE2
ge-0/0/3.0 up   up   to-P

[edit]
root# run show interfaces descriptions ge-0/0/0
Interface  Admin Link Description
ge-0/0/0   up   up   to-CE2

[edit]
root#

[edit]
root# show interfaces ge-0/0/0 disp
      ^
syntax error.
root# show interfaces ge-0/0/0 | disp
      ^
missing or invalid port number in 'ge-0/0/'.
root# show interfaces ge-0/0/0 | display set
set interfaces ge-0/0/0 description to-CE2
set interfaces ge-0/0/0 flexible-vlan-tagging
set interfaces ge-0/0/0 encapsulation flexible-ethernet-services
set interfaces ge-0/0/0 unit 10 family bridge interface-mode trunk
set interfaces ge-0/0/0 unit 10 family bridge vlan-id-list 10

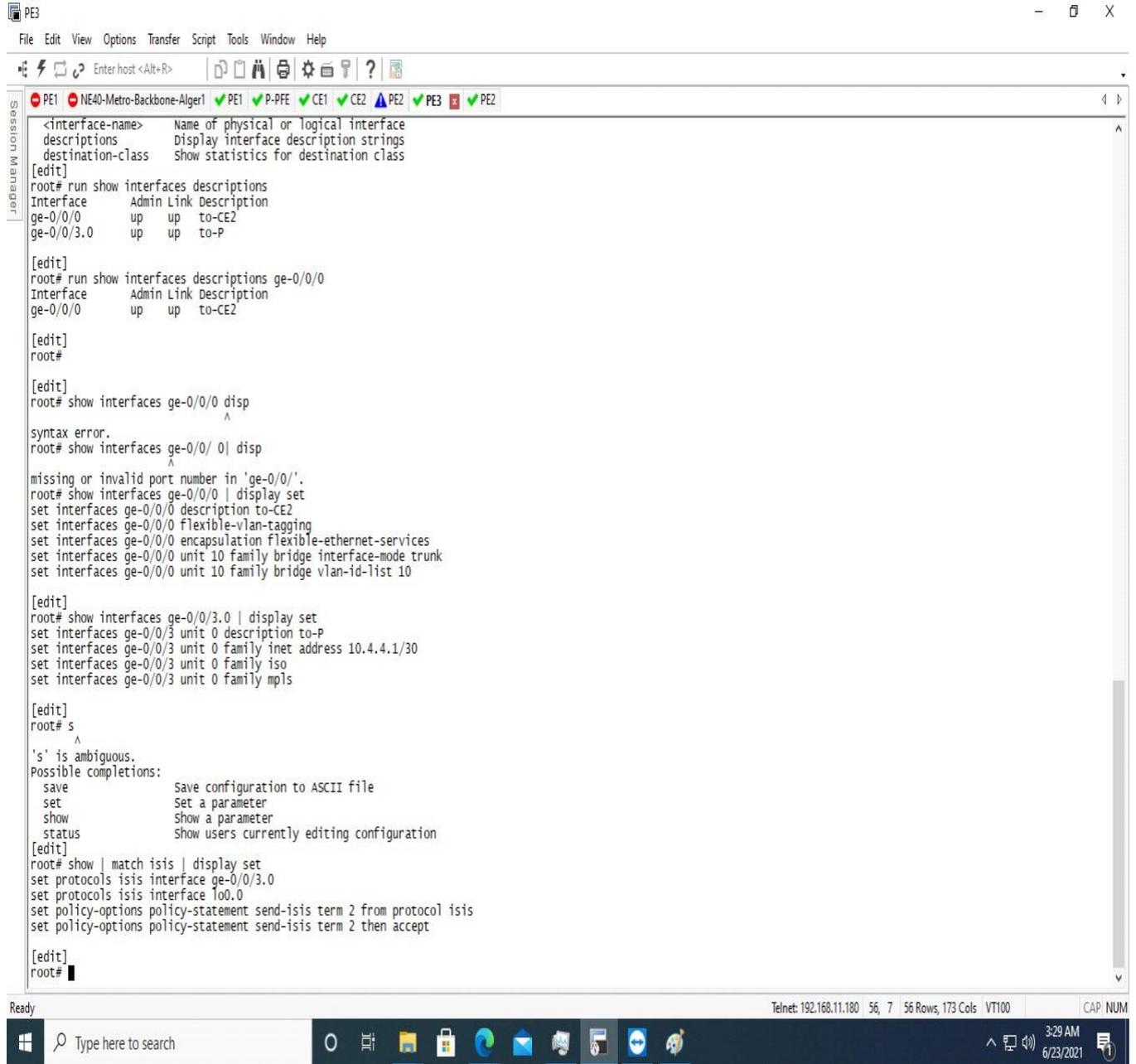
[edit]
root#
```

Ready Telnet: 192.168.11.180 56, 7 56 Rows, 173 Cols VT100 CAP NUM 3:27 AM 6/23/2021

Figure 25: Configuration des interfaces des clients (CEs).

### 3.4.2.2 Configuration de l'IS-IS :

Sur tous les routeurs (*PEs*) et (P), on configure *L'IS-IS* sur les interfaces du réseau *backbone IP/MPLS*.



```
PE3
File Edit View Options Transfer Script Tools Window Help
Enter host <Alt+R>
Session Manager
PE1 NE40-Metro-Backbone-Alger1 PE1 P-PFE CE1 CE2 PE2 PE3 PE2
<interface-name> Name of physical or logical interface
descriptions Display interface description strings
destination-class Show statistics for destination class
[edit]
root# run show interfaces descriptions
Interface Admin Link Description
ge-0/0/0 up up to-CE2
ge-0/0/3.0 up up to-P
[edit]
root# run show interfaces descriptions ge-0/0/0
Interface Admin Link Description
ge-0/0/0 up up to-CE2
[edit]
root#
[edit]
root# show interfaces ge-0/0/0 disp
syntax error.
root# show interfaces ge-0/0/ 0| disp
missing or invalid port number in 'ge-0/0/'.
root# show interfaces ge-0/0/0 | display set
set interfaces ge-0/0/0 description to-CE2
set interfaces ge-0/0/0 flexible-vlan-tagging
set interfaces ge-0/0/0 encapsulation flexible-ethernet-services
set interfaces ge-0/0/0 unit 10 family bridge interface-mode trunk
set interfaces ge-0/0/0 unit 10 family bridge vlan-id-list 10
[edit]
root# show interfaces ge-0/0/3.0 | display set
set interfaces ge-0/0/3 unit 0 description to-P
set interfaces ge-0/0/3 unit 0 family inet address 10.4.4.1/30
set interfaces ge-0/0/3 unit 0 family iso
set interfaces ge-0/0/3 unit 0 family mpls
[edit]
root# s
's' is ambiguous.
Possible completions:
save Save configuration to ASCII file
set Set a parameter
show Show a parameter
status Show users currently editing configuration
[edit]
root# show | match isis | display set
set protocols isis interface ge-0/0/3.0
set protocols isis interface lo0.0
set policy-options policy-statement send-isis term 2 from protocol isis
set policy-options policy-statement send-isis term 2 then accept
[edit]
root#
```

Figure 26: Configuration du protocole IS-IS.

```

root# show |display set
set version 18.2R1.9
set system root-authentication encrypted-password "$6$GpTcQtW$frnePtZkavrFyb0fbqgwLjwnDhYE1b3Beko03v9L/Ahe.A087Gmfms1.R9JTsiviYi11b1kwh0zrFoc4R1xM/"
set system syslog user * any emergency
deactivate system syslog user *
set system syslog file messages any notice
set system syslog file messages authorization info
set system syslog file interactive-commands interactive-commands any
set system processes dhcp-service traceoptions file dhcp_logfile
set system processes dhcp-service traceoptions file size 10m
set system processes dhcp-service traceoptions level all
set system processes dhcp-service traceoptions flag packet
set chassis fpc 0 lite-mode
set interfaces ge-0/0/0 description to-CE2
set interfaces ge-0/0/0 flexible-vlan-tagging
set interfaces ge-0/0/0 encapsulation flexible-ethernet-services
set interfaces ge-0/0/0 unit 10 family bridge interface-mode trunk
set interfaces ge-0/0/0 unit 10 family bridge vlan-id-list 10
set interfaces ge-0/0/3 unit 0 description to-P
set interfaces ge-0/0/3 unit 0 family inet address 10.4.4.1/30
set interfaces ge-0/0/3 unit 0 family iso
set interfaces ge-0/0/3 unit 0 family mpls
set interfaces fxp0 unit 0 family inet dhcp vendor-id Juniper-vmx-WM603CB027B7
set interfaces lo0 unit 0 family inet address 192.168.3.3/32
set interfaces lo0 unit 0 family iso address 49.0002.0192.0168.0330.00
set interfaces lo0 unit 0 family mpls
set routing-options router-id 192.168.3.3
set routing-options autonomous-system 65432
set routing-options forwarding-table export evpn-test
set protocols rsvp interface ge-0/0/3.0
set protocols rsvp interface lo0.0
set protocols mpls no-cspf
set protocols mpls label-switched-path PE3-to-PE2 to 192.168.2.2
set protocols mpls label-switched-path PE3-to-PE1 to 192.168.1.1
set protocols mpls interface ge-0/0/3.0
set protocols mpls interface lo0.0
set protocols bgp group EVPN-PE type internal
set protocols bgp group EVPN-PE local-address 192.168.3.3
set protocols bgp group EVPN-PE family inet-vpn unicast
set protocols bgp group EVPN-PE family evpn signaling
set protocols bgp group EVPN-PE neighbor 192.168.4.4
set protocols bgp group EVPN-PE neighbor 192.168.1.1
set protocols bgp group EVPN-PE neighbor 192.168.2.2
set protocols isis interface ge-0/0/3.0
set protocols isis interface lo0.0
set policy-options policy-statement evpn-test from protocol evpn
set policy-options policy-statement evpn-test then load-balance per-packet
set policy-options policy-statement send-isis term 2 from protocol isis
set policy-options policy-statement send-isis term 2 then accept
set routing-instances EVPN-RI instance-type virtual-switch
set routing-instances EVPN-RI interface ge-0/0/0.10
set routing-instances EVPN-RI route-distinguisher 192.168.3.3:10
set routing-instances EVPN-RI vrf-target target:65432:10
set routing-instances EVPN-RI protocols evpn extended-vlan-list 10
set routing-instances EVPN-RI bridge-domains bd10 domain-type bridge
set routing-instances EVPN-RI bridge-domains bd10 vlan-id 10

```

Ready Telnet: 192.168.11.180 56, 7 56 Rows, 173 Cols VT100 CAP NUM

**Figure 27: Configuration du protocole IS-IS.**

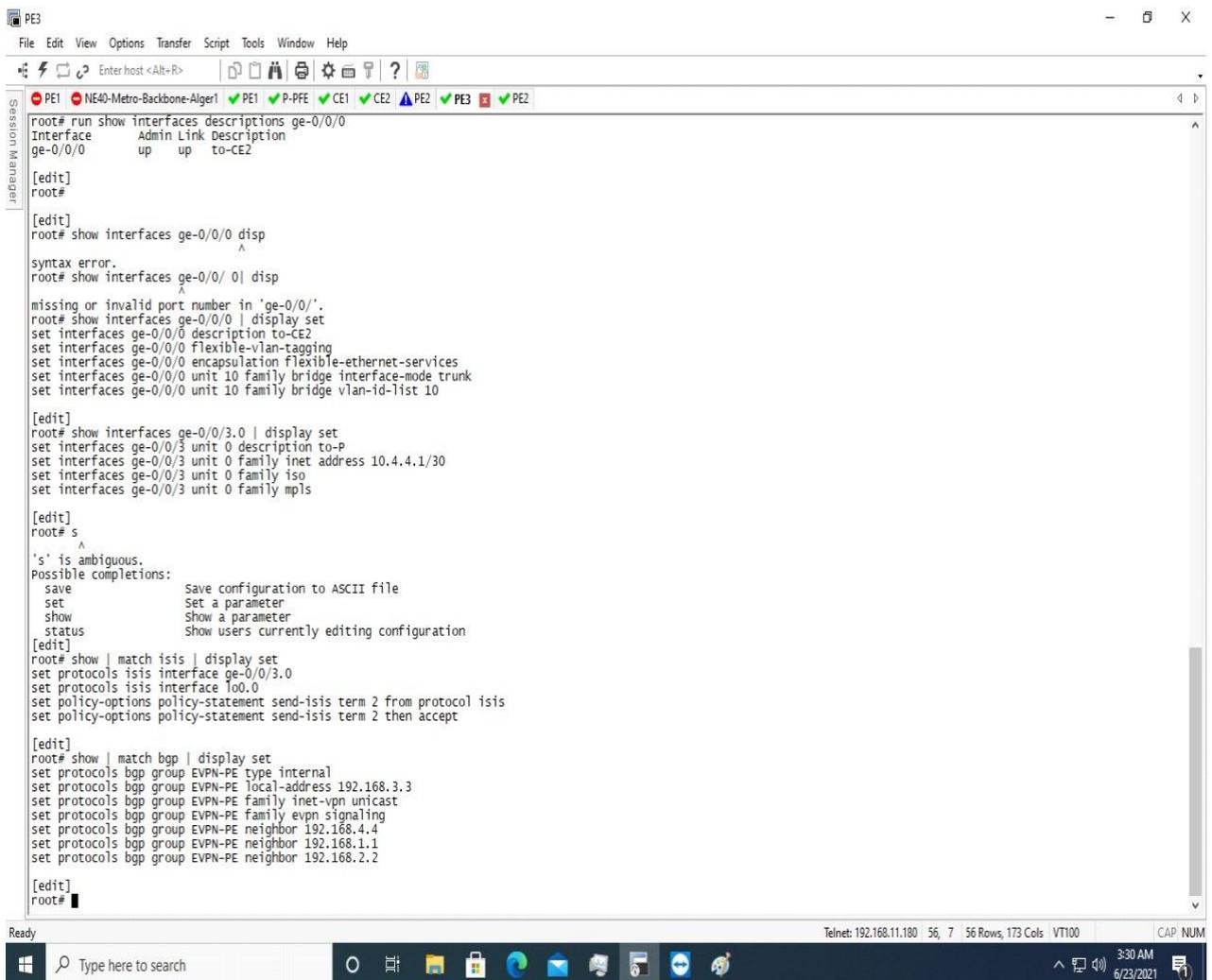
### 3.4.2.3 Configuration MP-BGP :

Sur tous les routeurs (*PEs*) on configure *MP-BGP*.

Configurez le groupe BGP pour les routeurs PE ; attribuez des adresses locales et voisines au groupe EVPN-PE BGP afin que les routeurs PE s'échangent les uns avec les autres, inclure les informations d'accessibilité de la couche réseau de signalisation EVPN (NLRI) au groupe EVPN-PE.

*Les résultats sont comme suit :*

```
[edit]
root# show | match bgp | display set
set protocols bgp group EVPN-PE type internal
set protocols bgp group EVPN-PE local-address 192.168.3.3
set protocols bgp group EVPN-PE family inet-vpn unicast
set protocols bgp group EVPN-PE family evpn signaling
set protocols bgp group EVPN-PE neighbor 192.168.4.4
set protocols bgp group EVPN-PE neighbor 192.168.1.1
set protocols bgp group EVPN-PE neighbor 192.168.2.2
```



```
PE3
File Edit View Options Transfer Script Tools Window Help
Enter host <Alt-R>
[Session Manager]
PE1 NE40-Metro-Backbone-Alger1 PE1 P-PFE CE1 CE2 PE2 PE3 PE2
root# run show interfaces descriptions ge-0/0/0
Interface Admin Link Description
ge-0/0/0 up up to-CE2
[edit]
root#
[edit]
root# show interfaces ge-0/0/0 disp
syntax error.
root# show interfaces ge-0/0/ 0| disp
missing or invalid port number in 'ge-0/0/'.
root# show interfaces ge-0/0/0 | display set
set interfaces ge-0/0/0 description to-CE2
set interfaces ge-0/0/0 flexible-vlan-tagging
set interfaces ge-0/0/0 encapsulation flexible-ethernet-services
set interfaces ge-0/0/0 unit 10 family bridge interface-mode trunk
set interfaces ge-0/0/0 unit 10 family bridge vlan-id-list 10
[edit]
root# show interfaces ge-0/0/3.0 | display set
set interfaces ge-0/0/3 unit 0 description to-P
set interfaces ge-0/0/3 unit 0 family inet address 10.4.4.1/30
set interfaces ge-0/0/3 unit 0 family iso
set interfaces ge-0/0/3 unit 0 family mpls
[edit]
root# s
's' is ambiguous.
Possible completions:
save Save configuration to ASCII file
set Set a parameter
show Show a parameter
status Show users currently editing configuration
[edit]
root# show | match isis | display set
set protocols isis interface ge-0/0/3.0
set protocols isis interface lo0.0
set policy-options policy-statement send-isis term 2 from protocol isis
set policy-options policy-statement send-isis term 2 then accept
[edit]
root# show | match bgp | display set
set protocols bgp group EVPN-PE type internal
set protocols bgp group EVPN-PE local-address 192.168.3.3
set protocols bgp group EVPN-PE family inet-vpn unicast
set protocols bgp group EVPN-PE family evpn signaling
set protocols bgp group EVPN-PE neighbor 192.168.4.4
set protocols bgp group EVPN-PE neighbor 192.168.1.1
set protocols bgp group EVPN-PE neighbor 192.168.2.2
[edit]
root#
```

Figure 28: Configuration du protocole MP-BGP sur (PEs).

### 3.4.2.4 Configuration MPLS :

Sur tous les routeurs (*PEs*) et P on configure *MPLS*.

*Les résultats sont comme suit :*

```
[edit]
root# show | match mpls | display set
set interfaces ge-0/0/3 unit 0 family mpls
set interfaces lo0 unit 0 family mpls
set protocols mpls no-cspf
set protocols mpls label-switched-path PE3-to-PE2 to 192.168.2.2
set protocols mpls label-switched-path PE3-to-PE1 to 192.168.1.1
set protocols mpls interface ge-0/0/3.0
set protocols mpls interface lo0.0
```

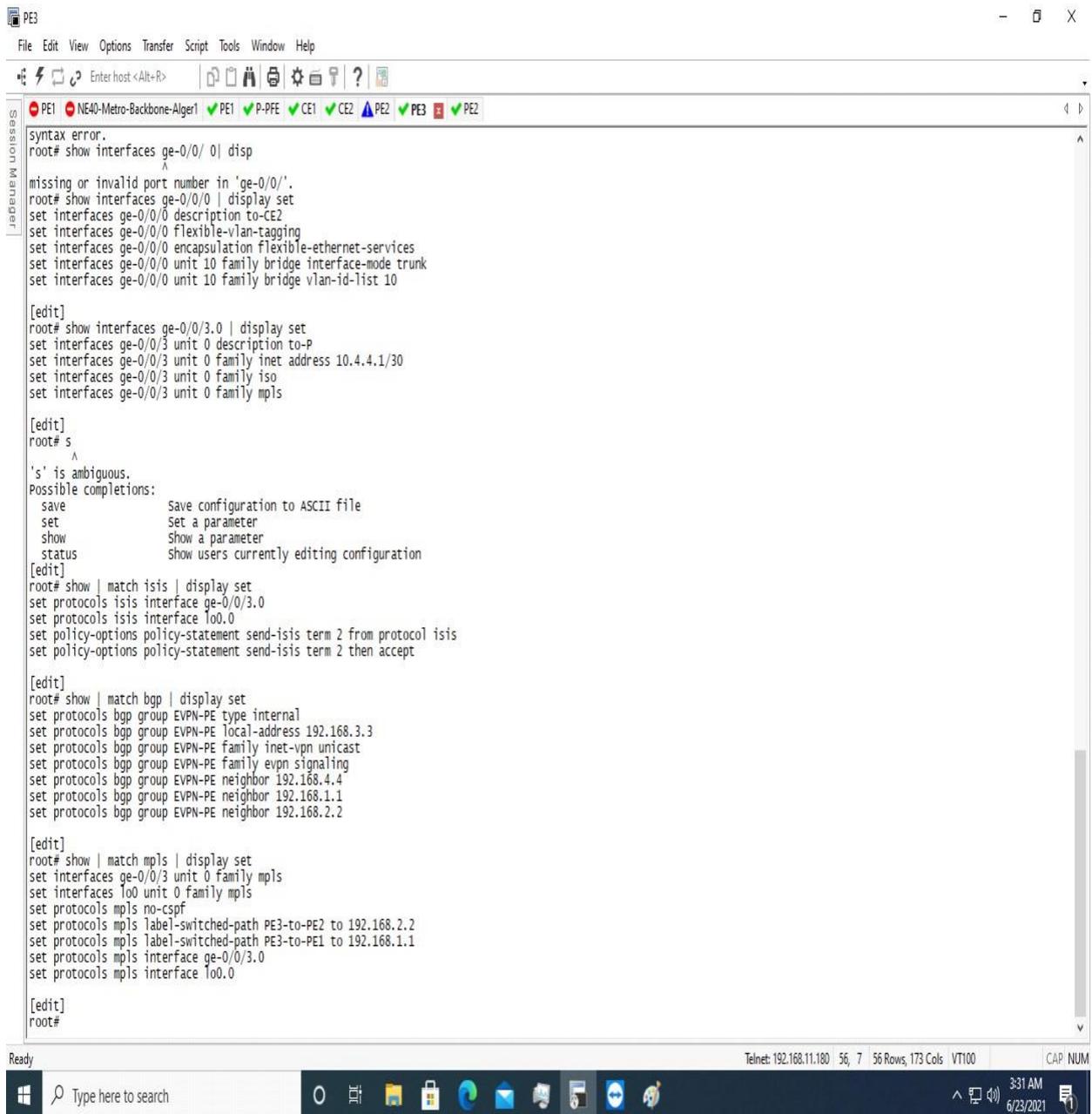


Figure 29: Configuration de MPLS sur (PEs).

### 3.4.2.5 Configuration RSVP :

Sur tous les routeurs (*PEs*) et P on configure *RSVP*

*Les résultats sont comme suit :*

```
[edit]
root# show | match rsvp | display set
set protocols rsvp interface ge-0/0/3.0
set protocols rsvp interface lo0.0

[edit]
root# show interfaces ge-0/0/3.0 | display set
set interfaces ge-0/0/3 unit 0 description to-P
set interfaces ge-0/0/3 unit 0 family inet address 10.4.4.1/30
set interfaces ge-0/0/3 unit 0 family iso
set interfaces ge-0/0/3 unit 0 family mpls

[edit]
root# s
's' is ambiguous.
Possible completions:
  save          Save configuration to ASCII file
  set           Set a parameter
  show         Show a parameter
  status       Show users currently editing configuration

[edit]
root# show | match isis | display set
set protocols isis interface ge-0/0/3.0
set protocols isis interface lo0.0
set policy-options policy-statement send-isis term 2 from protocol isis
set policy-options policy-statement send-isis term 2 then accept

[edit]
root# show | match bgp | display set
set protocols bgp group EVPN-PE type internal
set protocols bgp group EVPN-PE local-address 192.168.3.3
set protocols bgp group EVPN-PE family inet-vpn unicast
set protocols bgp group EVPN-PE family evpn signaling
set protocols bgp group EVPN-PE neighbor 192.168.4.4
set protocols bgp group EVPN-PE neighbor 192.168.1.1
set protocols bgp group EVPN-PE neighbor 192.168.2.2

[edit]
root# show | match mpls | display set
set interfaces ge-0/0/3 unit 0 family mpls
set interfaces lo0 unit 0 family mpls
set protocols mpls no-cspf
set protocols mpls label-switched-path PE3-to-PE2 to 192.168.2.2
set protocols mpls label-switched-path PE3-to-PE1 to 192.168.1.1
set protocols mpls interface ge-0/0/3.0
set protocols mpls interface lo0.0

[edit]
root# show | match rsvp | display set
set protocols rsvp interface ge-0/0/3.0
set protocols rsvp interface lo0.0

[edit]
root#
```

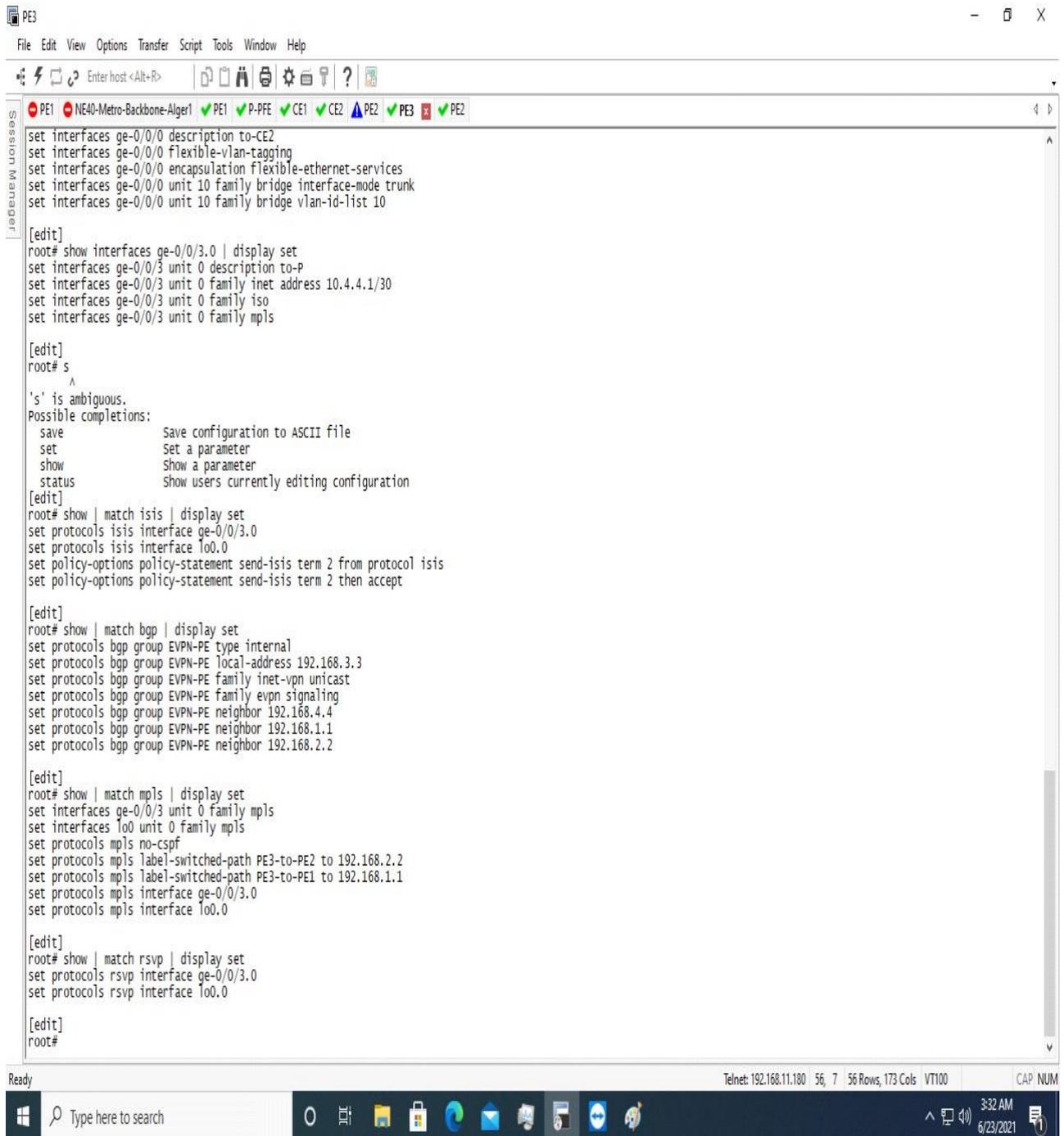


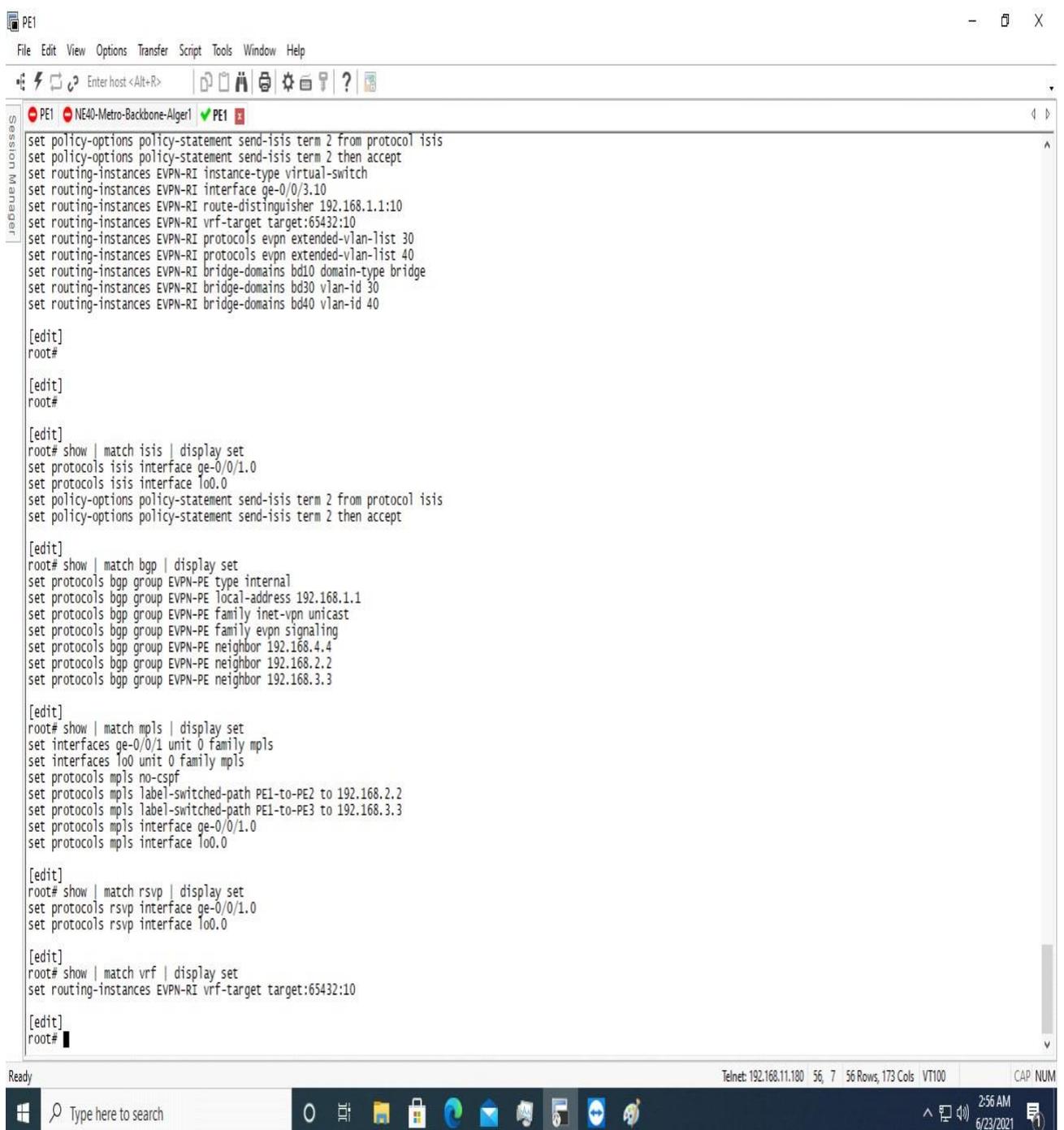
Figure 30: Configuration de RSVP sur (PEs).

### 3.4.2.6 Configuration VRF :

Sur tous les routeurs (*PEs*) on configure les *VRFs*.

*Les résultats sont comme suit :*

```
[edit]
root# show | match vrf | display set
set routing-instances EVPN-RI vrf-target target:65432:10
```



```
set policy-options policy-statement send-isis term 2 from protocol isis
set policy-options policy-statement send-isis term 2 then accept
set routing-instances EVPN-RI instance-type virtual-switch
set routing-instances EVPN-RI interface ge-0/0/3.10
set routing-instances EVPN-RI route-distinguisher 192.168.1.1:10
set routing-instances EVPN-RI vrf-target target:65432:10
set routing-instances EVPN-RI protocols evpn extended-vlan-list 30
set routing-instances EVPN-RI protocols evpn extended-vlan-list 40
set routing-instances EVPN-RI bridge-domains bd10 domain-type bridge
set routing-instances EVPN-RI bridge-domains bd30 vlan-id 30
set routing-instances EVPN-RI bridge-domains bd40 vlan-id 40

[edit]
root#

[edit]
root#

[edit]
root# show | match isis | display set
set protocols isis interface ge-0/0/1.0
set protocols isis interface lo0.0
set policy-options policy-statement send-isis term 2 from protocol isis
set policy-options policy-statement send-isis term 2 then accept

[edit]
root# show | match bgp | display set
set protocols bgp group EVPN-PE type internal
set protocols bgp group EVPN-PE local-address 192.168.1.1
set protocols bgp group EVPN-PE family inet-vpn unicast
set protocols bgp group EVPN-PE family evpn signaling
set protocols bgp group EVPN-PE neighbor 192.168.4.4
set protocols bgp group EVPN-PE neighbor 192.168.2.2
set protocols bgp group EVPN-PE neighbor 192.168.3.3

[edit]
root# show | match mpls | display set
set interfaces ge-0/0/1 unit 0 family mpls
set interfaces lo0 unit 0 family mpls
set protocols mpls no-cspf
set protocols mpls label-switched-path PE1-to-PE2 to 192.168.2.2
set protocols mpls label-switched-path PE1-to-PE3 to 192.168.3.3
set protocols mpls interface ge-0/0/1.0
set protocols mpls interface lo0.0

[edit]
root# show | match rsvp | display set
set protocols rsvp interface ge-0/0/1.0
set protocols rsvp interface lo0.0

[edit]
root# show | match vrf | display set
set routing-instances EVPN-RI vrf-target target:65432:10

[edit]
root#
```

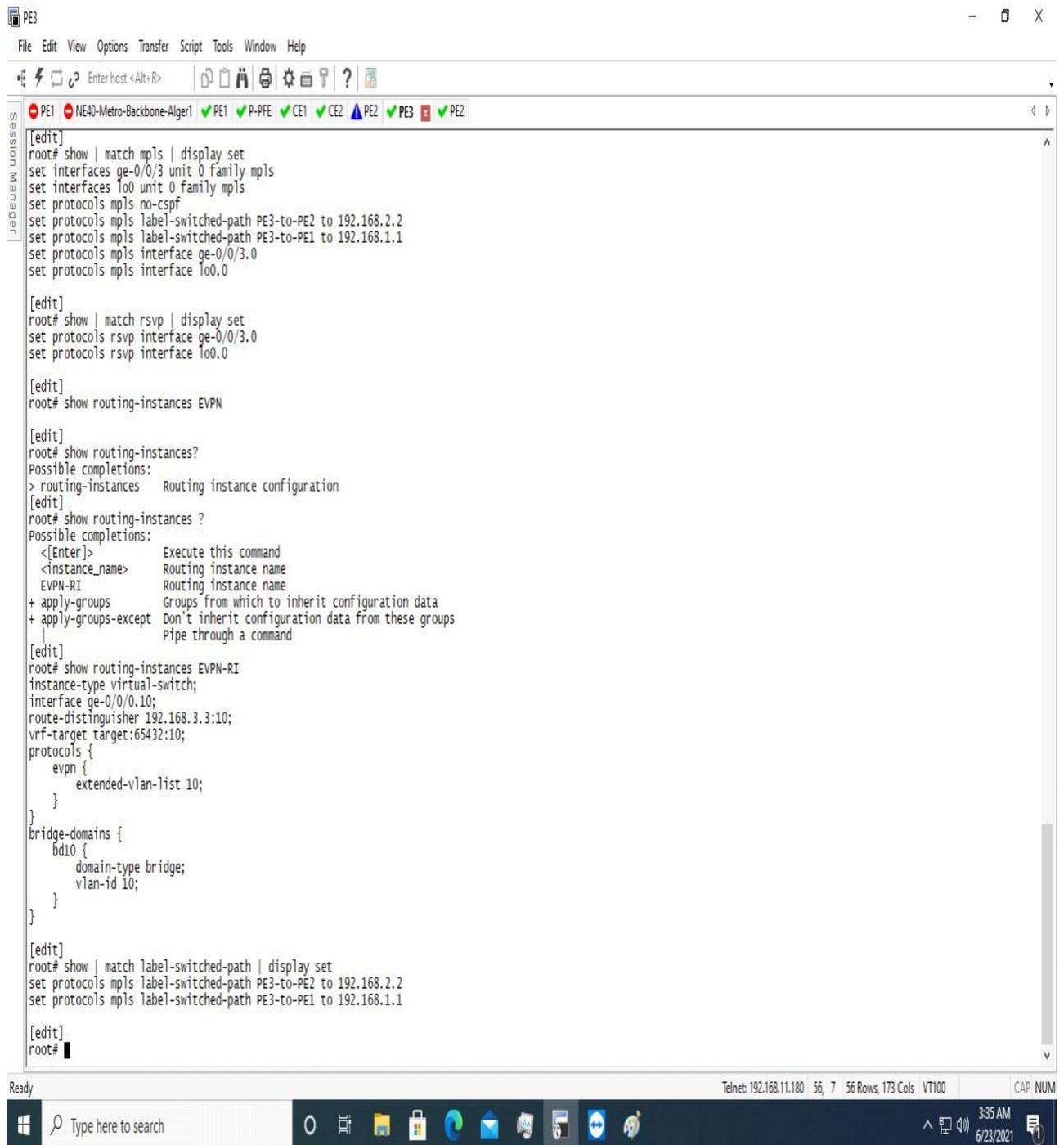
Figure 31: Configuration des VRFs.

### 3.4.2.7 Configuration LSP :

Sur tous les routeurs (*PEs*) on configure les *LSPs*.

*Les résultats sont comme suit :*

```
[edit]
root# show | match label-switched-path | display set
set protocols mpls label-switched-path PE3-to-PE2 to 192.168.2.2
set protocols mpls label-switched-path PE3-to-PE1 to 192.168.1.1
```



```
PE3
File Edit View Options Transfer Script Tools Window Help
Enter host <Alt+R>
Session Manager
PE1 NE40-Metro-Backbone-Algeri PE1 P-PFE CE1 CE2 PE2 PE3 PE2
[edit]
root# show | match mpls | display set
set interfaces ge-0/0/3 unit 0 family mpls
set interfaces lo0 unit 0 family mpls
set protocols mpls no-cspf
set protocols mpls label-switched-path PE3-to-PE2 to 192.168.2.2
set protocols mpls label-switched-path PE3-to-PE1 to 192.168.1.1
set protocols mpls interface ge-0/0/3.0
set protocols mpls interface lo0.0

[edit]
root# show | match rsvp | display set
set protocols rsvp interface ge-0/0/3.0
set protocols rsvp interface lo0.0

[edit]
root# show routing-instances EVPN

[edit]
root# show routing-instances?
Possible completions:
> routing-instances Routing instance configuration
[edit]
root# show routing-instances ?
Possible completions:
<[Enter]> Execute this command
<instance_name> Routing instance name
EVPN-RI Routing instance name
+ apply-groups Groups from which to inherit configuration data
+ apply-groups-except Don't inherit configuration data from these groups
Pipe through a command

[edit]
root# show routing-instances EVPN-RI
instance-type virtual-switch;
interface ge-0/0/0.10;
route-distinguisher 192.168.3.3:10;
vrf-target target:65432:10;
protocols {
  evpn {
    extended-vlan-list 10;
  }
}
bridge-domains {
  bd10 {
    domain-type bridge;
    vlan-id 10;
  }
}

[edit]
root# show | match label-switched-path | display set
set protocols mpls label-switched-path PE3-to-PE2 to 192.168.2.2
set protocols mpls label-switched-path PE3-to-PE1 to 192.168.1.1

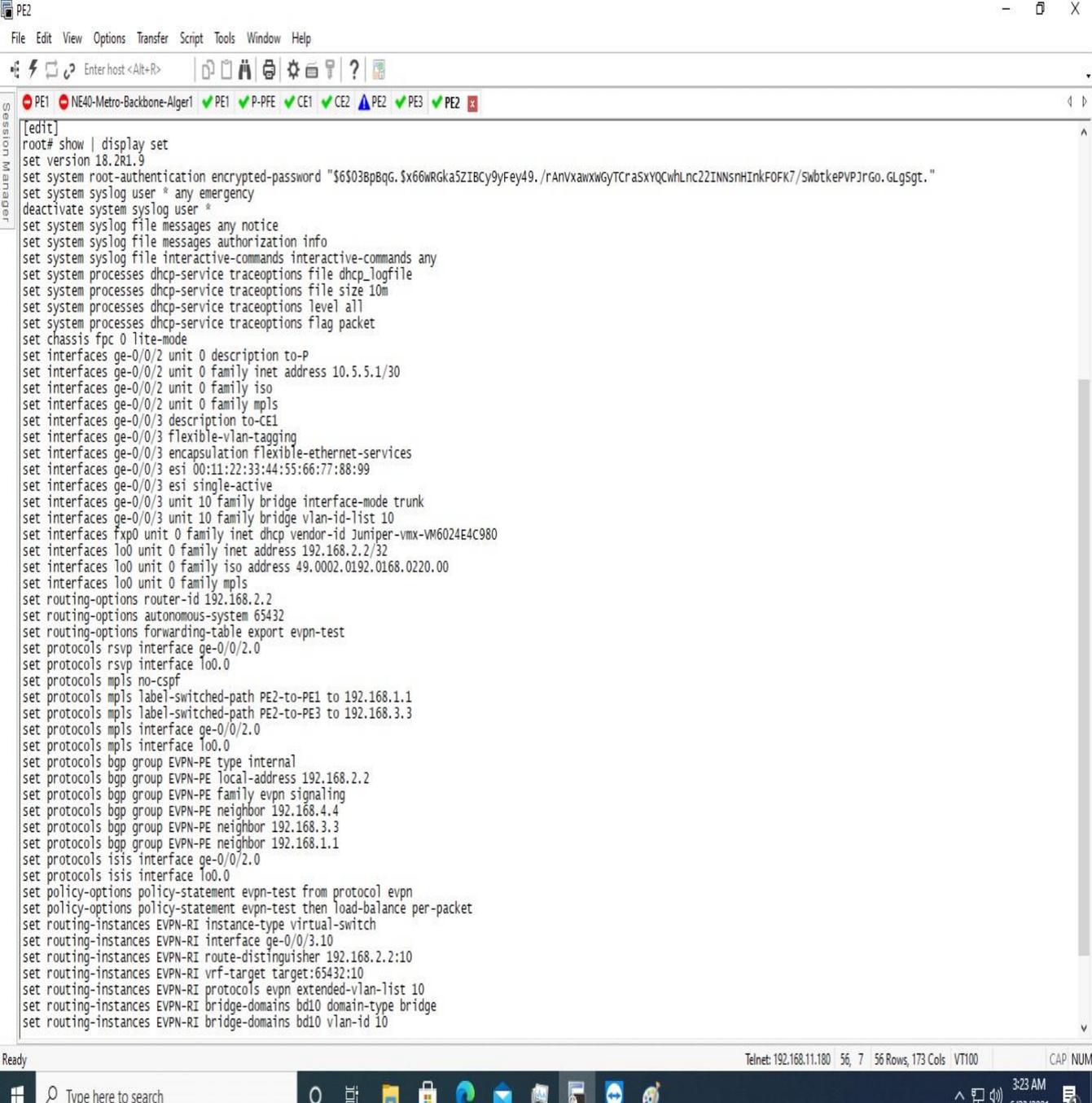
[edit]
root#
```

Figure 32: Configuration des LSPs sur (PEs).

### 3.4.2.8 Configuration EVPN :

Sur tous les routeurs (*PEs*) on configure l'instance EVPN en deux étapes :

- **Activer le multihébergement EVPN en veille active sur les interfaces multirésidentes :**

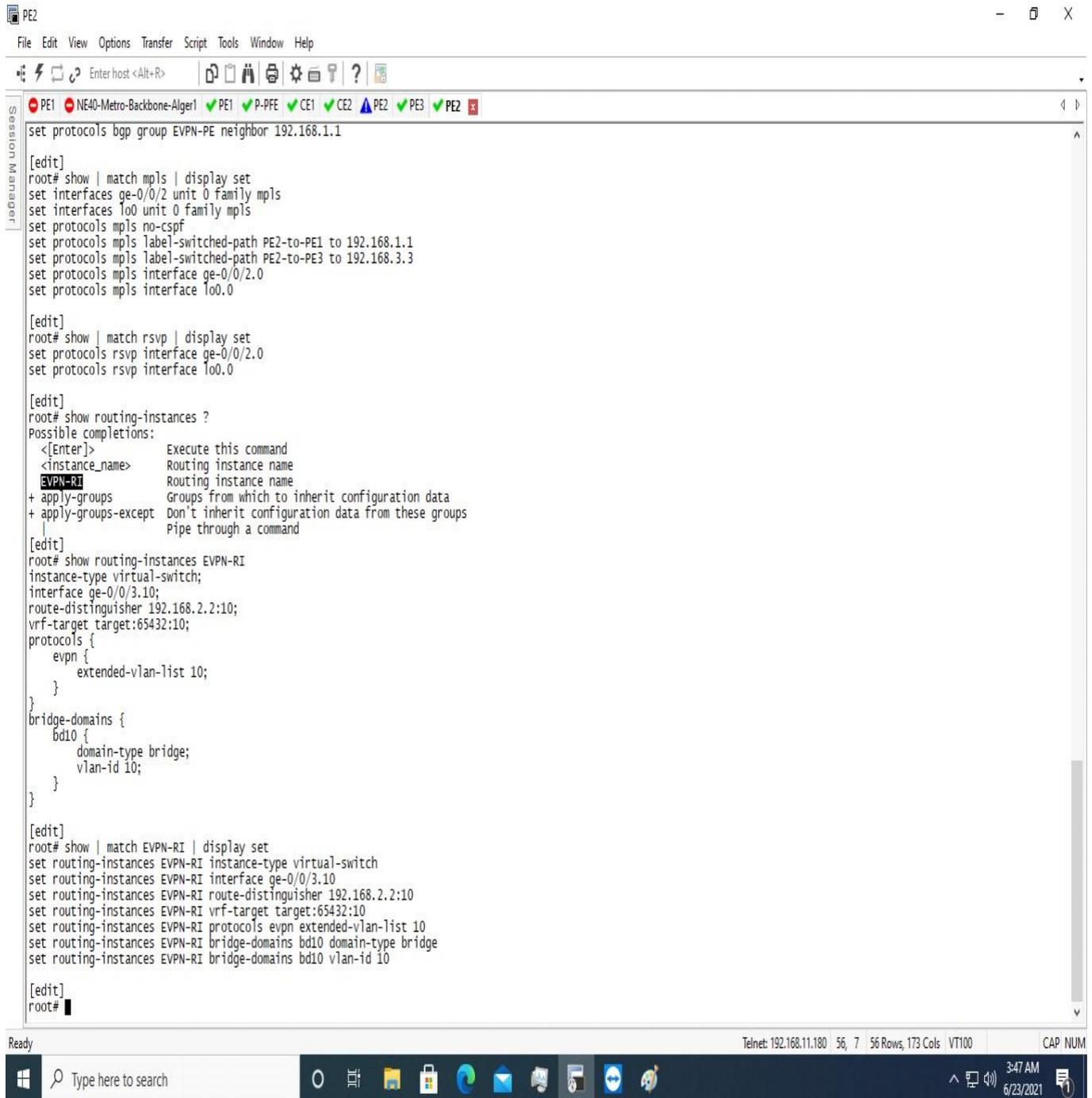


```
[edit]
root# show | display set
set version 18.2R1.9
set system root-authentication encrypted-password "$6$03BpBqG.$x66wRgka5Z1Bcy9yFey49./rANvxawxwGyTcr aSxYQCwHlnc221NNSnHInkFOFK7/SwbtkEVPVJrGo.GLgSgt."
set system syslog user * any emergency
deactivate system syslog user *
set system syslog file messages any notice
set system syslog file messages authorization info
set system syslog file interactive-commands interactive-commands any
set system processes dhcp-service traceoptions file dhcp_logfile
set system processes dhcp-service traceoptions file size 10m
set system processes dhcp-service traceoptions level all
set system processes dhcp-service traceoptions flag packet
set chassis fpc 0 lite-mode
set interfaces ge-0/0/2 unit 0 description to-P
set interfaces ge-0/0/2 unit 0 family inet address 10.5.5.1/30
set interfaces ge-0/0/2 unit 0 family iso
set interfaces ge-0/0/2 unit 0 family mpls
set interfaces ge-0/0/3 description to-CE1
set interfaces ge-0/0/3 flexible-vlan-tagging
set interfaces ge-0/0/3 encapsulation flexible-ethernet-services
set interfaces ge-0/0/3 esi 00:11:22:33:44:55:66:77:88:99
set interfaces ge-0/0/3 esi single-active
set interfaces ge-0/0/3 unit 10 family bridge interface-mode trunk
set interfaces ge-0/0/3 unit 10 family bridge vlan-id-list 10
set interfaces fxp0 unit 0 family inet dhcp vendor-id juniper-vmx-WM6024E4C980
set interfaces lo0 unit 0 family inet address 192.168.2.2/32
set interfaces lo0 unit 0 family iso address 49.0002.0192.0168.0220.00
set interfaces lo0 unit 0 family mpls
set routing-options router-id 192.168.2.2
set routing-options autonomous-system 65432
set routing-options forwarding-table export evpn-test
set protocols rsvp interface ge-0/0/2.0
set protocols rsvp interface lo0.0
set protocols mpls no-cspf
set protocols mpls label-switched-path PE2-to-PE1 to 192.168.1.1
set protocols mpls label-switched-path PE2-to-PE3 to 192.168.3.3
set protocols mpls interface ge-0/0/2.0
set protocols mpls interface lo0.0
set protocols bgp group EVPN-PE type internal
set protocols bgp group EVPN-PE local-address 192.168.2.2
set protocols bgp group EVPN-PE family evpn signaling
set protocols bgp group EVPN-PE neighbor 192.168.4.4
set protocols bgp group EVPN-PE neighbor 192.168.3.3
set protocols bgp group EVPN-PE neighbor 192.168.1.1
set protocols isis interface ge-0/0/2.0
set protocols isis interface lo0.0
set policy-options policy-statement evpn-test from protocol evpn
set policy-options policy-statement evpn-test then load-balance per-packet
set routing-instances EVPN-RI instance-type virtual-switch
set routing-instances EVPN-RI interface ge-0/0/3.10
set routing-instances EVPN-RI route-distinguisher 192.168.2.2:10
set routing-instances EVPN-RI vrf-target target:65432:10
set routing-instances EVPN-RI protocols evpn extended-vlan-list 10
set routing-instances EVPN-RI bridge-domains bd10 domain-type bridge
set routing-instances EVPN-RI bridge-domains bd10 vlan-id 10
```

Figure 33: Configuration EVPN Actif-Actif.

- **Configurez l'instance de routage pour le mode de redondance actif-veille :**

Le multi-hébergement actif en veille peut être configuré sous n'importe quelle instance de routage EVPN. Les types d'instances EVPN et virtual-switch sont tous deux pris en charge dans le multi-hébergement EVPN actif en veille. L'instance de routage VRF est configurée pour illustrer la fonctionnalité EVPN- IRB, en plus du multi-hébergement, et n'est pas obligatoire pour que la fonction de multi-hébergement EVPN en veille active fonctionne.

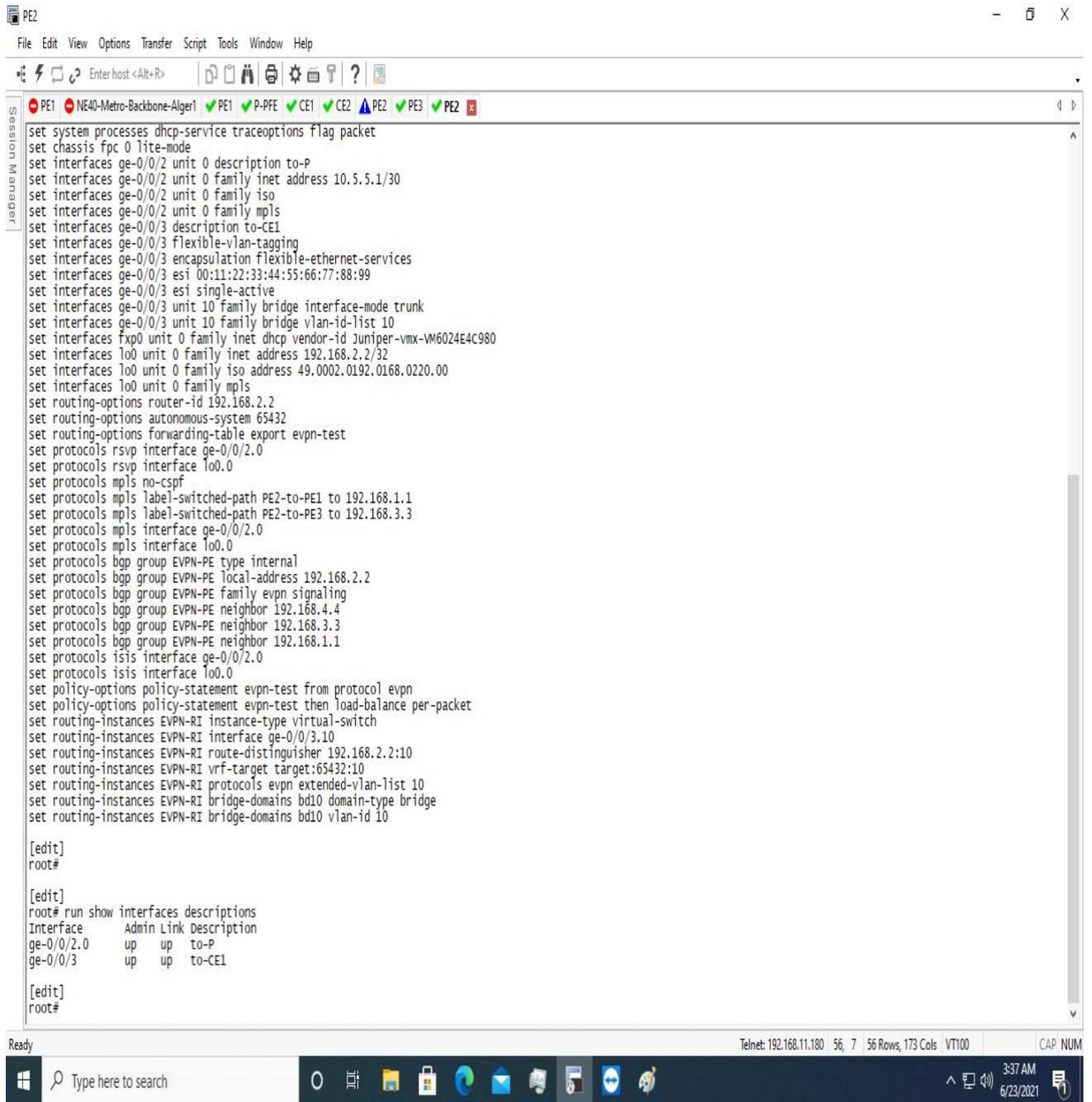


```
PE2
File Edit View Options Transfer Script Tools Window Help
Enter host <Alt+R>
PE1 NE40-Metro-Backbone-Alger1 PE1 P-PFE CE1 CE2 PE2 PE3 PE2
[edit]
root# set protocols bgp group EVPN-PE neighbor 192.168.1.1
[edit]
root# show | match mpls | display set
set interfaces ge-0/0/2 unit 0 family mpls
set interfaces lo0 unit 0 family mpls
set protocols mpls no-cspf
set protocols mpls label-switched-path PE2-to-PE1 to 192.168.1.1
set protocols mpls label-switched-path PE2-to-PE3 to 192.168.3.3
set protocols mpls interface ge-0/0/2.0
set protocols mpls interface lo0.0
[edit]
root# show | match rsvp | display set
set protocols rsvp interface ge-0/0/2.0
set protocols rsvp interface lo0.0
[edit]
root# show routing-instances ?
Possible completions:
<[Enter]> Execute this command
<instance_name> Routing instance name
EVPN-RI Routing instance name
+ apply-groups Groups from which to inherit configuration data
+ apply-groups-except Don't inherit configuration data from these groups
Pipe through a command
[edit]
root# show routing-instances EVPN-RI
instance-type virtual-switch;
interface ge-0/0/3.10;
route-distinguisher 192.168.2.2:10;
vrf-target target:65432:10;
protocols {
  evpn {
    extended-vlan-list 10;
  }
}
bridge-domains {
  bd10 {
    domain-type bridge;
    vlan-id 10;
  }
}
[edit]
root# show | match EVPN-RI | display set
set routing-instances EVPN-RI instance-type virtual-switch
set routing-instances EVPN-RI interface ge-0/0/3.10
set routing-instances EVPN-RI route-distinguisher 192.168.2.2:10
set routing-instances EVPN-RI vrf-target target:65432:10
set routing-instances EVPN-RI protocols evpn extended-vlan-list 10
set routing-instances EVPN-RI bridge-domains bd10 domain-type bridge
set routing-instances EVPN-RI bridge-domains bd10 vlan-id 10
[edit]
root#
```

**Figure 34: Configuration EVPN Actif-veille.**

### 3.4.3 Affichage des résultats de la configuration :

#### 3.4.3.1 Affichage résultat de la configuration des interfaces :



```
PE2
File Edit View Options Transfer Script Tools Window Help
Enter host <Alt+R>
Session Manager
PE1 NE40-Metro-Backbone-Algeri PE1 P-PFE CE1 CE2 PE2 PE3 PE2 x
set system processes dhcp-service traceoptions flag packet
set chassis fpc 0 lite-mode
set interfaces ge-0/0/2 unit 0 description to-P
set interfaces ge-0/0/2 unit 0 family inet address 10.5.5.1/30
set interfaces ge-0/0/2 unit 0 family iso
set interfaces ge-0/0/2 unit 0 family mpls
set interfaces ge-0/0/3 description to-CE1
set interfaces ge-0/0/3 flexible-vlan-tagging
set interfaces ge-0/0/3 encapsulation flexible-ethernet-services
set interfaces ge-0/0/3 esi 00:11:22:33:44:55:66:77:88:99
set interfaces ge-0/0/3 esi single-active
set interfaces ge-0/0/3 unit 10 family bridge interface-mode trunk
set interfaces ge-0/0/3 unit 10 family bridge vlan-id-list 10
set interfaces fxp0 unit 0 family inet dhcp vendor-id Juniper-vmx-WM6024E4C980
set interfaces lo0 unit 0 family inet address 192.168.2.2/32
set interfaces lo0 unit 0 family iso address 49.0002.0192.0168.0220.00
set interfaces lo0 unit 0 family mpls
set routing-options router-id 192.168.2.2
set routing-options autonomous-system 65432
set routing-options forwarding-table export evpn-test
set protocols rsvp interface ge-0/0/2.0
set protocols rsvp interface lo0.0
set protocols mpls no-cspf
set protocols mpls label-switched-path PE2-to-PE1 to 192.168.1.1
set protocols mpls label-switched-path PE2-to-PE3 to 192.168.3.3
set protocols mpls interface ge-0/0/2.0
set protocols mpls interface lo0.0
set protocols bgp group EVPN-PE type internal
set protocols bgp group EVPN-PE local-address 192.168.2.2
set protocols bgp group EVPN-PE family evpn signaling
set protocols bgp group EVPN-PE neighbor 192.168.4.4
set protocols bgp group EVPN-PE neighbor 192.168.3.3
set protocols bgp group EVPN-PE neighbor 192.168.1.1
set protocols isis interface ge-0/0/2.0
set protocols isis interface lo0.0
set policy-options policy-statement evpn-test from protocol evpn
set policy-options policy-statement evpn-test then load-balance per-packet
set routing-instances EVPN-RI instance-type virtual-switch
set routing-instances EVPN-RI interface ge-0/0/3.10
set routing-instances EVPN-RI route-distinguisher 192.168.2.2:10
set routing-instances EVPN-RI vrf-target target:65432:10
set routing-instances EVPN-RI protocols evpn extended-vlan-list 10
set routing-instances EVPN-RI bridge-domains bd10 domain-type bridge
set routing-instances EVPN-RI bridge-domains bd10 vlan-id 10

[edit]
root#

[edit]
root# run show interfaces descriptions
Interface      Admin Link Description
ge-0/0/2.0     up    up    to-P
ge-0/0/3       up    up    to-CE1

[edit]
root#
```

Figure 35 Résultats de configuration des interfaces.

#### Résultats :

Les liens physique (Link) sont activés (UP)

Les interfaces sont activées (UP)

**En JUNIPER les interfaces sont UP par défaut.**

### 3.4.3.2 Affichage résultat de la configuration d'ISIS :



```
root# show routing-instances ?
Possible completions:
<[Enter]>          Execute this command
<instance_name>   Routing instance name
EVPN-RI           Routing instance name
+ apply-groups    Groups from which to inherit configuration data
+ apply-groups-except Don't inherit configuration data from these groups
|                Pipe through a command

[edit]
root# show routing-instances EVPN-RI
instance-type virtual-switch;
interface ge-0/0/3.10;
route-distinguisher 192.168.2.2:10;
vrf-target target:65432:10;
protocols {
  evpn {
    extended-vlan-list 10;
  }
}
bridge-domains {
  bd10 {
    domain-type bridge;
    vlan-id 10;
  }
}

[edit]
root# show | match EVPN-RI | display set
set routing-instances EVPN-RI instance-type virtual-switch
set routing-instances EVPN-RI interface ge-0/0/3.10
set routing-instances EVPN-RI route-distinguisher 192.168.2.2:10
set routing-instances EVPN-RI vrf-target target:65432:10
set routing-instances EVPN-RI protocols evpn extended-vlan-list 10
set routing-instances EVPN-RI bridge-domains bd10 domain-type bridge
set routing-instances EVPN-RI bridge-domains bd10 vlan-id 10

[edit]
root# show | match label-switched-path | display set
set protocols mpls label-switched-path PE2-to-PE1 to 192.168.1.1
set protocols mpls label-switched-path PE2-to-PE3 to 192.168.3.3

[edit]
root# run show isis a
^
'a' is ambiguous.
Possible completions:
adjacency      Show IS-IS adjacency database
authentication Show IS-IS authentication information

[edit]
root# run show isis adjacency
Interface      System      L State      Hold (secs) SNPA
ge-0/0/2.0     0192.0168.0440 1 Up          8 50:0:0:b:0:4
ge-0/0/2.0     0192.0168.0440 2 Up          6 50:0:0:b:0:4

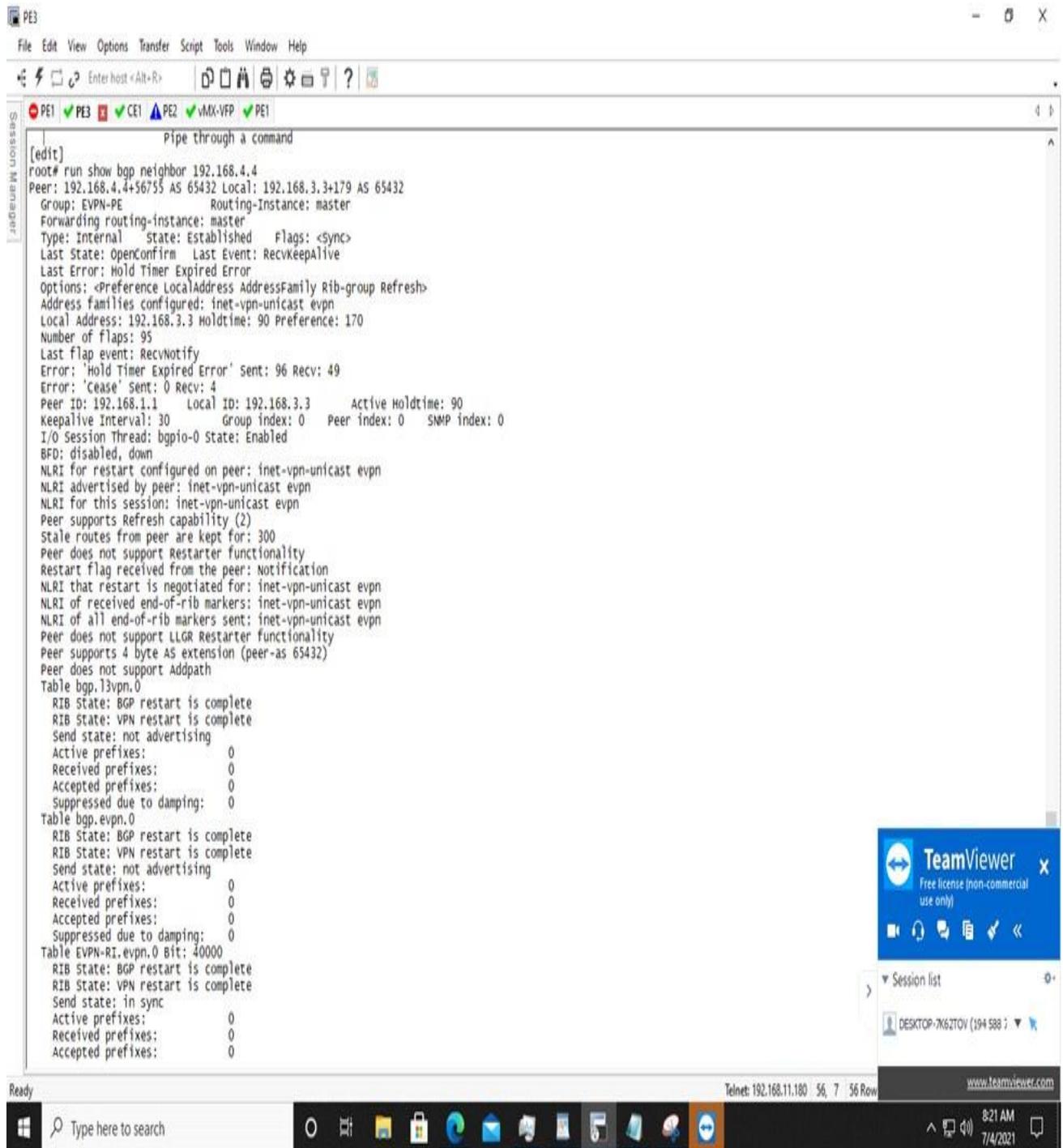
[edit]
root#
```

Figure 36: Résultats de la configuration IS-IS.

#### Résultats :

Le protocole IS-IS est. State (UP) à chaque interface.

### 3.4.3.3 Affichage résultat de la configuration de MPBGP :



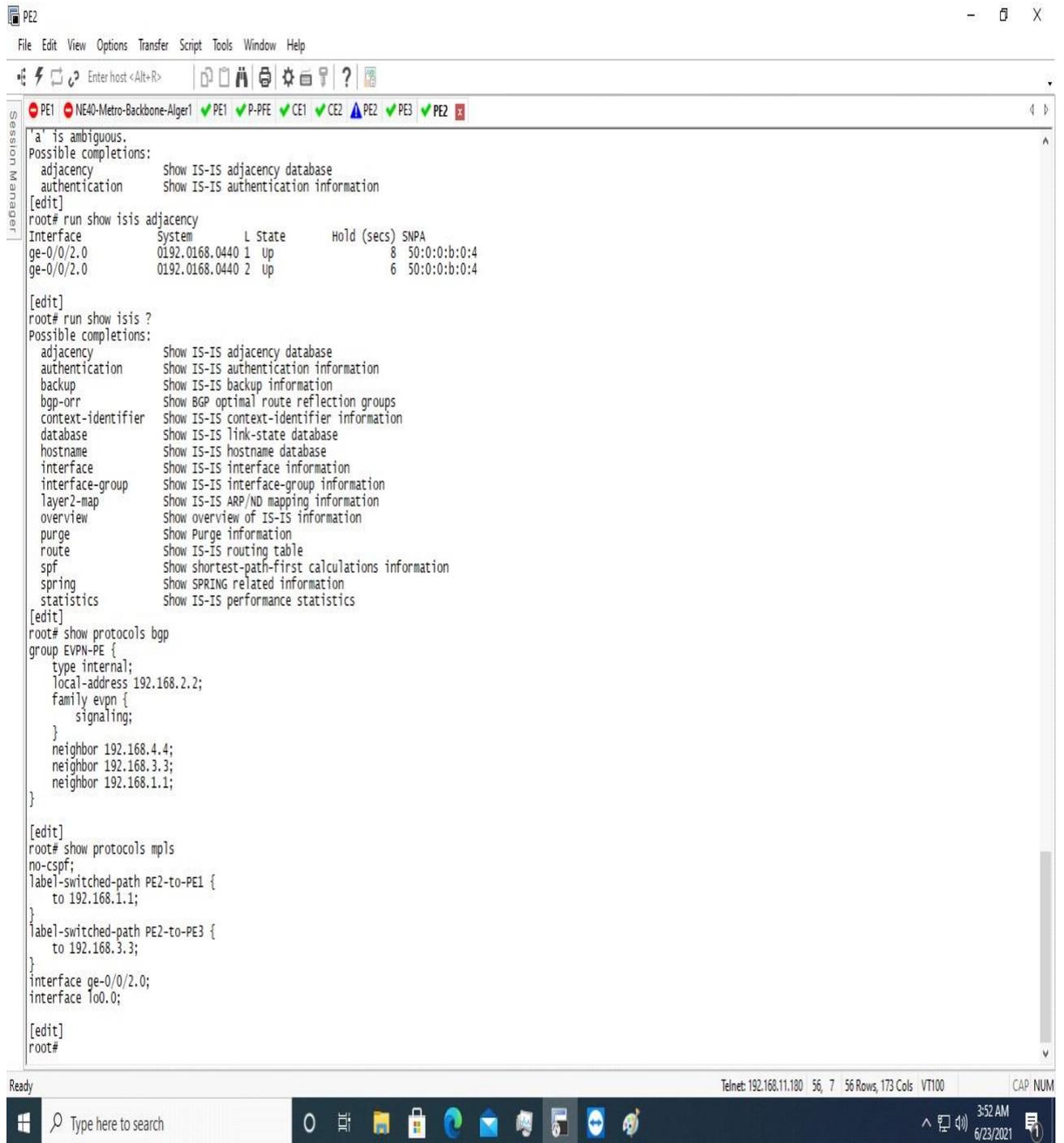
```
[edit]
root# run show bgp neighbor 192.168.4.4
Peer: 192.168.4.4+56755 AS 65432 Local: 192.168.3.3+179 AS 65432
Group: EVPN-PE Routing-Instance: master
Forwarding routing-instance: master
Type: Internal State: Established Flags: <sync>
Last State: OpenConfirm Last Event: RecvKeepalive
Last Error: Hold Timer Expired Error
Options: <Preference LocalAddress AddressFamily Rib-group Refresh>
Address families configured: inet-vpn-unicast evpn
Local Address: 192.168.3.3 Holdtime: 90 Preference: 170
Number of flaps: 95
Last flap event: RecvNotify
Error: 'Hold Timer Expired Error' Sent: 96 Recv: 49
Error: 'Cease' Sent: 0 Recv: 4
Peer ID: 192.168.1.1 Local ID: 192.168.3.3 Active Holdtime: 90
Keepalive Interval: 30 Group index: 0 Peer index: 0 SNMP index: 0
I/O Session Thread: bgpio-0 State: Enabled
BFD: disabled, down
NLRI for restart configured on peer: inet-vpn-unicast evpn
NLRI advertised by peer: inet-vpn-unicast evpn
NLRI for this session: inet-vpn-unicast evpn
Peer supports Refresh capability (2)
Stale routes from peer are kept for: 300
Peer does not support Restarter functionality
Restart flag received from the peer: Notification
NLRI that restart is negotiated for: inet-vpn-unicast evpn
NLRI of received end-of-rib markers: inet-vpn-unicast evpn
NLRI of all end-of-rib markers sent: inet-vpn-unicast evpn
Peer does not support LLGR Restarter functionality
Peer supports 4 byte AS extension (peer-as 65432)
Peer does not support Addpath
Table bgp.l3vpn.0
RIB State: BGP restart is complete
RIB State: VPN restart is complete
Send state: not advertising
Active prefixes: 0
Received prefixes: 0
Accepted prefixes: 0
Suppressed due to damping: 0
Table bgp.evpn.0
RIB State: BGP restart is complete
RIB State: VPN restart is complete
Send state: not advertising
Active prefixes: 0
Received prefixes: 0
Accepted prefixes: 0
Suppressed due to damping: 0
Table EVPN-RI.evpn.0 Bit: 40000
RIB State: BGP restart is complete
RIB State: VPN restart is complete
Send state: in sync
Active prefixes: 0
Received prefixes: 0
Accepted prefixes: 0
```

Figure 37: Résultats de la configuration de MP-BGP.

#### Résultats :

Le commentaire **State: established** veut dire que le protocole MP-BGP est active (UP).

### 3.4.3.4 Affichage résultat de la configuration du MPLS :



The screenshot shows a terminal window titled 'PE2' with a menu bar (File, Edit, View, Options, Transfer, Script, Tools, Window, Help) and a toolbar. The terminal content shows the following commands and outputs:

```
root# run show isis adjacency
Interface      System      L State      Hold (secs) SNPA
ge-0/0/2.0     0192.0168.0440 1 up         8 50:0:0:b:0:4
ge-0/0/2.0     0192.0168.0440 2 up         6 50:0:0:b:0:4

root# run show isis ?
Possible completions:
adjacency          Show IS-IS adjacency database
authentication     Show IS-IS authentication information
backup            Show IS-IS backup information
bgp-orr           Show BGP optimal route reflection groups
context-identifier Show IS-IS context-identifier information
database          Show IS-IS link-state database
hostname          Show IS-IS hostname database
interface         Show IS-IS interface information
interface-group   Show IS-IS interface-group information
layer2-map        Show IS-IS ARP/ND mapping information
overview          Show overview of IS-IS information
purge             Show Purge information
route             Show IS-IS routing table
spf              Show shortest-path-first calculations information
spring           Show SPRING related information
statistics        Show IS-IS performance statistics

root# show protocols bgp
group EVPN-PE {
  type internal;
  local-address 192.168.2.2;
  family evpn {
    signaling;
  }
  neighbor 192.168.4.4;
  neighbor 192.168.3.3;
  neighbor 192.168.1.1;
}

root# show protocols mpls
no-cspf;
label-switched-path PE2-to-PE1 {
  to 192.168.1.1;
}
label-switched-path PE2-to-PE3 {
  to 192.168.3.3;
}
interface ge-0/0/2.0;
interface lo0.0;

root#
```

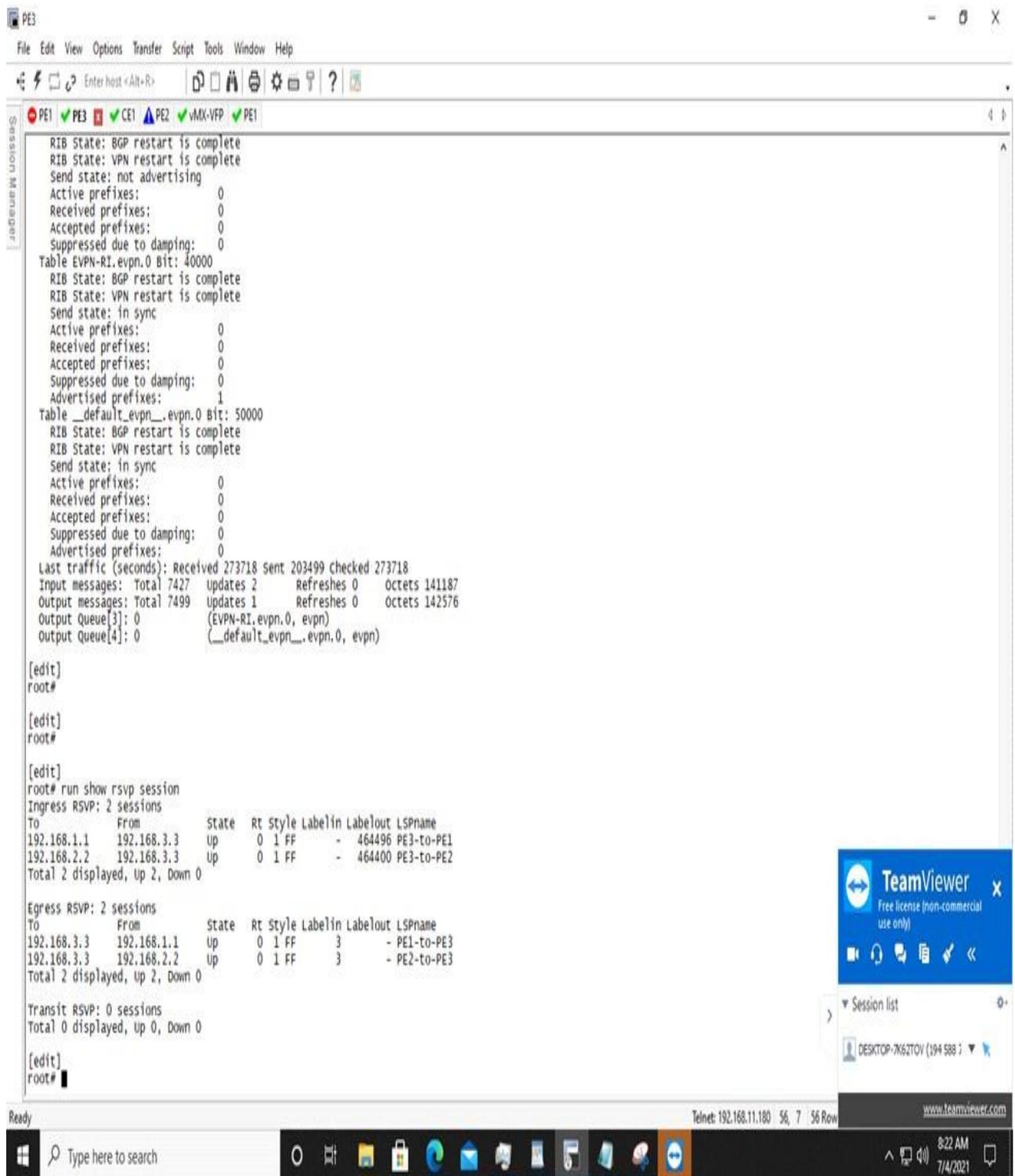
The terminal window also shows a 'Session Manager' sidebar on the left with several sessions listed, including 'PE1', 'NE40-Metro-Backbone-Alger1', 'P-PFE', 'CE1', 'CE2', 'PE2', 'PE3', and 'PE2'.

Figure 38: Résultats de la configuration de MPLS.

#### Résultats :

Le multiprotocole MPLS est activé sur tout les nœuds de notre topologie {PE2, PE1, PE3}

### 3.4.3.5 Affichage résultat de la configuration de RSVP :



```
PE3
File Edit View Options Transfer Script Tools Window Help
Enter host <Alt+R>
PE1 PE3 CE1 PE2 VMX-VFP PE1
RIB State: BGP restart is complete
RIB State: VPN restart is complete
Send state: not advertising
Active prefixes: 0
Received prefixes: 0
Accepted prefixes: 0
Suppressed due to damping: 0
Table EVPN-RI.evpn.0 Bit: 40000
RIB State: BGP restart is complete
RIB State: VPN restart is complete
Send state: in sync
Active prefixes: 0
Received prefixes: 0
Accepted prefixes: 0
Suppressed due to damping: 0
Advertised prefixes: 1
Table __default_evpn__.evpn.0 Bit: 50000
RIB State: BGP restart is complete
RIB State: VPN restart is complete
Send state: in sync
Active prefixes: 0
Received prefixes: 0
Accepted prefixes: 0
Suppressed due to damping: 0
Advertised prefixes: 0
Last traffic (seconds): Received 273718 Sent 203499 Checked 273718
Input messages: Total 7427 updates 2 Refreshes 0 Octets 141187
Output messages: Total 7499 updates 1 Refreshes 0 Octets 142576
Output Queue[3]: 0 (EVPN-RI.evpn.0, evpn)
Output Queue[4]: 0 (__default_evpn__.evpn.0, evpn)

(edit)
root#

(edit)
root#

(edit)
root# run show rsvp session
Ingress RSVP: 2 sessions
To From State Rt Style Labelin Labelout LSPname
192.168.1.1 192.168.3.3 Up 0 1 FF - 464496 PE3-to-PE1
192.168.2.2 192.168.3.3 Up 0 1 FF - 464400 PE3-to-PE2
Total 2 displayed, Up 2, Down 0

Egress RSVP: 2 sessions
To From State Rt Style Labelin Labelout LSPname
192.168.3.3 192.168.1.1 Up 0 1 FF 3 - PE1-to-PE3
192.168.3.3 192.168.2.2 Up 0 1 FF 3 - PE2-to-PE3
Total 2 displayed, Up 2, Down 0

Transit RSVP: 0 sessions
Total 0 displayed, Up 0, Down 0

(edit)
root#
```

Figure 39: Résultats de la configuration de RSVP.

#### Résultats :

Le RSVP est activé sur toutes les interfaces

**Total 0 display implique que les RSVP sont tous (UP).**

### 3.4.3.6 Affichage résultat de la configuration d'EVPN :

#### PE3:

```

PE3
File Edit View Options Transfer Script Tools Window Help
Enter host <Alt+R>
Session Manager
PE1 PE3 CE1
To From State Rt P ActivePath LSPname
192.168.1.1 192.168.3.3 Up 0 * PE3-to-PE1
192.168.2.2 192.168.3.3 Up 0 * PE3-to-PE2
Total 2 displayed, Up 2, Down 0

Egress LSP: 2 sessions
To From State Rt Style Labelin Labelout LSPname
192.168.3.3 192.168.1.1 Up 0 1 FF 3 - PE1-to-PE3
192.168.3.3 192.168.2.2 Up 0 1 FF 3 - PE2-to-PE3
Total 2 displayed, Up 2, Down 0

Transit LSP: 0 sessions
Total 0 displayed, Up 0, Down 0

[edit]
root# run show evpn instance extensive
Instance: EVPN-RI
Route Distinguisher: 192.168.3.3:10
Per-instance MAC route label: 299776
Duplicate MAC detection threshold: 5
Duplicate MAC detection window: 180
MAC database status
MAC advertisements: Local Remote
MAC+IP advertisements: 0 0
Default gateway MAC advertisements: 0 0
Number of local interfaces: 2 (2 up)
Interface name ESI Mode Status AC-Role
.local..8 00:00:00:00:00:00:00:00:00 single-homed Up Root
ge-0/0/0.10 00:00:00:00:00:00:00:00 single-homed Up Root
Number of IRB interfaces: 0 (0 up)
Number of protect interfaces: 0
Number of bridge domains: 1
VLAN Domain ID Intfs / up IRB intf Mode MAC sync IM route label IPv4 SG sync IPv4 IM core nexthop IPv6 SG sync IPv6 IM core nexthop
10 1 1 Extended Enabled 299840 Disabled Disabled
Number of neighbors: 2
Address MAC MAC+IP AD IM ES Leaf-label
192.168.1.1 0 0 2 1 0
192.168.2.2 0 0 1 1 0
Number of ethernet segments: 1
ESI: 00:11:22:33:44:55:66:77:88:99
Status: Resolved by NH 1048575
Number of remote PES connected: 2
Remote PE MAC label Aliasing label Mode
192.168.1.1 0 299856 single-active
192.168.2.2 0 0 single-active

Instance: __default_evpn__
Route Distinguisher: 192.168.3.3:0
Number of bridge domains: 0
Number of neighbors: 0

[edit]
root#

[edit]
root#

```

Figure 40: Résultats de la configuration EVPN (PE3).

## PE2 :

PE2

File Edit View Options Transfer Script Tools Window Help

Enter host <Alt+R>

Session Manager

```

root#
[edit]
root# run show evpn instance extensive
Instance: EVPN-RI
Route Distinguisher: 192.168.2.2:10
Per-instance MAC route label: 299776
Duplicate MAC detection threshold: 5
Duplicate MAC detection window: 180
MAC database status
MAC advertisements:
MAC+IP advertisements:
Default gateway MAC advertisements:
Number of local interfaces: 2 (2 up)
Interface name ESI Mode Status AC-Role
.local.8 00:00:00:00:00:00:00:00:00 single-homed Up Root
ge-0/0/3.10 00:11:22:33:44:55:66:77:88:99 single-active Up Root
Number of IRB interfaces: 0 (0 up)
Number of protect interfaces: 0
Number of bridge domains: 1
VLAN Domain ID Intfs / up IRB intf Mode MAC sync IM route label IPv4 SG sync IPv4 IM core nexthop IPv6 SG sync IPv6 IM core nexthop
10 1 1 Extended Enabled 299888 Disabled Disabled
Number of neighbors: 2
Address MAC MAC+IP AD IM ES Leaf-label
192.168.1.1 0 0 2 1 0
192.168.3.3 0 0 0 1 0
Number of ethernet segments: 1
ESI: 00:11:22:33:44:55:66:77:88:99
Status: Resolved by NH 1048578
Local interface: ge-0/0/3.10, Status: Up/Blocking
Number of remote PEs connected: 1
Remote PE MAC label Aliasing label Mode
192.168.1.1 0 299856 single-active
DF Election Algorithm: MOD based
Designated forwarder: 192.168.1.1
Backup forwarder: 192.168.2.2
Last designated forwarder update: Jul 04 12:53:07
Advertised MAC label: 299856
Advertised aliasing label: 299856
Advertised split horizon label: 299872

Instance: __default_evpn__
Route Distinguisher: 192.168.2.2:0
Number of bridge domains: 0
Number of neighbors: 1
Address MAC MAC+IP AD IM ES Leaf-label
192.168.1.1 0 0 0 0 1

[edit]
root#

[edit]
root#

[edit]
root#

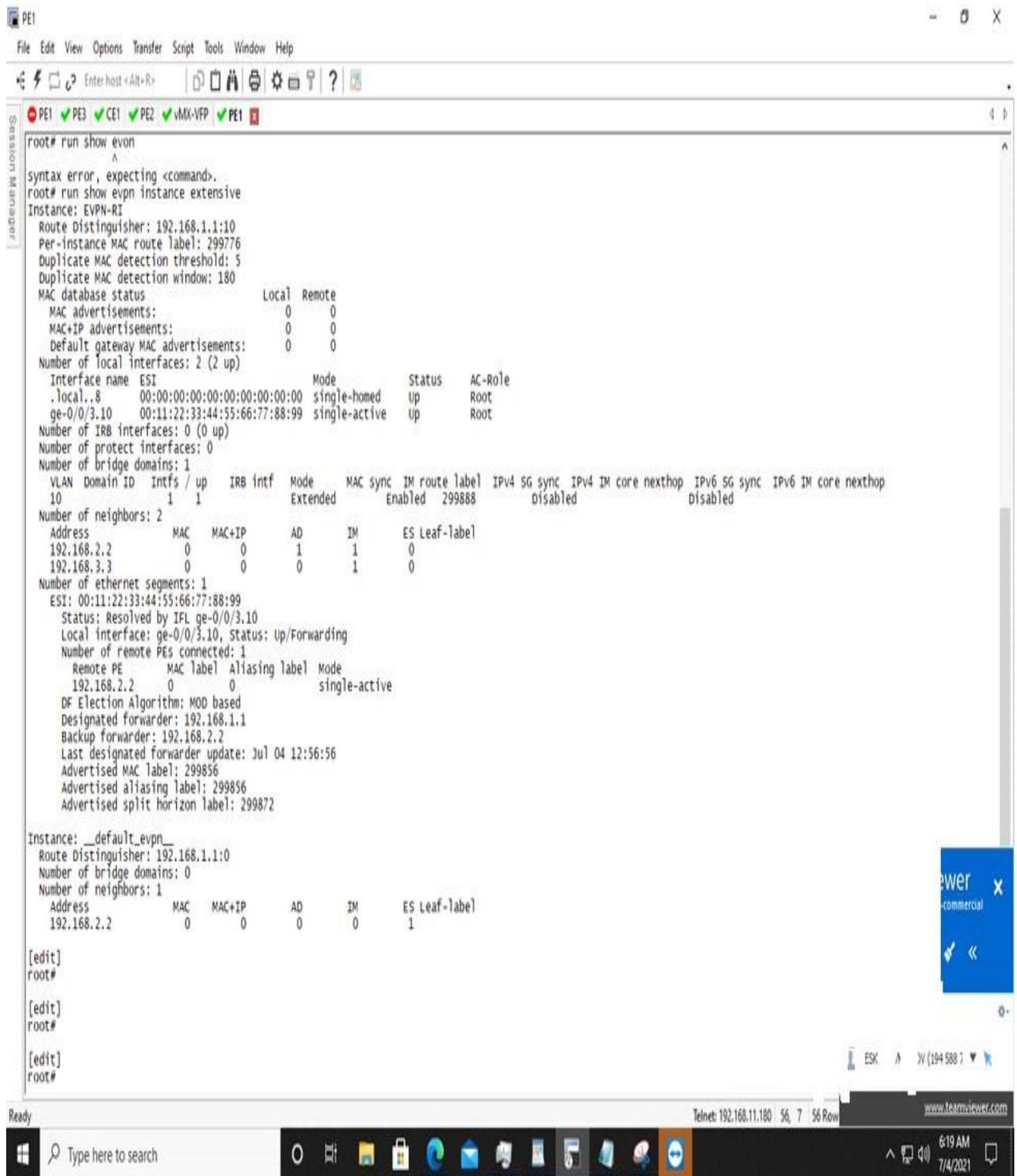
```

Ready Telnet: 192.168.11.180 56, 7 56 Rows www.teamviewer.com

6:13 AM 7/4/2021

Figure 41: Résultats de la configuration EVPN (PE2).

## PE1 :



```
root# run show evpn
^
syntax error, expecting <command>.
root# run show evpn instance extensive
Instance: EVPN-RI
Route Distinguisher: 192.168.1.1:10
Per-instance MAC route label: 299776
Duplicate MAC detection threshold: 5
Duplicate MAC detection window: 180
MAC database status
MAC advertisements:
MAC+IP advertisements:
Default gateway MAC advertisements:
Number of local interfaces: 2 (2 up)
Interface name ESI Mode Status AC-Role
.local.8 00:00:00:00:00:00:00:00 single-homed up Root
ge-0/0/3.10 00:11:22:33:44:55:66:77:88:99 single-active up Root
Number of IRB interfaces: 0 (0 up)
Number of protect interfaces: 0
Number of bridge domains: 1
VLAN Domain ID Intfs / up IRB intf Mode MAC sync IM route label IPv4 SG sync IPv4 IM core nexthop IPv6 SG sync IPv6 IM core nexthop
10 1 1 Extended Enabled 299888 Disabled Disabled
Number of neighbors: 2
Address MAC MAC+IP AD IM ES Leaf-label
192.168.2.2 0 0 1 1 0
192.168.3.3 0 0 0 1 0
Number of ethernet segments: 1
ESI: 00:11:22:33:44:55:66:77:88:99
Status: Resolved by IFL ge-0/0/3.10
Local interface: ge-0/0/3.10, status: up/Forwarding
Number of remote PES connected: 1
Remote PE MAC label Aliasing label Mode
192.168.2.2 0 0 single-active
DF Election Algorithm: MOD based
Designated forwarder: 192.168.1.1
Backup forwarder: 192.168.2.2
Last designated forwarder update: Jul 04 12:56:56
Advertised MAC label: 299856
Advertised aliasing label: 299856
Advertised split horizon label: 299872

Instance: __default_evpn__
Route Distinguisher: 192.168.1.1:0
Number of bridge domains: 0
Number of neighbors: 1
Address MAC MAC+IP AD IM ES Leaf-label
192.168.2.2 0 0 0 0 1

[edit]
root#

[edit]
root#

[edit]
root#
```

Figure 42: Résultats de la configuration EVPN (PE1).

## **Résultats :**

À partir des résultats ci-dessus, les éléments suivants peuvent être déterminés :

- **Les trois nœuds PE confirment que PE1 et PE2 utilisent le mode actif unique.**
- **PE1 et PE2 utilisent le même ESI.**
- **PE1 est élu comme l'expéditeur désigné (DF) et son interface orientée CE est mise dans un état UP/Forwarding.**
- **PE2 est élu comme expéditeur désigné de secours (BDF), et son interface orientée CE est mise dans un état de Up/Blocking.**

### 3.4.3.7 Affichage des tables de routages EVPN :

Sur PE2 :

```
start start shell
[edit]
root# run show route t
't' is ambiguous.
Possible completions:
<destination> IP address and optional prefix length of destination
table Name of routing table
te-ipv4-prefix-ip IPv4 address of the traffic-engineering prefix
te-ipv4-prefix-node-ip Originator node's IPv4 address in the traffic-engineering prefix
te-ipv4-prefix-node-iso Originator node's ISO circuit ID in the traffic-engineering prefix
te-link-local-ip Local IPv4 address of the traffic-engineering link
te-link-local-node-ip Local node's IPv4 address in the traffic-engineering link
te-link-local-node-iso Local node's ISO circuit ID in the traffic-engineering link
te-link-remote-ip Remote IPv4 address of the traffic-engineering link
te-link-remote-node-ip Remote node's IPv4 address in the traffic-engineering link
te-link-remote-node-iso Remote node's ISO circuit ID in the traffic-engineering link
te-node-ip IPv4 address of the traffic-engineering node
te-node-iso ISO circuit ID of the traffic-engineering node
terse Display terse output
[edit]
root# run show route table EVPN-RI?
Possible completions:
<table> Name of routing table
EVPN-RI.evpn,0
[edit]
root# run show route table EVPN-RI

EVPN-RI.evpn.0: 5 destinations, 5 routes (5 active, 0 holddown, 0 hidden)
+ = Active Route, - = Last Active, * = Both

1:192.168.1.1:0::112233445566778899::FFFF:FFFF/192 AD/ESI
* [BGP/170] 00:19:11, localpref 100, from 192.168.1.1
AS path: I, validation-state: unverified
> to 10.5.5.2 via ge-0/0/2.0, label-switched-path PE2-to-PE1
1:192.168.1.1:10::112233445566778899::0/192 AD/EVI
* [BGP/170] 00:19:11, localpref 100, from 192.168.1.1
AS path: I, validation-state: unverified
> to 10.5.5.2 via ge-0/0/2.0, label-switched-path PE2-to-PE1
3:192.168.1.1:10::10:192.168.1.1/248 IM
* [BGP/170] 00:19:11, localpref 100, from 192.168.1.1
AS path: I, validation-state: unverified
> to 10.5.5.2 via ge-0/0/2.0, label-switched-path PE2-to-PE1
3:192.168.2.2:10::10:192.168.2.2/248 IM
* [EVPN/170] 3d 01:36:28
Indirect
3:192.168.3.3:10::10:192.168.3.3/248 IM
* [BGP/170] 00:19:11, localpref 100, from 192.168.3.3
AS path: I, validation-state: unverified
> to 10.5.5.2 via ge-0/0/2.0, label-switched-path PE2-to-PE3

[edit]
root#

[edit]
root#
```

Figure 43: Table de routage EVPN (PE2).

## Sur PE3 :

PE3

File Edit View Options Transfer Script Tools Window Help

Enter host <Alt+R>

PE1 PE3 CE1 PE2

Instance: \_\_default\_evpn\_\_  
Route Distinguisher: 192.168.3.3:0  
Number of bridge domains: 0  
Number of neighbors: 0

```
[edit]
root#

[edit]
root#

[edit]
root#

[edit]
root#

[edit]
root# run show route table EVPN-RI

EVPN-RI.evpn.0: 6 destinations, 6 routes (6 active, 0 holddown, 0 hidden)
+ = Active Route, - = Last Active, * = Both

1:192.168.1.1:0::112233445566778899::FFFF:FFFF/192 AD/ESI
  * [BGP/170] 01:07:55, localpref 100, from 192.168.1.1
  AS path: I, validation-state: unverified
  > to 10.4.4.2 via ge-0/0/3.0, label-switched-path PE3-to-PE1
1:192.168.1.1:10::112233445566778899::0/192 AD/EVI
  * [BGP/170] 01:07:55, localpref 100, from 192.168.1.1
  AS path: I, validation-state: unverified
  > to 10.4.4.2 via ge-0/0/3.0, label-switched-path PE3-to-PE1
1:192.168.2.2:0::112233445566778899::FFFF:FFFF/192 AD/ESI
  * [BGP/170] 00:19:44, localpref 100, from 192.168.2.2
  AS path: I, validation-state: unverified
  > to 10.4.4.2 via ge-0/0/3.0, label-switched-path PE3-to-PE2
3:192.168.1.1:10::10::192.168.1.1/248 IM
  * [BGP/170] 01:07:55, localpref 100, from 192.168.1.1
  AS path: I, validation-state: unverified
  > to 10.4.4.2 via ge-0/0/3.0, label-switched-path PE3-to-PE1
3:192.168.2.2:10::10::192.168.2.2/248 IM
  * [BGP/170] 00:19:44, localpref 100, from 192.168.2.2
  AS path: I, validation-state: unverified
  > to 10.4.4.2 via ge-0/0/3.0, label-switched-path PE3-to-PE2
3:192.168.3.3:10::10::192.168.3.3/248 IM
  * [EVPN/170] 3d 01:39:31
  Indirect

[edit]
root#

[edit]
root#

[edit]
root#
```

Ready Telnet: 192.168.11.180 56, 7 56 Row www.teamviewer.com

6:17 AM 7/4/2021

TeamViewer Free license (non-commercial use only)

Session list

DESKTOP-7X6ZTOV (194 588)

Figure 44: Table de routage EVPN (PE3).

PE1 :

The screenshot shows a terminal window for PE1. The command executed is 'root# run show route table EVPN-RI'. The output displays the following routes:

```
EVPN-RI.evpn.0: 5 destinations, 5 routes (5 active, 0 holddown, 0 hidden)
+ = Active Route, - = Last Active, * = Both

1:192.168.1.1:10::112233445566778899::0/192 AD/EVI
  * [EVPN/170] 1d 02:42:16
  Indirect
1:192.168.2.2:0::112233445566778899::FFFF:FFFF/192 AD/ESI
  * [BGP/170] 00:21:10, localpref 100, from 192.168.2.2
  AS path: I, validation-state: unverified
  > to 10.3.3.2 via ge-0/0/1.0, label-switched-path PE1-to-PE2
3:192.168.1.1:10::10::192.168.1.1/248 IM
  * [EVPN/170] 1d 02:42:59
  Indirect
3:192.168.2.2:10::10::192.168.2.2/248 IM
  * [BGP/170] 00:21:10, localpref 100, from 192.168.2.2
  AS path: I, validation-state: unverified
  > to 10.3.3.2 via ge-0/0/1.0, label-switched-path PE1-to-PE2
3:192.168.3.3:10::10::192.168.3.3/248 IM
  * [BGP/170] 01:09:25, localpref 100, from 192.168.3.3
  AS path: I, validation-state: unverified
  > to 10.3.3.2 via ge-0/0/1.0, label-switched-path PE1-to-PE3
```

The terminal window also shows a TeamViewer session window overlaid on the bottom right, indicating a free license for non-commercial use. The system tray at the bottom shows the time as 6:18 AM on 7/4/2021.

Figure 45: Table de routage EVPN (PE1).

Les sorties ci-dessus affichent deux types de routes EVPN :

- Type de route 1 : Route de détection automatique Ethernet (AD) - Ces routes sont annoncées par EVI et par ESI. Les routes Ethernet AD sont requises lorsqu'un périphérique CE est multi-résident. Lorsqu'un appareil CE est à hébergement unique, l'ESI sera de zéro.
- Type de route 3 : Route de balise Ethernet multidiffusion inclusive - Cette route configure un chemin pour le trafic de diffusion, de monodiffusion inconnue et de multidiffusion (BUM) d'un périphérique PE au périphérique PE distant sur une base VLAN, par ESI.

Les sorties ci-dessus affichent les informations suivantes :

- **1:192.168.x.x:10::112233445566778899::0/304 AD/EVI - Il s'agit de la route EVPN de type 1 AD par EVI. En tant que DF (et périphérique actif), le routeur PE1 a annoncé cette route aux routeurs PE2 et PE3.**
- **1:192.168.x.x:0::112233445566778899::FFFF:FFFF/304 AD/ESI - Il s'agit de la route EVPN de type 1 AD par segment Ethernet. En tant que périphériques multirésidents, les routeurs PE1 et PE2 ont annoncé cette route entre eux et avec le routeur PE3.**
- **3:192.168.x.x:10::10::192.168.x.x/304 IM - Il s'agit de la route utilisée pour configurer un chemin pour le trafic BUM. Chaque périphérique PE a annoncé cette route vers l'autre périphérique PE.**

### 3.5 Conclusion

La simulation réalisée avec le simulateur de la solution EVPN MPLS Multihoming a donné un résultat positif et satisfaisant. Les différents tests ont donné entière satisfaction et les résultats ont été jugés par l'opérateur concluant. De ce fait, nous pouvons conclure que nous avons atteint notre objectif.

## Conclusion Générale :

Au cours de notre travail nous avons appris dans les premiers temps la technique de l'MPLS-VPN et son implémentation dans le réseau Backbone IPMPLS d'Algérie Télécom, cette technologie MPLS offre plusieurs services comme L3VPN et L2VPN.

Et Après notre maîtrise sur les différentes solutions implémentées au niveau du Backbone MPLS notamment en L2VPN services tel que la solution VPLS-MPLS dont notre objectif est de chercher les limitations de cette technologie et de pouvoir proposer une autre solution qui corrigeait les limitations de la première solutions VPLS-MPLS, effectivement nous avons confirmé que la solution VPLS-MPLS a des limites qui affectent la qualité de services d'une part et ne garantit pas le multi-Homing de l'autre part , de conséquence nous avons pu recommandé une solution meilleure qui est EVPN-MPLS qui substitue VPLS-MPLS et corrige au même temps les limites du VPLS , avec des avantages de plus.

Et afin de concrétiser notre recommandation de l'implémentation de la solution EVPN-MPLS que VPLS-MPLS ; nous avons réalisé une simulation avec des tests concluants montrant les avantages de la solution en question proposée et son impact sur la qualité du service afin de répondre aux besoins et aux attentes des clients d'Algérie Télécom.

A la fin de notre travail ; nous avons réussi à simuler la solution EVPN-MPLS, et qui a donné une suite de résultats concluants ; cette simulation inspirée d'un cas pratique réels pour un client d'Algérie Télécom, cette simulation vous sera présentée comme partie pratique avec toutes les étapes de l'implémentation, de fonctionnement et les résultats obtenus durant les tests effectués sur la solution proposée.

Nous avons conclu durant notre travail que EVPN-MPLS dans les réseaux actuel d'Algérie télécom est recommandé afin de surpasser les limitations de VPLS.

Enfin on peut dire que l'application de l'EVPN-MPLS est idéal pour notre scénario, mais n'est pas une solution qu'on pourra considérer comme parfaite et ce qu'un pas en avant pour l'amélioration de notre réseau ce qui ouvre de nouveaux horizons pour la recherche afin d'améliorer ce protocole ou d'en créer un autre qui pourra le surpasser.

## Bibliographie :

[1]JUNIPER. (2021, 01 05). *Provider Backbone Bridging (PBB) and EVPN Integration Overview*. Récupéré sur <https://www.juniper.net/documentation/us/en/software/junos/evpnvxlan/topics/concept/pbb-evpn-integration-for-dci-overview.html>[consulté le 13 mai 2021]

[2]JUNIPER. (2021, 01 06). *Understanding EVPN with VXLAN Data Plane Encapsulation*. Récupéré sur <https://www.juniper.net/documentation/us/en/software/junos/evpn-vxlan/topics/concept/evpnvxlan-data-plane-encapsulation.html>[consulté le 17avril 2021]

[3]EVPN-ETREE Overview. (2020, 12 23). Récupéré sur <https://www.juniper.net/documentation/us/en/software/junos/evpn-vxlan/topics/concept/evpnetree-overview.html>[consulté le 20mai 2021]

[4]DATATRACKER. (2015, 02). *BGP MPLS-Based Ethernet VPN*. Récupéré sur <https://datatracker.ietf.org/doc/html/rfc7432#page-19>[consulté le 6juin 2021]

[5]JUNIPER. (2020, 12 23). *Supported EVPN Standards*. Récupéré sur <https://www.juniper.net/documentation/us/en/software/junos/evpnvxlan/topics/concept/evpn.html>[consulté le 1 avril 2021]

[6]CISCO. (2018, 11 28). *EVPN Single-Homing*. Récupéré sur [https://www.cisco.com/c/en/us/td/docs/ios-xml/ios/mp\\_l2\\_vpns/configuration/xe-16-9/mp-l2vpns-xe-16-9-book/evpn-single-homing.html](https://www.cisco.com/c/en/us/td/docs/ios-xml/ios/mp_l2_vpns/configuration/xe-16-9/mp-l2vpns-xe-16-9-book/evpn-single-homing.html)[consulté le 13 janvier 2020]

[7]JUNIPER. (2020, 06 17). *IS-IS*. Récupéré sur <https://www.juniper.net/documentation/us/en/software/junos/is-is/topics/concept/is-is-routing-overview.html> [consulté le 28mai 2021]

[8]APSTRA. (2020, 09 18). *Comment résoudre les problèmes de mise en œuvre d'EVPN*. Récupéré sur [https://apstra.com/fr/how\\_to\\_solve\\_evpn\\_challenges/](https://apstra.com/fr/how_to_solve_evpn_challenges/)[consulté le 9mai 2021]

[9]PYXYA. (s.d.). *Réseau MPLS : comment fonctionne cette solution ?*. Récupéré sur <https://www.pyxya.fr/en-savoir-plus/reseau-mpls-comment-fonctionne-cette-solution/>[consulté le 8avril 2021]

[10]tutorialspoint. (s.d.). *What is RSVP (Resource Reservation Protocol)?*Récupéré sur <https://www.tutorialspoint.com/what-is-rsvp-resource-reservation-protocol>[consulté le 10mai 2021]

[11]CISCO. (2020, 07 13). *RSVP*. Récupéré sur <https://community.cisco.com/t5/networkingdocuments/rsvp/ta-p/3113088>[consulté le 3avril 2021]

[12]routeralley. (2021, 04 18). *BGP*. Récupéré sur <http://www.routeralley.com/guides/bgp.pdf> [consulté le 9avril 2021]

[13]networklessons. (s.d.). *Multiprotocol BGP (MP-BGP) Configuration*. Récupéré sur <https://networklessons.com/bgp/multiprotocol-bgp-mp-bgp-configuration>[consulté le 13 janvier 2020]

**[14]**VMWARE. (2016, 07 19). *Configurer le protocole IS-IS*. Récupéré sur <https://docs.vmware.com/fr/VMware-NSX-Data-Center-forvSphere/6.2/com.vmware.nsx.admin.doc/GUID-E62990A1-7AE5-4BA1-A861278840FDA0FC.html>[consulté le 6juin 2021]

**[15]**BONNIN, J.-M. (2003, 11 10). *LDP et CR-LDP*. Récupéré sur <https://www.techniquesingenieur.fr/base-documentaire/technologies-de-l-information-th9/reseau-internet-protocolesmulticast-routage-mpls-et-mobilite-42289210/ldp-et-cr-ldp-te7540/ldp-label-distribution-protocolte7540niv10001.html>[consulté le 16juin 2021]

**[16]**JUNIPER. (2020, 12 23). *EVPN Multihoming Overview*. Récupéré sur [https://www.juniper.net/documentation/us/en/software/junos/evpn-vxlan/topics/concept/evpnbgp-multihoming-overview.html#evpn-multihoming-overview\\_\\_simple-evpn-topology](https://www.juniper.net/documentation/us/en/software/junos/evpn-vxlan/topics/concept/evpnbgp-multihoming-overview.html#evpn-multihoming-overview__simple-evpn-topology)[consulté le 5juin 2021]