

Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique
Institut Supérieur des Études Technologiques de Zaghuan
Département Technologies de l'Informatique



Module
**Réseaux Locaux d'Entreprises
& Architecture TCP/IP**
Chapitre 5
Les Protocoles VTP & STP

Elaboré par
Rim BRAHMI

Public cible
**2^{ème} année Licence Appliquée en Réseaux et Services
Informatiques**

Année universitaire 2019-2020

Table de matières

Chapitre 5 : Les Protocoles VTP & STP	3
Leçon 1 : Le protocole VTP	4
Introduction	5
Problématique.....	5
II. Utilité	6
III. Architecture du VTP.....	7
III.1. Le mode VTP server.....	7
III.2. Le mode VTP client.....	7
III. 3. Le mode VTP transparent.....	8
IV. Fonctionnement.....	8
IV. Exemple.....	9
Conclusion.....	12
Leçon 2 : Le protocole STP.....	13
Introduction	14
I. Le concept du STP.....	14
I.1. Les problèmes dus à la redondance.....	14
I.2. Les objectifs du STP	15
I.3. Le fonctionnement du STP.....	15
I.3.1. Algorithme, rôles et modes des ports	15
I.3.2. Exemple	16
II. Les types de protocole STP	17
II.1. RSTP (Rapid Spanning Tree Protocol).....	18
II.1.1. Rôles des ports	18
II.1.2. Fonctionnement	18
II.2. PVST (Per-VLAN Spanning Tree).....	19
II.3. MSTP (Multiple Spanning Tree Protocol).....	19
Conclusion.....	19

Chapitre 5 : Les Protocoles VTP & STP

Vue d'ensemble

Ce chapitre présente le fonctionnement et l'utilité du protocole VTP qui permet d'automatiser la mise en place des VLANs sur des commutateurs ainsi que le protocole STP afin d'éviter les boucles au sein d'un réseau commuté entièrement redondant et les évolutions possibles

Objectifs

- Comprendre le fonctionnement du protocole VTP
- Identifier les différents modes VTP
- Comprendre les annonces VTP
- Comprendre l'utilité de protocole STP
- Identifier les divers types de STP
- Comprendre les différents types de ports STP et le basculement d'un état à un autre

Prérequis

U.E Fondement réseaux, U.E Architecture et système I

Durée de déroulement

- 3 h de Cours
- 1 séance (1,5h) de TD

Elements de contenu

- Le protocole VTP
- Le protocole STP

Leçon 1 : Le protocole VTP

▪ Objectif Général	<ul style="list-style-type: none">• Connaître l'intérêt de VTP dans un réseau commuté convergent.• Comprendre le fonctionnement de VTP.
▪ Objectifs Spécifiques	<ul style="list-style-type: none">• Identifier les différents types d'annonces VTP• Comprendre les divers modes VTP et les tâches permises par mode.• Configurer VTP sur des commutateurs dans un réseau convergent.
▪ Volume horaire	<ul style="list-style-type: none">• Cours : 1.30h
▪ Mots clés	<ul style="list-style-type: none">• VTP, VTP server, VTP client, VTP transparent, annonces VTP, numéro de révision.

Introduction

Comme l'administration et la gestion globale des VLANs et des liaisons trunk sur le réseau commute se complexifie vu que la taille de réseau et le nombre de commutateurs augmentent. La gestion rapide des VLANs devient fastidieuse. D'où nous aurons besoin d'un protocole qui permet de faciliter la gestion des VLANs et améliore la convergence du réseau.

Problématique

Imaginons que nous avons la topologie réseau suivante. Nous devons configurer les quatre VLANs dans les cinq commutateurs du réseau commuté. Ça sera une tâche plus longue mais faisable.

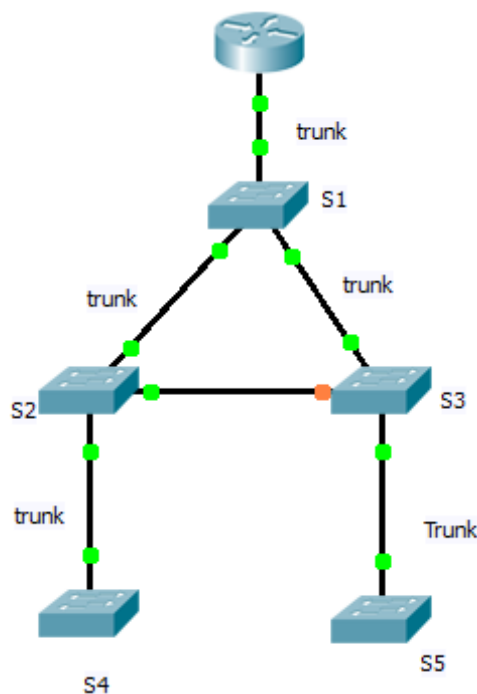


Figure 5.1. 1 : Topologie 1

Maintenant, nous devons créer les 100 VLANs sur la topologie suivantes

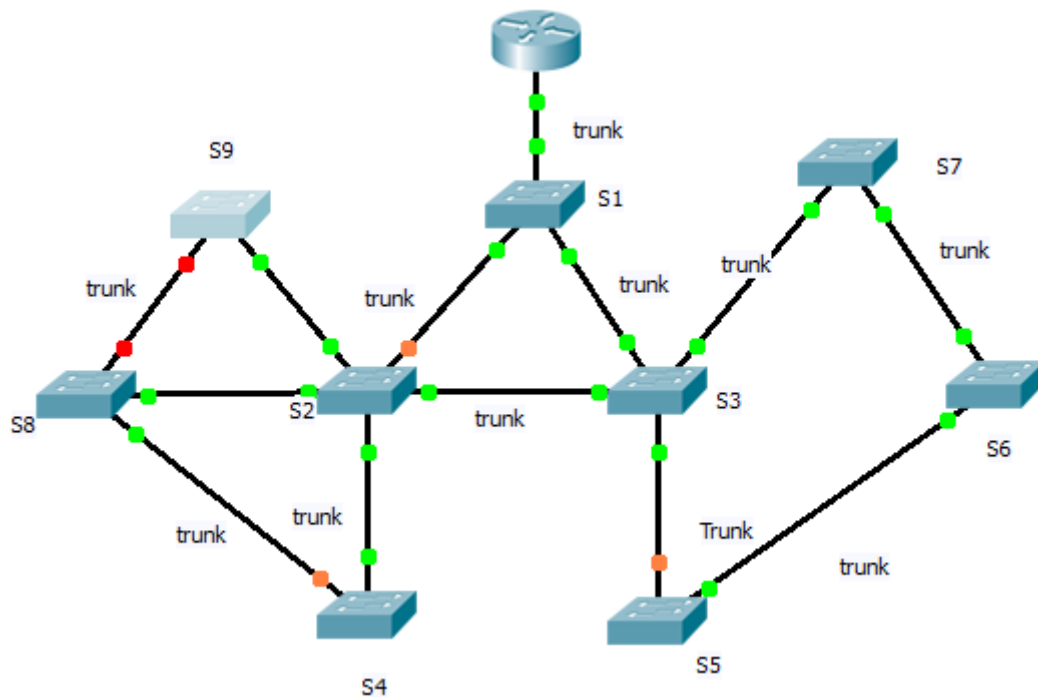


Figure 5.1. 2 : topologie 2

Dans ce cas, la création des 100 VLANs sur les neuf commutateurs est une tâche fastidieuse avec un risque d'erreur/oubli élevé :

Et d'où la nécessité d'**automatiser** cette opération à l'aide d'un protocole pour **diminuer le risque d'erreur élevé** et toutes **configurations incohérentes**. Ceci via le protocole **VTP** qui sert la propagation de création ou de suppression et modification de VLAN sur tous les switches VTP de réseau à partir d'un seul switch configuré autant que VTP server.

II. Utilité

VTP (VLAN Trunking Protocol) est un **protocole de la couche liaison de données propriétaire Cisco**. Le protocole VTP est utilisé afin de **configurer et d'administrer les VLANs sur les périphériques** (plus précisément sur les commutateurs) réseau. Le protocole VTP **permet à un administrateur réseau de configurer un commutateur pour qu'il propage des configurations VLAN à d'autres commutateurs du réseau**. Le switch, **définit comme serveur VTP, propage et synchronise des informations VLAN aux switches VTP sur le réseau commuté**. Ceci minimise les problèmes provoqués par des configurations incorrectes ou incohérentes surtout au sein des réseaux commutés de grande taille ou le risque d'erreur est élevé. **Le protocole VTP mémorise les configurations VLAN dans la base de données VLAN appelée **vlan.dat****.

III. Architecture du VTP

Le switch possède 3 modes VTP à savoir VTP client, VTP transparent ou VTP server (actif par défaut) :

- **VTP Server** : Switch qui crée les annonces VTP de paramètres VLAN et le propage aux commutateurs clients de son domaine VTP.
- **VTP Client** : Switch qui reçoit les annonces VTP, se synchronise et propage les annonces VTP
- **VTP Transparent** : Switch qui ne traite pas les annonces VTP, il reçoit les mises à jour et les transmet à ses voisins sans les prendre en compte :

III.1. Le mode VTP server

Le switch en mode server permet de gérer (créer, modifier ou supprimer) les VLANs et de propager automatiquement toutes modifications vers tous les switchs du réseau. Le VTP server se charge spécifiquement de

- Créer des VLANs
- Modifier des VLANs
- Supprimer des VLANs
- Envoyer des messages VTP
- Transmettre des messages VTP
- Se synchroniser avec d'autres switchs VTP.

III.2. Le mode VTP client

Les tâches du switch VTP client est limitée seulement à recevoir les annonces VTP, les transmettre et à se synchroniser avec d'autres switchs VTP. Le VTP client permet **seulement** de :

- Traiter les messages VTP reçus
- Transmettre les messages reçus
- Se synchroniser avec d'autres switchs VTP

III. 3. Le mode VTP transparent

Le switch en mode Transparent permet de faire toute modification sur les VLANs en local uniquement et il ne propage pas ses modifications vers tous les switchs du réseau. Le switch en mode transparent permet de :

- Créer des VLANs seulement en local
- Supprimer des VLANs seulement en local
- Modifier des VLANs seulement en local
- Transmettre les messages VTP reçus aux voisins
- Ne pas se synchroniser avec d'autres switchs VTP

IV. Fonctionnement

Le VTP gère les VLANs de la plage « normale » ou l'ID de VLAN est dans l'intervalle 1 et 1005. La création de VLAN dans la plage étendue ou l'ID VLAN est supérieur à 1005 n'est possible qu'en mode VTP transparent.

Le Switch en mode VTP server diffuse des annonces de création, de suppression ou de modification de VLAN. Cette diffusion s'effectue à travers tous les switchs grâce à une trame niveau 2 avec une adresse de destination MAC multicast bien particulière qui est « 01-00-0C-CC-CC-CC ». Chaque Switch du domaine VTP envoie régulièrement des annonces de configuration globale depuis chaque trunk vers une l'adresse MAC multicast réservée. Les switchs voisins reçoivent ces annonces et mettent à jour leurs configurations VTP et VLAN selon les besoins.

Le VTP comprend trois types d'annonces :

- Synthèse
- Requête d'annonce
- Annonce de type sous-ensemble

Les configurations VTP successives du réseau ont un numéro de révision. Si le numéro de révision reçu par un switch client est plus grand que celui en cours, la nouvelle configuration est appliquée. Sinon, elle est ignorée. La variable numéro de révision (Revision Number) s'incrémente à chaque modification de VLAN à savoir création d'un nouveau VLAN, la suppression ou la modification d'un VLAN. Cette variable est initialisée à 0 puis elle

s'incrémente de 1 à chaque tache de modification au niveau des VLANs. Les autres switches comparent la valeur de cette variable à celle envoyée dans le message VTP de la part du switch server. Par défaut, cette variable est envoyée automatiquement lors d'une création d'un nouveau VLAN ou modification ou suppression d'un VLAN puis envoyée toutes les cinq minutes. L'objectif de cet échange de messages VTP est de se synchroniser avec les autres switches VTP

IV. Exemple

Soit la topologie réseau suivante :

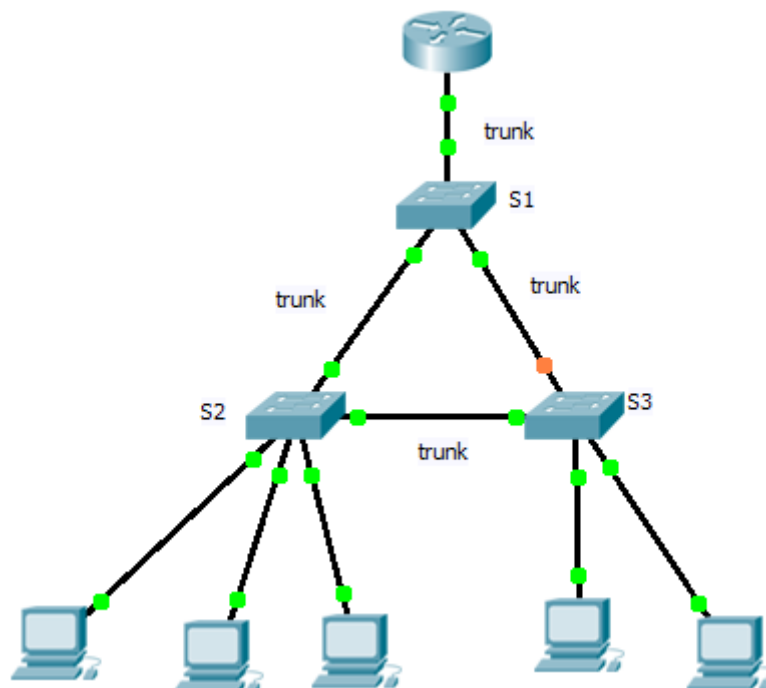


Figure 5.1. 3 : Topologie Exemple

1. Supposons que les paramètres de base de tous les équipements (PCs, commutateurs et routeur) sont configurés. Configurer les liaisons entre les commutateurs en mode trunk.
2. Configurer un domaine VTP qui permet à tous les switches d'être dans le même « groupe ».
3. Configurer le switch S1 en tant que VTP Server, les switches S2 et S3 en tant que VTP client.
4. Créer les trois VLANs : VLAN étudiant, VLAN enseignant et VLAN serveur sur S1.
5. Vérifier la propagation des VLANs sur les autres switches.
6. Configurer un mot de passe pour sécuriser les messages VTP (Configuration optionnel).
7. Activer la version 2 ou 3 de VTP (La version 1 est activée par défaut).

Details :**1.**

```
Switch>enable
Switch#configure terminal
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
Switch(config)#hostname S1
S1(config)#interface f0/1
S1(config-if)#switchport mode trunk

%LINEPROTO-5-UPDOWN: Line protocol on Interface FastEthernet0/1, changed state t
o down

%LINEPROTO-5-UPDOWN: Line protocol on Interface FastEthernet0/1, changed state t
o up
```

2.

```
S1(config)#vtp domain exemple
Changing VTP domain name from NULL to exemple
```

3.

```
S1(config)#vtp mode server
Device mode already VTP SERVER.
S1(config)#

S2(config)#vtp mode transparent
Setting device to VTP TRANSPARENT mode.
S2(config)#vtp mode client
Setting device to VTP CLIENT mode.
S2(config)#

Switch(config)#hostname S3
S3(config)#vtp domain exemple
Changing VTP domain name from NULL to exemple
S3(config)#vtp mode transparent
Setting device to VTP TRANSPARENT mode.
S3(config)#vtp mode client
Setting device to VTP CLIENT mode.
S3(config)#
```

4.

```
S1(config)#VLAN 10
S1(config-vlan)#name etudiant
S1(config-vlan)#exit
S1(config)#VLAN 20
S1(config-vlan)#name enseignant
S1(config-vlan)#exit
S1(config)#VLAN 15
S1(config-vlan)#name serveur
S1(config-vlan)#
```

5.

```
S1#show vlan brief
```

VLAN Name	Status	Ports
1 default	active	Fa0/2, Fa0/3, Fa0/4, Fa0/5 Fa0/6, Fa0/7, Fa0/8, Fa0/9 Fa0/10, Fa0/11, Fa0/12, Fa0/13 Fa0/14, Fa0/15, Fa0/16, Fa0/17 Fa0/18, Fa0/19, Fa0/20, Fa0/21 Fa0/22, Fa0/23, Fa0/24, Gig1/1 Gig1/2
10 etudiant	active	
15 serveur	active	
20 enseignant	active	
1002 fddi-default	active	
1003 token-ring-default	active	
1004 fddinet-default	active	
1005 trnet-default	active	

S1#

La liste des VLANs crees sur le S1.

```
S2#show vlan brief
```

VLAN Name	Status	Ports
1 default	active	Fa0/3, Fa0/4, Fa0/5, Fa0/6 Fa0/7, Fa0/8, Fa0/9, Fa0/10 Fa0/11, Fa0/12, Fa0/13, Fa0/14 Fa0/15, Fa0/16, Fa0/17, Fa0/18 Fa0/19, Fa0/20, Fa0/21, Fa0/22 Fa0/23, Fa0/24, Gig1/1, Gig1/2
10 etudiant	active	
15 serveur	active	
20 enseignant	active	
1002 fddi-default	active	
1003 token-ring-default	active	
1004 fddinet-default	active	
1005 trnet-default	active	

S2#

Nous constatons que les VLANs créés sur S1 sont propagés vers S2 comme étant VTP client sans les configurer manuellement.

```
-----  
S3#show vlan brief
```

VLAN	Name	Status	Ports
1	default	active	Fa0/1, Fa0/4, Fa0/5, Fa0/6 Fa0/7, Fa0/8, Fa0/9, Fa0/10 Fa0/11, Fa0/12, Fa0/13, Fa0/14 Fa0/15, Fa0/16, Fa0/17, Fa0/18 Fa0/19, Fa0/20, Fa0/21, Fa0/22 Fa0/23, Fa0/24, Gig1/1, Gig1/2
10	etudiant	active	
15	serveur	active	
20	enseignant	active	
1002	radr-default	active	
1003	token-ring-default	active	
1004	fddinet-default	active	
1005	trnet-default	active	

```
S3#
```

6.

```
S1(config)#vtp password RSI2_2019  
Setting device VLAN database password to RSI2_2019  
S1(config)#
```

7.

```
S1(config)#vtp version 2  
S1(config)#end  
S1#
```

Conclusion

VTP est un protocole propriétaire Cisco utilisé pour échanger les informations de VLANS par des liaisons "Trunk. Un commutateur peut opérer dans trois modes : server, client et transparent. L'administrateur réseau configure un commutateur comme étant un VTP server. Toutes les tâches de création et de modification seront effectuées sur celui-ci et qui seront propagées vers les autres commutateurs VLAN du réseau afin de se synchroniser.

Leçon 2 : Le protocole STP

▪ Objectif Général	<ul style="list-style-type: none">• Comprendre le concept du protocole STP.
▪ Objectifs Spécifiques	<ul style="list-style-type: none">• Comprendre le fonctionnement du STP afin d'éviter les boucles au sein du réseau commuté.• Identifier les types de STP.• Identifier les différents types de ports.
▪ Volume horaire	<ul style="list-style-type: none">• Cours : 1.30h
▪ Mots clés	<ul style="list-style-type: none">• STP, boucle, RSTP, PVSTP, forwarding, alternatif, listening, BPDU, BID ...

Introduction

Dans les réseaux modernes entièrement redondants, il existe des multiples chemins entre des stations afin de garantir la disponibilité des services réseau. Cette solution a mené un autre problème au sein du réseau, les boucles entre les équipements intermédiaires, d'où la nécessité d'un mécanisme afin d'enlever ces boucles, c'est le protocole STP. Nous détaillerons le fonctionnement du protocole STP, les états de ports ainsi que les types de protocoles PVST+ et RPVST+.

I. Le concept du STP

I.1. Les problèmes dus à la redondance

Dans un réseau commuté et physiquement redondant, l'existence des chemins multiples entre toutes les destinations sans le STP pose des problèmes à savoir :

Une tempête de diffusion : la trame Ethernet ne contient pas un champ qui détermine sa durée de vie comme le champ TTL (time to Live) qui détermine le cycle de vie d'un paquet IP. Ceci introduit dans le cas d'une diffusion ou une multidiffusion, les trames sont multipliées et tournent infiniment entre les commutateurs.

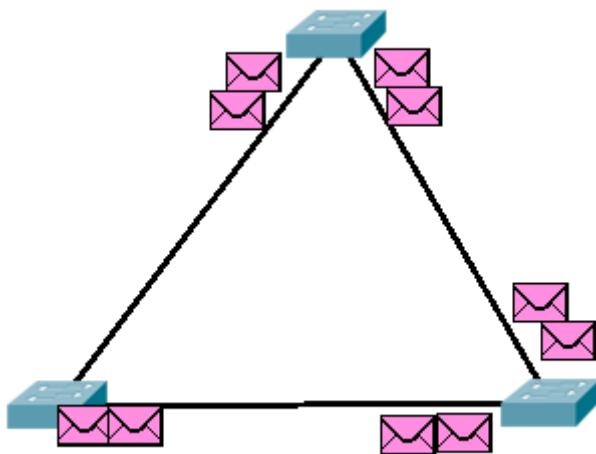


Figure 5.1. 4 : Exemple d'une tempête de diffusion

Une instabilité des tables CAM : Aucun mécanisme Ethernet n'est activé pour bloquer la propagation continue de ces trames entre les commutateurs sur un réseau commuté.

I.2. Les objectifs du STP

Le STP (protocole Spanning Tree) est un protocole de couche liaison de données conçu pour les commutateurs dans un environnement commuté physiquement redondant. Le STP détecte et désactive les boucles et fournit un mécanisme de liens de sauvegarde.

Le STP résout la problématique de trames dupliquées dans un réseau commuté redondant. Le STP garantit un seul chemin entre les équipements du réseau.

I.3. Le fonctionnement du STP

Le STP crée au sein de la topologie redondante un chemin sans boucle basé sur le chemin le plus court. Ce chemin est établi en fonction de la somme des coûts de liens entre les commutateurs. Ce coût est une valeur inverse à la vitesse d'un port, car un lien rapide aura un coût moins élevé qu'un lien lent. Aussi, un chemin sans boucle suppose que certains ports soient bloqués et pas d'autres. STP échange régulièrement des informations (appelées des BPDU - Bridge Protocol Data Unit) afin qu'une éventuelle modification de topologie puisse être adaptée sans boucle.

I.3.1. Algorithme, rôles et modes des ports

L'algorithme STP se repose sur l'échange régulière des trames BPDU. Des informations relatives à la trame BPDU sont incluses dans la partie Données d'une trame Ethernet. Par défaut, ces trames BPDU sont envoyées toutes les deux secondes. Ou chaque commutateur du réseau commuté conserve des informations sur son propre BID (bridge ID), l'ID racine et coût du chemin racine. Le champ BID d'une trame BPDU contient trois champs distincts :

- **Priorité de pont** : valeur par défaut 32768
- **ID de système étendu** : identifie de VLAN qui participe au protocole STP
- **Adresse MAC** : l'adresse MAC du commutateur.

Le commutateur avec le BID le plus faible deviendra le pont racine. Ce pont racine sert le point de référence pour tous les calculs STP. Le STP compare les priorités de chaque commutateur, celui possédant la priorité la plus faible deviendra le pont racine. Si les valeurs

sont identiques, le STP compare les couts, le commutateur ayant le cout le plus faible sera le pont racine. Si les couts sont identiques, le commutateur ayant l'adresse MAC la plus faible sera désigné le pont racine.

Nous distinguons les rôles des ports suivants

- **Ports racine** : les ports les plus proches du pont racine.
- **Ports désignés** : les ports autres que la racine, autorisés à transférer du trafic.
- **Ports alternatifs et de secours** : les ports bloqués pour empêcher les boucles.
- **Ports désactivés** : un port désactivé est un port de commutation arrêté.

Les ports des commutateurs où STP est actif sont dans l'un des états suivants :

- **Listening** : le commutateur « écoute » les BPDU et détermine la topologie réseau ;
- **Learning** : le commutateur construit une table faisant correspondre les adresses MAC aux numéros des ports ;
- **Forwarding** : un port reçoit et envoie des données, opération normale ;
- **Blocking** : un port provoquant une boucle, aucune donnée n'est envoyée ou reçue mais le port peut passer en mode forwarding si un autre lien tombe ;
- **Disabled** : désactivé, un administrateur peut manuellement désactiver un port s'il le souhaite.

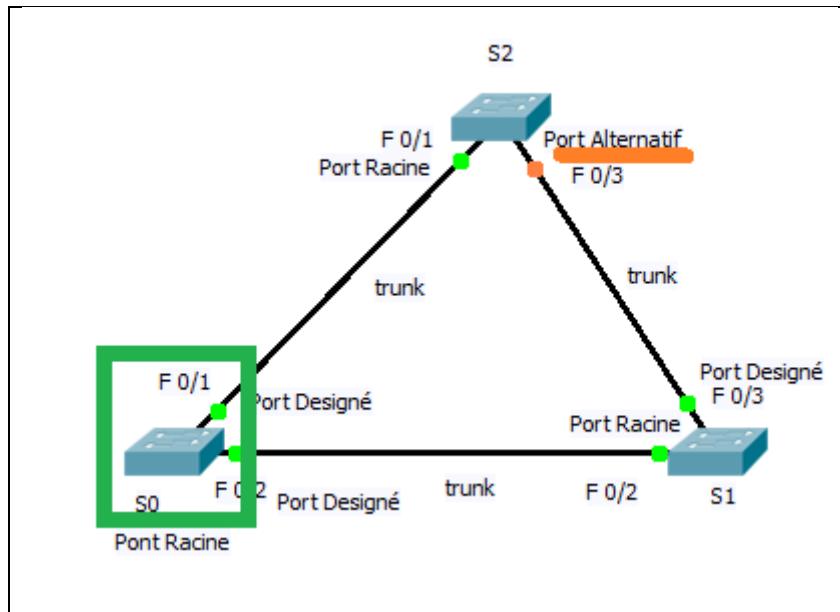
Le délai de transition entre les modes listening vers learning et learning vers forwarding est nommé **forward delay**, il est fixé par le root bridge et vaut quinze secondes par défaut.

Quand un client tel qu'un ordinateur, une imprimante ou un serveur est connecté au réseau, son port se mettra automatiquement d'abord en mode listening puis en mode learning, avant de se mettre en mode forwarding.

Pour raccourcir le délai de latence allant de trente à cinquante secondes inhérentes à la connexion d'un nouveau périphérique, le **Rapid STP** a été développé et standardisé par la norme IEEE 802.1w ; il permet à un port de commutateur de passer directement en mode forwarding.

I.3.2. Exemple

Soit la topologie suivante



<pre>Switch#show spanning-tree VLAN0001 Spanning tree enabled protocol ieee Root ID Priority 32769 Address 0001.64A3.9135 This bridge is the root Hello Time 2 sec Max Age 20 sec For Bridge ID Priority 32769 (priority 32768 sys Address 0001.64A3.9135 Hello Time 2 sec Max Age 20 sec For Aging Time 20 Interface Role Sts Cost Prio.Nbr Type ----- Fa0/2 Desg FWD 19 128.2 P2p Fa0/1 Desg FWD 19 128.1 P2p Switch#</pre>	<pre>Switch#show spanning-tree VLAN0001 Spanning tree enabled protocol ieee Root ID Priority 32769 Address 0001.64A3.9135 Cost 19 Port 2(FastEthernet0/2) Hello Time 2 sec Max Age 20 sec F Bridge ID Priority 32769 (priority 32768 s Address 000C.CF6D.3E82 Hello Time 2 sec Max Age 20 sec F Aging Time 20 Interface Role Sts Cost Prio.Nbr Type ----- Fa0/3 Desg FWD 19 128.3 P2p Fa0/2 Root FWD 19 128.2 P2p Switch#</pre>	<pre>Switch#show spanning-tree VLAN0001 Spanning tree enabled protocol ieee Root ID Priority 32769 Address 0001.64A3.9135 Cost 19 Port 1(FastEthernet0/1) Hello Time 2 sec Max Age 20 sec Bridge ID Priority 32769 (priority 32768 Address 00E0.B007.02D3 Hello Time 2 sec Max Age 20 sec Aging Time 20 Interface Role Sts Cost Prio.Nbr Typ ----- Fa0/1 Root FWD 19 128.1 P2p Fa0/3 Altn BLK 19 128.3 P2p Switch#</pre>
---	---	--

II. Les types de protocole STP

Les évolutions de STP tentent d'améliorer certains aspects, à savoir :

- obtenir une meilleure vitesse de convergence, le protocole original nécessitant plus de trente secondes pour converger ;
- exploiter mieux les liens existants, STP bloquant certaines liaisons pour éviter les boucles, celles-ci ne sont alors pas du tout utilisées pour le transport du trafic.

II.1. RSTP (Rapid Spanning Tree Protocol)

Après un changement de topologie, le STP prend de trente à cinquante secondes pour converger. Le RSTP accélère la convergence du STP dans un temps réduit, en trois fois la valeur du délai Hello (deux secondes par défaut pour un Hello, $2 \times 3 = 6$ secondes)

II.1.1. Rôles des ports

Nous distinguons les rôles des ports suivants

- **Root** : le port le plus près (en termes de coût du chemin) du root bridge.
- **Designated** : le port qui transmet les trames sur un segment.
- **Alternate** : un port distinct du root port vers le root bridge. Il s'agit du meilleur chemin "alternatif" vers le root bridge, et passe (en cas de changement de défaillance du port root) directement à l'état forwarding.
- **Backup** : Lors d'une connexion redondante d'un segment vers un autre bridge (deux connexions vers le même domaine de collision) un autre port vers un segment connecté au pont. L'un des ports (selon la priorité) aura comme rôle celui de Backup.

II.1.2. Fonctionnement

Le RSTP fonctionne comme le STP, il y a quelques différences notamment ;

- Une défaillance du pont racine est détectée en trois délais hello, six secondes avec les valeurs par défaut ;
- Les ports qui ne sont pas connectés à d'autres commutateurs (edge ports) peuvent basculer immédiatement dans l'état forwarding. RSTP continue à observer l'arrivée de BPDU sur ces ports pour s'assurer qu'aucune boucle n'est possible. Si un BPDU est observé, le port bascule dans le statut non Edge ;
- RSTP réagit aux annonces BPDU qui proviennent du pont racine. Un RSTP racine diffuse son information RSTP sur ses ports désignés. Si un commutateur reçoit un BPDU indiquant un meilleur pont racine, il place tous les autres ports dans l'état discarding et informe ce pont qu'il est le meilleur chemin vers la racine. En recevant cette information, celui-ci peut faire transiter le port vers cette racine immédiatement dans l'état forwarding sans passer par les états listening et learning, puisque aucune boucle n'est possible. Ceci constitue une amélioration majeure en termes de vitesse de convergence ;

- RSTP conserve des informations au sujet d'un chemin alternatif vers le root bridge, ainsi qu'un chemin de backup vers les segments, ceci permet une transition rapide en cas de problème sur une liaison

II.2. PVST (Per-VLAN Spanning Tree)

Un réseau commuté comporte plusieurs VLAN, STP fonctionne de façon indépendante sur chacun des VLAN séparément. Ce mode de fonctionnement a été baptisé PVST + par Cisco.

PVST fonctionne uniquement avec Cisco inter-switch Link et PVST + est utilisé avec dot1q.

II.3. MSTP (Multiple Spanning Tree Protocol)

Le MSTP est une extension de RSTP dans laquelle une instance de RSTP existe par groupe de VLAN.

Disposer de plusieurs instances de STP permet de mieux utiliser les liaisons dans le réseau, si la topologie STP est différente pour certains groupes de VLAN. Contrairement à PVST, il n'est cependant pas nécessaire de disposer d'une instance par VLAN, ceux-ci pouvant être très nombreux, les VLAN étant groupés.

MSTP est compatible avec les ponts RSTP, le format de BPDU étant le même.

Conclusion

Le protocole STP a garanti l'existence d'un seul chemin logique entre toutes stations au sein d'un réseau entièrement redondant par le blocage des chemins d'accès redondants. Le protocole STP envoie des trames BPDU pour assurer la communication entre les commutateurs. Au sein d'une topologie, un commutateur est défini en tant que pont racine pour l'équilibrage de la charge STP. Les extensions du STP améliorent surtout la convergence à savoir le RSTP et PVSTP.