

Description du thème

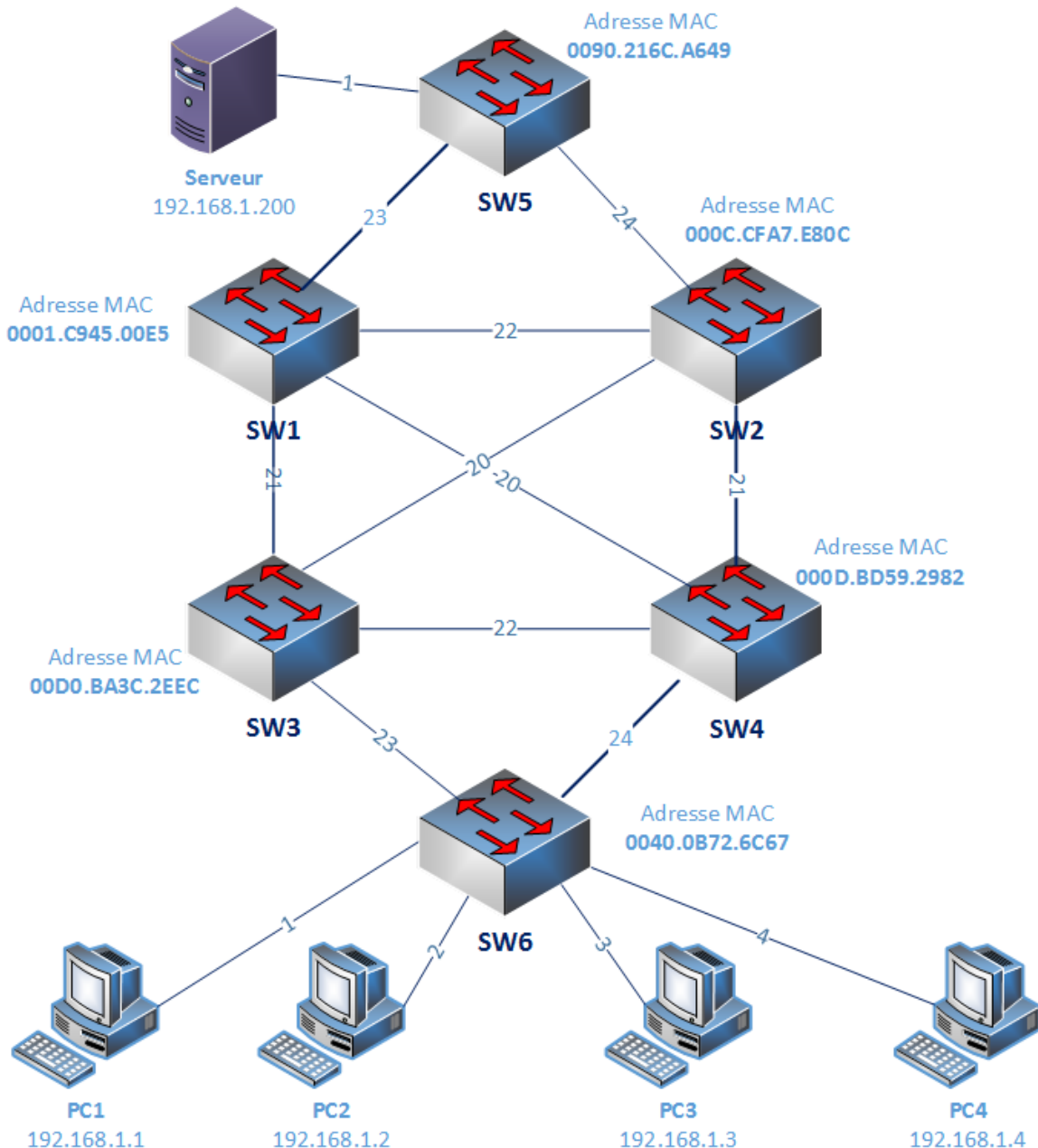
Propriétés	Description
Intitulé long	Exercice de découverte ou de redécouverte du protocole Spanning Tree : on part d'une simple observation du fonctionnement de STP pour aboutir à une compréhension relativement poussée de l'algorithme de Spanning-Tree.
Formation(s) concernée(s)	BTS Services Informatiques aux Organisations
Matière(s)	SISR5 – Supervision des réseaux
Présentation	<p>L'activité se déroule en plusieurs étapes :</p> <ul style="list-style-type: none"> • observation du comportement STP, notamment la désactivation des liens redondants, • observation du résultat obtenu suite à l'exécution de l'algorithme Spanning-Tree et recherche d'explications, • observation de la « reconvergence » de l'algorithme STP, dans plusieurs scénarios : <ul style="list-style-type: none"> ○ coupure d'un lien, ○ modification de liens (branchement en Gigabits), ○ modification de la priorité sur un commutateur, ○ panne d'un commutateur. • application : recherche de l'arbre de recouvrement obtenu dans un cas de figure bien défini, et vérification sous Packet Tracer.
Savoirs	<p>Savoir-faire</p> <ul style="list-style-type: none"> • Installer un protocole de configuration dynamique • Installer et configurer une solution de disponibilité des éléments d'interconnexion • Sécuriser une infrastructure réseau <p>Savoirs associés</p> <ul style="list-style-type: none"> • Normes, technologies et techniques associées à la disponibilité des infrastructures réseaux • Normes, technologies et techniques associées à la sécurité des infrastructures réseaux
Compétences	<p>A321 – Installation et configuration d'éléments d'infrastructure</p> <p>A331 – Administration sur site ou à distance des éléments d'un réseau, de serveurs, de services et d'équipements terminaux</p> <p>A524 – Étude d'une technologie, d'un composant, d'un outil ou d'une méthode</p>
Transversalité	
Prérequis	Une maîtrise de l'outil Packet Tracer, des notions de tolérance de panne sur les actifs. L'exolab peut constituer une découverte de Spanning-Tree, grâce à l'annexe, ou bien un approfondissement.
Outils	Packet Tracer v6.2 (minimale)
Mots-clés	Spanning-Tree, Arbre de recouvrement STP, commutateur racine, port racine, port désigné, port bloqué, Packet Tracer, tempête de diffusions (broadcast), 802.1D, 802.1w
Durée	2h à 3h avec l'application.
Auteur(es)	David Duron, d'après un support de Laurent Paul, avec les relectures de Cécile Nivaggioni et de Pascal Moussier
Version	v 1.0
Date de publication	Mars 2018

Présentation du contexte

L'entreprise SPANDERO dispose d'un réseau conséquent. Elle a décidé de mettre en place des liens redondants entre les différents locaux techniques.

Les liens redondants permettent de limiter l'impact d'une panne de commutateur ou d'une coupure de liaison (lien défectueux, lien supprimé par erreur, etc.). Si la redondance est suffisante, l'impact se limitera aux seuls postes reliés directement au commutateur. Pour réduire encore plus cet impact, les serveurs sont parfois reliés à 2 commutateurs (double attachement).

Par simplification pour la compréhension de cet exolab, seule une partie des actifs et des postes est représentée, chaque actif étant situé dans un local technique différent. Les liaisons entre les locaux techniques ne dépassent pas 80m.



Cette maquette va servir de base pour la découverte du protocole Spanning-Tree. Une maquette Packet Tracer, correspondant exactement à ce schéma, vous est fournie (fichier « Maquette-STP-initiale.pkt »).

Une description du rôle et du fonctionnement du protocole STP est donnée en **annexe**.

Le numéro indiqué sur les liens correspond au port utilisé sur chaque commutateur. Par simplification, le même port est utilisé de chaque côté du lien pour les liaisons entre commutateurs.

Étape 1 : Observer le bon fonctionnement des communications

Ouvrir la maquette Packet Tracer « Maquette-STP-Initiale ».

Nous allons déjà observer le fonctionnement du protocole Spanning-Tree dans son fonctionnement par défaut sur les commutateurs CISCO.

Q1. Indiquer quels sont les commutateurs traversés lors d'une communication entre PC1 et Serveur.

Le chemin parcouru peut être observé en mode simulation, en lançant un ping de PC1 vers Serveur :

The screenshot displays a network topology in Cisco Packet Tracer. A yellow path highlights the route of an ICMP packet from PC1 to the Server (192.168.1.200). The path starts at PC1, goes through SW1, SW5, SW2, SW4, and SW6. The simulation panel on the right shows an event list for ICMP packets, with a 'Simulation' button at the bottom right.

Vis.	Time(sec)	Last Device	At Device	Type	In
	0.000	--	PC1	ICMP	
	0.001	PC1	SW6	ICMP	
	0.002	SW6	SW4	ICMP	
	0.003	SW4	SW1	ICMP	
	0.004	SW1	SW5	ICMP	
	0.005	SW5	Serveur	ICMP	
	0.006	Serveur	SW5	ICMP	
	0.007	SW5	SW1	ICMP	



Pour visualiser le parcours du paquet ICMP :

1. Passer en mode simulation (chronomètre en bas à droite)
2. Utiliser le bouton « Edit Filters » pour supprimer tous les protocoles et ne garder que ICMP.
3. Lancer le ping en ouvrant une invite de commande sur PC1
4. Utiliser le bouton Auto Capture / Play (ou Capture/Forward) pour faire avancer automatique (ou pas à pas) le paquet vers sa destination, puis pour observer le trajet de paquet réponse.

La communication passe par SW6, SW4, SW1, et enfin SW5.

Sur le schéma on voit bien que les liaisons suivantes sont désactivées :

- SW2-SW5
- SW2-SW4
- SW2-SW3
- SW3-SW4
- SW3-SW6

On retrouve également la liste des périphériques traversés dans la liste d'événements du panneau de simulation (cf. ci-contre).

Simulation Panel					
Event List					
Vis.	Time(sec)	Last Device	At Device	Type	Info
	0.000	--	PC1	ICMP	
	0.003	PC1	SW6	ICMP	
	0.005	SW6	SW4	ICMP	
	0.007	SW4	SW1	ICMP	
	0.009	SW1	SW5	ICMP	
	0.011	SW5	Serveur	ICMP	
	0.012	Serveur	SW5	ICMP	
	0.014	SW5	SW1	ICMP	

Étape 2 : Observer le résultat de la configuration

Q2. Expliquer s'il est possible de savoir, en observant les ports actifs après convergence du protocole STP, quel est le commutateur dit "Pont racine", autrement dit celui qui constitue la racine de l'arbre de recouvrement. (Pour information Spanning-Tree peut se traduire par arbre de recouvrement – cf explication dans l'annexe)

Le « pont racine » a forcément tous ses ports actifs, donc en "Forwarding" ; autrement dit, en utilisant la terminologie « Spanning-Tree », tous les ports du « pont racine » sont des ports "désignés".

A première vue, il ne peut donc s'agir que de SW1 ou SW2. Si on regarde un peu plus attentivement, on peut supposer qu'il s'agit de SW1 puisque toutes les liaisons sont complètement actives (des 2 côtés de la liaison) et semblent permettre un chemin assez direct vers chaque commutateur.

Si ce n'était pas SW1, mais SW2, SW5 ne serait pas relié au pont racine par les chemins le moins coûteux (cf. plus loin).

Le pont racine est donc SW1.

Note pour l'enseignant

Cette analyse ne fonctionne QUE si on travaille sur un seul VLAN. S'il y a plusieurs VLAN, on peut souhaiter une répartition de charges. Il peut y avoir plusieurs arbres de recouvrement (en fait l'arbre de recouvrement est calculé par vlan), et dans ce cas, les ports d'agrégats de VLAN (Trunks) peuvent rester actifs (tous les voyants peuvent même être verts...) ; certains VLAN seront simplement interdits sur certains ports trunk.

Q3. Observer et analyser la configuration STP des commutateurs en :

a) Vérifiant la configuration de chaque commutateur à partir de la commande **show spanning-tree**.

➤ Effectuer une copie d'écran et expliquer brièvement le résultat obtenu pour chaque commutateur

SW1	SW2
<pre>SW1#sh spanning-tree VLAN0001 Spanning tree enabled protocol ieee Root ID Priority 32769 Address 0001.C945.00E5 This bridge is the root Hello Time 2 sec Max Age 20 sec Forward Delay 15 sec Bridge ID Priority 32769 (priority 32768 sys-id-ext 1) Address 0001.C945.00E5 Hello Time 2 sec Max Age 20 sec Forward Delay 15 sec Aging Time 20 Interface Role Sts Cost Prio.Nbr Type ----- Fa0/21 Desg FWD 19 128.21 P2p Fa0/20 Desg FWD 19 128.20 P2p Fa0/23 Desg FWD 19 128.23 P2p Fa0/22 Desg FWD 19 128.22 P2p SW1#</pre>	<pre>SW2#sh spanning-tree VLAN0001 Spanning tree enabled protocol ieee Root ID Priority 32769 Address 0001.C945.00E5 Cost 19 Port 22(FastEthernet0/22) Hello Time 2 sec Max Age 20 sec Forward Delay 15 sec Bridge ID Priority 32769 (priority 32768 sys-id-ext 1) Address 000C.CFA7.E80C Hello Time 2 sec Max Age 20 sec Forward Delay 15 sec Aging Time 20 Interface Role Sts Cost Prio.Nbr Type ----- Fa0/21 Desg FWD 19 128.21 P2p Fa0/22 Root FWD 19 128.22 P2p Fa0/24 Desg FWD 19 128.24 P2p Fa0/20 Desg FWD 19 128.20 P2p SW2#</pre>

La priorité par défaut est associée à ce commutateur, comme aux 5 autres.

Switch1 est le pont (commutateur) racine : cela est dit en

Différences par rapport à Switch1 :

► Le pont racine est joignable par le port 22 avec un coût de 19.

toutes lettres, confirmé par le fait que tous les ports sont en « Désigné », autrement dit actifs bien que ne permettant pas de rejoindre le pont racine puisqu'il l'est lui-même.
L'adresse MAC commence par 0001, ce qui est inférieure à toutes les valeurs des autres commutateurs (000C, 000D 0040 ou 0090).
Tous les liens partants de ce commutateur ont un coût de 19 (valeur pour un débit de 100 Mbits/s).

- ▶ Un coût de 19 correspond à un lien direct, puisque équivalent au coût d'un lien 100 Mbits/s.
- ▶ Le port Fa0/22 a le rôle de port « Root » puisqu'il permet de joindre le pont racine.
- ▶ Les autres ports sont en « Désigné » puisque actifs.

SW3

SW4

```
SW3#show spanning-tree
VLAN0001
  Spanning tree enabled protocol ieee
  Root ID    Priority    32769
            Address    0001.C945.00E5
            Cost      19
            Port      21(FastEthernet0/21)
            Hello Time 2 sec  Max Age 20 sec  Forward Delay 15 sec

  Bridge ID  Priority    32769 (priority 32768 sys-id-ext 1)
            Address    00D0.BA3C.2EEC
            Hello Time 2 sec  Max Age 20 sec  Forward Delay 15 sec
            Aging Time 20

Interface    Role Sts Cost      Prio.Nbr Type
-----
Fa0/20       Altn BLK 19        128.20   P2p
Fa0/21       Root FWD 19        128.21   P2p
Fa0/22       Altn BLK 19        128.22   P2p
Fa0/23       Desg FWD 19        128.23   P2p

SW3#
```

```
SW4#show spanning-tree
VLAN0001
  Spanning tree enabled protocol ieee
  Root ID    Priority    32769
            Address    0001.C945.00E5
            Cost      19
            Port      20(FastEthernet0/20)
            Hello Time 2 sec  Max Age 20 sec  Forward Delay 15 sec

  Bridge ID  Priority    32769 (priority 32768 sys-id-ext 1)
            Address    000D.BD59.2982
            Hello Time 2 sec  Max Age 20 sec  Forward Delay 15 sec
            Aging Time 20

Interface    Role Sts Cost      Prio.Nbr Type
-----
Fa0/20       Root FWD 19        128.20   P2p
Fa0/21       Altn BLK 19        128.21   P2p
Fa0/22       Desg FWD 19        128.22   P2p
Fa0/24       Desg FWD 19        128.24   P2p

SW4#
```

Différences par rapport à Switch1 et 2 :

- ▶ Le pont racine est joignable par le port 21 avec un coût de 19.
- ▶ Un coût de 19 correspond à un lien direct.
- ▶ Le port Fa0/21 a donc le rôle de port « Root ».
- ▶ Le port Fa0/23 a le rôle de port « Désigné », donc actif.
- ▶ Les ports Fa0/20 et Fa0/22 sont « bloqués » (rôle « alternatif ») donc désactivés par le spanning-tree pour éviter les boucles.

Informations sur ce commutateur :

- ▶ Le pont racine est joignable par le port 21 avec un coût de 19.
- ▶ Le port Fa0/21 a donc le rôle de port « Root ».
- ▶ Le port Fa0/21 est désactivé par le Spanning-Tree puisque Switch2 est connecté directement à Switch1 pour un coût de 19.
- ▶ Les ports Fa0/22 et Fa0/24 sont des ports « désignés »

SW5

SW6

```
SW5#show spanning-tree
VLAN0001
  Spanning tree enabled protocol ieee
  Root ID    Priority    32769
            Address    0001.C945.00E5
            Cost      19
            Port      23(FastEthernet0/23)
            Hello Time 2 sec  Max Age 20 sec  Forward Delay 15 sec

  Bridge ID  Priority    32769 (priority 32768 sys-id-ext 1)
            Address    0090.216C.A649
            Hello Time 2 sec  Max Age 20 sec  Forward Delay 15 sec
            Aging Time 20

Interface    Role Sts Cost      Prio.Nbr Type
-----
Fa0/23       Root FWD 19        128.23   P2p
Fa0/24       Altn BLK 19        128.24   P2p
Fa0/1        Desg FWD 19        128.1    P2p

SW5#
```

```
SW6#show spanning-tree
VLAN0001
  Spanning tree enabled protocol ieee
  Root ID    Priority    32769
            Address    0001.C945.00E5
            Cost      38
            Port      24(FastEthernet0/24)
            Hello Time 2 sec  Max Age 20 sec  Forward Delay 15 sec

  Bridge ID  Priority    32769 (priority 32768 sys-id-ext 1)
            Address    0040.0B72.6C67
            Hello Time 2 sec  Max Age 20 sec  Forward Delay 15 sec
            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
Fa0/23       Altn BLK 19        128.23   P2p
Fa0/11       Desg FWD 19        128.11   P2p
Fa0/12       Desg FWD 19        128.12   P2p
Fa0/24       Root FWD 19        128.24   P2p

SW6#
```

D'après les informations obtenues :

- ▶ Le port Fa0/23 permet d'atteindre le pont racine avec un coût de 19
- ▶ Le port Fa0/24 a un rôle « Alternatif », donc désactivé
- ▶ Le port Fa0/1 est un port « Désigné », donc actif, puisque connecté au Serveur

D'après les informations obtenues :

- ▶ Le port Fa0/24 permet d'atteindre le pont racine avec un coût de 38.
En effet Switch6 n'est pas directement connecté à Switch1 (le pont racine) mais via Switch4, donc en 2 sauts, 2 liens à 100 Mbits
D'où le coût de 38 : $2 \times 19 = 38$
- ▶ Le port Fa0/23 a un rôle « Alternatif », donc désactivé, puisque le coût d'une liaison directe vers Switch3 est moindre.
(En théorie on ne doit pas parler de distance ou de « proximité » du pont racine car c'est la notion de coût qui est importante).
- ▶ Les ports Fa0/1 et Fa0/2, Fa0/11 et Fa0/12 sont des ports « Désigné », donc actifs, puisque connectés aux 4 PCs.

b) Indiquant, d'après les informations obtenues, quel est le commutateur qui joue le rôle de pont racine.

La configuration affichée sur Switch1 précise en toutes lettres qu'il est le pont racine.

Étape 3 : Observer la « reconvergence » et donc la tolérance aux pannes dans plusieurs cas de figure

Scénario 1 : Observer la « reconvergence » suite à la coupure d'un lien

Couper une liaison active entre 2 commutateurs (ports actifs sur les 2 commutateurs), par exemple SW1-SW4, et observer le recalcul du protocole Spanning-Tree, aboutissant à un nouvel arbre de recouvrement.

Remarque : le temps de « reconvergence » dure entre 30 et 50 secondes.

Comme expliqué en annexe, il existe une version plus rapide du protocole STP (PVST sous CISCO) : le RSTP (rapid-PVST sous CISCO), qui permet une reconvergence en 6s.

Pour cet exolab, l'utilisation du protocole STP de base (PVST activé par défaut sur les commutateurs CISCO) est volontaire afin de mieux observer son fonctionnement. En production, la version la plus performante de ce protocole doit être privilégiée.

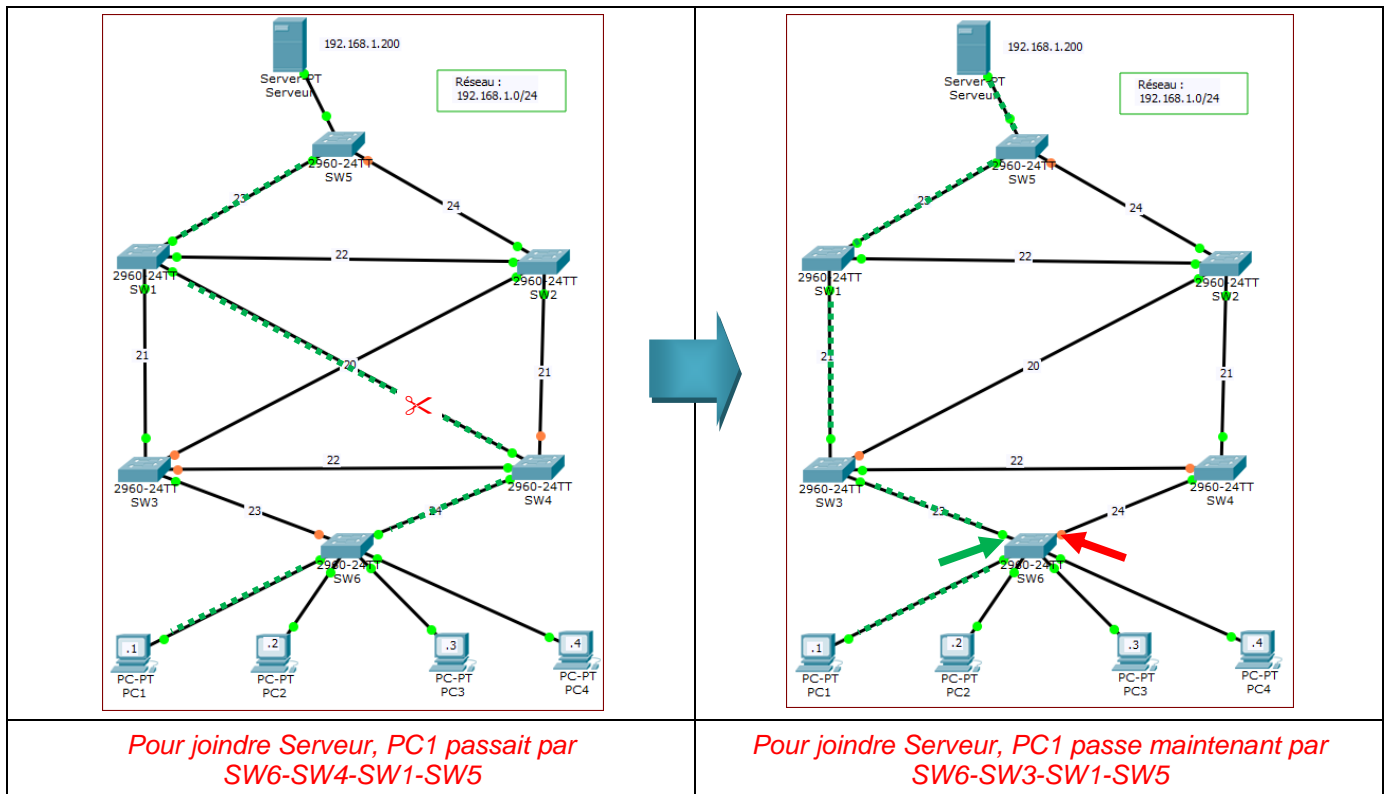
Sur les équipements CISCO, l'activation du protocole rapid-PVST se fait à partir de la commande : *spanning-tree mode rapid-pvst*

Q5. Indiquer quel chemin emprunte désormais une communication entre PC1 et Serveur.

Avant modification, on observe, par exemple, que SW6 permet aux PCs d'atteindre le serveur en passant ensuite par SW4 et SW1.

Après coupure du lien SW1-SW4, un nouvel arbre se reconstitue, ayant pour conséquence (entre autres) l'activation de la liaison SW3-SW6 et la désactivation de la liaison SW4-SW6.

La communication entre PC1 et Serveur, passe désormais par SW6, SW3, SW1, SW5, et plus par SW4.



Rebrancher ensuite le lien coupé pour revenir au fonctionnement initial.

Scénario 2 : Observer la « reconvergence » suite au passage en Gigabits de certains liens

Les liaisons sont toutes de type FastEthernet (donc 100 Mbits/s). Imaginons que les liaisons entre SW1 et SW2 et entre SW2 et SW4 soient en GigabitEthernet. On peut supposer que la liaison directe SW1-SW4, actuellement active, pourrait être désormais plus coûteuse qu'une liaison indirecte passant par SW2.

Q6. Donner le coût actuel de la liaison SW1-SW4.

Une liaison 100 Mbits/s possède un coût de 19. La liaison étant directe entre SW4 et le pont racine (SW1), le coût de ce chemin est donc de 19.

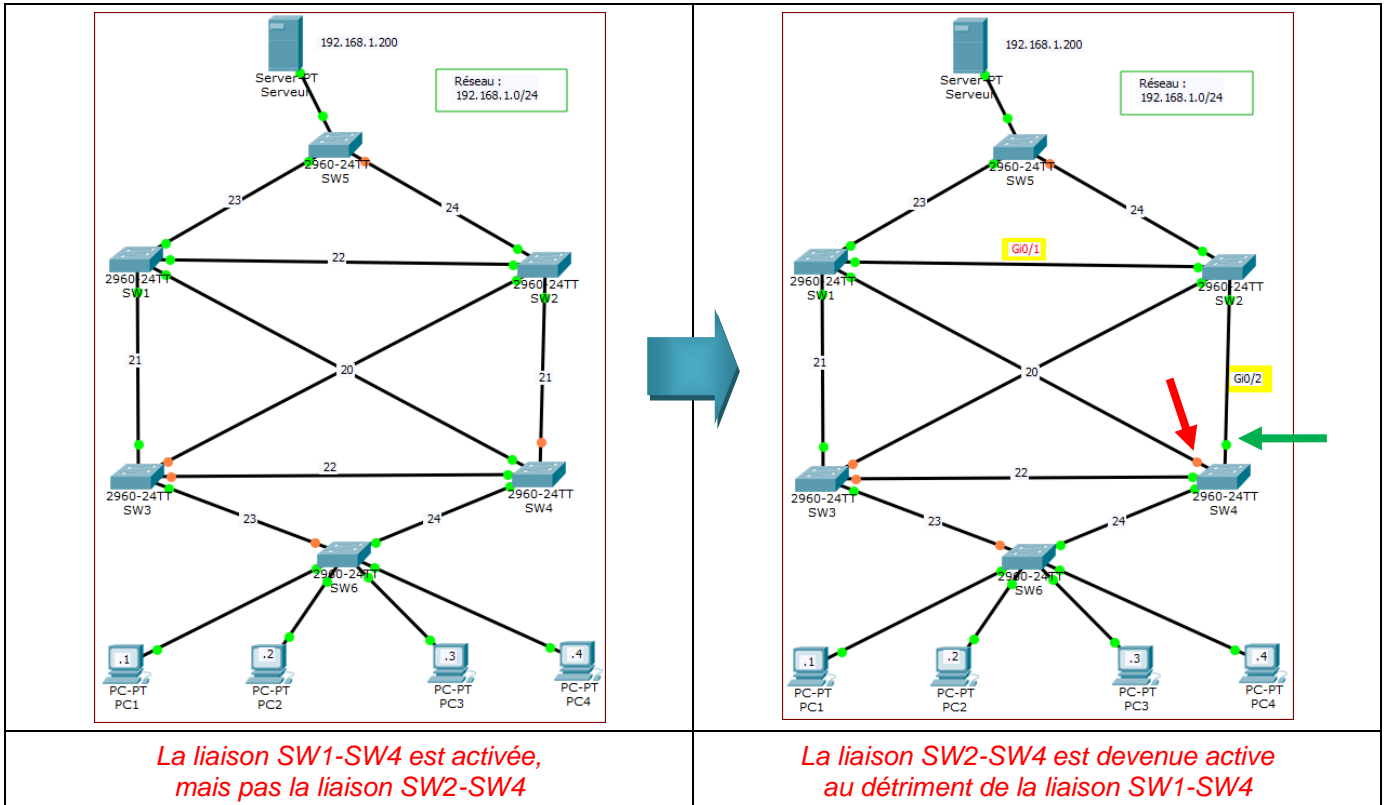
Tenter ensuite l'expérience en procédant comme suit :

- ▶ Remplacer la liaison SW2-SW4 FastEthernet (utilisant les ports Fa0/21 des commutateurs) par une liaison Gigabits utilisant les ports Gi0/1 des commutateurs.
- ▶ Remplacer la liaison SW1-SW2 FastEthernet (utilisant les ports Fa0/22 des commutateurs) par une liaison Gigabits utilisant les ports Gi0/2 des commutateurs.

Attendre que l'algorithme parvienne à converger, suite à ces modifications.

Q7. Indiquer les modifications observées.

La liaison SW2-SW4 devient active au détriment de la liaison SW1-SW4.



Q8. Calculer, d'après les nouveaux débits affectés à chaque liaison, les coûts de :

- la liaison directe SW1-SW4
- la liaison indirecte passant par SW2.

La liaison directe entre SW1 et SW4 est toujours en 100 Mbits/s : elle a donc un coût de 19
 La liaison indirecte SW1-SW2-SW4 utilise 2 liens Gbits : elle a donc un coût de $2 \times 4 = 8$.

Q9. En déduire si le nouvel arbre de recouvrement est cohérent par rapport à ces calculs.

SW4 a maintenant intérêt à joindre le pont racine SW1 par le lien Gigabit, désormais moins coûteux que la liaison directe. Le nouvel arbre de recouvrement est donc cohérent.

Scénario 3 : Observer la « reconvergence » suite au changement de priorité sur un commutateur

On souhaite forcer l'élection de SW2 plutôt que SW1 comme "Pont racine".

NB : Le choix explicite d'un commutateur comme pont racine peut être motivé par différentes raisons : son emplacement stratégique pour que les chemins soient optimaux, ainsi que les caractéristiques du commutateur : fond de panier, débit des ports, modules fibre optique, etc ...

Par exemple on peut choisir volontairement le commutateur cœur de réseau équipé de ports en 10 Gbits/s Fibre comme pont racine. Ce commutateur sera relié de manière redondante aux commutateurs de distribution qui desserviront à leur tour les commutateurs d'accès auxquels sont les postes clients en 1 Gigabits/s ou 100 Mbits/s.

Pour forcer l'élection de SW2 comme « pont racine », on doit modifier la priorité de ce commutateur, en la fixant à une valeur inférieure à la priorité fixée par défaut (**32768**).

Remarque : comme expliqué en annexe, sur les équipements CISCO ce n'est pas le protocole STP standard qui est utilisé mais le protocole PVST (Per VLAN Spanning Tree) même si seul le VLAN 1 existe. La modification de priorité doit donc être réalisée par VLAN.

Par exemple, pour le VLAN 1, la syntaxe est : *spanning-tree vlan 1 priority <nouvelle-priorité>*

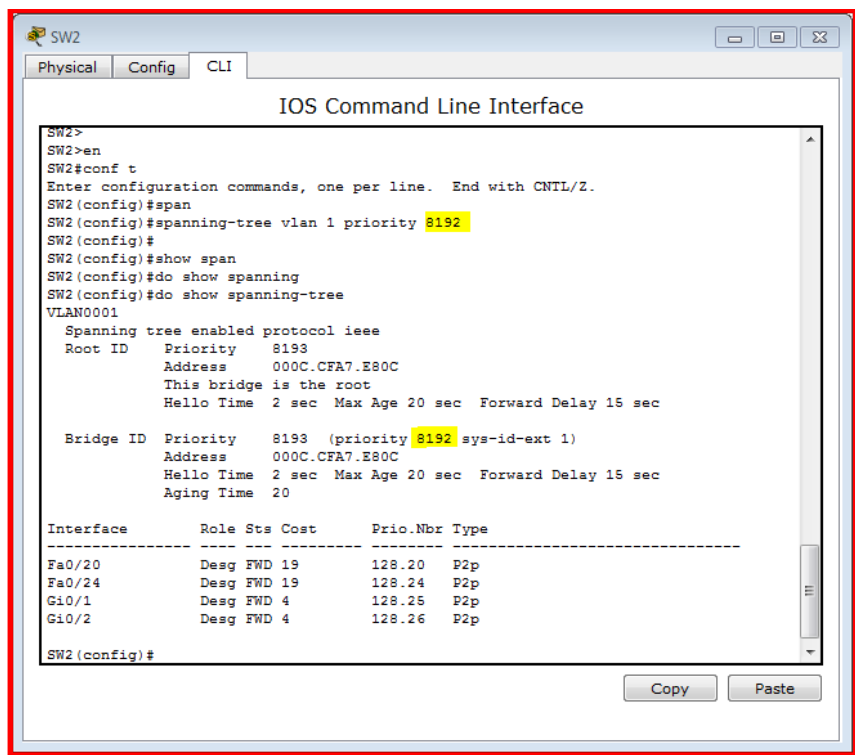
La priorité se définit comme un multiple de 4096 comme l'indique le message en cas d'erreur de valeur :

```
SW2(config)#spanning-tree vlan 1 priority 10000
% Bridge Priority must be in increments of 4096.
% Allowed values are:
 0      4096  8192  12288  16384  20480  24576  28672
 32768  36864  40960  45056  49152  53248  57344  61440
SW2(config)#
```

Pour cette expérimentation qui fait suite au scénario 2, on conservera les liaisons qui ont été modifiées en Gigabits.

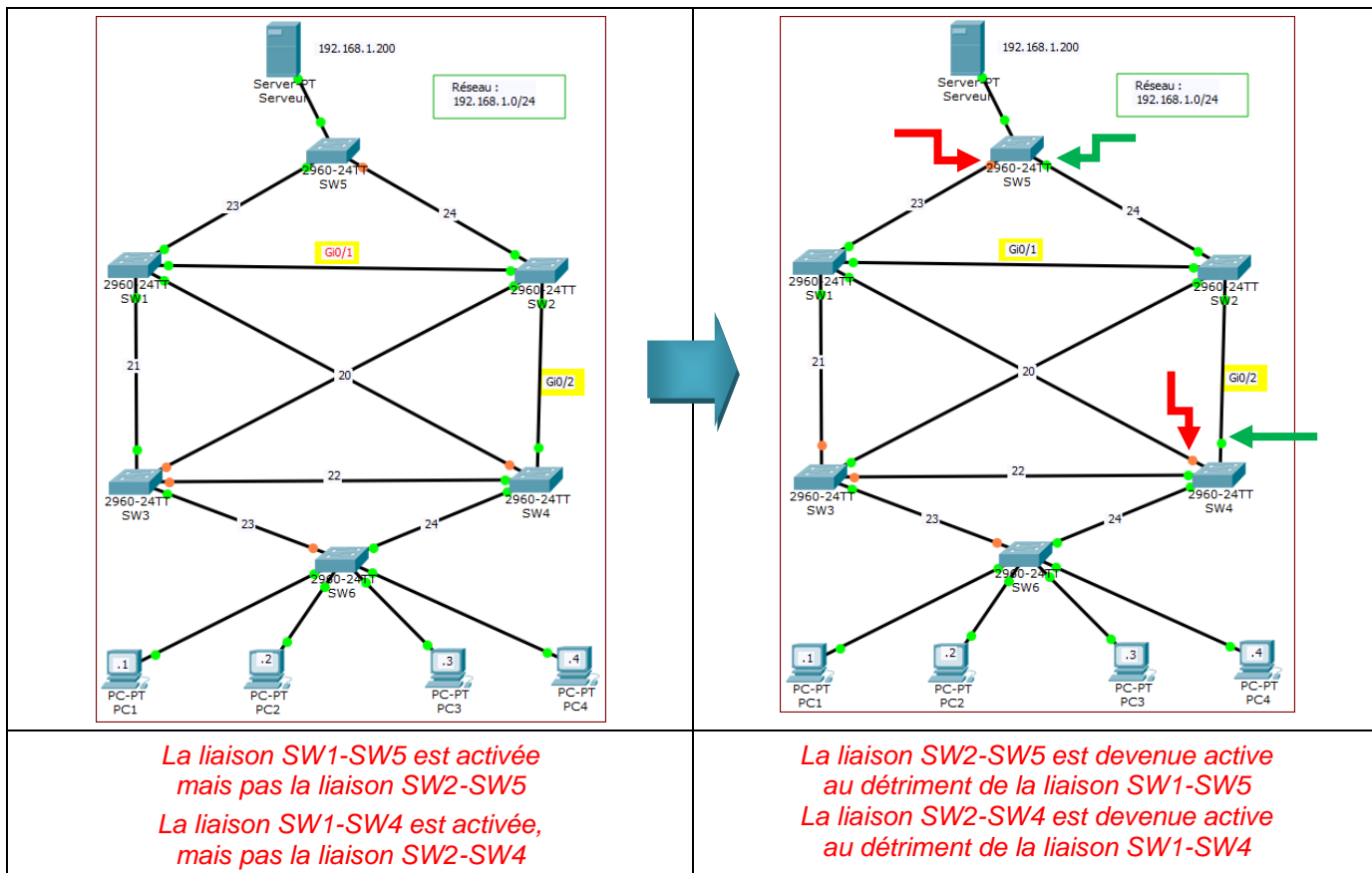
Travail à faire :

- ▶ Modifier la valeur de la priorité sur SW2 en 8192 pour le seul vlan utilisé ici (vlan 1).
- ▶ Vérifier la prise en compte de cette valeur en affichant les propriétés Spanning-tree.



Q10. Vérifier que SW2 devient bien le pont racine suite à ce changement de priorité et indiquer les changements au niveau des liaisons.

SW2 devient le pont racine, comme le montre déjà le schéma suivant :



NB : SW2 est bien le seul commutateur à avoir toutes ses liaisons activées vers les autres commutateurs.

Scénario 4 : Observer la « reconvergence » suite à la panne d'un commutateur

Plusieurs cas de figure pourraient être étudiés :

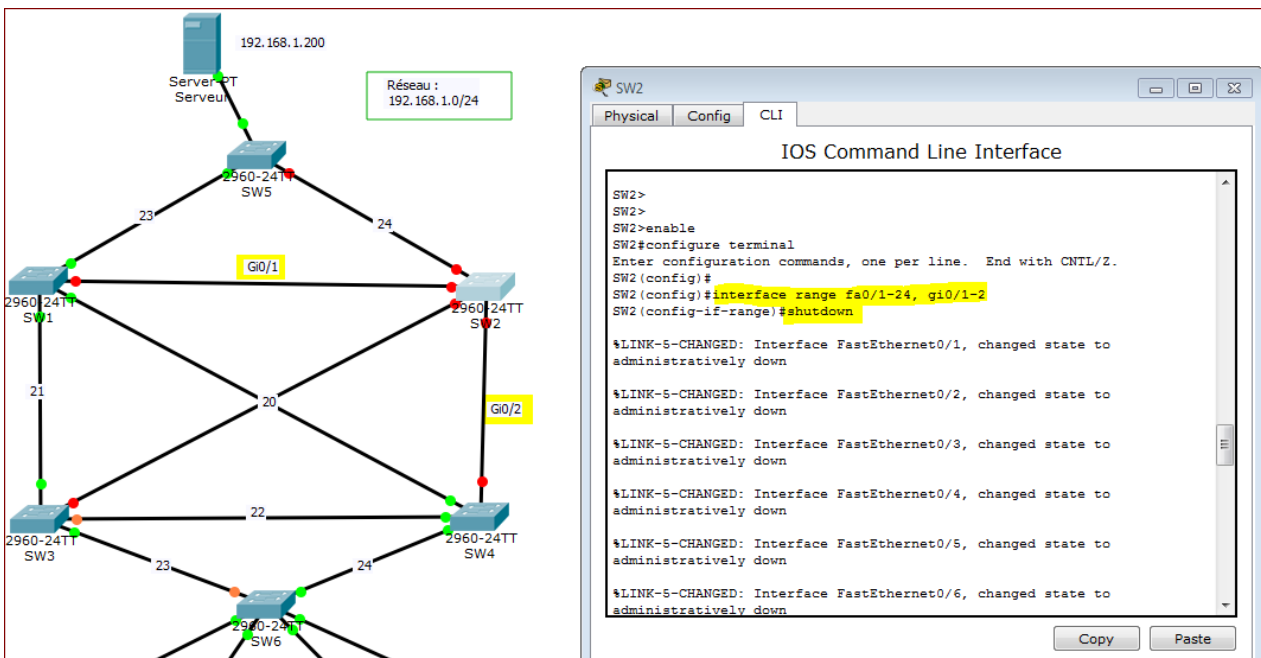
- panne du commutateur racine actuel (SW2)
- panne d'un commutateur dont tous les ports sont en forward (SW1)
- panne du commutateur relié aux postes
Ce dernier cas ne serait pas très intéressant puisqu'on ne pourrait plus tester les communications

Le premier cas va entraîner obligatoirement une modification de l'arbre de recouvrement, puisque cette panne va provoquer une réélection. Nous allons donc traiter ce cas.

Pour éviter une suppression du commutateur et des liens, et puisqu'il n'est pas possible de couper l'alimentation d'un commutateur sous Packet Tracer, on va se contenter de désactiver tous les ports, ce qui sera plus ou moins équivalent à une panne du commutateur.

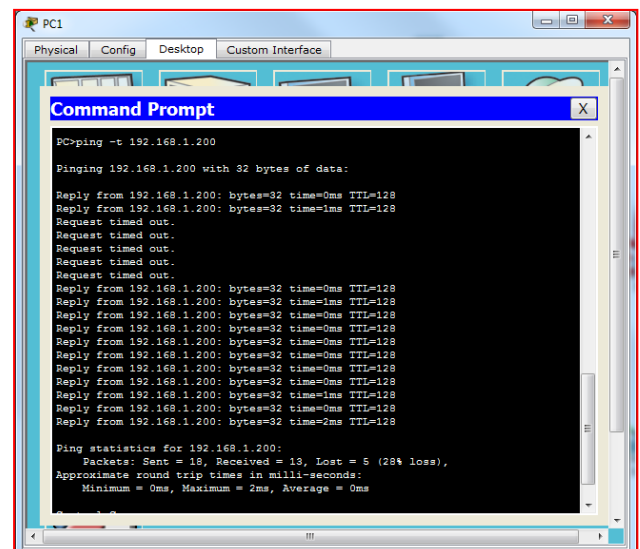
Travail à faire :

- ▶ Lancer un ping permanent, par exemple de PC1 vers Serveur, pour pouvoir observer la perte de communication temporaire pendant le recalcul Spanning-Tree.
- ▶ Sur SW2 désactiver l'ensemble des ports.

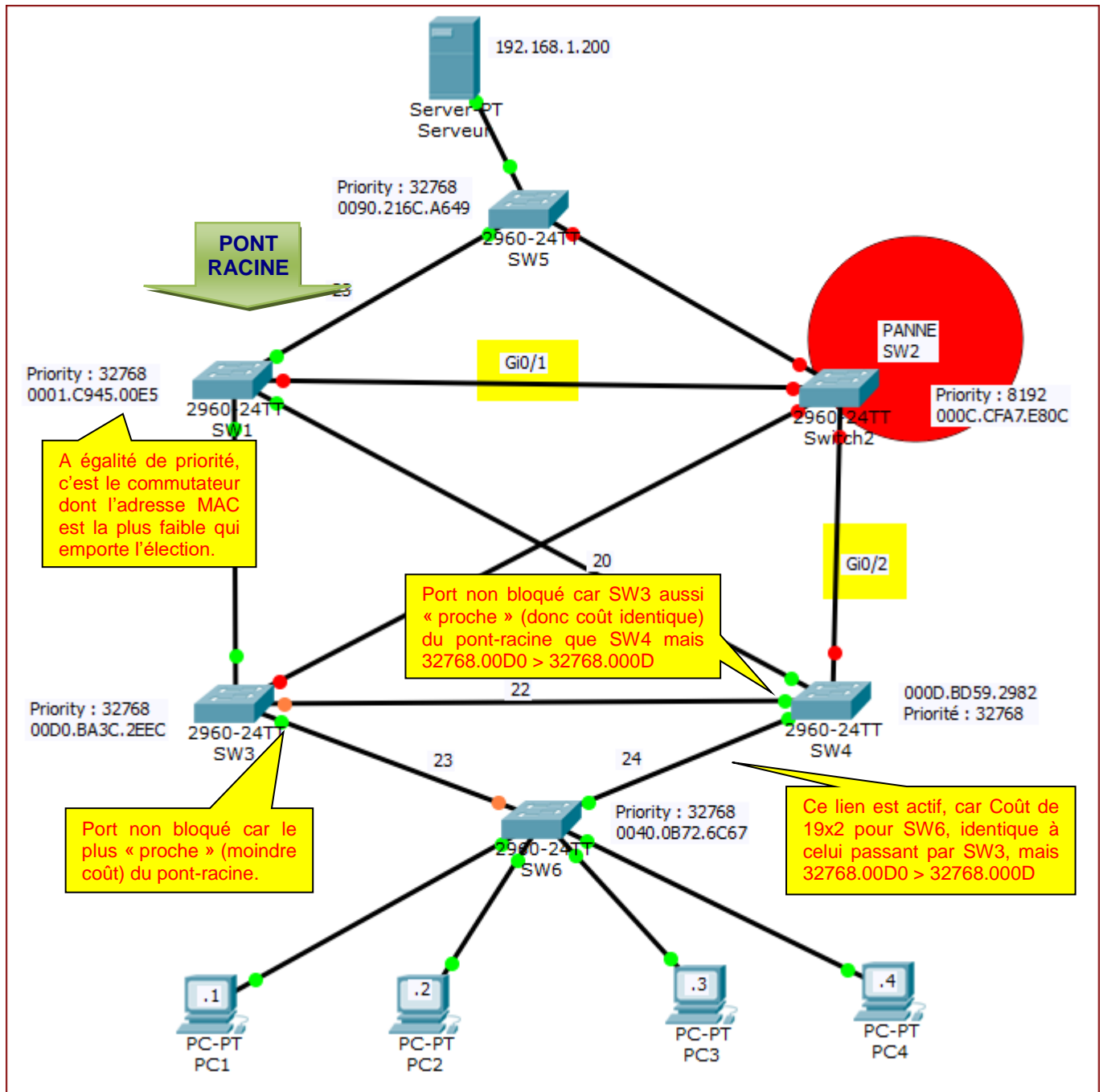


Les ports de SW2 sont bien entendu désactivés, et par conséquent les ports situés à l'autre extrémité de chaque liaison de SW2, comme le montre les points rouges ci-dessus.

Après quelques instants, un autre arbre de recouvrement est construit et permet à nouveau une communication entre PC1 et Serveur :



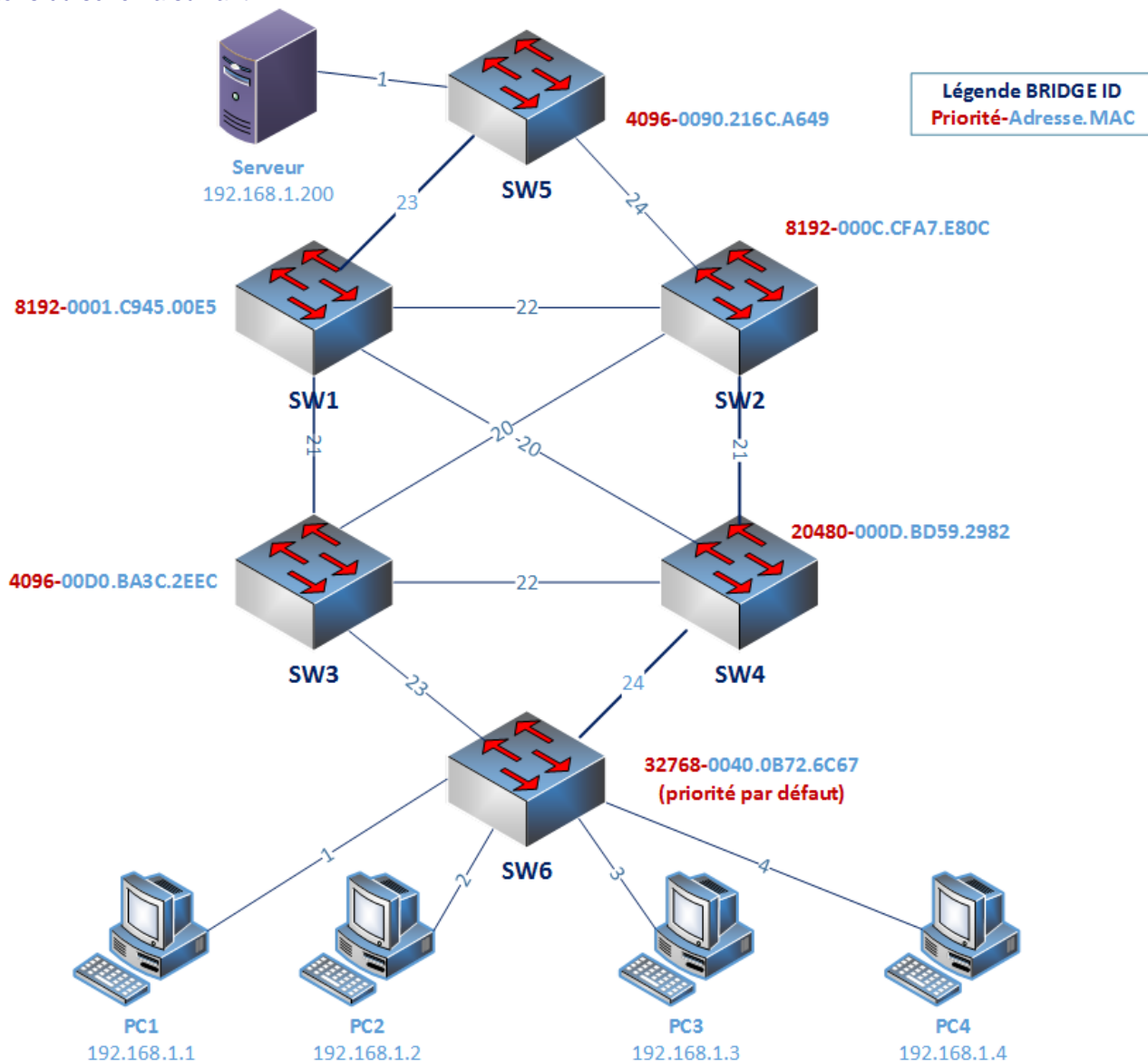
Q11. Indiquer, en justifiant, quel est le nouveau pont racine.



NB : Pour réactiver les ports, il suffit d'utiliser la commande **no shutdown** en lieu et place de la commande **shutdown** utilisée ci-dessus.

Étape 4 : Mise en application

Partons du schéma suivant :



NB : Tous les ports utilisés sur les commutateurs sont en FastEthernet (100 Mbits/s).

RQ : La définition des priorités est ici un « cas d'école ». En général, on se contente d'affecter une priorité au(x) seul(s) commutateur(s) que l'on souhaite privilégier dans l'élection.

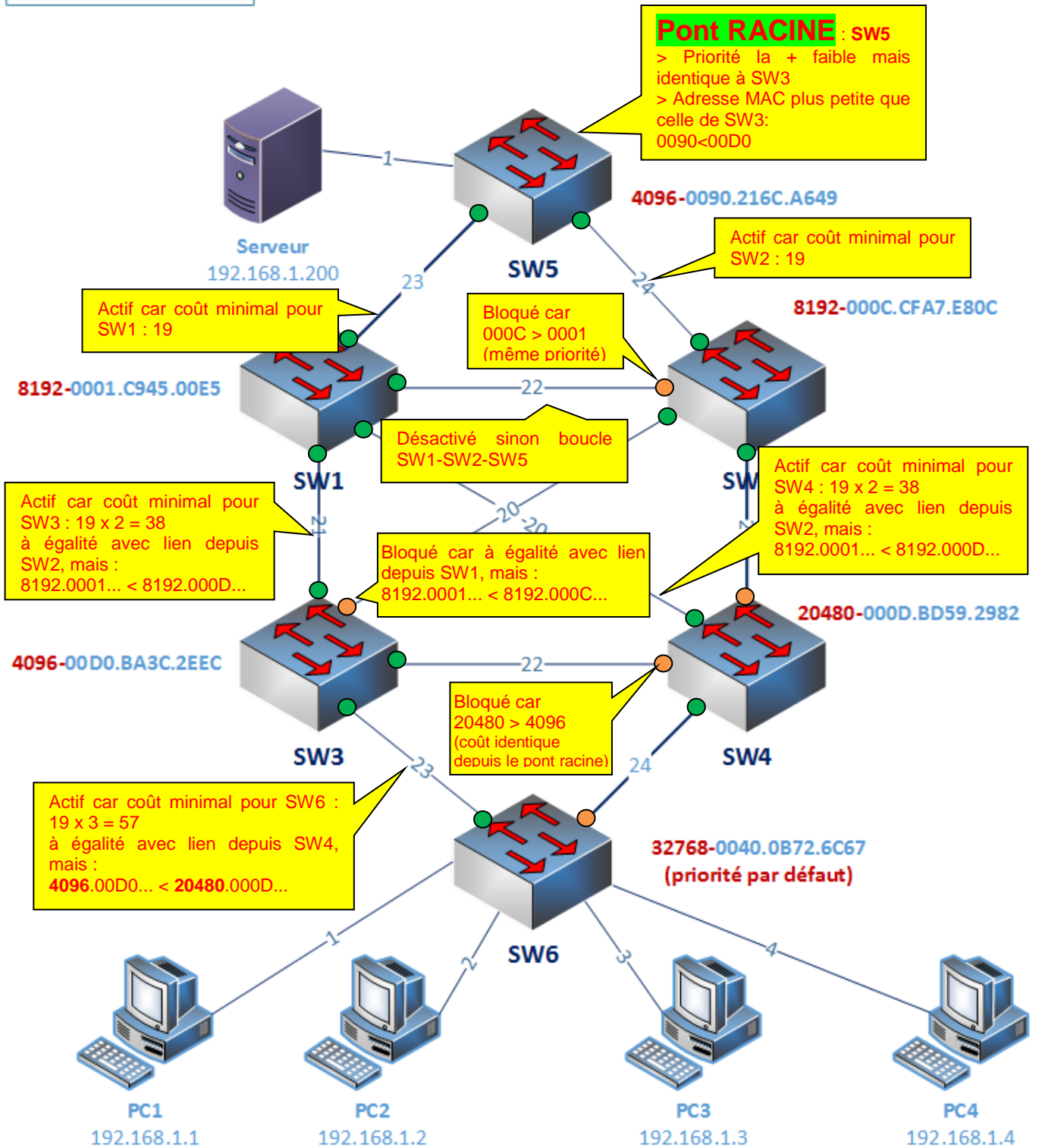
Travail à faire

- ▶ Déterminer l'arbre de recouvrement en tenant compte des principales règles STP :
 1. Élection du pont racine
 - Le commutateur ayant le Bridge ID [Priorité-MAC Adresse] le plus bas est élu pont racine. A égalité de priorité (ce qui est le cas par défaut – priorité de **32768** définie sur tous les commutateurs), le commutateur ayant la plus petite adresse MAC est élu pont racine.
 2. Détermination des liens actifs
 - Chaque commutateur doit être relié au pont racine avec le coût le plus faible. Par défaut le coût correspond à une valeur par défaut pour chaque débit : 19 pour 100 Mbits/s
 3. Désactivation des liens redondants
 - Les liens alternatifs sont désactivés. Le port bloqué est celui correspondant à au Bridge ID le plus grand en cas de coût identique depuis le pont racine.

- ▶ Vérifier votre réponse en ouvrant le fichier « Maquette-STP-etape4.pkt » : les priorités indiquées sur le schéma ont été définies sur chaque commutateur.

Correction

Légende BRIDGE ID
Priorité-Adresse.MAC



Annexe : Le protocole STP (Spanning Tree Protocol) en bref

NB : Nous pourrions écrire un livre entier sur ce protocole, avec les différentes implémentations et le fonctionnement en détail. Nous essayons ici de nous limiter aux informations nécessaires et suffisantes à la compréhension de cet exolab.

Définition

Le spanning-tree est un protocole réseau permettant de définir une topologie sans boucle, dans un réseau local composé de commutateurs avec des liens redondants.

Le protocole STP est défini dans la norme IEEE 802.1D

Les principales versions

L'explication détaillée des différences entre les versions n'entre pas dans le cadre de cet exolab. Pour plus d'informations voir par exemple wikipedia ou d'autres sites comme goffinet.org.

STP [IEEE 802.1D]	Spanning-Tree Protocol : protocole de base
PVST	Per Vlan Spanning-Tree : quand plusieurs VLAN existent dans un réseau commuté, STP peut fonctionner de manière indépendante sur chacun des VLAN. C'est le mode par défaut sur les commutateurs CISCO.
RSTP [IEEE 802.1w]	Rapid Spanning Tree Protocol : la convergence est plus rapide en cas de changement de topologie (6 secondes au lieu de 30 à 50 secondes).
MSTP	Multiple Spanning Tree Protocol : inclus dans la norme IEEE 802.1Q. Il existe une instance de RSTP par groupe de VLAN. Il est possible par conséquent de mieux utiliser les liaisons redondantes pour effectuer de la répartition de charges sur les liens.

Les boucles dans un LAN

En cas de lien redondant, comme dans le schéma ci-dessous, si un poste (par ex. P1) envoie une trame de diffusion, SW2 va la diffuser sur tous ses ports, donc vers SW2 (en bleu) et SW3 (en vert). De même SW2 va la rediffuser vers PC2 et SW3, puis SW3 vers PC3 et SW1, et la boucle est bouclée. La diffusion pourrait même continuer (en orange).

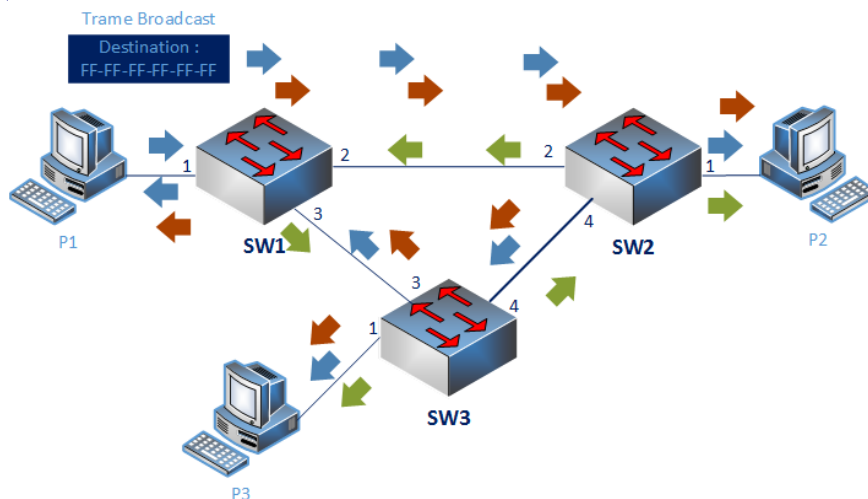


Figure 1 - Sans STP, la boucle provoquera une tempête de Broadcast

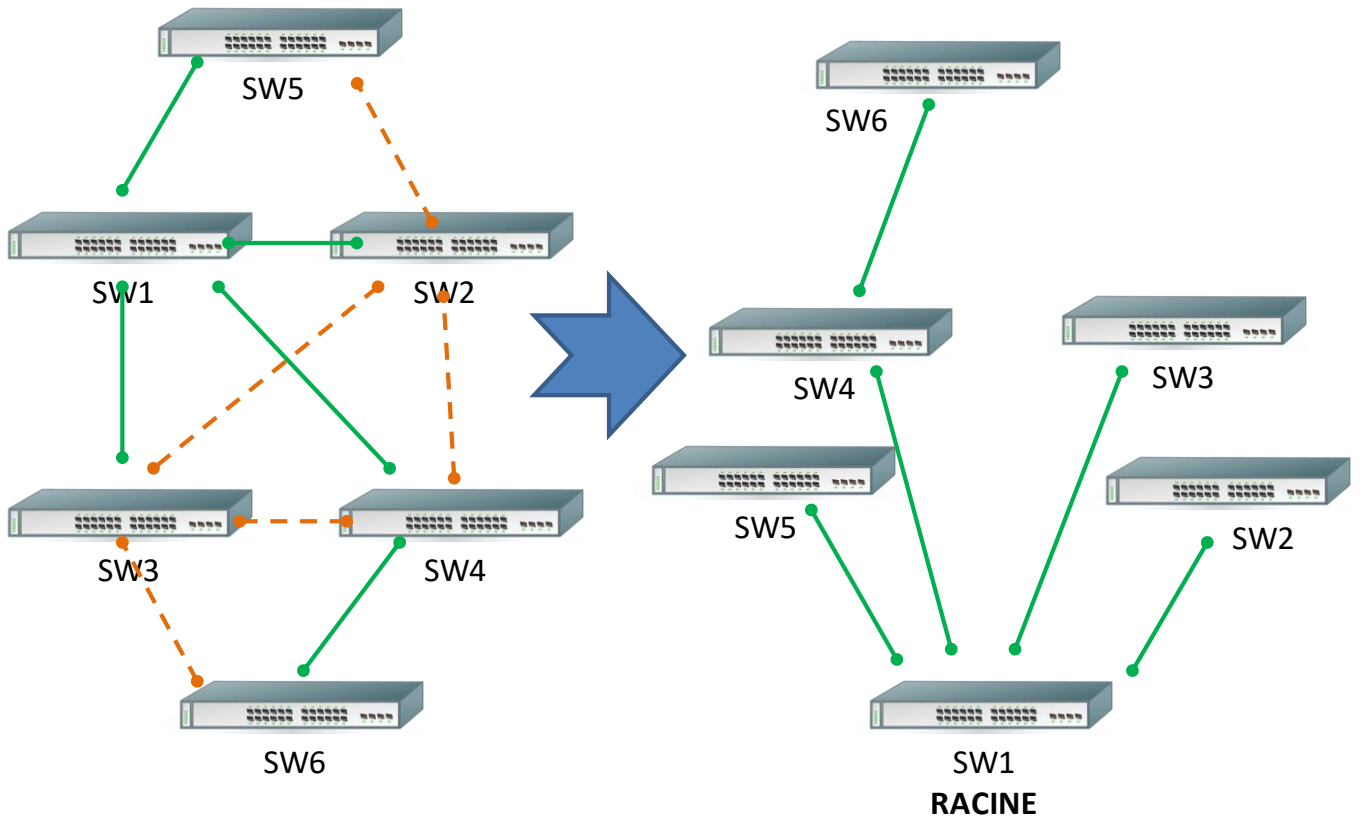
Cette situation s'appelle une tempête de broadcast (Broadcast Storm) et provoque une instabilité des tables d'adresse MAC et une saturation de la bande passante et des ressources du commutateur, puisque par exemple SW3 recevra la trame de broadcast provenant de P1 sur son port 3, mais aussi sur son port 4 : il associera donc probablement l'adresse MAC de P1 d'abord au port 3, puis au port 4, alors que le poste n'a pas changé de place.

Par ailleurs, le commutateur ne peut pas savoir quand une trame broadcast a atteint tous les destinataires. Le principe est de la réémettre sur tous les ports actifs (sauf celui d'origine). Cette « boucle sans fin » provoque au final une indisponibilité du réseau.

Le principe de STP

Le principe de base est relativement simple : il faut créer un arbre qui permette de relier l'ensemble des équipements sans boucle, et autant que possible avec un coût moindre pour atteindre chacun des équipements depuis la racine.

On parle d'**arbre de recouvrement**, car pour éviter les boucles, on obtient bien un arbre de liens actifs qui permet de relier tous les commutateurs et donc tous les postes. Par ailleurs, tout arbre possède bien une racine, et les branches se développent uniquement au-dessus de celle-ci.



Une fois les liens désactivés pour casser les boucles, on obtient bien un arbre ; pour s'en convaincre, il faut faire en sorte que le commutateur qui n'a que des liens actifs se retrouve en bas.

Un des commutateurs constitue bien la « racine » ; les autres commutateurs sont reliés par un seul chemin au commutateur racine.

Il faut donc :

1. Élire le commutateur racine appelé « Root Bridge » ou « Pont Racine ».
2. Déterminer le chemin de « coût » le plus faible pour chaque équipement vers chaque équipement depuis ce « pont racine ». On parle bien de coût le plus faible, et pas forcément de chemin le plus court, car les liens ne sont pas forcément équivalents (en fonction du débit qui les caractérise).

L'élection du « Pont Racine » (ou « Root Bridge »)

Dans une infrastructure STP, un des commutateurs est élu « pont racine » et représente ainsi le point de départ de l'algorithme. C'est à partir de ce dernier que seront prises toutes les décisions de modifier ou non l'état d'un port d'un commutateur.

Les commutateurs sont identifiés par un Bridge ID unique. Il est constitué par une priorité (valeur sur 12 bits) associée à l'adresse MAC du commutateur. Par défaut la priorité est de 32768 sur tous les commutateurs. Le commutateur dont le Bridge ID est le plus petit remporte l'élection.

Au démarrage de l'algorithme chaque commutateur s'annonce comme le « Pont Racine », mais s'il reçoit une information d'un commutateur adjacent signalant un « Pont Racine » de Bridge ID plus faible que celui qu'il connaît actuellement, il corrige en le remplaçant par celui de Bridge ID plus faible.

Pendant l'élection, tous les commutateurs émettent des messages BPDUs (Bridge Protocol Data Units, trames contenant les informations STP) et seulement des messages BPDUs (les autres trames éventuellement envoyées par des postes ne sont pas transmises).

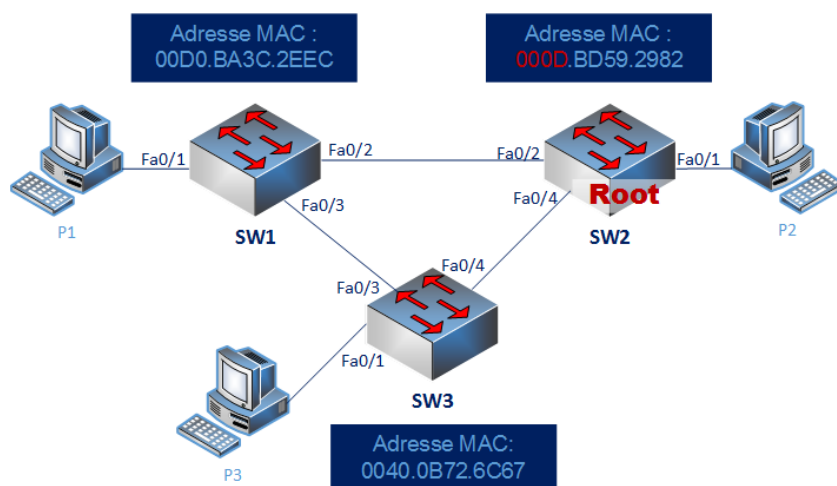


Figure 2 - SW2, qui a le plus petit ID, est élu "Pont Racine".

Détermination des rôles des ports

En fonction des coûts associés à chaque liaison et de l'emplacement du pont Racine, l'algorithme STP va définir le rôle de chaque port.

Rôle des ports STP

Port root	Meilleur chemin vers le « Root bridge »
Port désigné	Port non <i>root</i> en « <i>forwarding</i> »
Port bloqué	Port ni <i>root</i> , ni <i>désigné</i>

Coûts standards des liens

		Coût
Ethernet	10 Mbits/s	100
Fast-Ethernet	100 Mbits/s	19
Gigabit-Ethernet	1 Gbits/s	4
TenGigabit-Ethernet	10 Gbits/s	2

Dans l'exemple ci-dessus, si on considère que les ports fonctionnent tous en 100 Mbits/s, il est facile de déterminer, une fois le pont racine identifié, quel sera le lien coupé.

En effet SW1 et SW3 sont reliés directement à SW2 par un lien à 100 Mbits/s, donc avec un coût de 19, alors qu'indirectement, SW1 et SW3 seraient à un coût de $2 \times 19 = 38$.

C'est donc le lien entre SW1 et SW3 qui sera coupé. Reste à savoir quel port sera bloqué.

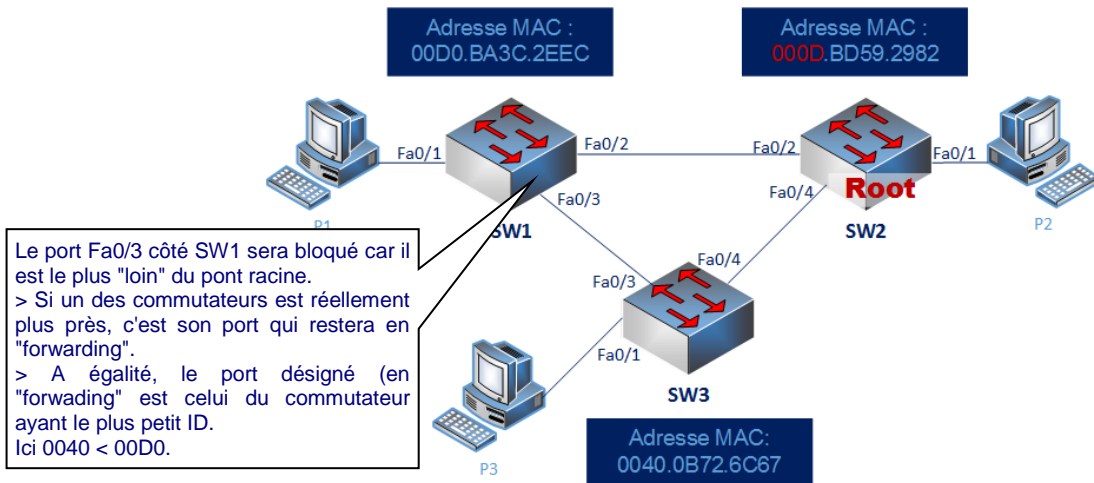
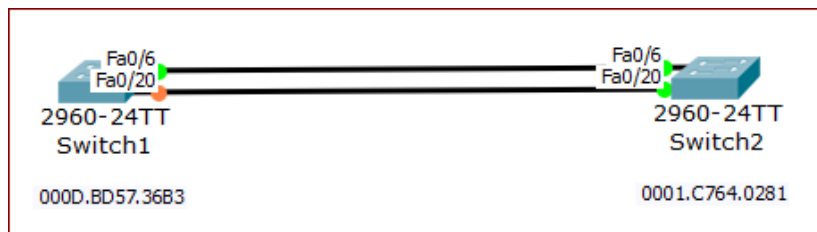


Figure 3 Le lien entre SW1 et SW3 est coupé par le protocole STP

Cas particulier

En cas d'égalité de valeur pour l'ID de commutateur (Bridge ID), c'est le numéro de port qui permettra de déterminer le lien qui sera désactivé par Spanning-Tree.

Ce cas se produit notamment quand une double liaison redondante existe entre deux commutateurs :



Dans ce cas de figure :

- ▶ L'adresse MAC la plus faible est celle de Switch2, donc Switch2 est élu "Pont racine"
- ▶ Le nom du port Fa0/6 est plus petit que Fa0/20, c'est donc Fa0/20 qui sera bloqué.

Les informations visibles dans la configuration spanning-tree le confirment :

```
Switch-1#sh spanning-tree
VLAN0001
Spanning tree enabled protocol ieee
Root ID    Priority    32769
           Address     0001.C764.0281
           Cost       19
           Port       6(FastEthernet0/6)
           Hello Time 2 sec  Max Age 20 sec  Forward Delay 15 sec

Bridge ID  Priority    32769 (priority 32768 sys-id-ext 1)
           Address     000D.BD57.36B3
           Hello Time 2 sec  Max Age 20 sec  Forward Delay 15 sec
           Aging Time 20

Interface    Role Sts Cost      Prio.Nbr Type
-----
Fa0/20       Altn BLK 19        128.20   P2p
Fa0/6        Root FWD 19        128.6    P2p
```

Prise en compte des débits

Le coût d'un lien est fonction du débit associé à ce lien. Imaginons que les liens qui relient SW3 à SW1 et SW2 soient en Gigabits. Le lien coupé ne sera plus le même :

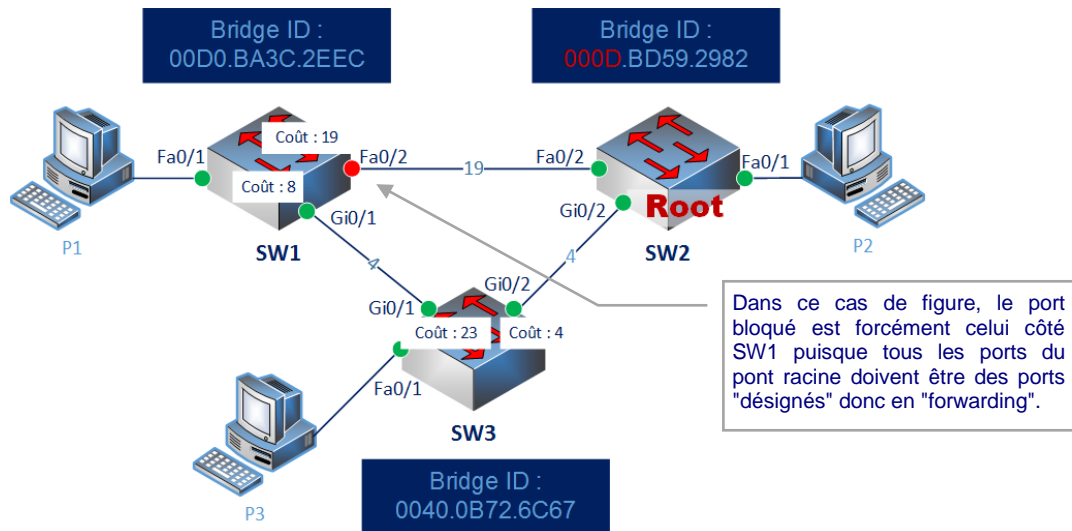


Figure 4 - Calcul de coût en fonction des débits

En effet, le lien direct en 100 Mbits/s qui relie directement SW1 au pont racine SW2 correspond à un coût de 19, alors que la liaison indirecte passant par SW2, avec des liens en Gbits/s totalise un coût de $4+4 = 8$. C'est donc le lien entre SW1 et SW2 qui sera désactivé dans ce cas de figure.

Priorisation d'un commutateur

Pour des raisons diverses on peut vouloir forcer l'élection d'un commutateur plutôt qu'un autre en tant que pont racine. Pour ce faire il est possible de définir une priorité.

Par défaut la priorité est de 32768, mais elle peut être n'importe quel multiple de 4096 (sur 2 octets), donc de 0 à 61 440.

L'ID du commutateur n'est pas son adresse MAC seulement, mais la priorité associée au commutateur, suivi de son adresse MAC. Dans ce contexte, le commutateur ayant la plus faible priorité sera élu "pont racine", et en cas d'égalité sur la priorité, la plus petite adresse MAC emportera l'élection.

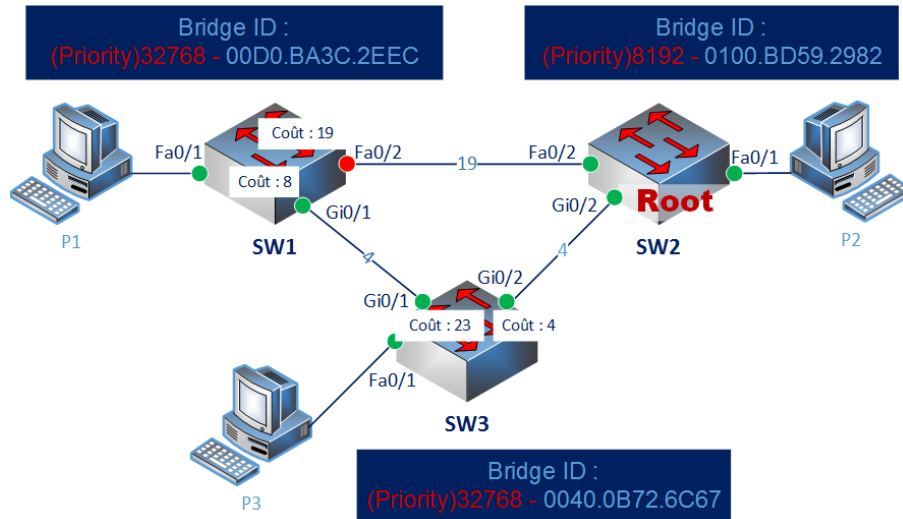


Figure 5 - Élection du pont racine en cas de priorité

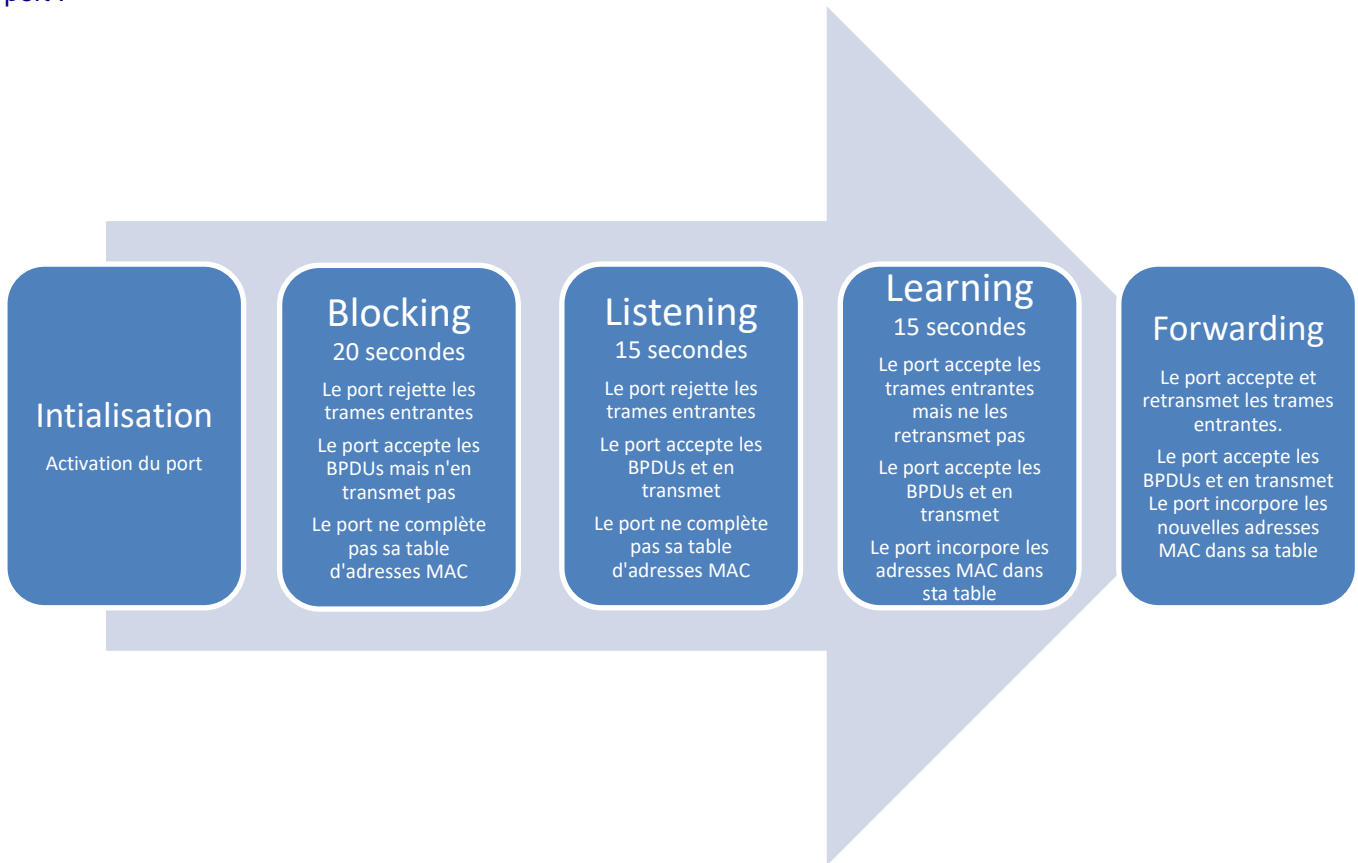
Dans le cas de figure ci-dessus, SW2 est élu "Pont racine", non pas parce qu'il a la plus petite adresse MAC, mais parce qu'on lui a affecté la plus petite valeur de priorité.

Sur les commutateurs CISCO, on fonctionne par défaut en PVST (Per Vlan Spanning-Tree). Il faut donc préciser le ou les vlans sur le(s)quel(s) la priorité doit être affectée.

Exemple : spanning-tree vlan 1 priority 4096

Progression de l'état d'un port (suite à un branchement)

Voici en résumé, comment un port s'active et passe en mode "Forwarding" lorsqu'un câble est branché sur ce port :



Décryptage des informations spanning-tree sur un commutateur

```

SW6#show spanning-tree
VLAN0001
Spanning tree enabled protocol ieee
Root ID    Priority    8193
Address    000C.CFA7.E80C
Cost       23
Port       24(FastEthernet0/24)
Hello Time 2 sec Max Age 20 sec Forward Delay 15 sec

Bridge ID  Priority    32769 (priority 32768 sys-id-ext 1)
Address    0040.0B72.6C67
Hello Time 2 sec Max Age 20 sec Forward Delay 15 sec
Aging Time 20

Interface  Role Sts Cost          Prio.Nbr Type
-----
Fa0/23    Altn BLK 19           128.23  P2p
Fa0/24    Root FWD 19           128.24  P2p
Fa0/1     Desg FWD 19           128.1   P2p
Fa0/2     Desg FWD 19           128.2   P2p
Fa0/11    Desg FWD 19           128.11  P2p
Fa0/12    Desg FWD 19           128.12  P2p
    
```

Annotations :

- Nom du VLAN concerné (VLAN0001)
- Priorité configurée sur le pont racine (8193)
- Adresse MAC du pont racine (000C.CFA7.E80C)
- Coût du chemin actif vers le pont racine (23)
- Port qui permet de joindre le "pont racine" (24(FastEthernet0/24))
- Informations concernant le pont racine (Root ID, Priority, Address, Cost, Port, Hello Time, Max Age, Forward Delay)
- Informations concernant le commutateur sur lequel on se trouve (Bridge ID, Priority, Address, Hello Time, Max Age, Forward Delay, Aging Time)
- Coût associé au port (fonction du débit) (128.23 pour Fa0/23)
- Port (alternatif) bloqué (Fa0/23)
- Port "Root" : qui permet d'atteindre le pont racine (Fa0/24)
- Port "Désigné" : port actif qui permet d'atteindre soit un poste, soit un commutateur qui est plus éloigné du "pont racine" (Fa0/1, Fa0/2, Fa0/11, Fa0/12)

Quelques remarques complémentaires

- Dans le cas de figure ci-dessus, un seul vlan, le vlan par défaut, est configuré.
- Les priorités affichées ne sont pas celles configurées : l'identifiant de vlan est inclus dans la priorité. Exemple : 32 769 correspond bien à la priorité 32 768 pour le vlan 1 comme indiqué dans la priorité du Bridge ID (Priority 32768 sys-id-ext 1).

Sources d'informations utilisées pour construire ce support – ou pour aller plus loin

<https://www.ciscomadesimple.be/>

- notamment la fiche récapitulative sur STP

https://www.ciscomadesimple.be/wp-content/uploads/2011/12/CMSBE_F06_STP.pdf

<https://www.networklab.fr/spanning-tree-theorie/>

<http://www.createurdeconvergence.com/glossaire-telecom-reseaux/spanning-tree/>

https://www.cisco.com/c/en/us/td/docs/switches/datacenter/nexus5000/sw/configuration/guide/cli_rel_4_0_1a/CLIC_onfigurationGuide/MST.html

https://www.cisco.com/c/fr_ca/support/docs/lan-switching/spanning-tree-protocol/5234-5.html