



Découverte du Protocole Spanning Tree (STP)

NAOUFAL

Sommaire

1. Présentation du contexte

- Description du réseau SPANDERO
- Notion de redondance et tolérance aux pannes
- Introduction au protocole STP

2. Observation du fonctionnement initial du STP

- Analyse du chemin entre PC1 et le serveur
- Identification du pont racine (Root Bridge)

3. Analyse de la configuration STP

- Étude des rôles des ports (Root, Designated, Bloqué)
- Vérification avec les commandes Cisco
- Confirmation du commutateur racine

4. Étude de la re-convergence du réseau

- Scénario 1 : coupure de lien
- Scénario 2 : modification des débits (Gigabit)
- Scénario 3 : changement de priorité (élection du root)
- Scénario 4 : panne d'un commutateur

5. Analyse des résultats

- Impact sur les chemins réseau
- Calcul des coûts STP
- Cohérence des choix du protocole

6. Conclusion

- Avantages et limites du protocole STP
- Importance des versions évoluées (RSTP, MSTP)

7. Annexe : Rappels sur le protocole STP

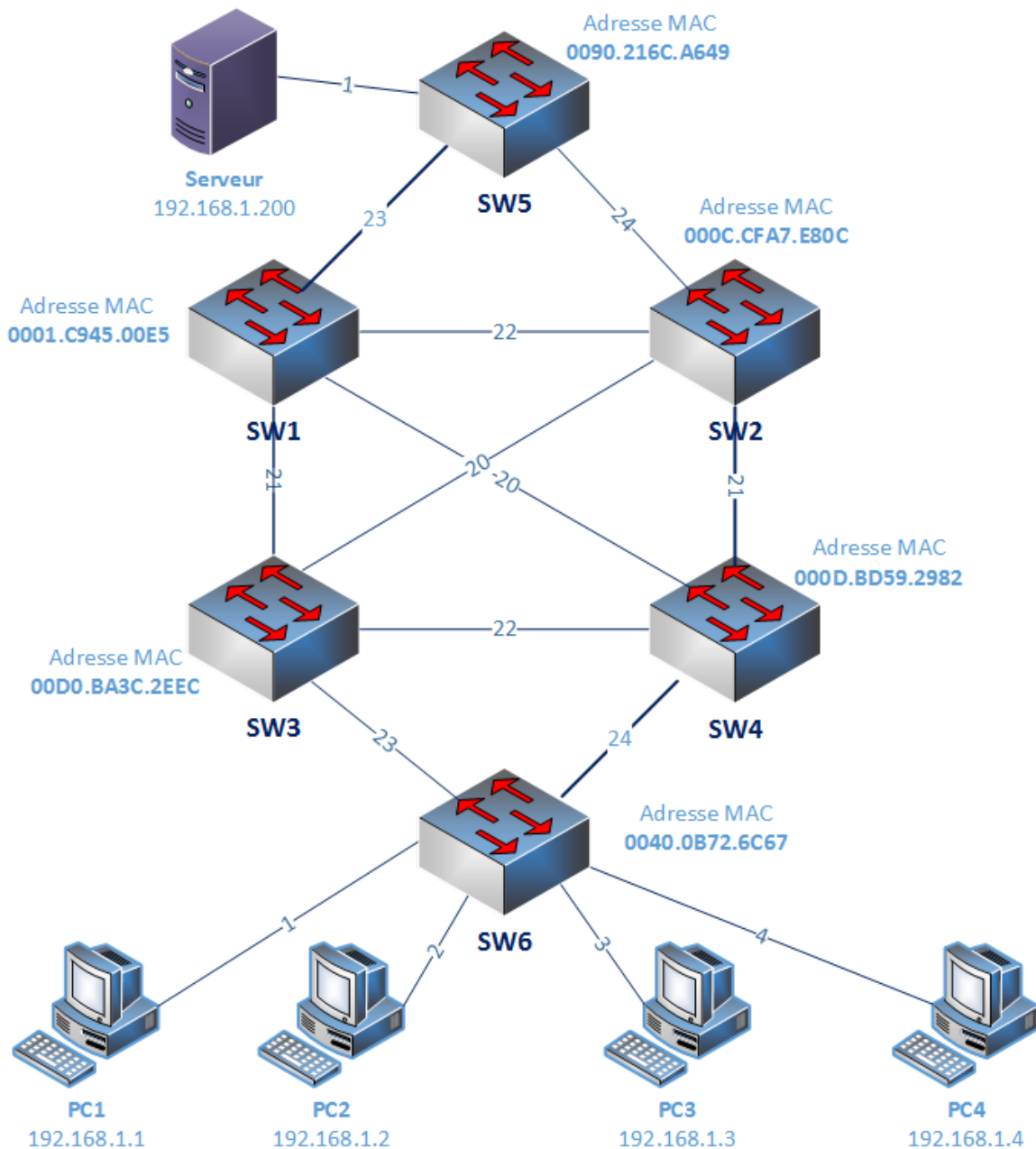
- Définition
- Fonctionnement général
- Différentes versions (STP, PVST, RSTP, MSTP)

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.

PC1 → SW6 → SW4 → SW1 → SW5 → SERVEUR

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)

```
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

- **Root ID** → informations du **pont racine** (adresse MAC et priorité).
- **Bridge ID** → informations du **commutateur local**.

- Si les deux adresses sont **identiques**, c'est que **ton commutateur est le pont racine**.

Donc le Commutateur est le SW1 !!

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 </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 ----- Fa0/22 Root FWD 19 128.22 P2p Fa0/20 Desg FWD 19 128.20 P2p Fa0/21 Desg FWD 19 128.21 P2p Fa0/24 Desg FWD 19 128.24 P2p </pre>
Tous les ports sont Designated → le switch est racine	Root → Port utilisé pour atteindre le pont racine → Le switch n'est pas la racine
SW3	SW4

<pre>SW3#sh 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 Fa0/23 Desg FWD 19 128.23 P2p Fa0/22 Altn BLK 19 128.22 P2p</pre>	<pre>SW4#sh 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 ----- Fa0/21 Altn BLK 19 128.21 P2p Fa0/20 Root FWD 19 128.20 P2p Fa0/24 Desg FWD 19 128.24 P2p Fa0/22 Desg FWD 19 128.22 P2p</pre>
<p>- Port bloqué pour éviter les boucles → Présent sur les switches non racines.</p> <p>- Root → Port utilisé pour atteindre le pont racine → Le switch n'est pas la racine</p>	<p>- Port bloqué pour éviter les boucles → Présent sur les switches non racines,</p> <p>- Root → Port utilisé pour atteindre le pont racine → Le switch n'est pas la racine</p>
SW5	SW6
<pre>SW5#sh 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 ----- Fa0/1 Desg FWD 19 128.1 P2p Fa0/23 Root FWD 19 128.23 P2p Fa0/24 Altn BLK 19 128.24 P2p</pre>	<pre>SW6#sh 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 ----- Fa0/1 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 Fa0/23 Altn BLK 19 128.23 P2p Fa0/24 Root FWD 19 128.24 P2p</pre>
<p>- Port bloqué pour éviter les boucles → Présent sur les switches non racines.</p> <p>- Root → Port utilisé pour atteindre le pont racine → Le switch n'est pas la racine.</p>	<p>- Port bloqué pour éviter les boucles → Présent sur les switches non racines.</p> <p>- Root → Port utilisé pour atteindre le pont racine → Le switch n'est pas la racine.</p>

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

Root ID → informations du **pont racine** (adresse MAC et priorité).

Bridge ID → informations du **commutateur local**.

Si les deux adresses sont **identiques**, c'est que **ton commutateur est le pont racine**.

Designated(Desg)

Port désigné pour transmettre le trafic

Si **tous les ports** sont Designated → **le switch est racine**

Donc le Commutateur est le SW1 !!

Étape 3 : Observer la « re-convergence » et donc la tolérance aux pannes dans plusieurs cas de figure**Scénario 1 : Observer la « re-convergence » suite à la coupure d'un lien**

A partir de la maquette initiale « Maquette-STP-Initiale », créer une copie en la renommant « Maquette-STP-Etape31 ».

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 « re-convergence » 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 re-convergence 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.

PC1 → SW6 → SW3 → SW1 → SW5 → Server

Le chemin a été modifié automatiquement après avoir coupé la liaison entre SW1-SW4

(Rebrancher ensuite le lien coupé pour revenir au fonctionnement initial)

Scénario 2 : Observer la « re-convergence » suite au passage en Gigabits de certains liens

A partir de la maquette initiale « Maquette-STP-Initiale », créer une copie en la renommant « Maquette-STP-Etape32 ».

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.

Cost = 19 (par défaut)

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.

SW2 → Cost = 4 SW4 → Cost = 8

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

- la liaison directe SW1-SW4
Cost = 19
- la liaison indirecte passant par SW2.

$$\text{Cost} = 8 + 4 = 12$$

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

STP choisit le chemin via SW2 (coût 12) et bloque la liaison directe (coût 19).

MAOUEAL

Scénario 3 : Observer la « re-convergence » suite au changement de priorité sur un commutateur

A partir de la maquette initiale « Maquette-STP-Initiale », créer une copie en la renommant « Maquette-STP-Etape33 ».

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(config)#spanning-tree vlan 1 priority 8192

SW2#sh spanning-tree
VLAN0001
Spanning tree enabled protocol ieee
Root ID    Priority    8193
           Address    000C.CFA7.E80C
           This bridge is the root
           Hello Time 2 sec  Max Age 20 sec  Forward Delay 15 sec

Bridge ID  Priority    8193 (priority 8192 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
-----
Fa0/20       Desg FWD 19        128.20  P2p
Gi0/2        Desg LSN 4         128.26  P2p
Gi0/1        Desg FWD 4         128.25  P2p
Fa0/24       Desg FWD 19        128.24  P2p
```

La root racine a bien été modifié en changeant la priorité du SW2

Scénario 4 : Observer la « re-convergence » suite à la panne d'un commutateur

A partir de la maquette initiale « Maquette-STP-Etape33 », créer une copie en la renommant « Maquette-STP-Etape34 ».

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.

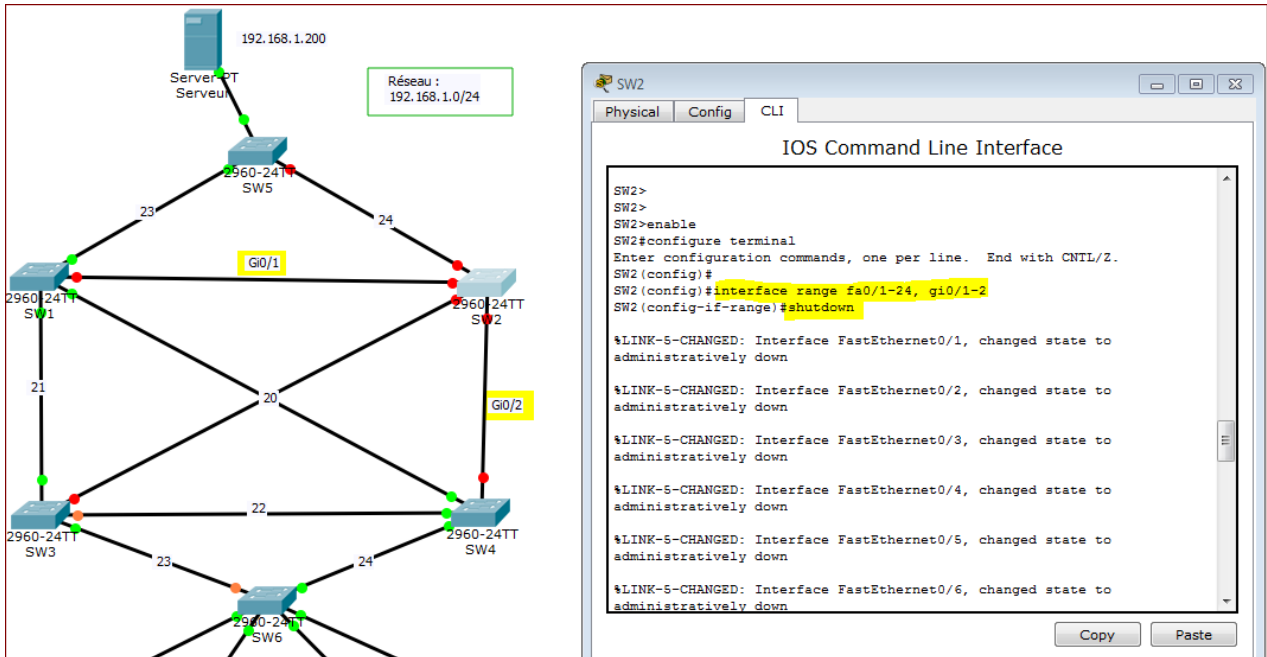
Pour éviter une suppression du commutateur et des liens, et puisqu'il n'est pas possible de couper l'alimentation d'un commutateur sous Packet Tracer, on va se contenter de désactiver tous les ports, ce qui sera plus ou moins équivalent à une panne du commutateur.

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.

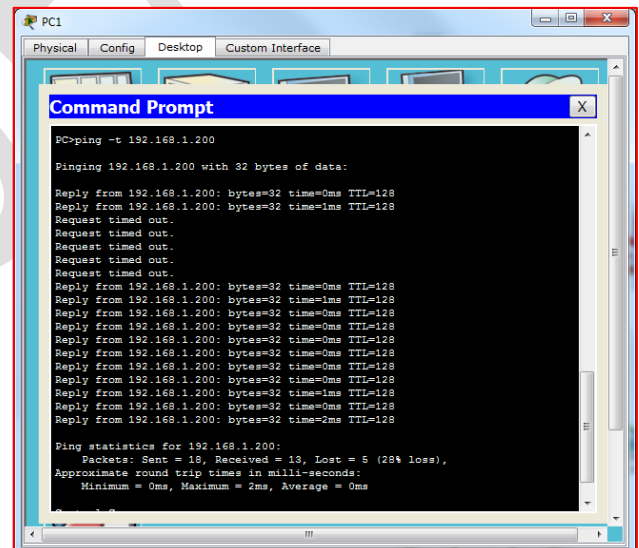
```
C:\>ping -t 192.168.1.200
Pinging 192.168.1.200 with 32 bytes of data:
Reply from 192.168.1.200: bytes=32 time<lms TTL=128
Reply from 192.168.1.200: bytes=32 time<lms TTL=128
Reply from 192.168.1.200: bytes=32 time<lms TTL=128
Reply from 192.168.1.200: bytes=32 time<lms TTL=128
Reply from 192.168.1.200: bytes=32 time<lms TTL=128
Reply from 192.168.1.200: bytes=32 time<lms TTL=128
Reply from 192.168.1.200: bytes=32 time<lms TTL=128
Reply from 192.168.1.200: bytes=32 time<lms TTL=128
Reply from 192.168.1.200: bytes=32 time<lms TTL=128
Reply from 192.168.1.200: bytes=32 time<lms TTL=128
```

- ▶ 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.

**Le nouveau pont racine est le switch encore connecté au réseau ayant le Bridge ID le plus faible,
Le pont racine est passé au SW1 !!**

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

Commandes utiles :

#show spanning-tree detail

#show spanning-tree interface <interface>

#show spanning-tree summary

L'inconvénient du protocole STP est le temps de diffusion !!

MAQUETTES

Le protocole STP (Spanning Tree Protocol) en bref

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](https://fr.wikipedia.org/wiki/Spanning_Tree_Protocol) 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 commute, 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.