

## Chap3.1 R3 TP3 Le protocole Spanning Tree

Le protocole **STP** (*Spanning Tree Protocol*), défini par la norme **802.1d**, est un protocole de **niveau 2** (liaison de données) conçu pour les commutateurs (*switchs*) et dont le but est de s'assurer qu'il n'y a pas de **boucle** « logique » dans un réseau qui offrirait (volontairement ou non) des liaisons redondantes entre commutateurs. Si le cas se présente, STP a pour rôle de détecter et de désactiver cette « boucle ». Il fait donc en sorte que les matériels ne fournissent qu'un seul chemin « logique » entre deux stations d'extrémité. Ce chemin logique sans boucle est appelé « arbre déployé ».

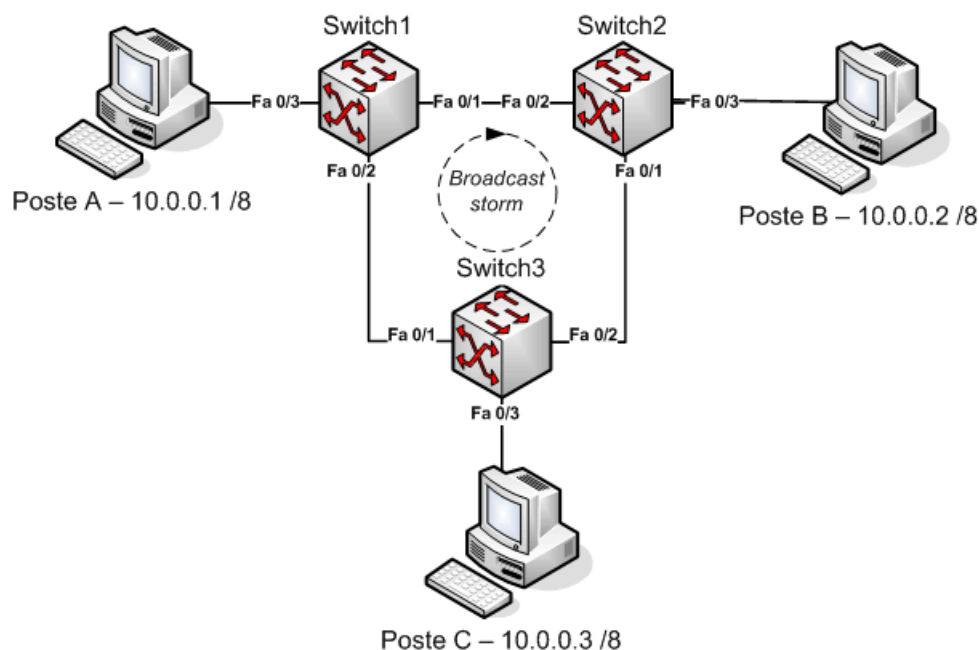
Le fonctionnement de STP repose sur la sélection automatique d'un **commutateur racine** (*switch Root* ou *Root bridge*) et sur le calcul des chemins ayant le plus faible « coût » (les plus « performants ») vers ce switch racine. Les ports des matériels de niveau 2 compatibles STP présentent à cet effet divers états dont l'état « *Blocking* » qui bloque le transfert des trames de données et l'état « *Forwarding* » qui autorise le passage des trames de données.

### Problématique

Dans un contexte de liaisons redondantes (boucles) sans utilisation de STP, divers problèmes peuvent survenir et notamment les « tempêtes de broadcast ».

#### Tempêtes de broadcast

Lorsque des trames de diffusion (*broadcast*) sont envoyées (soit FF-FF-FF-FF-FF-FF comme adresse MAC de destination), les switchs envoient ces trames sur tous leurs ports. Or les trames Ethernet (niveau 2) n'ayant pas de durée de vie TTL (*Time To Live* - comme il en existe dans les datagrammes IP - niveau 3), elles peuvent tourner « indéfiniment ». Elles circulent donc en boucle et sont répercutées de switch en switch, c'est la « tempête de broadcast » (*broadcast storm*).



Bien qu'une topologie physique puisse **volontairement** offrir plusieurs chemins physiques, pour améliorer la fiabilité d'un réseau, STP a donc pour rôle de créer un chemin « logique », « optimum » et sans boucle, évitant la « tempête de broadcast ».

Un chemin « sans boucle » logique impose que certains des ports d'interconnexion soient **bloqués** et d'autres non et les commutateurs doivent être mis à jour dès qu'une éventuelle modification de la topographie physique se produit. Les switchs échangent donc régulièrement des trames dites **BPDU** (*Bridge Protocol Data Unit*) afin de recréer le plus rapidement possible (**temps de convergence STP**), une nouvelle topologie logique sans boucle.

Les ports des commutateurs peuvent donc être dans différents états :

- **Forwarding** : passant, le port reçoit et envoie des données,
- **Blocking** : bloqué, le port évite une boucle, il n'envoie ni ne reçoit aucune donnée, il peut passer en mode *forwarding* si un autre lien tombe,
- **Learning** : en apprentissage, le switch est en train de construire une table mappant les adresses MAC au numéro de port,
- **Listening** : en écoute, le port écoute les BPDU et détermine la topologie du réseau,
- **Disable** : désactivé par un administrateur.

## Mise en place de l'atelier

### Moyens nécessaires

- Trois switchs manageables CISCO 2950, 3 PC, 3 câbles « croisés » et 3 câbles « droits ».

**Nota :** Ce TP peut également être effectué sur un simulateur Packet Tracer, Boson Netsim...

### Mise en place de l'atelier

1. Connectez les switchs entre eux avec les câbles croisés, en respectant un lien d'interconnexion « port 1 du switch vers port 2 du suivant » ce qui vous permettra de mieux vous repérer par la suite.
2. Configurez les postes **A**, **B** et **C** avec les adresses IP et masque du schéma. Pas de passerelle et connectez les au port 3 de chaque switch avec les câbles droits.
3. Notez les adresses MAC des postes **A**, **B** et **C** (vous pouvez ne noter que les derniers symboles hexadécimaux de l'adresse Mac).

| Mac Poste A    | Mac Poste B    | Mac Poste C    |
|----------------|----------------|----------------|
| 0060.47E4.C80A | 000A.41E3.0132 | 0002.160B.27CC |

## Mise en œuvre de STP

### Observations

Nous allons maintenant passer à l'observation de l'arbre STP et déterminer quel est le commutateur racine.

Le **commutateur racine** (*switch Root*) est le point central de l'arbre STP. Chaque switch est repéré par un identifiant ID qui comporte deux parties :

- la priorité (2 octets)
- l'adresse MAC (6 octets).

La priorité gérée par le protocole 802.1d (STP) est par défaut : **32 768** (soit 0x80 00). Un switch avec une priorité par défaut et avec, par exemple, l'adresse MAC 00:A0:C5:12:34:56, prendra ainsi l'ID 8000:00A0:C512:3456. Au final, c'est le switch qui aura l'identifiant (ID) **le plus faible** qui sera **élu commutateur racine**.

1. Faites, sur chaque switch, la commande suivante : Switch# **show mac-address-table** (**sh m** est plus rapide...).
2. Notez, dans le tableau suivant, les valeurs trouvées (vous pouvez ne noter que les derniers symboles de la Mac). Si vous ne voyez aucune adresse attendez un peu que les interfaces passent « up » (les switchs sont en train d'élire le *switch Root*) et refaites le **sh mac**.

| Switch1         |       | Switch2         |       | Switch3        |       |
|-----------------|-------|-----------------|-------|----------------|-------|
| Mac             | Port  | Mac             | Port  | Mac            | Port  |
| 0010.11c.0.3203 | Fa0/2 | 0002.17d.4.0c03 | Fa0/3 | 0002.17d4.0c02 | Fa0/3 |
| 0040.0b19.6b03  | Fa0/3 | 0010.11c0.3202  | Fa0/2 |                |       |
| 0060.47e4.c80a  | Fa0/1 |                 |       |                |       |

## Mise en œuvre du Spanning Tree

- Quel est le switch qui a l'ID le plus faible ? Switch1
3. Faites, **sur chaque switch**, la commande suivante : Switch# **sh sp**
- Dans quel VLAN fonctionne le STP ? vlan 0001
  - Pour quel switch est mentionné l'information « This bridge is the root » ? Switch 1
  - Logiquement ce devrait-être celui repéré précédemment...
4. Faites, à partir du **Poste A**, un **ping** vers les deux autres postes et faites de même à partir des **Poste B** et **Poste C**.

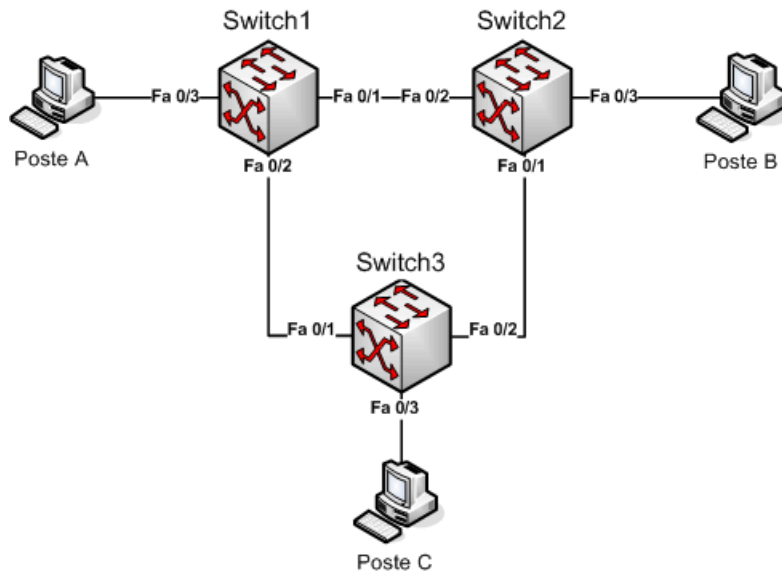
| Time | Last Status | Source  | Destination | Type | Color | Time(sec) | Periodic | Num | Edit   | Delete   |
|------|-------------|---------|-------------|------|-------|-----------|----------|-----|--------|----------|
|      | Successful  | Poste A | Poste B     | ICMP |       | 0.000     | N        | 0   | (edit) | (delete) |
|      | Successful  | Poste A | Poste C     | ICMP |       | 0.000     | N        | 1   | (edit) | (delete) |
|      | Successful  | Poste C | Poste A     | ICMP |       | 0.000     | N        | 2   | (edit) | (delete) |
|      | Successful  | Poste C | Poste B     | ICMP |       | 0.000     | N        | 3   | (edit) | (delete) |

5. Observez à nouveau les adresses MAC des switches (commande **sh m**) et notez les valeurs trouvées dans le tableau suivant. En principe de nouvelles lignes se sont ajoutées. **Attention** : il s'agit de tables « dynamiques » et les MAC (autres que celles du switch « local ») peuvent « disparaître » au bout d'un moment. Il suffit de refaire les ping si besoin...
6. Complétez la colonne **S/P** avec le numéro du Switch ou du Poste à l'origine de ces ajouts (à qui la MAC qui apparaît dans la table appartient-elle).

| Switch1        |       |          | Switch2        |       |          | Switch3        |       |          |
|----------------|-------|----------|----------------|-------|----------|----------------|-------|----------|
| Mac            | Port  | S/P      | Mac            | Port  | S/P      | Mac            | Port  | S/P      |
| 0002.160b.27cc | Fa0/2 | Poste C  | 0002.17d4.0c03 | Fa0/3 | Switch 1 | 0002.17d4.0c02 | Fa0/3 | Switch 1 |
| 000a.41e3.0132 | Fa0/3 | Poste B  | 0010.11c0.3202 | Fa0/2 | Switch 3 |                |       |          |
| 0010.11c0.3203 | Fa0/2 | Switch 3 |                |       |          |                |       |          |
| 0040.0b19.6b03 | Fa0/3 | Switch 2 |                |       |          |                |       |          |
| 0060.47e4.c80a | Fa0/1 | Poste A  |                |       |          |                |       |          |

Vous devriez constater que le **switch Root** possède la table d'adresses MAC la plus « importante » et que chaque switch sait désormais que pour atteindre telle adresse MAC il doit « sortir » par tel port.

- Observez attentivement...et complétez si besoin le schéma suivant, en marquant d'une flèche au niveau de chaque switch, par où sort le paquet pour atteindre tel ou tel **Poste**...



Un des liens n'est pas « utilisé » par STP, ce lien n'étant « rétabli » qu'en cas de « rupture » d'un des autres liens et après une nouvelle élection de switch Root.

D'après vos observations :

- Quel est le switch Root ? **Switch 1**
- Quel est le lien invalidé ? **switch 3 Fa0/2**

Sur le commutateur « racine », **tous les ports** sont des **ports désignés** qui doivent être dans l'état FWD « *forwarding* », c'est-à-dire qu'ils reçoivent et renvoient le trafic. Sur les autres switchs certains ports d'interconnexion (de switch à switch) sont à l'état FWD (*Forward*) et font donc « suivre » les trames, tandis que d'autres sont à l'état BLK (*Blocked*) et ne font pas suivre les trames, ce qui permet de « supprimer la boucle ». Vérifions.

Afin d'optimiser les chemins, chaque switch « non-root » a défini un port **Root**, qui est le port offrant le chemin « optimum » vers le commutateur racine. Normalement, ce port **Root** est en état « *forwarding* ». On trouvera ainsi des ports :

- *Root* (Root) - Racine
- *Designated* (Desg) - Désigné
- *Not Designated* ou *Alternate* (Altn) – Autre ou Alternatif

7. Faites, sur chaque switch : Switch# **show spanning-tree (sh sp** est plus rapide...) et notez dans le tableau suivant le rôle et l'état (status) de chaque port.

Sur un des switchs, autre que le *switch root*, l'un des ports devrait-être à l'état **BLK** (*Blocked*) afin d'invalider le lien correspondant. Ceci devrait permettre de confirmer les observations précédentes quant au commutateur maître et au lien invalidé trouvés précédemment !

| Switch1 |             |            | Switch2 |             |            | Switch3 |             |            |
|---------|-------------|------------|---------|-------------|------------|---------|-------------|------------|
| Port    | Rôle        | Status     | Port    | Rôle        | Status     | Port    | Rôle        | Status     |
| 0/1     | <b>Desg</b> | <b>FWD</b> | 0/1     | <b>Desg</b> | <b>FWD</b> | 0/1     | <b>Desg</b> | <b>FWD</b> |
| 0/2     | <b>Desg</b> | <b>FWD</b> | 0/2     | <b>Desg</b> | <b>FWD</b> | 0/2     | <b>Altn</b> | <b>BLK</b> |
| 0/3     | <b>Desg</b> | <b>FWD</b> | 0/3     | <b>Desg</b> | <b>FWD</b> | 0/3     | <b>Root</b> | <b>FWD</b> |

D'après vos observations :

- Quel est le switch Root ? **Switch 1 car Switch 3 Fa0/3**
- Quel est le lien invalidé ? **switch 3 Fa0/2**

Vous avez sans doute observé que chaque switch présente une **priorité**, probablement d'une valeur de **32769** (en fait 32768 par défaut). Cette valeur peut aller de 0 à 61440 par incréments de 4096.

Le commutateur **racine** ayant été « élu » par le protocole STP du fait de sa valeur d'ID (**priorité**+@MAC). Il est donc possible d'imposer un autre switch comme « racine » de l'arbre STP, en changeant la **priorité du switch** (commande : **spanning-tree vlan *vlan-id* priority *valeur\_priorité***) - à défaut de sa MAC plus délicate à modifier...

Vous avez du remarquer également que chaque port présente un coût (cost), probablement d'une valeur **19**. Un coût par défaut est dépendant du type de lien physique utilisé.

| Lien       | Coût par défaut | Plage de coût recommandée |
|------------|-----------------|---------------------------|
| 10 Mbit/s  | 100             | 50 à 600                  |
| 100 Mbit/s | 19              | 10 à 60                   |
| 1 Gbit/s   | 4               | 3 à 10                    |
| 10 Gbit/s  | 2               | 1 à 5                     |

Ce coût peut également être modifié afin de provoquer l'élection de tel ou tel commutateur ou de changer l'état de tel ou tel port. La commande de configuration est : (config-if)#**spanning-tree vlan *vlan-id* cost *cost***.

En cas de coût égaux, c'est la **priorité du port** (d'une valeur de 0 à 255) qui emporte le choix (elle est de 128 par défaut) : (config-if)#**spanning-tree vlan *vlan-id* port-priority *priority***

### Imposer un commutateur racine

Nous avons vu qu'il est possible de forcer un switch comme maitre et qu'il également possible de déterminer le coût ou la priorité des ports.

Nous allons donc « élire » le **Switch1** comme commutateur racine (bien entendu, si dans votre cas Switch1 est déjà le root, vous pouvez choisir un autre switch).

1. Faites, sur le **Switch1**, les commandes suivantes :

```
Switch1# configure terminal (ou conf t plus rapide...)
Switch1(config-if)# spanning-tree vlan 1 priority 4096 (ou sp vl 1 p 4096)
Switch1(config-if)# exit
Switch1# show spanning-tree (ou sh sp)
```

```
Switch>en
Switch#conf t
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
Switch(config)#sap
Switch(config)#spa
Switch(config)#spanning-tree vlan 1 priority 4096
Switch(config)#exit
Switch#
%SYS-5-CONFIG_I: Configured from console by console

Switch#sh sp
VLAN0001
  Spanning tree enabled protocol ieee
  Root ID    Priority    4097
            Address     0000.0C55.9CDE
            This bridge is the root
            Hello Time  2 sec  Max Age 20 sec  Forward Delay 15 sec

  Bridge ID  Priority    4097 (priority 4096 sys-id-ext 1)
            Address     0000.0C55.9CDE
            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
Fa0/3        Desg FWD 19        128.3    P2p
Fa0/1        Desg FWD 19        128.1    P2p

Switch#
```

- Qu'est ce qui vous permet de constater immédiatement que le **Switch1** est bien devenu le commutateur racine ?

**Car j'ai le message this bridge is the root**

- Faites un **show spanning-tree** sur chacun des deux autres switches.

- Qu'est ce qui vous permet de confirmer que le **Switch1** est bien le commutateur racine ?

Switch 2

```
Switch>en
Switch#sh sp
VLAN0001
  Spanning tree enabled protocol ieee
  Root ID    Priority    32769
            Address     0000.0C55.9CDE
            Cost         19
            Port         3(FastEthernet0/3)
            Hello Time  2 sec  Max Age 20 sec  Forward Delay 15 sec

  Bridge ID  Priority    32769 (priority 32768 sys-id-ext 1)
            Address     0060.5CAC.332B
            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
Fa0/3        Root FWD 19        128.3    P2p

Switch#
Switch#
```

## Switch 3

```
Switch>en
Switch#sh sp
VLAN0001
  Spanning tree enabled protocol ieee
  Root ID    Priority    4097
             Address     0000.0C55.9CDE
             Cost        19
             Port        3(FastEthernet0/3)
             Hello Time  2 sec  Max Age 20 sec  Forward Delay 15 sec

  Bridge ID  Priority    32769 (priority 32768 sys-id-ext 1)
             Address     0090.2BC1.A407
             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     | Altn | BLK | 19   | 128.2    | P2p  |
| Fa0/3     | Root | FWD | 19   | 128.3    | P2p  |

```
Switch#
```

**Car le port est désactivé sur les autres switch**

### Provoquer une élection par modification d'un lien

Supposons qu'un des liens d'interconnexion entre nos switchs vienne à être « rompu » (débranchement intempestif dans la baie de brassage, rupture du câble...). Les ports devraient changer d'état automatiquement ou une nouvelle élection de switch *root* devrait avoir lieu. C'est ce que nous allons vérifier.

1. Faites, sur le **Switch1**, les commandes suivantes :

```
Switch1# configure terminal (ou conf t plus rapide...)
Switch1(config-if)# interface fastEthernet 0/1 (ou int fa 0/1)
Switch1(config-if)# shutdown
Switch1(config-if)# exit
Switch1# show spanning-tree (ou sh sp)
```

Patientez un peu le temps que les autres switchs réagissent.

2. Faites un **show spanning-tree** sur le **Switch2**.

- Quel port est devenu Root ? **le port Fa0/1**
- Pourquoi le port 3 n'est-il pas devenu Root ?

**Car le port 3 c'est le poste B**

3. Faites, sur le **Switch1**, les commandes suivantes :

```
Switch1# configure terminal (ou conf t plus rapide...)
Switch1(config-if)# interface fastEthernet 0/1 (ou int fa 0/1)
Switch1(config-if)# no shutdown
Switch1(config-if)# exit
```

Patientez un peu le temps que les autres switchs réagissent.

4. Faites un **show spanning-tree** sur le **Switch2**.

Mise en œuvre du Spanning Tree

- Quel port est redevenu Root ? **le Port Fa0/2**

## Documentation complémentaire :

Une petite animation flash (en anglais – mais bien faite) illustrant le principe de fonctionnement de STP est disponible à l'adresse :

- [www.cisco.com/warp/public/473/spanning\\_tree1.swf](http://www.cisco.com/warp/public/473/spanning_tree1.swf)

[http://cisco.goffinet.org/s3/spanning\\_tree](http://cisco.goffinet.org/s3/spanning_tree)