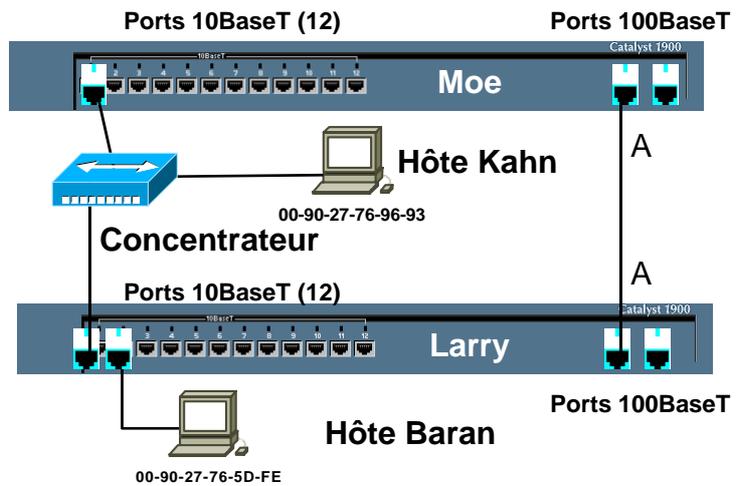


Protocole " spanning tree "

Protocole " spanning tree "

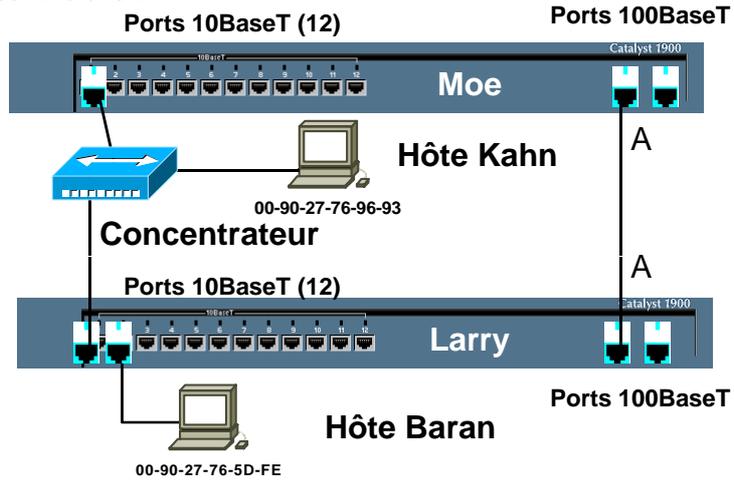
Protocole " spanning tree "

Chemins redondants et absence de Spanning Tree. Quel est donc le problème ?

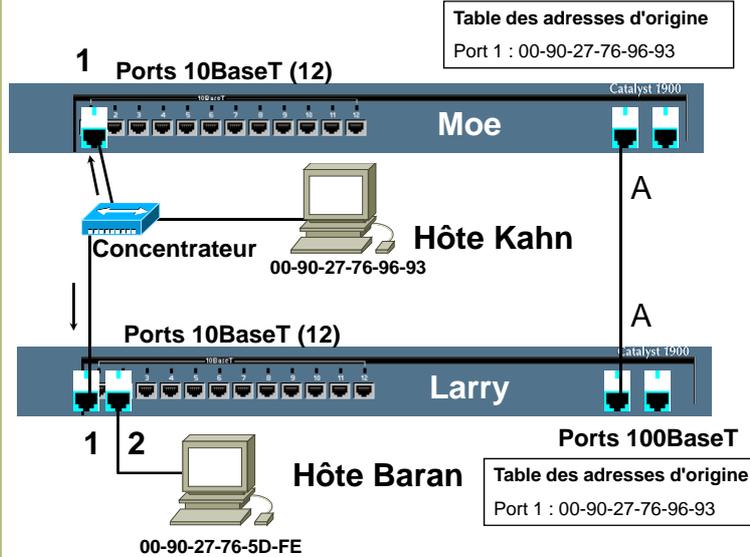


Protocole "spanning tree"

L'hôte Kahn envoie une trame Ethernet à l'hôte Baran. Les commutateurs Moe et Larry voient tous deux la trame et enregistrent l'adresse MAC de l'hôte Kahn dans leurs tables de commutation.

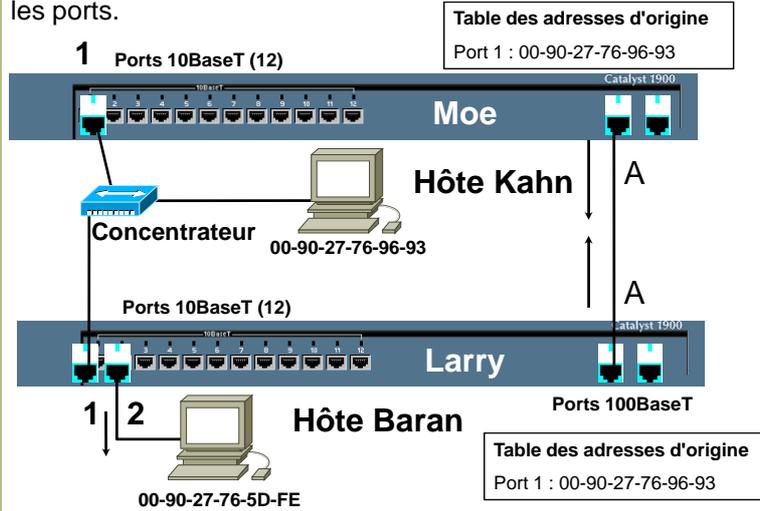


Protocole "spanning tree"



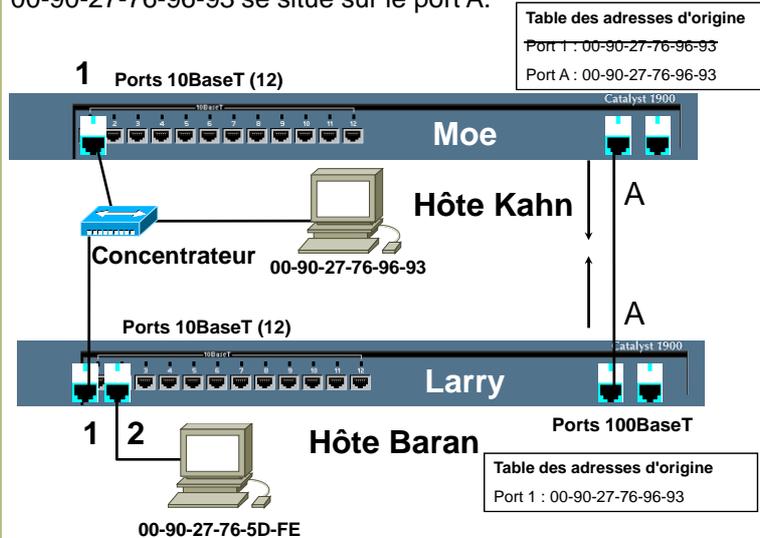
Protocole "spanning tree"

Aucun des deux commutateurs ne possède l'adresse MAC de destination dans sa table. Ils diffusent donc la trame vers tous les ports.



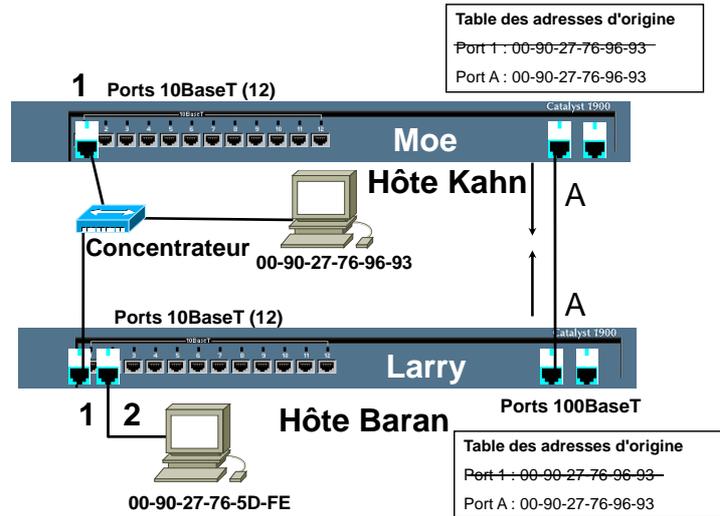
Protocole "spanning tree"

Le commutateur Moe apprend, à tort, que l'adresse d'origine 00-90-27-76-96-93 se situe sur le port A.



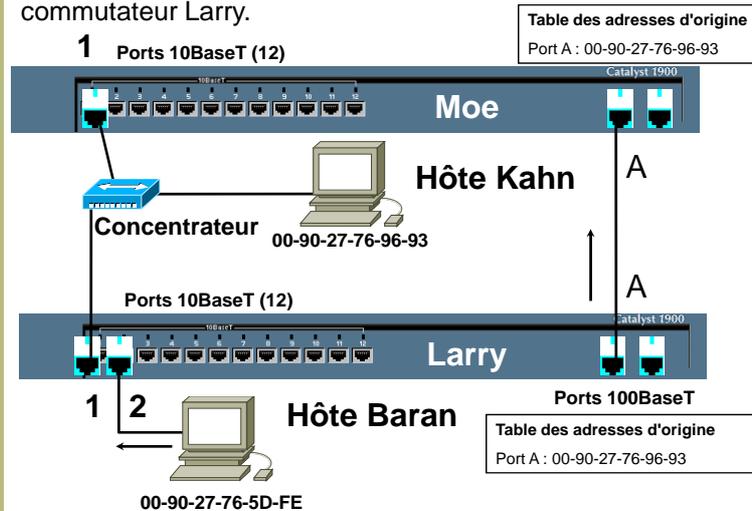
Protocole "spanning tree"

Le commutateur Larry apprend lui aussi, à tort, que l'adresse origine 00-90-27-76-96-93 se situe sur le port A.



Protocole "spanning tree"

Dorénavant, lorsque l'hôte Baran enverra une trame à l'hôte Kahn, celle-ci empruntera le plus long chemin, via le port A du commutateur Larry.

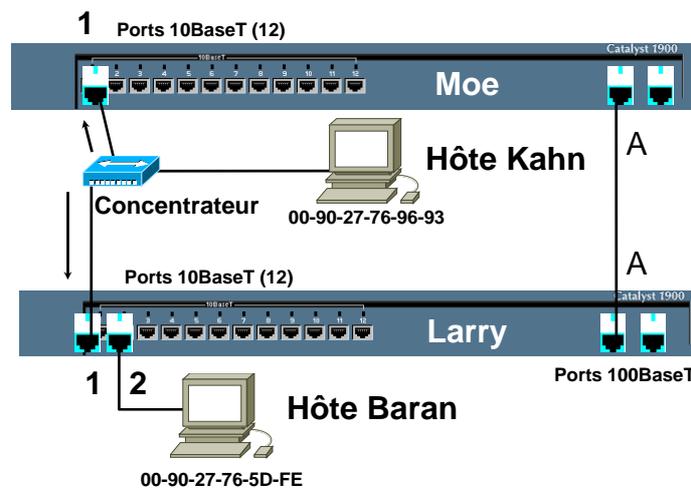


Protocole " spanning tree "

- À nouveau, la même confusion se produit, cette fois, avec l'hôte Baran. Certes, ce n'est pas la fin du monde. Les trames vont simplement emprunter un chemin plus long et il est probable que d'autres " résultats inattendus " se produisent.
- Mais qu'en est-il des trames de broadcast, telles que les requêtes ARP ?

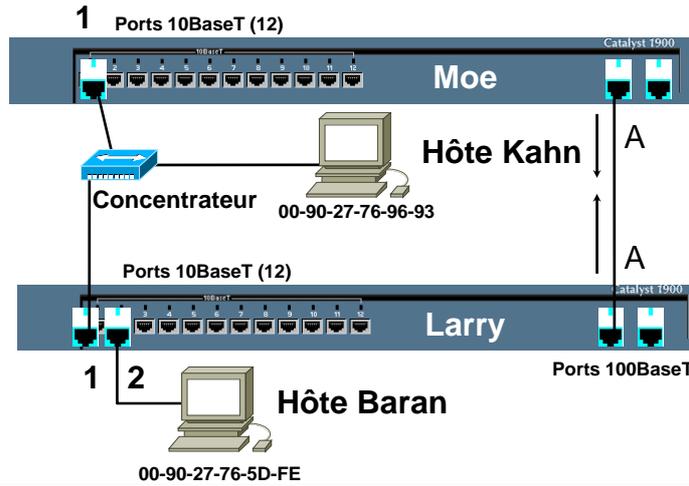
Protocole " spanning tree "

Laissons un instant de côté les tables de commutation et concentrons-nous sur ce qu'il se passe avec les trames. L'hôte Kahn envoie une trame de broadcast de couche 2, comparable à une requête ARP.



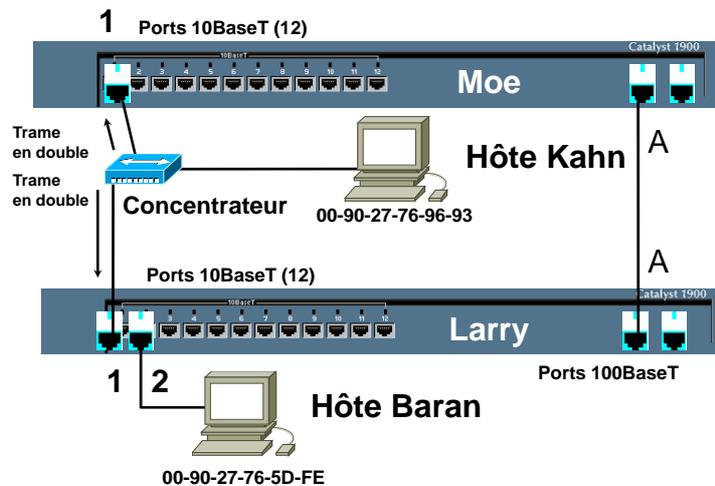
Protocole "spanning tree"

La trame de broadcast étant de couche 2, les deux commutateurs, Moe et Larry, la diffusent vers tous les ports, y compris leur port A.



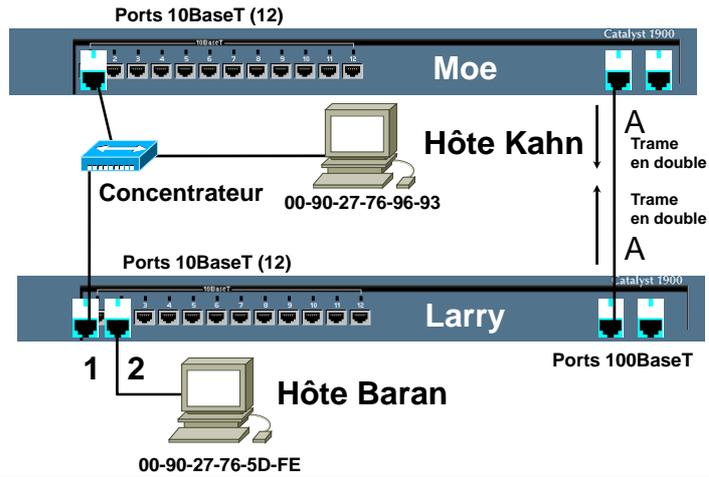
Protocole "spanning tree"

Les deux commutateurs reçoivent le même broadcast, mais sur un port différent. Ils diffusent tous deux la trame de broadcast en double vers leurs autres ports.



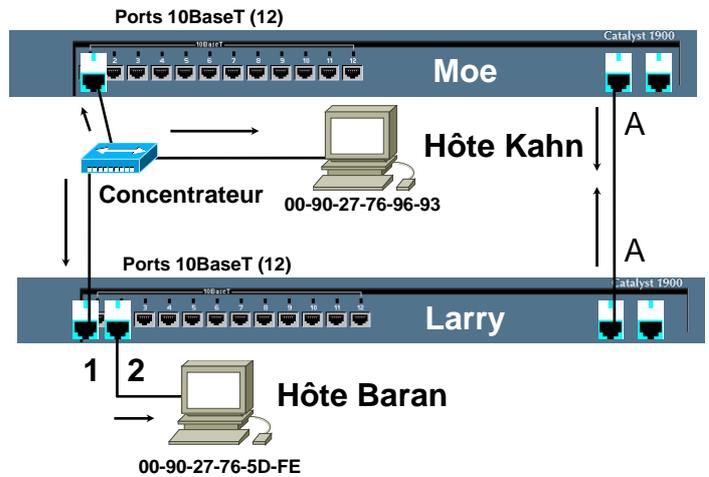
Protocole "spanning tree"

C'est reparti. Les commutateurs diffusent à nouveau le même broadcast vers leurs autres ports, ce qui a pour effet de générer des trames en double; c'est ce que l'on appelle une *tempête de broadcast* !



Protocole "spanning tree"

Pour rappel, les broadcasts de couche 2 ne sont pas seulement des grands consommateurs de bande passante du réseau. Ils doivent en outre être traités par chaque hôte. Cela peut avoir une incidence négative sur le réseau, au point de le rendre totalement inutilisable.

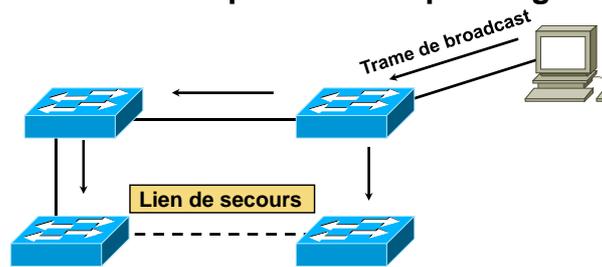


Protocole "spanning tree"

Le protocole "spanning tree" à la rescousse !

Protocole "spanning tree"

Présentation du protocole "spanning tree"



- Les commutateurs transmettent des trames de broadcast.
- Aucune boucle n'est générée.
- Les boucles peuvent occasionner des tempêtes de broadcast, lesquelles multiplient les trames de manière exponentielle.
- Les liens redondants sont possibles.
- Élagage de la topologie à un Spanning Tree minimum.
- Résistance aux modifications de topologie et aux pannes d'équipement.
- La principale fonction du protocole "spanning tree" est d'autoriser les chemins commutés/pontés sans que les effets des boucles dans le réseau se fassent ressentir.

Protocole "spanning tree"

- L'algorithme "spanning tree" (STA) est utilisé pour calculer un chemin exempt de boucle.
- Les trames "spanning tree", appelées unités BPDU (Bridge Protocol Data Units), sont envoyées et reçues par tous les commutateurs du réseau à intervalles réguliers. Elles servent en outre à déterminer la topologie "spanning tree".
- Une instance distincte du protocole STP s'exécute dans chaque VLAN configuré.
- *(Il sera question des VLAN plus tard)*

Protocole "spanning tree"

### Explication des états STP

**Les états ont été définis au départ, puis ils ont été modifiés par le protocole STP.**

- **Blocage**
- **Écoute**
- **Apprentissage**
- **Transmission**
- **Désactivé**

**Il est possible de configurer les ports du serveur de sorte qu'ils passent automatiquement en mode de transmission STP**

### Explication des états STP

- **Blocage** - Aucune trame transmise, unités BPDU entendues.
- **Écoute** - Aucune trame transmise, écoute de trames.
- **Apprentissage** - Aucune trame transmise, acquisition des informations sur les adresses.
- **Transmission** - Trames transmises, acquisition des informations sur les adresses.
- **Désactivé** - Aucune trame transmise, aucune unité BPDU entendue.

### Algorithme " spanning tree "

- Il fait partie de la norme **802.1d**.
- Le principe est simple : construire une arborescence sans boucle à partir d'un point identifié, connu sous le nom de racine.
- Les chemins redondants sont autorisés, **mais un seul peut être le chemin actif**.
- Cet algorithme a été développé par Radia Perlman.

### Processus " spanning tree "

Étape 1: Désignation d'un pont racine

Étape 2 : Désignation des ports racine

Étape 3 : Choix des ports désignés

- Tous les commutateurs envoient des **unités BPDU (Bridge Protocol Data Units)** de configuration.
- Les unités BPDU sont envoyées vers toutes les interfaces toutes les deux secondes (valeur par défaut - paramétrable).
- Tous les ports se trouvent en **mode Blocage** durant le processus " Spanning Tree " initial.

### Unités BPDU « spanning tree »

Identificateur de protocole (2 octets)
Version (1 octet)
Type de message (1 octet)
Indicateurs (1 octet)
ID de la racine (8 octets)
Coût jusqu'à la racine (4 octets)
ID de pont (8 octets)
ID du port (2 octets)
Âge du message (2 octets)
Âge maximum (2 octets)
Heure HELLO (2 octets)
Délai de transmission (2 octets)

## Protocole " spanning tree "

### Algorithme " spanning tree " (STA) :

#### Champs BPDU (à titre d'information)

- Les champs utilisés dans l'unité BPDU STA sont donnés à titre purement informatif.
- Lorsqu'il sera question de l'algorithme STA, vous voudrez peut-être vous reporter à ce protocole pour savoir comment se déroulent l'envoi et la réception des informations.

## Protocole " spanning tree "

- **Identificateur de protocole** (2 octets), **Version** (1 octet), **Type de message** (1 octet) : Pas vraiment utilisés (S/O ici)
- **Indicateurs** (1 octet) : Ce champ est utilisé avec les modifications de topologie (S/O ici)
- **ID de la racine** (8 octets) : Ce champ indique le pont racine actuel sur le réseau. Il comprend :
  - *La priorité du pont* (2 octets)
  - *L'adresse MAC du pont* (6 octets)
  - Il est connu sous le nom d'identificateur du pont racine.

Protocole  
" spanning tree "

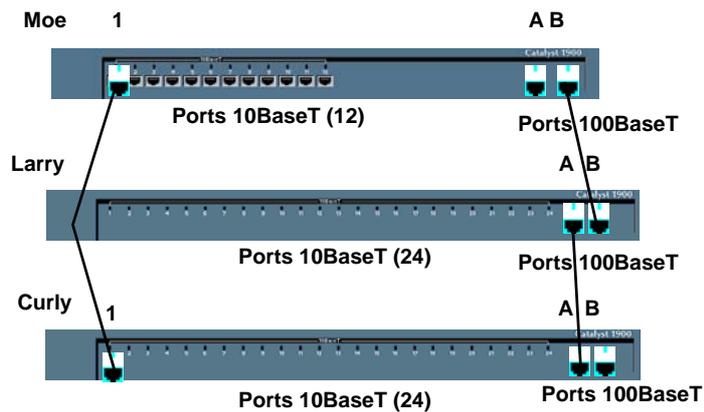
- **Coût jusqu'à la racine** (4 octets) : C'est le coût de la route depuis le pont qui émet l'unité BPDU jusqu'au pont racine indiqué dans le champ ID de la racine. Le coût est basé sur la bande passante.
- **ID de pont** (8 octets) : C'est le pont qui émet l'unité BPDU.
  - 2 octets : Priorité du pont
  - 6 octets : Adresse MAC
- **ID du port** (2 octets) : Il s'agit du port situé sur le pont qui émet l'unité BPDU, y compris la valeur Priorité du port.

Protocole  
" spanning tree "

- **Âge du message** (2 octets) : Il s'agit de l'âge de l'unité BPDU (S/O ici).
- **Âge maximum** (2 octets) : Ce champ indique quand l'unité BPDU doit être éliminée (S/O ici).
- **Heure HELLO** (2 octets) : Ce champ indique la fréquence d'envoi des unités BPDU (S/O ici).
- **Délai de transmission** (2 octets) : Ce champ indique combien de temps le pont doit rester en état Écoute et Apprentissage (S/O ici).

Protocole " spanning tree "

Il y a 3 commutateurs avec des chemins redondants. Êtes-vous capable de les identifier ?



Protocole " spanning tree "

**Le " spanning tree " en trois étapes**

**Étape 1: Désignation d'un pont racine**

- Priorité du pont
- ID de pont
- Pont racine

**Étape 2 : Désignation des ports racine**

- Coût de la route ou Coût du port
- Coût du chemin racine
- Port racine

**Étape 3 : Choix des ports désignés**

- Coût de la route ou Coût du port
- Coût du chemin racine

## Étape 1: Désignation d'un pont racine

- La première étape pour les commutateurs consiste à sélectionner un pont racine.
- Le **pont racine** est le pont à partir duquel tous les autres chemins sont décidés.
- Un seul commutateur peut prétendre au titre de pont racine.

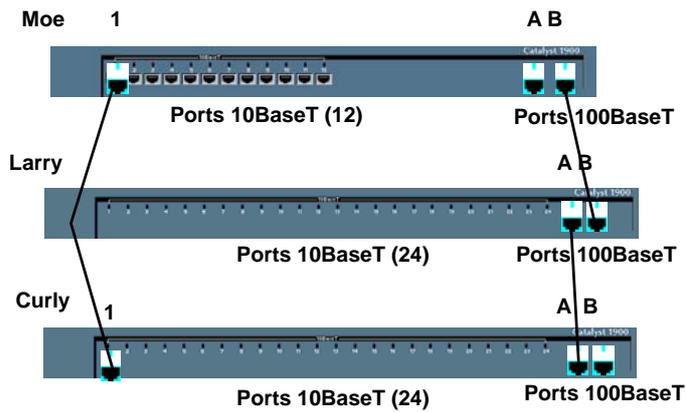
Le choix d'un pont est déterminé par :

1. La priorité de pont la plus faible
2. L'ID de pont le plus petit (tiebreaker ou pont de départage)

## Priorité du pont

- Il s'agit d'une valeur numérique.
- Le commutateur qui présente la priorité de pont la plus faible est le pont racine.
- Pour ce faire, les commutateurs utilisent des unités BPDU.
- Chaque commutateur se considère comme le pont racine jusqu'à ce qu'il découvre qu'il en va autrement.
- Sur tous les commutateurs Cisco Catalyst, la priorité de pont par défaut est **32768**.
- *On se trouve donc dans une situation d'égalité ! Et après ?*

### Priorités du pont



### Commutateur Moe : Priorité du pont

Catalyst 1900 - Configuration « spanning tree » - Option 1

```

-----Informations-----
[V] VLAN affecté à l'option          1 -1005
----- Paramètres -----
[B] Priorité du pont                32768 (8000 hex)
[M] Âge maximum en tant que racine   20 secondes
[H] Heure HELLO en tant que racine   2 secondes
[F] Délai de transmission en tant que racine 15 secondes
    
```

*En cas de partage, l'ID de pont est utilisé...*

#### ID de pont

- L'**ID de pont est l'adresse MAC** affectée à chaque commutateur.
- L'ID de pont inférieur (adresse MAC) permet de départager les ponts.
- Chaque adresse MAC étant unique, vous avez ainsi la garantie qu'un seul pont aura la valeur la plus faible.
- REMARQUE : Il existe d'autres moyens de départage si ces valeurs ne sont pas uniques. Cependant, nous ne nous étendrons pas sur ces cas de figure.

Catalyst 1900 Management Console  
Copyright (c) Cisco Systems, Inc. 1993-1998  
Tous droits réservés.

Enterprise Edition Software

**Adresse Ethernet : 00 -B0-64-26-6D-00**

Numéro PCA : 73 -3122-04

Numéro de série PCA : FAB03503222

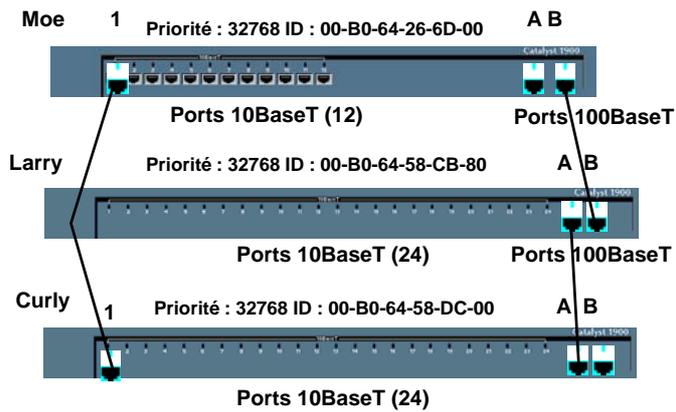
Numéro de modèle : WS-C1912-EN

Numéro de série système : FAB0351U08M

N° de série alimentation : PHI033301VQ

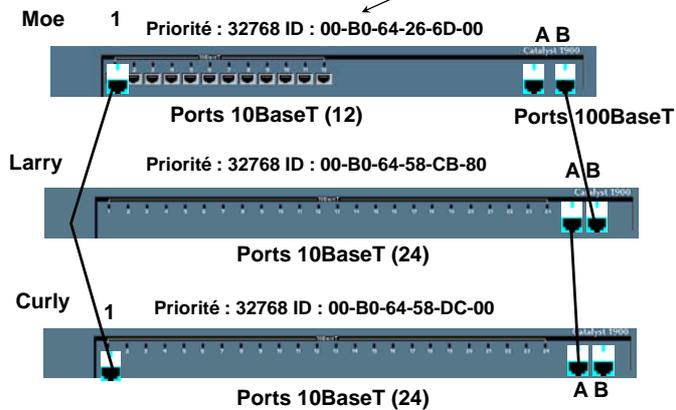
Numéro de série PCB : FAB03503222,73 -3122-04

### Priorités et ID de pont Qui a la valeur la plus faible ?



### Vous avez tout compris !

Valeur la plus basse : Moe devient le pont racine.



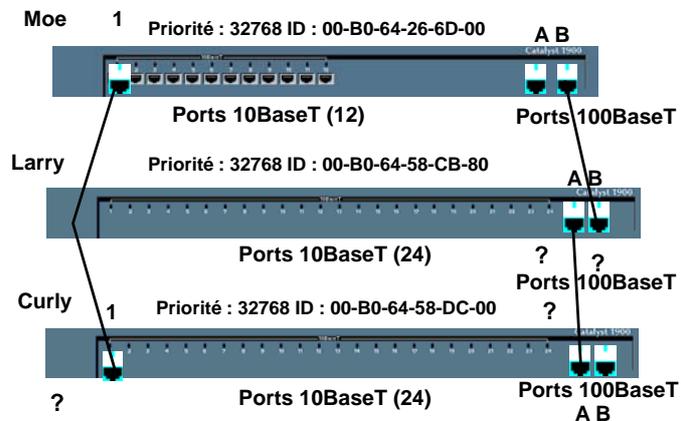
Protocole "spanning tree"

### Étape 2 : Désignation des ports racine

- Une fois le pont racine sélectionné, les commutateurs (ponts) doivent localiser les chemins redondants vers le pont racine et ne laisser accessible qu'un seul de ces chemins (ce qui implique de bloquer tous les autres).
- Pour ce faire, les commutateurs utilisent des unités BPDU.
- Comment le commutateur détermine-t-il le port à utiliser, connu sous le nom de port racine, et celui qui doit être bloqué ?

Protocole "spanning tree"

### Chemins redondants



**Coût de la route (ou Coût du port)**

- Le coût du port est utilisé pour identifier le chemin " le moins cher " ou " le plus rapide " vers le pont racine.
- Par défaut, le coût du port est basé sur le média ou la bande passante du port.
- Sur les commutateurs Cisco Catalyst, on obtient cette valeur en divisant 1 000 par la vitesse du média, exprimée en mégabits par secondes (Mbit/s).
- Exemples :
- Ethernet Standard :  $1\ 000/10 = 100$
- Fast Ethernet :  $1\ 000/100 = 10$

**Coût du chemin racine**

- Le coût du chemin racine correspond au total des coûts de port (coûts du chemin) vers le pont racine.
- Cette valeur est indiquée dans le champ de coût de l'unité BPDU.

Protocole "spanning tree"

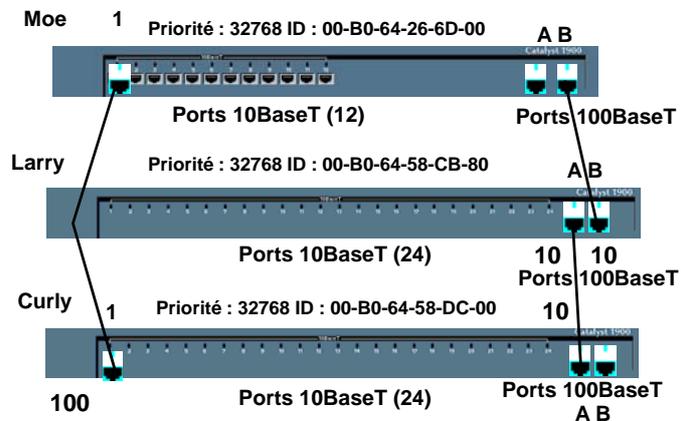
**Cependant**, tout est considéré par rapport au pont racine.

**Ports racine**

- Les ports directement connectés au pont racine seront les ports racine.
- Sinon, le port présentant le coût du chemin racine le plus bas sera le port racine.

Protocole "spanning tree"

**Coûts de la route**



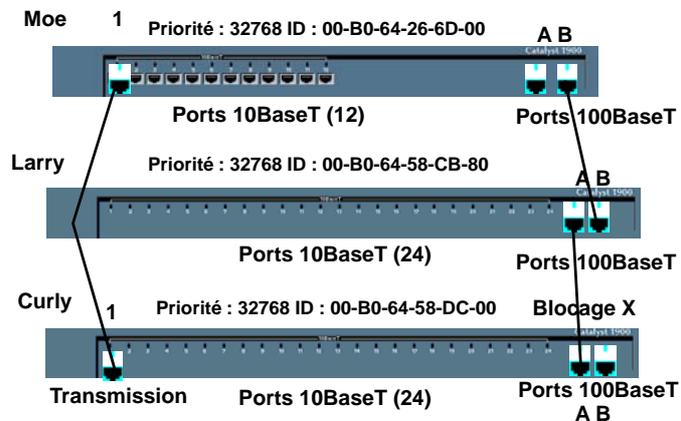
Protocole "spanning tree"

**Curly**

- Bien que, pour Curly, le coût de la route vers le pont racine soit plus élevé en utilisant le port 1, le **port 1** dispose d'une connexion directe au pont racine. Il devient donc le **port racine**.
- Le **port 1** passe ensuite en **mode Transmission**, tandis que le chemin redondant du **port A** est placé en **mode Blocage**.

Protocole "spanning tree"

**Curly**



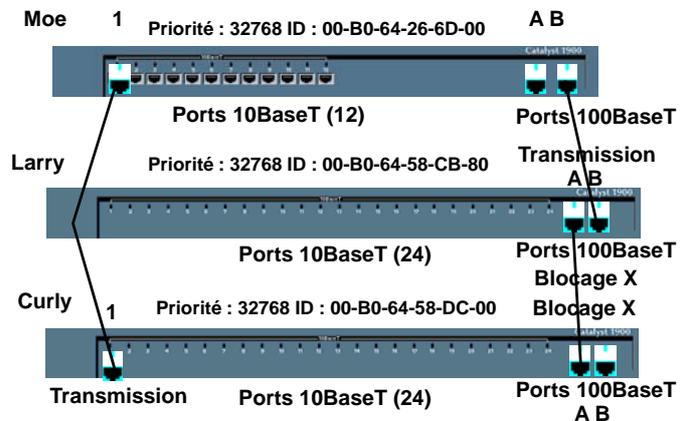
Protocole "spanning tree"

Larry

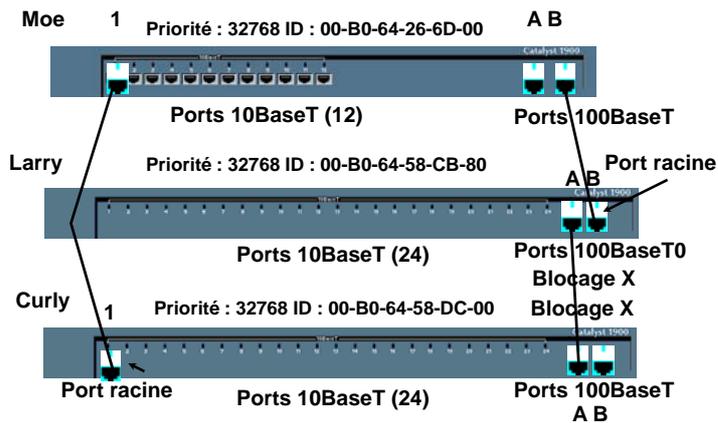
- Larry possède également un port racine, une connexion directe avec le pont racine, par le biais du port B.
- Le **port B** passe ensuite en **mode Transmission**, tandis que le chemin redondant du **port A** est placé en **mode Blocage**.

Protocole "spanning tree"

Larry



### Ports racine

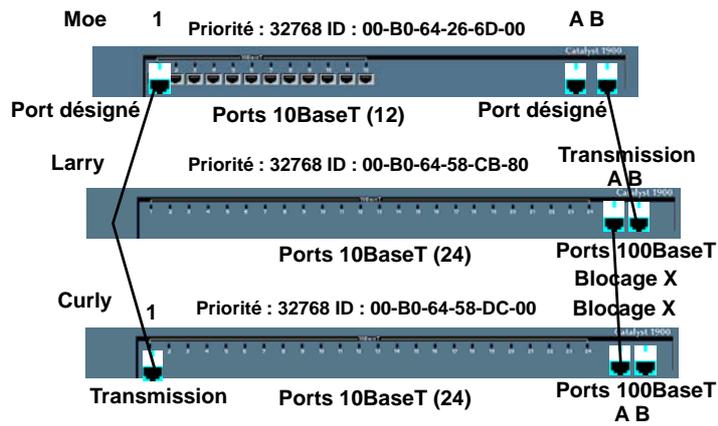


### Étape 3 : Choix des ports désignés

- C'est le port unique d'un commutateur qui échange des données (trafic entrant et sortant) avec le pont racine.
- Il peut également être considéré comme le port annonçant le coût le plus bas vers le pont racine.
- Dans cet exemple, nous avons uniquement le choix entre les deux solutions évidentes, toutes deux au niveau du commutateur Moe.
- S'il y avait eu d'autres segments LAN, nous aurions pu donner une explication plus détaillée des ports désignés. Cependant, cela suffit pour l'instant.

Protocole "spanning tree"

Ports désignés



Protocole "spanning tree"

**La Spanning Tree est maintenant terminé.**  
 Les commutateurs peuvent désormais commuter correctement les trames vers les ports appropriés avec les tables de commutation adéquates et sans créer de trames en double.

## Protocole "spanning tree"

- La plupart des ouvrages traitant des réseaux locaux et des interréseaux commutés donnent des informations sur le protocole "spanning tree". Pour obtenir des exemples plus complexes, nous vous invitons à consulter les ouvrages suivants :
- Cisco Catalyst LAN Switching, par Rossi et Rossi, McGraw Hill (très accessible)
- CCIE Professional Development: Cisco LAN Switching, par Clark et Hamilton, Cisco Press (niveau plus avancé)
- Interconnections, par Radia Perlman, Addison Wesley (excellent mais très académique)

## Protocole "spanning tree"

### ***Complément d'information !***

#### **Mode rapide ou " Port Fast Mode " (extrait de la documentation Cisco)**

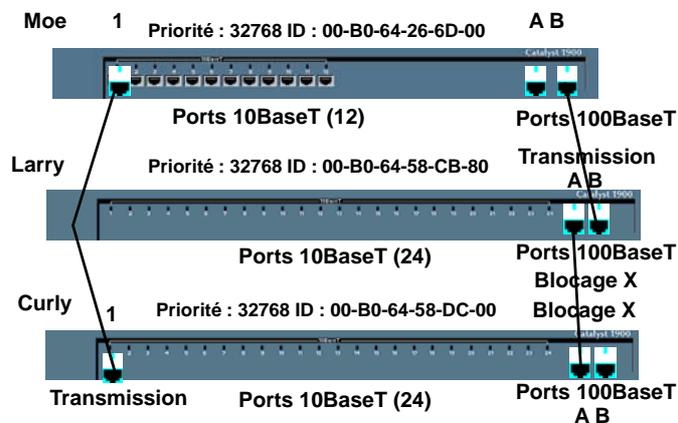
- **Ce mode** fait passer immédiatement un port de l'état Blocage à l'état Transmission en éliminant le délai de transmission (c'est-à-dire la période d'attente observée par un port avant de quitter les états Apprentissage et Écoute STP et de passer à l'état Transmission).

Protocole " spanning tree "

- Lors de la mise sous tension du commutateur, l'état Transmission est retardé (même si le mode rapide est activé) afin de permettre au protocole " spanning tree " de découvrir la topologie du réseau et de s'assurer qu'aucune boucle temporaire ne s'est formée.
- Cette phase de détection dure environ **30 secondes**, période pendant laquelle aucune transmission de paquets n'est effectuée.
- À l'issue de la détection initiale, les ports en mode rapide passent directement de l'état Blocage à l'état Transmission.

Protocole " spanning tree "

Spanning Tree terminé





Protocole " spanning tree "

## Moe - Port 1

Catalyst 1900 - Configuration du port 1

10Base-T intégré

802.1d - État STP : Transmission Transitions de transmission : 1 Activé

----- Paramètres -----

[D] Description/nom du port	
[S] Statut du port	Activé
[F] Full duplex	Désactivé
[I] Priorité du port (spanning tree)	128 (80 hex)
[C] Coût de la route (spanning tree)	100
[H] Mode rapide « Port fast » (spanning tree)	Activé

----- Menus connexes -----

[A] Adressage du port	[V] Affichage des statistiques sur le port
[N] Port suivant	[G] Accès au port
[P] Port précédent	[X] Retour au menu principal



Protocole " spanning tree "

## Moe - Port B

Catalyst 1900 - Configuration du port B

100Base-TX intégré

802.1d - État STP : Transmission Transitions de transmission : 1

État de l'autonégociation : Full duplex

----- Paramètres -----

[D] Description/nom du port	
[S] Statut du port	Activé
[I] Priorité du port (spanning tree)	128 (80 hex)
[C] Coût de la route (spanning tree)	10
[H] Mode rapide « Port fast » (spanning tree)	Désactivé
[E] Contrôle de congestion étendu	Désactivé
[F] Full duplex / Contrôle de flux	Autonégociation

----- Menus connexes -----

[A] Adressage du port	[V] Affichage des statistiques sur le port
[N] Port suivant	[G] Accès au port
[P] Port précédent	[X] Retour au menu principal



## Larry

Catalyst 1900 - Configuration « spanning tree » des ponts de groupe 1  
ID du pont : 8000 00-B0-64-58-CB-80

----- Informations -----  
Racine désignée 8000 00-B0-64-26-6D-00  
Nombre de ports membres 27 Port racine B  
Âge maximum (secondes) 20 Coût du chemin racine 10  
Délai de transmission (secondes) 15 Heure HELLO (secondes) 2  
Modifications topologiques 2  
Dernière modification principale 0d00h48m58s

----- Paramètres -----  
[S] Algorithme et protocole « spanning tree » Activé  
[B] Priorité du pont 32768 (8000 hex)  
[M] Âge maximum en tant que racine 20 secondes  
[H] Heure HELLO en tant que racine 2 secondes  
[F] Délai de transmission en tant que racine 15 secondes

----- Actions -----  
[N] Groupe de ponts suivant [G] Accès au groupe de ponts  
[P] Groupe de ponts précédent [X] Retour au menu précédent



## Larry - Port 1

Catalyst 1900 - Configuration du port A

100Base-TX intégré  
802.1d - État STP : Blocage Transitions de transmission : 0  
État de l'autonégociation : Autonégociation

----- Paramètres -----  
D) Description/nom du port  
[S] Statut du port Interrompu - pas de signal de liaison  
[I] Priorité du port (spanning tree) 128 (80 hex)  
[C] Coût de la route (spanning tree) 10  
[H] Mode rapide « Port fast » (spanning tree) Désactivé  
[E] Contrôle de congestion étendu Désactivé  
[F] Full duplex / Contrôle de flux Autonégociation

----- Menus connexes -----  
[A] Adressage du port [V] Affichage des statistiques sur le port  
[N] Port suivant [G] Accès au port  
[P] Port précédent [X] Retour au menu principal



## Larry - Port B

Catalyst 1900 - Configuration du port B

100Base-TX intégré  
802.1d - État STP : Transmission Transitions de transmission : 1  
État de l'autonégociation : Full duplex

----- Paramètres -----

[D] Description/nom du port	
[S] Statut du port	Activé
[I] Priorité du port (spanning tree)	128 (80 hex)
[C] Coût de la route (spanning tree)	10
[H] Mode rapide « Port fast » (spanning tree)	Désactivé
[E] Contrôle de congestion étendu	Désactivé
[F] Full duplex / Contrôle de flux	Autonégociation

----- Menus connexes -----

[A] Adressage du port	[V] Affichage des statistiques sur le port
[N] Port suivant	[G] Accès au port
[P] Port précédent	[X] Retour au menu principal



## Curly

Catalyst 1900 - Configuration « spanning tree » des ponts de groupe 1  
ID du pont : 8000 00-B0-64-58-DC-00

----- Informations -----

Racine désignée 8000 00-B0-64-26-6D-00			
Nombre de ports membres	27	Port racine	1
Âge maximum (secondes)	20	Coût du chemin racine	100
Délai de transmission (secondes)	15	Heure HELLO (secondes)	2
Modifications topologiques	0		
Dernière modification principale	0d00h00m00s		

----- Paramètres -----

[S] Algorithme et protocole « spanning tree »	Activé
[B] Priorité du pont	32768 (8000 hex)
[M] Âge maximum en tant que racine	20 secondes
[H] Heure HELLO en tant que racine	2 secondes
[F] Délai de transmission en tant que racine	15 secondes

----- Actions -----

[N] Groupe de ponts suivant	[G] Accès au groupe de ponts
[P] Groupe de ponts précédent	[X] Retour au menu précédent



## Curly - Port 1

Catalyst 1900 - Configuration du port 1

10Base-T intégré  
802.1d - État STP : Transmission Transitions de transmission : 1

----- Paramètres -----

[D] Description/nom du port	
[S] Statut du port	Activé
[F] Full duplex	Désactivé
[I] Priorité du port (spanning tree)	128 (80 hex)
[C] Coût de la route (spanning tree)	100
[H] Mode rapide « Port fast » (spanning tree)	Activé

----- Menus connexes -----

[A] Adressage du port	[V] Affichage des statistiques sur le port
[N] Port suivant	[G] Accès au port
[P] Port précédent	[X] Retour au menu principal



## Curly - Port A

Catalyst 1900 - Configuration du port A

100Base-TX intégré  
802.1d - État STP : Blocage Transitions de transmission : 0  
État de l'autonégociation : Autonégociation

----- Paramètres -----

[D] Description/nom du port	
[S] Statut du port	Interrompu - pas de signal de liaison
[I] Priorité du port (spanning tree)	128 (80 hex)
[C] Coût de la route (spanning tree)	10
[H] Mode rapide « Port fast » (spanning tree)	Désactivé
[E] Contrôle de congestion étendu	Désactivé
[F] Full duplex / Contrôle de flux	Autonégociation

----- Menus connexes -----

[A] Adressage du port	[V] Affichage des statistiques sur le port
[N] Port suivant	[G] Accès au port
[P] Port précédent	[X] Retour au menu principal



## Poème sur le Spanning Tree *par Radia Perlman*

I think that I shall never see A graph more lovely than a tree.	First , the root must be selected. By ID, it is elected.
A tree whose crucial property Is loop-free connectivity.	Least cost paths from root are traced. In the tree, these paths are placed.
A tree that must be sure to span. So packets can reach every LAN.	A mesh is made by folks like me, Then bridges find a spanning tree.