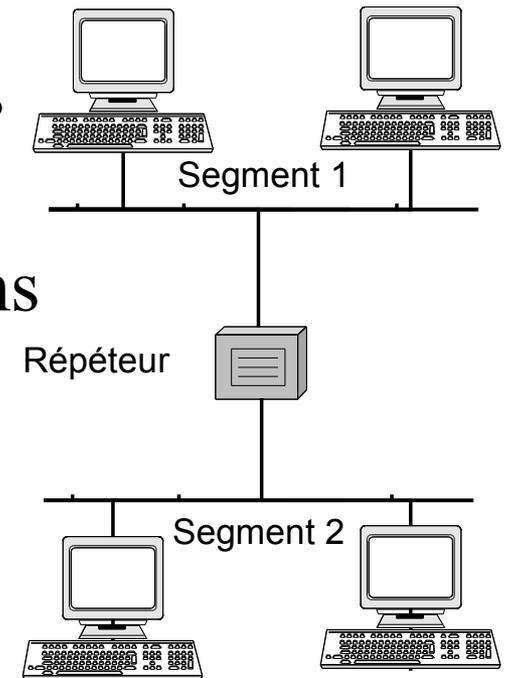
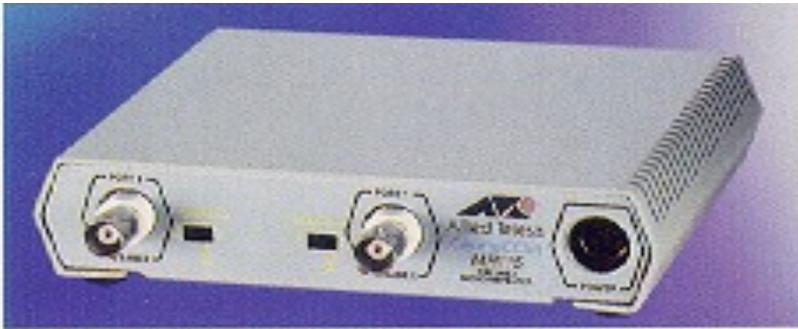


Répéteurs

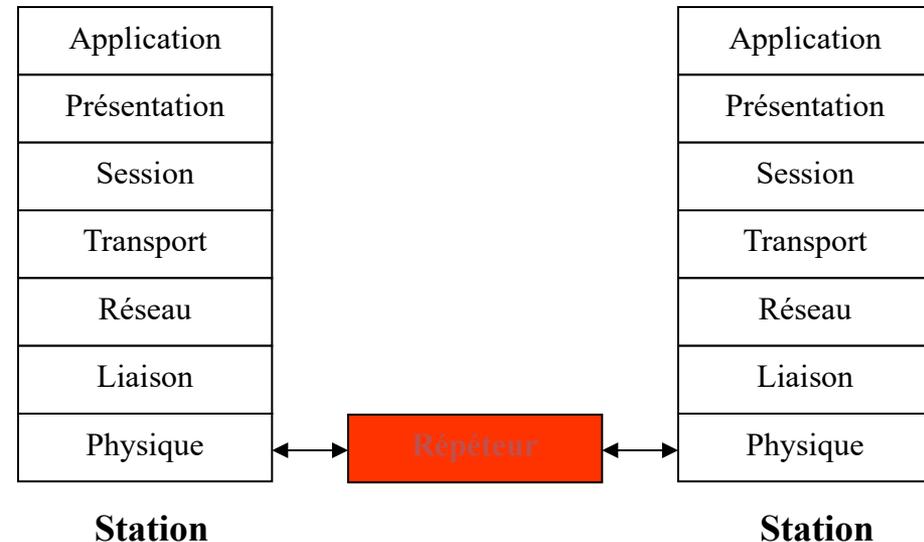
- Interconnectent plusieurs segments pour :
 - couvrir des distances plus longues que 500 m
 - connecter plus de 100 stations dans un LAN



Fonctions d'un répéteur

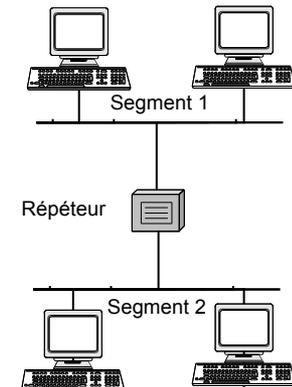
Travaille au niveau de la couche 1

- Transmet bit par bit sans décoder les trames
- Régénère le signal
 - Transmission sur une distance plus élevée



Gestion de collisions

1. Collisions causées par d'autres éléments du réseau:
 - Propage la collision reçue vers les autres segments
2. Collisions causées par le répéteur
 - Arrête la transmission et envoie le signal jam
 - Ne ré-émet pas la trame





Hubs

- Réseaux 100Base-Tx :
 - câblage en étoile
 - mais une topologie logique en bus
 - Hub: bus logique
- Hub = répéteur multi-port
 - Travaille au niveau de la couche physique (niveau des bits)
 - Reçoit et régénère les signaux reçus sur chaque port

Fonctions avancées

- Auto-partition:
 - Permet d'isoler des segments défectueux
 - Arrêt de toute transmission d'un segment en faute vers les autres ports
 - Trafic des autres ports continue à être envoyé sur le segment défectueux
 - Segment est considéré défectueux
 - Après 30 collisions consécutives
 - Lors d'une collision permanente

Domaine de collision

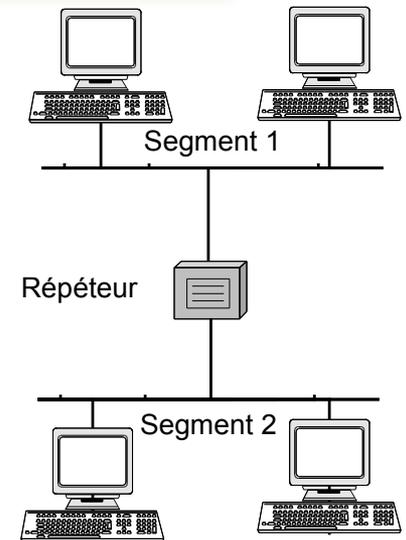
Domaine de collision :

Ensemble des stations et systèmes intermédiaires d'un LAN dont les transmissions peuvent entrer en collision

- Exemples

- Un seul segment 10BaseT
- Plusieurs segments interconnectés par un répéteur

➤ Un répéteur élargit le domaine de collision



Interconnexion de réseaux locaux

- A l'aide de ponts et de commutateurs
 - Évitent les problèmes de l'interconnexion par des hubs
- Pont/bridge:
 - Souvent réalisé en logiciel
 - Peu de ports (normalement 2)
 - Lent
- Commutateur/switch:
 - Réalisé en hardware
 - Beaucoup de ports

Switch transparents

Transparence

- Le switch doit fonctionner sans aucune configuration ou modification du réseau

1. Apprentissage dynamique de la table de filtrage

Adresse MAC	Port de sortie
00-00-0C-E1-F2-03	2
06-20-EE-02-3A-02	1
03-03-35-AC-54-01	1

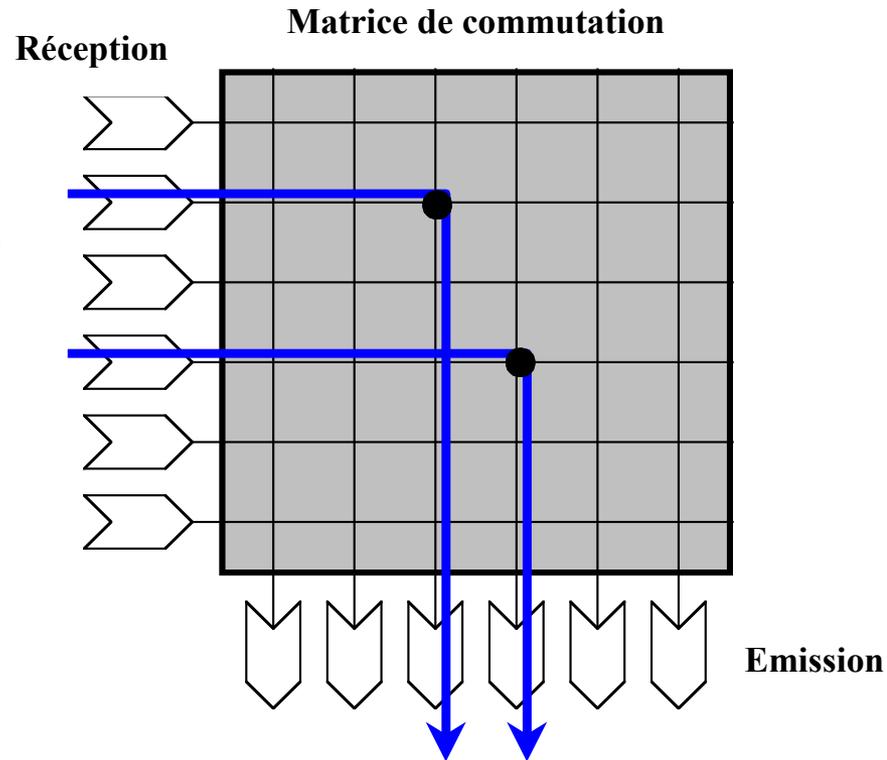
1. Résolution automatique de **boucles** dans la topologie
 1. Protocole de l'« **arbre recouvrant** »

Acheminement et filtrage des trames

- Hub:
 - Une trame reçue est diffusée sur tous les ports
- Switch
 - Apprentissage des stations atteignables sur chaque port
 - *Filtering Database*: Adresse MAC destinataire → Port de sortie
 - Une entrée apprise est valable pendant 5 min (par défaut)
 - Destinataire inconnu: diffusion sur tous les ports
- Diminue la charge du réseau
- Augmente la sécurité
- Mais les trames de broadcast se propagent à travers le LAN entier
 - Un seul domaine de broadcast

Commutation

- Port:
 - composé d'un récepteur et d'un émetteur
 - Connecté à une **matrice de commutation**
- Les ports sont **indépendants** l'un de l'autre
 - Plusieurs trames peuvent être commutées simultanément
 - Pas de collisions entre les trames de différents ports
- **Chaque port représente un domaine de collision**



Techniques de commutation: *Store and forward*

- Technique
 - Réception de la trame complète
 - Analyse et contrôle d'erreurs
 - Commutation vers le port de sortie
- Avantages
 - Adapté aux configurations asymétriques (10/100 Mb/s)
 - Trames incorrectes sont filtrées
- Inconvénients
 - Temps de latence élevé
 - Nécessite une mémoire tampon de grande taille

Techniques de commutation: *Cut-through switching*

- Technique
 - Le commutateur attend les premiers octets de l'en-tête
 - Décodage de l'adresse du destinataire
 - Réception et transmission de la trame en même temps
- Avantages
 - Temps de latence très court et constant
 - Mémoire tampon faible
- Inconvénients
 - Contrôle d'erreurs n'est pas possible
 - Ne permet pas de conversion de la vitesse

Techniques de commutation: *Adaptive error free*

- Combine store and forward avec cut-through
 - Le commutateur travaille en mode cut-through
 - Le contrôle d'erreurs est effectué pour chaque trame
 - Ne permet pas de filtrer des trames incorrectes
 - Le commutateur change en mode store and forward après plusieurs erreurs consécutives

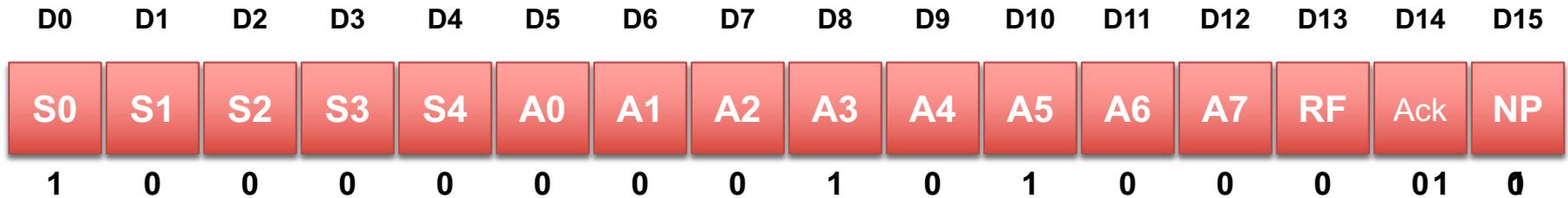
Inconvénients d'Ethernet commuté

- Gestion d'adresses
 - Nécessaire pour le filtrage de trames
 - Nécessite une quantité non-négligeable de mémoire
 - Peut ralentir la commutation de trames
 - Un réseau important doit être sous-divisé en réseaux logiques: VLAN
- Contrôle de flux nécessaire
 - Congestion d'un switch possible (contrairement à un hub)
 - Configuration asymétrique: 100 Mb/s --> 10 Mb/s
 - Concentration du trafic sur un port de sortie

Autonégociation

- La fonction d'autonégociation permet aux cartes réseau de communiquer à la vitesse la plus élevée possible et sélectionner le mode full duplex si celui-ci est supporté par les deux cartes
- Si une carte 10BASE-T est connectée à une carte 100BASE-TX, par exemple, la communication doit s'établir à 10 Mbps full-duplex (si supporté par les deux cartes)
- Utilise des séquences d'impulsions de test de lien (link test pulse)
- Rafales de 33 impulsions qui code les modes implémentés
- Une carte non-compatible les interprète comme test de lien

Autonégociation



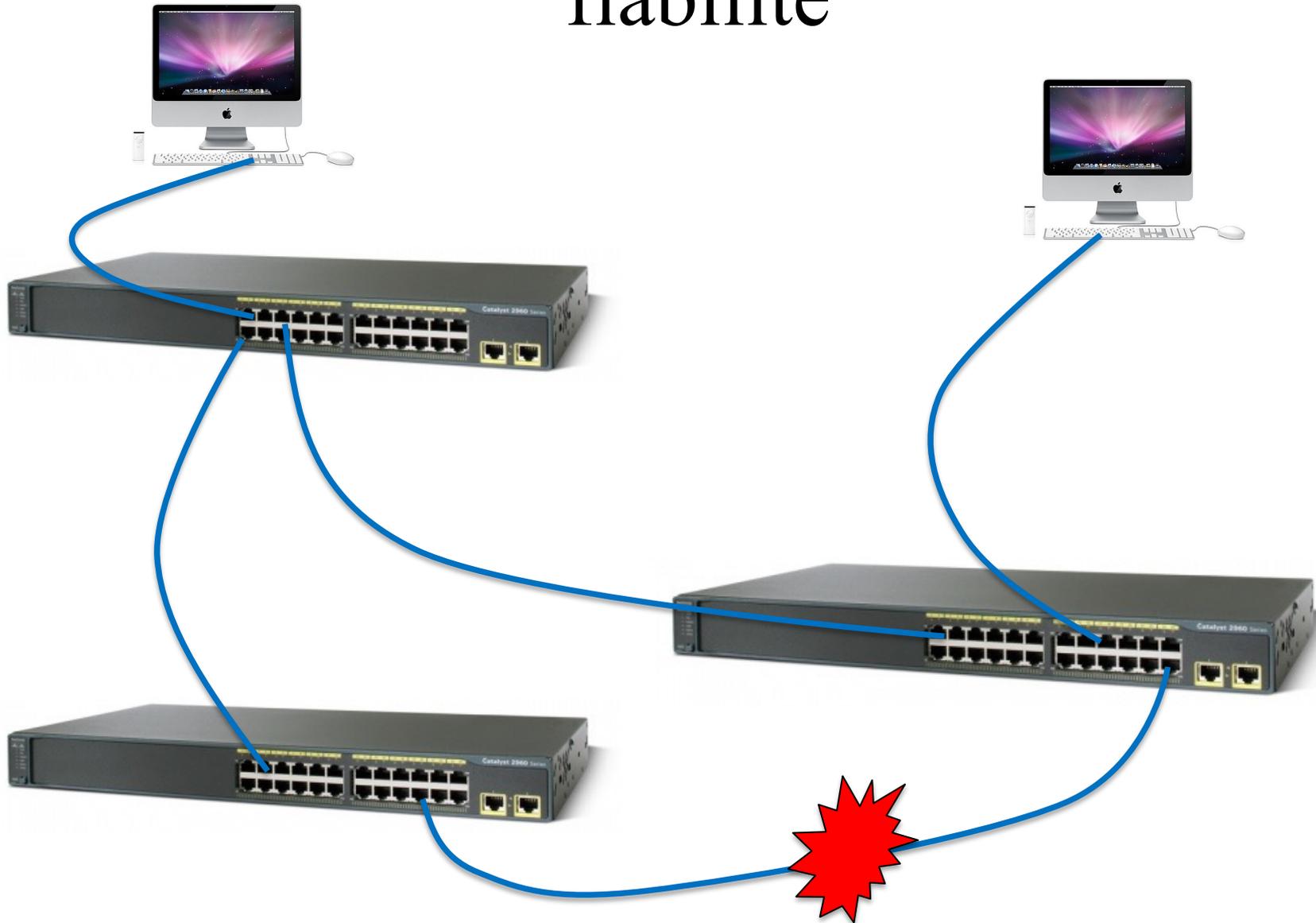
Bit	Technology
A0 (D5)	10BASE-T ✗
A1 (D6)	10BASE-T full-duplex ✗
A2 (D7)	100BASE-TX ✗
A3 (D8)	100BASE-T full-duplex ✓
A4 (D9)	100BASE-T4 ✗
A5 (D10)	PAUSE operation for flow control ✓
A6 (D11)	Reservé
A7 (D12)	Reservé

Page
Suivante

Le même
message
reçu 3 fois:
ACK=1

Exercice Switchs Transparents

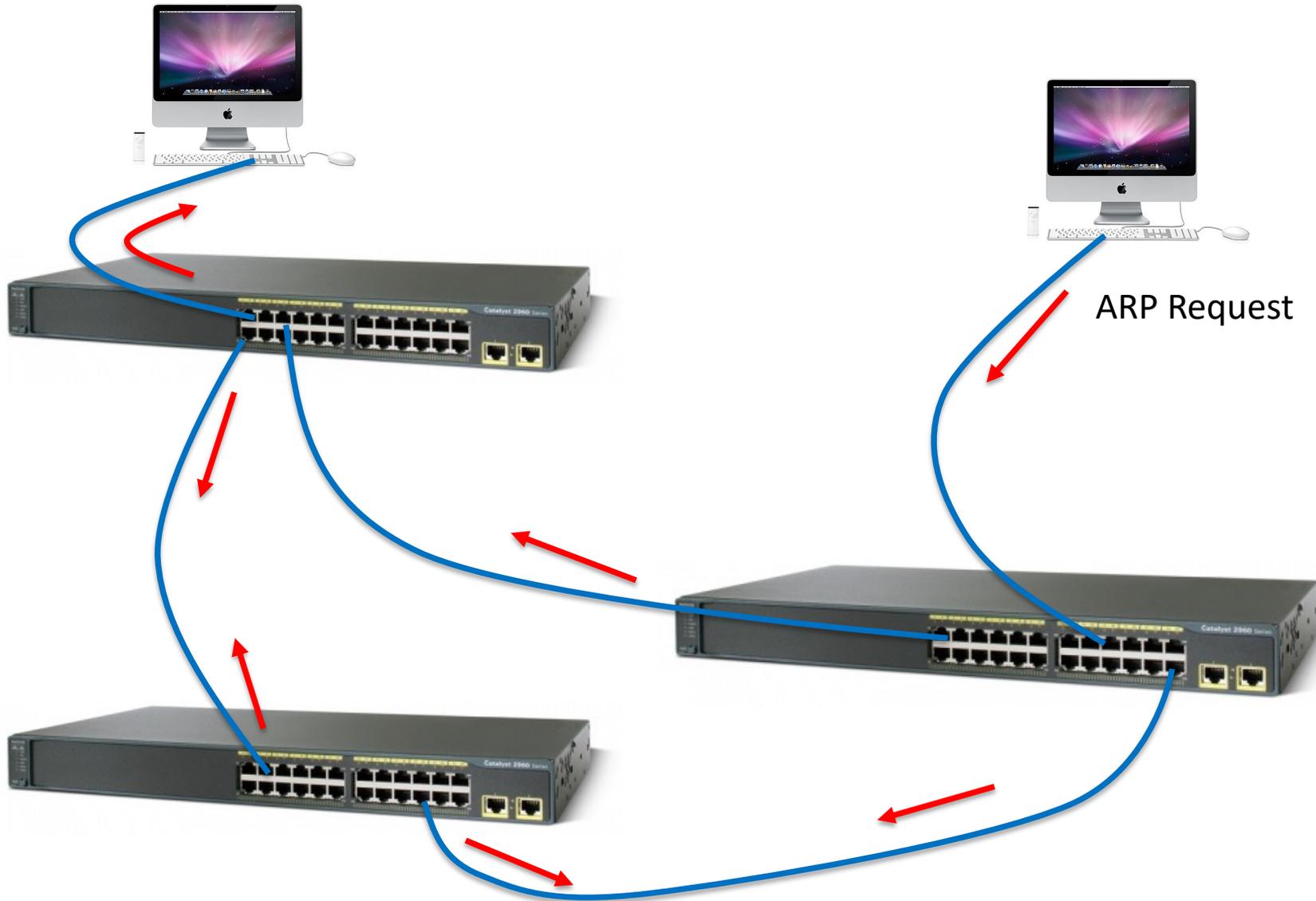
La redondance pour augmenter la fiabilité



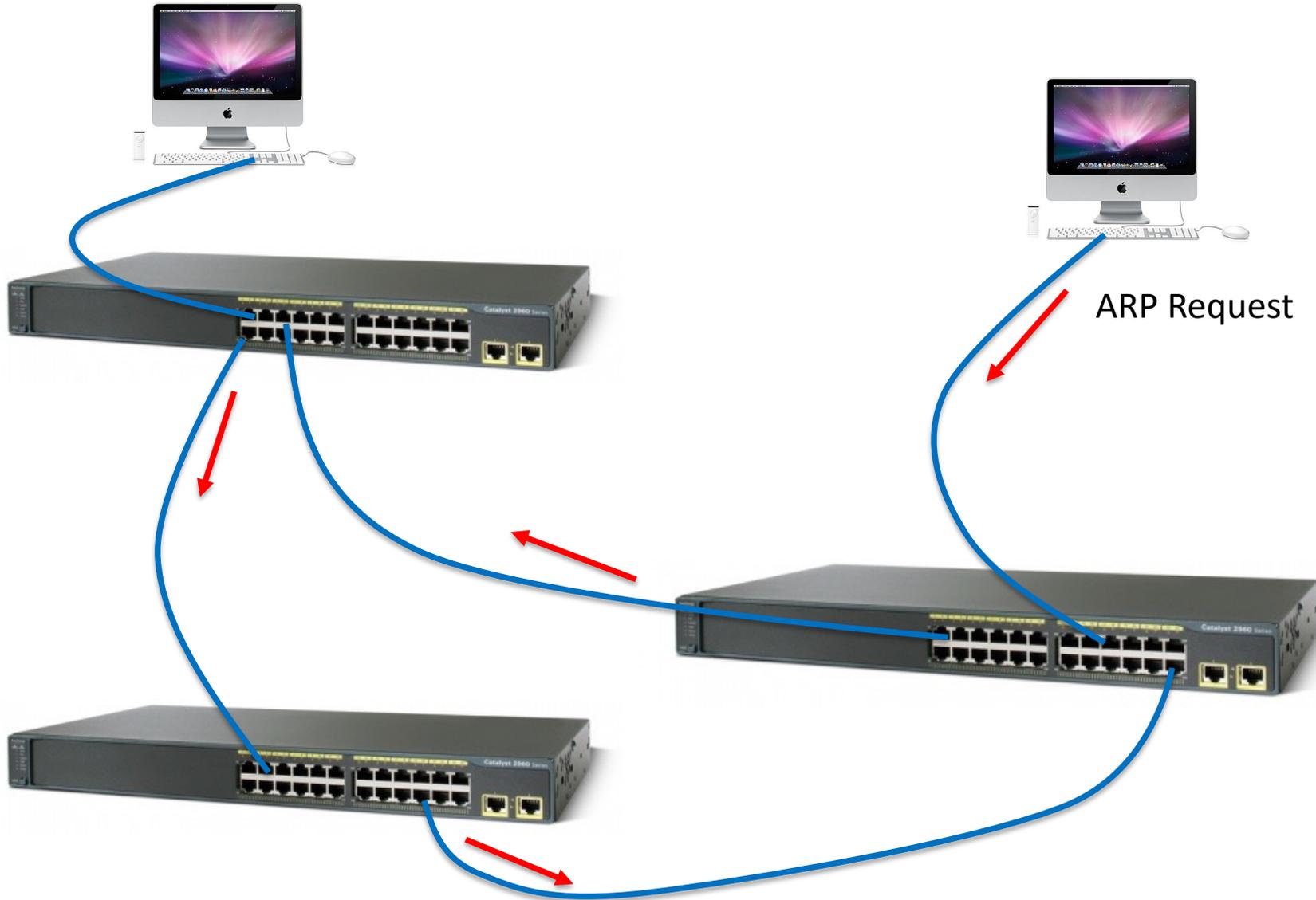
Boucles

- Les messages broadcast et les boucles de niveau 2 peuvent être donc une combinaison dangereuse
- Les trames Ethernet n'ont pas de TTL
- Une fois qu'une trame Ethernet commence à tourner en boucle, elle va probablement continuer jusqu'à ce qu'un des switchs soit éteint ou la liaison soit interrompue

La redondance a aussi des problèmes



La redondance a aussi des problèmes



Solution: Spanning Tree Protocol

Spanning Tree Protocol

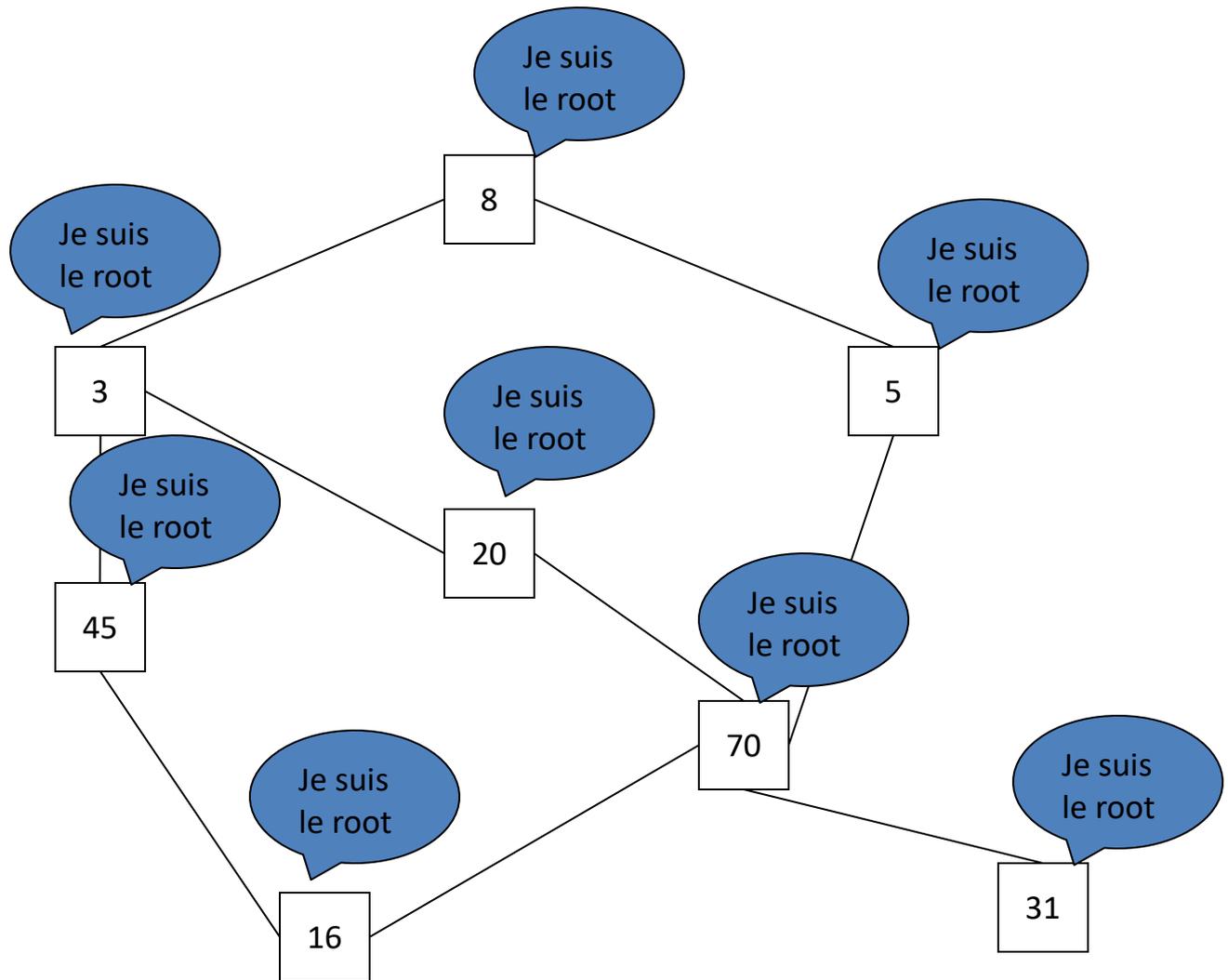
- Le STP est un protocole de **prévention** de boucles
- Permet aux dispositifs de niveau 2 de communiquer pour faciliter la découverte de boucles **physiques**
- Spécifie un algorithme qui peut être employé par les dispositifs de niveau 2 pour créer une *topologie logique* libre de boucles
- Crée une structure en arbre avec des branches et des feuilles, libre de boucles, qui couvre la totalité du réseau de niveau 2

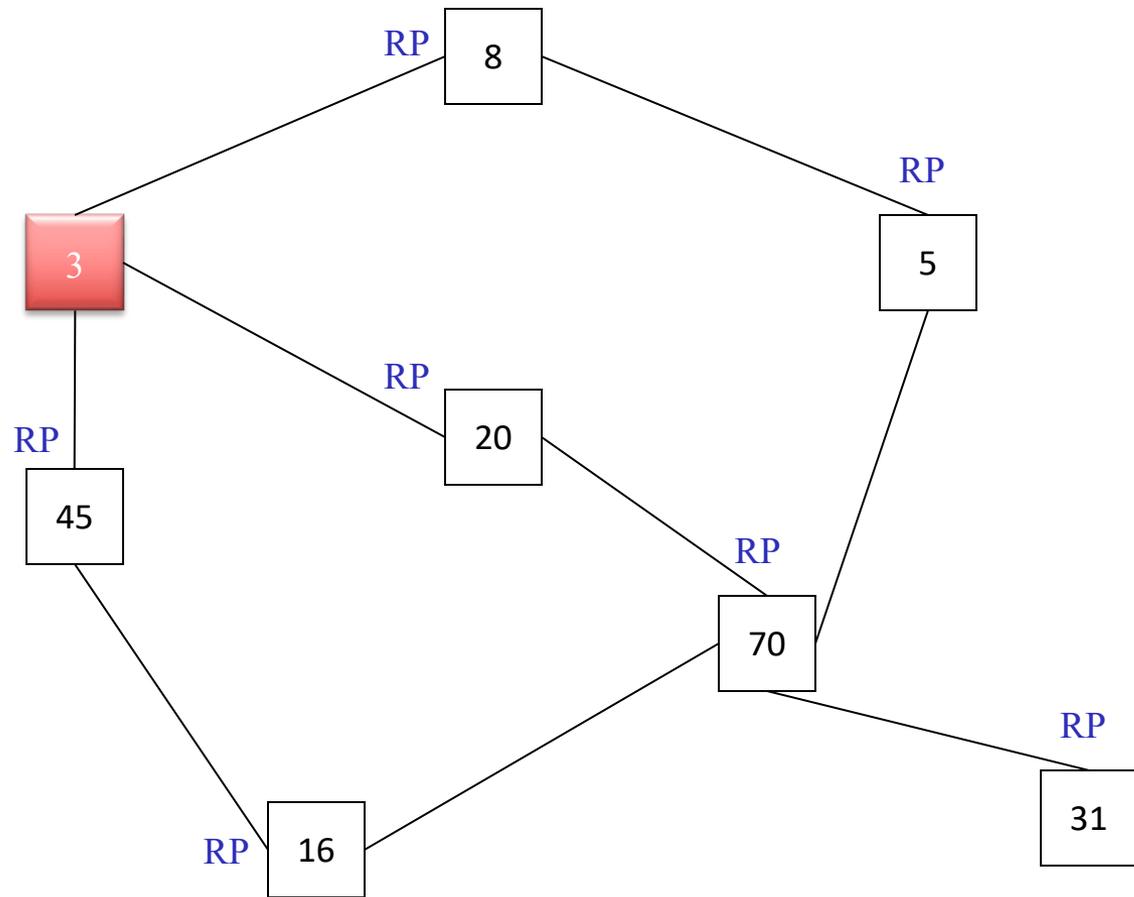
Spanning Tree Algorithm

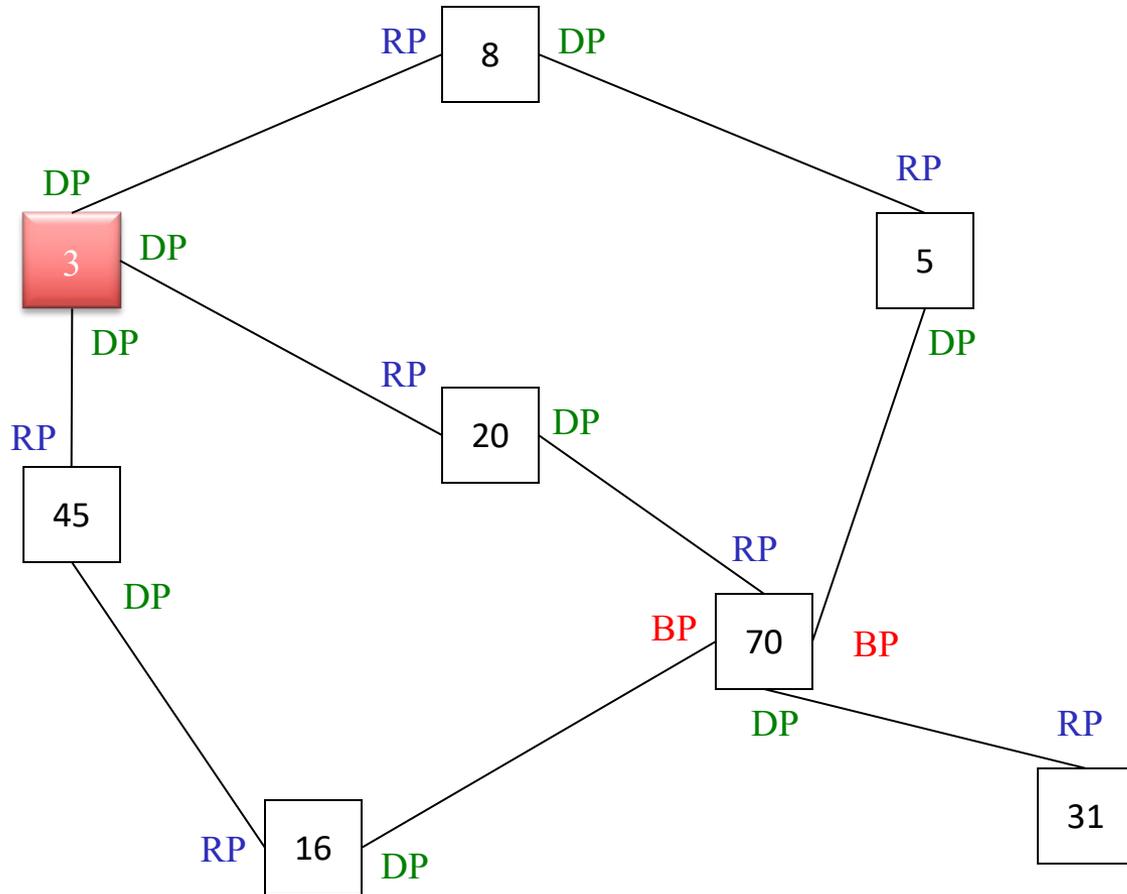
- Le STP trouve un point de référence appelé « root » (racine)
- L'algorithme trouve les chemins disponibles pour arriver à la racine
 - Si il y en a plusieurs, le STP sélectionne le meilleur et bloque les autres

Résumé du STP

- Considérer le réseau entier
 - Considérer tous les Switchs et sélectionner le Switch racine (le Root Switch)
- Se concentrer sur chacun des Switchs
 - Trouver le port racine (Root port)
- Se concentrer sur chacun des liens
 - Sélectionner le port désigné (Designated port)
- Les ports qui restent sont bloqués (Blocked port)





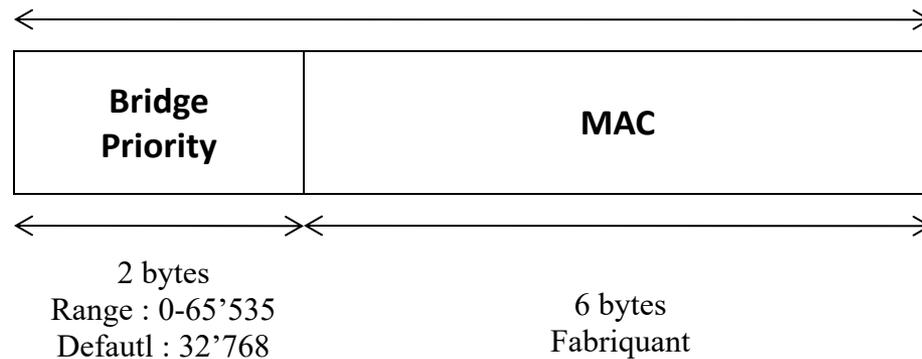


Exercice STP

BPDU

- Les Switchs communiquent entre eux dans le protocole STP utilisant des trames appelées Bridge Protocol Data Unit (BPDU).

Qu'est-ce qu'un Bridge ID (BID) ?



- Utilisé pour élire un pont comme root (racine)
- Le Bridge ID **le plus bas** est le root
- Si tous les dispositifs ont la même priorité, le pont avec l'adresse MAC **la plus basse** devient le root

Bridge Protocol Data Unit (BPDU)

- Les BPDUs sont envoyés par défaut toutes les 2 secondes

BPDU - Structure

Protocol ID	Version	Type	Flags	Root BID	Root Path Cost	Sender BID	Port ID	Message Age	Max Age	Hello Time	Forward Delay
2 bytes	1 byte	1 byte	1 byte	8 bytes	4 bytes	8 bytes	2 bytes	2 bytes	2 bytes	2 bytes	2 bytes

- Protocol ID et Version toujours 0
- Type : Configuration ou changement de topologie
- Flags : Utilisé dans le changement de topologie
- Root BID : L'identificateur du pont désigné comme racine
- Root Path Cost : Le coût cumulatif de tout le chemin pour arriver à la racine
- Sender BID : L'identificateur du pont qui a créé la BPDU actuelle

BPDU - Structure

Protocol ID	Version	Type	Flags	Root BID	Root Path Cost	Sender BID	Port ID	Message Age	Max Age	Hello Time	Forward Delay
2 bytes	1 byte	1 byte	1 byte	8 bytes	4 bytes	8 bytes	2 bytes	2 bytes	2 bytes	2 bytes	2 bytes

- **Port ID** : Identifie le port par lequel est sorti la BPDU
- **Message Age** : Le temps qui s'est écoulé depuis que la BPDU est sortie du root
- **Max Age** : Le temps avant de se rendre compte qu'une faute indirecte s'est produite
- **Hello Time** : Temps entre BPDU périodiques
- **Forward Delay** : Temps des états Listening et Learning

Election d'un pont racine

- Au démarrage, un switch suppose qu'il est root. Dans les BPDU, il annonce son propre BID comme le Root BID
- Si le switch reçoit un Root BID plus bas que le sien, il commence à l'annoncer dans ses BPDU

Root Port

- Chaque switch doit trouver son port racine
- La sélection est basée sur :
 - (1) Chemin dont le coût est le plus bas
 - (2) Match nulle? Le BID le plus bas parmi les voisins
 - (3) Match nulle? La priorité du port (du voisin) la plus basse
 - (4) Match nulle? Le numéro de port le plus bas du voisin
 - (5) Match nulle? Le numéro de port local le plus bas

(1) Le coût du chemin

- Calcule basé sur :
 - La vitesse du lien
 - Le nombre de liens jusqu'au root
- Si un port a le coût le plus bas, il est mis en état de forward et il est élu le root port

(1) Le coût du chemin

Bande passante	Coût STP
4 Mbps	250
10 Mbps	100
16 Mbps	62
45 Mbps	39
100 Mbps	19
155 Mbps	14
622 Mbps	6
1 Gbps	4
10 Gbps	2

(2) Le BID

- Si tous les chemins ont des coûts identiques, le switch utilise les Bridge IDs (BID) pour déterminer le Root Port
- Le port qui reçoit le Bridge ID le plus bas sera choisi comme Root Port

(3) Priorité

- Déjà dit avant: Si les coûts et les BID des voisins sont identiques (dans quel cas?), le switch utilise la priorité du port du voisin pour choisir le Root port
- La priorité **la plus basse** gagne

(4) Numéro de port du voisin

- Si tous les ports voisins ont la même priorité, le port connecté au port voisin dont le numéro est **le plus bas** devient le Root port
- Si les numéros de ports sont les mêmes, utiliser le port local (**le plus bas**)

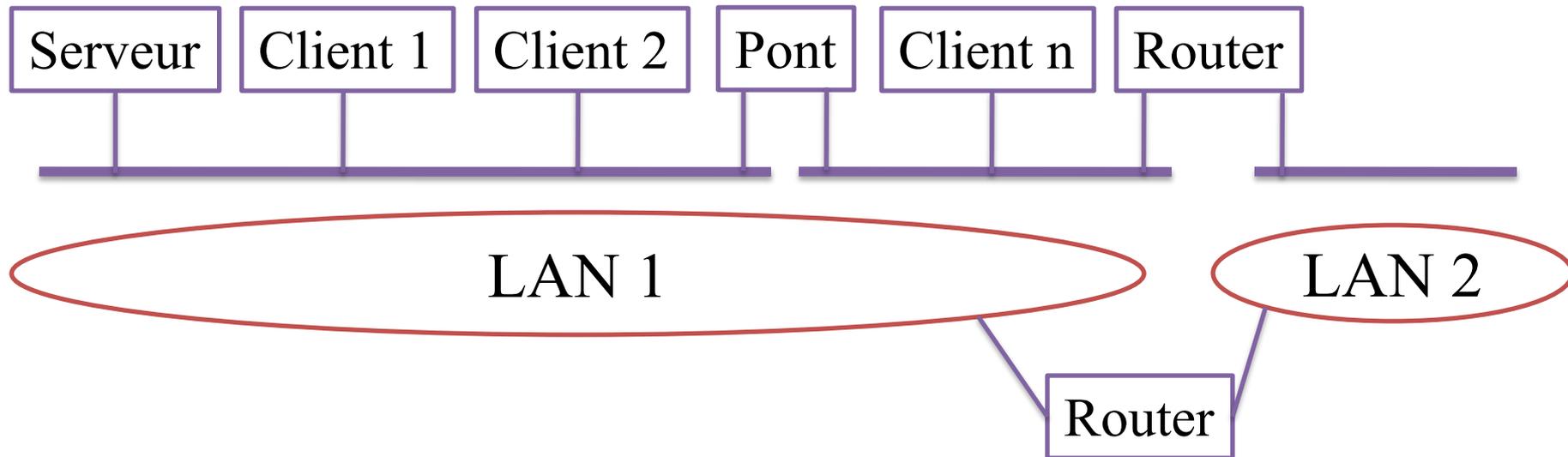
(5) Numéro de port local

- Si les numéros de ports du voisin sont les mêmes, utiliser le port local (**le plus bas**)

Virtual LAN

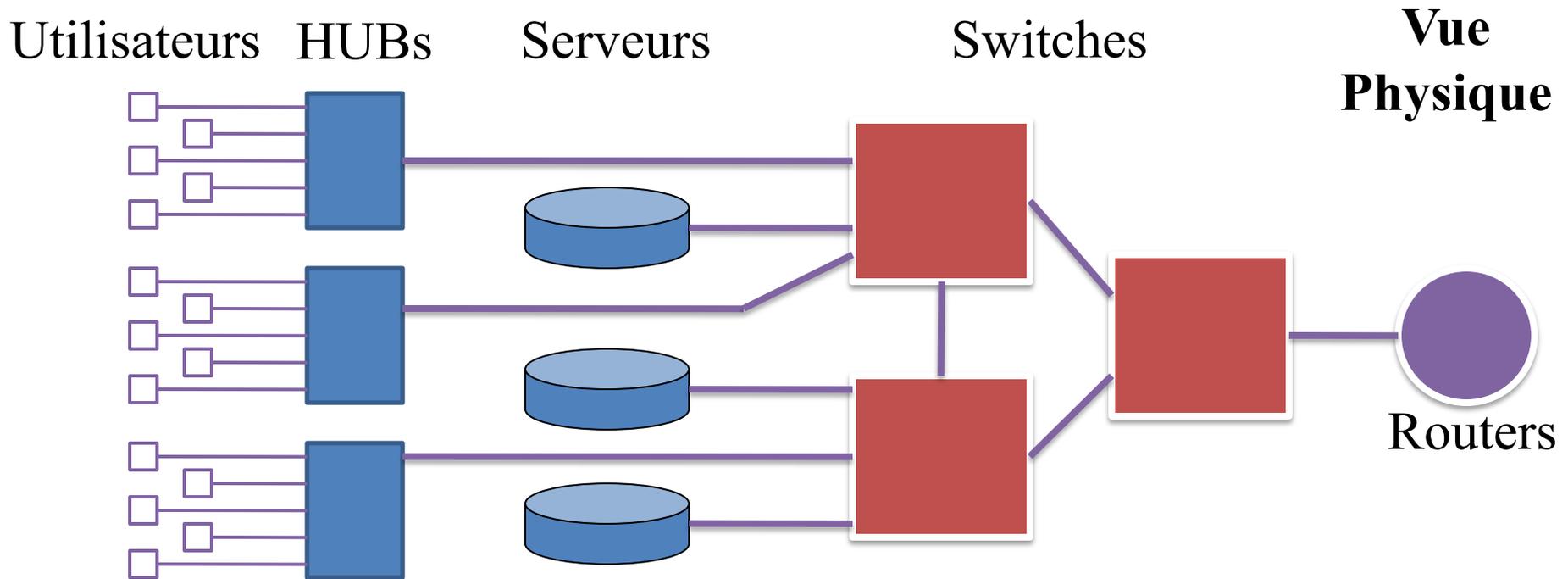
- Qu'est-ce qu'un LAN et un VLAN?
- Types de Virtual LANs
- La norme IEEE 802.1Q

Qu'est-ce qu'un LAN



- LAN : Un seul domaine de broadcast
- Pas de routage entre membres d'un LAN
- Routage nécessaire entre LANs

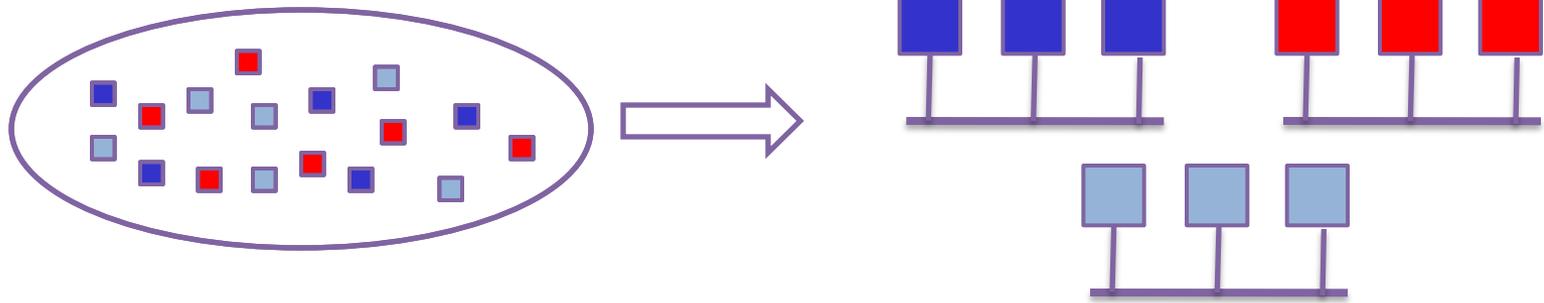
Qu'est-ce qu'un VLAN



**Vue
Logique**



Virtual LAN



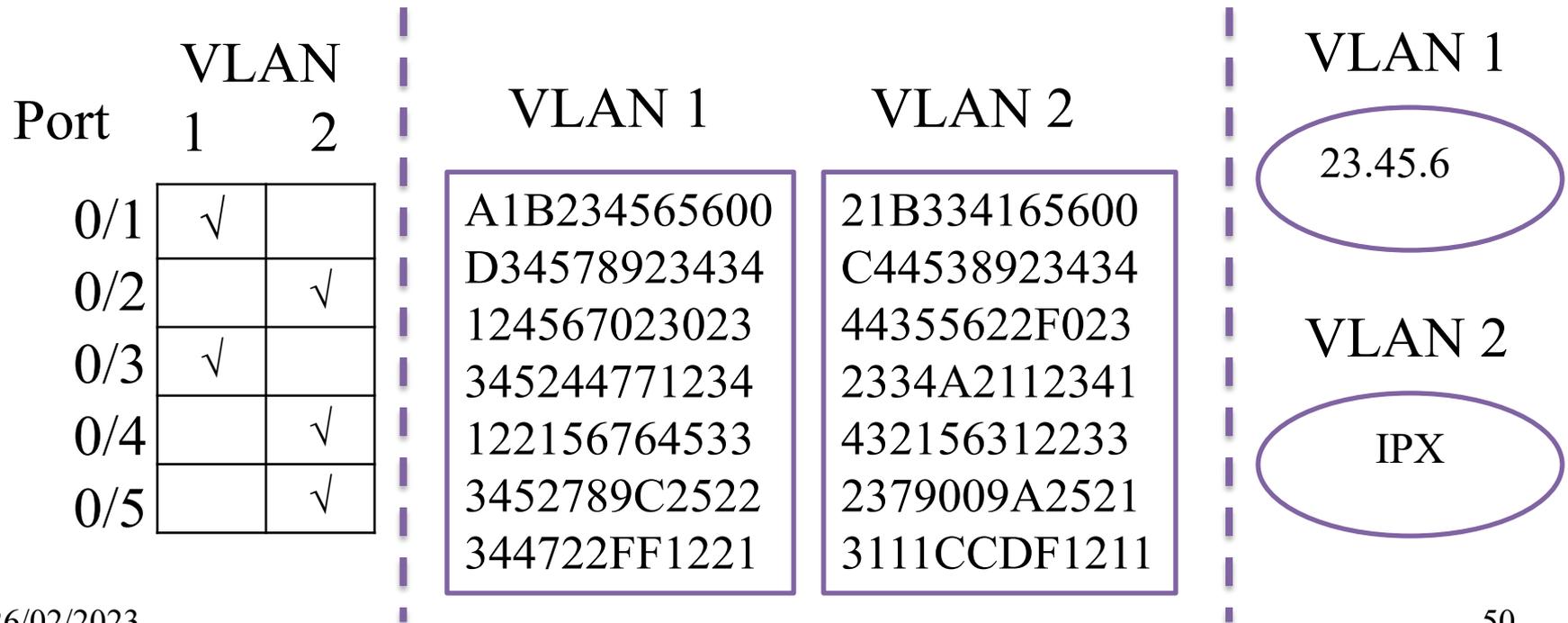
- Virtual LAN = Broadcast et Multicast vont seulement vers les noeds dans le VLAN
- L'appartenance au LAN définie par l'administrateur de réseau → Virtuel

VLAN : Pourquoi ?

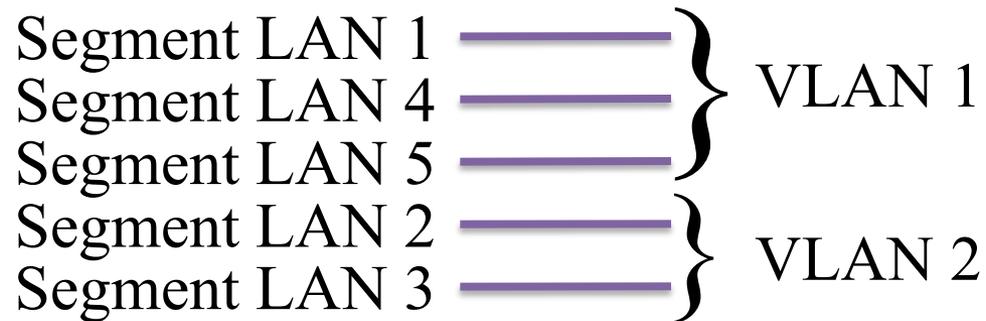
- Virtuel est meilleur que réel
 - Indépendance de la localisation
 - LAN Marketing peut être partout dans le bâtiment
 - Les utilisateurs peuvent se déplacer sans changer de LAN
 - Trafic entre-LANs est routé
 - Trafic inter-LAN est switché
 - Performance améliorée
 - Sécurité améliorée

Types de Virtual LANs

- Couche 1 = Ports physiques
- Couche 2 = Adresses MAC
- Couche 3 = IP



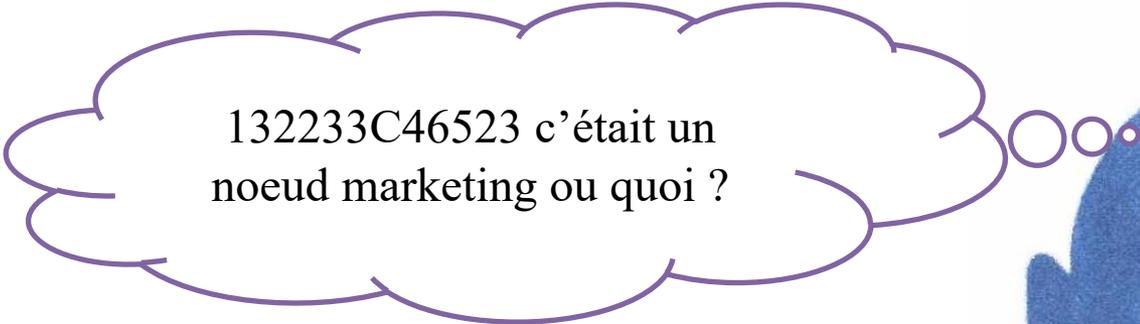
VLAN de Niveau 1



- Appelé aussi « port switching »
- Peut être utilisé pour fournir la sécurité et l'isolement
- Ne permet pas la mobilité d'utilisateurs
- Utilisateur déplacé à un nouveau subnet → nouvelle adresse IP
→ Doit peut-être traverser un router pour avoir accès à l'ancien serveur

VLAN de Niveau 2

- LANs définis par une liste d'adresses MAC
- Fournit une mobilité totale à l'utilisateur
- Clients et serveurs toujours dans le même LAN malgré l'emplacement physique
- Problème : Trop d'adresses doivent être introduites et gérées !

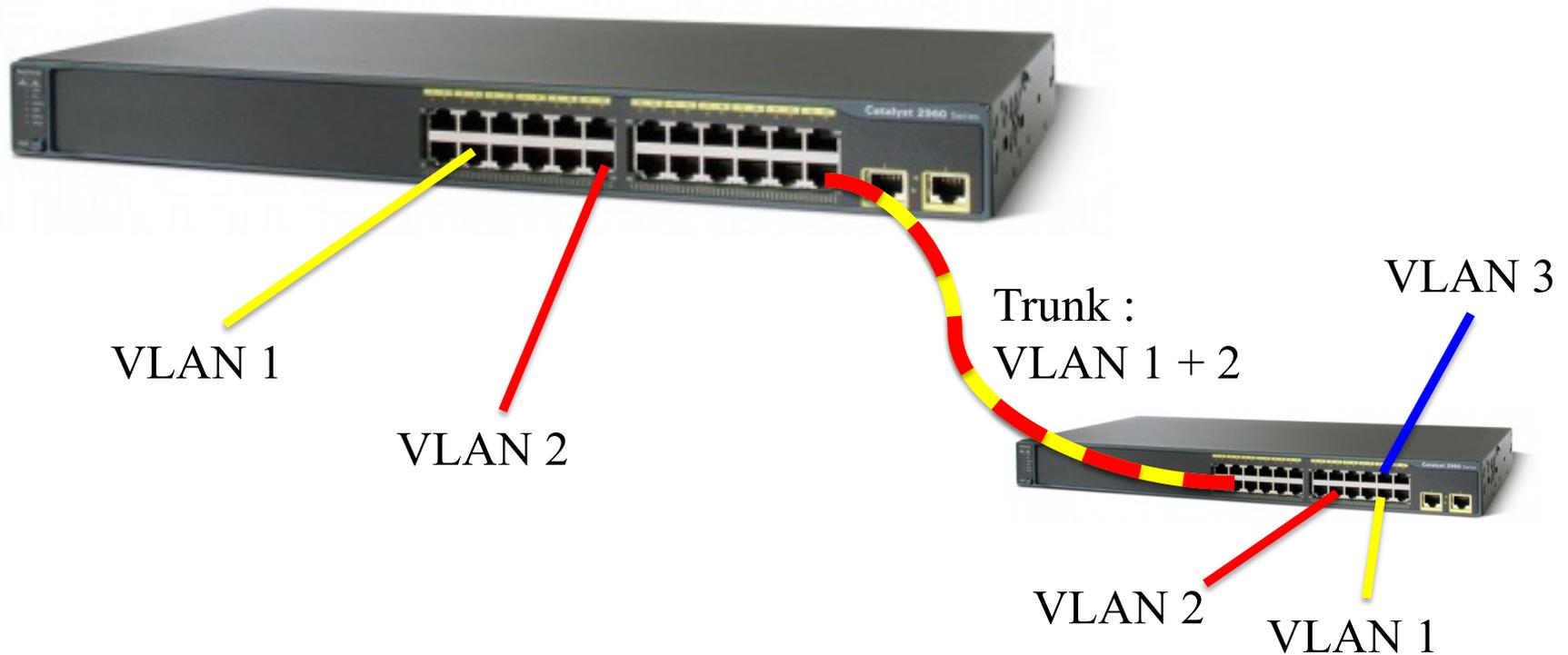


132233C46523 c'était un
noeud marketing ou quoi ?



Interconnection de Switchs

Le Trunk



Étiquettes VLAN (Tag)

Adr. Dest.	Adr. Source	Tag VLAN	Longueur /Type	Données	CRC
------------	-------------	-------------	-------------------	---------	-----

- Le premier switch ajoute une étiquette contenant l'ID VLAN à toutes les trames entrantes
- Le dernier switch enlève les étiquettes de toutes les trames sortantes



La Trame 802.1Q

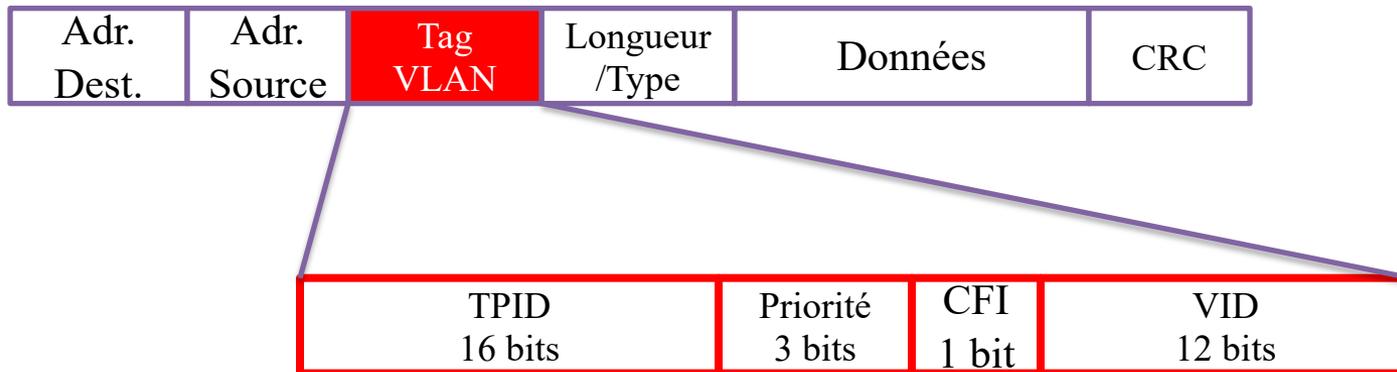
Adr. Dest.	Adr. Source	Longueur /Type	Données	CRC
---------------	----------------	-------------------	---------	-----

La Trame 802.1Q

Adr. Dest.	Adr. Source
---------------	----------------

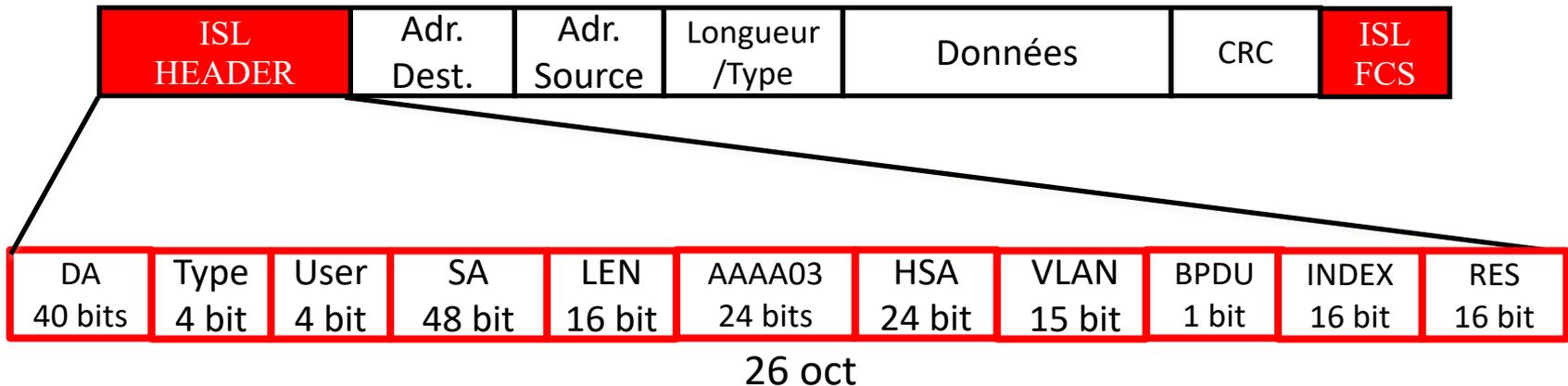
Longueur /Type	Données	CRC
-------------------	---------	-----

La Trame 802.1Q



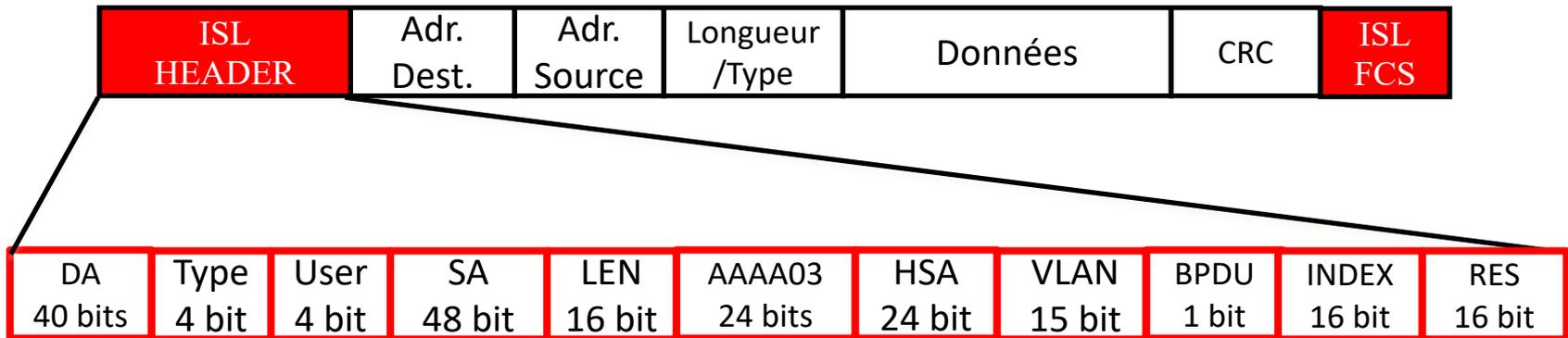
- TPID (Tag Protocol Identifier) : Identifie la trame come une trame tag 802.1Q. Sa valeur est 0x8100
- Priorité : Permet d'indiquer le niveau de priorité de la trame (Voir 802.1p - QoS)
- CFI (Canonical Format Indicator) : 0 indique que l'adressage MAC se fait en format canonique. 1 indique que le format non-canonique est utilisé
- VID (VLAN Identifier) : Identifie à quel VLAN appartient la trame

La Trame ISL (Inter-Switch Link)



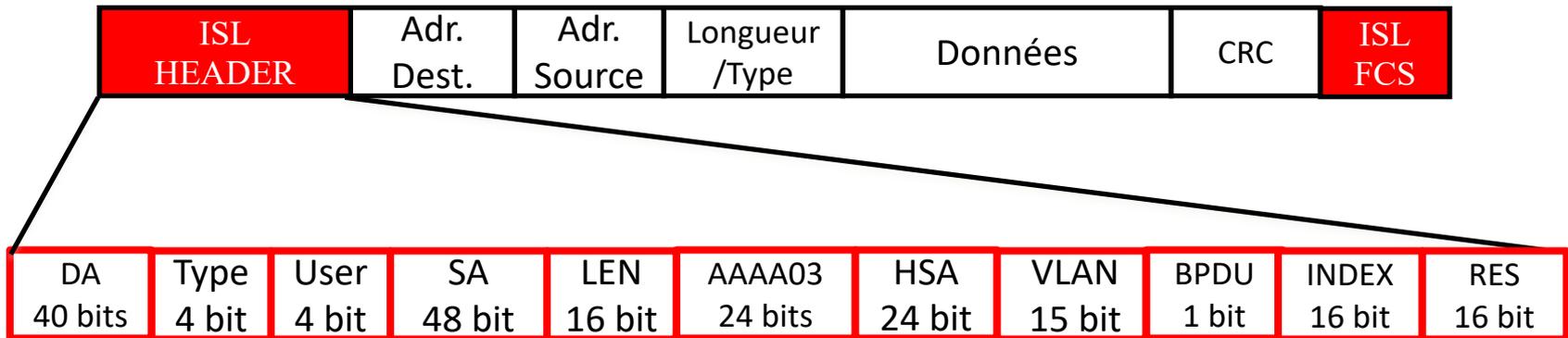
- DA : Identifie la trame come une trame ISL. Valeur : 01-00-0C-00-00 ou 03-00-0C-00-00
- Type : Type de trame encapsulé (Ethernet, Token Ring, FDDI, ATM). Le Type a une valeur de 0000 pour Ethernet
- User : Extension du champs Type. Pour Ethernet, les deux bits les moins significatifs sont utilisés pour définir 4 priorités
- SA : Identifie l'adresse MAC source de la trame ISL

La Trame ISL



- LEN : Longueur totale de la trame moins 18 octets (DA, Type, User, SA, LEN, FCS ne sont pas considérés)
- AAAA03 : Valeur constante (SNAP)
- HSA : (High bits of SA), portion de l'adresse MAC identifiant le constructeur. Doit contenir la valeur 00-00-0C (Cisco)
- VLAN : Ce champ contient le VLAN ID de la trame

La Trame ISL



- BPDU : 1 si la trame transporte des BPDU pour le protocole STP
- INDEX : L'index du port de sortie de la trame. Seulement utilisé pour le diagnostic, ce champ peut avoir n'importe quelle valeur
- RES : Réserve pour Token Ring et FDDI. Vaut 0 pour Ethernet
- FCS : Frame Check Sequence. CRC-32

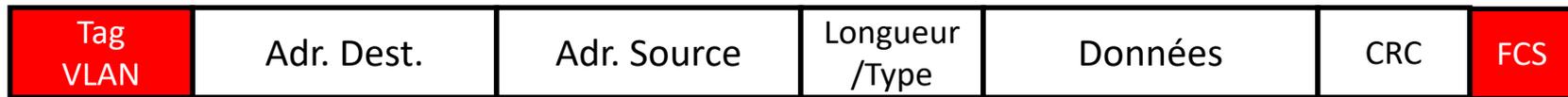
Étiquettes VLAN 802.1Q (Tag)

Adr. Dest.	Adr. Source	Tag VLAN	Longueur /Type	Données	CRC
------------	-------------	-------------	-------------------	---------	-----

- Le premier switch ajoute une étiquette contenant l' ID VLAN à toutes les trames VLAN entrantes et recalcule le CRC
- Le dernier switch enlève les étiquettes de toutes les trames sortantes et remet le CRC à son état original



Étiquettes VLAN ISL (Tag)



- Le premier switch encapsule toutes les trames Ethernet entrantes avec un header contenant l' ID VLAN et un CRC
- Le dernier switch enlève l' encapsulation de toutes les trames sortantes

