

# **Réseaux locaux & interconnexion**

## **La technologie Ethernet**

**Abderrahim HASBI**  
**Ginf/EMI**

# Historique

- **Origine** : Système ALOHA (Professeur MetCalf)
- **Ethernet V1** (1976) Conçus et mis en œuvre par XEROX
  - Débit : 3 Mb/s (*Experimental Ethernet*)
  - Médium : Coaxial de 1000 mètres
  - Nombre maximum de stations : 100
- **Ethernet V2** (1980) **DIX** (Digital - Intel - Xerox)
  - Débit : 10 Mb/s
  - Base de travail à la recommandation IEEE 802.3
- En 2000 : 80% des LAN sont Ethernet et dérivées.

# Historique IEEE 802.3

- 1985 : 10 Base 5 (802.3)
- 1988 : 10 Base 2 (802.3b)
- 1990 : 10 Base T (802.3i)
- 1993 : 10 Base F (802.3j)
- 1995 : 100 Base X (802.3u) (2 paires blindées)  
100 Base VG (802.12)(Fast Ethernet compatible TokenRing)
- 1998 : 1000 Base LX,SX et CX (802.3z)
- 1999 : 1000 Base T (802.3ab)
- 2002 : 10000 Base F (802.3ae)
- >2002 : On attend 40 et 100 Gbps

# Introduction (1)

- Norme de 1985 (10Base5) : Câble coaxial (épais)
- Ethernet = Réseau local
- Basé sur la méthode d'accès **CSMA/CD**
  - **CSMA** : Carrier Sense Multiple Access (Accès multiple avec écoute de la porteuse)
  - **CD** : Collision Detection (Détection de collision)

# Introduction (2)

- Buts énoncés dans le document DIX (Digital, Intel et Xerox)
  - Simple - Faible coût
  - Peu de fonctions optionnelles
  - Pas de priorité
  - On ne peut pas faire taire son voisin
  - Débit : 10 Mb/s
  - Asynchrone (synchronisation avec le préambule)

# Introduction (3)

- Non Prévus
  - Full duplex
  - Contrôle d'erreur (minimal, pas d'acquittement => simplicité)
  - Sécurité et confidentialité
  - Vitesse variable (auto-négociation)
  - Priorité (Token Ring)
  - Protection contre un utilisateur malveillant
  - Déterminisme (capacité de borner en temps des transmissions de données)

# Principes (5)

- Ethernet est un réseau
  - Probabiliste
  - Sans chef d'orchestre
  - Égalitaire
- Comparaison avec une réunion sans animateur entre gens polis

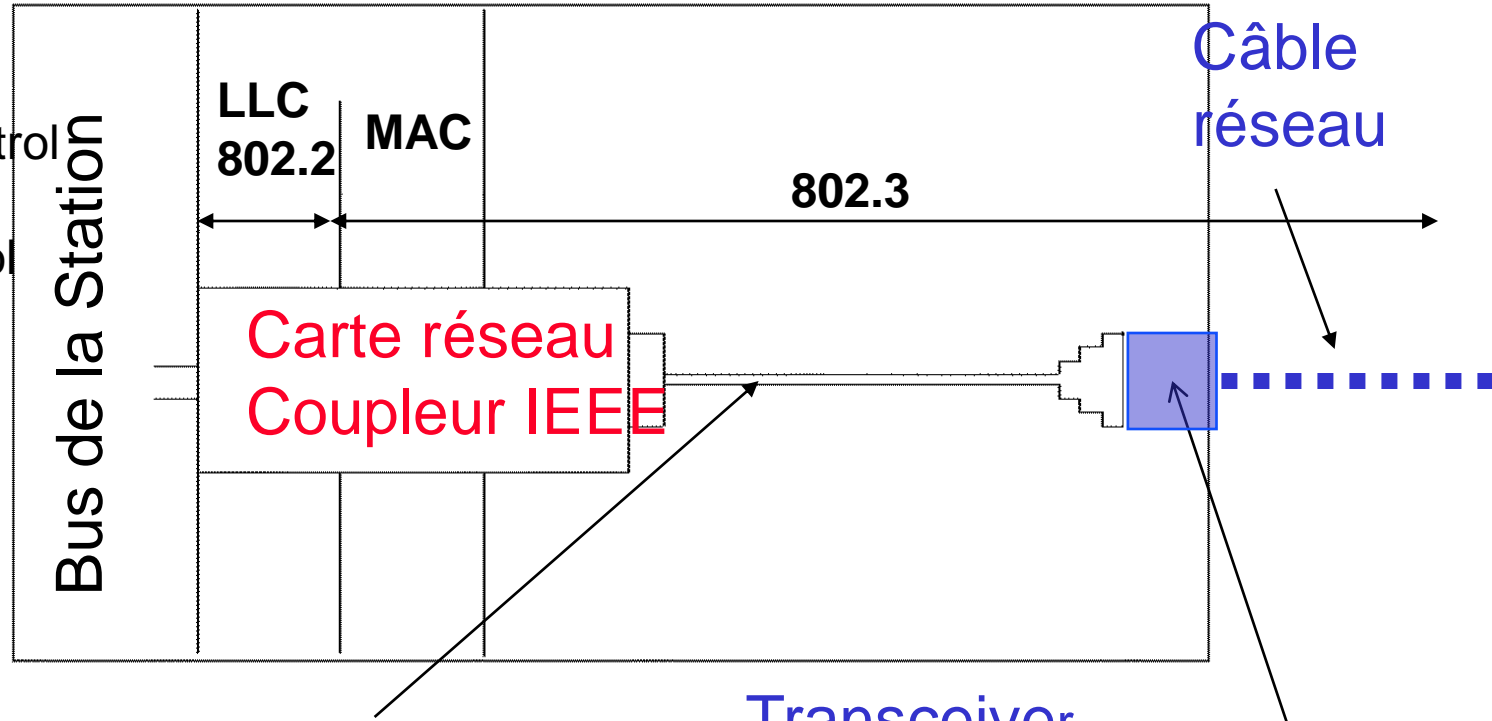
# Modèle OSI et IEEE 802

## Couche ISO

## Liaison

## Physique

MAC  
Media Access Control  
LLC  
Logical Link Control



Câble transceiver ou Drop

AUI : Attachment Unit Interface

Transceiver

MAU : Medium Attachment Unit

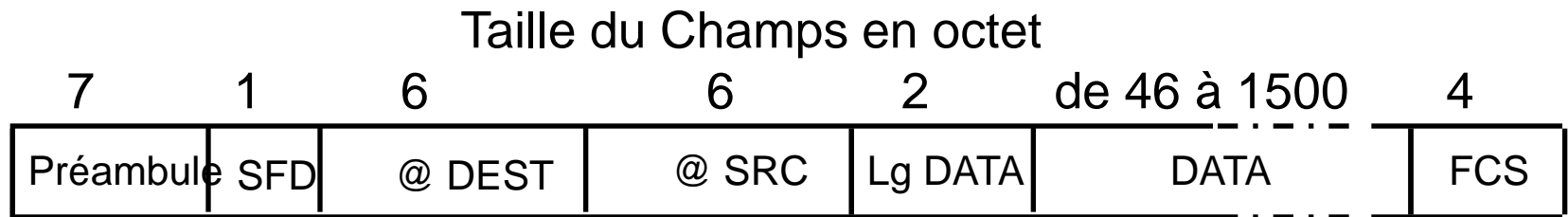
MAU : PMA + MDI

PMA : Physical Medium Attachment

MDI : Medium Dependant Interface



# Format d'une trame IEEE 802.3



- Débit d'émission / réception : 10 Mb/s
  - 10 bits par  $\mu$ s
- Longueur des trames (sans préambule et SFD) :
  - 18 octets réservés au protocole
  - Longueur minimale : **64 octets**
  - Longueur maximale : **1518 octets**

# Format d'une trame IEEE 802.3

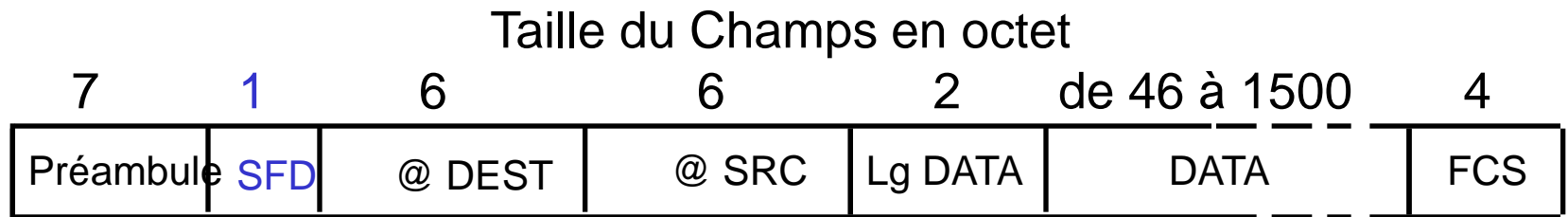
- Sens de circulation des octets
  - Premier: premier octet du préambule
  - Dernier : dernier octet de la séquence de contrôle
- Sens de circulation des bits pour un octet
  - Premier: bit de poids faible (bit 0)
  - Dernier : bit de poids fort (bit 7)
  - Inverse pour Token Ring (IEEE 802.5)

# Trame IEEE 802.3 : Préambule



- Taille : 7 octets identiques (10101010)  $\Leftrightarrow$  Simple suite continue de bit à 0 et de bit à 1
- Assez long pour servir à la synchronisation de l'horloge locale
- Pas de fin de trame

# Trame IEEE 802.3 : SFD



- SFD : Start Frame Delimitor
- Marque le début de la trame
- Taille : 1 octet
- SFD = 10101011

# Trame IEEE 802.3 : Adresses



- **L'adresse destinataire** peut donc représenter :
  - L'adresse physique d'une machine locale
  - Toutes les machines du réseau local (broadcast)
- **L'adresse source** représente seulement :
  - L'adresse physique de la station émettrice

# Trame IEEE 802.3 : Longueur



- Taille : 2 octets (valeur  $\leq 1500$ )
- Donne le nombre d'octets utilisé par les données dans 1 trame
- Type de protocole (de niveau 3) dans la version Ethernet original

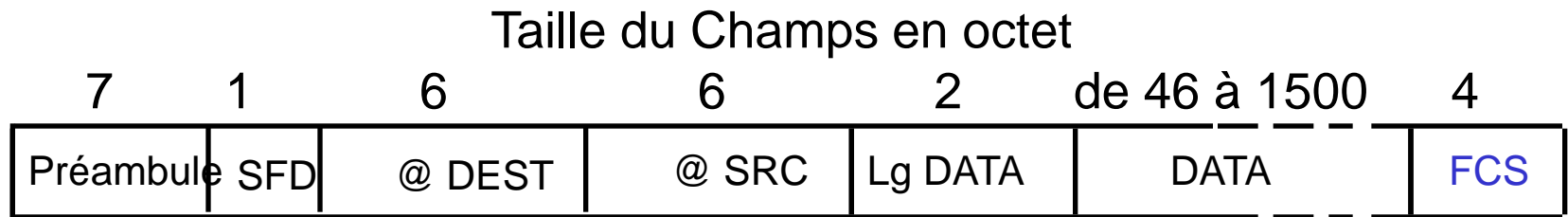
# Trame IEEE 802.3 : Données

Taille du Champs en octet						
7	1	6	6	2	de 46 à 1500	4
Préambule	SFD	@ DEST	@ SRC	Lg DATA	DATA	FCS

- $46 \leq$  Taille des données utiles  $\leq 1500$  octets
- Padding : Ajout d'octet(s) (PAD) sans signification pour envoyer moins de 46 octets de données

=> Longueur minimale de la trame : 64 octets

# Trame IEEE 802.3 : FCS



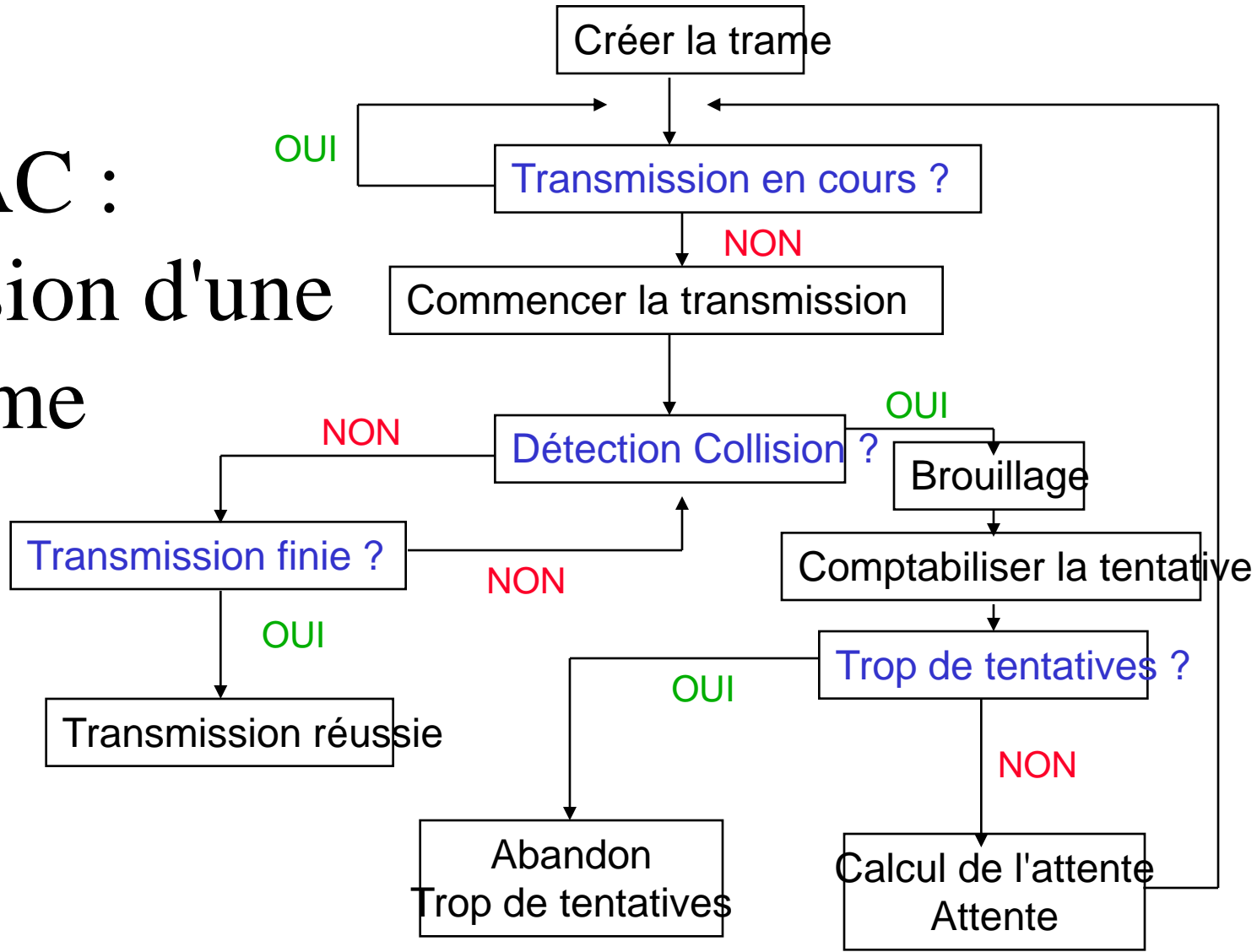
- **FCS** : Frame Check Sequence
- Contrôle à la réception de la trame par calcul
  - Calcul = CRC (Cyclic Redundancy Check) (Division polynomiale)
  - CRC sur champs destination, source, longueur et données
- Taille : 4 octets



# MAC : Transmission d'une trame

- La sous-couche LLC a fait un appel "transmet-trame".
- La couche MAC :
  - Ajoute préambule, SFD, padding si nécessaire
  - Assemble les champs : @source, @destinataire, taille, données et padding
  - Calcule le FCS et l'ajoute à la trame
  - Transmet la trame à la couche physique :
    - Si "écoute porteuse" faux depuis 9.6  $\mu$ s au moins, la transmission s'effectue.
    - Sinon, elle attend que "écoute porteuse" devienne faux,
    - Attend 9.6  $\mu$ s et commence la transmission (suite de bits).

# MAC : Transmission d'une trame



# MAC : Inter- trames

- Espace inter-trames minimal de  $9.6 \mu\text{s}$ 
  - espace inter-trames  $9.6 \mu\text{s} = 96 \text{ bits time}$  soit 12 octets
    - Utilisation du réseau dans un délai relativement faible.
    - Une machine ne peut émettre toutes ses trames en même temps : seulement les unes à la suite des autres.
  - Cet espace inter-trames permet :
    - Aux circuits électroniques de récupérer l'état de repos du média
    - Aux autres machines de reprendre la main à ce moment là

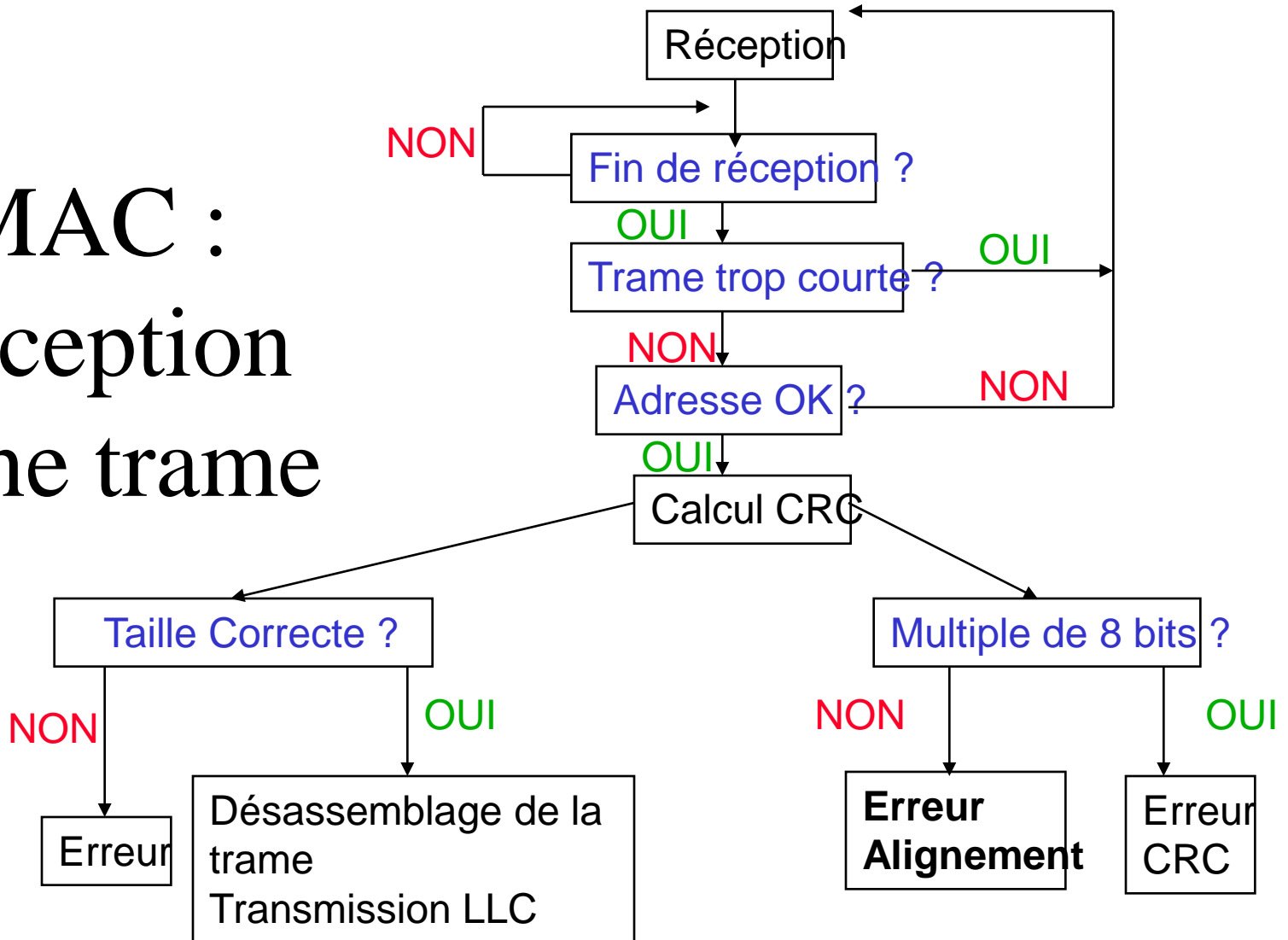
# MAC : Réception d'une trame (1)

- La couche MAC est à l'écoute du signal "écoute porteuse",
  - Reçoit tous les trains de bits qui circulent sur le câble :
  - Les limites des trames sont indiquées par le signal "écoute porteuse"
  - Ôte le préambule et le SFD
  - Analyse l'adresse du destinataire dans la trame
  - Si l'adresse de destination de la trame est différente de l'adresse de la station => poubelle
  - ....

# MAC : Réception d'une trame (2)

- Si l'adresse destination est l'@ de la station :
  - Elle découpe la suite de bits reçus en octet, puis en champs
  - Transmet à la sous-couche LLC les champs :
    - @destination, @source, taille et données
  - Calcule le FCS et indique une erreur à la couche LLC si :
    - FCS incorrect
    - Trame trop grande: >1518 octets (Sans préambule et SFD) (**Trames Jabber**)
    - Longueur de la trame n'est pas un nombre entier d'octets (**erreur d'alignement**)
    - Trame trop petite: < 64 octets (trame avec collision) (**runts ou Beacon**)

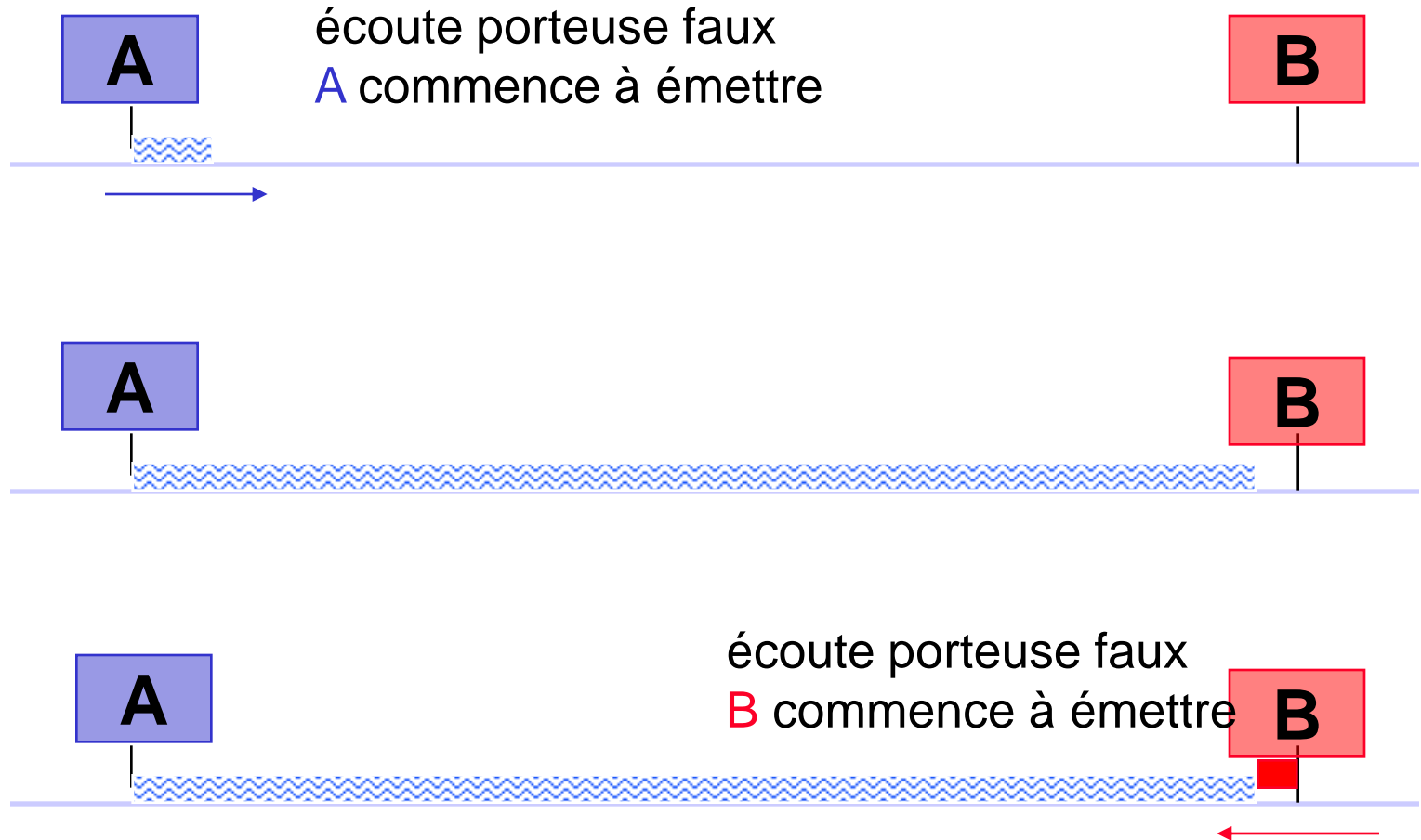
# MAC : Réception d'une trame



# Collisions : Problématique

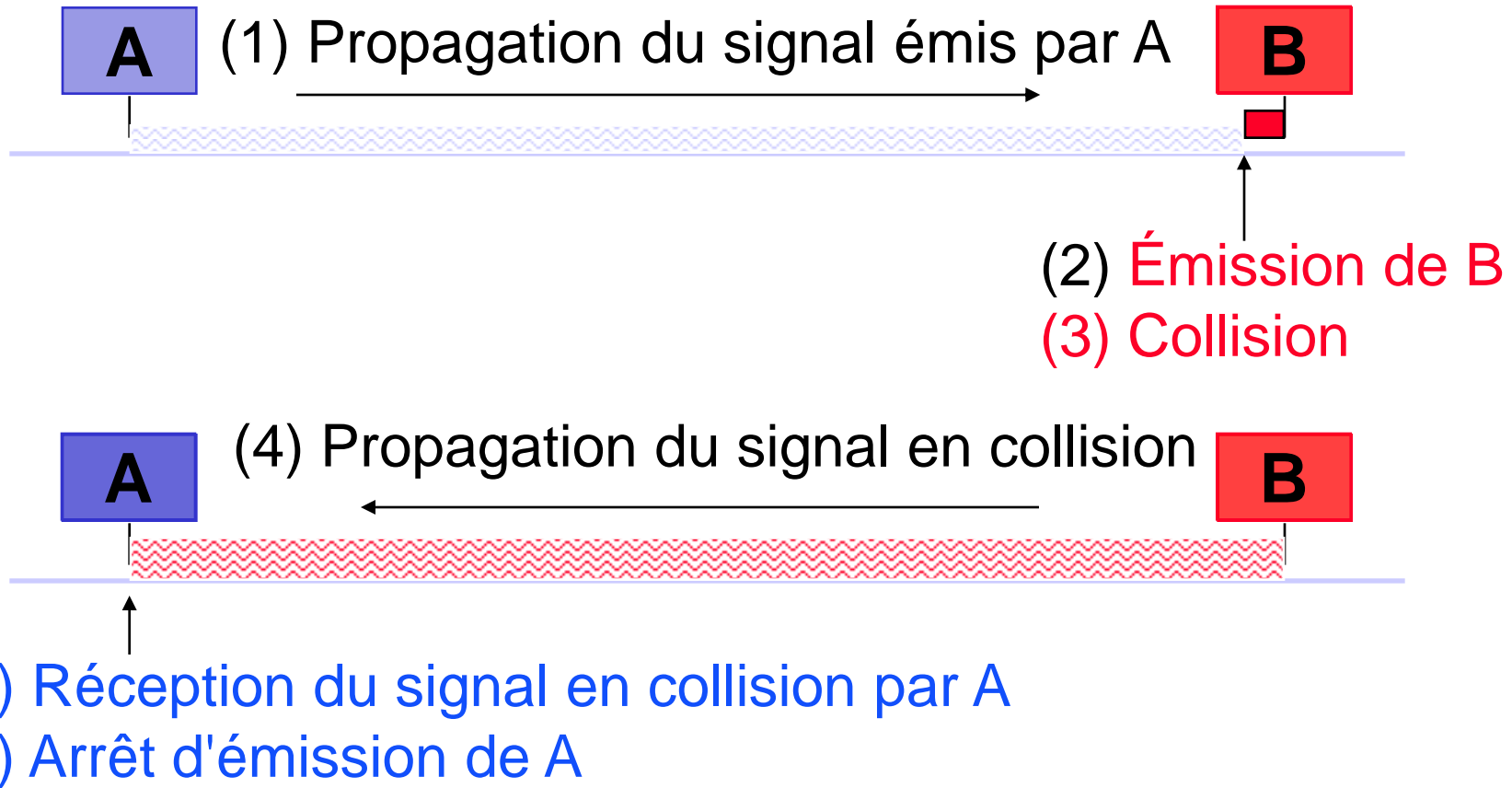
- Une station regarde si le câble est libre avant d'émettre (écoute porteuse)
- Mais le délai de propagation d'une trame sur le réseau n'est pas nul : une station peut émettre alors qu'une autre a déjà commencé à émettre
- Quand ces 2 trames émises presque simultanément se "rencontrent", il y a **collision**
- Avec un réseau **très grand** (et donc un temps de propagation d'une trame très long), ceci est **inefficace**  
=> LIMITES

# Collision : exemple





# Collision : exemple (2)



# Collisions : Solutions

- Minimiser le temps pendant lequel une collision peut se produire
  - Temps (Diffusion) = Round Trip Delay  $\approx 50 \mu\text{s} \approx 63$  octets (collision window).
  - On fixe un Slot Time =  $51.2 \mu\text{s}$  ( $\rightarrow 64$  octets) : le temps d'acquisition du canal : une collision ne peut se produire que durant ce temps
  - La station émettrice ne peut se déconnecter avant la fin du slot time pour avoir la certitude que la transmission se soit passée sans collision
- Pour tenir ce temps maximum, on impose des limitations :
  - Longueur, nombre de segments et de boîtiers traversés par une trame (Règle du 5-4-3)...

# Collisions : Détection

- Réseau probabiliste
- Émetteur :
  - Émet au minimum après  $9.6\mu\text{s}$
  - Écoute le signal "**détection de collision**" pendant  $51.2\mu\text{s}$  (64 octets) à partir du début d'émission
  - S'arrête d'émettre quand il détecte une collision
- Récepteur :
  - réception d'une trame  $< 64$  octets  $\Rightarrow$  collision

# Collisions : En envoi de trame

- Couche MAC transmet la suite de bits à la couche physique
  - Pendant le début de la transmission (Slot Time = 512 bits= 64 Octets), elle teste le signal "détection de collision" que lui fournit la couche physique
  - S'il y a collision, la station commence par **renforcer** cette collision en envoyant un flot de 4 octets (**jam**) pour prévenir toutes les machines du réseau

# Collisions : Ré-émission

- La station attend =  $R \times 51,2 \mu s = R \times \text{"Slot Time"}$   
(algo. BEB = Binary Exponential Backoff)
- R entier,  $0 \leq R < 2^K$  avec  $K = \min(n, 10)$ 
  - n = nombre de ré-émissions déjà faites (modulo 10)
- Elle émet à nouveau, 15 ré-émissions maximum
- Si la 15ième ré-émission échoue, la couche physique retourne le statut "Trop d'erreurs de collision" à la couche directement supérieure

# Paramètres d'Ethernet 10Mbps

Parameter	Value
Bit Time	100 nsec
Slot Time	512 bit times
Interframe Spacing	96 bits *
Collision Attempt Limit	16
Collision Backoff Limit	10
Collision Jam Size	32 bits
Maximum Untagged Frame Size	1518 octets
Minimum Frame Size	512 bits (64 octets)

\* The value listed is the official interframe spacing.

# LAN de 2ème Génération

## Fast Ethernet

# LAN à 100 Mb/s

- 1993 : 2 approches concurrentes
  - Fast Ethernet (CSMA/CD) => IEEE 802.3u
    - Alliance de 40 sociétés pour élaborer la norme
  - 100 VG Anylan => IEEE 802.12
    - Solution mise en place par HP, IBM ...
- Juin 1995 : IEEE 802.3u et IEEE 802.12 ratifiés
- 1997 : 1 Vainqueur Fast Ethernet (IEEE 802.3u )



# Fast Ethernet

- Principes, mécanismes
- Les normes 100 Base TX, FX
- Câblage
  - Types de répéteur
  - Contraintes et règles de topologie

# Paramètres d'Ethernet 100Mbps

Parameter	Value
Bit Time	10 nsec
Slot Time	512 bit times
Interframe Spacing	96 bits
Collision Attempt Limit	16
Collision Backoff Limit	10
Collision Jam Size	32 bits
Maximum Untagged Frame Size	1518 octets
Minimum Frame Size	512 bits (64 octets)


# Fast Ethernet : Principes (1)

- Fast Ethernet = Ethernet 10 Mb/s en 10 fois plus rapide avec le soucis principal de **ménager l'existant**
  - 802.3u <=> extension de 802.3
  - Câblage structuré existant **pérennisé** (pour fibres et paires torsadées)
  - Par contre **disparition du coaxial** (non liée aux performances)
    - Mais pour confidentialité et protection contre erreur utilisateur
- Évolution du CSMA/CD à 100 Mb/s
  - Reste simple, efficace, mais non déterministe
  - Gestion des collisions, format et longueur de trames **identiques**
  - Slot Time à 5.12  $\mu$ s et Inter-trames 0.96  $\mu$ s (96 temps bit)
  - **Full-Duplex : Plus de contrainte du CSMA/CD (Switch)**

# Fast Ethernet : Auto-négociation (1)

- Mécanisme de détection du mode de fonctionnement du matériel connecté (issu de National Semiconductor)
  - Optionnel, mais très répandu
  - **Recommandé** par la norme, les constructeurs conseillent le + possible **de fixer** les paramètres
  - **Uniquement pour paires torsadées**
    - Débit **fixe** (100 Mb/s) pour la fibre optique
    - Ne reconnaît pas le type de câble (catégorie)
  - Sélection vitesse/mode d'échange : 10/100Mb/s, full/half duplex

# Fast Ethernet : Auto-négociation (2)

- Permet de détecter par ordre de priorité :
  - 1 : 100 Base TX Full Duplex,
  - 2 : 100 Base TX,
  - 3 : 10 Base T Full Duplex,
  - 4 : 10 Base T

Sinon pas de connexion
- Auto-négociation aux 2 extrémités : 2 Matériels 100
- Auto-négociation à 1 extrémité : Matériel 100 avec Matériel 10
- Avantages : Pas de connexion non négociable possible
- Désavantages : Attention aux résultats (full/half)

# 100 Base TX

- Câble catégorie 5
- Distance maximum : 100 mètres
- Câblage RJ45 (comme 10 base T)
  - Droit (station) (1 TX+, 2 TX- , 3 RX+, 6 RX-)
  - Croisé (1 - 3, 2 - 6, 3 - 1, 6 - 2)

# 100 Base FX

- Multimode 62.5/125
- Emission à : 1350 nm
  - Connecteurs SC,ST, ....
  - Longueur maximale : 400 m (Half Duplex)
  - Longueur maximale : 2000 m (Full Duplex)
- Monomode 9/125
  - Distance maximale : 20 Kms (Full Duplex)

## Gestion de collisions

### ➤ Deux grandes approches :

#### ❑ Approche optimiste

- Envoyer
- Détecter s 'il y a eu collision
- Si oui appliquer une méthode de résolution de conflit

#### ❑ Approche pessimiste

- Donner à chaque machine le droit exclusif d'émettre
- pendant une durée limitée du temps.
- Il faut prévoir un mécanisme de négociation de droit d'émission entre les machines.



# Jeton sur anneau

## Définition

Un jeton est une trame particulière et **unique**

## Principe

- Les stations sont connectées sur un anneau logique unidirectionnel
- Le jeton circule d'une station à une autre
- Une station a le droit d'émettre une trame si elle possède le jeton.
- Une trame envoyée par station est retirée de l'anneau par la station émettrice.

Exemple :

# Jeton sur anneau

- Problèmes
    - l'existence du jeton
    - l'unicité du jeton
    - absence de *famine*
  - Solution
    - Une station particulière (moniteur) dite station de surveillance se charge de vérifier l'existence et l'unicité du jeton
    - Des règles d'échange du jeton doivent être définies
- afin d'éviter la famine de certaines stations

## Exemple : le protocole 802.5

- Réseau Token Ring d'IBM (1982). Débit 4Mb/s.
- Normalisé en 1985 par la comité 802.5 de l'IEEE.
- Taille trame  $\leq 4500$  octets (selon version)
- Chaque trame possède, entre autres champs, un champ de contrôle

P P P T M R R R

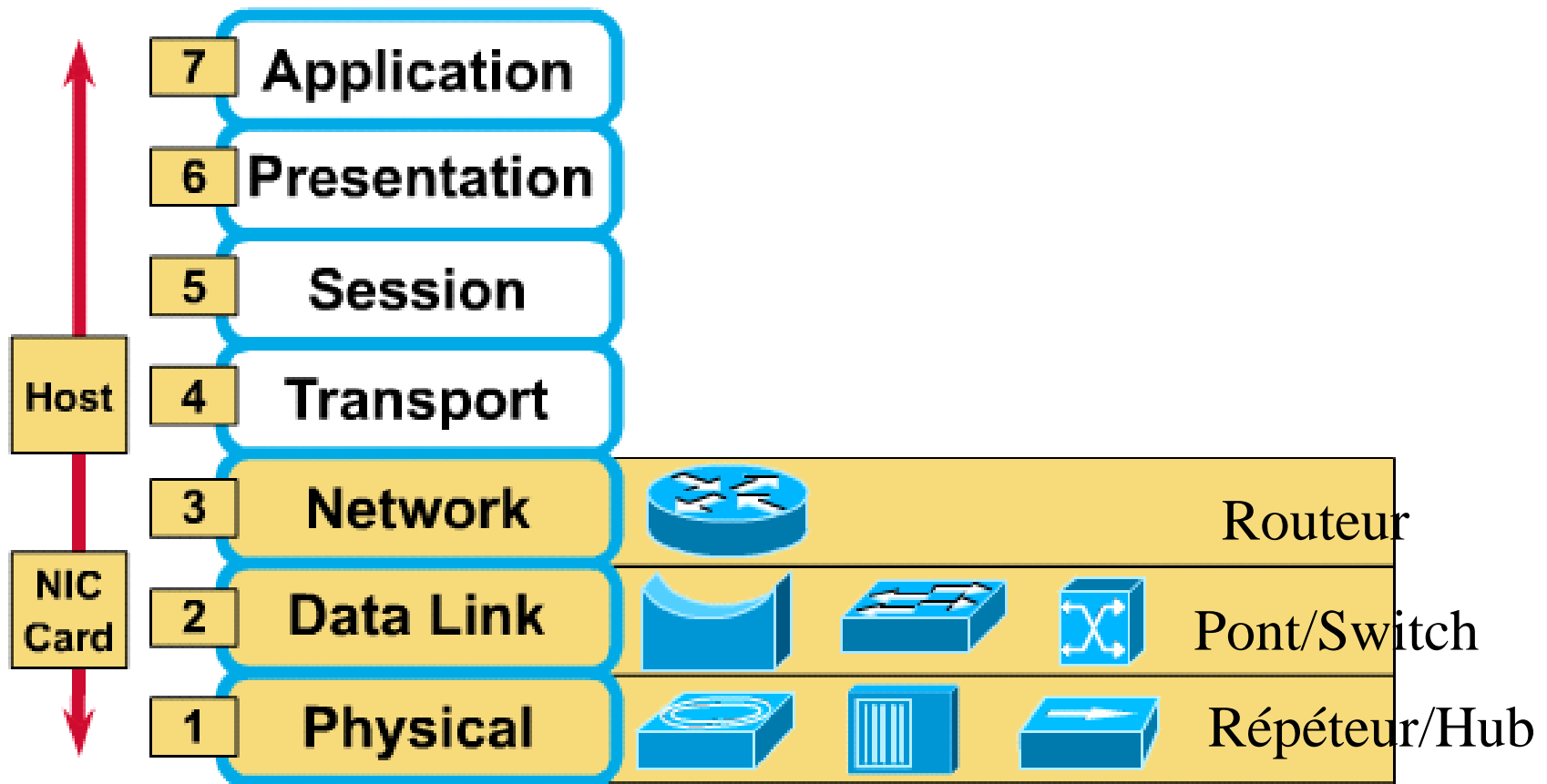
- PPP : Niveau de priorité
- T(0/1) : jeton/trame
- M : Bit de surveillance
- RRR : Niveau de réservation

# Interconnexion des Réseaux Locaux

# Plan

- Les différents matériels que l'on peut trouver sur un réseau LAN:
- Selon la recommandation X.200 (UIT-T)
  - Répéteur, répéteur multi-ports (étoile, hub)
  - Pont, commutateur (Switch)
  - Routeur et passerelle

# Equipements d'interconnexion



# Répéteur (2 ports)

- Fonctions principales :
  - Régénération
  - Duplication du signal
    - Augmente la distance entre 2 stations en reliant 2 segments Ethernet
    - Augmente le nombre de machines connectable au réseau
  - Partitionnement en cas de collisions excessives (30 à la suite)
  - Ne regarde pas le contenu de la trame
  - N'a pas d'adresse Ethernet
- Avantages : sans aucune administration
- Désavantages : ne diminue pas la charge et ne filtre pas les collisions (Domaine de Collision)

# Concentrateur $\approx$ répéteur Multiports

- Souvent appelé étoile, **hub**, multi-répéteur :
  - Fonction de répéteur avec une structure en étoile
  - Les multi-répéteurs n'ont pas d'adresse Ethernet
  - Permet de changer de média (électrique-optique),
    - Avec éléments modulables ou non
    - Avec un type de carte par média
  - Fonction de partitionnement pour chacun des ports
    - Segment en faute automatiquement coupé

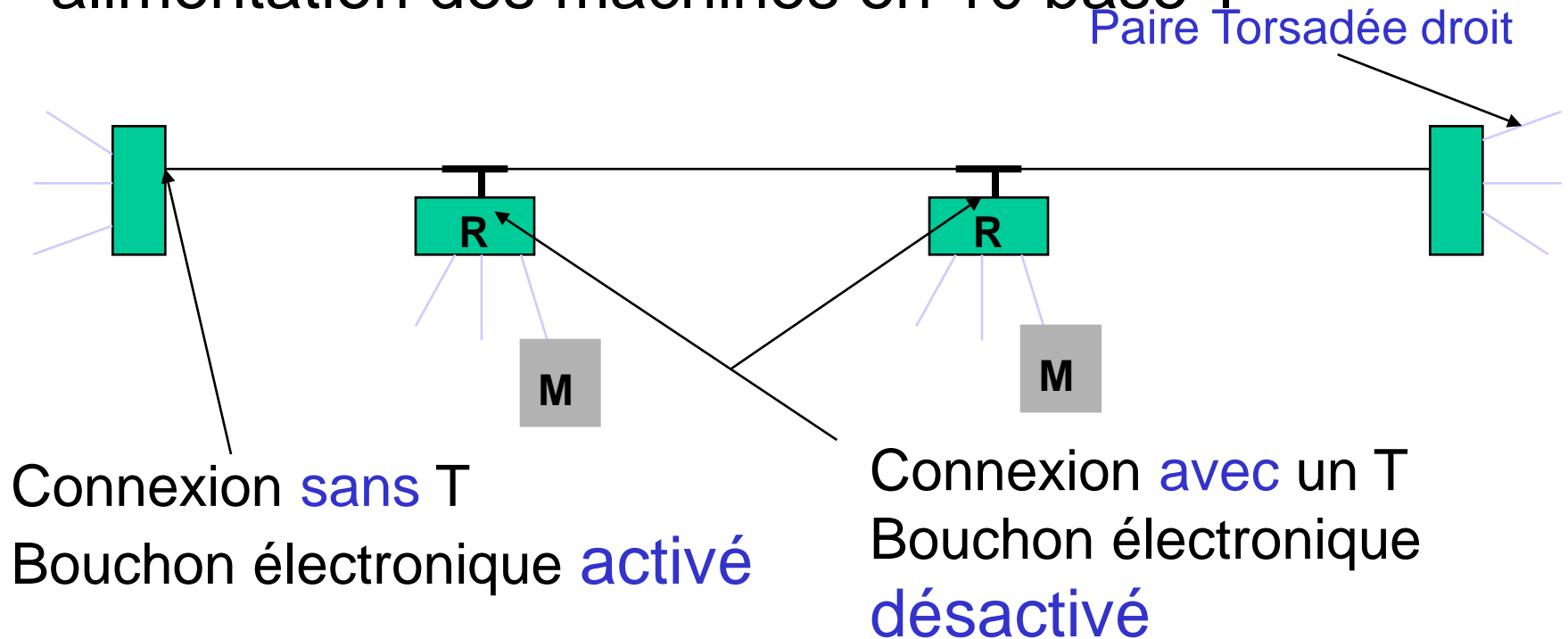


# Exemple multi-répéteur simple (1)

- 16 ports 10/100BaseTX + 1 Port 10 base2 + 1 AUI
- Coût faible (en permanente diminution!)
- Manière économique de conversion de média
- Bouchon 50  $\Omega$  électronique sur port 10 base2
- Utilisation AUI nécessite l'achat d'un transceiver

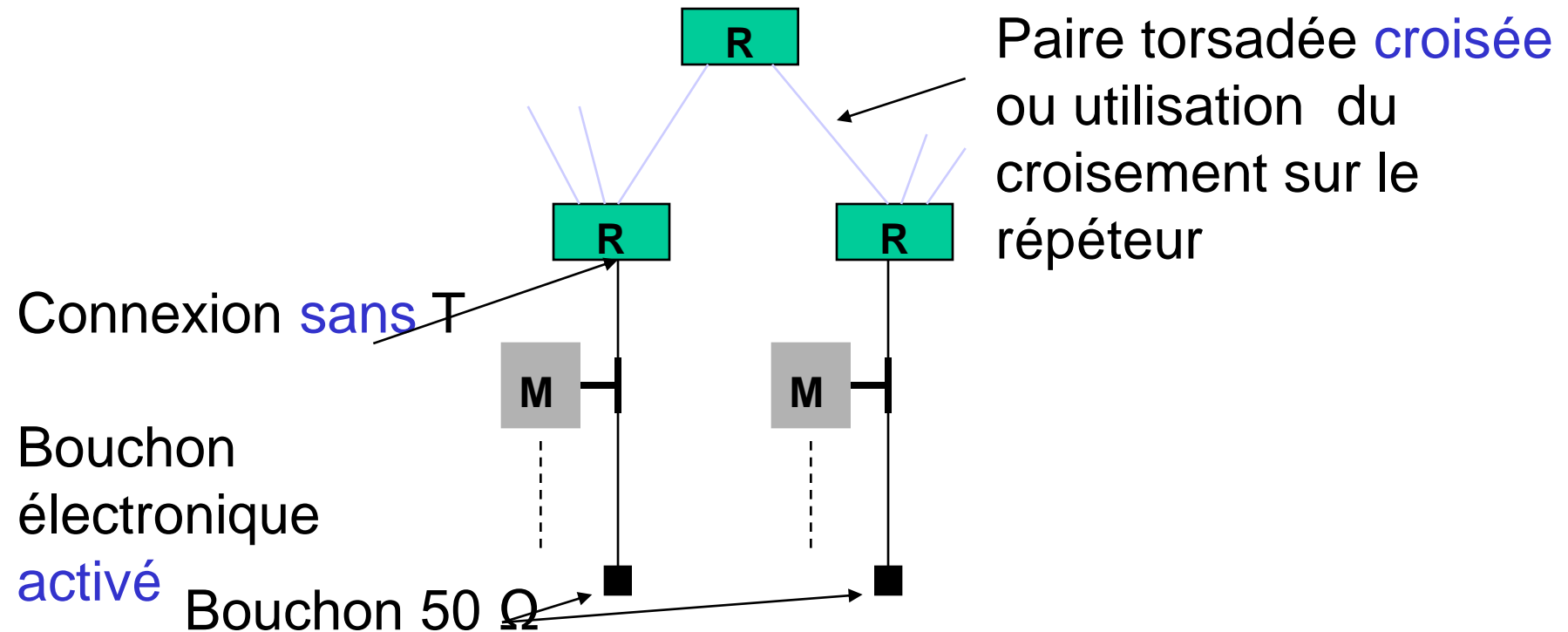
# Exemple multi-répéteur simple (2)

- Cas d'une "dorsale" en 10 base 2 avec alimentation des machines en 10 base T



# Exemple multi-répéteur simple (3)

- Cas d'une "dorsale" en 10 base T avec alimentation des machines en 10 base 2

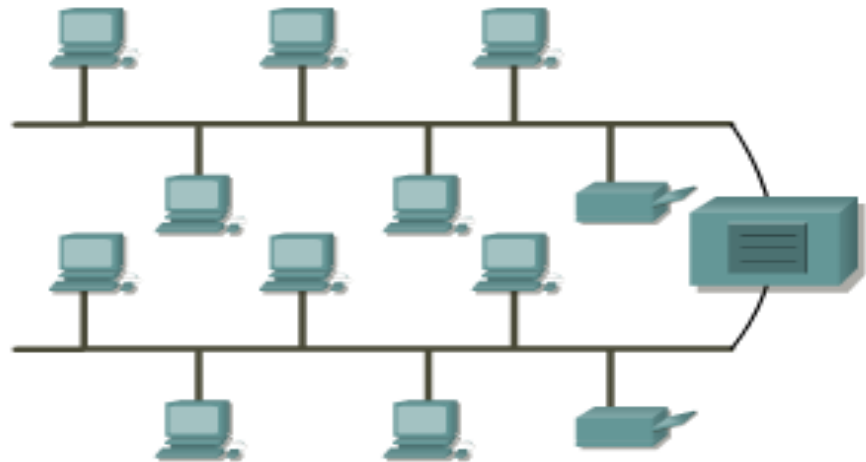


# Domaines de collision

**Shared Access is a Collision Domain**



**Collision Domain- Extended by Repeater**



**Collision Domain- Created by hub**



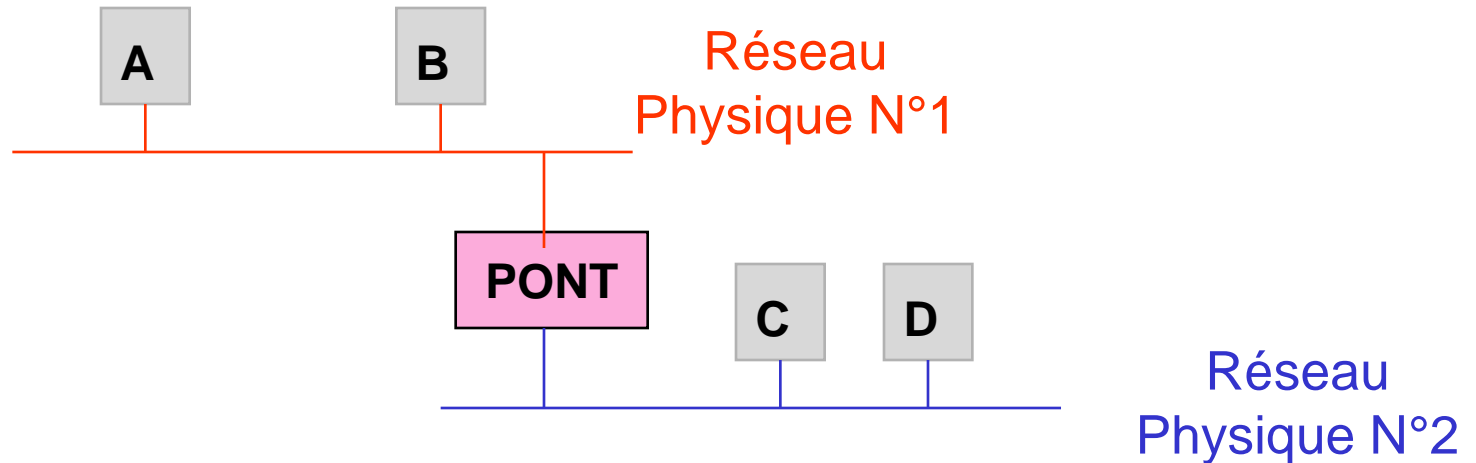
**Collision Domain- Extended by Repeater**



# Interconnexion : Pont (1)

- Aussi appelé pont filtrant ou "bridge"
  - Base : 2 ports comme un répéteur de base, avec CPU et mémoire
- Buts :
  - Diminuer la charge des réseaux en coupant en 2 segments le domaine de collision
  - Augmente aussi la distance maximale entre 2 stations
- Niveau de la couche liaison de données
  - Adresse Ethernet
  - Transparent par rapport aux stations

# Interconnexion : Pont (2)



- Le pont par **auto apprentissage** des adresses des machines sait qui se trouve sur chacun des réseaux physiques
- Fonctions de **filtrage** (sauf à l'initialisation) :
  - Les trames A <---> B ne vont pas sur Réseau Physique 2
  - Les trames C <---> D ne vont pas sur Réseau Physique 1

# Interconnexion : Pont (3)

- Trois modes de fonctionnement
  - Par **auto apprentissage** (sans administration)
  - Par **table figée** avec les adresses des stations (administration sévère de bas niveau)
  - Ou **mixte** avec des filtres manuels
- Il y a aussi le « Source Routing » de T.R.

# Interconnexion : Pont (4)

- Avantages :
  - Assure un débit de pratiquement 10 Mb/s ou 100Mb/s
  - Filtrage des trames inutiles et les collisions
  - Pas de limite de distance sauf règle 5-4-3
  - Peu d'administration
- Désavantages :
  - Ne filtre pas les broadcast ou multicast
- Remplacé par les commutateurs (multi-ports)



## Exemple : accès à un serveur Web

- Sans pont : 7 étapes
- Avec pont : 7 étapes + table de pontage
- Conclusion :
  - Les ponts transparents transmettent les trames de broadcast, multicast et unicast inconnues.
  - La trame est complètement reçue et traitée sur le pont ce qui entraîne une augmentation du temps de latence par rapport à un seul segment.
  - 1 seul domaine de broadcast ➔ 1 seul sous réseau

# Commutateurs

- Très souvent appelé aussi switch
- Plan :
  - Justification
  - Principes et architecture
  - Critères de choix
  - Algorithme de spanning tree

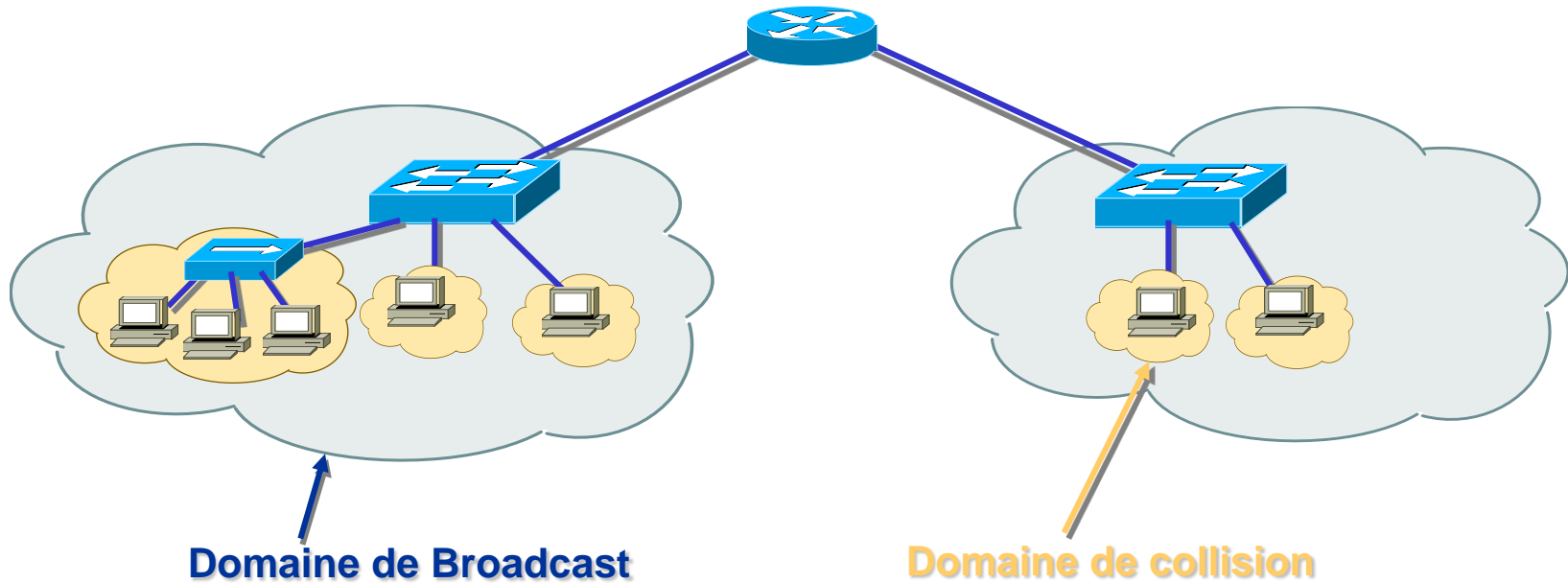
## Exemple : accès à un serveur Web

- Sans pont : 7 étapes
- Avec pont : 7 étapes + table de pontage
- Avec un switch :
  - la même chose sauf qu'ici les équipements sont reliés chacun à un port, alors que dans le cas du pont, on a 2 ports seulement.
- Conclusion :
  - L'emploi d'un switch permet de réduire les risques de collision.
- **Domaine de collision** : un ensemble de cartes réseau qui ne peuvent émettre une trame en même temps sans rentrer en collision.
- **Domaine de broadcast** : un ensemble de cartes réseau qui reçoivent toutes les trames émises en broadcast par l'une d'entre elles.

# Commutateurs : Justification

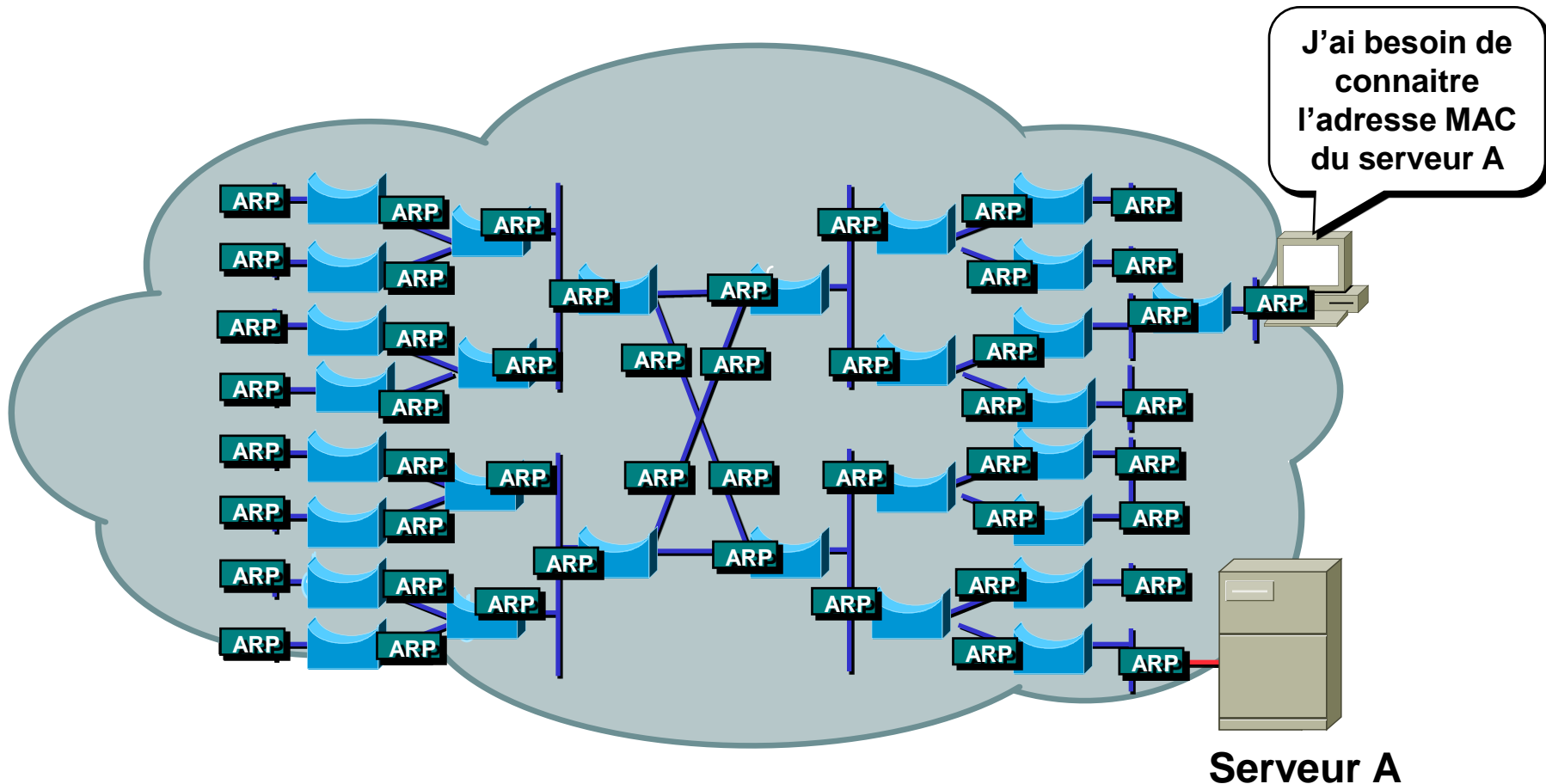
- Accroissement important des besoins en débits
  - Augmentation du parc informatique (micro puissants)
  - Évolution des applications (bande passante), nouveaux serveurs internet
- Problèmes à résoudre sur les LANs
  - Charge croissante (multimédia)
  - Collisions, broadcast et multicast

# Commutateurs : Justification



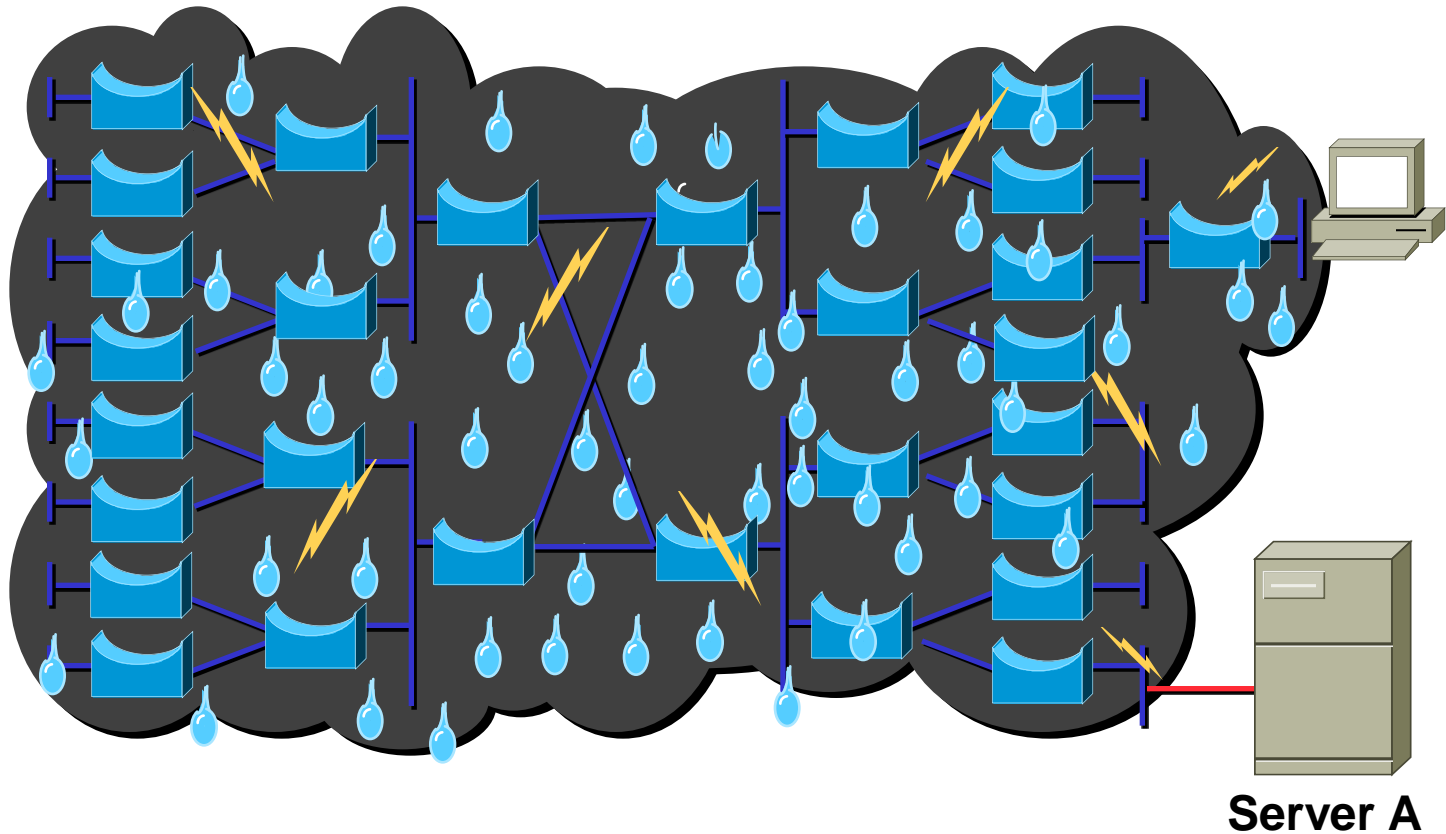
- Les **répéteurs** ne séparent pas les domaines de collision. Les **Ponts, les commutateurs** et les **routeurs** oui.
- Les **répéteurs, ponts et commutateurs** ne séparent pas les domaines de broadcast. Les **Routeurs OUI !**

# Commutateurs : Justification



- Multicast, broadcast, et destinations inconnues deviennent des événements globaux !

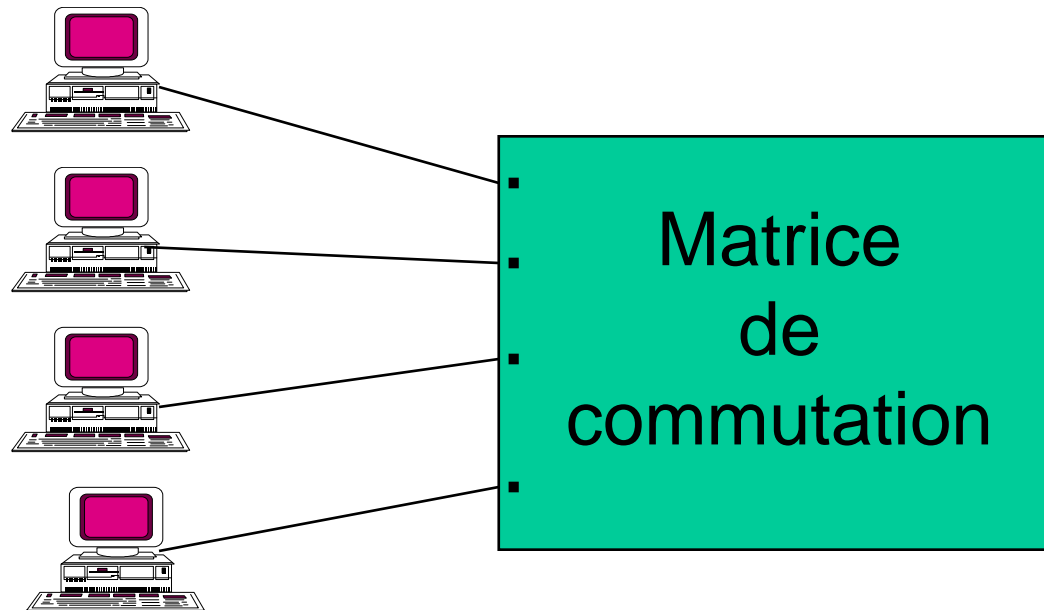
# Commutateurs : Justification



- Les Broadcasts peuvent consommer toute la bande passante !
- Tous les équipements doivent décoder les trames broadcast.

# Commutateurs : Principes

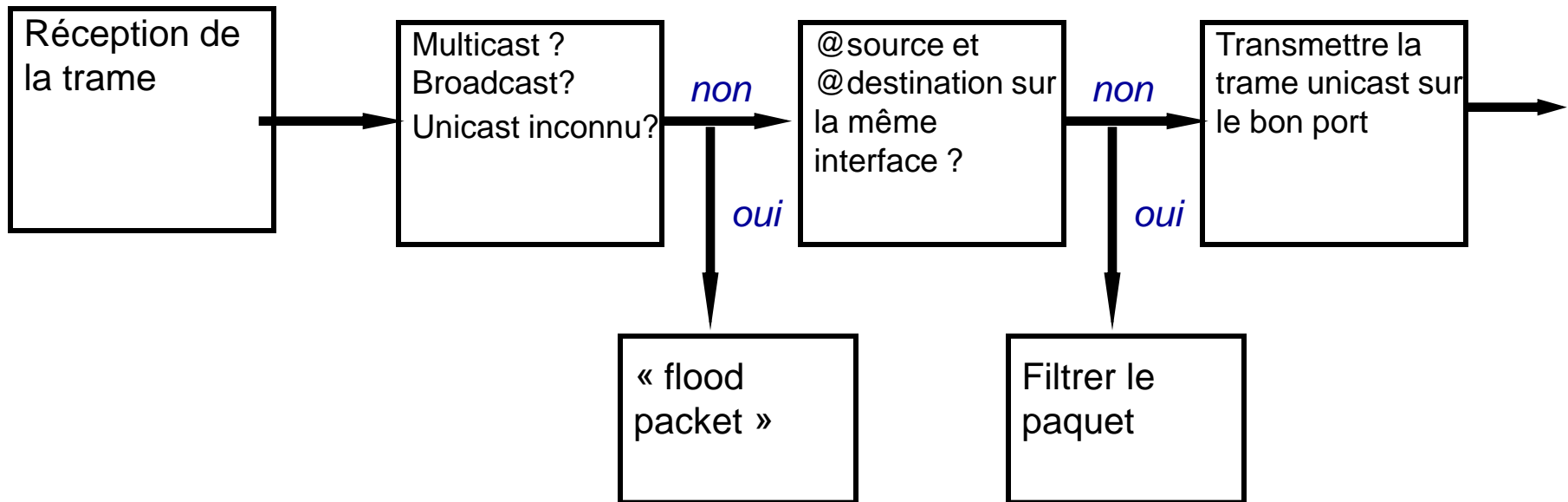
- Fonctionnement **type "multi-ponts"**
- Processeurs spécialisés : ASIC (Commutation niveau Circuits Intégrés)
- Ports avec **bande passante "dédiée"** et non partagée





# Commutateurs : Algorithme

ports	1/1	1/2
@MAC	@A	@B



# Méthodes de commutation (1)

- La commutation "**On the fly**" ou "**Cut through**"
  - Lecture des premiers octets de la trame ethernet
    - principalement de **l'adresse de destination**
  - Commute la trame vers le ou les port(s) de sortie
  - Les stations doivent avoir le même débit(symétrique)
- Avantages : **temps de latence très faible**
  - Inférieur à 20µs, et indépendant de la longueur de la trame
- Inconvénients : Retransmission des erreurs
  - **Inutilisable** avec commutateur de **≠ protocoles**
    - Ethernet 10 avec ports haut débit (uplink) ATM ou FDDI ...

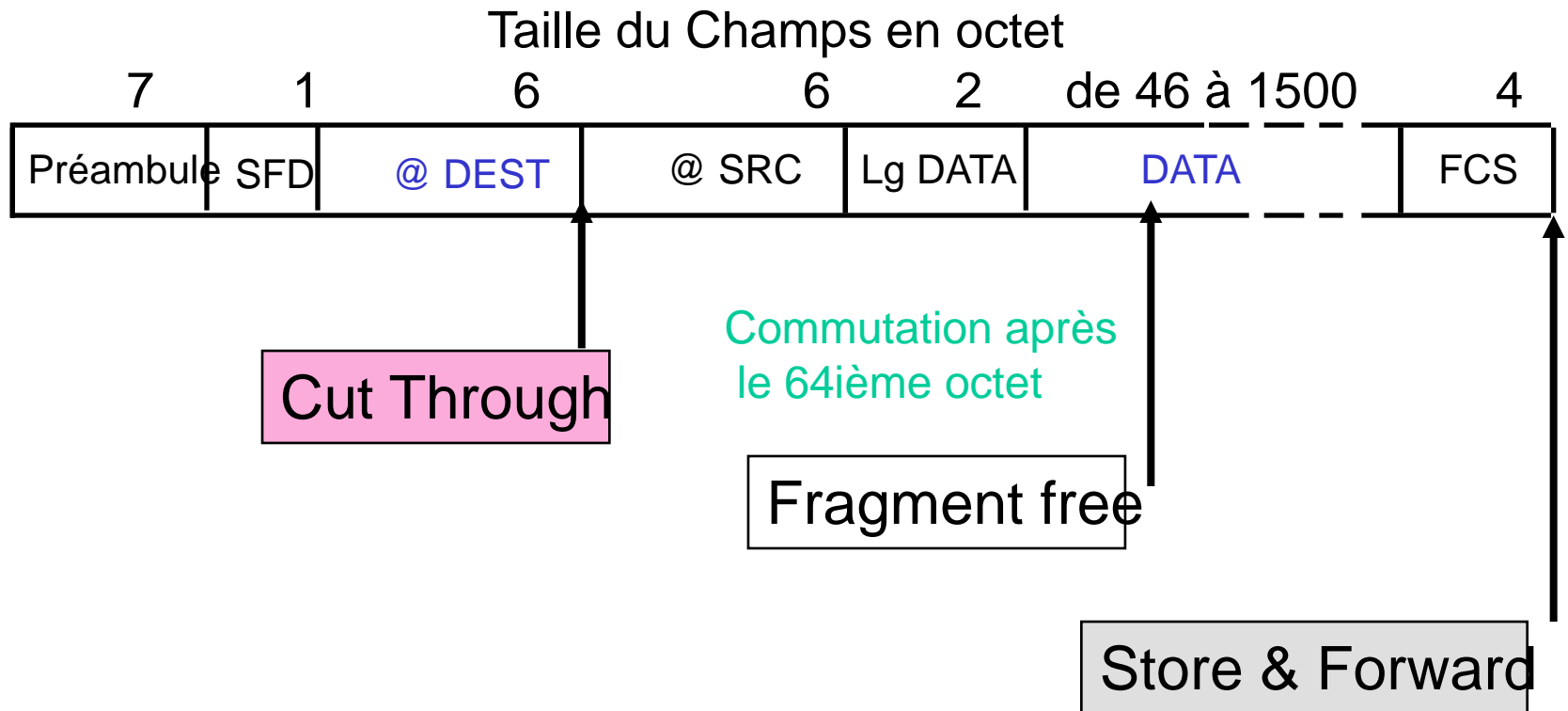
# Méthodes de commutation (2)

- La commutation "Store & Forward"
  - Lecture complète de la trame et stockage
  - Commutation vers le port de sortie
  - Commutation asymétrique( stations avec débits différents)
- Avantages
  - Adaptée aux commutateurs de  $\neq$  protocoles
  - Traitement des erreurs
- Inconvénients
  - Plus lent que la commutation "on the fly"
  - Temps de latence = fonction(longueur de trame)

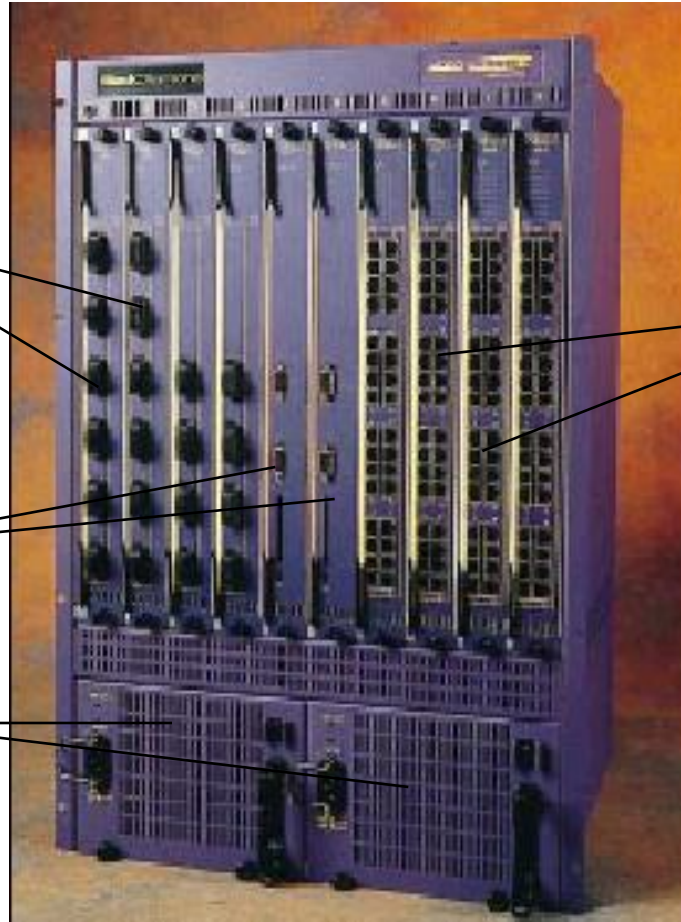
# Méthodes de commutations (3)

- Méthode "adaptive"
  - Démarrage en mode "cut through"
  - Passage en "store & forward" à partir d'un certain seuil du taux d'erreurs (paramétrable ou non)
  - Retour mode "cut through" en dessous du seuil
  - Fixé par commande de l'administrateur
- Méthode "fragment-free"
  - "cut through", mais sans les "runts" (< 64 octets)
    - « Dans un réseau qui fonctionne correctement, les fragments de collision doivent être d'une taille inférieure à 64 octets. »

# Commutation : Récapitulatif



# Exemple Haut de gamme



Cartes de  
commutation avec  
connecteur SC pour  
fibre

Cartes de commutation  
avec connecteur RJ45

Cartes de  
supervision  
redondante

Alimentations  
électriques  
redondante

# Commutateurs : Critères de choix (1)

- Performances
  - Débit : vitesse maximale à laquelle le commutateur peut transmettre des paquets sans perte - Fond de panier (**Backplane**) -
  - Taux de perte : pourcentage de trames envoyées mais non retransmises par le commutateur dans une fenêtre de temps prédéterminée
  - Temps de latence : selon stratégie Cut through et/ou Store & Forward

# Commutateurs: Critères de choix (2)

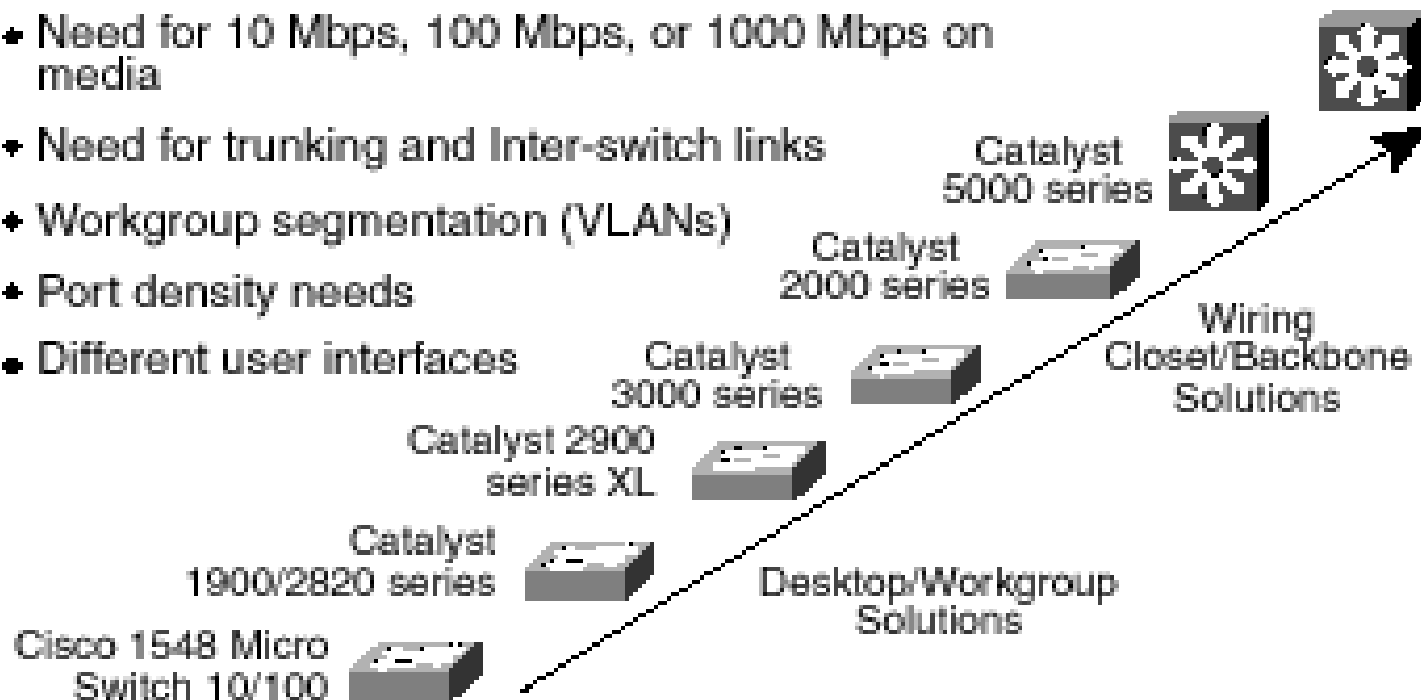
- Coût par port
- Nombre d'adresses MAC gérées par port
  - Usage en commutateurs de segments ou de stations
- Présence de ports haut débit (uplink)
- Type d'administration par SNMP, telnet, spécifique ...



# Choix des switch

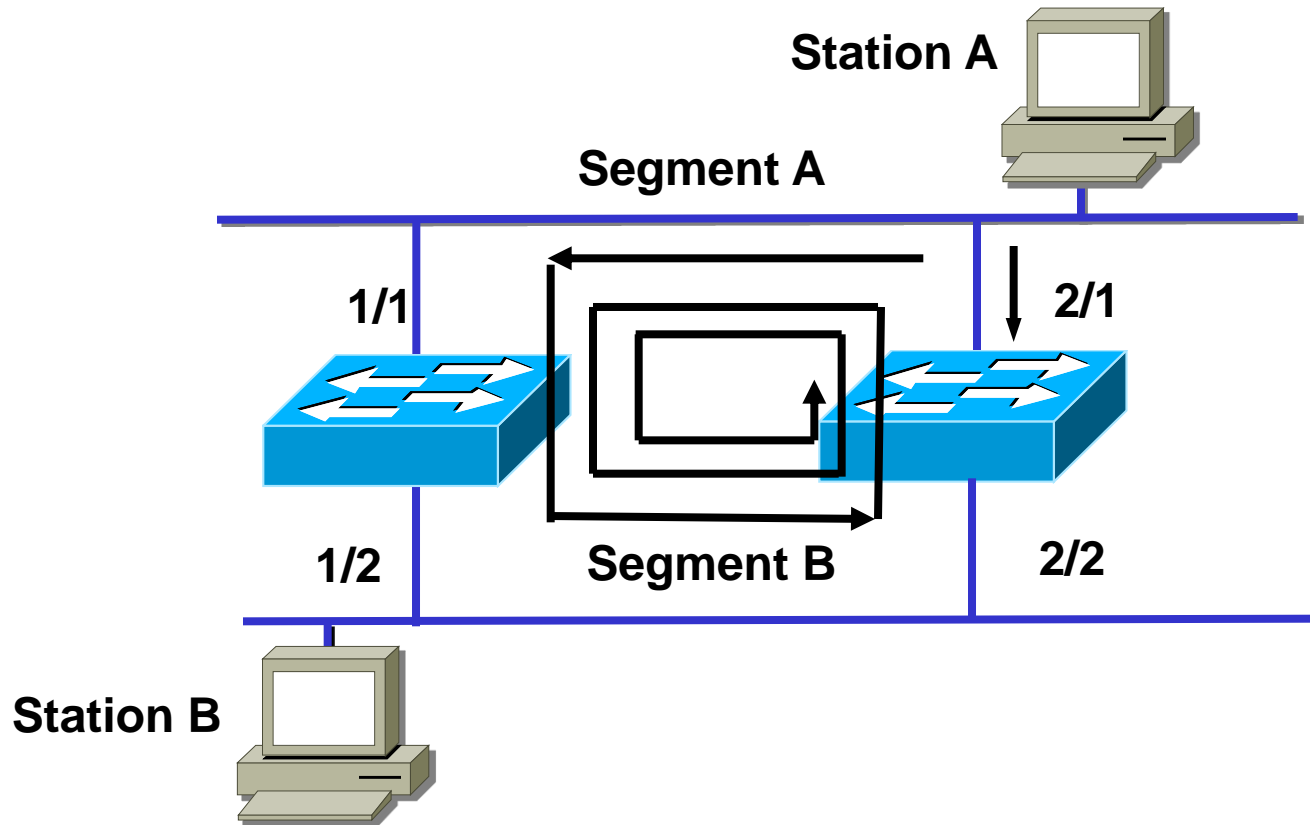
## Selection Issues:

- Need for 10 Mbps, 100 Mbps, or 1000 Mbps on media
- Need for trunking and Inter-switch links
- Workgroup segmentation (VLANs)
- Port density needs
- Different user interfaces



# Spanning Tree

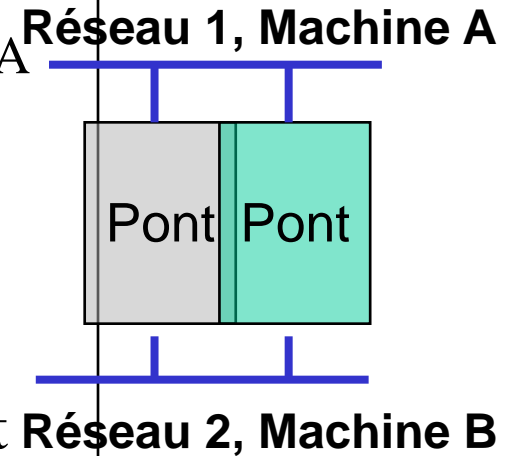
Qu'est ce qu'une boucle de niveau 2 ?



- Les boucles apparaissent à chaque fois qu'il existe plusieurs chemins vers une même destination.
- Les trames circulent indéfiniment !

# Spanning Tree (802.1D) : Pourquoi

- Cas de 2 ponts en parallèle :
  - A envoie une trame à B
    - 2 chemins possibles, chaque pont voit une trame de A
    - Chaque pont conclut que A est sur le réseau 1
  - B reçoit les trames en double (problème de charge)
  - Les 2 ponts écoutant toutes les trames sur le réseau B => les 2 ponts pensent alors que A est sur le réseau 2
  - Les ponts changent leurs tables internes pour indiquer que A est sur le réseau 2
  - Et ainsi de suite en fonction de l'émetteur / récepteur ...



# Spanning Tree (802.1D) : Rôle

- **Protocole de communication Inter-Switches**
- **But** : Éliminer automatiquement les boucles dans le réseau Ethernet (erreur de branchement ou volonté délibérée de redondance)
  - 1 chemin unique possible entre 2 machines du réseau local
  - Ceci est réalisé en **inhibant** de(s) port(s) de Switch(s)
  - Le spanning tree permet une reconfiguration automatique en cas de changement de topologie

# Spanning Tree : **Principes**

- Communication entre switches pour avoir une topologie sans boucle.
- Echange Basé sur l'envoi **BPDU** (**B**ridge **P**rotocol **D**ata **U**nit) à une adresse réservée
  - $\text{BPDU} \approx [\text{ID racine}, \text{ID Pont émetteur}, \text{N}^\circ \text{ de port}]$

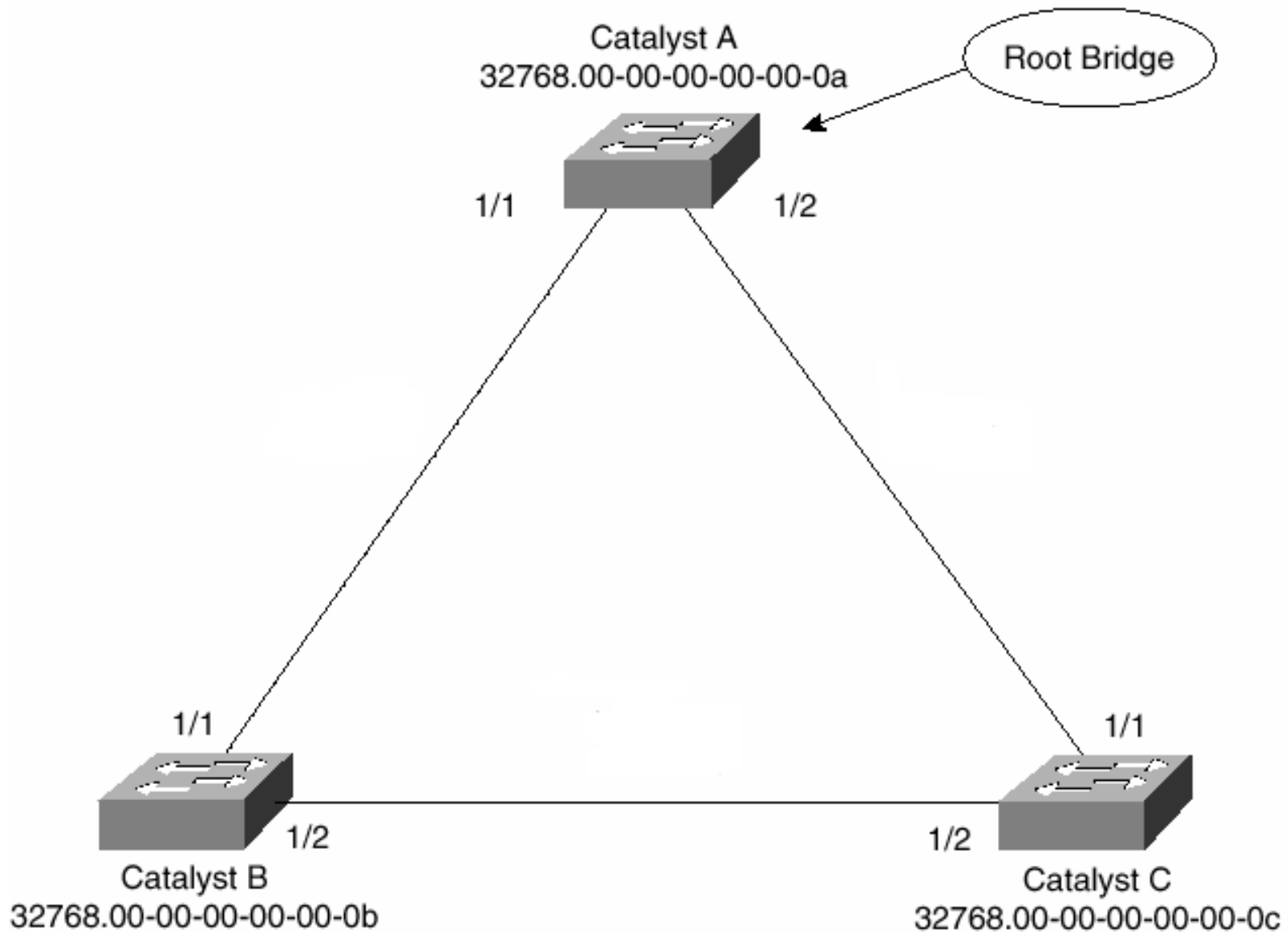
# STP: Root Bridge

Processus D'élection :

Celui qui a le plus bas SwitchID  
(8=2+6 Octets) :

- **Bridge Priority (2 bytes** de 1 à 65535 configurable, par défaut 32768.)
- **MAC Address (6 bytes)**

# STP: Root Bridge (Example)



# STP: Les Root Ports

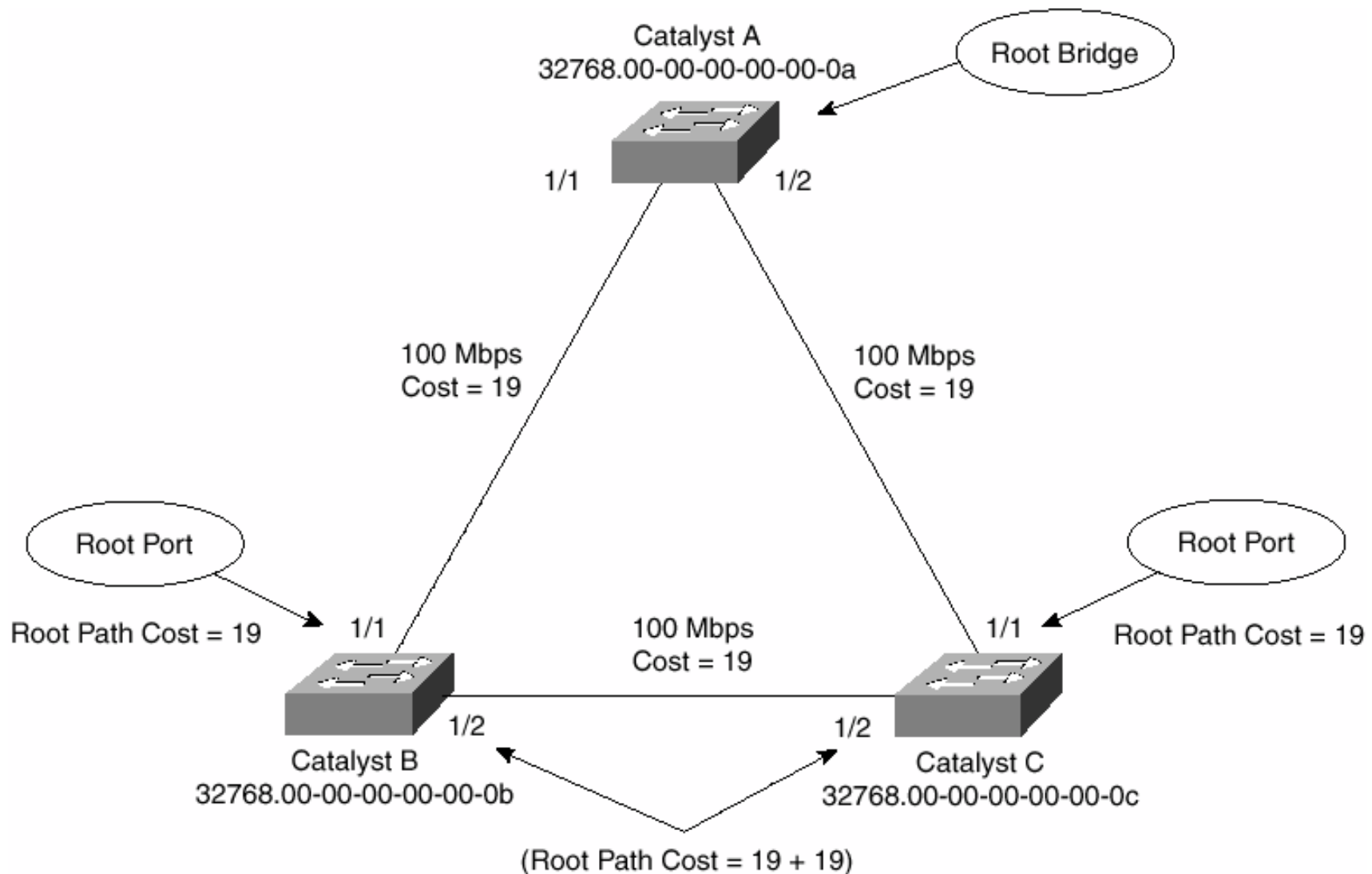
Une fois le Root Switch Élu :

Chaque switch Désigne un **Root Port** : ( Le port vers le root)

- Chaque **port des ponts a un coût** (configurable ( fonction vitesse))
- **Coût du port** : alloue un coût à un port, pour privilégier un port par rapport à un autre et la transmission de trame (1 à 65535)
  - Transmis dans les BPDU
  - Stratégie Cisco :  $1000 / \text{Vitesse LAN}$
- Le chemin ayant **le coût le plus faible** est celui qui est **actif**



# STP: Les Root Ports ( Exemple)

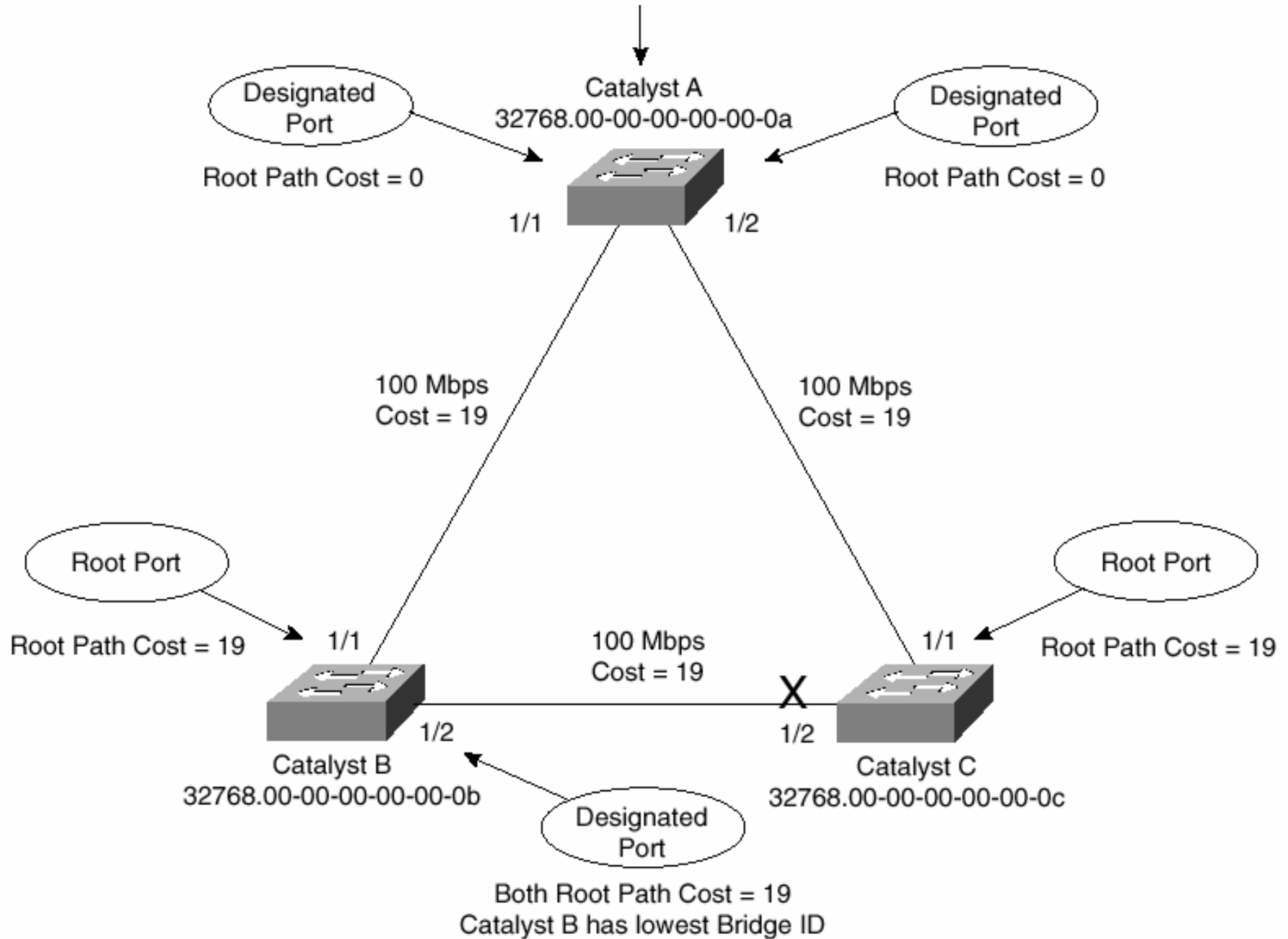


# STP: Les Designated Ports

Une fois le **Root Switch** Élu et les **Root ports** identifiés:

- Choix d'un port qui va transférer le trafic de et vers chaque segment : **Designated port** en se basant sur la **priorité** du port
  - **Priorité du port** : associé au coût du chemin optimal pour atteindre le Root Bridge
  - Critères si égalité
    - 1 : Le coût du chemin vers la racine est le + faible
    - 2 : L'identificateur de pont émetteur est le + petit
    - 3 : Le N° de port est le + petit

# STP: Les Designated Ports Exemple



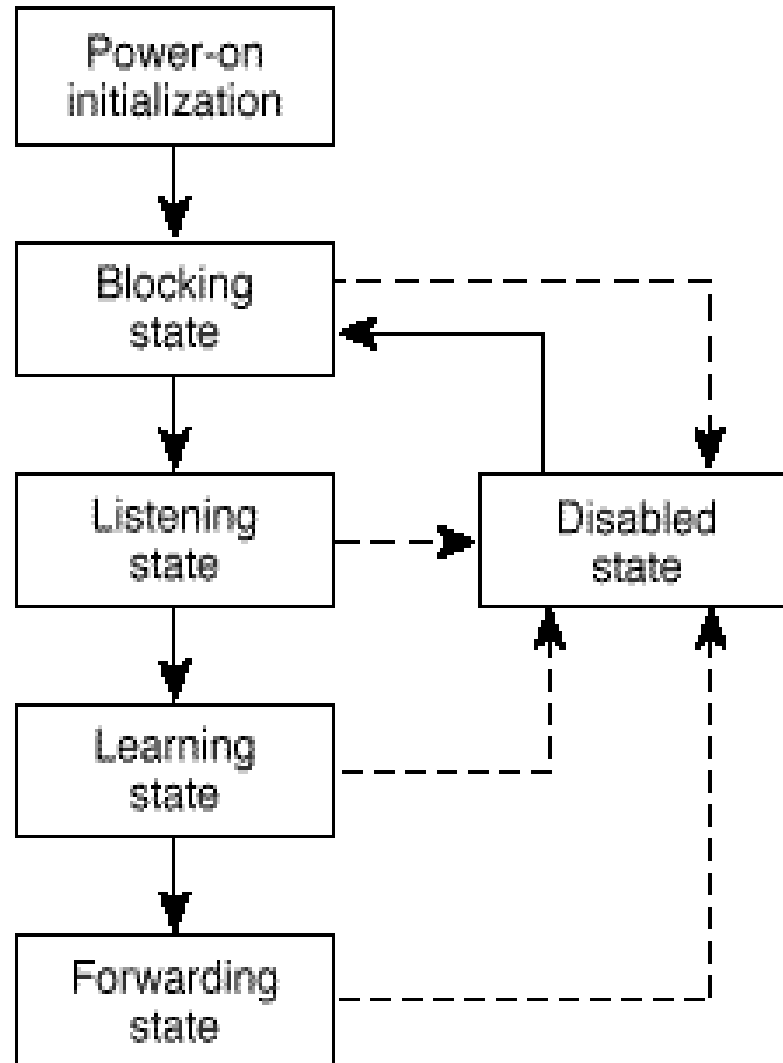
# Spanning Tree : Paramètres

- Paramètres configurables : les temps
  - **Hello Time** : intervalle entre chaque envoi de trames (hello) par le Root Bridge (1 à 10 s, 2 s recommandé) (test liaison)
  - Fréquence à laquelle le « designated port » envoie des BPDU, **2 s** par défaut
  - **Max Age** : temps maximum d'attente pour qu'un pont considère la topologie caduque (re-calculation de la topologie) (6 à 40 s, 20 s recommandé)
    - Trop petit : re-calculation risque d'être trop fréquent
    - Trop grand : augmente les temps de convergence
    - Équivalent d'un TTL pour les BPDU

# Spanning Tree : état des ports (1)

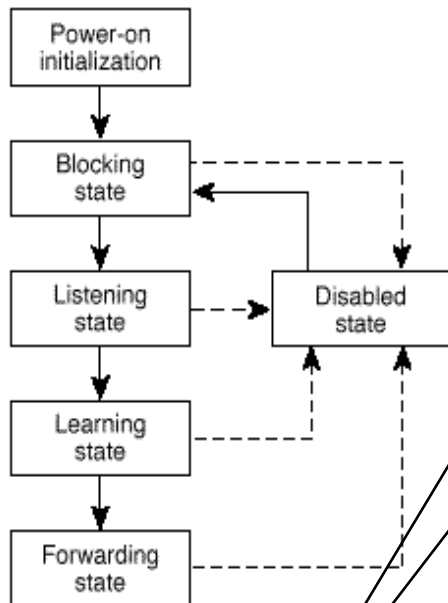
- Un port de pont peut connaître les 5 états suivants :
  - Bloqué (blocking) : à l'initialisation pour ne pas créer de boucle le port n'écoute que les BPDU.
  - Écoute (listening) : 2ème étape après l'initialisation, le port ne transmet et ne reçoit toujours pas des données, mais peut transmettre et recevoir des BPDU.
  - Apprentissage (learning) : après une période (*Forward Delay*) le port ne transmet toujours pas les trames, mais commence la mise à jour de sa table d'adresse. (BPDU : Transmission/Réception)
  - Transmission (forwarding) : fonctionnement normal du port du pont avec mise à jour continue des tables d'adresses
  - Etat Shutdown par l'administrateur ( Pas STP)

# Spanning Tree : état des ports (2)



# Spanning Tree : Log

- Extrait de Log (pour un pont donné) :
  - passage d'un port du pont dans les  $\neq$  états :



## Temps

10:35:00

10:35:18

10:35:18

10:35:33

10:35:48

## Protocole/Gravité N°port

Nom\_Pont %DTP-7 2/40

Nom\_Pont %STP-6 2/40

Nom\_Pont %STP-6 2/40

Nom\_Pont %STP-6 2/40

Nom\_Pont %STP-6 2/40

## Commentaires

Link up

state changed to **Blocking**.

state changed to **Listening**.

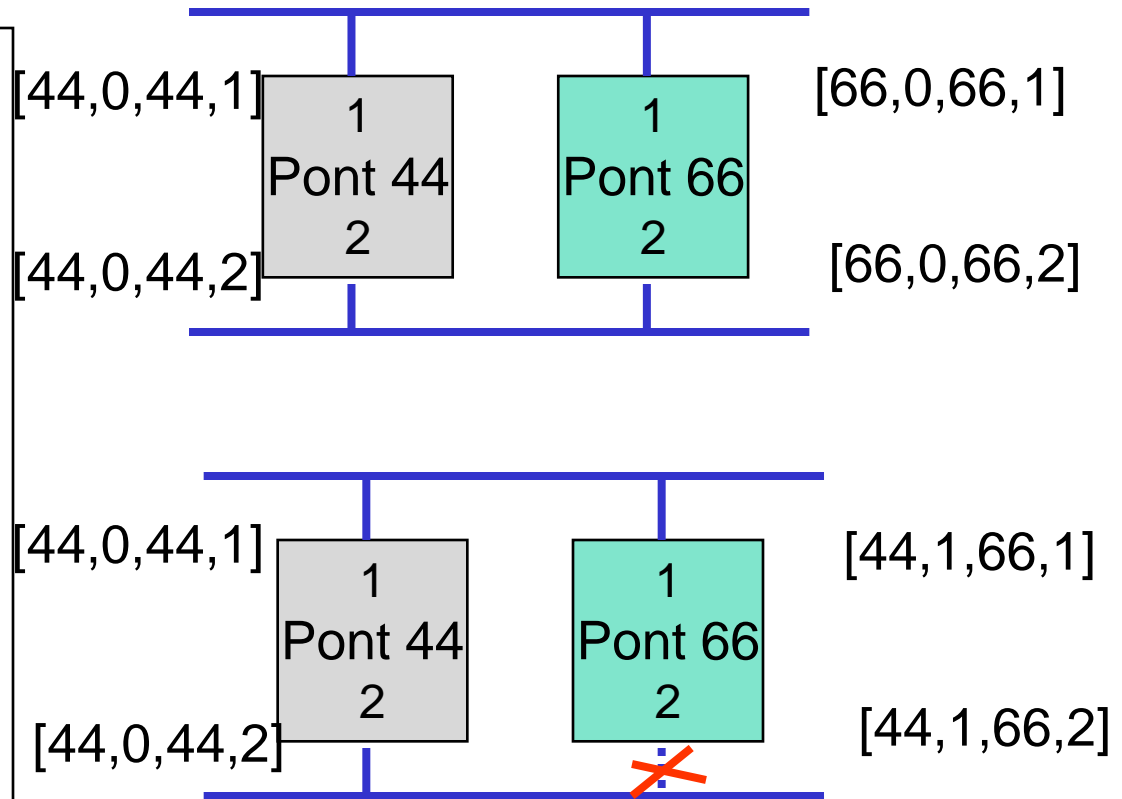
state changed to **Learning**.

state changed to **Forwarding**

**Forward delay : 15 s**

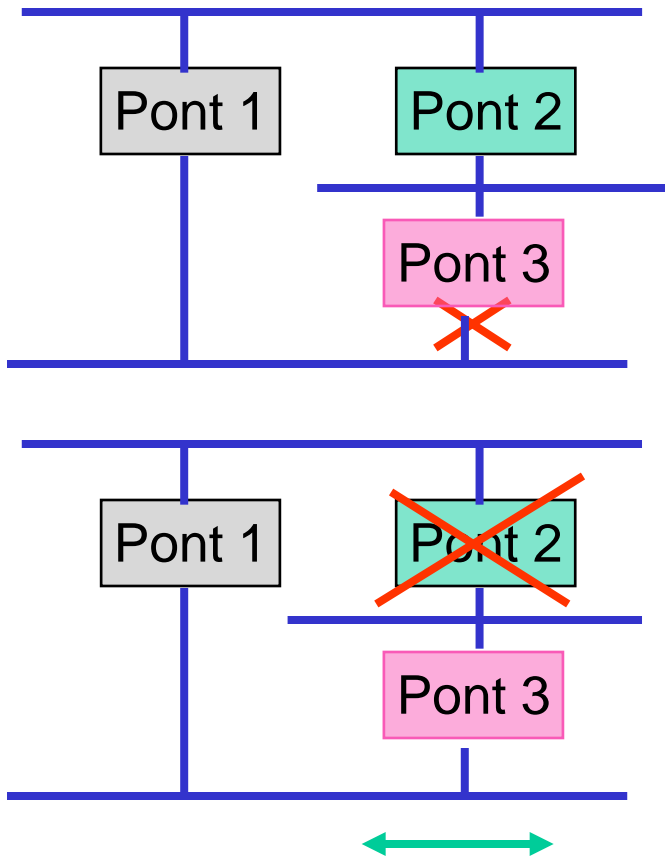
# Spanning Tree : Exemples (1)

- 1) Au départ, chaque pont se considère racine (coût à 0)
- 2) Le pont 44 ne modifie pas sa configuration, car message reçu de 66 indiquent valeurs + grande
- 3) Le pont 66 modifie sa configuration et ses messages
- 4) Le port de N° le + grand est désactivé sur le pont 66





# Spanning Tree : Exemples (2)



1) Négociation échange BPDU

2) Désactivation du port du pont 3

3) Le pont 2 tombe en panne

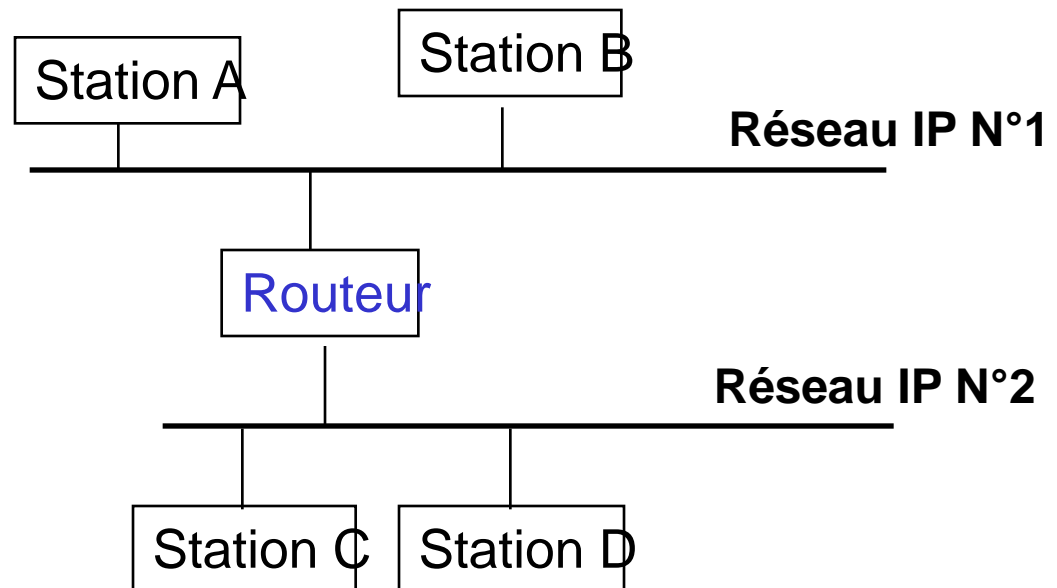
4) Le port initialement désactivé du pont 3 se réactive

# Interconnexion : Routeur (1)

- **Fonction d'aiguillage** (routage) des paquets des protocoles de la couche réseau (OSI 3)
  - IP, IPX, Appletalk, DECNET...
- **Fonction de pontage** possible :
  - Pour les protocoles non routables: LAT, Token-ring
- **Beaucoup d'intelligence**
  - CPU et mémoire jusqu'à 128 Mo (voire plus)
  - Matériel dédié ou non (station)
  - Matériels connus : Cisco, 3Com, Bay Networks, Cabletron, Huawei ...
- Possède en général au moins 2 coupleurs réseau

# Interconnexion : Routeur (2)

- But : connecter 2 réseaux (ou 2 sous réseaux) au niveau 3 de l'OSI
- Exemple IP :



Rq : Réseau physique  
quelconque

# Interconnexion : Routeur (3)

- Avantages:
  - Filtrage : Ne laisse pas passer les trames inutiles, les collisions, les broadcasts et les multicasts de niveau 2
  - Sécurité : gestion possible de filtres au niveau 3,4 (IP,TCP,UDP...)
  - Sépare 2 administrations ou deux entités (dorsale, labo, DMZ)
  - Erreur au niveau d'Ethernet d'un côté n'affecte pas l'autre côté
  - Équipement connu par les protocoles de niveau 3
- Désavantages
  - Performances : Switch when you can, route when you must
  - Coûts élevés et configuration pas toujours aisée

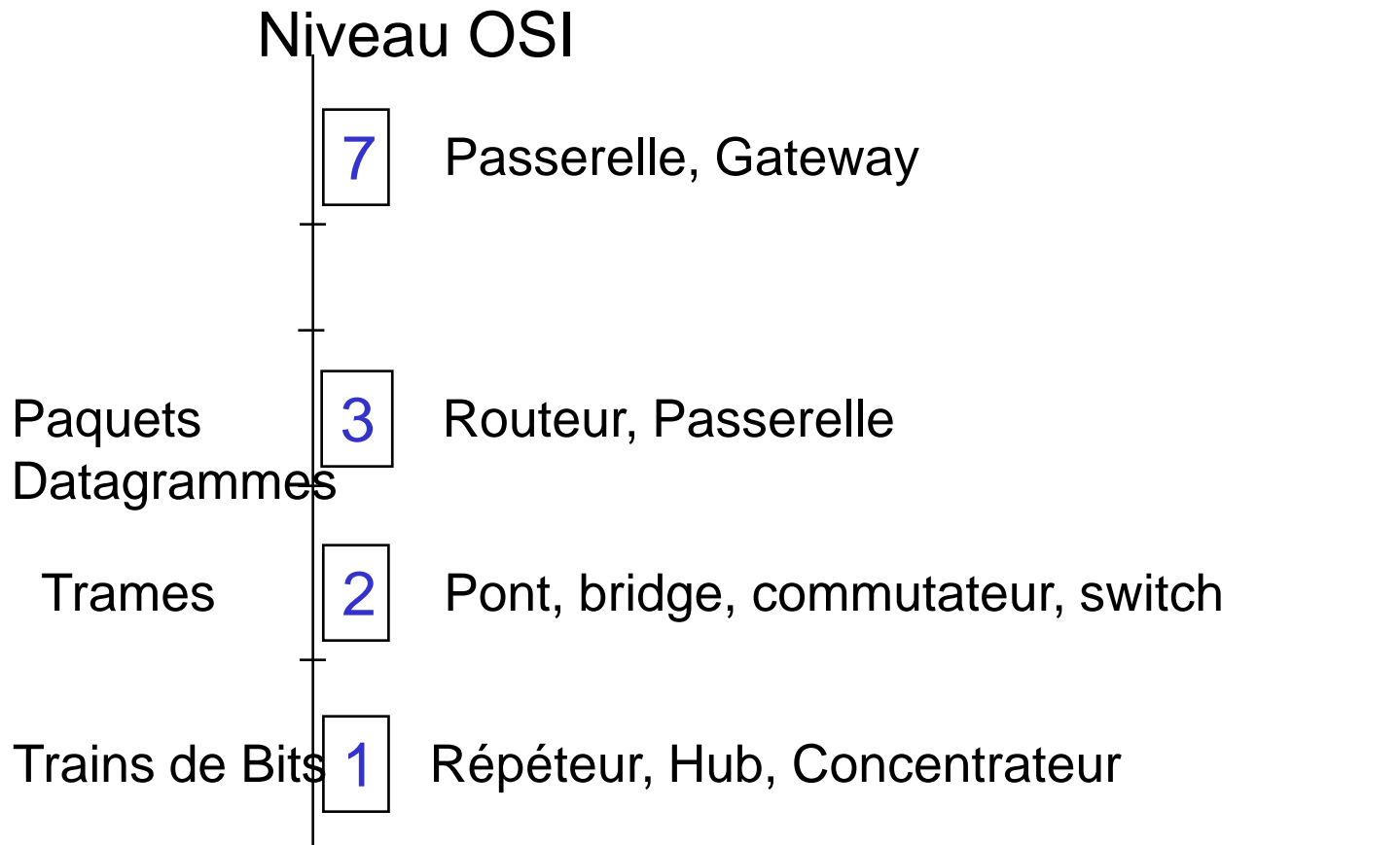
# Interconnexion : Passerelle (1)

- Connue aussi sous le nom de Gateway
- Traduction d'un protocole de niveau  $\geq 3$  dans un autre
- Tout ce qui n'est pas un répéteur, un pont ou un routeur et qui permet l'interconnexion de réseaux
- Permet à 2 mondes  $\neq$  de communiquer
  - Souvent avec des légères pertes de fonctionnalités
  - On ne peut pas s'en passer

# Interconnexion : Passerelle (2)

- Conversion de protocole de niveau 3 :
  - DECNET-IP
  - LocalTalk AppleTalk-Ethernet IP
- D'applications :
  - FTP                  COPY
  - SMTP                X400
- Matériel dédié ou application sur une station
- Demande beaucoup d'administration (tables ...)

# Équipements d'interconnexion récapitulatif



## *Qu'est ce qu'un réseau virtuel*

- Trois nécessités pour introduire le concept
  - Limiter les domaines de broadcast
  - Garantir la sécurité
  - Permettre la mobilité des utilisateurs



*Une nouvelle manière d'exploiter la technique  
de la commutation pour donner plus de  
flexibilité aux réseaux locaux*

***c 'est un réseau logique***



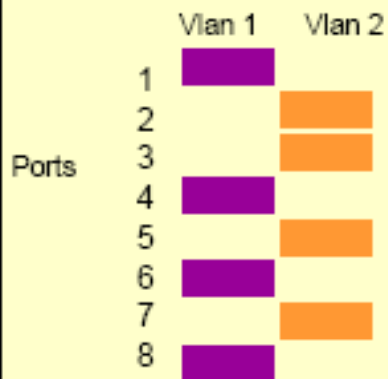
- Permet la gestion dynamique de la mobilité
- Permet a des utilisateurs géographiquement dispersés de partager des données
- Maintient la sécurité
- Conserve les domaines de broadcast traditionnels des LANs
- Requiert une couche 3 pour la communication entre VLANs

# Réseaux virtuels : Plusieurs types

## 1ère Génération de la technologie VLAN

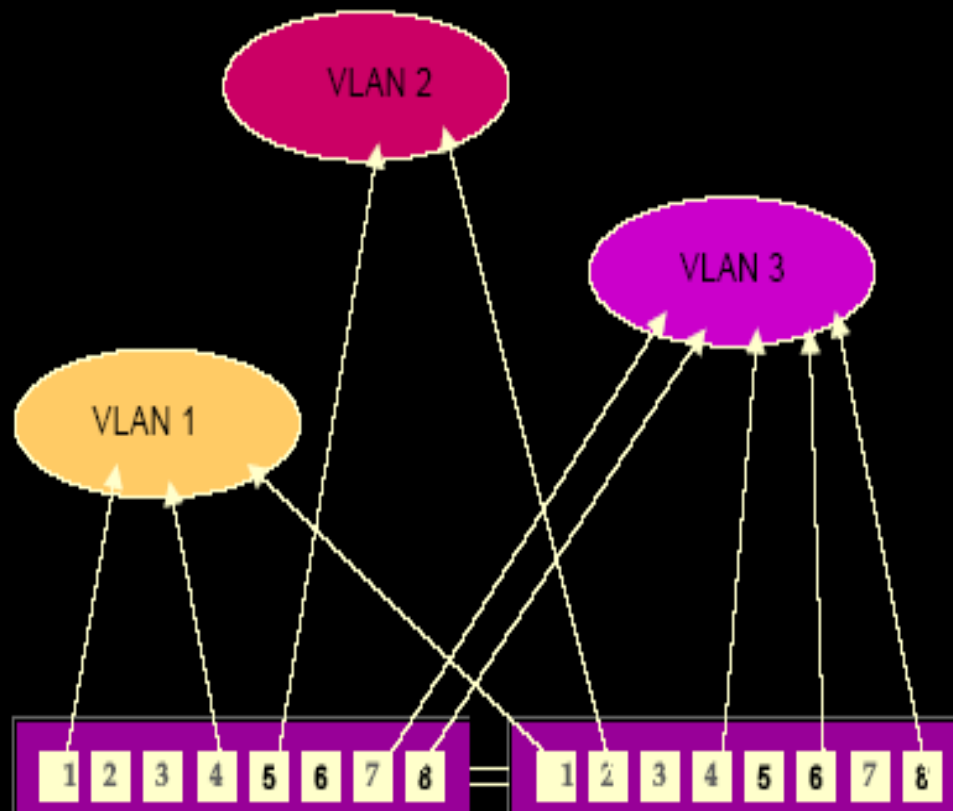
VLANs de niveau 1

Groupe de segments



## 2ème Génération de la technologie VLAN

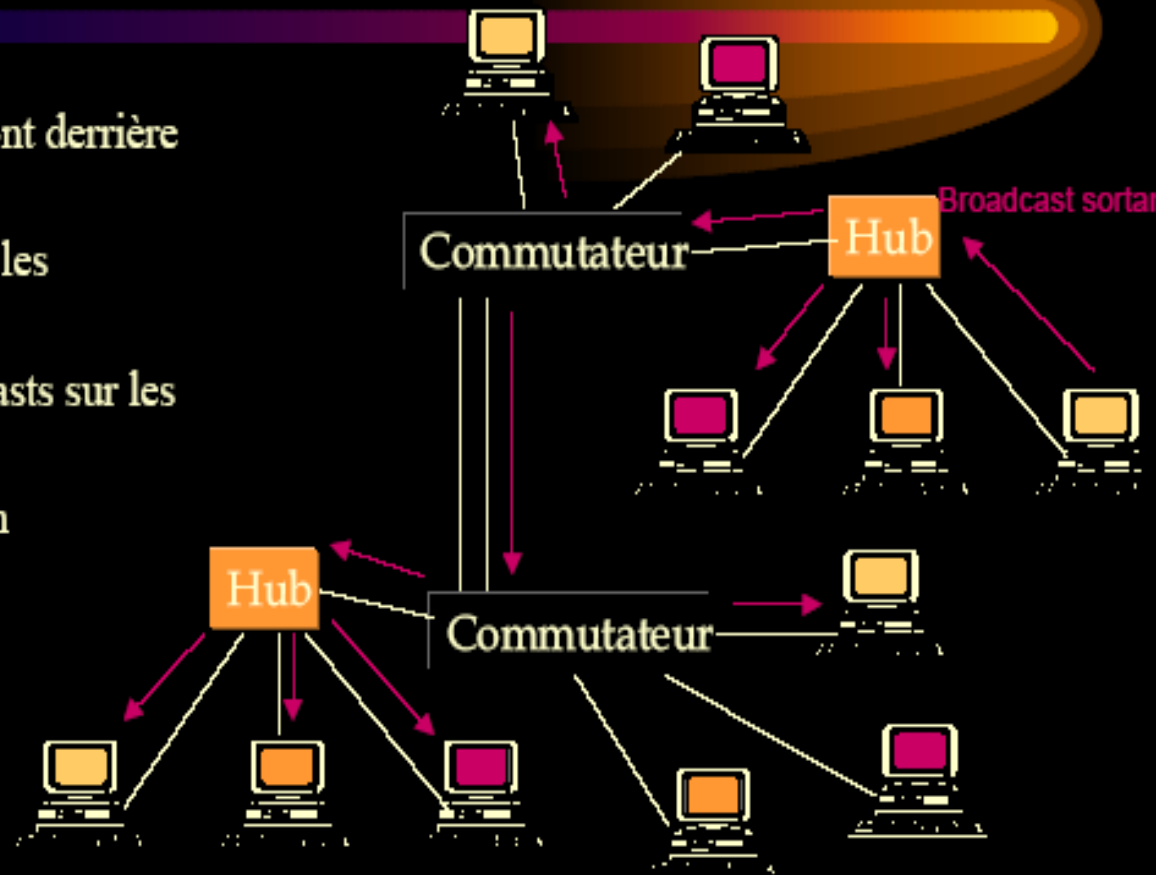
# *Appartenance par port*



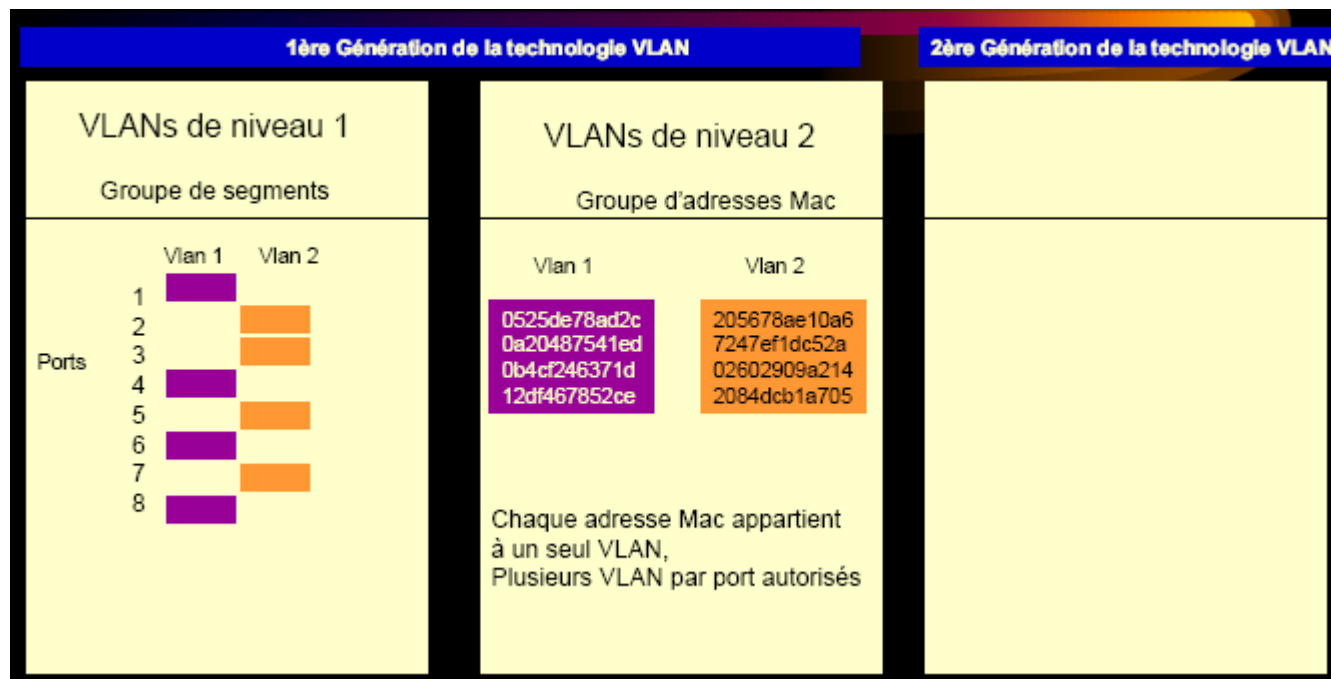
- Association port-utilisateur  
Association port-segment
- Ne nécessite pas de recherche si fait par des ASICs
- Aucun paquet ne quitte son domaine
- Sécurité maximale entre VLANs
- Facilement contrôlable dans le réseau

## *Plusieurs VLANs par port ?*

- Quand plusieurs clients sont derrière le même port
- Nécessitent de rechercher les adresses
- Pas de filtrage des broadcasts sur les segments partagés
- Beaucoup d'administration



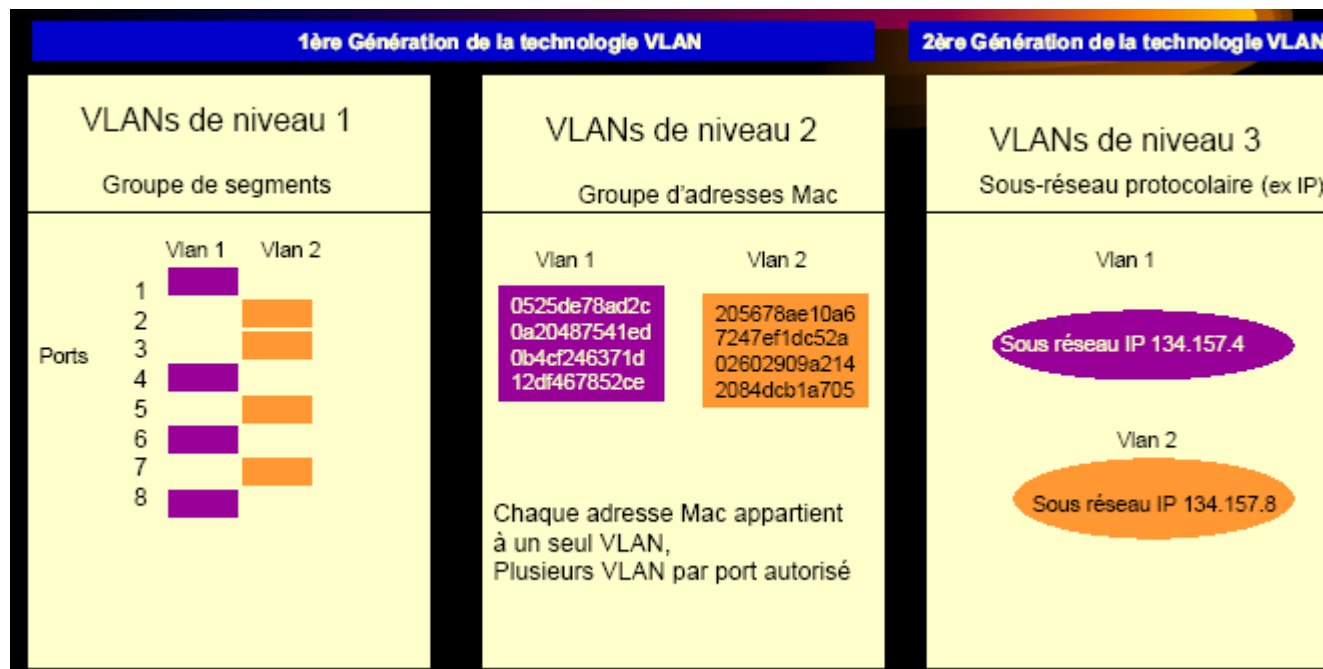
# Réseaux virtuels : Plusieurs types



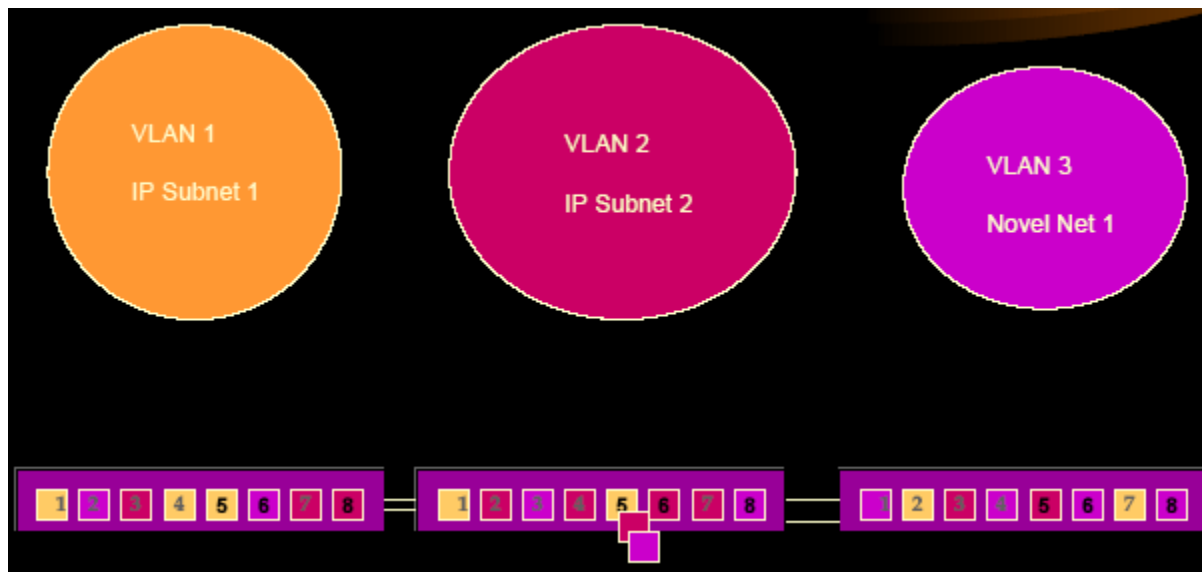
## *Appartenance par adresse MAC*

- Filtrage requis
  - *impact sur les performances*
- Echange des tables d'adresses des VLANs entre les commutateurs
  - overhead dû à l'administration

# Réseaux virtuels : Plusieurs types



# *Appartenance par sous-réseau*





## *Appartenance par sous-réseau*

- Domaine de broadcast de niveau 2 automatiquement construit sur l'adresse de niveau 3.
- Pas d'administration manuelle des VLANs
- Uniquement avec les protocoles routables

## *Bilan*

- Simplicité des VLANs par port (statique)
- Facilité d'administration des VLANs par port (dynamique)
- Intérêt des VLANs par sous-réseau pour les protocoles routables et des VLANs par adresse MAC pour les protocoles non routables
- Administration centralisée

# Commandes de base sur les VLAN

- **vlan database** : Passe en mode (VLAN) de configuration de l'interface.
- **Vlan vlan [name nom\_vlan][state {operational|suspended}]** : définit un VLAN et son nom.
  - Exp > vlan 2 name vlan2
- **Show vlan [vlan]** : affiche les infos sur les VLAN configurés
  - Exp > Show vlan 2
- **Vlan-membership {static {vlan} | dynamic}** : assigne un port à un VLAN
  - Exp > Vlan-membership static 2
- **Show vlan-membership** : affiche l'appartenance des ports aux VLAN
- **Show spantree [groupe-pont | vlan]** : affiche des informations d'arbre recouvrant pour un VLAN
  - Exp > show spantree 1
- **Remove VLAN** : (Supprimer le VLAN) — Supprime le VLAN de la table d'appartenance à un VLAN.