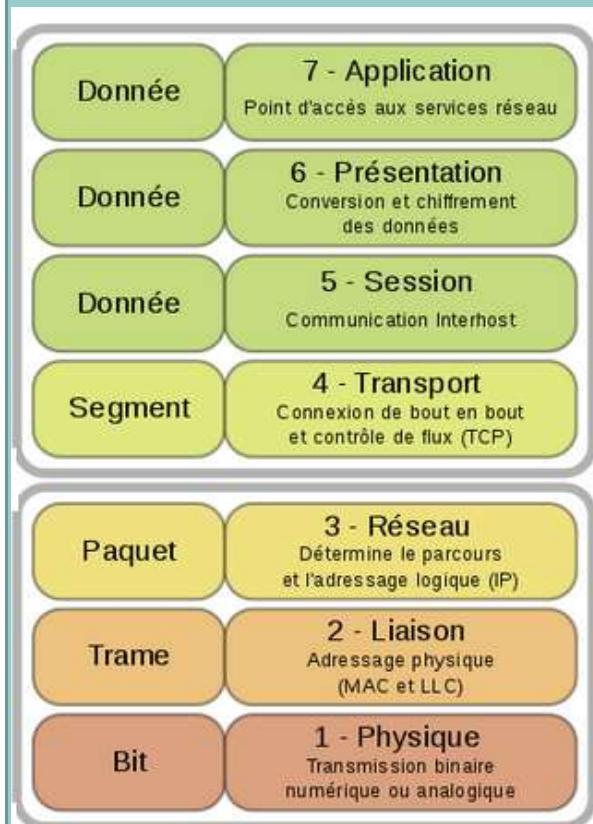


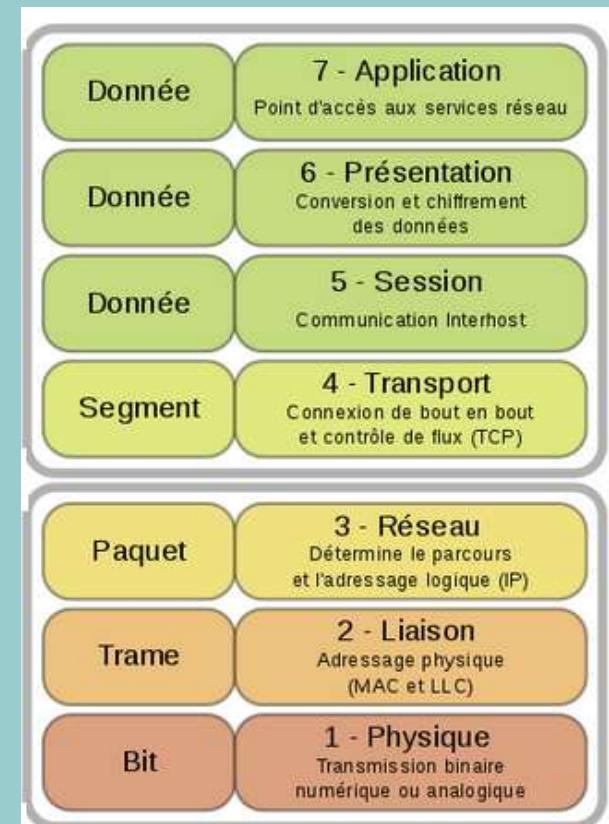
# Interconnexions : principes et composants

Auteur : Khadija ARFAOUI  
Département Informatique – IUT ANNECY  
Université de SAVOIE  
9, rue de l'Arc-en-ciel  
74016 Annecy-le-Vieux

## Applications client/serveur



## Interconnexions



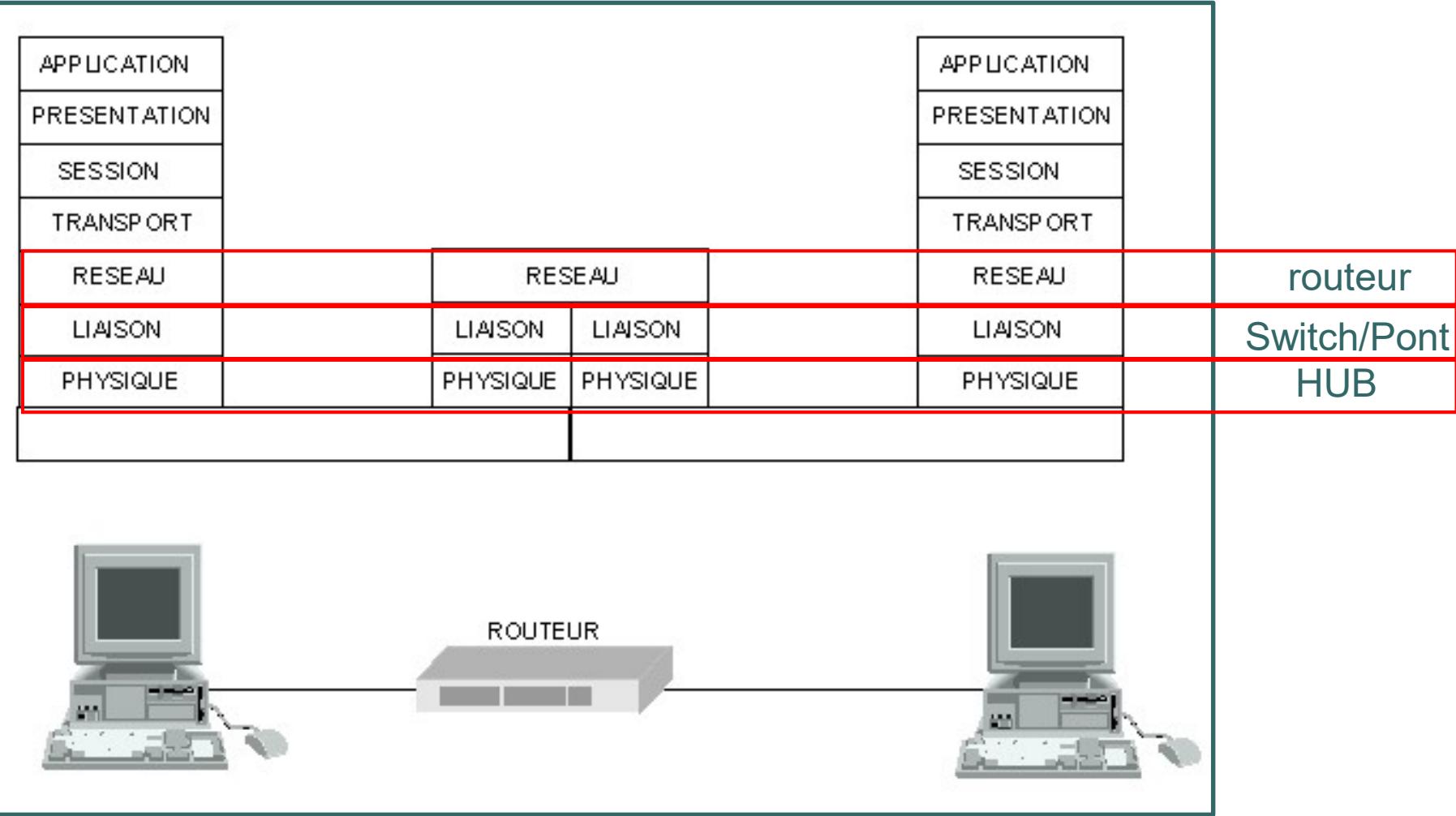
2

Câbles, fibre, Wifi

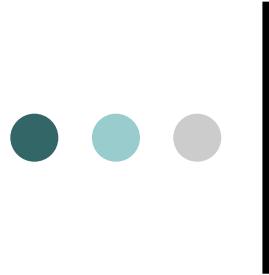


# Sommaire

- **Principes d'interconnexion**
- **Les différents composants matériels**
- **Adéquation composant-couche concernée**
- **HUBS**
- **Commutateurs (switches)**
- **routeurs**



- En fonction du niveau OSI où intervient l'interconnexion, on utilise un nom spécifique.



## *Interconnexions de niveau 1*



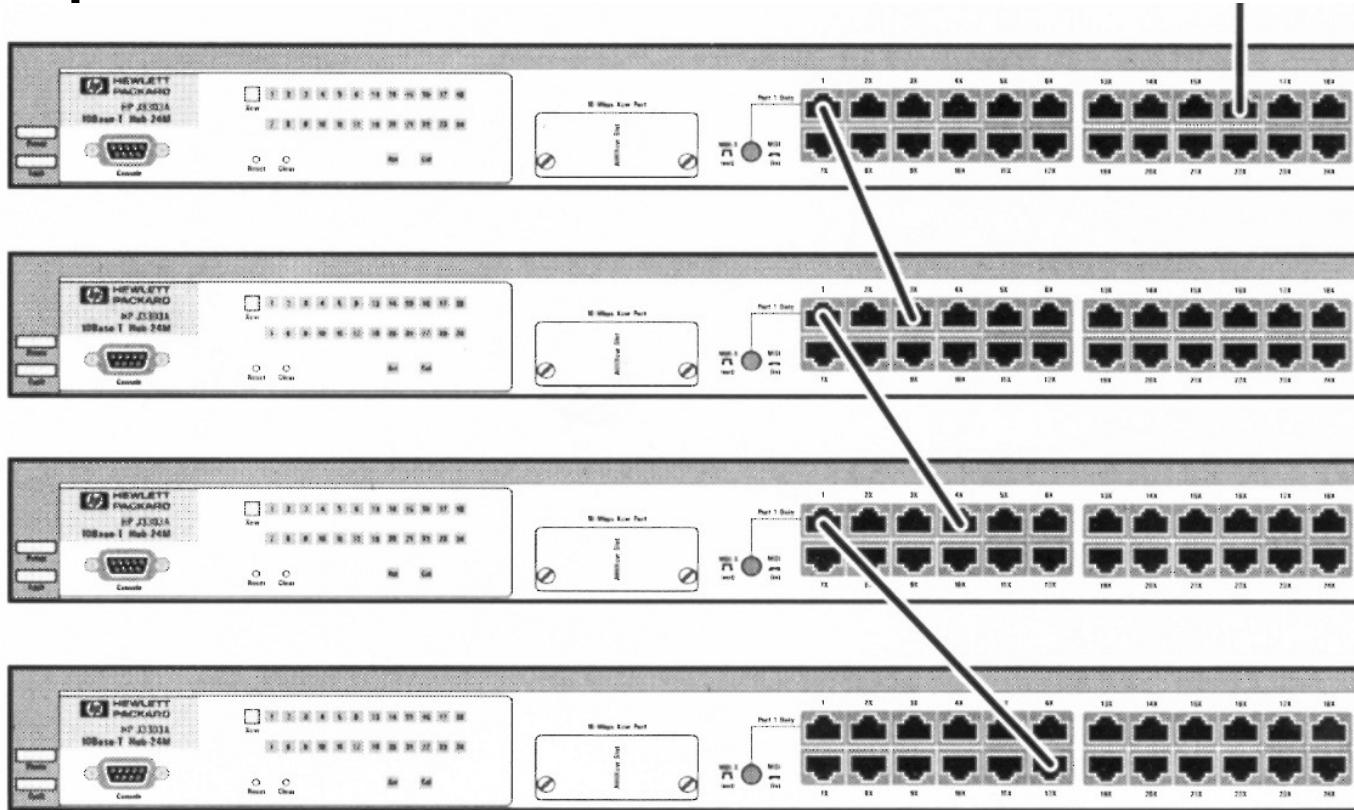
# HUB Ethernet



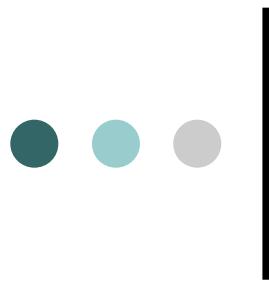
N stations connectées → domaine de collision : N



# HUBS



- exemple de connexion de hubs HP stackables

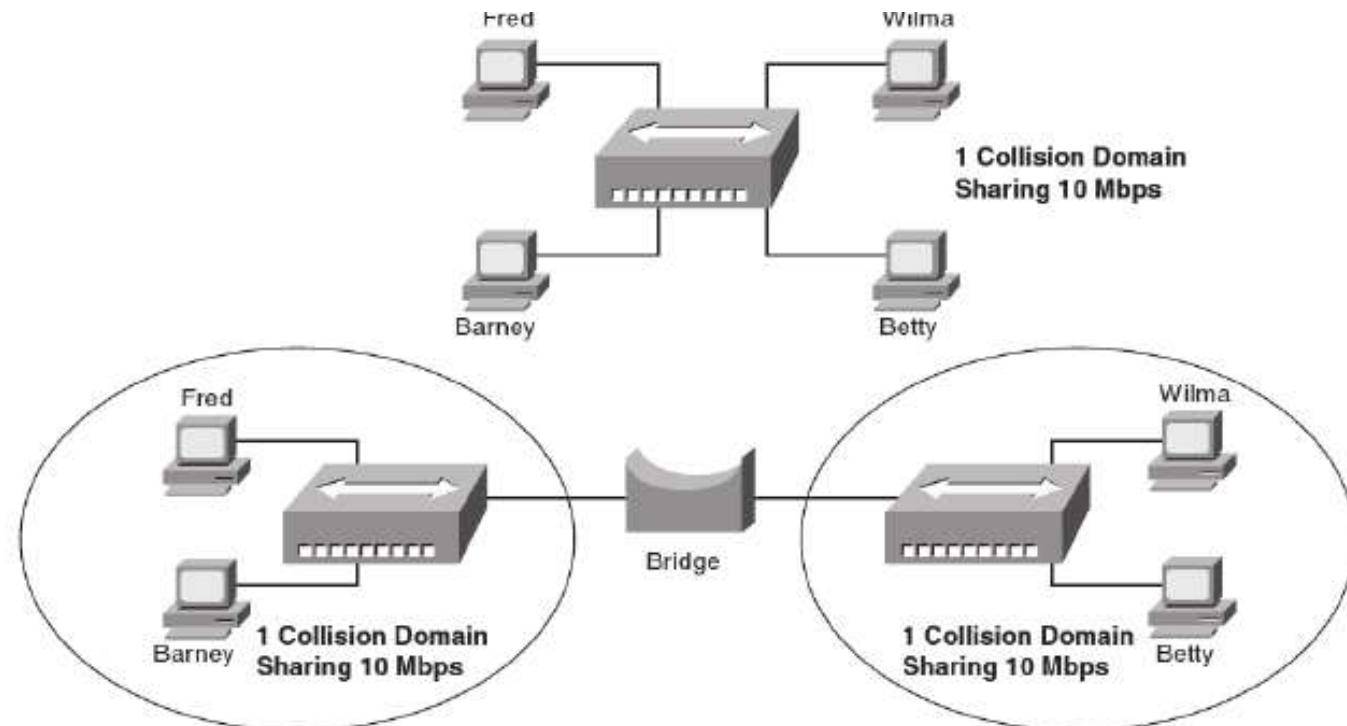


## *Interconnexions de niveau 2*



# Pont (bridge)

- Fragment le domaine de collision
- Préserve le trafic (la BP)



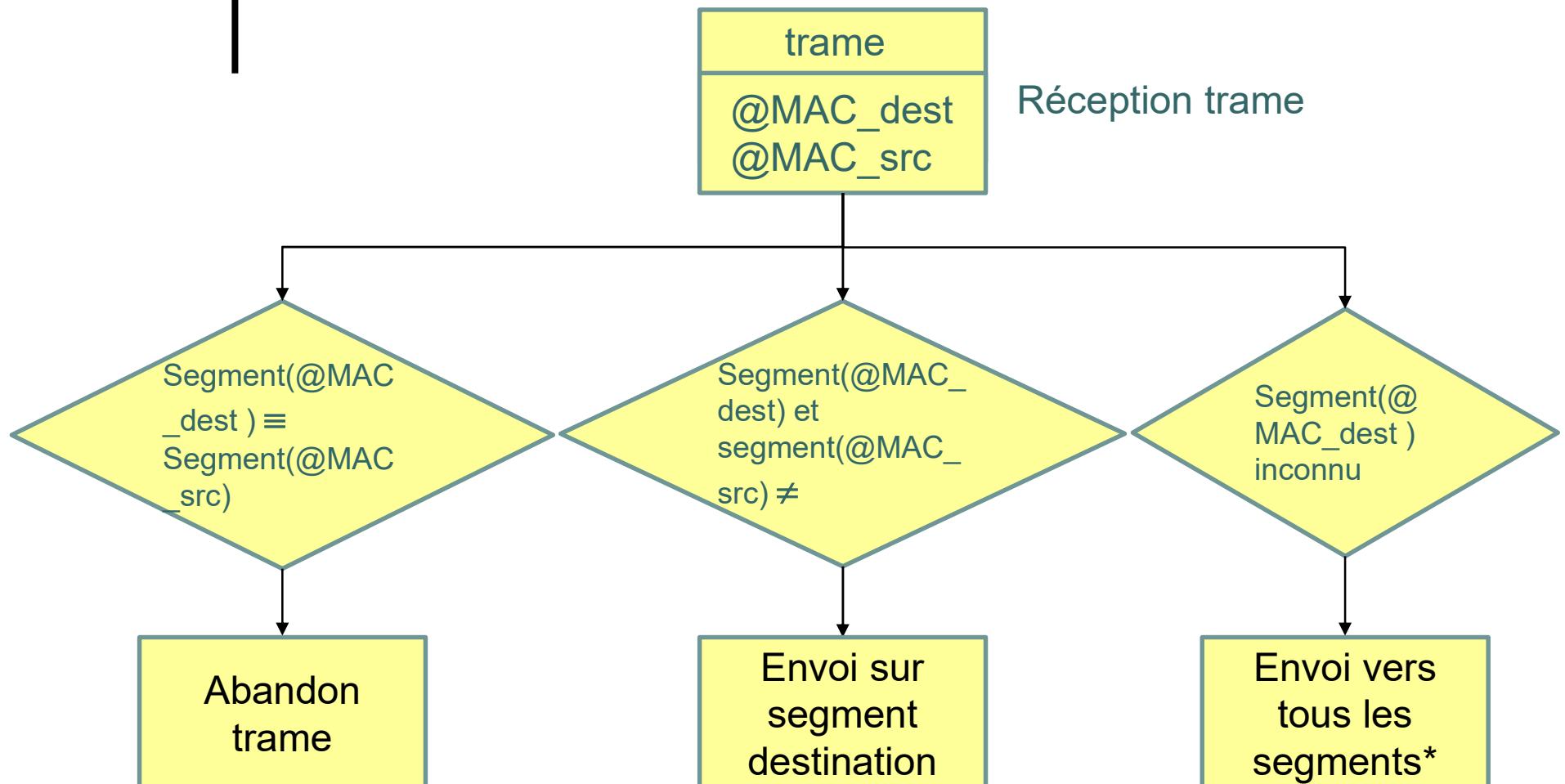


## Ponts simples ou ponts transparents

- Un pont simple ou pont **transparent**, ne possède pas d'adresse au niveau MAC.
- En mode *Promiscuous*, le pont construit à partir des adresses source de toutes les trames recopiées, une table qui lui permet de localiser n'importe quelle station.
  - aucune configuration nécessaire
  - pas d'adresse MAC,
- Avantage essentiel : diminution de la charge totale du réseau, puisqu'il sélectionne les trames à diriger sur chaque médium (filtrage).



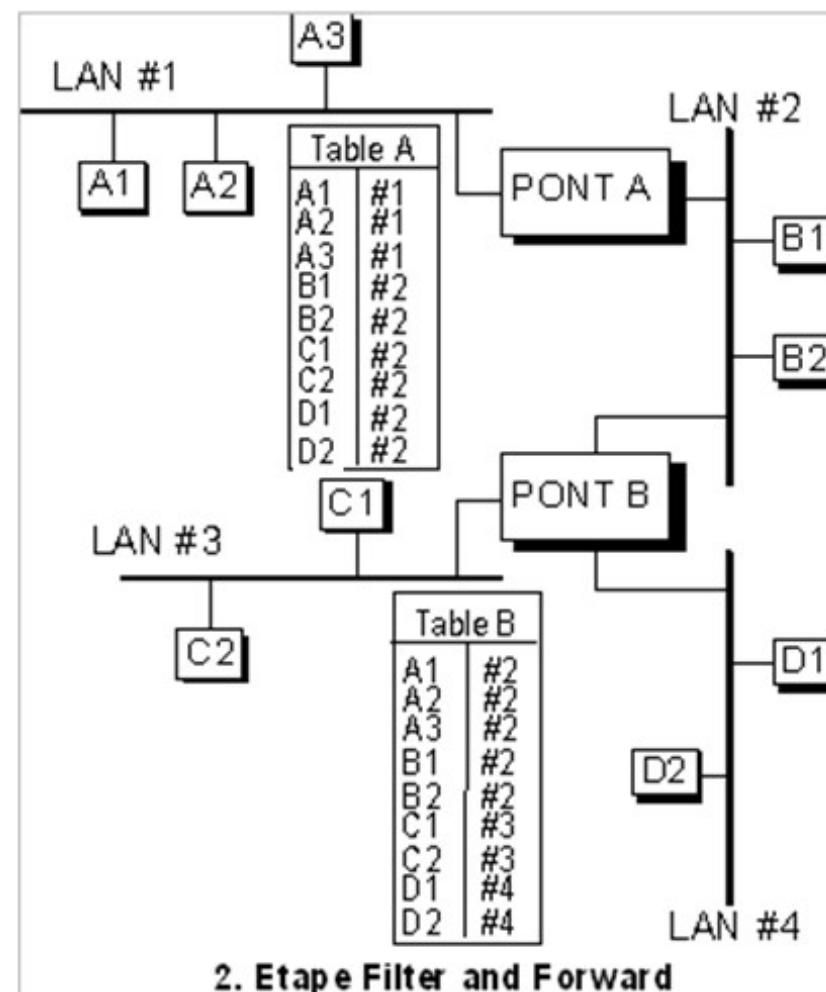
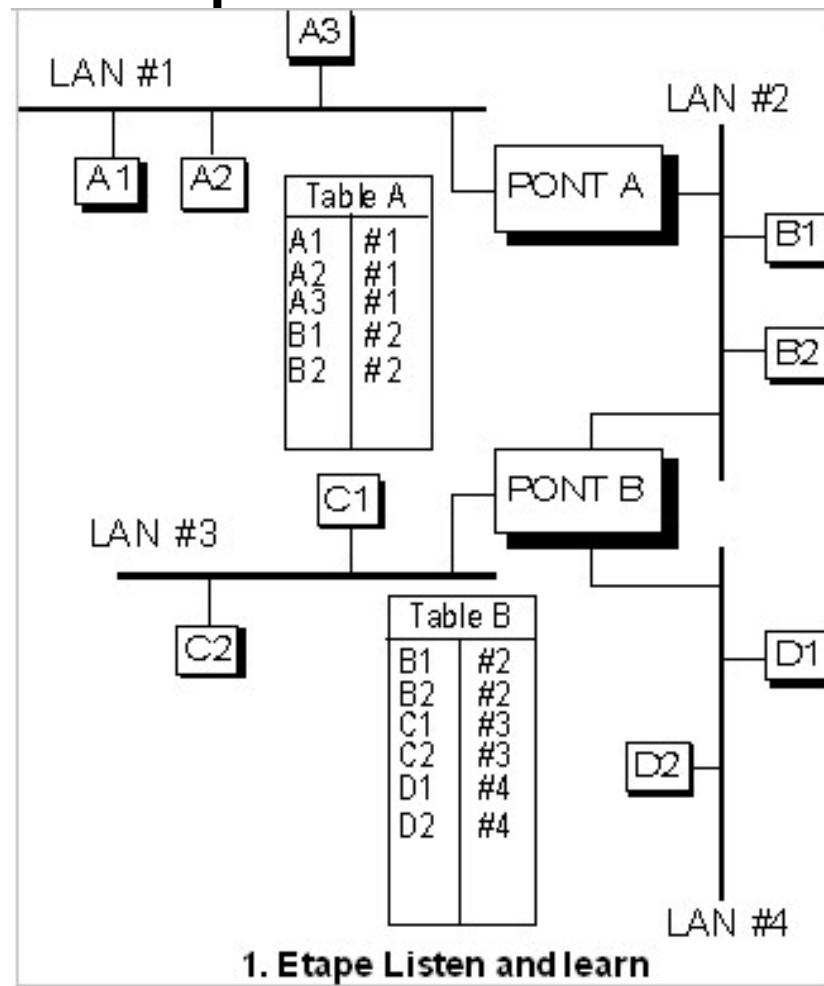
# Ponts-routeurs : algorithme



Chaque numéro de port identifie un segment

\* : sauf le segment src

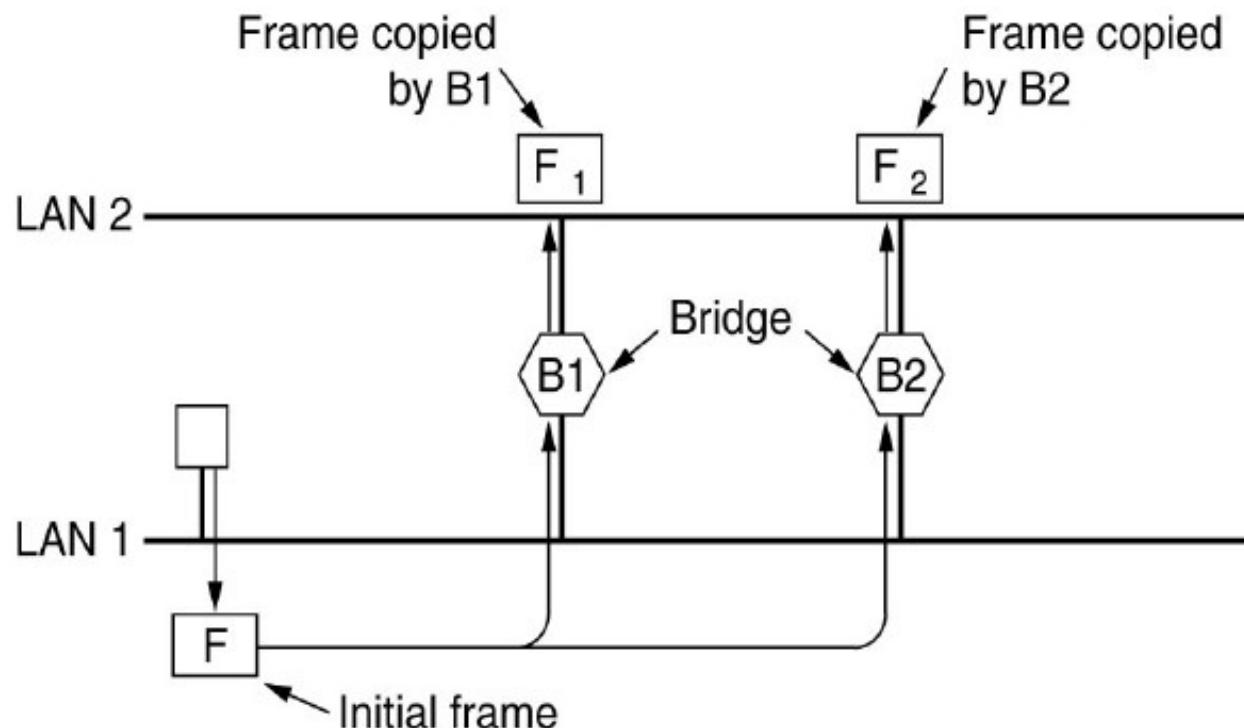
# Ponts-routeurs : exemple





# Spanning Tree

- Plusieurs réseaux reliés par des ponts → création de boucles et augmentation du trafic.



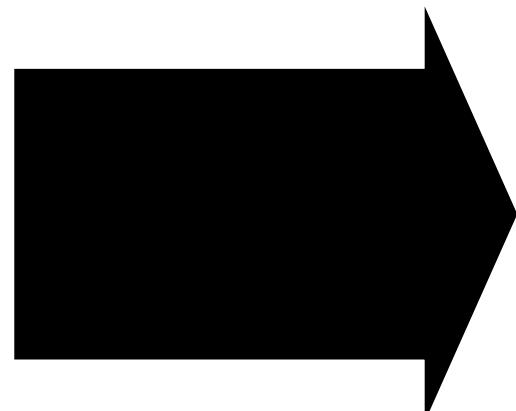


## STA - protocole

- **Objectif du protocole** : supprimer les chemins redondants en construisant un arbre à partir d'un graphe cyclique.
- La structure d'arbre résulte du blocage de ports.
- Ce protocole doit être implanté sur chaque pont.
- Mise en œuvre : les ponts vont s'échanger des trames BPDU (Bridge Protocol Data Unit) de 34 octets. Ces trames sont adressées en multicast, seuls les ponts les liront.

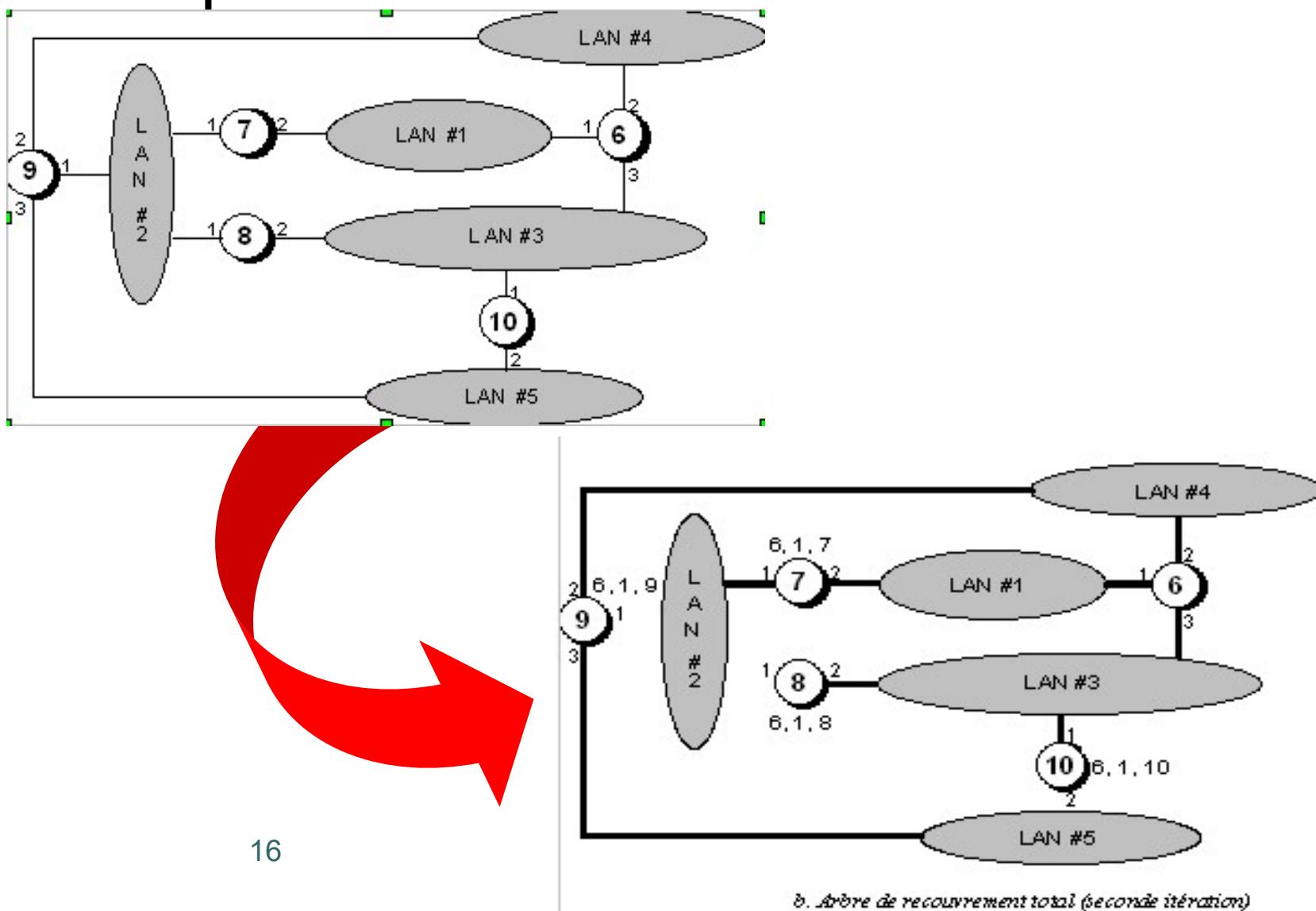


# BPDU



Protocol Identifier		
Protocol Version Identifier		
BPDU Type		
TCA	Reserved	TC
Root Identifier		
Root Path Cost		
Bridge Identifier		
Port Identifier		
Message Age		
Max Age		
Hello Time		
Forward Delay		

# Exemple





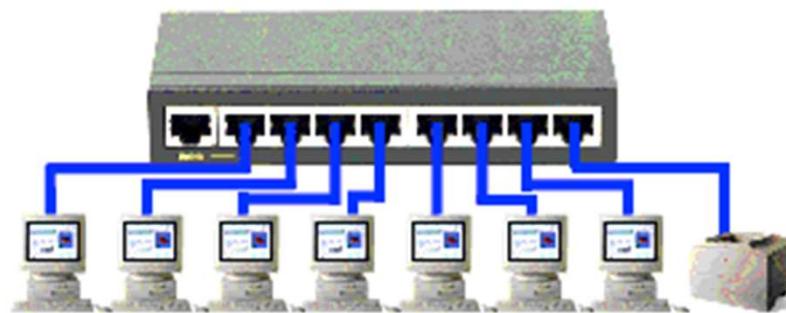
# Commutation (Switch)

- La commutation réduit le phénomène de congestion dans les environnements Ethernet, Token Ring, ou Fiber Distributed Data Interface (FDDI) en diminuant le trafic et en augmentant la bande passante.
- Les commutateurs de réseaux locaux (LAN switches), sont prévus pour fonctionner avec les infrastructures de câble existantes → facilité d'implantation.
- Même principe que les ponts, mais plus rapides (câblés)
- Utilisation en solution de substitution aux hubs



# Commutation

## Switch





# Principe

- Technologie proche de celle des ponts.
- Comme les ponts, les switches :
  - relient des segments de réseau local,
  - utilisent une table des adresses MAC pour déterminer le segment sur lequel doit être transmis le paquet
  - réduisent le trafic.
- Ils fonctionnent à des vitesses bien supérieures aux ponts
- Ils supportent des fonctionnalités (VLANs).



# Technologies

- Technique ***cut-through*** : lecture de l'adresse de destination au vol et transfert de la trame vers le port associé sans attendre la totalité de la réception de la trame.
  - Inconvénient : transmission de trames erronées → réservé aux réseaux Ethernet dédiés aux petits groupes de travail demandant de la bande passante et supportant des trames erronées.
- Technique ***store and forward*** : on attend que toute la trame soit reçue pour décoder son CRC et la rediriger vers un port de sortie s'il n'y a pas d'erreurs détectées (adapté aux réseaux sujets à la congestion).



# VLAN : Virtual LAN

- But : créer des réseaux virtuels de niveau 2
  - Un domaine de broadcast (Ethernet)
- Possible avec des commutateurs Ethernet
  - Pas avec des hubs
  - Intelligence dans les commutateurs (et routeurs )
- Différents types de VLANs
  - Par ports (de commutateur) : niveau 1
  - Par adresse MAC (Ethernet) : niveau 2
  - Suivant la valeur d'autres champs : niveau 3

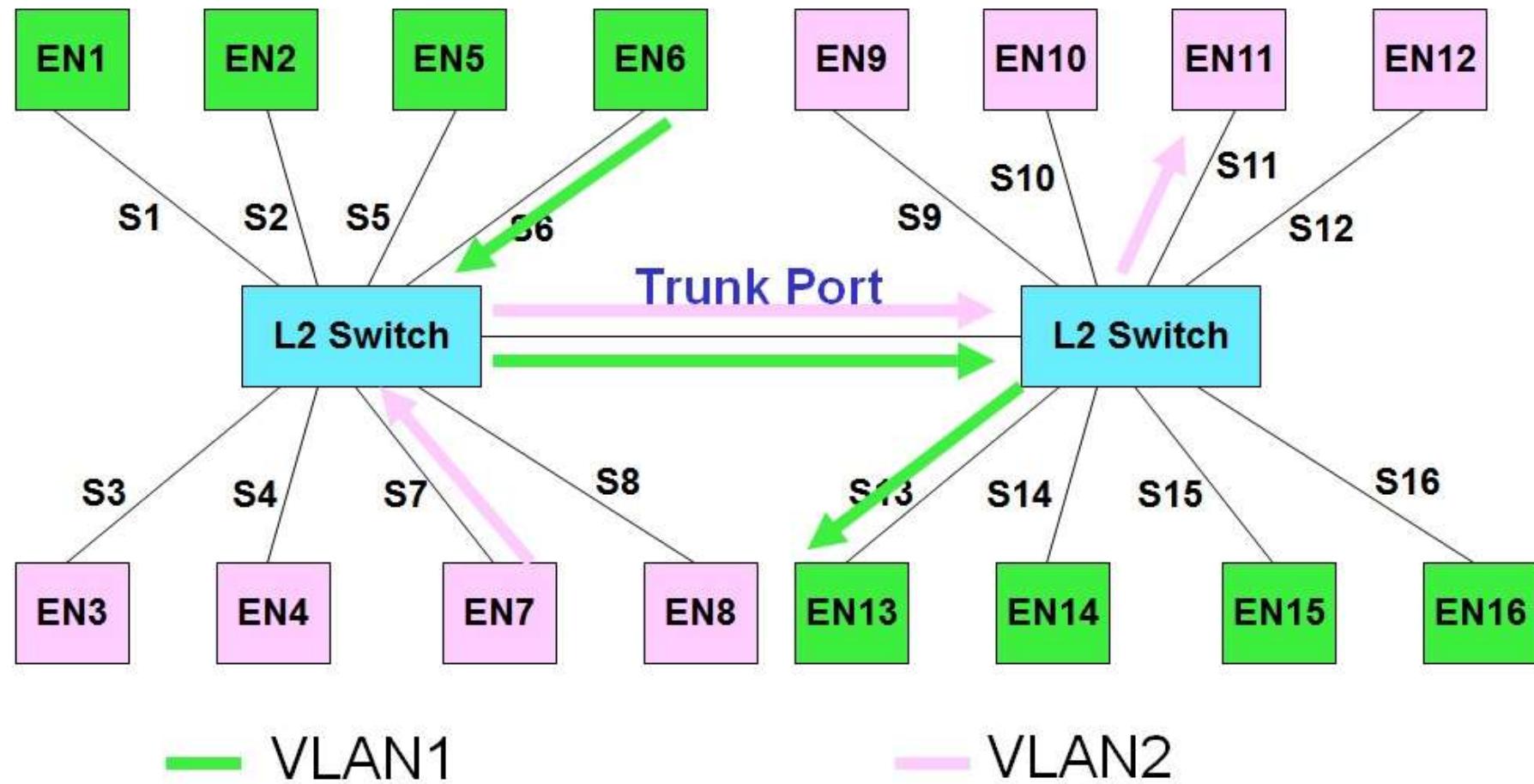


## Vlans : types de ports

- Les ports dans un switch associé à des VLans peuvent être de 2 types, Access et Trunk.
- Les ports associés à **un seul VLAN** sont appelés **Access ports**.
- Les ports qui relient **plusieurs VLANs** sont appelés **Trunk ports** (par ex. les connexions entre deux Switches ou entre un switch et un routeur).



# Exemple





# VLAN

- Niveau 1: *VLAN par port*
  - L'administrateur associe un VLAN à chaque port
- Niveau 2: *VLAN par adresse MAC*
  - L'appartenance d'une trame à un VLAN est déterminée par l'adresse MAC de l'émetteur et/ou du destinataire
- Niveau 3: *VLAN par protocole*
  - L'appartenance d'une trame à un VLAN est déterminée par le protocole, le sous-réseau ou l'adresse de niveau 3



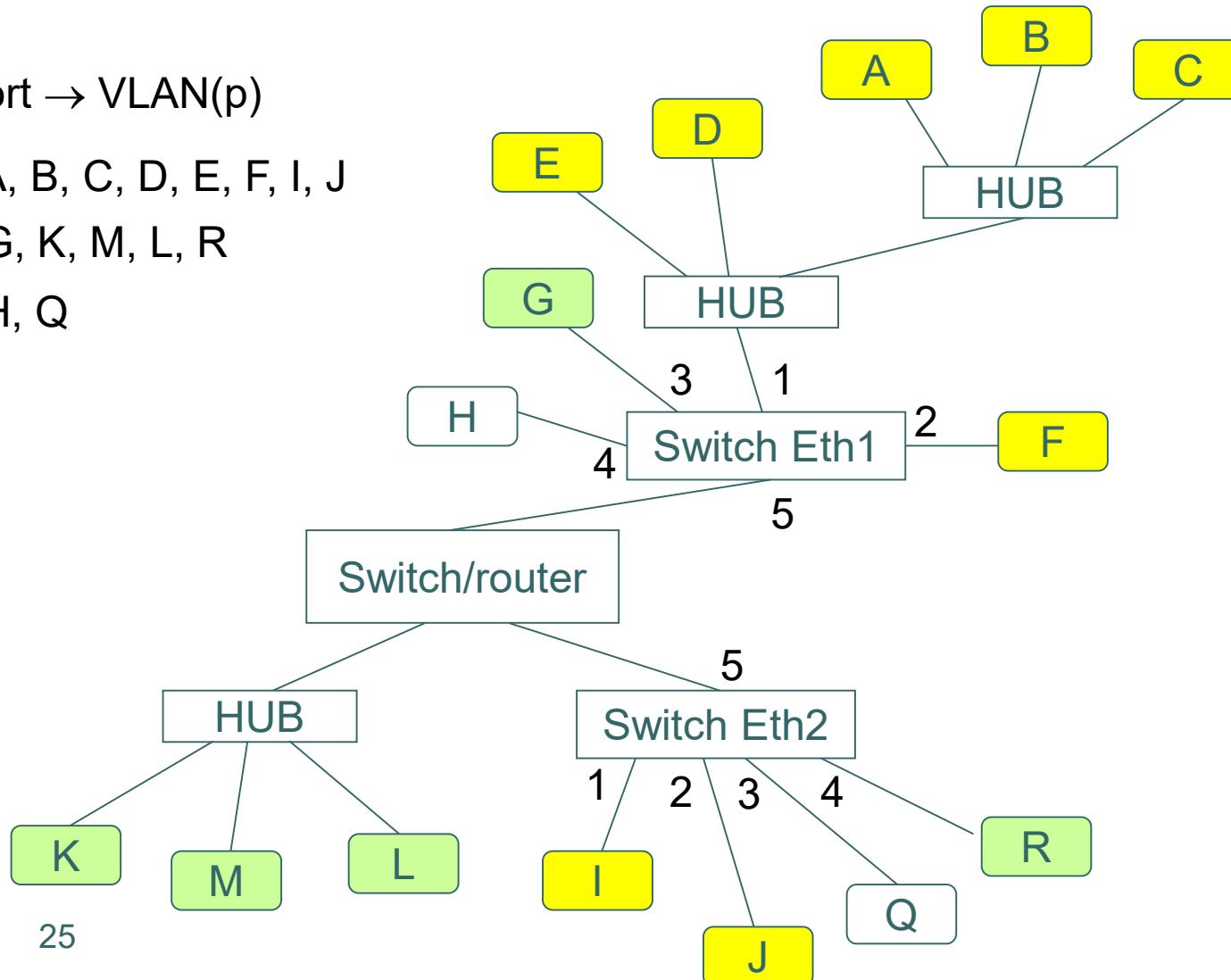
# VLAN par ports

$\forall p : \text{Port} \rightarrow \text{VLAN}(p)$

VLAN1 : A, B, C, D, E, F, I, J

VLAN2 : G, K, M, L, R

VLAN3 : H, Q





# VLAN : 802.1Q

- Problème : numéro de VLAN sur les trunks (liaisons entre switches)
  - quand le commutateur Eth 2 reçoit une trame Ethernet venant de A, pour savoir vers quelles stations il doit la rediffuser il faut qu'il sache le numéro de VLAN dont A est membre
  - Il doit trouver cette information dans la trame
- Pour cela sur chaque lien entre les commutateurs (trunks) les trames sont marquées (taggées)
  - Protocoles propriétaires : ISL (CISCO)
  - IEEE802.1Q
    - Champ type Eth : 8100
    - Champ numéro de VLAN : 12 bits (4096)
    - Niveau de priorité : 3 bits ? QoS
    - ....
    - Informations de la trame initiale
    - **Ex. : 802.1Q est activé entre Eth 1 –switch-Router – Eth 2**



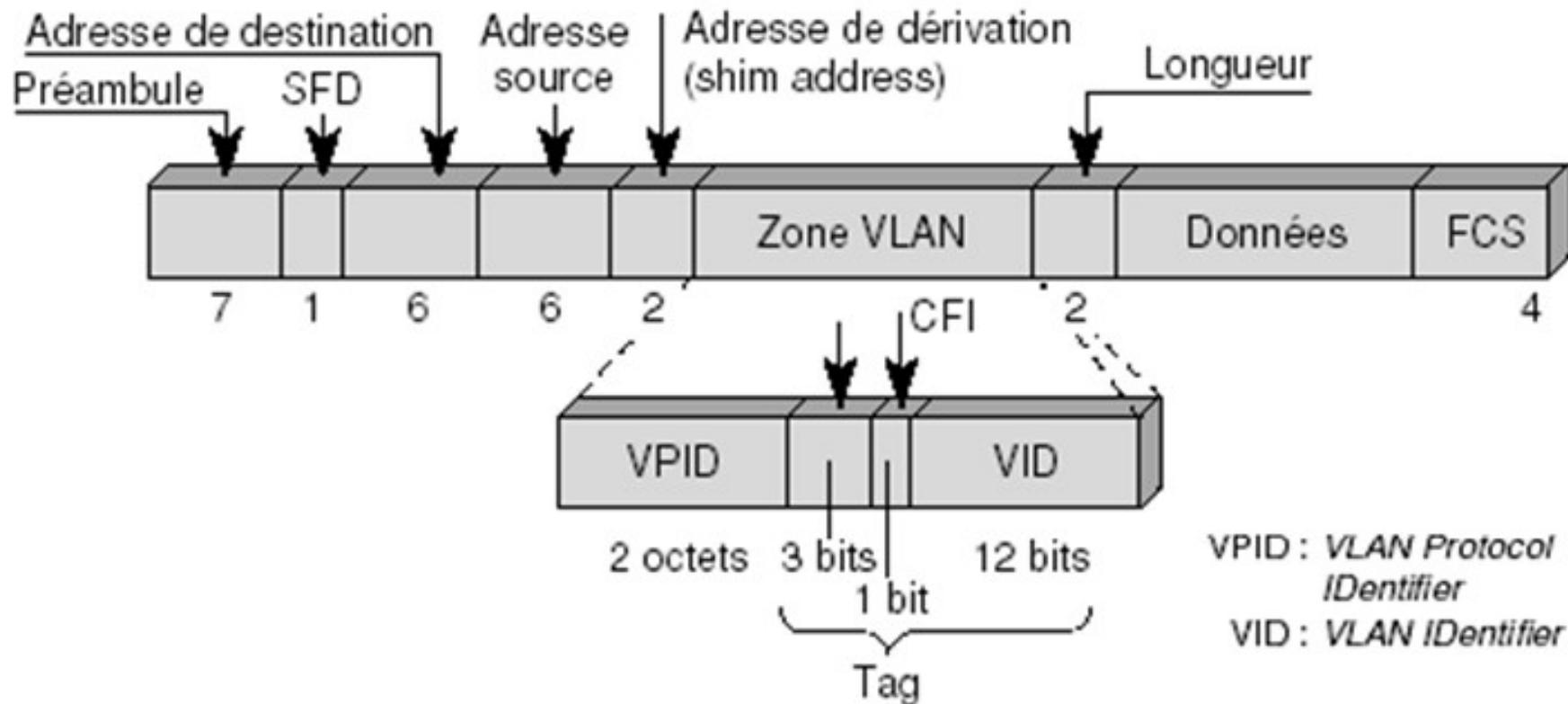
# Trame 802.1Q

Le format d'une trame étiquetée 802.1Q est le suivant :

Eth {	Adresse destination : 6 octets
	Adresse Source : 6 octets
	VPIID (Vlan Protocol Identifier) : 2 octets. Fixé à 0x8100 . Attention à ne pas confondre avec l'identifiant d'un VLAN. Ici il s'agit d'identifier une trame de type 802.1q
	UP (User priority) : 3 bits. Permet de définir 8 niveaux de priorités. Utilisé par le protocole 802.1p.
	CFI (Canonical Format Identifier) : 1bit. indique que le format est standard (utilisé par le routage par la source)
	VID (Vlan Identifier) : 12 bits. Indique sur quel Vlan circule la trame.
Eth {	Longueur/type : 2 octets. En 802.3 donne la longueur de la trame. En Ethernet II ou DIX(Digital Intel Xerox) indique le type de données transporté.
	Données : 46 à 1500 octets
	FCS : 4 octets. Frame Check Sequence.



# Trame 802.1Q





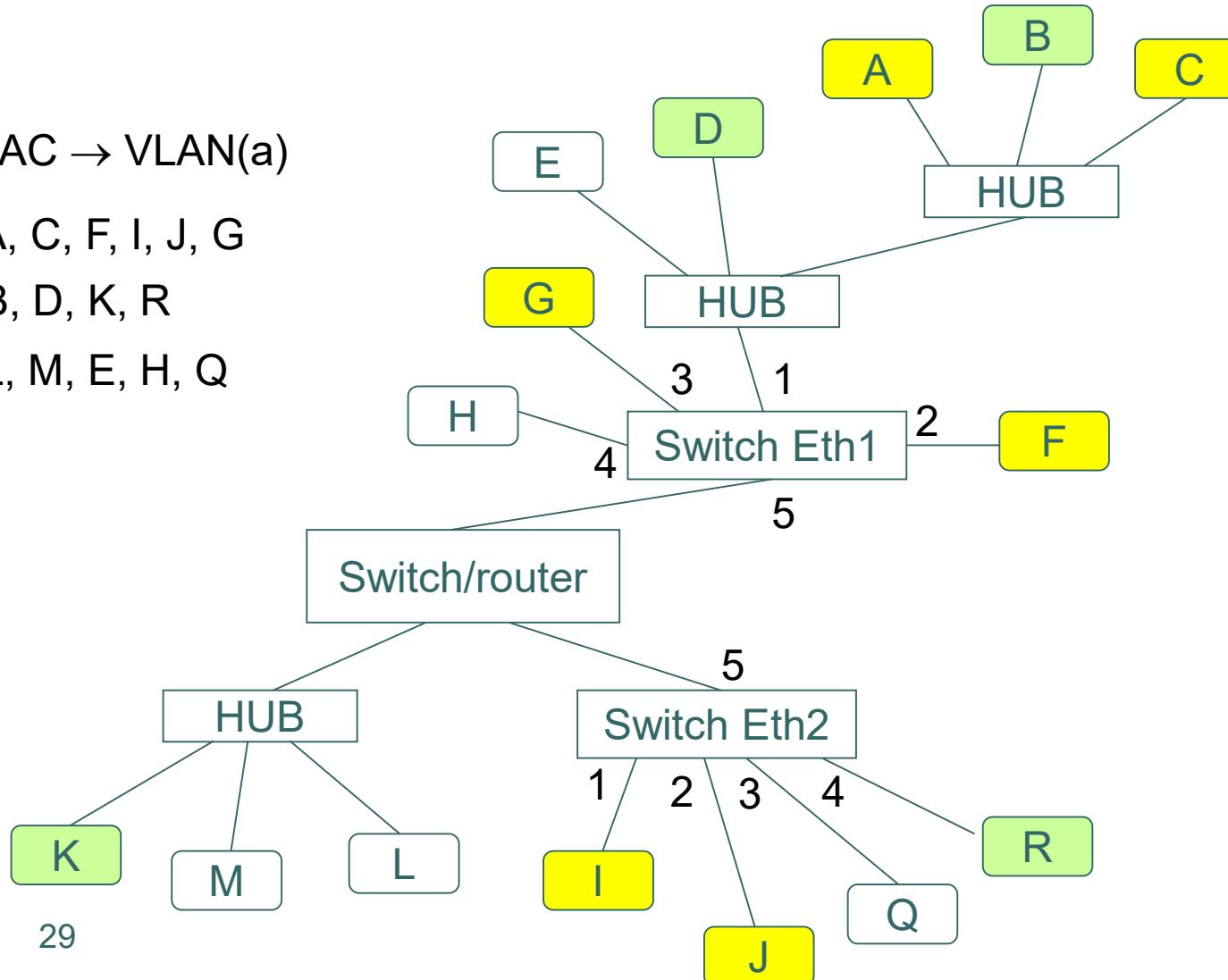
# VLAN : par @MAC

$\forall a : @MAC \rightarrow VLAN(a)$

VLAN1 : A, C, F, I, J, G

VLAN2 : B, D, K, R

VLAN3 : L, M, E, H, Q





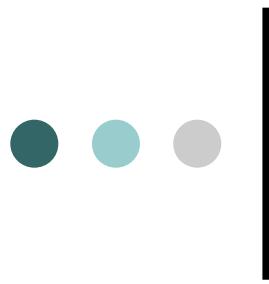
## Comparaison port/@MAC

- Avantages VLAN @MAC / port
  - Des stations sur des hubs peuvent appartenir à différents VLANs mais diffusion non sélective selon les branches des hubs
  - On peut avoir des stations qui sont déplacées (mobiles) sans besoin de reconfiguration
  - On peut identifier chaque station avec son numéro de carte Ethernet
    - Sécurité accrue
    - Si adresse MAC inconnue : appartient au VLAN « visiteurs »



## Comparaison port/@MAC

- Désavantages VLAN par @ Mac
  - Administration plus lourde
    - Répertorier et tenir à jour des tables avec toutes les adresses MAC
  - Si utilisateur change sa carte Ethernet : modification de configuration



## *Interconnexions de niveau 3*



# Routeurs IP

- Les routeurs IP ont deux tâches principales :
  - La fonction de **calcul des routes** du routeur qui consiste à selectionner l'interface le plus approprié pour transférer le paquet.
  - La fonction de **commutation** du routeur qui consiste à accepter un paquet en provenance d'une interface et à le transférer sur une autre interface.



# Routeur IP

Actions réalisées au niveau de l'adressage :

- Adresse de réseau - partie de l'adresse IP utilisée par le routeur
- Adresse de machine - port spécifique ou composant sur le réseau
- Adresse de destination **AND** Subnet Mask = réseau de destination
- pendant l'opération **AND**, la partie machine (Host) est enlevée
- La partie réseau de l'adresse sert de base à la sélection de routes.
- La partie machine fait référence à un composant spécifique sur le réseau.



# Protocoles

- Deux types:
- **Protocole routé** : utilisé entre routeurs ou entre routeur et station pour véhiculer les données utilisateur. Ces protocoles sont routés par les routeurs. Le routeur interprète la partie réseau de l'adresse IP (Ex. IP, IPX)
- **Protocole de routage** : échanges entre routeurs pour mettre à jour les tables de routage. Ces protocoles exécutent du routage après implantation d'un algorithme de routage spécifique (Ex. RIP, IGRP et OSPF)



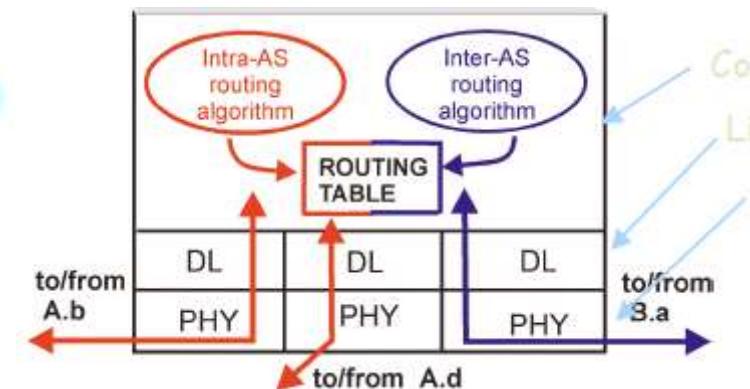
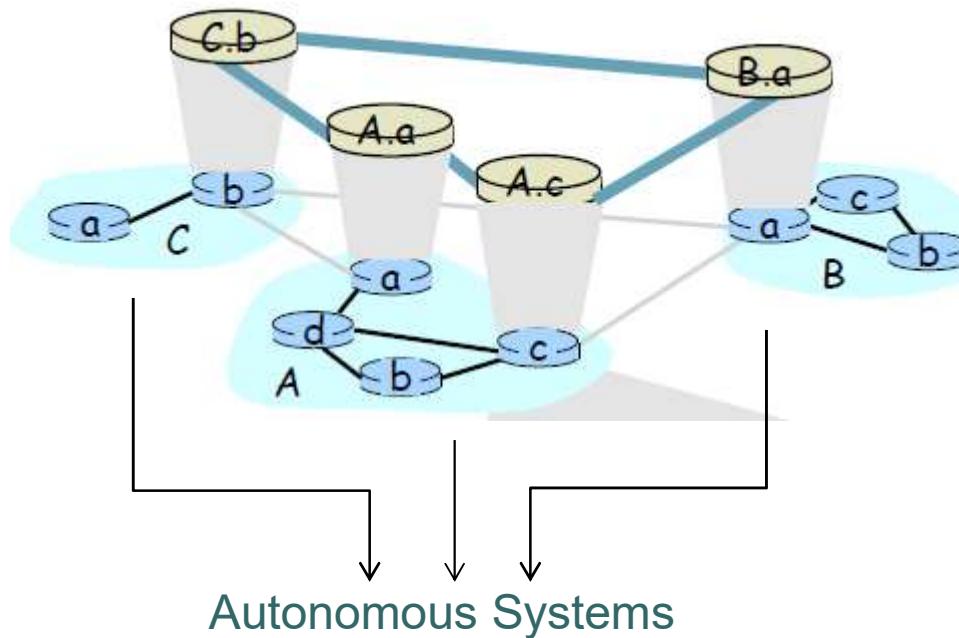
# Protocoles de routage

- RIP (Routing Information Protocol) - intégré aux systèmes BSD UNIX. Protocole le plus répandu sur l'Internet, RIP utilise le nombre de sauts (routeurs traversés) comme métrique de routage.
- OSPF (Open Shortest Path First) -protocole de routage hiérarchique de type Link-state, proposé comme successeur de RIP dans la communauté Internet. Les caractéristiques d'OSPF intègrent notamment du routage à moindre coût, du routage multivoies, et de l'équilibrage de charge.



# Autonomous Systems

- Routage inter-AS (externe)
- Routage intra-AS (interne)





# Mécanisme de routage

- L'efficacité du routage dépend de deux fonctions de base :
  1. la maintenance de la table de routage
  2. la périodicité de la diffusion des informations de routage aux autres routeurs (*routing updates*)
- Un protocole de routage décrit :
  - Comment les mises à jour sont transmises
  - Quelles informations sont contenues dans ces mises à jour
  - A quel moment la mise à jour doit être effectuée
  - Comment localiser les destinataires des mises à jour



# Protocoles internes

- **OSPF** (*Open Shortest Path First*) qui utilise un routage distribué. On peut utiliser par exemple, des algorithmes adaptatifs qui tiennent compte de l'état des noeuds voisins et choisissent un chemin de sortie en fonction du trafic relatif à ces noeuds. La particularité d'OSPF est d'assurer la maintenance de plusieurs routes vers la même destination.
- **RIP** (*Routing Information Protocol*) Ce protocole est bien adapté aux réseaux locaux. Ce protocole considère que la meilleure route correspond à celle qui utilise le plus petit nombre de passerelles, avec un maximum de 15 (algorithme du vecteur distance).



# Routage de type vecteur distance (RIP)

- Avec les protocoles de routage de type "Distance Vector", les routeurs s'échangent des entrées dans les tables de routage en transmettant périodiquement un identificateur de réseau (le "vector") et son nombre associé de sauts (la "distance") pour mise à jour des entrées dans leurs tables de routage.
- A l'état de convergence, chaque table de routage des routeurs contient une liste complète de tous les identificateurs réseau et de tous les chemins possibles pour atteindre chaque identificateur réseau.



# RIP

- Algorithme (ex. Bellman-Ford, Floyd)
  - Chaque équipement de routage calcule la distance qui le sépare des destinations connues dans le domaine d'administration
- La distance est calculée à partir des informations reçues des voisins.
- Un noeud construit donc sa table de routage en fonction des informations données par ses voisins.

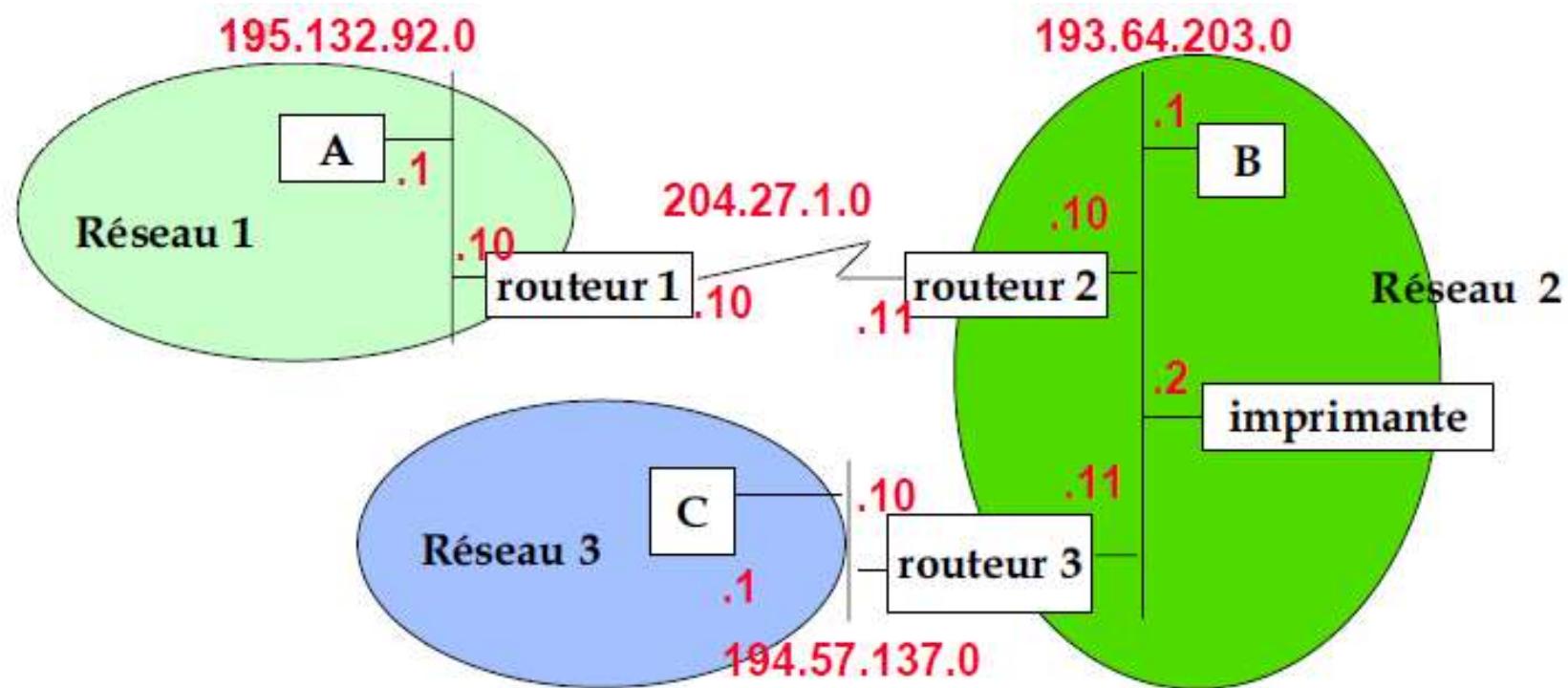


# RIP

- L' équipement de routage diffuse (broadcast )
  - toutes les 30 secondes
  - la liste des réseaux qu'il peut atteindre
    - avec leur distance (nombre de sauts)
- Un message RIP est contenu dans un datagramme UDP
  - N° de port = 520
- Daemon routed ou gated sous Unix
- router rip (Cisco)



# RIP





# RIP

- Avantages

- Très connu, implanté sur tous les équipements de routage.
- S'adapte automatiquement (panne, ajout de réseau ...)

- Désavantages

- La distance est une information sommaire
  - ne tient pas compte de la charge, du débit, du coût des lignes, ...
- Distance maximale = 15
  - $d = 16$  signifie réseau inaccessible (distance infinie)
- Pas de garantie sur l'origine des informations
  - n'importe qui peut dire n'importe quoi

- Utiliser RIP sur un petit réseau que l'on contrôle



## RIP v2

- Avantages (/v1):
  - Annonce des mises à jour de tables par multicast (224.0.0.9)
  - Supporte un mécanisme d'authentification
  - Supporte les VLSM (car subnet mask transmis)



## Routage de type état de lien : OSPF

- Le routeur maintient une table donnant une vue complète du réseau
- Pas d'échange de table de routage
- Échange d'infos permettant de construire la table
- Utilisation de paquets d'état de lien (LSP), d'une BD topologique, d'un algo SPF construisant l'arborescence du réseau et d'une table de routage.
- Convergence rapide



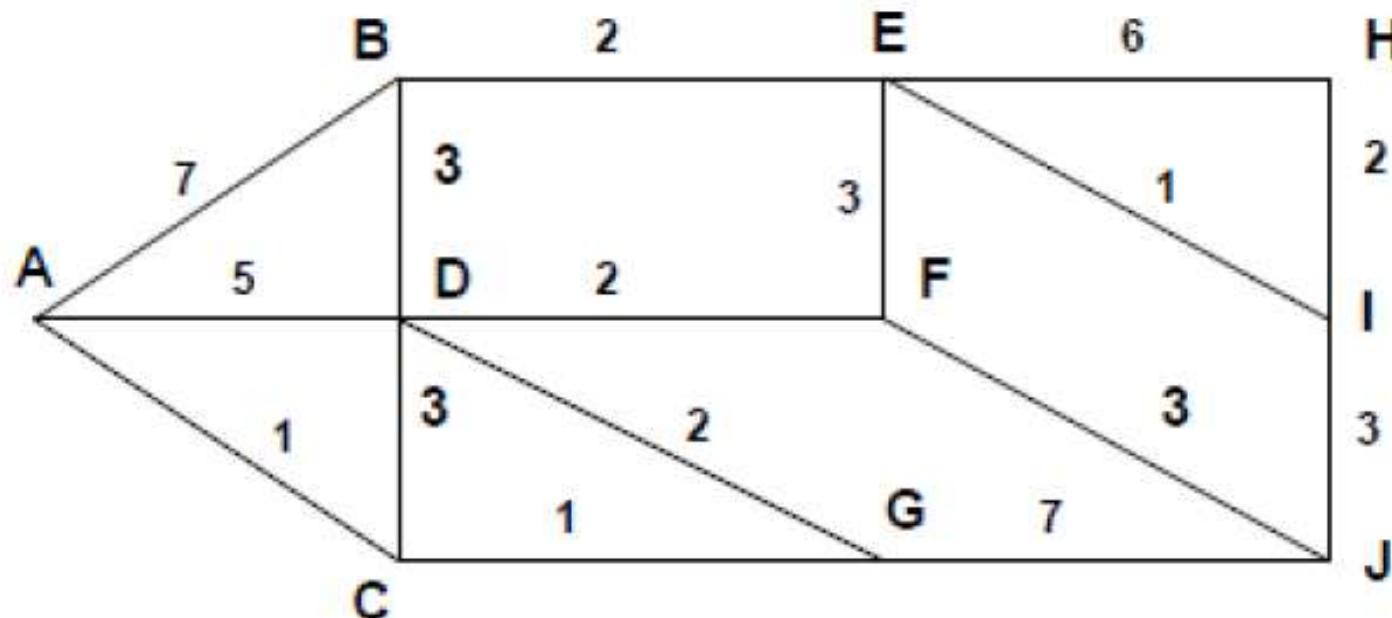
## OSPF

- Open Shortest Path First
  - Utilise l'algorithme de Dijkstra
  - N'envoie des infos que lorsque cela est nécessaire
  - Pas de bouclage
  - Métrique basée sur la vitesse du lien
  - Pas de limite sur le nombre de routeurs
- OSPF



# Exemple

Utilisez la méthode qu'utilise OSPF (algorithme de Dijkstra) pour trouver les chemins les plus courts entre A et chaque noeud dans la structure ci-dessous. Décrivez toutes les étapes. Quelle est la distance entre A et I ?





# Résultat

$d(A, B) = 7$

$d(A, C) = 1$

$d(A, D) = 4$  (par C)

$d(A, E) = 9$  (par C, D, F)

$d(A, F) = 6$  (par C, D)

$d(A, G) = 2$  (par C)

$d(A, H) = 12$  (par C, D, F, E, I)

$d(A, I) = 10$  (par C, D, F, E)

$d(A, J) = 9$  (par C, G)



# Tunneling

- Encapsulation de même niveau
- Chaque fragment du protocole origine est mis à l'intérieur d'un autre protocole de même niveau
- Intérêt: utiliser des protocoles supportant de grandes distances (ex. télécom).
- Applications: VPN.



# Encapsulation

