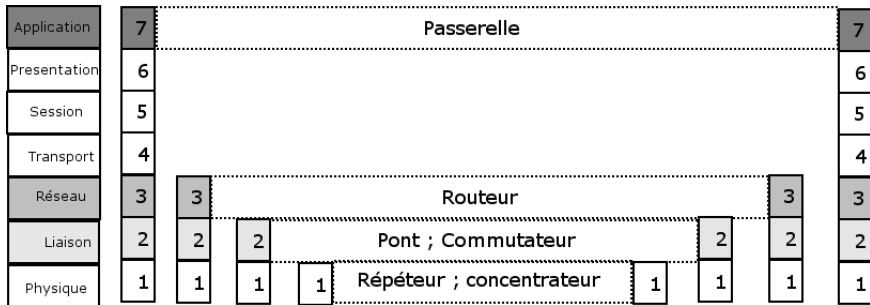


Les questions auxquelles on va essayer de répondre :

- Comment interconnecter plusieurs stations pour former un réseau local ?
- Comment interconnecter des réseaux de protocoles semblables (e.g. Ethernet) avec éventuellement des débits et des supports distincts (câble coaxial, paire torsadée, fibre optique) ?
- Comment étendre un réseau local sur de grandes distances sans diminution du signal ?
- Comment interconnecter des réseaux ayant des architectures de services et de protocoles différentes ?
- Comment réunir plusieurs réseaux locaux en un seul ?
- Comment partitionner un réseau en sous réseaux locaux ?
- Comment interconnecter un réseau local à l'Internet ?

Equipements relais et couches du modèle OSI



Note : l'ambiguïté des termes vient du fait qu'un même équipement peut cumuler plusieurs fonctions

Sommaire : Equipements relais/d'interconnexion

Equipements relais de Couche 1

- Câbles Ethernet
- Répéteurs (repeater)
- Concentrateur (hub)

Equipements relais de Couche 2

- Cartes réseaux
- Pont (bridge)
- Commutateur (switch)
- VLAN (Virtual LAN (Local Area Network))

Equipements relais de Couche 3

- Routeur (router)

Equipements relais de Couche 4 et au delà

- Passerelle (gateway)
- Quizz de synthèse

Equipements relais de Couche 1
Equipements relais de Couche 2
Equipements relais de Couche 3
Equipements relais de Couche 4 et au delà

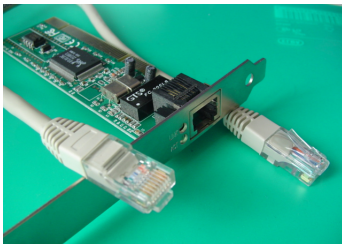
Câbles Ethernet
Répéteurs (repeater)
Concentrateur (hub)

Câbles Ethernet



← câble coaxial et connecteurs BNC male et femelle

fibres optiques avec câbles d'émission et de réception →



← câble Ethernet RJ45

Câbles Ethernet

DEBIT-Base-TYPE

- DEBIT : en (Méga/Giga) bits per sec (bps) ; 10Mbps (Standard Ether.), 100 (Fast Ether.), >1000 (Ether. Gigabit)
- TYPE : coaxial, T (*Twisted*/paires torsadées), F/X (*Fiber*/Fibre optique)

Câbles Ethernet

Câble coaxial

- 10Base2, fin, segment de 200 yards (185 m) et 30 noeuds par segment
- 10Base5, épais, 500 m, 100 n

Paires torsadées

- Catégorie 3 (10 Mbps), cat. 5 (100 Mbps), cat. 5e (1 Gbps), cat. 6a (10 Gbps), 100 m
- vers la cat. 7 (10 à 100 Gbps avec une plus grande bande passante) mais manque de rétro-compatibilité (2018)

Catégories de fibres optiques (diamètre du coeur et longueur d'onde utilisée)

- Multimode, les 1ères sur le marché, coeur de 50 à 62,5 μm pour le bas débit et courte distance, 1Gbps sur 1km
- Monomode, plus complexe (9 μm), moins de réflexion sur la gaine, moins de perte, plus chère, jusqu'à plusieurs dizaines de km

Câbles Ethernet

Nom	Type	Longueur*	Nb. de noeuds*
10Base5	Coaxial épais	500 m	100
10Base2	Coaxial fin	185 m	30
10Base-T	Paire torsadée	100 m	1024
10Base-F	Fibre optique	2000 m	1024
100Base-T	Paire torsadée	100 m	
1000Base-LX	Multimode fiber	550 m	
1000Base-LX	Single-mode fiber	5 km	
1000Base-ZX	Single-mode fiber at 1,550 nm wavelength	70 km	

* maximale d'un/par segment

En pratique : câbles coaxiaux et 10Base obsolètes, 100Base-TX (réseau local e.g. salle machine étu), 1 Giga (entre serveurs ou avec le backbone), 10 Giga (serveur et son backup, intercontinentale et Joffre/Fleuriaye)

Répéteurs (*repeater*)



convertisseur BNC-RJ45



répéteur fibre/paire torsadée

- Couche : 1, physique
- Fonction :
 - **accroissement de la portée** (e.g. régénération du signal et récupération de l'horloge)
 - et parfois aussi **pontage** (cf. plus loin)
 - Interconnexion : locale (extension du domaine de collision et de diffusion) ; aucune incidence sur les protocoles transportés

Aujourd'hui essentiellement présent pour support aérien (wifi)

Concentrateur (*hub*)

- Couche : 1, physique
- Ports : multiple
- Fonction :
 - **“répéteur” qui transmet toutes les trames sur tous les ports excepté celui d’origine**
 - Interconnexion : locale (même domaine de diffusion et de collision), stations utilisant une topologie en étoile



Sommaire : Equipements relais/d'interconnexion

Equipements relais de Couche 1

- Câbles Ethernet
- Répéteurs (repeater)
- Concentrateur (hub)

Equipements relais de Couche 2

- Cartes réseaux
- Pont (bridge)
- Commutateur (switch)
- VLAN (Virtual LAN (Local Area Network))

Equipements relais de Couche 3

- Routeur (router)

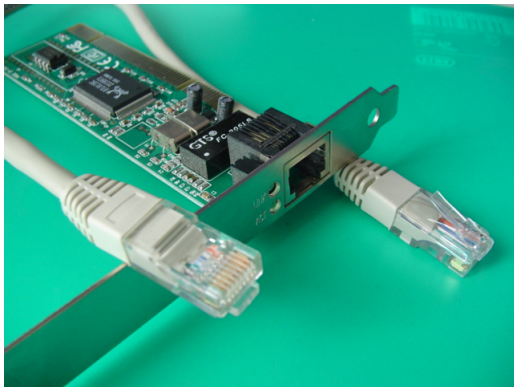
Equipements relais de Couche 4 et au delà

- Passerelle (gateway)
- Quizz de synthèse

Equipements relais de Couche 1
Equipements relais de Couche 2
Equipements relais de Couche 3
Equipements relais de Couche 4 et au delà

Cartes réseaux
Pont (bridge)
Commutateur (switch)
VLAN (Virtual LAN (Local Area Network))

Cartes réseaux



carte câble Ethernet

RJ45

Pont (*bridge*)



- Couche : 2, liaison
- Ports : deux
- Fonction : **"Pontage" : adaptation de débit et de support entre supports physiques différents mais admettant le même format d'adressage MAC (e.g. Ethernet paire torsadée /Ethernet fibre optique /Wifi)**

Aujourd'hui n'est plus un équipement particulier mais avant tout une fonction possible des commutateurs

Commutateur (*switch*)

- Couche : 2 ; Ports : multiple
- Fonction : la **Commutation** i.e. **aiguille sur le port de sortie qui permet d'atteindre le destinataire** (différence avec concentrateur)
- **Au coeur des réseaux locaux**, remplace le concentrateur pour interconnecter les machines,
 - rend caduc l'utilisation de CSMA/CD,
 - rend plus difficile l'espionnage du réseau (*sniffing*)
- Le réseau téléphonique historique s'appelait **RTC** pour **Réseau Téléphonique Commuté** (des circuits électriques raccordés par des opérateurs humains)



Commutateur (*switch*)

Fonctions d'interconnexion :

- **Faculté de non retransmission des trames erronées** (erreurs checksum, trame incomplète suite à une collision)
- **Unification des domaines de diffusion et segmentation en domaines de collision** bien distincts ; i.e. réunit des réseaux locaux éparpillés **en un seul et unique réseau de diffusion**
- **Partitionnement des réseaux en plusieurs domaines de diffusion** aussi appelés **VLAN (Virtual Lan)**
- **Routage** dans certains cas ils sont alors de niveau 3 OSI

Commutateur et acheminement des trames

Comment le commutateur sait sur quel port rediriger une trame ?

- **commutation statique** : table d'acheminement décidée au préalable par un humain
- ou **dynamique** : via *backward learning algorithm*

Pour chaque trame entrante

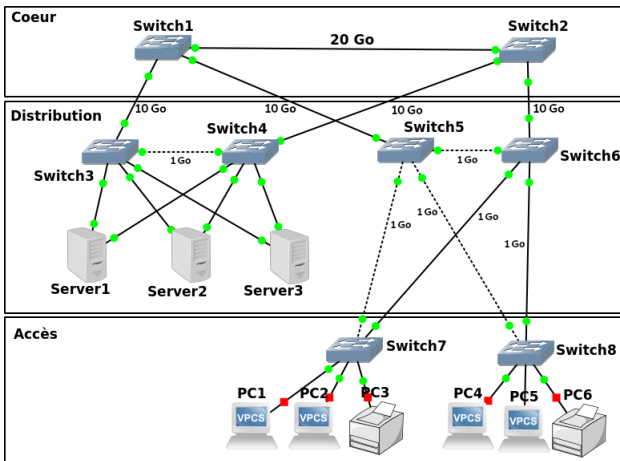
1. SI MAC_{src} inconnue ALORS y associe le port entrant
2. SI MAC_{dst} connue ALORS aiguille sur le port associé (à moins que la trame analysée provient de celui-ci)
SINON (SI MAC_{dst} est inconnue ou l'adresse de diffusion i.e. à l'attention de tous ALORS) redirige vers tous les ports excepté le port d'entrée

Commutateur et optimisation des ressources

- Possibilité de transmettre **plusieurs trames en même temps si pas via les mêmes ports de sortie**
- **Deux modes de transfert**
 - différé (*store-and-forward*) : stocke l'intégralité de la trame pour l'analyser avant de la ré-expédier (filtre les trames endommagées)
 - direct (*cut-through*) : commence à ré-expédier avant arrivée complète de la trame (traite plus rapidement)
- **Mécanisme Ethernet d'auto-négociation des paramètres optimums de communications** (tel que la vitesse et le mode duplex) entre deux équipements connectés
le mode de transmission le plus rapide supporté par les deux et le mode full-duplex sont préférés

Commutateur et sûreté

La redondance volontaire de liaisons à des fins de tolérance de panne ⇒
génère une circulation continue de trames qui inondent le réseau :
Comment **éliminer les boucles** ?



Spanning Tree Protocol Spanning Tree Algorithm/Protocol (IEEE 802.1D)

Le **STP** ("élagage de l'arbre") vise à neutraliser des boucles de niveau 2 entre switches

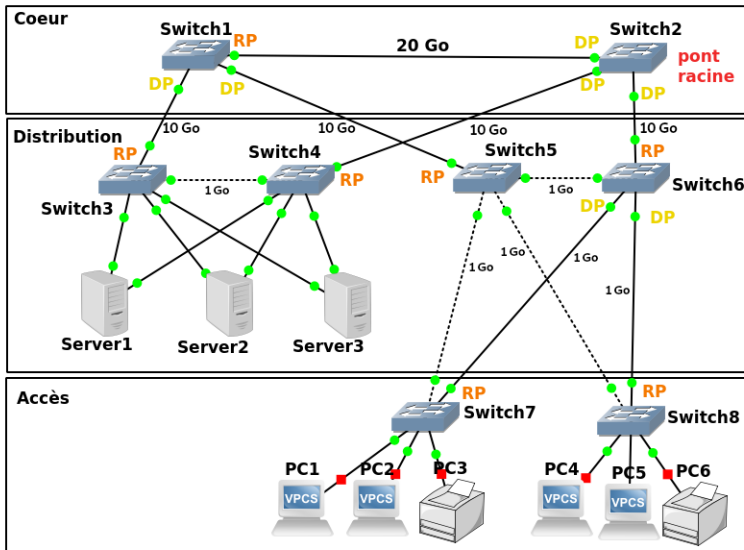
1. Élection d'un commutateur racine (*Root Bridge*) de l'arbre (peut se forcer manuellement)
2. Chaque commutateur identifie un port (*Root Port*) avec le chemin le plus court vers le pont racine (e.g. coût les plus faibles pour les segments au débit les plus élevés)
3. Puis identifie le port (*Designated Port*) des autres commutateurs qui permettent de se rapprocher du pont racine
4. Blocage des autres ports avec éventuellement des exceptions (e.g. pour permettre port alternatif, de sauvegarde...)

Bascule le trafic sur ponts en sommeil en cas de défaillance d'un pont actif

Equipements relais de Couche 1
Equipements relais de Couche 2
Equipements relais de Couche 3
Equipements relais de Couche 4 et au delà

Cartes réseaux
Pont (bridge)
Commutateur (switch)
VLAN (Virtual LAN (Local Area Network))

Commutateur et sûreté



Equipements relais de Couche 1
Equipements relais de Couche 2
Equipements relais de Couche 3
Equipements relais de Couche 4 et au delà

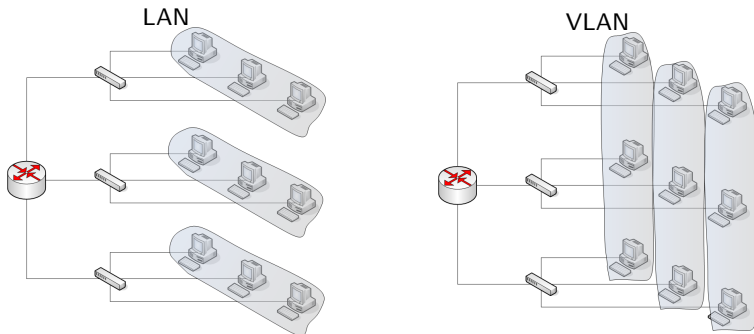
Cartes réseaux
Pont (bridge)
Commutateur (switch)
VLAN (Virtual LAN (Local Area Network))

VLAN (Virtual LAN (Local Area Network))

Le *LAN* calque sa structure logique sur la structure physique.

Le *VLAN* s'affranchit de la structure physique en spécifiant **au sein d'un Switch** les ports ou @MAC ou @IP qui peuvent discuter ensemble.

En d'autres termes, **un VLAN est la définition d'un domaine de diffusion.**



VLAN (Virtual LAN (Local Area Network))

Traditionnellement il existe 3 types de VLAN

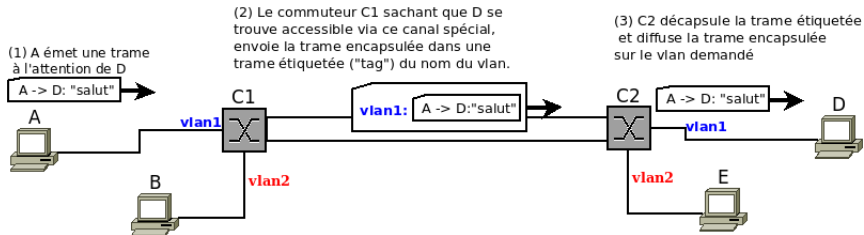
- Associé à certains **ports** (niveau 1 OSI) : les machines connectées derrière ces ports peuvent communiquer entre elles
- Associé à des **adresses MAC** (niveau 2 OSI) : les machines avec ces adresses peuvent communiquer entre elles
- Idem pour VLAN associé à des **adresses IP** (niveau 3 OSI)

Un VLAN permet donc d'organiser logiquement des machines entre elles.

Il existe une autre version, appelée **VLANs "tagués"** qui permet d'affecter dynamiquement une trame à un VLAN

VLANs "tagués"

Les **VLANs "tagués"** ("étiquetés" en français) offrent la possibilité d'**augmenter le nombre des ports** d'un VLAN en mettant en cascade des commutateurs **ou d'interconnecter des VLAN distants**.



Une connexion entre deux ports des commutateurs est réservée.
Les trames y circulent encapsulées dans une trame tierce avec un étiquette indiquant le numéro de VLAN d'appartenance.
Ce **marquage suit la norme IEEE 802.1Q**.

Sommaire : Equipements relais/d'interconnexion

Equipements relais de Couche 1

- Câbles Ethernet
- Répéteurs (repeater)
- Concentrateur (hub)

Equipements relais de Couche 2

- Cartes réseaux
- Pont (bridge)
- Commutateur (switch)
- VLAN (Virtual LAN (Local Area Network))

Equipements relais de Couche 3

- Routeur (router)

Equipements relais de Couche 4 et au delà

- Passerelle (gateway)
- Quizz de synthèse

Routeur (*router*)

- Couche : 3, réseau/internet
- Fonction :
 - **acheminer les données vers un destinataire** connu par son adresse de niveau 3 (e.g. IP) ;
 - **trouver la (meilleure) route** vers ce destinataire
 - **relayer des paquets entre réseaux d'espace d'adressage homogènes** (e.g. IP/IP) ;
 - **L'interconnexion d'espaces d'adressage non homogènes est non définie au niveau 3 mais pris en charge aux niveaux supérieurs (gateway)** e.g. IP via X.25 (chaque constructeur apporte sa solution ; un routeur peut incorporer cette fonction)
- Point d'accès aux réseaux

Note : la notion d'*espace d'adressage* sera vu dans un autre CM

Equipements relais de Couche 1
Equipements relais de Couche 2
Equipements relais de Couche 3
Equipements relais de Couche 4 et au delà

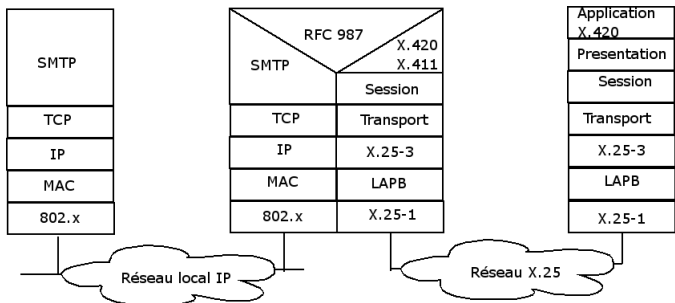
Routeur (*router*)

Routeur (*router*)

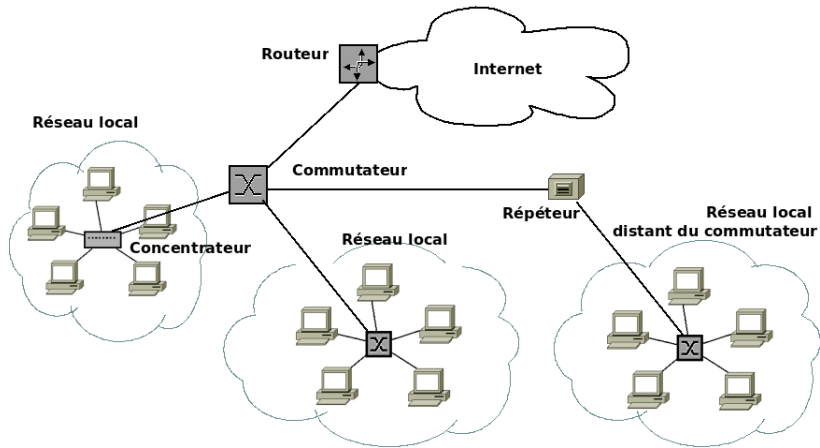


Passerelle (*gateway*)

- Couche 4 et au dessus (en général applicatif)
- Fonction :
 - **Adaptation des protocoles**
 - E.g. messagerie SMTP (Simple Mail Transfer Protocole) du monde Internet et une messagerie ISO X.400
 - E.g. IP vers X.25



Equipements relais – en résumé



Quiz de synthèse

- Donner quatre noms d'équipement relais intervenant à des couches différentes ? Indiquer un exemple de fonction pour chacun.