

# MODULE RÉSEAUX

---

Licence pro essir

IUT Département Informatique

Anthony Busson

## Plan du cours

- Cours
  - Ethernet
    - Spanning Tree
  - IP
    - Principe de base
    - Routage
  - Ethernet
    - VLAN
  - TCP / UDP
  - IPv6
  - Wi-Fi
  - HSRP

# ETHERNET

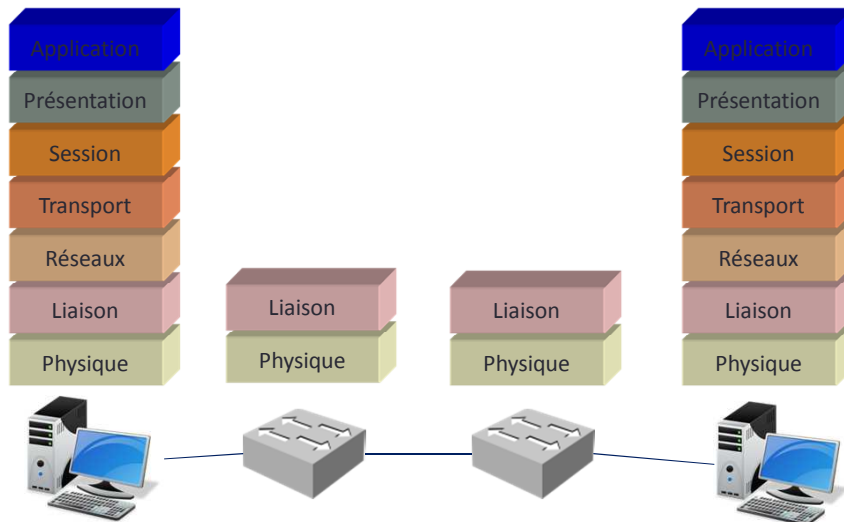
---

*Spanning Tree et VLAN*

## Ethernet: rappel

- Norme IEEE 802.3
- Technologies filaires de réseau local
- Câbles cuivre (4 paires)
- Commuté – topologie en étoile
- Débit:
  - 100Mbit/s – 1Gbit/s (FastEthernet – Gigabit Ethernet)

## Ethernet : Couche Physique et liaison



## Les connectiques

Carte Ethernet: carte électronique installé sur l'ordinateur assurant la réception et la transmission des données (carte PCI / PCI express / ou intégrer à la carte mère).



Prise RJ45 femelle: prise normalisé sur laquelle se connecte les câbles.



Câble Ethernet: câble composé de 8 fils et d'une prise RJ45 mâle. Il existe plusieurs catégories (Cat. 4, 5, 6, etc.) décrivant la qualité du câble.



Il existe aussi des connectiques utilisant des fibres optiques. Les prises et câbles sont alors différents.



## Transmission de l'information

- Les techniques de transmission diffèrent suivant le débit et le type de câble (Cuivre / fibre optique).
- 100 Base TX:
  - transmission en bande de base sur des câbles en cuivre de catégorie 5 ou supérieure (1 paire pour chaque sens)
  - un débit de 100 Mbit/s (Fast Ethernet)
  - distance maximale du câble: 100 mètres

Codage  
4B/5B

4B	5B
0000	11110
0001	01001
0010	10100
0011	10101
0100	01010
0101	01011
0110	01110
0111	01111
1000	10010
1001	10011

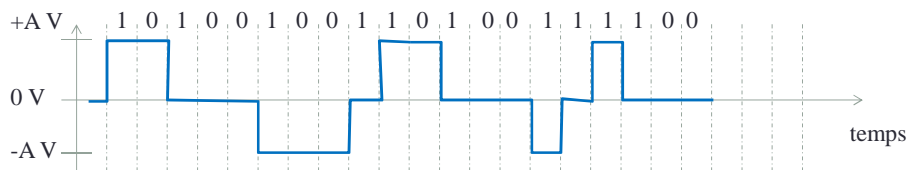
4B	5B	Description
1010	10110	
1011	10111	
1100	11010	
1101	11011	
1110	11100	
1111	11101	
-	11111	Pas de transmission de données
-	11000 10001	Synchronisation / Délimiteur de début
-	01101 00111	Délimiteur de fin

## Transmission de l'information: 100Base TX (suite)

- Transmission bande de base MLT (Multi-Level Transmit)
- 3 niveaux de voltage: +A, 0, -A (toujours dans cet ordre)
- Transmission d'un 0: pas de changement de voltage
- Transmission d'un 1: changement de voltage

Suite binaire à transmettre: 0010 1001 0001 1110

4B/5B: 10100 10011 01001 11100

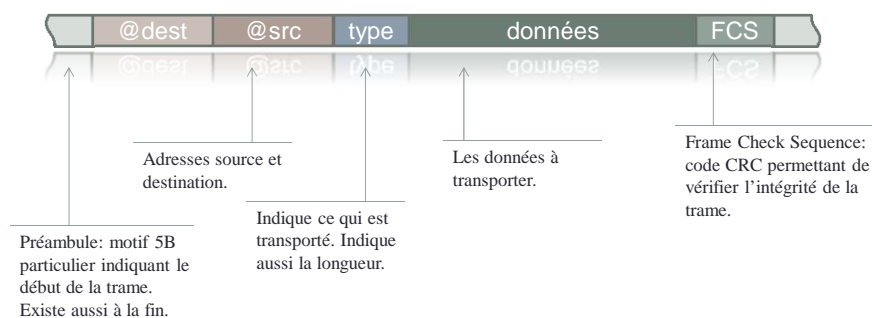


## Exercice: questions / réponses

- Pourquoi utilisé un codage 4/5B?
- Le code MLT-3 a t-il de bonnes propriétés?
- Que se passe-t-il quand il n'y a pas de données à émettre?

## Format des données

- Les données sont transmises sous forme de trames (groupe d'octets).
- Taille maximal de 65536 octets (1518 en pratique).



## Adresse Ethernet ou adresse IEEE

- Une adresse est associée à chaque carte Ethernet
- Adresse unique associée à la carte par le constructeur
- Adresse divisée en deux parties:



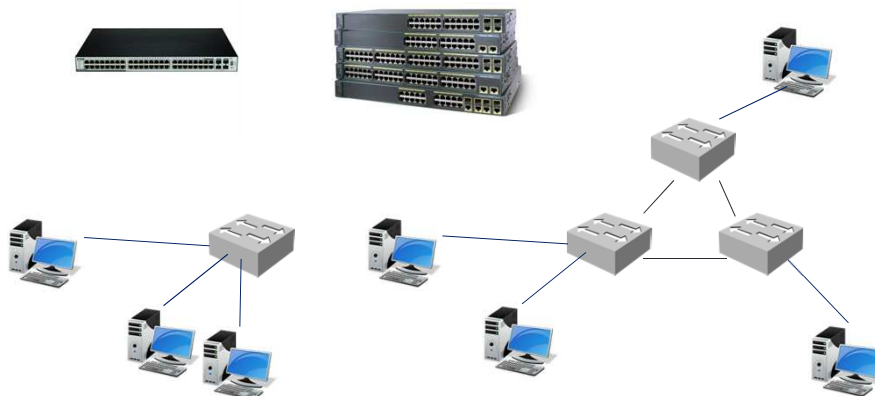
Exemple: ipconfig /all (sous windows)

```
Carte Ethernet Connexion au réseau local :
Suffixe DNS propre à la connexion. . . : univ-lyon1.fr
Description. . . . . : Intel(R) 82577LM Gigabit Network Con
nection
Adresse physique . . . . . : 78-5A-B6-AD-BF-37
DHCP activé. . . . . : Oui
```

L'adresse Ethernet est aussi appelé adresse physique, adresse MAC, ou *Hardware address* en anglais. Il a le même format et le même rôle en Wi-Fi.

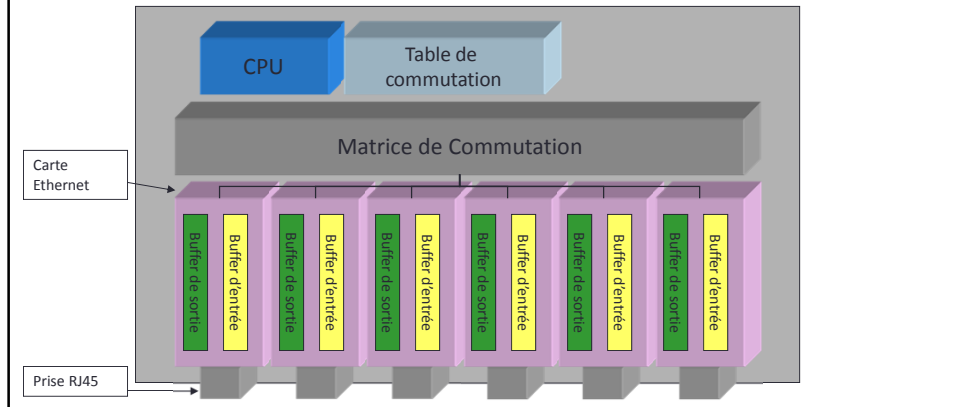
## Ethernet: les équipements et leurs fonctions

- Topologie en étoile: un câble connecte chaque entités (PC, etc.)



## Architecture d'un commutateur

- Deux modes de fonctionnement
  - Store and forward
  - On the fly



## La table de commutation

- Chaque commutateur gère une table de commutation
- Son format est le suivant:

Adresses MAC	Port / Interface
0E:12:1A:12:0B:1C	1
00:1B:12:34:78:60	4
00:23:12:11:87:1A	9

- Elle permet d'associer à chaque trame son port/interface de sortie

## Algorithme de commutation

- A la réception d'une trame:
  - Vérification du FCS
  - On regarde l'adresse MAC destination:
    - Si adresse locale, on transmet au SE
    - Si adresse *multicast* ou *broadcast* (ff:ff:ff:ff:ff:ff), on réachemine sur tous les ports
    - Consultation de la table de commutation:
      - Si une entrée est trouvée, on achemine sur ce port de sortie
      - Sinon, on réachemine sur tous les ports

## Exercice

- On considère un commutateur avec la table de commutation suivante:

Adresses MAC	Port / Interface
0E:12:1A:12:0B:1C	1
04:1B:12:34:78:60	4
00:23:12:11:87:1A	9
00:02:03:04:05:06	6
0A:12:AB:23:1C:02	5

- Que fait-il des trames ci-dessous?

Numéro de la trame	Adresse MAC source	Adresse MAC Destination
1	00:1D:2E: 12:3F:66	00:02:03:04:05:06
2	00:23:12:11:87:1A	04:1B:12:34:78:60
3	0A:12:AB:23:1C:02	00:23:12:11:87:1A
4	00:1D:2E: 12:3F:66	ff:ff:ff:ff:ff:ff
5	0E:12:1A:12:0B:1C	00:1D:2E: 12:3F:66



## Apprentissage des adresses

- La table de commutation est mis à jour automatiquement.
- Algorithme
  - A la réception d'une trame, on extrait l'adresse MAC source:
    - On rajoute (si elle n'existe pas déjà) une entrée dans la table de commutation:
      - (Adresse MAC source , Port de réception)

## Exercice

- On considère un commutateur ayant une table de commutation vide:

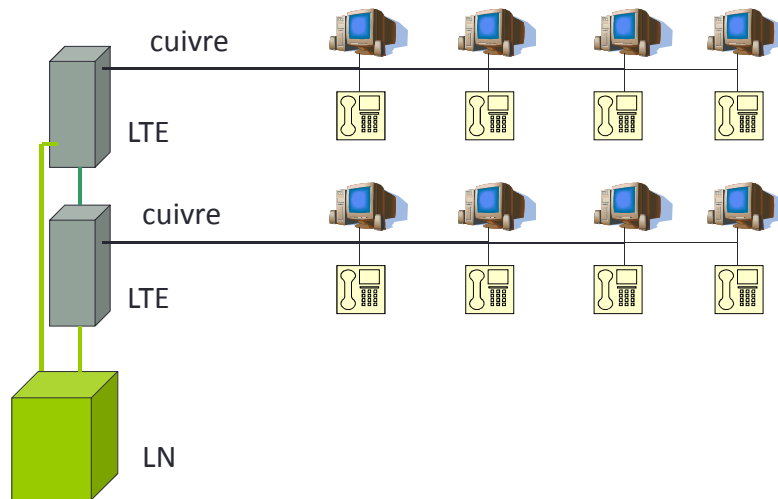
Adresses MAC	Port / Interface

- On suppose qu'il reçoit les trames suivantes.

Port de réception	Adresse MAC source	Adresse MAC Destination
3	00:1D:2E:12:3F:66	00:02:03:04:05:06
5	00:23:12:11:87:1A	0A:1B:12:34:78:60
3	0A:12:AB:23:1C:02	00:23:12:11:87:1A
7	00:1D:2E:12:3F:66	ff:ff:ff:ff:ff
1	0E:12:1A:12:0B:1C	00:1D:2E:12:3F:66

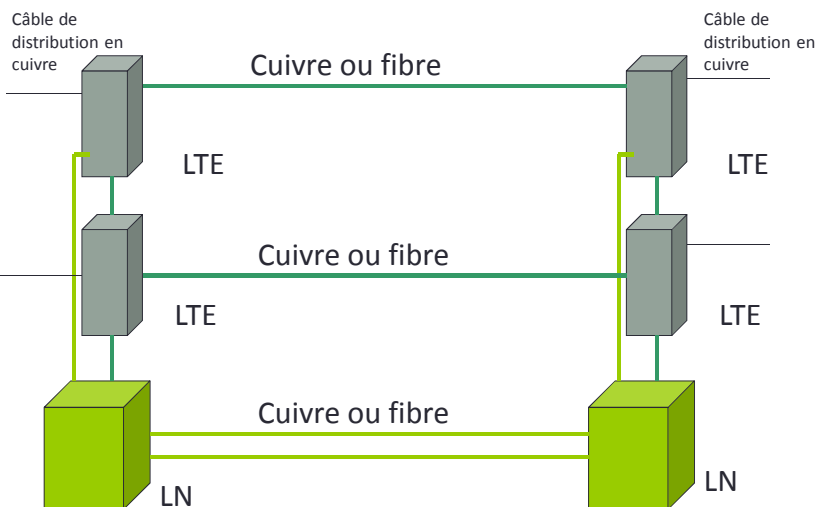
- Mettez à jour la table de commutation en conséquence.

## Architecture de câblage type

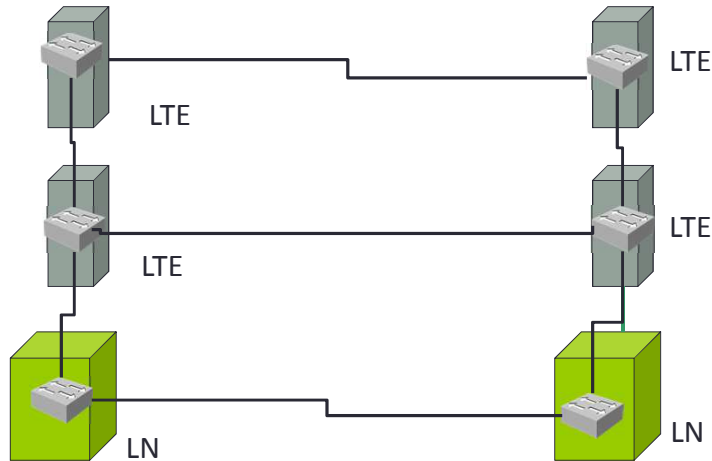


## Architecture de câblage type (2)

Câble de rocades — Câble de distribution —

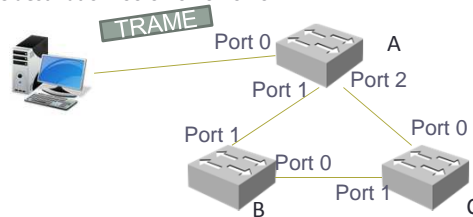


## Réseau Ethernet



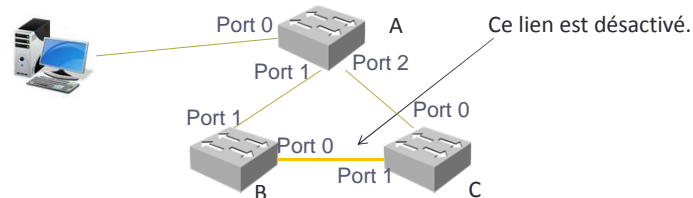
## Ethernet: problème de boucle

Adresse MAC destination: 00:01:01:01:01:01



- L'algorithme automatique d'apprentissage des adresses ne fonctionne pas pour certaines topologies.
  - Le commutateur A va rediffuser la trame provenant du PC sur ces deux autres ports
  - Les commutateurs B et C vont rediffuser la trame sur les deux autres ports
  - La trame va être diffusée indéfiniment

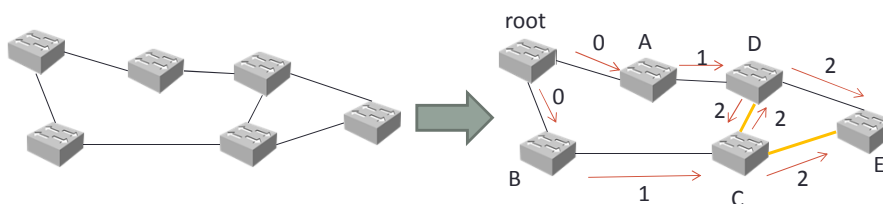
## Ethernet: solution



- La solution consiste à créer une topologie en arbre où il existera un seul chemin possible entre n'importe quelle paire de commutateurs
- Cela garantit le bon fonctionnement de l'algorithme d'apprentissage et évite les boucles.
- Les liens physiques vont rester, mais ils ne seront pas utilisés.
- Le protocole **Spanning Tree** est le protocole utilisé pour construire ces arbres.

## Spanning Tree Protocol (STP)

- Principe
  - Élections d'une racine (*Bridge root*)
  - Diffusion d'un message par ce bridge root
  - Ce message permet à chaque commutateur de découvrir le plus court chemin à la racine
  - Seul le lien menant à cette racine est active



## Spanning Tree: détails

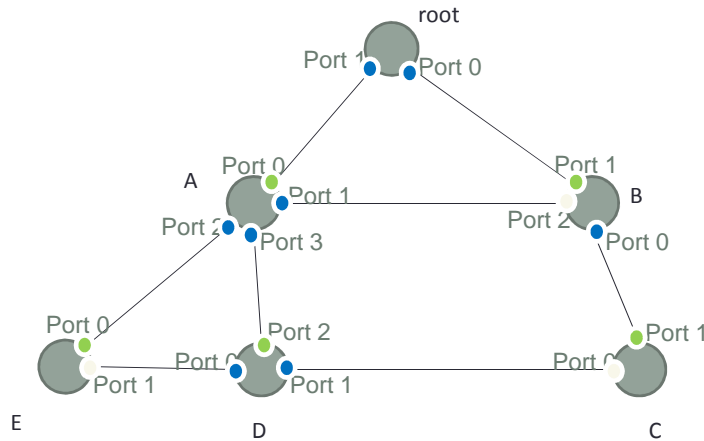
- Election du root:
  - Diffusion d'un message avec les adresses MAC des commutateurs et leur niveau de priorité
    - Le niveau de priorité permet à l'administrateur de privilégier certains commutateurs pour être *root*.
  - On élit le commutateur ayant la plus petite priorité.
  - A priorité égale on élit le commutateur ayant la plus petite adresse MAC.

## Spanning Tree: détails

- Le *root* diffuse un message régulier avec
  - Son identité
  - La distance (initialement à 0)
- A la réception des messages, les commutateurs assigne à chacun de leur port une des trois propriétés suivantes:
  - *Root port*: port menant au root par le plus court chemin
  - *Designated port*: pour chaque segment le port le plus proche du root est désigné
  - *Blocked port*: port bloqué – il n'y a pas d'acheminement ni de traitement des trames sur ce port
- Les BPDUs ne sont diffusés que sur les ports désignés.

## Exemple

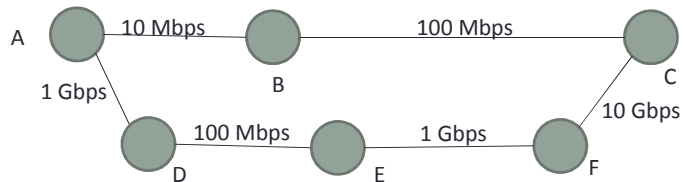
- Blocked port
- Root port
- Designated port



## Les coûts

- On associe une métrique à chaque lien

Vitesse du lien	Coût	Plage de coût recommandée
4 Mbps	250	100 to 1000
10 Mbps	100	50 to 600
16 Mbps	62	40 to 400
100 Mbps	19	10 to 60
1Gbps	4	3 to 10
10Gbps	2	1 to 5

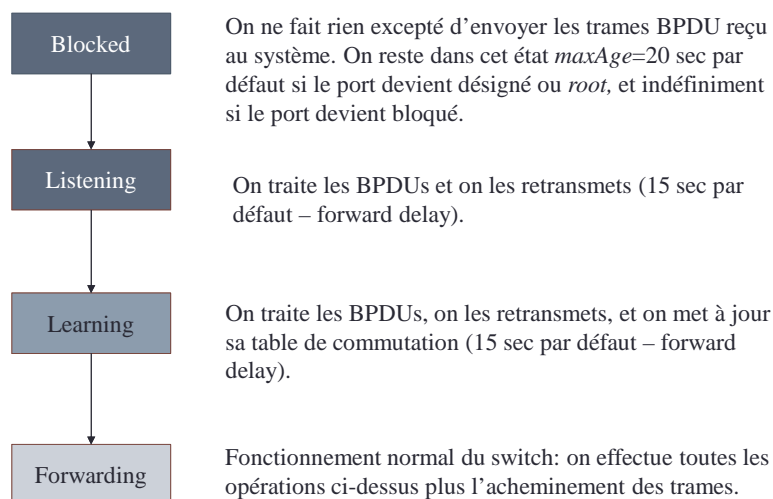


- Le coût au root est la somme des métriques des liens.

## Format des BPDU

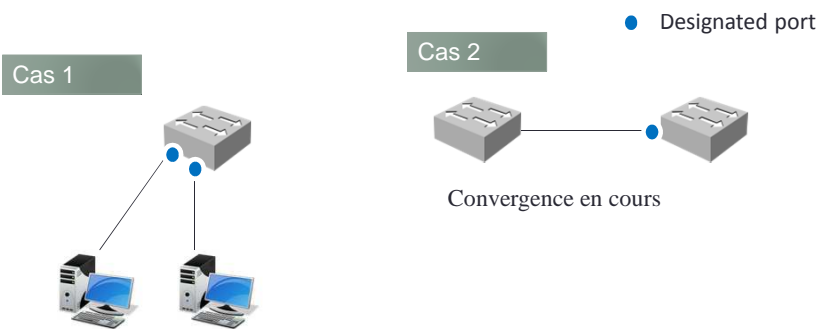
```
Spanning Tree Protocol
  Protocol Identifier: Spanning Tree Protocol (0x0000)
  Protocol Version Identifier: Spanning Tree (0)
  BPDU Type: Configuration (0x00)
  ⊕ BPDU flags: 0x00
  ⊕ Root Identifier: 32768 / 1 / 00:0d:65:19:63:80
    Root Path Cost: 19
  ⊕ Bridge Identifier: 32768 / 1 / 00:0d:bc:59:f8:c0
    Port identifier: 0x8001
    Message Age: 1
    Max Age: 20
    Hello Time: 2
    Forward Delay: 15
```

## Etat des ports



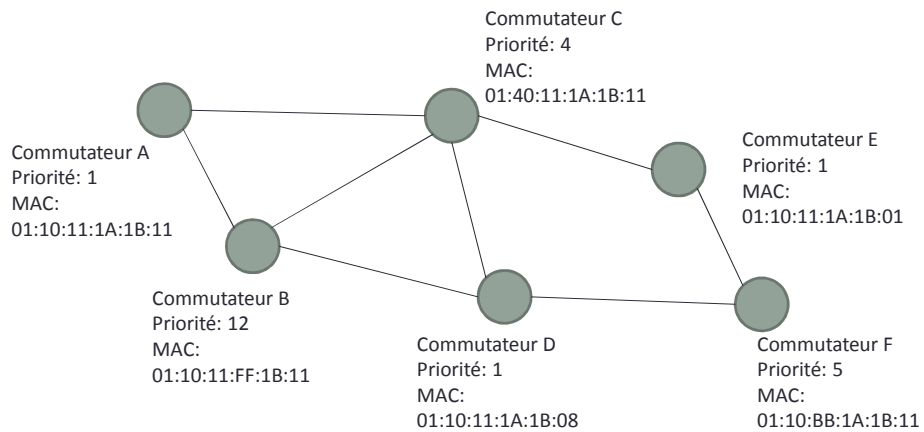
## Précision

- Tous les ports sur lesquels il n'y a pas de BPDU reçu sont désignés. Cela peut correspondre à deux cas de figures:



## Exercice

- Donnez l'état des différents ports pour la topologie suivante:





## Topology Change

- Les tables de commutations doivent être mis à jour après un changement de topologie.
- Emission de BPDUs spéciales par le root indiquant qu'il faut réinitialiser les tables:
  - Le switch ayant détecté le changement émet un TCN (Topology Change Notification) sur son port root.
  - Il est acquitté par le switch en amont (TC Acknowledgement).
  - Opération répétée jusqu'au root.
  - Le root diffuse un BPDUs avec le flag TC à 1.
  - Initialisation des tables de commutations par les switches.

## Les versions des protocoles

- STP: Décrit par Radia Perlman (DEC STP) puis normalisé par l'IEEE avec la norme 802.1D en 1990.
- PVST+: Per VLAN Spanning Tree. Protocole propriétaire Cisco dont le principe est identique et interopérable à STP.
- RSTP: Rapid STP. Norme IEEE 801.1w plus récente (1998). Principe identique mais des mécanismes additionnels permettent une convergence plus rapide du STP.
- MST: Multiple Spanning Tree Protocol. Une instance de RSTP par groupe de VLAN. Norme 801.1s puis intégré à 802.1q (2003).

## RSTP: Rapid STP

- Le root est considéré comme inaccessible dès que 3 Hellos ne sont plus reçus.
- Nouveau type de ports (le blocked port est divisé en 2 rôles):
  - Alternate port: 2<sup>ème</sup> port vers le root
  - Backup port: port de secours pour chaque lien Ethernet (en plus du designated).
  - Ces ports sont utilisés dès qu'une défaillance est détectée sur les ports root et désignés.
- Si un meilleur port root est détecté, cette information est émise au switch correspondant qui peut passer directement à l'état forwarding.
- Un port peut passer directement à l'état forwarding si aucun BPDU n'est détecté.

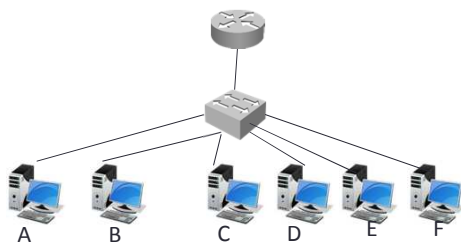
## LES VLANS

---

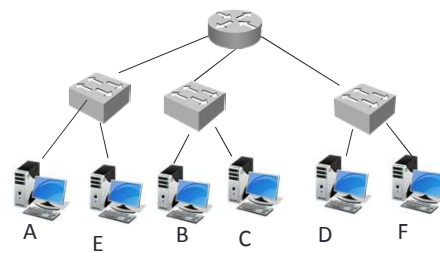
## Les VLANs: la problématique

- Problème physique du découpage en sous réseaux IP

1 sous réseau IP



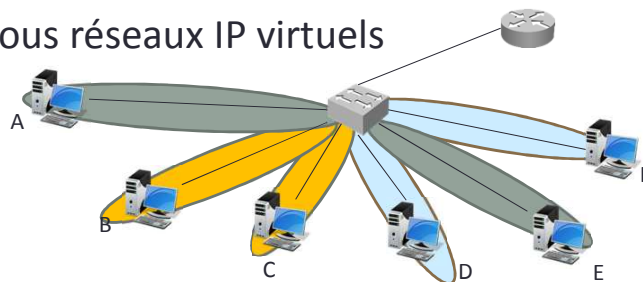
3 sous réseaux IP



## Les VLANs

- VLAN: Virtual Local Area Network
- Partage des équipements physique
- Virtualisation de la notion de sous réseau IP

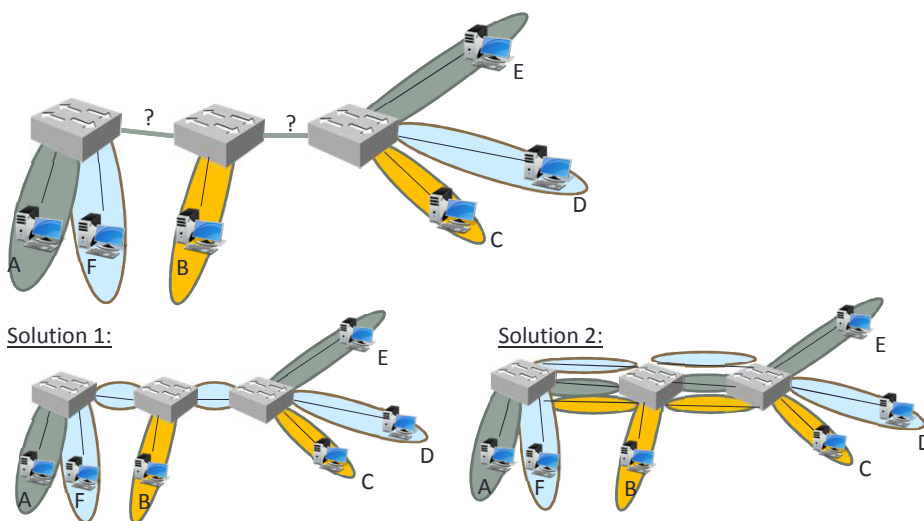
3 sous réseaux IP virtuels



## VLANs: principe

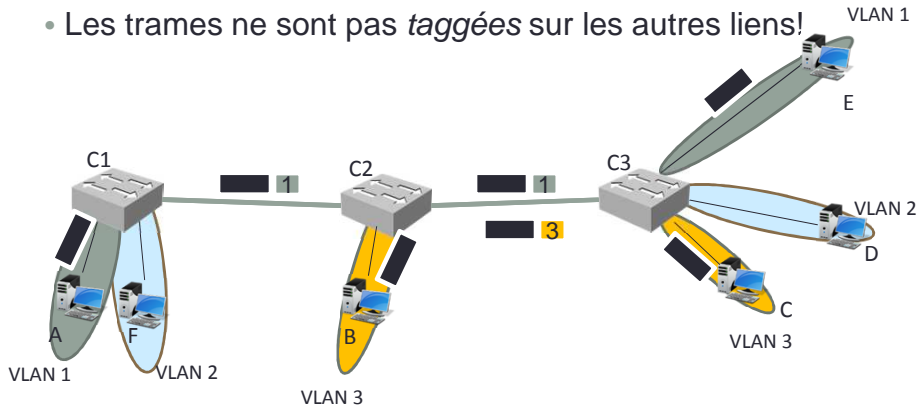
- Un VLAN est un réseau LAN Ethernet logique:
  - Une table de commutation propre
  - Diffusion limitée au seul VLAN
  - Un *Spanning Tree* par VLAN
- Chaque VLAN est identifié par un numéro
  - VLAN par port: association manuelle d'un port à VLAN

## VLAN: interconnexion de commutateurs



# Tag

- On tag les trames sur les liens d'interconnexions
- Le tag indique le VLAN d'appartenance de la trame
- Les trames ne sont pas *taggées* sur les autres liens!

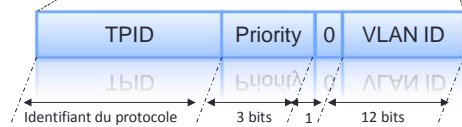


# Format des tags.

- Normes IEEE 802.1Q

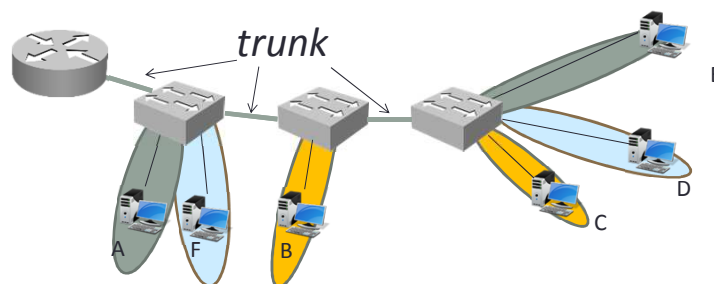
@MAC Dest	@MAC Source	Type/taille	Donnée	FCS
-----------	-------------	-------------	--------	-----

@MAC Dest	@MAC Source	Tag	Type/taille	Donnée	FCS
-----------	-------------	-----	-------------	--------	-----



## Configuration

- Les liens *trunk* sont les liens entre :
  - deux commutateurs
  - un commutateur et un routeur
- Les liens *trunk* sont taggés
- Les autres liens ne sont pas taggés



## Configuration (2)

- Les ports sur lesquels se trouvent les terminaux sont en mode *access* (non taggés)
- Les ports entre les équipements sont en mode *trunk* (taggés)
- Vous verrez la configuration du routeur en TP

```
my-switch(config)#vlan 12
my-switch(config-vlan)#name monVlan
my-switch(config-vlan)#exit
```

Création d'un VLAN

```
my-switch(config)#interface fastEthernet 0/1
my-switch(config-if)#switchport mode access
my-switch(config-if)#switchport access vlan 12
my-switch(config-if)#exit
```

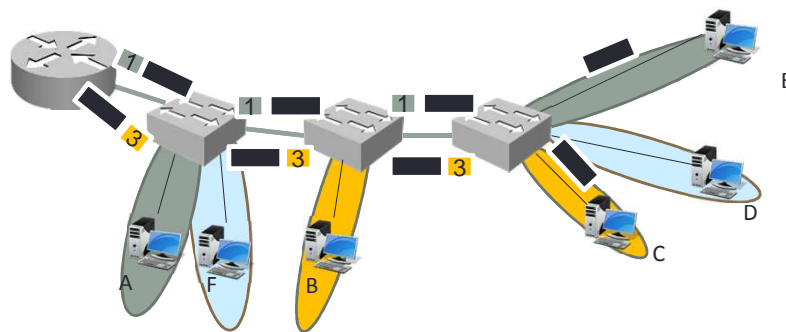
Association du port 0/1 au VLAN 12 en mode *access*

```
my-switch(config)#interface gigabitEthernet 0/2
my-switch(config)#switchport trunk encapsulation dot1q
my-switch(config-if)#switchport mode trunk
my-switch(config-if)# exit
```

Association du port 0/2 au mode *trunk*.

## Transmission entre deux VLANs

E veut envoyer une trame à C



## Switch de niveau 2 et 3

- Utilisation de switch qui sont à la fois
  - Commutateur manageable Ethernet
  - Routeur
- Pas besoin de lien *trunk* (entre le commutateur et un routeur)
- On configure un VLAN comme une interface IP
- 3 modes pour un port
  - *Access*
  - *Trunk*
  - *Routed*

## Exercice 1: table de commutation

- On considère un commutateur.
- L'assignation des ports est la suivante:

```
my-switch#show vlan
```

```
VLAN Name Status Ports
```

```
-----
```

```
1 default active Fa0/1, Fa0/2, Fa0/3, Fa0/4 Gi0/1
```

```
2 administration active
```

```
3 VLAN0003 active Fa0/5, Fa0/10, Fa0/9
```

```
4 VLAN0004 active Fa0/6, Fa0/7, Fa0/8, Fa0/11
```

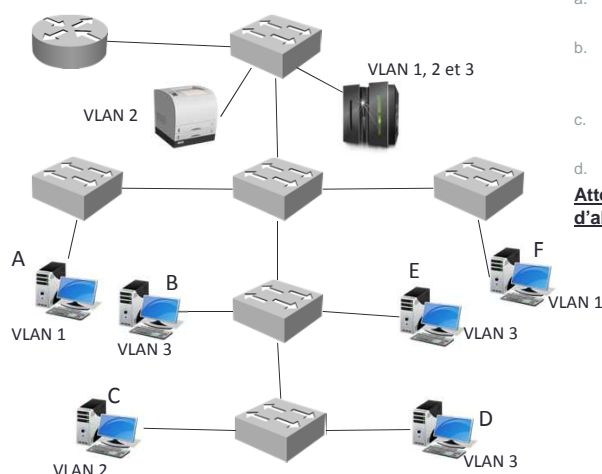
```
Port Fa0/12 trunk
```

- Le commutateur reçoit les trames suivantes

Port de réception	Adresse source	Adresse Destination	Port de réception	Adresse source	Adresse Destination
Fa0/2	00:01:03:07:1A:8C	01:23:4C:78:C5:23	Fa0/11	02:2F:43:91:2C:89	03:D5:43:78:DE:56
Fa0/5	00:1A:23:45:7B:1B	01:8F:FF:AA:11:31	Fa0/10	01:8F:FF:AA:11:31	00:1A:23:45:7B:1B
Fa0/4	01:23:4C:78:C5:23	00:01:03:07:1A:8C	Fa0/7	09:11:2C:73:CC:1C	03:D5:43:78:DE:56
Gi0/1	01:3E:88:7A:CA:11	00:01:03:07:1A:8C	Fa0/8	03:D5:43:78:DE:56	02:2F:43:91:2C:89
Fa0/12 tag 1	01:23:89:1A:21:11	00:01:03:07:1A:8C	Fa0/12 tag 3	0A:0B:0F:AA:67:10	00:1A:23:45:7B:1B

- Donnez la/les tables de commutation du commutateur.

## Exercice



1. Indiquez sur la figure quels sont les liens *trunk*, *access*.

2. Pour les transmissions d'un paquet de A à F, puis de A à C, indiquez:

- Les adresses MAC src et dest des trames
- L'adresse IP cible de la requête ARP (quand il s'agit d'une requête ARP)
- Le(s) chemin(s) emprunter par ce(s) trame(s)
- Les tags si il y en a.

**Attention: il y a la requête ARP d'abord.**



## VLAN Trunking Protocol (VTP) / GVRP Group VLAN Registration Protocol (GVRP)

- VTP: Protocole propriétaire Cisco
- GVRP (802.1ak) : normalisé mais reprenant les mêmes principes.
- Permet la configuration des VLANs sur un des switch
  - Approche centralisé plus simple (cohérence, etc.)
- Fonctionnalité
  - Ajout / Modification / Suppression d'un VLAN
- Un switch est dans un des modes suivants:
  - Serveur (switch sur lequel on configure les VLANs)
  - Client (prend en compte les messages des serveurs pour sa configuration)
  - Transparent (ignore les messages du serveur mais les relaie).