

Les Réseaux Locaux Informatiques

- Ethernet -

PLAN

1. Les principes des réseaux locaux informatiques (RLI)

**Définition : supports, topologies, techniques d'accès
Architecture IEEE**

2. le RLI Ethernet ou 802.3

Transmission physique

Trames 802.3 et adressage (MAC)

Technique d'accès au canal (CSMA/CD)

Le protocole de contrôle de la liaison (LLC)

Réseaux Locaux Virtuel (VLAN)



DEFINITION ET PROPRIETES D'UN RLI

- Les **réseaux locaux informatiques** (en anglais **LAN**, *Local Area Network*) sont destinés principalement aux communications locales, généralement au sein d'une **même entité** (entreprise, administration, etc), sur de **courtes distances** (quelques kilomètres au maximum).
- Les RLI ont donné lieu à des normes définies par l'organisme IEEE dans le cadre du groupe technique 802.

Les RLI sont caractérisés par :

- **1. Une Gestion privée et autonome du réseau**
- **2. un Support physique partagé**
- **3. un mode de communication par diffusion**
- **4. une Transmission numérique en bande de base**



PARTICULARITES DES RLI

- ◆ Les conséquences des particularités techniques des RLI sont :

1. Les problèmes des accès concurrents

- trouver une technique de partage du média (si possible équitable)
- pris en charge par le protocole de niveau liaison

2. Les problèmes de confidentialité et de sécurité

- Exemple : interception des mots de passe des usagers
- pris en charge par les systèmes d'exploitation et les applications (cryptographie)



CARACTERISTIQUES DES RLI

- ◆ Les différentes solutions de RLI se distinguent par trois choix techniques

1. Le type de topologie

Bus, Etoile, anneau, arbre ...

2. Le type de support physique

cuivre, coaxial, fibre optique, radio, ...

3. La technique d'accès au support

centralisée/distribuée; aléatoire/déterministe, ...

1 + 2 + 3 = un réseau local informatique particulier

Exemple de RLI : **Ethernet 10baseT**

Ethernet : protocole MAC de type distribué et aléatoire

10 : Débit de 10 Mbp/s

T : support de type paire de cuivre torsadée

Base : Transmission numérique en bade de base

Topologie en étoile (autour d'un concentrateur)



ETHERNET : Un peu d'histoire

- ◆ 1974 : Inventeur XEROX : Spécification de Ethernet
- ◆ 1976 : INTEL et DIGITAL propose Ethernet v2 et en font un standard du marché
- ◆ 1980 : IEEE normalise :
 - Les spécification des supports physiques
 - Les grandeurs physiques IEEE 802.3 (délais, distances, ...)
 - La structure de la trame Ethernet 802.3
 - La technique d'accès de Ethernet (CSMA/CD 802.3)
 - La gestion des collisions
 - Notifications (bourrage de la ligne - JAM)
 - définit la variante CSMA-persistent
 - Algorithme de reprise après collision (Binary Exponential Backoff)
 - Les algorithmes d'émission et de reception
- ◆ 2010 : Ethernet et ses dérivées représentent 90% du marché des LAN

ARCHITECTURE Réseaux Locaux Informatique

Modèle de référence OSI



Couches spécifiées par le standard IEEE 802.1

HTTP (Web)

TCP

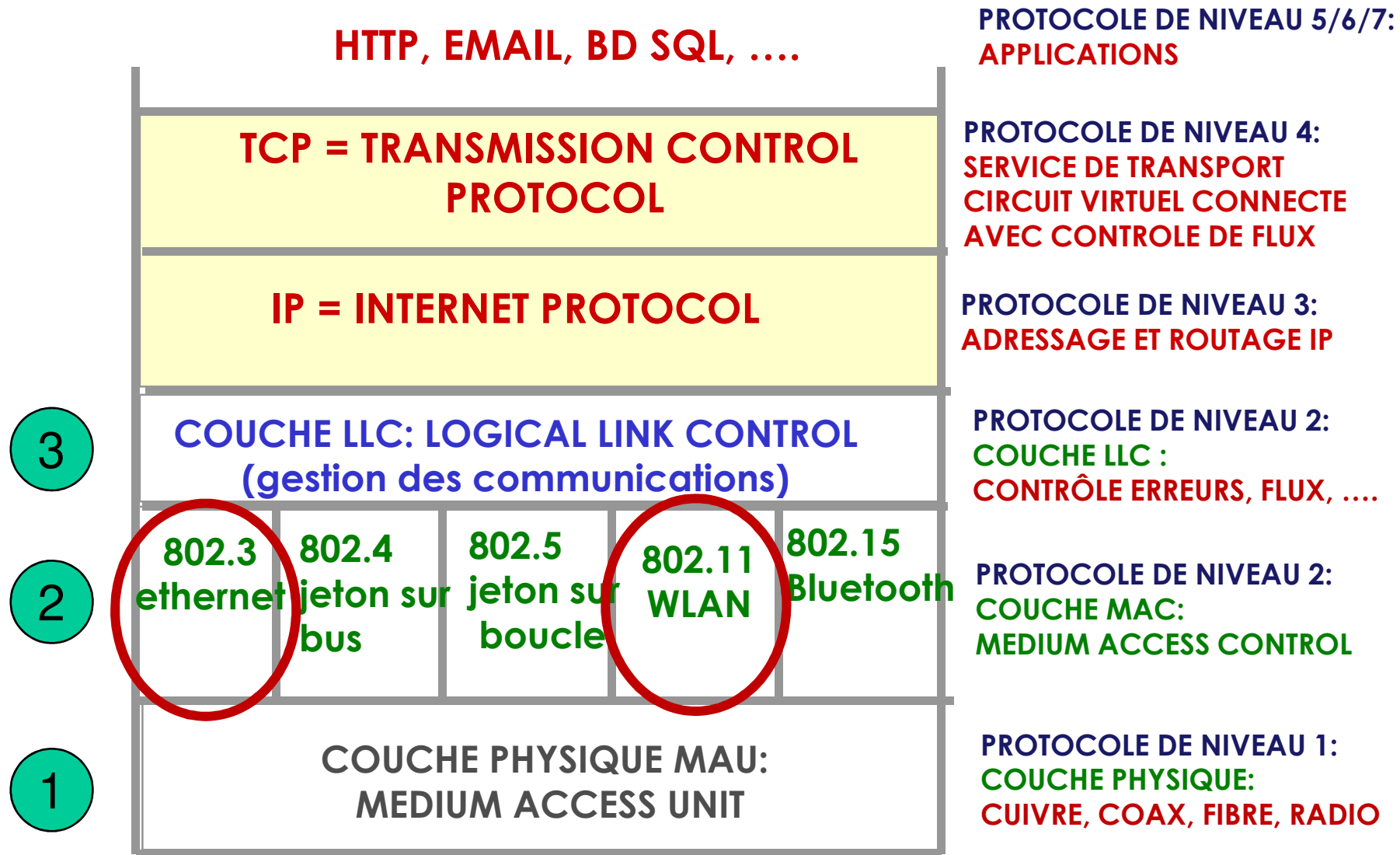
IP

Sous-couche LLC IEEE 802.2

Sous-couche MAC

Couche PHY

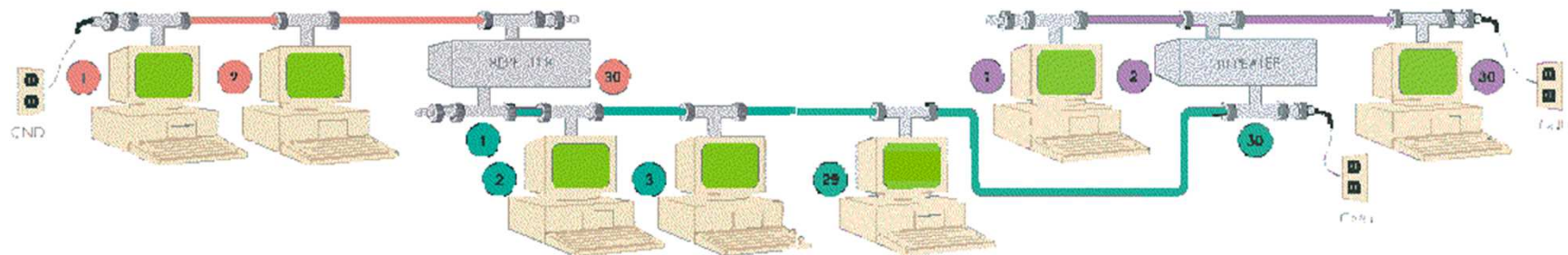
ARCHITECTURE : IEEE 802 LAN et WLAN



ETHERNET 802.3

10 base 5 et 10base 2

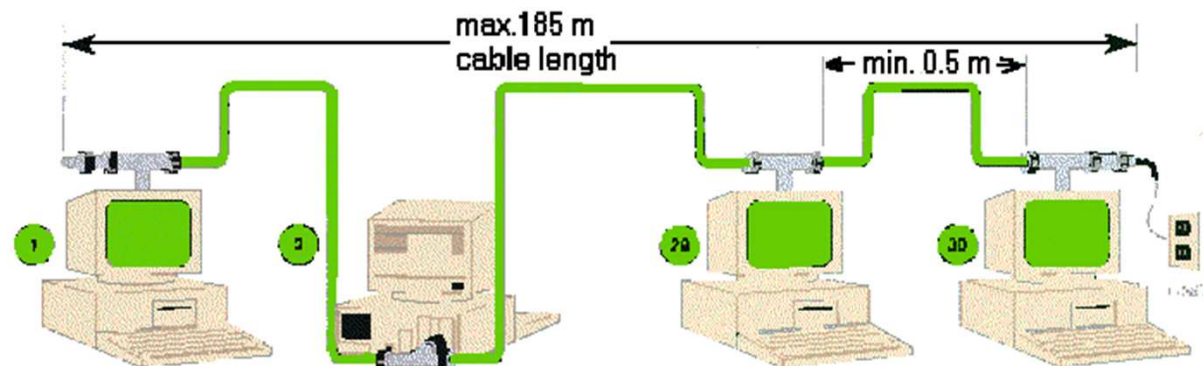
Répéteurs



câble thin ethernet



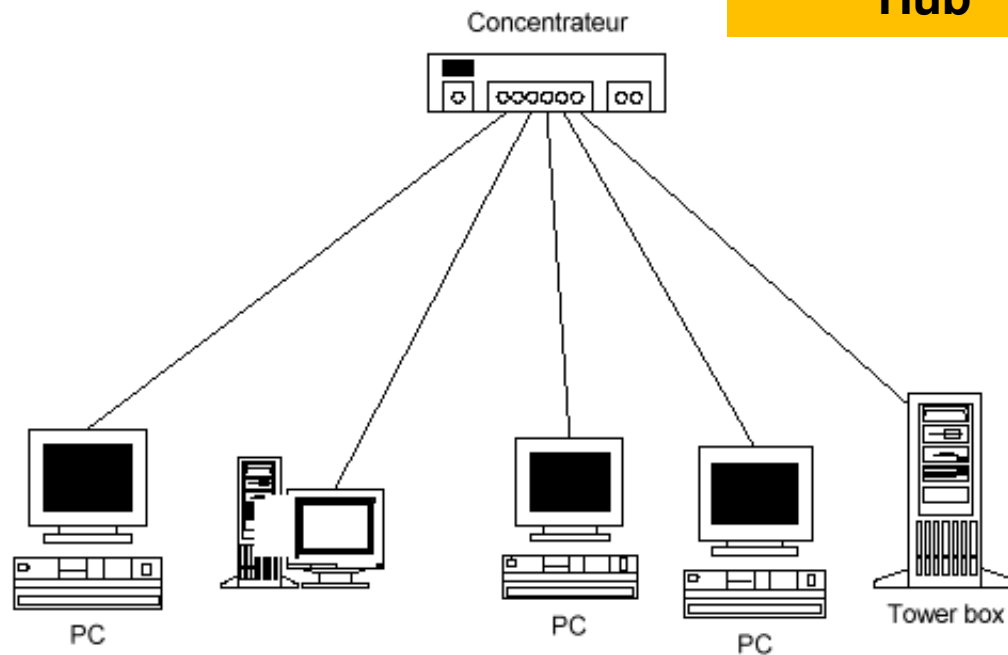
prise BNC en T



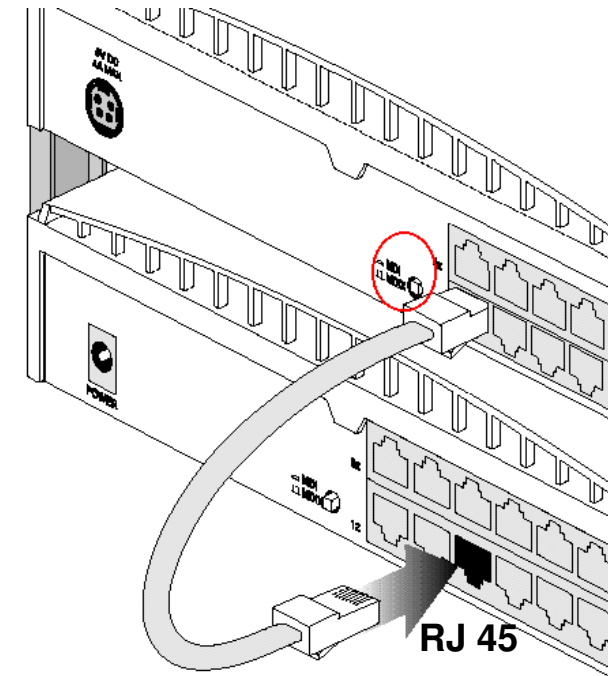
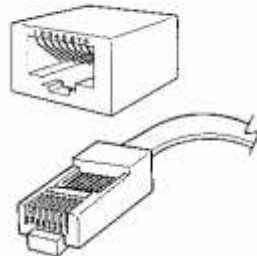
- Collisions entres stations nombreuses
- Risque accru de pannes et interruptions de réseau

ETHERNET 802.3 PARTAGE 10-100 base T

Concentrateurs Hub



■ connecteur RJ45

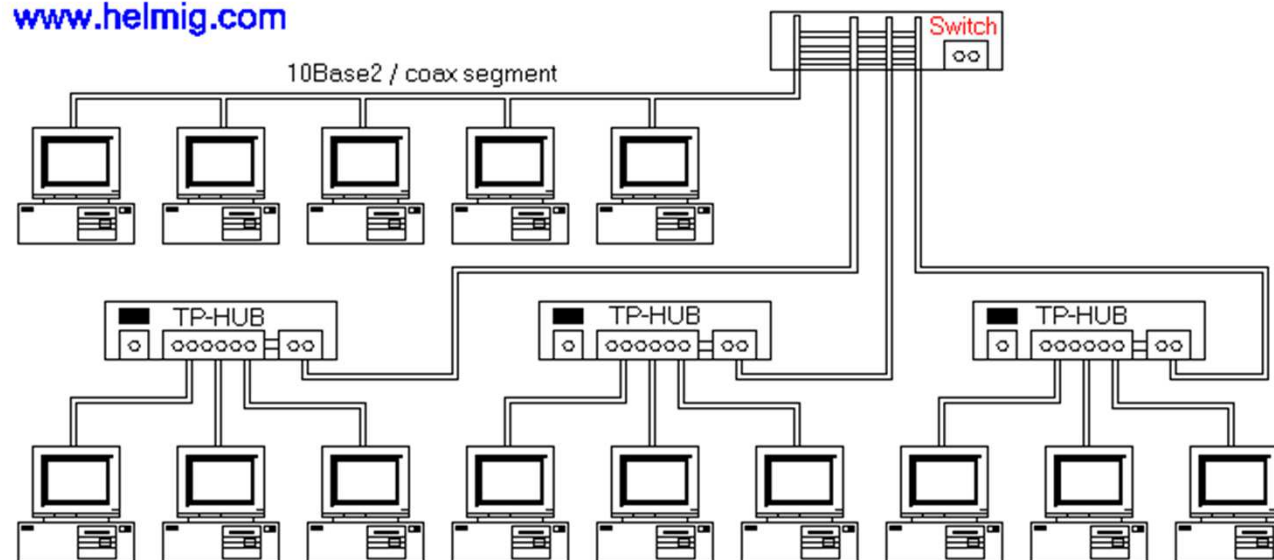


- Facilité le raccordement et la maintenance
- Les collisions persistent

ETHERNET 802.3 COMMUTE 10-100-1000 BASE T

Commutateurs Switch

www.helmig.com



- ◆ Réduire les collisions pour accroître les débits (non partagés)
- ◆ Utilisation d'une topologie en étoile (migration facile)
- ◆ Remplacer le nœud central passif (HUB) par un commutateur (SWITCH).

REPEATER / HUB / SWITCH

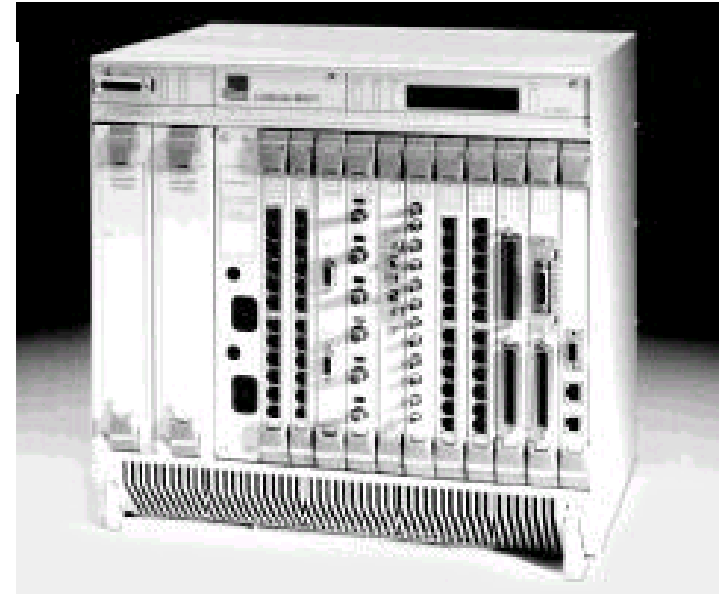
Répéteur/adaptateur (UNICOM)



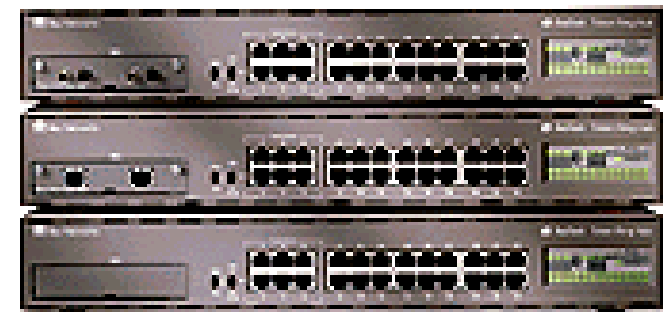
hubs 16/8 ports (HP)



Commutateur/ Switch Netgear



Switch multi Protocole (3com)

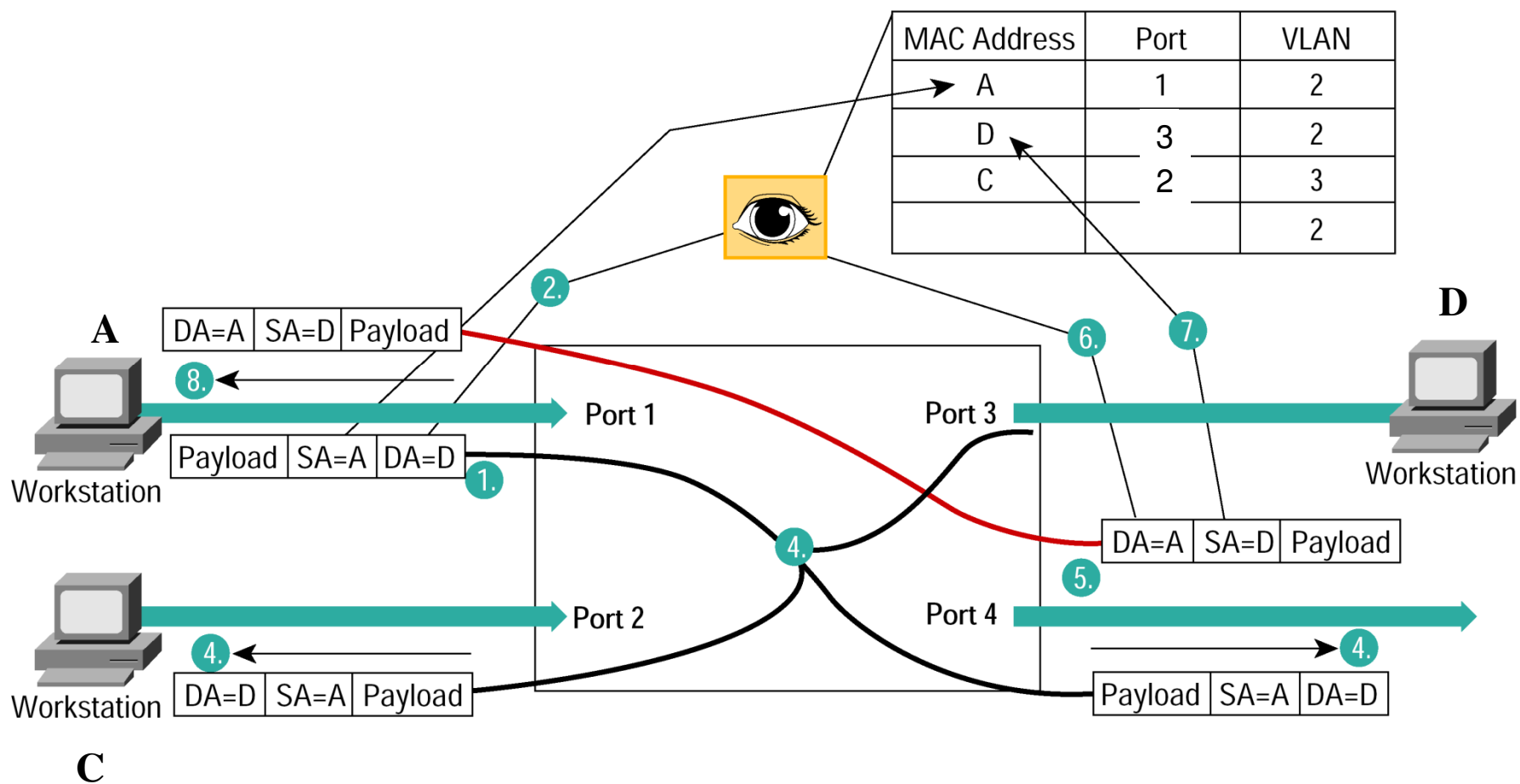


Switch empilables

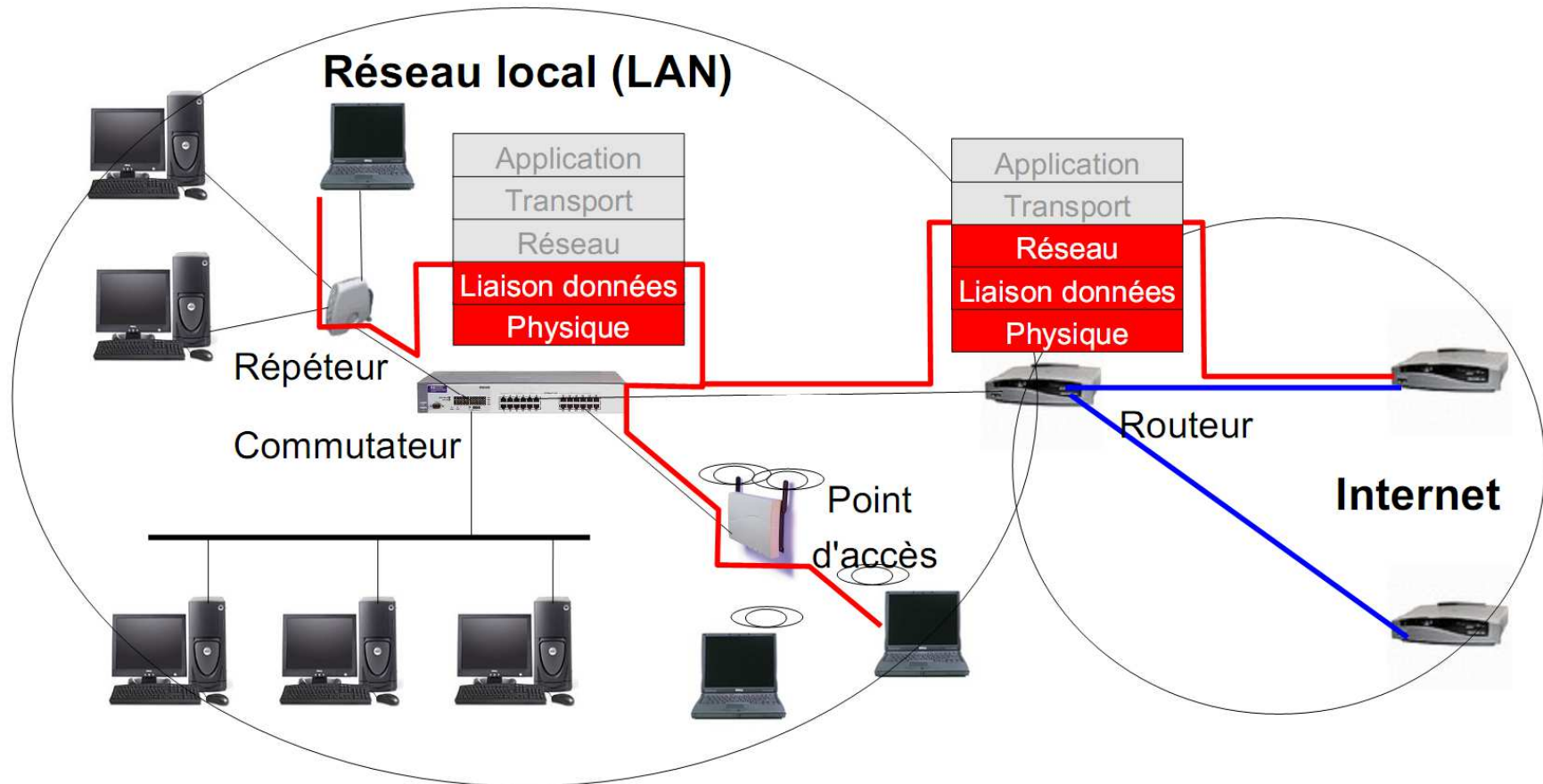


ETHERNET COMMUTE

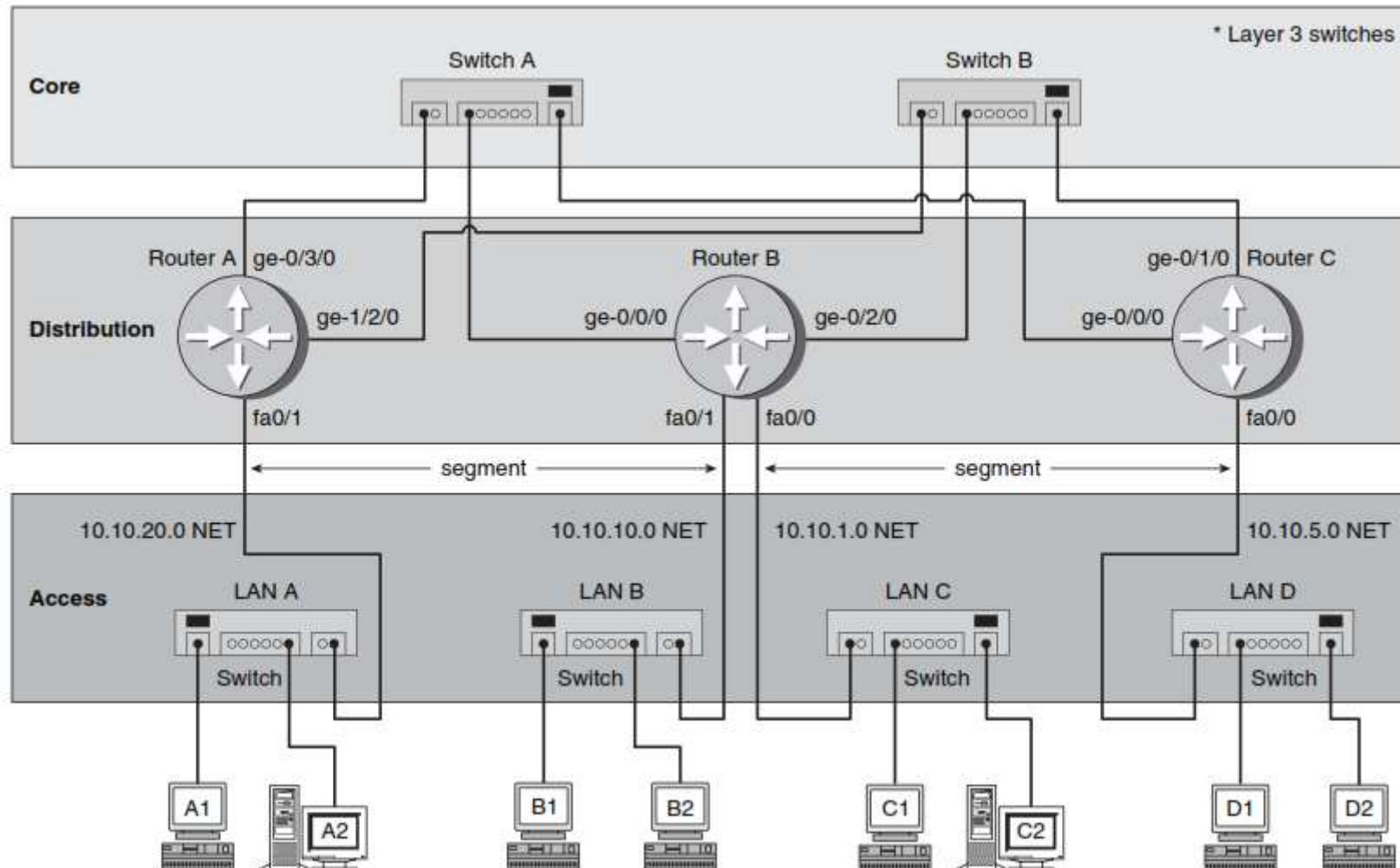
- APPRENTISSAGE DES ADRESSES MAC -



ARCHITECTURE IEEE 802 LAN / WLAN



Exemple d'un réseau d'entreprise

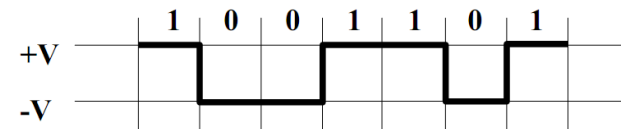


ETHERNET 802.3

Transmission Physique

- Codage unipolaire sans retour à zéro (NRZ)

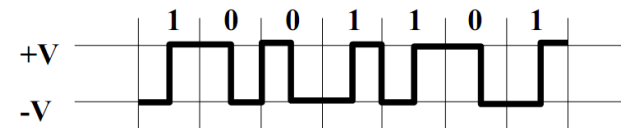
- Machine (horloge)



- Codage Manchester (simple)

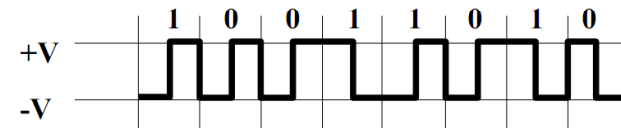
- Inclus le signal d'horloge

- $\frac{1}{2}$ temps bit à l'inverse de la valeur
 - + $\frac{1}{2}$ temps bit à la valeur.



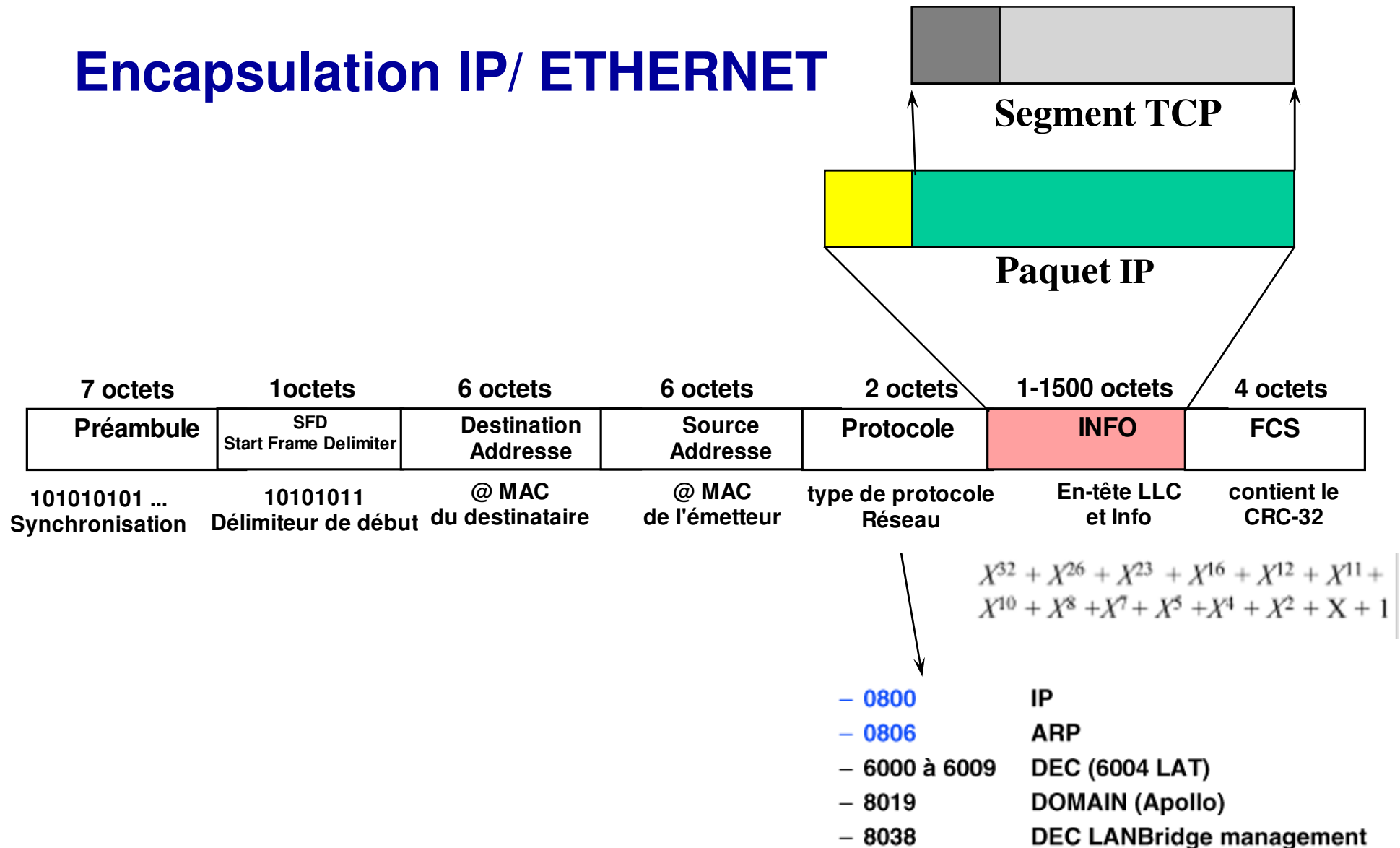
- Codage Manchester différentiel

- Bit 0 = Changement de polarité
 - Bit 1 = Polarité du début temps bit identique à précédente
 - Le sens des fils n'a plus d'importance.



FORMAT TRAME ETHERNET 802.3

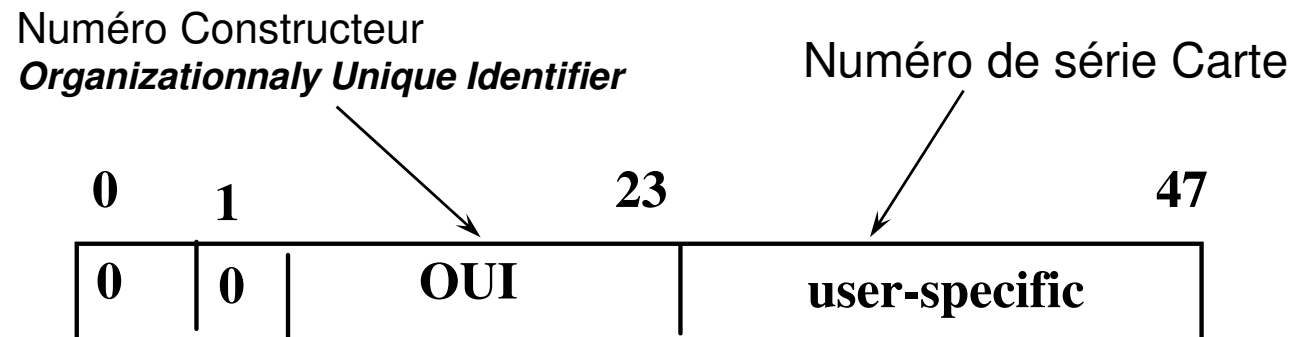
Encapsulation IP/ ETHERNET



ADRESSE UNIVERSELLE MAC 802 (2)

- Résolution d'adresses (ARP) -

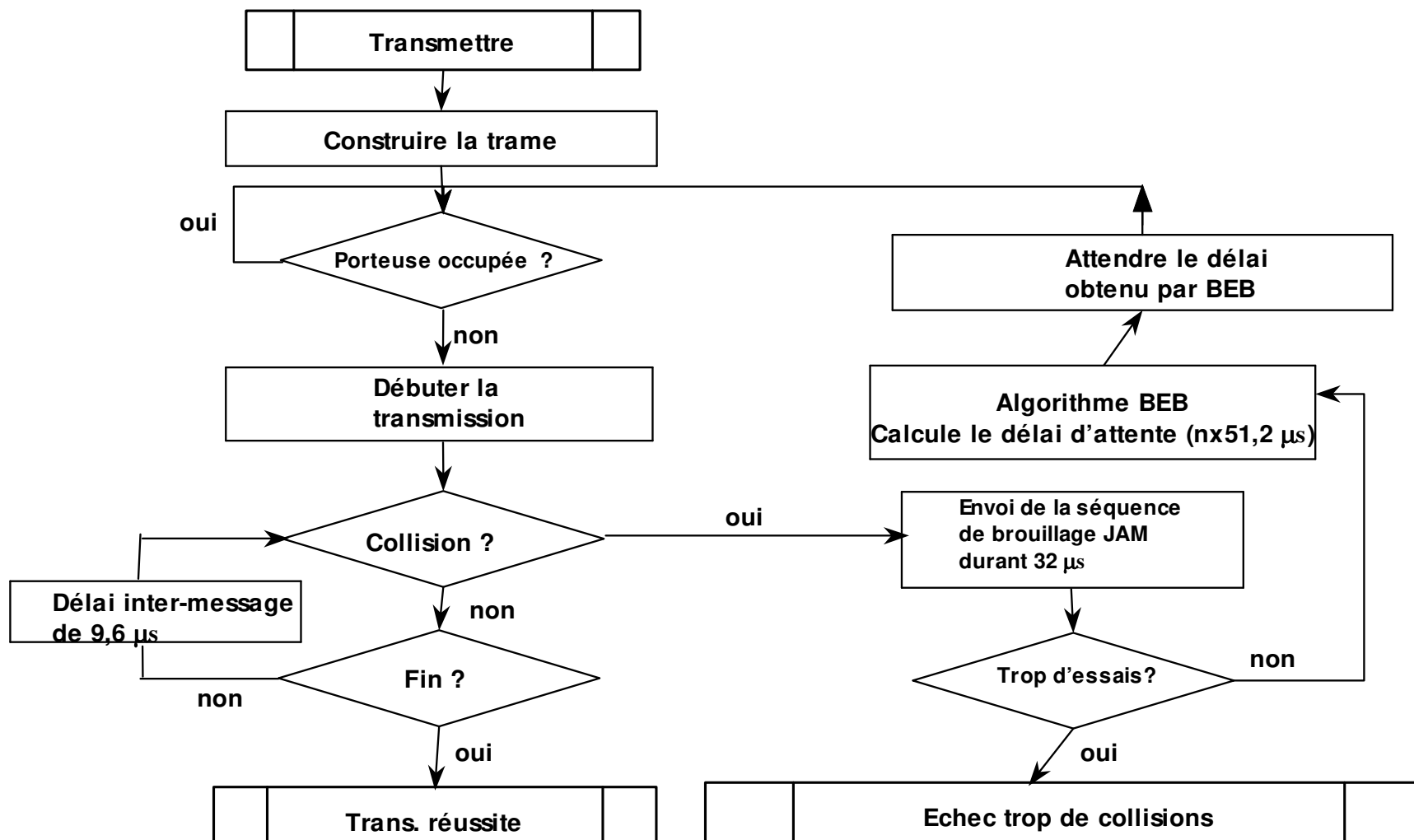
- 00:00:0C:XX:XX:XX : Cisco
- 08:00:20:XX:XX:XX : Sun
- 08:00:09:XX:XX:XX : HP
- 08:00:14:XX:XX:XX : Excelan



- ◆ Le protocole ARP (Address Resolution Protocol) permet aux stations d'un RLI de trouver automatiquement l'adresse MAC d'une station distante en ne connaissant que son adresse IP.

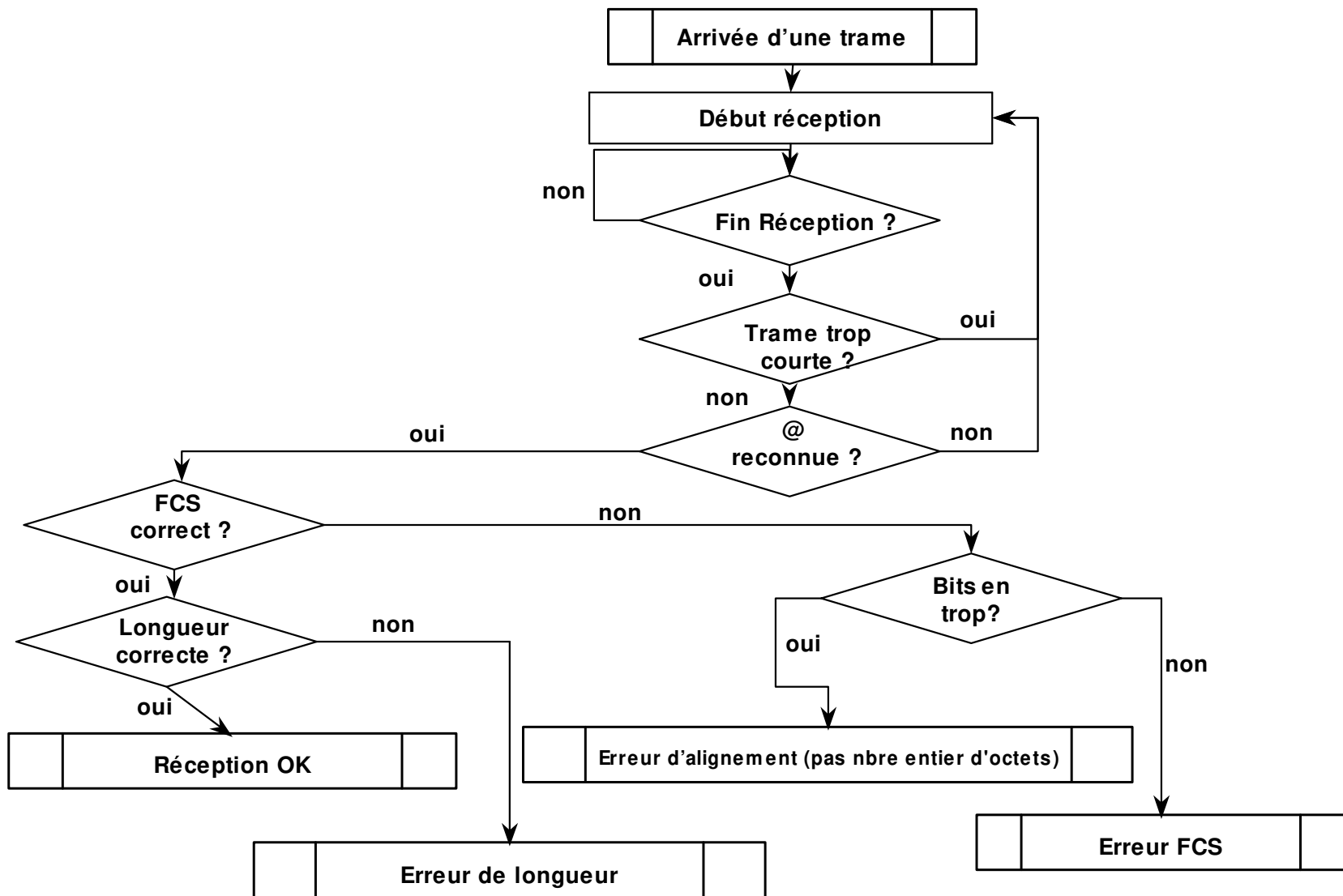
MAC 802.3

PRINCIPE D'EMISSION (2)



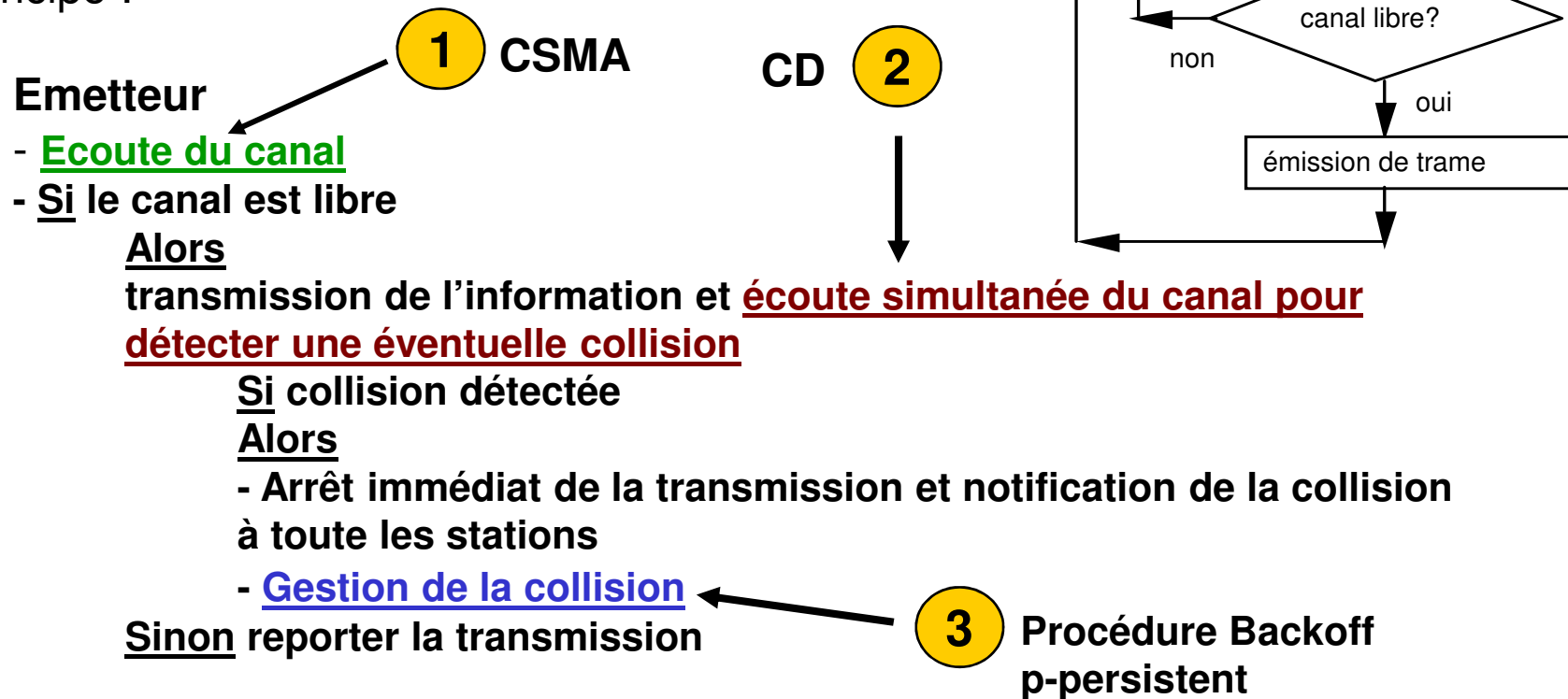
ETHERNET 802.3

PRINCIPE DE RECEPTION (2)



CSMA/CD (CSMA with Collision Detection)

- Amélioration de la méthode CSMA p-persistent :
- Principe :



ETHERNET 802.3

ALGORITHME BACKOFF (BEB)

♦ La procédure BACKOFF utilise 3 fonctions :

- **random()** : tire un nombre réel aléatoire entre 0 et 1.
 - **int()** : rend la partie entière d'un réel
 - **délai()** : calcul le délai d'attente multiple d'un slot_time (51.2 microsec) et est compris entre $[0, 2^k]$.
- Avec $k = \min(n, 10)$, n = nbre de ré-émission déjà faites

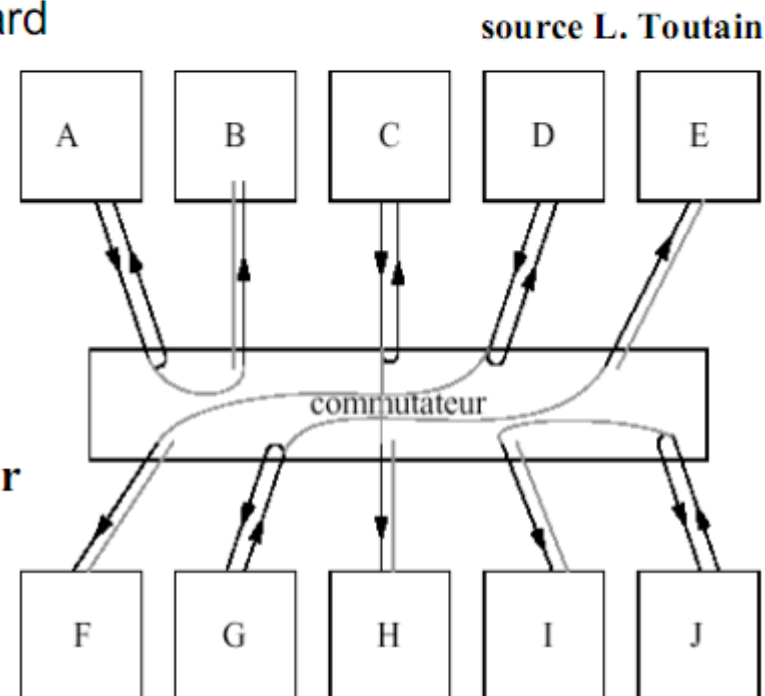
```
Procédure BACKOFF (no_tentative : entier, VAR maxbackoff : entier)
Const      slot-time=51.2 (microsecondes); limite_tentative=16;
Var        delai : entier;

BEGIN
  Si (no_tentative =1)
  Alors maxbackoff =2 (borne de temps d'attente maximale)
  Sinon
    Si (tentative < limite_tentative)
    Alors maxbackoff = maxbackoff*2;
    Sinon maxbackoff = 210 (au dela de 10 essais la borne devient constante)
    fsi
  fsi
  délai := int(random() *maxbackoff)
  attendre (delai*slot_time)
END
```

QUAND UTILISE T ON CSMA-CD ?

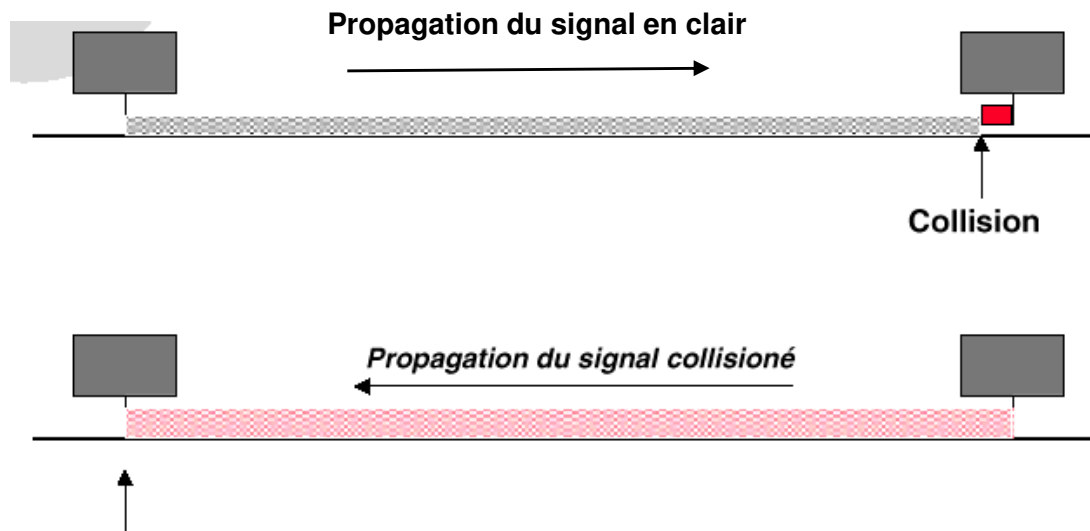
- topologie en bus
- émulation d'un bus avec un hub
- **Le CSMA/CD n'est pas utilisé dans le cas d'un commutateur**
 - on-the-fly, store & forward
 - contrôle de flux

utilisation idéale
d'un commutateur



ETHERNET 802.3

SPECIFICATION DES GRANDEURS PHYSIQUES (2)



Détection de collision de A
et Arrêt d'émission de A

Temps max écoulé = Aller + Retour (RTT Round Trip Time) = $2 \times \text{Distance} / V$

Temps d'émission = $T_e = \text{Longueur de la trame} / \text{Débit du canal}$

Pour que CSMA/CD fonctionne correctement $\Rightarrow T_e \geq \text{RTT}$

ETHERNET 802.3

COLLISIONS ET BROUILLAGE

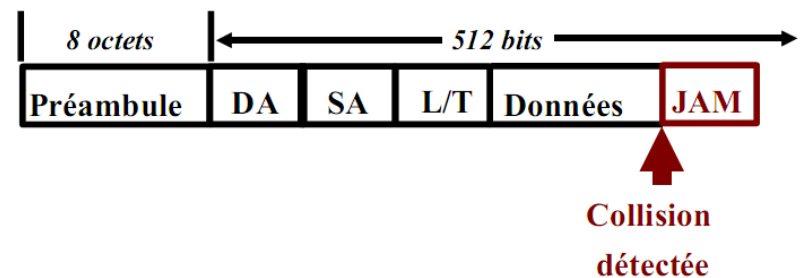
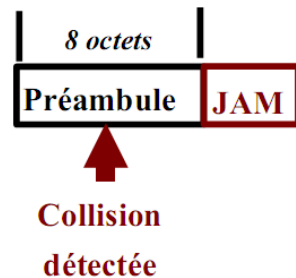
- la durée d'émission doit être d'au moins deux fois la durée de propagation du signal
 - si la trame est trop courte, il faut rajouter des bits de bourrage
 - la trame minimale étant de 64 octets, la durée minimale d'émission est de 51.2 us
 - pour un câblage 10Base5 (10Mbits/s coaxial)
 - des segments de 500 mètres maximum
 - traversée de 4 répéteurs maximum

- en cas de collision détectée par l'émetteur
 - renforce la collision par l'envoi de 4 octets (jam)
 - interrompt la transmission
 - la station attend $r \cdot 51.2$ us ($r \cdot \text{slot time}$) avec r entier entre 0 et 2^k , $k = \min(n, 10)$ et n est le nombre de retransmission déjà effectuées
 - si $n > 15$, erreur.

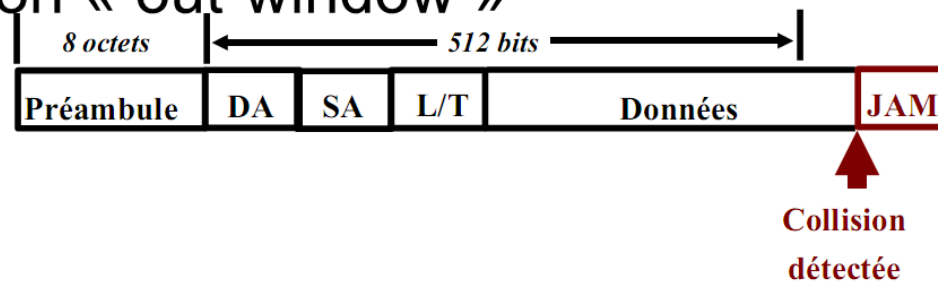
ETHERNET 802.3

COLLISIONS ET BROUILLAGE

- Collisions « in-window »

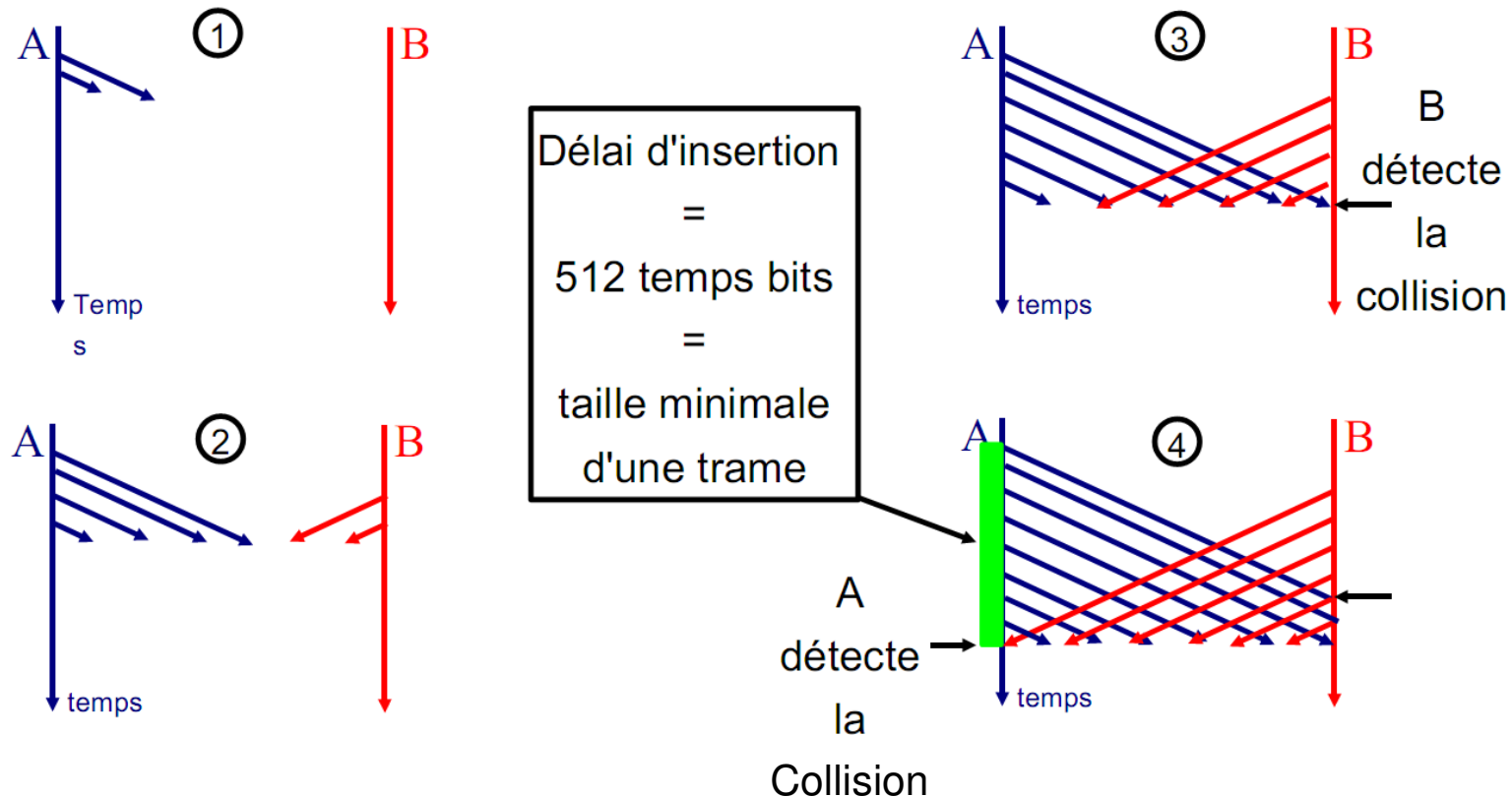


- Collision « out-window »



ETHERNET 802.3

DELAI D'INSERTION et DETECTION COLLISIONS



Délai d'insertion = slot-time (dépend de la capacité du RLI)

51,2 micro-sec (10 Mbp/s)

5,12 micro-sec (100 Mbp/s)

ETHERNET 802.3

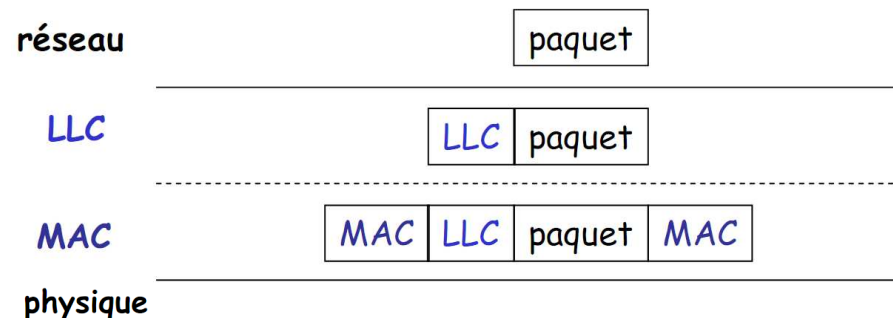
SPECIFICATION DES GRANDEURS PHYSIQUES (3)

Paramètres_	Valeurs_
Tranche canal	→ 512 temps bits (64 octets)
Slot-time (10 Mbps)	→ 51.2 μs
Silence inter messages	→ 9.6 ms
Nombre d'essais total	→ 16 (15 retransmissions)
Limite tirage BEB	→ 10
Taille mini. du brouillage	→ 32 bits
Taille maxi. des trames	→ 1526 octets
Taille mini. des trames	→ 64 octets (46 octets pour Data)
Taille des adresses	→ 6 octets

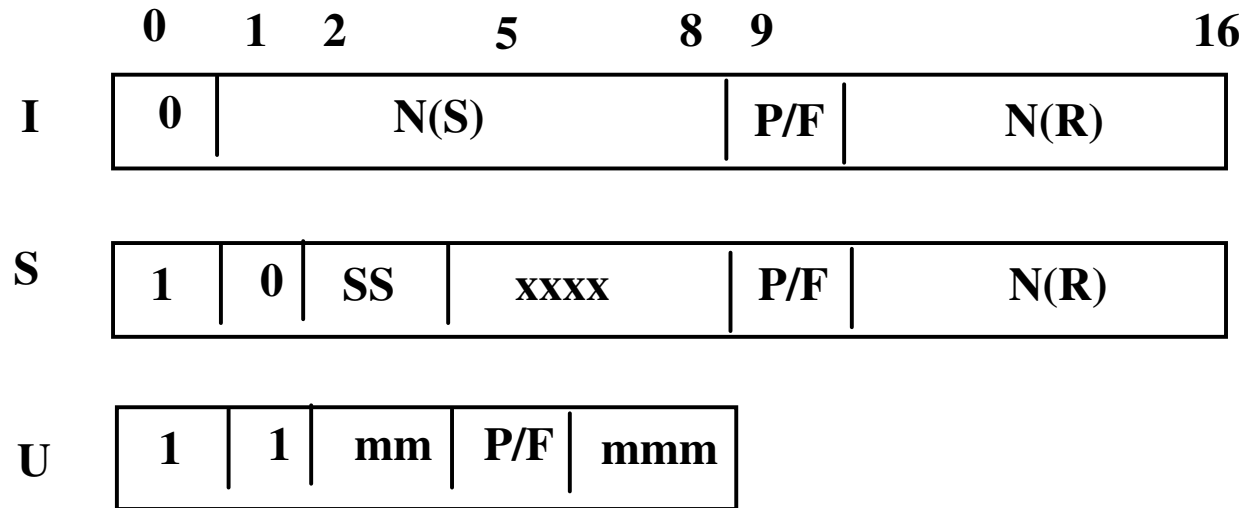
LOGICAL LINK CONTROL (LLC)

802.2

- ◆ Le but du protocole LLC est de fournir une garantie de livraison des messages appelés LSDU (Link Services Data Unit), la détection et la reprise sur erreur. L'envoi d'un datagramme (ou paquet ne garantit pas à son émetteur que le ou les destinataires ont reçu ce message.
- ◆ Sous-couche commune des sous-couches MAC (**Dérivée de HDLC**)
- ◆ Propose 3 niveaux de service (qualité):
 - **LLC1** - service sans connexion et sans acquittement
 - **LLC2** - service avec connexion et ack
 - **LLC3** - service sans connexion et avec acquittement au choix



TYPES TRAMES LLC 802.2



- **SS**=00: RR (Receive Ready=Prêt à recevoir),
- **SS**=10: RNR (Receive Not Ready=Non prêt à recevoir),
- **SS**=01: REJ (Reject=Rejet).

MM-MMM :

SABME: Demande d'ouverture de Connexion mode asynchrone équilibré étendu,

UA: [Réponse] Acquittement non numéroté

DM : [Réponse] La liaison est déconnectée (Ack négatif suite à un SABME).

DISC : Fermeture d'une connexion : Disjonction

FRMR : Rejet du LPDU en raison d'une erreur (la cause et le diagnostic sont mentionnés),

XID : Echange d'identité entre deux entités LLC,

TEST: Utilisé pour tester une liaison,

UI : Information non numérotée (trames porteuses de données)

DIFFERENCES ENTRE LLC2 et HDLC

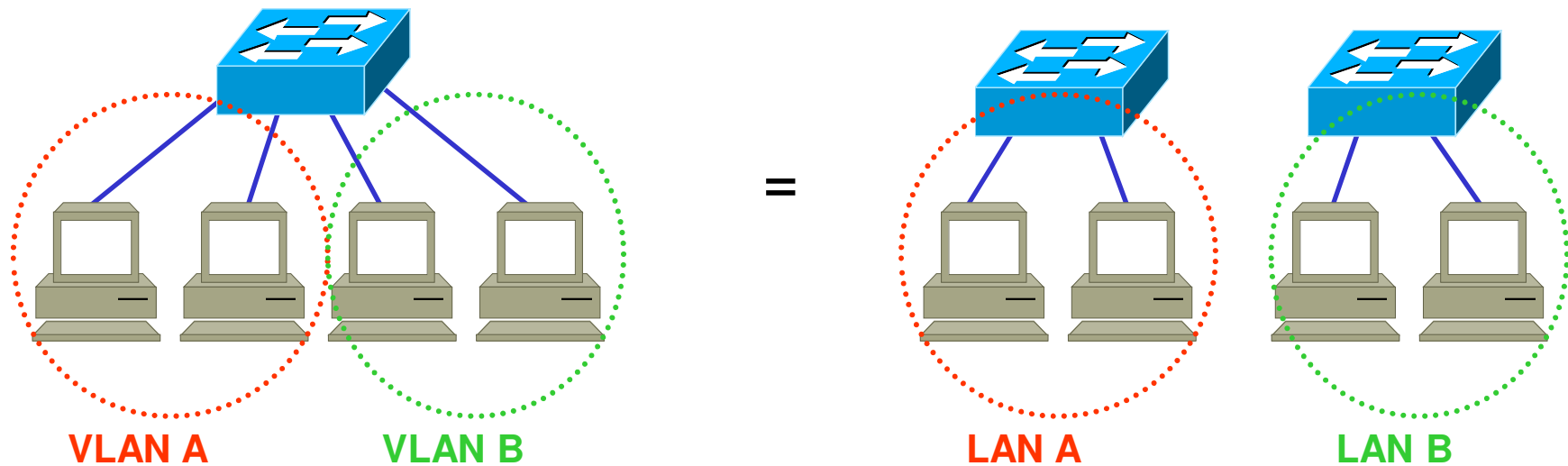
1. La taille maximale de la fenêtre d'anticipation est de **7** dans HDLC et **127** dans LLC.
2. La commande **SREJ** n'existe pas dans LLC (utile pour un canal bruité avec RTT long)
3. HDLC offre plusieurs modes de connexion, alors que dans un réseau local, seul le mode **ABME** (mode asynchrone équilibré étendu) a un sens.
4. Les LPDU **XID** et **TEST** ont été introduits dans LLC pour le besoin du trafic sans connexion. En effet, XID sert à échanger le type de LLC ainsi que la taille de la fenêtre d'anticipation; TEST sert à tester si une liaison logique est active ou pas.

On répond à un XID ou TEST par un LPDU de la même nature.

VLAN: Définition

Définition : Virtual Local Area Network

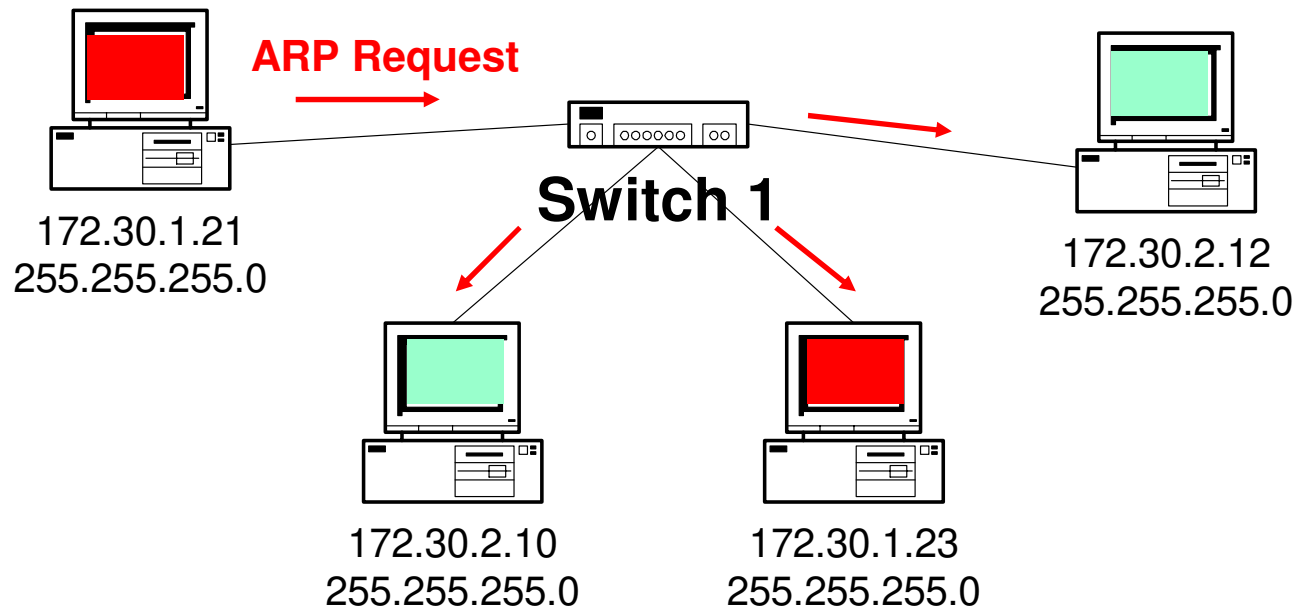
Utilité : Plusieurs réseaux virtuels sur un même réseau physique



Avantages des VLANs

- Amélioration des **performances** du réseau global en limitant la portée des messages de diffusion (broadcast)
- **Facilité** l'accès d'utilisateurs d'un même services/départements/projets pour l'accès à des serveurs
- **Sécurité**: limiter les accès à certaines ressources du réseaux et/ou les échanges entre utilisateurs (DMZ)

Sans VLANs – Pas de contrôle des Broadcast

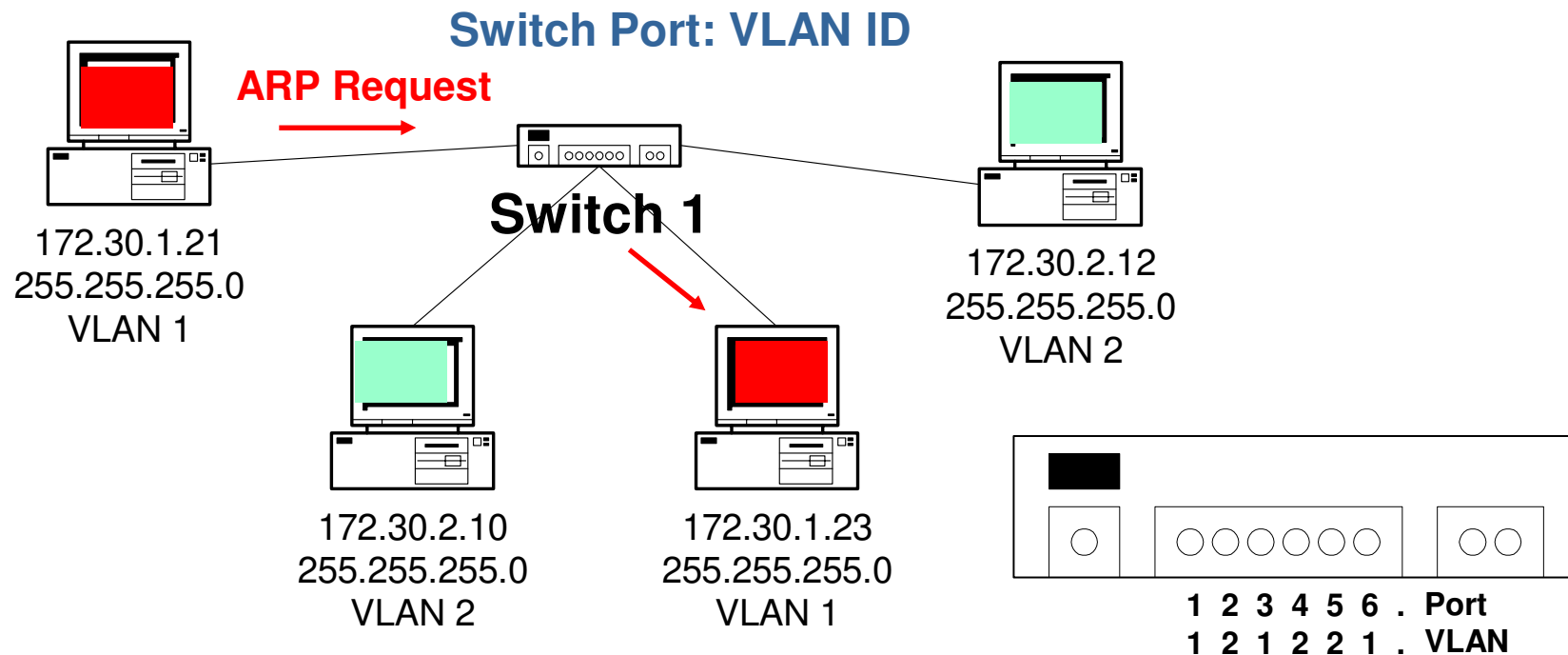


No VLANs

- Same as a single VLAN
- Two Subnets

- Sans VLANs, les requetes ARP sont reçus par toutes les stations du reseau local.
- Consommation de bande passante et de CPU des stations inutile.
- Risques de sécurité (sniffing, spoofing)

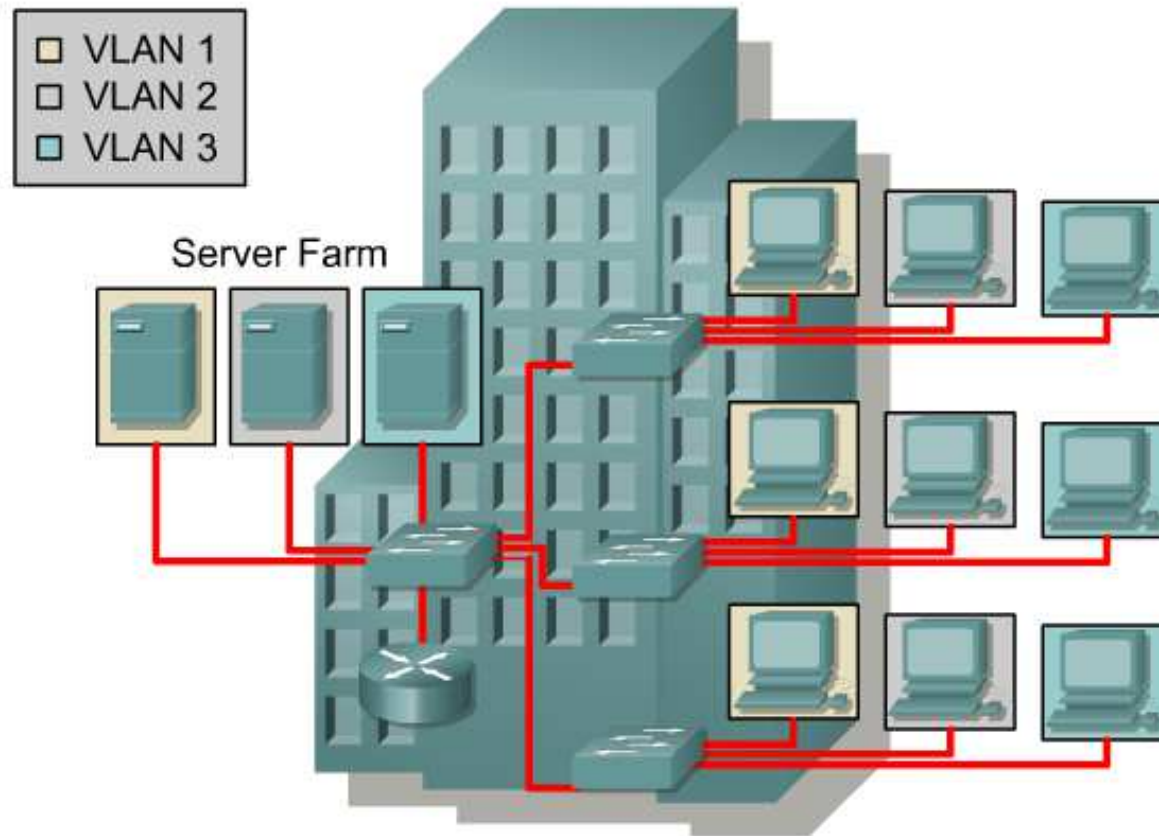
Avec VLANs – Contrôle des Broadcast



Two VLANs

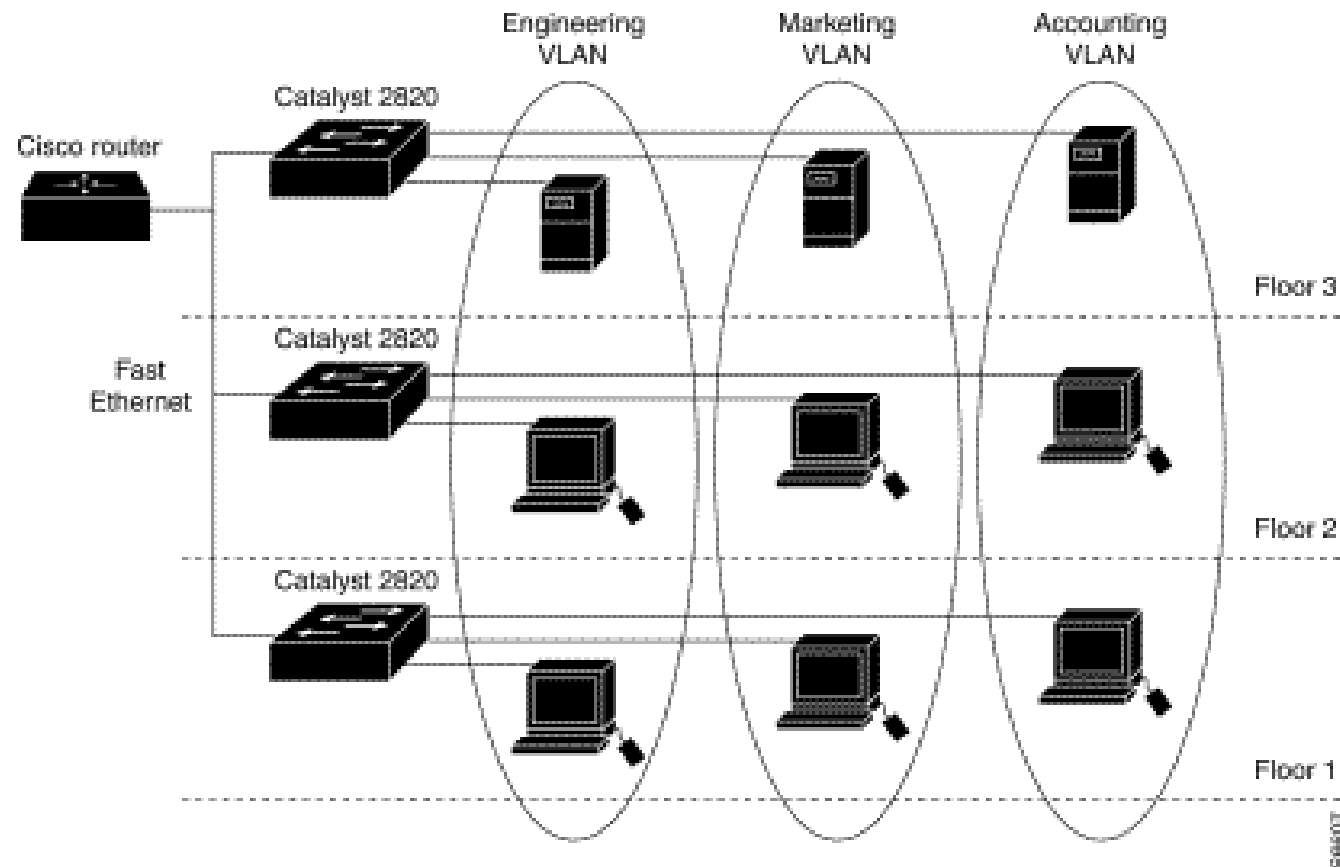
- Two Subnets

VLAN : Architecture



- A VLAN is a broadcast domain created by one or more switches.
- The network design above creates three separate broadcast domains.

VLAN: Architecture

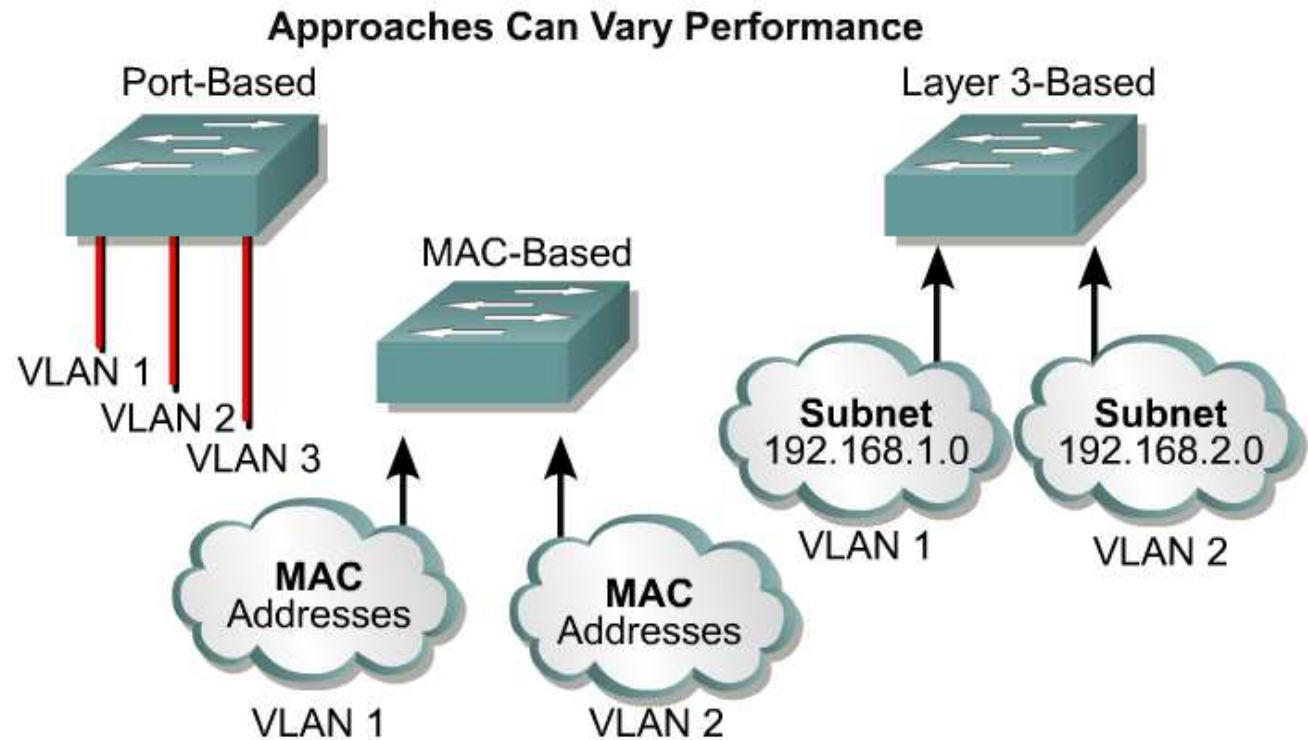


Typologie des VLAN

Plusieurs types de VLAN sont définis, selon le critère de commutation et le niveau auquel il s'effectue :

1. **Un VLAN de niveau 1** (aussi appelés VLAN par port, en anglais *Port-Based VLAN*) définit un réseau virtuel en fonction des ports de raccordement sur le commutateur ;
2. **Un VLAN de niveau 2** (également appelé VLAN MAC ou en anglais *MAC Address-Based VLAN*) consiste à définir un réseau virtuel en fonction des adresses MAC des stations. Ce type de VLAN est beaucoup plus souple que le VLAN par port car le réseau est indépendant de la localisation de la station; le défaut est que chaque station doit être manuellement associée à un VLAN.
3. **Un VLAN de niveau 3** : sur la base d'une adresse (IP) logique

3 VLAN Types

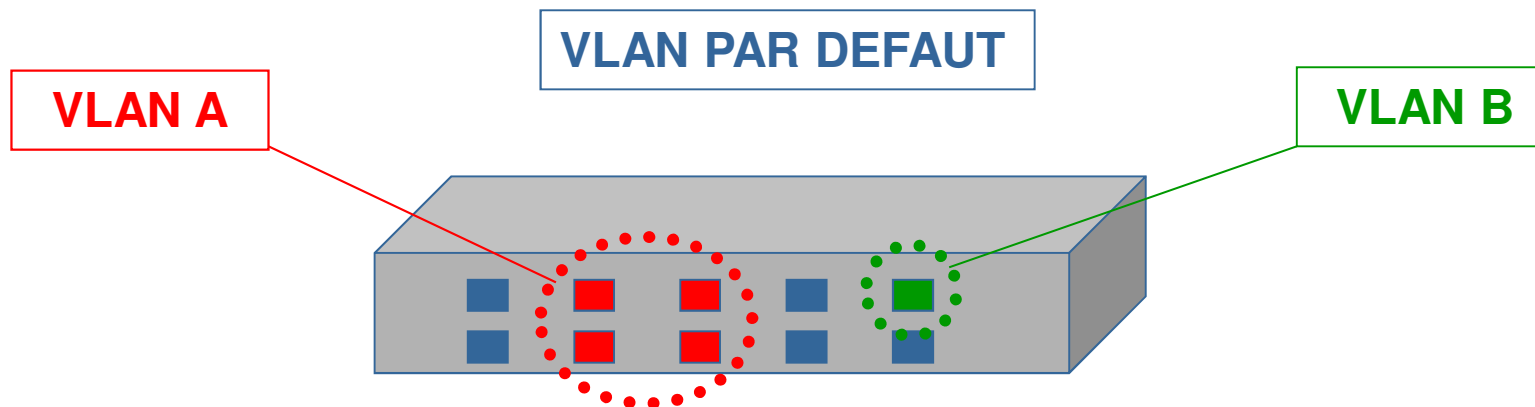


VLAN Types	Description
Port-based	<ul style="list-style-type: none"> • Most common configuration method. • Ports assigned individually, in groups, in rows, or across 2 or more switches. • Simple to use. • Often implemented where Dynamic Host Control Protocol (DHCP) is used to assign IP addresses to network hosts.
MAC address	<ul style="list-style-type: none"> • Rarely implemented today. • Each address must be entered into the switch and configured individually. • Users find it useful. • Difficult to administer, troubleshoot and manage.
Protocol Based	<ul style="list-style-type: none"> • Configured like MAC addresses, but instead uses a logical or IP address. • No longer common because of DHCP.

VLAN: de niveau 1

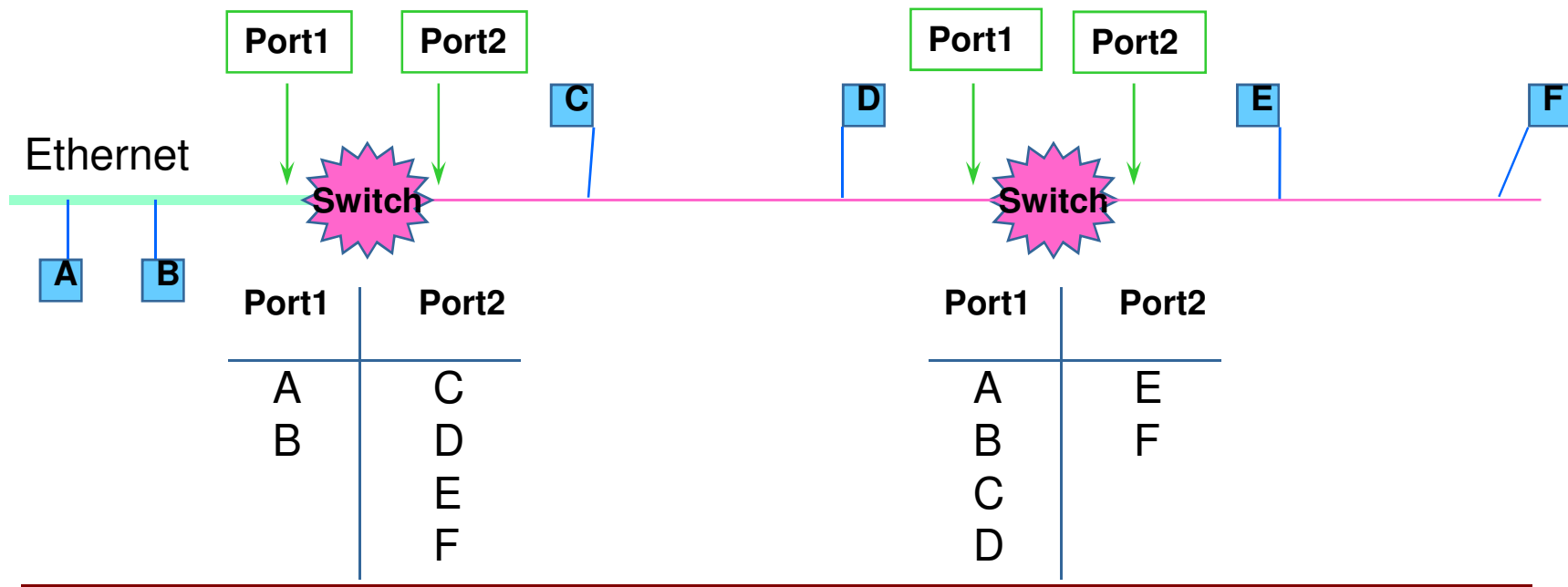
VLAN de niveau 1 ⇔ VLAN par port

- 1 port du switch dans 1 VLAN
- configurable au niveau de l'équipement
- 90% des VLAN sont des VLAN par port

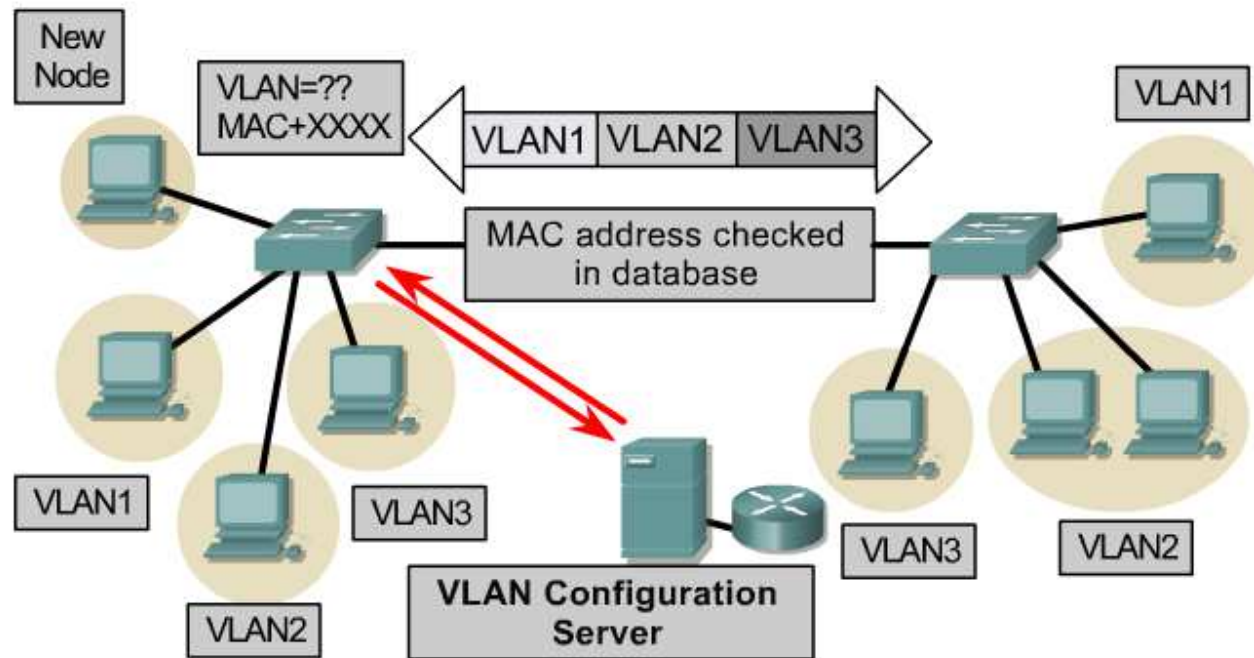


Comment les switchs peuvent ils identifier les stations et leurs adresses Physiques ?

C'est le rôle des switchs à **AUTO-APPRENTISSAGE** aussi appelés SWITCH TRANSPARENTS



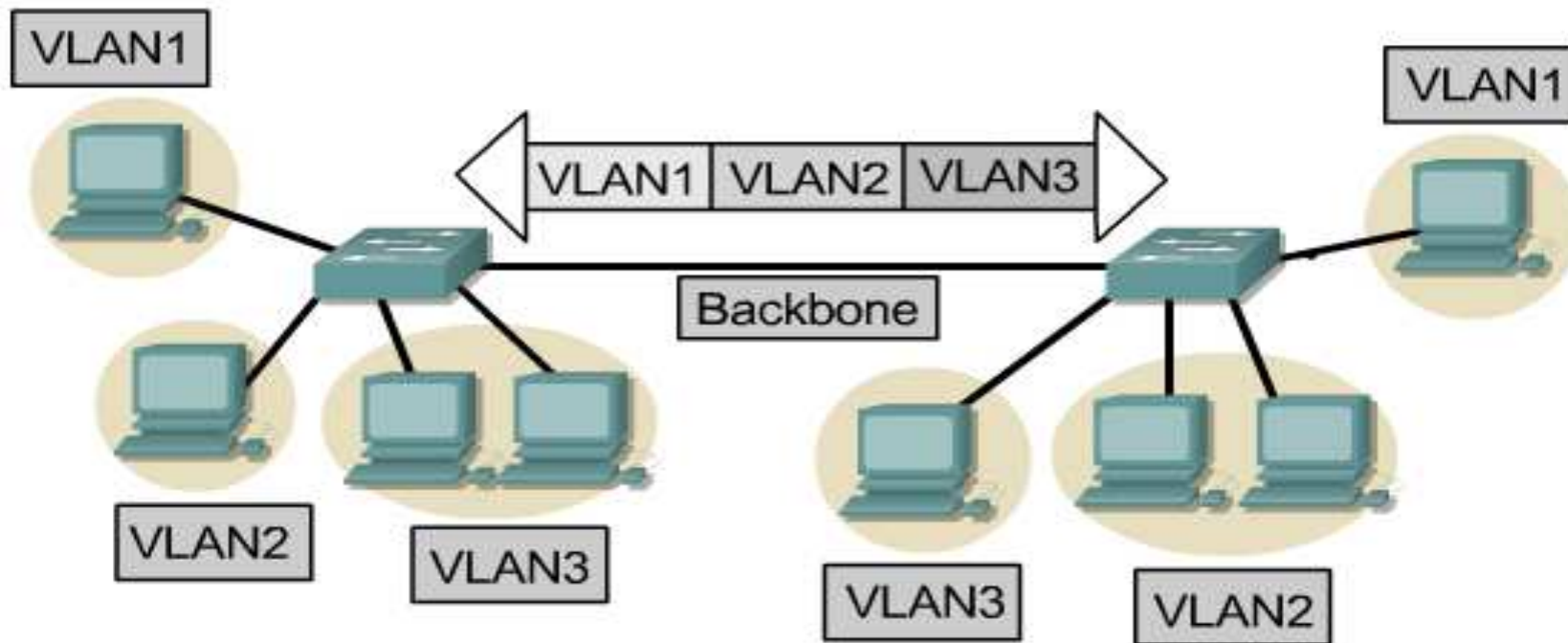
VLAN Statique vs Dynamique



- **Dynamic membership VLANs are created through network management software. (Not as common as static VLANs)**
- **CiscoWorks 2000 or CiscoWorks for Switched Internetworks** is used to create Dynamic VLANs.
- Dynamic VLANs allow for membership based on the **MAC address** of the device connected to the switch port.
- As a device enters the network, it **queries a database** within the switch for a VLAN membership.

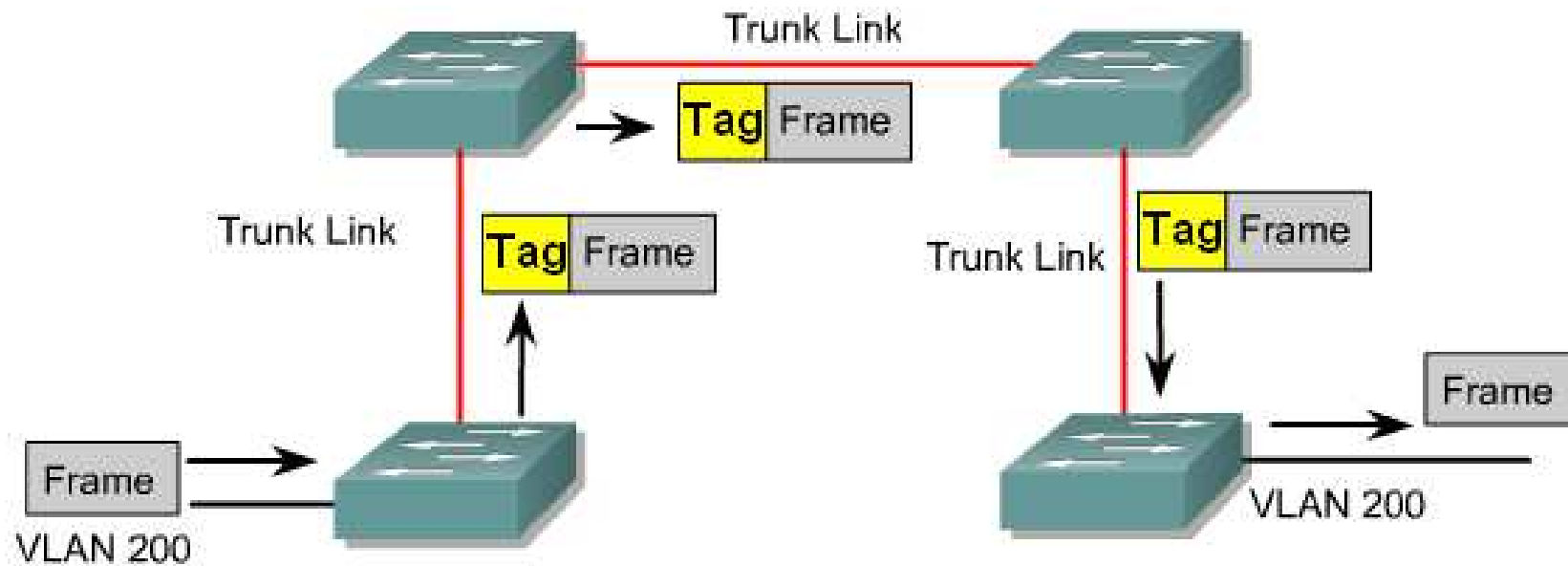
VLAN Trunking

- Traffic for all the VLANs travels between the switches on a shared trunk or backbone



Tag to identify VLAN

- Tag is added to the frame when it goes on to the trunk
- Tag is removed when it leaves the trunk



Frame tagging IEEE 802.1Q

Normal frame



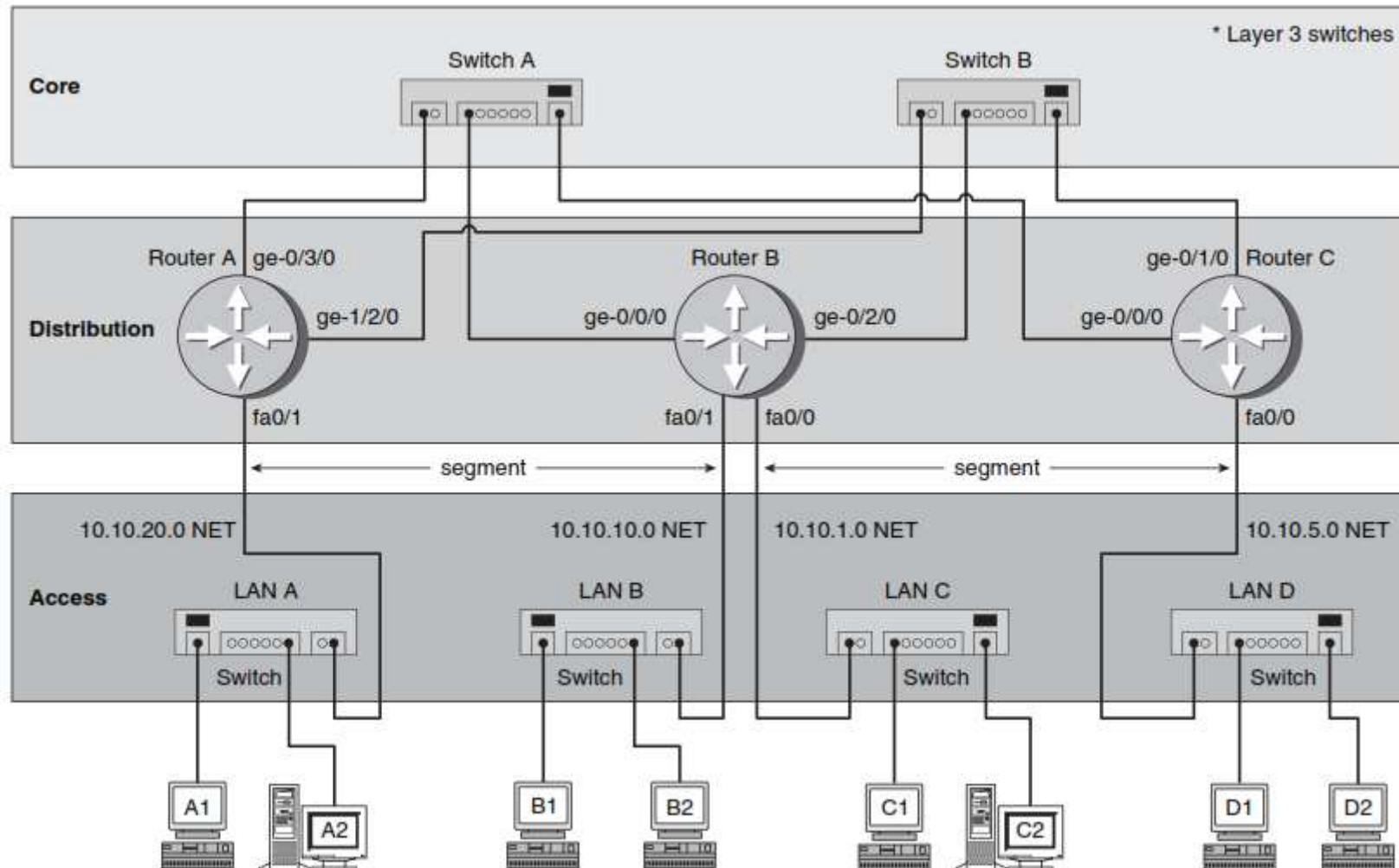
VLAN 802.1Q frame



Add 4-byte tag,
recalculate FCS



Exemple d'un réseau d'entreprise



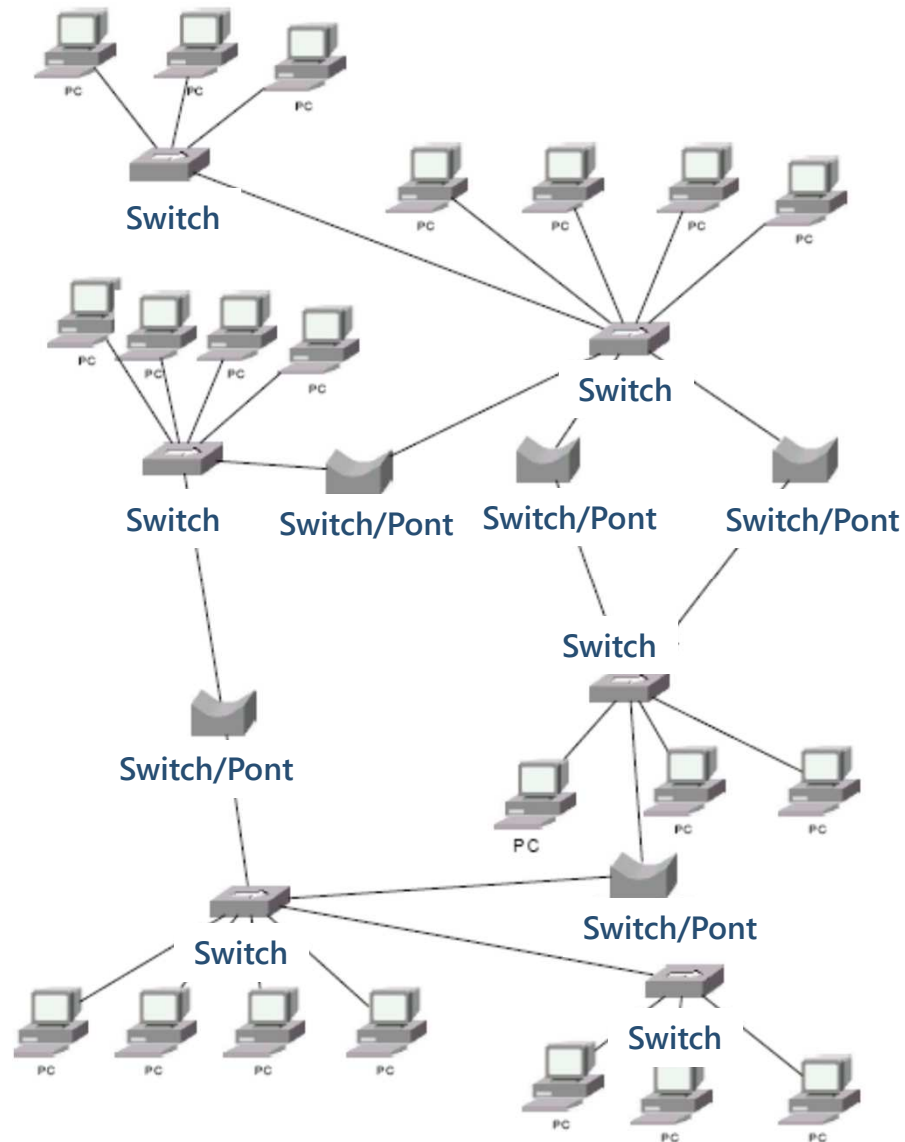
Comment renforcer la fiabilité du réseau en cas de pannes d'un switch ?

Installer plusieurs switches en **redondance**, pour avoir une **topologie physique** multi-chemins.

- **Problème:** risques de bouclage des trames dans le réseau.
- **Solution:** utiliser un algorithme qui :
 1. construit une **topologie logique sans boucles** (un arbre) entre les switches du réseau, garantissant un unique chemin entre deux stations
 2. et qui **reconfigure l'arbre en cas de pannes** d'un switch

C'est le rôle du protocole de l'arbre couvrant (**Spanning Tree Protocol**)

Algorithme du Spanning Tree Protocol (STP)



Résoudre le problème des boucles ??

Description du protocole STP dans le chapitre 7: les Equipements d'Interconnexion et TD n°8

Présentation de l'algorithme de l'arbre couvrant (SPT) ?

Cf. Travaux dirigés n°8

L'arbre couvrant est construit **en 3 étapes** :

1. Sélection d'un Switch Root (Commutateur Racine)
2. Sélection d'un port Root pour les Switch non-Root (Port Racine)
3. Sélection d'un port désigné pour chaque segment (Port désigné)