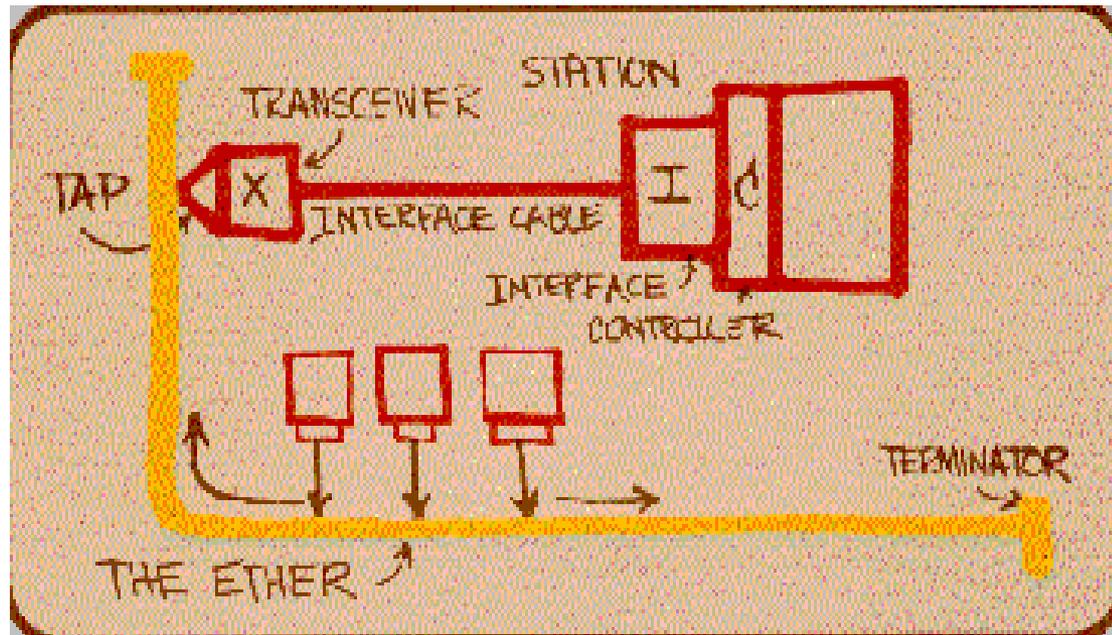


Réseaux

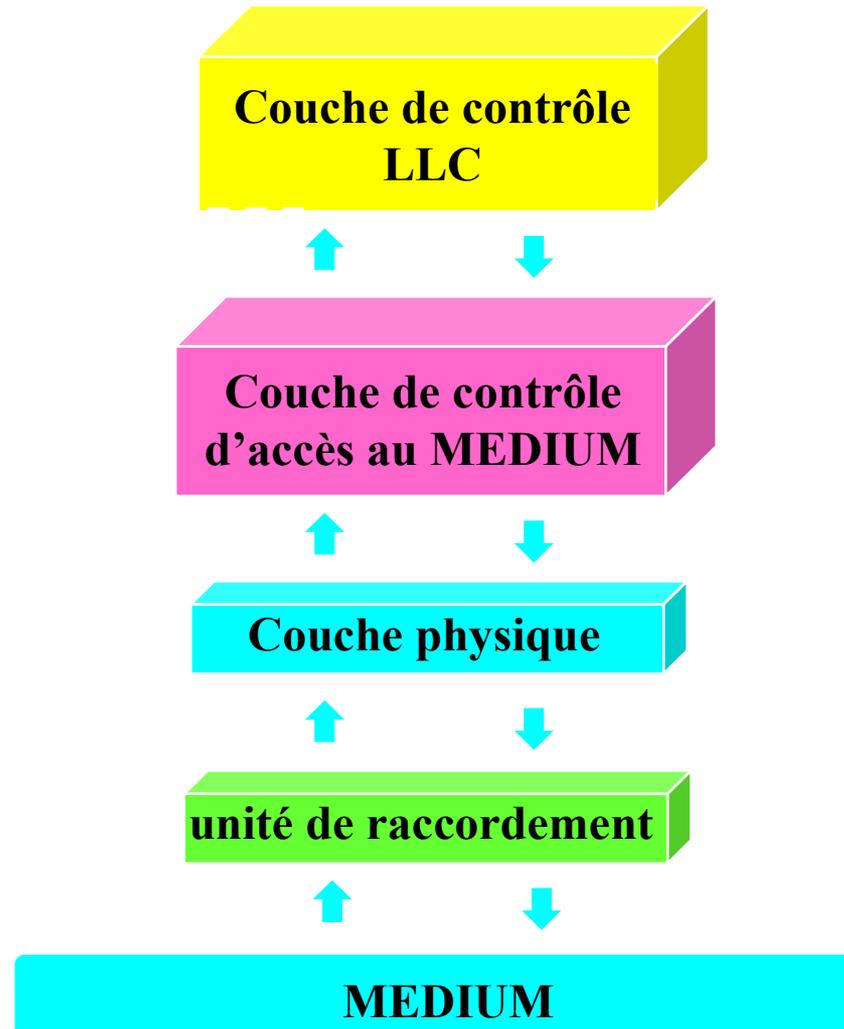
Ethernet – 802.3

- **Introduction**
- Principes de fonctionnement
- La couche physique
- La couche liaison
- L'interconnexion
- Exploitation du réseau

- **Norme 802.3**
- **Développé à l'origine par le groupe DIX**



Conception originale de R. Metcalfe (1976)



La norme 802.3 à été introduite avec les objectifs suivants :

- réseau multipoint ;
- sans priorité ;
- avec collisions ;
- débit : 10 Mb/s ;
- faible coût ;
- contrôle d'erreur ;
- full duplex ;
- Priorité ;
- déterminisme.

- Introduction
- **Principes de fonctionnement**
- La couche physique
- La couche liaison
- L'interconnexion
- Exploitation du réseau

802.3 spécifie :

- que N stations peuvent être sur le même support ;
- qu'une station écoute avant d'émettre ;
- que si deux stations émettent simultanément, il y a collision ;
- qu'une seule trame à un instant donné peut se trouver sur le medium ;
- que toutes les stations reçoivent la trame émise ;

Le support partagé permet :

- la diffusion ;
- un bus passif ;
- un bus linéaire ;
- d'utiliser une modulation bande de base (50 ohms, numérique);

Les équipements :

- sont raccordé au bus par un « transceiver »;
- doivent avoir une adresse unique ;
- doivent écouter les trames qui circulent sur le bus ;
- doivent attendre que le bus soit libre avant d'émettre ;

Si deux équipements émettent en même temps, il y a collision.

Après collision, les équipements réémettent selon un algorithme spécifique.

Le réseau est :

- égalitaire ;
- probabiliste ;
- à performances variables ;
- non sécurisé.

Sa topologie peut être :

- linéaire ;
- arborescente ;
- en « backbone » ;

- Introduction
- Principes de fonctionnement
- **La couche physique**
- La couche liaison
- L'interconnexion
- Exploitation du réseau

Le rôle de la couche physique est de :

- détecter l'émission d'une autre station sur le médium (**Carrier Sense**), alors que la station est en écoute ;
- transmettre et recevoir des bits sur le médium ;
- détecter l'émission d'une autre station pendant que la station émet (**Collision Detection**)

L'interface avec la couche MAC permet :

- la transmission d'un bit (requête MAC) ;
- la réception d'un bit (requête MAC) ;
- d'attendre N bits (requête MAC) ;
- la détection de porteuse (indication de la couche physique vers la couche MAC); la couche MAC doit déclencher la requête de réception d'un bit ;
- la détection de collision (indication de la couche physique vers la couche MAC); générée uniquement pendant une transmission.

Lorsqu'il y a une collision :

- la station regarde si le câble est libre avant d'émettre ;
- le délai de propagation n'est pas nul => une station peut émettre alors qu'une autre a déjà commencé son émission ;
- les 2 trames se percutent : c'est la collision ;
- **plus le réseau est grand (nombre de stations), plus la probabilité d'apparition de collisions est grande.**

La solution est :

- de limiter le temps pendant lequel la collision peut arriver ;
- de limiter temps de propagation aller-retour d'une trame (***Round Trip Delay*** ou ***RTD***) à 50 μs comme ça, une fois ce délai passé, aucune collision ne peut plus arriver ;
- de définir un '***Slot Time***' d'acquisition du canal égal à 51.2 μs . Ce qui correspond à une longueur de trame minimum de 512 bits (64 octets) ;
- que la station écoute le signal '***Collision Detection***' pendant 51.2 μs à partir du début d'émission.

Lorsqu'il y a collision :

- si une station en train d'émettre détecte une collision, elle arrête son émission ;
- si une station en réception reçoit une trame inférieure à 64 octets, elle en déduit l'existence d'une collision.

Après la collision :

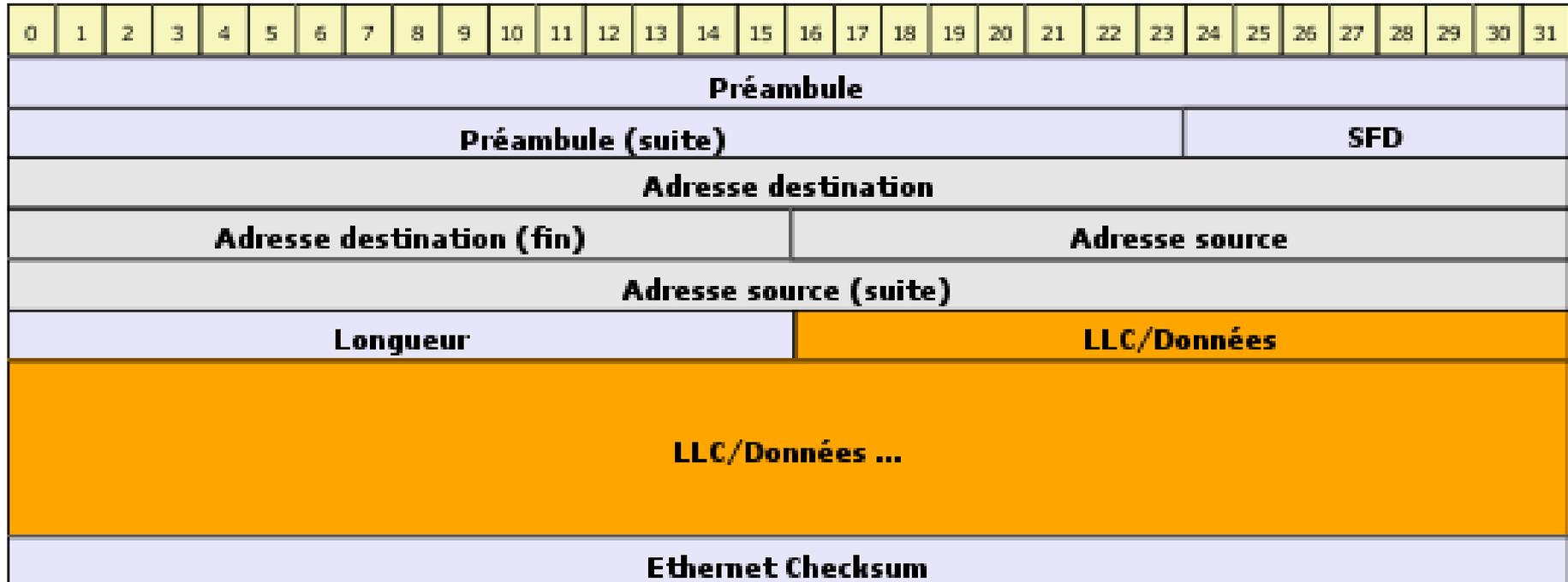
- en émission, la station après avoir détecté la collision (signal CD) la renforce en émettant 32 bits supplémentaires (jam) ;
- en réception, la station n'a pas besoin de tester le signal CD car une trame accidentée a une longueur inférieure à 64 octets.

Lorsqu'il y a collision :

- la station attend $R * 51.2\mu s$ tel que
$$0 \leq R < (2^i) - 1$$
- R étant un entier aléatoire (***random***) ;
- $i = \min(n, 10)$;
- n = nombre de retransmissions déjà effectuées, limitée à 15.

- Introduction
- Principes de fonctionnement
- La couche physique
- **La couche liaison**
- L'interconnexion
- Exploitation du réseau

Ci-dessous le format d'une trame 802.3 :



- **Préambule:**

56 bits = 7 X (1010101010), dure 5.6 μ s et permet aux autres stations d'acquérir la synchronisation bit ;

- **Délimiteur de début de trame (*Start Frame Delimiter*):**

8 bits = 10101011; permet aux autres stations d'acquérir la synchronisation caractère et la synchronisation trame.

- **Adresse destination:**
 - adresse individuelle ;
 - adresse multicast ;
 - adresse de diffusion (*FF:FF:FF:FF:FF:FF*).
- **Adresse source :**
 - adresse physique de la station émettrice.

- **Longueur du champ de données :**

valeur comprise entre 1 et 1500 qui indique le nombre d'octets du champ suivant. Si la valeur est supérieure à 1500, la trame peut être utilisée à d'autres fins (autre protocole que **IEEE 802.3**, permet la compatibilité avec **Ethernet**).

- **Padding:**

contenu sans signification complétant à 64 octets la taille totale d'une trame car une trame est considérée valide si sa longueur est **d'au moins** 64 octets.

- **Contrôle:**

séquence de contrôle basée sur un CRC polynomial de degré 32.

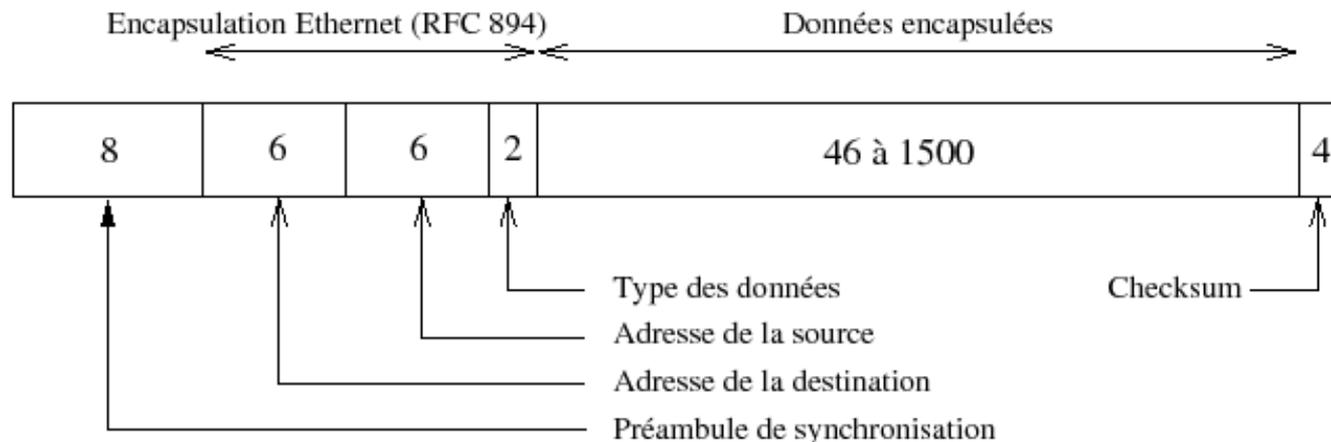
- **Sens de circulation des octets:**

- préambule = premier octet émis ;
- FCS = dernier octet émis.

La trame **Ethernet** est presque identique à la trame 802.3 mis à part le champ type indiquant le type de protocole véhiculé dans le trame. C'est un champ de 2 octets représenté sous la forme hexadécimale **XX-YY** ou **XXYY**.

La valeur du champ type est normalement supérieure à 1500 c'est à dire la valeur maximum du champ longueur de données dans la trame IEEE;

Les valeurs connues sont : 0806 (**ARP**), 0800 (**IP**), ...



Les adresses **IEEE 802.3** ou **Ethernet** sont codées sur 48 bits (6 octets) :

- 08:00:20:09:E3:D8 ;
 ou
- 8:0:20:9:E3:D8 ;
 ou
- 08-00-20-09-E3-D8 ;
 ou
- 08002009E3D8

Elle peuvent être

- de diffusion : ***FF:FF:FF:FF:FF:FF*** ;
- multicast si le premier bit d'adresse est égale à un et donc le premier octet est impair :
 - ***01:00:0C:CC:CC:CC*** → ***CDP / VTP*** ;
 - ***01:80:C2:00:00:00*** → ***Spanning Tree (802.1d)*** ;
 - ***01:80:C2:00:00:08*** → ***Spanning Tree (802.1ad)*** ;
 - ...
- individuelle si le premier bit transmis est à zéro et donc le premier octet est pair :
 - ***08:00:20:09:E3:D8*** ;
 - ***00:01:23:09:E3:D5*** ;

Une adresse de station individuelle est administrée soit :

- Localement :

adresse significative pour le réseau sur lequel elle est connectée; le second bit d'adresse transmis est égal à 1 et le premier octet de l'adresse est égal à 02, 03, 06, 07, 0A, 0B, 0E, 0F, 12, etc.

- Globalement :

cette adresse est dite universelle et est attribuée par l'organisme **IEEE**. Le second bit d'adresse transmis est égal à 0 et le premier octet de l'adresse est égal à : 00, 01, 04, 05, 08, 09, 0C, 0D, 10, etc.

l'organisme IEEE réserve des tranches d'adresses pour les constructeurs :

- ***00:00:0C:XX:XX:XX*** → **Cisco**
- ***08:00:20:XX:XX:XX*** → **Sun**
- ***08:00:09:XX:XX:XX*** → **HP**

La sous-couche **MAC** met en œuvre le protocole **CSMA/CD**.

Elle est chargée de mettre en forme les trames de données avec détection des erreurs de transmission et de gérer la liaison canal en écoutant les signaux '**Carrier Sense**' et '**Collision Detection**' émis par la couche physique.

Pour la transmission d'une trame la couche **MAC** reçoit de la couche **LLC** des données à émettre.

Son rôle consiste à:

- ajouter le préambule et le champ SFD ;
- ajouter un **padding** si nécessaire (64 octets minimum) ;
- ajouter les champs adresse source, adresse destination et longueur des données ;
- calculer le CRC et l'ajouter à la trame ;
- si le signal '**Carrier Sense**' est **faux** depuis au moins 9.6µs (espace inter-trame à respecter), elle transmet la trame bit à bit à la couche physique ;
- sinon attendre que le signal '**Carrier Sense**' soit faux, attendre 9.6 µs et transmettre bit à bit à la couche physique.

Pour la réception d'une trame la couche **MAC** reçoit de la couche **LLC** une requête de réception.

Son rôle consiste à:

- écouter du signal '**Carrier Sense**' ;
- réceptionner des bits depuis la couche physique ;
- éliminer le préambule et le délimiteur de début de trame (**SFD**) ;
- éliminer le **padding** éventuel ;
- examiner l'adresse destination pour déterminer si celle-ci inclut la station ;
- reconstruire les champs adresses source et destination, longueur des données et données ;
- transmettre les champs reconstruits à la couche LLC ;
- calculer la séquence de contrôle et indiquer s'il y a une erreur :
 - si la séquence est erronée ;
 - si la trame n'est pas un nombre entier d'octet (**alignment error**) ;
 - si la trame > 1526 octets (préambule/**SFD** compris) ;
 - si la trame < 64 octets (trame victime de collision).

La sous-couche **LLC** est normalisée par l'**IEEE 802.2**.

Elle est commune aux normes **IEEE 802.3**, **802.4 (Token Bus)** et **802.5 (Token Ring)**.

Elle s'interface avec la couche **MAC** pour offrir un service sans connexion :

- requête d'émission de données (**LLC** → **MAC**) ;
- primitive d'indication de données (**MAC** → **LLC**) ;
- primitive de confirmation d'émission (**MAC** → **LLC**).

- Introduction
- Principes de fonctionnement
- La couche physique
- La couche liaison
- **L'interconnexion**
- Exploitation du réseau

L'interconnexion de niveau 2 se fait de manière basique avec un **répéteur**.

C'est un dispositif actif non configurable.

Il permet d'augmenter la distance entre deux stations ***Ethernet***.

Il **reçoit, amplifie et retransmet** les signaux.



Le répéteur :

- est indépendant du protocole car il fonctionne au niveau bit et ne connaît pas la notion de trame ;
- ne procède à aucun filtrage permettant de diminuer la charge du réseau ;
- se connecte comme une station ;
- détecte les collisions et les propage (**Jam**) ;
- remet en forme les signaux électriques ;
- complète les fragments ;
- peut intégrer un agent SNMP.

L'interconnexion de niveau 2 peut se faire entre plusieurs médiums différent grâce au **concentrateur**.

Un concentrateur est également appelé étoile, multi-répéteur ou hub.

Il a une fonction de répéteur mais permet de mixer différents médias (paire torsadée, AUI, ***Thin Ethernet***, fibre optique, ...).

Il peuvent être 'empilables' (un seul domaine de collision) ou 'cascadables' (plusieurs domaines de collisions).

L'interconnexion de niveau 2 peut se faire entre plusieurs domaines de diffusion grâce au **pont** (***Bridge***).

Un pont est un dispositif filtrant qui, comme le répéteur, permet d'augmenter la distance entre deux stations ***Ethernet***.

Il fonctionnent en 'auto-apprentissage' et découvre automatiquement la topologie du réseau.

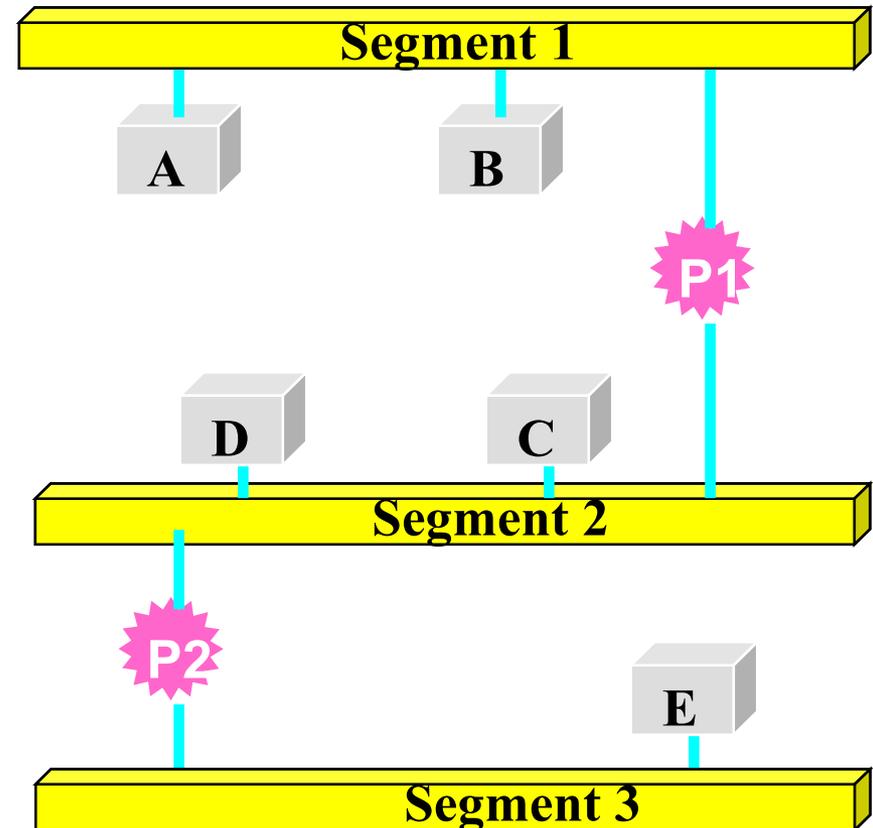
Il peut utiliser un arbre recouvrant (***Spanning Tree***)

Il peut fonctionner en '***promiscuous mode***' pour écouter le réseau.

Il construit au fur et à mesure une table de correspondance entre adresses sources et segments réseau.

Sur le schéma suivant les ponts :

- P1 aura la table suivante :
 - Segment1 → A et B ;
 - Segment2 → C, D et E ;
- P2 aura la table suivante :
 - Segment2 → A, B, C et D ;
 - Segment3 → E ;



L'interconnexion de niveau 2 peut se faire de manière adaptée grâce au **commutateur (Switch)**.

Il permet de relier plusieurs segments physiques entre eux, peut gérer une ou plusieurs stations par port, commute les trames au niveau **MAC** et peut gérer simultanément plusieurs liaisons.

Il peut posséder plusieurs technologies :

- '**Cut Through**' : commutation sans attente de fin de trame ;
- '**Store & Forward**' : attente de fin de trame ;
- **RISC** : difficulté pour gérer les diffusions car pas de processus parallèle, lenteur mais flexible et administrable ;
- **ASIC** : pas administrable mais rapidité de commutation.
- **VLAN** : permet de segmenter logiquement le réseau.

- Introduction
- Principes de fonctionnement
- La couche physique
- La couche liaison
- L'interconnexion
- **Exploitation du réseau**

Ethernet est un réseau à diffusion et à débit fixe ce qui veut dire que son niveau de performance est inversement proportionnel au nombre d'acteurs.

Plus on est nombreux à parler, moins on a de bande passante et plus le réseau est dégradé jusqu'à l'écroulement possible.

Une solution est de segmenter le réseau pour obtenir un débit constant se situant autour de 4 Mbits/s.

Il faut identifier les raisons de charge anormale en utilisant un analyseur de trafic (pour identifier l'auteur).

Mesurer le taux de collisions moyen du réseau car s'il dépasse les 10% des trames transmises, il faut vérifier le matériel, analyser chaque segment et envisager une nouvelle segmentation.

Il existe différents outils :

- les analyseurs de trafic (***Wireshark***) qui permettent d'identifier des coupures de câble, d'espionner les trames émises sur le réseau, les enregistrer, les visualiser (décodage des protocoles), de mesurer le comportement du réseau (charge, collisions, erreurs, ...) et d'établir des statistiques.
- les sondes permettent en plus des fonctionnalités de l'analyseur d'être interrogeables à distance et sont indispensables sur un réseau conséquent.
- les valises de tests permettent d'effectuer des tests liés au câblage comme la continuité, l'atténuation, le RTD, la qualité de la transmission, ...