

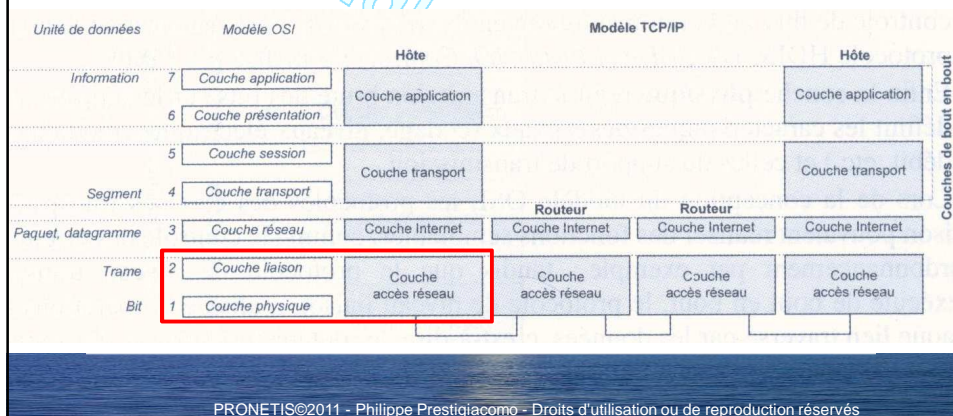
## Couche Accès réseau : Ethernet

- Technologie Ethernet
- Principe de fonctionnement du Half Duplex
- Trame Ethernet – Composition - Adresse matérielle
- Encapsulation des trames Ethernet
- Domaine de collision d'un réseau local
- Nouveaux besoins - Nouvelle technologie
- Ethernet Full-duplex et la commutation de paquets
- Tendance et perspectives

PRONETIS©2011 - Philippe Prestigiacomo - Droits d'utilisation ou de reproduction réservés

### Objectif du chapitre

- Principe de fonctionnement de la couche Accès Réseau
- Illustration avec le standard Ethernet
- Évolution Ethernet – Ethernet commuté – Ethernet haut débit



PRONETIS©2011 - Philippe Prestigiacomo - Droits d'utilisation ou de reproduction réservés

## Technologie Ethernet

- Présentation de la couche accès réseau : la norme 802.3 et Ethernet
  - Une ligne de communication commune
  - Implante la couche physique et la couche liaison du modèle OSI (couches 1 et 2)

Normes	Appellation	Débits	Médias utilisés
802.3	Ethernet	10 Mbps	Coaxial/UTP/ Fibre optique
802.3u	Fast Ethernet	100 Mbps	UTP / Fibre optique
802.3z	Gigabit Ethernet	1000 Mbps	Fibre optique
802.3ab	Gigabit Ethernet	1000 Mbps	Câble UTP
802.3ae	10 Gigabit Ethernet	10000 Mbps	Fibre optique

PRONETIS©2011 - Philippe Prestigiacomo - Droits d'utilisation ou de reproduction réservés

## Principe de fonctionnement du Half Duplex

- Principe de fonctionnement sur le HALF DUPLEX - CSMA/CD\*
  - « N » stations sur le même support
  - Une station écoute avant d'émettre
  - Si deux stations émettent simultanément, il y a collision
  - Une seule trame à un instant donné
  - Toutes les stations reçoivent la trame émise
- Les équipements
  - Chaque station a une adresse unique
  - Chaque station est à l'écoute des trames qui circulent sur le bus
  - Une station attend que le medium soit libre pour émettre
  - Si deux stations émettent simultanément, il y a collision et les trames sont inexploitable
  - Après collision, les stations réémettent selon un algorithme bien défini

\*CSMA/CD : Carrier Sens Multiple Acces / Collision Detection

PRONETIS©2011 - Philippe Prestigiacomo - Droits d'utilisation ou de reproduction réservés

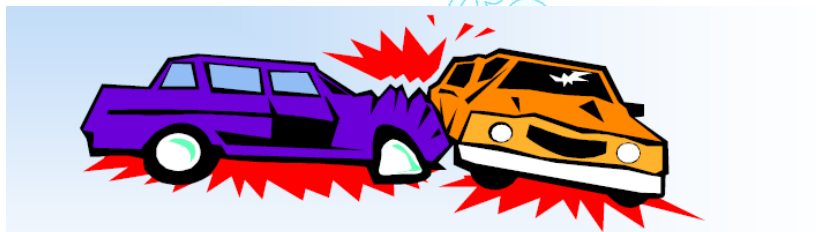
## Principe de fonctionnement du Half Duplex

- Gestion de l'accès au médium (le câble réseau)
  - 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 Detect)
- Interface
  - Transmission d'un bit (requête de la couche accès réseau)
  - Réception d'un bit (requête de la couche accès réseau)
  - Attendre N bits (requête de la couche accès réseau)
  - Détection de porteuse. La couche accès réseau doit déclencher la requête de réception d'un bit
  - Détection de collision . Générée uniquement pendant une transmission

PRONETIS©2011 - Philippe Prestigiacomo - Droits d'utilisation ou de reproduction réservés

## Principe de fonctionnement du Half Duplex

- Problématique du Half Duplex - COLLISION
  - Une 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



PRONETIS©2011 - Philippe Prestigiacomo - Droits d'utilisation ou de reproduction réservés

## Principe de fonctionnement du Half Duplex

- Gestion de l'accès au médium – CSMA/CD
  - **Carrier Sense** : Les membres du réseau vérifient si le média de transmission est libre.
  - **Multiple Access** : Si le canal de transmission est libre, n'importe quel membre du réseau peut commencer à transmettre des données.
  - **Collision Detection** : Si plus d'un membre sur le réseau commencent leur transmission simultanément, il en résultera une collision de données. Les membres en cours de transmission détecteront cette collision et termineront leur transmission. Une stratégie de repli déterminera quand les membres pourront essayer à nouveau de transmettre.

PRONETIS©2011 - Philippe Prestigiacomo - Droits d'utilisation ou de reproduction réservés

## Principe de fonctionnement du Half Duplex

- La solution du Half Duplex - COLLISION
  - Limiter le temps pendant lequel la collision peut arriver
  - Temps de propagation aller-retour d'une trame (Round Trip Delay ou RTD) limité à 50  $\mu$ s
  - Ce délai passé, aucune collision ne peut plus arriver
  - La norme 802.3 définit un « Slot Time » d'acquisition du canal égal à 51.2  $\mu$ s ce qui correspond à une longueur de trame minimum de 512 bits
  - Une station doit donc écouter le signal « Collision Detection » pendant 51.2  $\mu$ s à partir du début d'émission
- **COLLISION : la détection**
  - Si une station en train d'émettre détecte une collision, elle arrête son émission
  - Si une station en réception reçoit une trame inférieure à 72 octets, elle en déduit l'existence d'une collision

PRONETIS©2011 - Philippe Prestigiacomo - Droits d'utilisation ou de reproduction réservés

## Principe de fonctionnement du Half Duplex

### ■ COLLISION : *la gestion*

- 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 72 octets

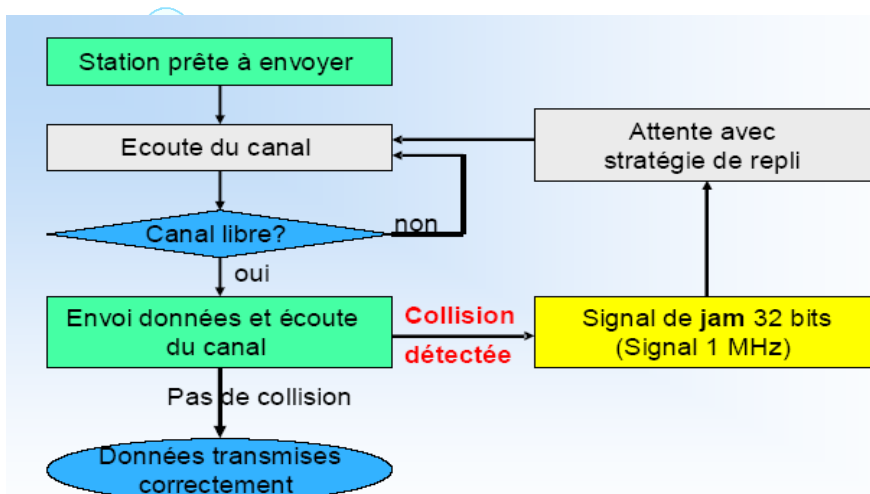
### ■ COLLISION : *la réémission*

- La station attend  $R * 51.2 \mu s$  tel que :  $0 < R < (2^i) - 1$
- R étant un entier « Random » et  $i = \min(n, 10)$
- n = nombre de retransmissions déjà effectuées
- Le nombre de réémissions est limité à 15

PRONETIS©2011 - Philippe Prestigiacomio - Droits d'utilisation ou de reproduction réservés

## Principe de fonctionnement du Half Duplex

### Gestion d'accès au medium - CSMA/CD



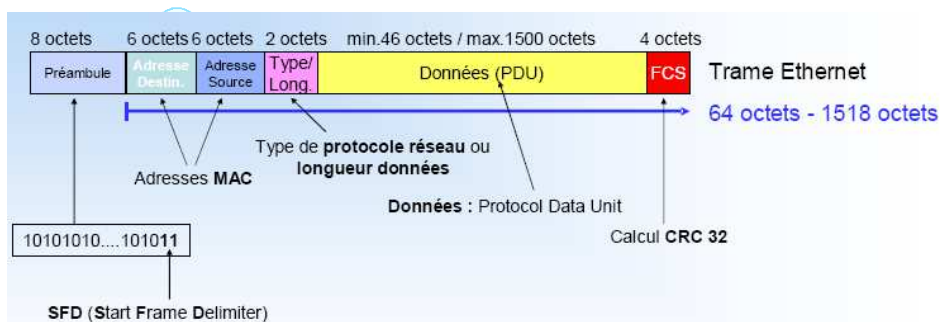
PRONETIS©2011 - Philippe Prestigiacomio - Droits d'utilisation ou de reproduction réservés

## Half duplex et Full duplex

- Half Duplex
  - Utilisation d'une seule paire du câble
  - Émission/Réception alternées
  - Problème de collisions (utilisation de CSMA/CD)
- Full Duplex
  - Utilisation de deux paires du câble
  - Émission/Réception simultanées
  - Pas de collisions (pas besoin de CSMA/CD)

PRONETIS©2011 - Philippe Prestigiacomio - Droits d'utilisation ou de reproduction réservés

## Trame Ethernet – composition



Remarque : Préambule 7 octets + 1 octet SFD

PRONETIS©2011 - Philippe Prestigiacomio - Droits d'utilisation ou de reproduction réservés

## Trame Ethernet – composition

- Préambule : permet aux autres stations d'acquérir la synchronisation bit sur celle de l'émetteur Préambule (7 octets à 10101010) synchronisation H en début de trame
- Délimiteur de début de trame (Start Frame Delimiter) : 1 octet = 10101011; permet aux autres stations d'acquérir la synchronisation caractère et la synchronisation trame = RETROUVER LE PREMIER CHAMP des @
- Adresses destination, adresse source (appelées adresses physiques, MAC address ...)
- Type/ Longueur : pour indiquer le type de protocole de niveau 3 employé pour transmettre le message. Avec la normalisation originale IEEE 802.3 ce champ a été redéfini pour contenir la longueur en octets du champ des données. Depuis 1997, la normalisation IEEE intègre les formats de trames. Exemple : code 0806 pour l'ARP et 0800 : IP

Préambule	SFD	@ Destination	@ Source	Type	Données	FSC
-----------	-----	---------------	----------	------	---------	-----

13

PRONETIS©2011 - Philippe Prestigiacomo - Droits d'utilisation ou de reproduction réservés

## Trame Ethernet – composition

### Trame Ethernet

- Données : valeur comprise entre 46 et 1500, indique le nombre d'octets contenus dans le champ suivant
- Padding : contenu sans signification complétant à 64 octets la taille totale d'une trame dont la longueur des données est inférieure à 46 octets; en effet, une trame est considérée valide (non percutée par une collision) si sa longueur est d'au moins 64 octets;  $46 \leq (\text{données} + \text{padding}) \leq 1500$ .
- FCS: *Frame Check Sequence* - séquence de contrôle basée sur un CRC\* (fonction polynomiale de degré 32 – permet de détecter les erreurs de transmission)

Préambule	SFD	@ Destination	@ Source	Type	Données	FSC
-----------	-----	---------------	----------	------	---------	-----

\*CRC : Cyclic Redondancy Check

14

PRONETIS©2011 - Philippe Prestigiacomo - Droits d'utilisation ou de reproduction réservés

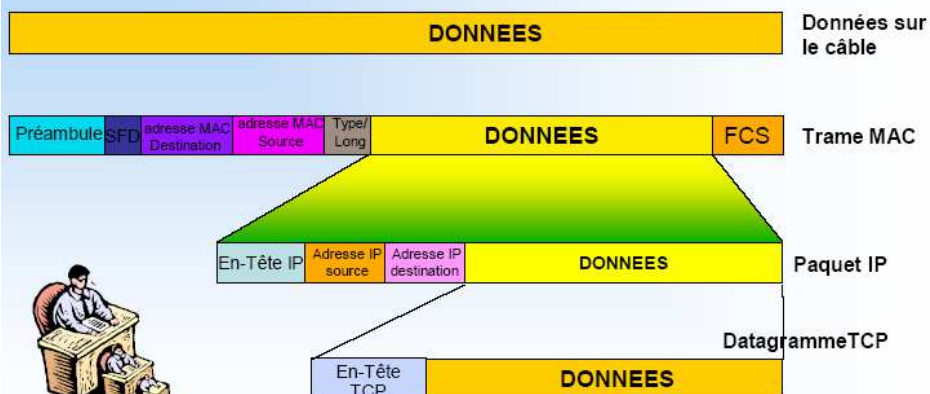
## Adresse matérielle d'un composant réseau

- La couche liaison - ADRESSAGE
- Adressage à plat – Adressage absolue – Adressage physique
- 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
- Adresse Broadcast: FF:FF:FF:FF:FF:FF
- 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
- Les 3 premiers octets sont réservés pour identifier le constructeur du composant

PRONETIS©2011 - Philippe Prestigiacomo - Droits d'utilisation ou de reproduction réservés

## Encapsulation des trames Ethernet - Illustration

- Un paquet d'une couche supérieure est encapsulé dans le paquet données de la couche inférieure:



PRONETIS©2011 - Philippe Prestigiacomo - Droits d'utilisation ou de reproduction réservés

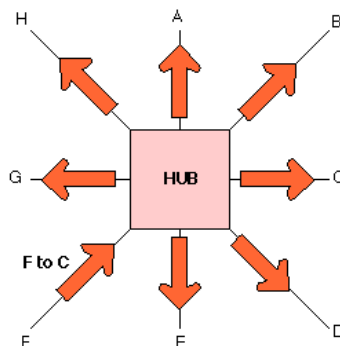
## Domaine de collision d'un réseau local

- **Domaine de collision – définition (Source Wikipedia)**
  - « Un domaine de collision est une zone logique d'un réseau informatique où les paquets de données peuvent entrer en collision entre eux, en particulier avec le protocole de communication Ethernet. »
- **Domaine de collision**
  - Ensemble des équipements interconnectés de couche 1
  - Environnement partagé (ressources)
  - Bande passante partagée
  - Taux de collisions proportionnel à la taille du domaine

PRONETIS©2011 - Philippe Prestigiacomo - Droits d'utilisation ou de reproduction réservés

## Domaine de collision d'un réseau local

- **Réponse classique : Ethernet partagé – Répéteur / Hub**
  - Un hub (ou répéteur) fait suivre une trame vers toutes les interfaces, c'est à dire que tout ordinateur connecté au système va recevoir la trame, même si elle était destinée à un système connecté à une interface en particulier.



PRONETIS©2011 - Philippe Prestigiacomo - Droits d'utilisation ou de reproduction réservés

## Nouveaux besoins - Nouvelle technologie

- Nouveaux besoins
  - Accroissement important des besoins en débit
  - Évolution des applications, nouveaux services, habitudes des utilisateurs, augmentation du nombre de stations connectées au réseau local.
- Problématique
  - Principe simplissime du CSMA/CD
  - Charge en augmentation provoquant des collisions importantes.
  - Chute des performances (chute du débit) = phénomène d'avalanche.

PRONETIS©2011 - Philippe Prestigiacomo - Droits d'utilisation ou de reproduction réservés

## Ethernet Full-duplex et la commutation de paquets

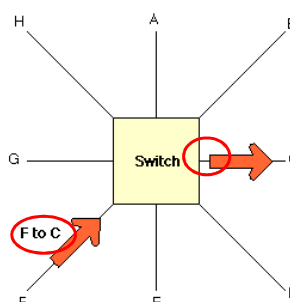
- Évolution – Segmentation des domaines de collision
  - Passage d'un mode de diffusion vers un mode de transfert de trames, appelé commutation Ethernet.
  - *Concrètement, on passe du Hub (répéteur) au Commutateur (Switch)*
  - **Mode de fonctionnement différent mais totalement compatible**

PRONETIS©2011 - Philippe Prestigiacomo - Droits d'utilisation ou de reproduction réservés

## Ethernet Full-duplex et la commutation de paquets

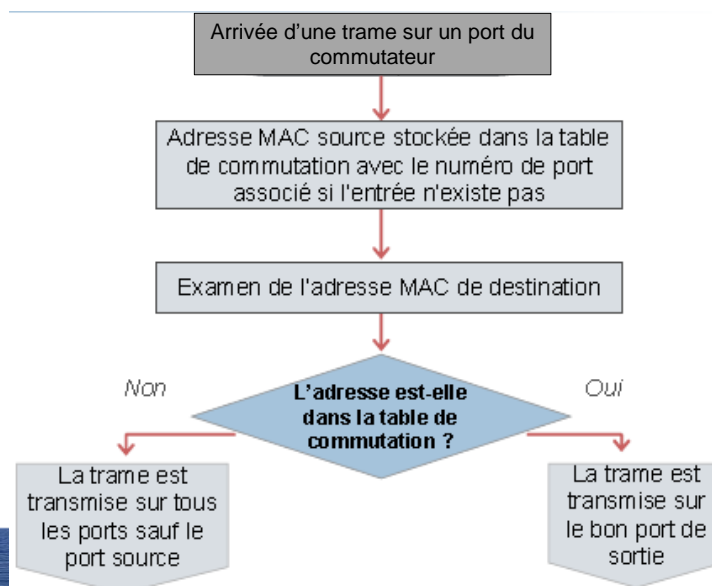
### ▪ Réponse nouvelle : Commutateur (Switch)

- Débit dédié et non partagée
  - Les commutateurs réexpédient les trames uniquement vers l'interface visée et sont donc capables d'associer les adresses et les ports interface destination.
  - Ils réduisent le nombre de paquets dans les autres segments LAN (réduisant par conséquent la charge dans ces segments) et améliorent la performance globale des LAN connectés.
- Communication port à port – mode full duplex
  - Améliore les conditions de sécurité, puisque les trames vont uniquement vers la destination visée.



PRONETIS©2011 - Philippe Prestigiacomo - Droits

## Ethernet Full-duplex et la commutation de paquets



## Ethernet Full-duplex et la commutation de paquets

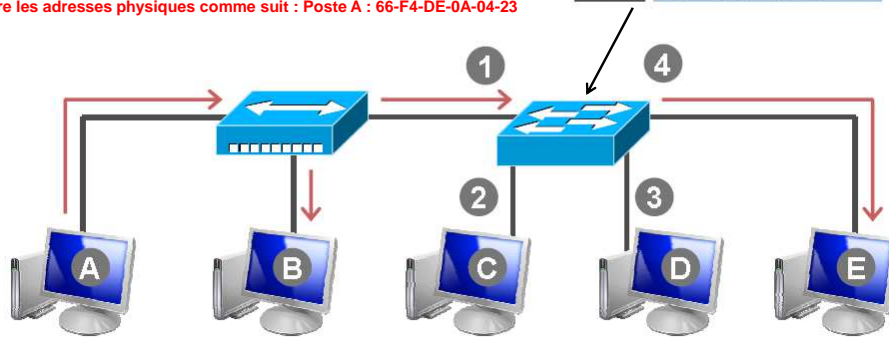
Dans les exemples suivants les adresses physiques sont erronées.  
 - 3 premiers octets - identification constructeur  
 - 3 octets suivants - identification de la station

- A veut communiquer avec E
- La table de commutation est déjà remplie

Table de commutation

Port	Adresse MAC
1	0A-04-23-66-F4-DE
1	0B-04-23-66-F4-DE
2	0C-04-23-66-F4-DE
3	0D-04-23-66-F4-DE
4	0E-04-23-66-F4-DE

Erreur adresse physique inversée dans le schéma  
 Lire les adresses physiques comme suit : Poste A : 66-F4-DE-0A-04-23



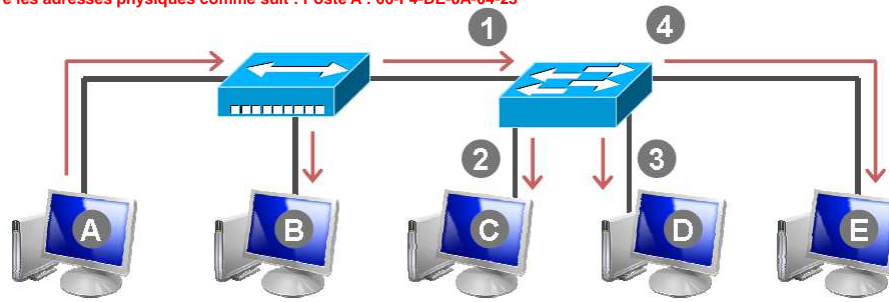
0A-04-23-66-F4-DE    0B-04-23-66-F4-DE    0C-04-23-66-F4-DE    0D-04-23-66-F4-DE    0E-04-23-66-F4-DE

## Ethernet Full-duplex et la commutation de paquets

- A veut communiquer avec E
- A connaît l'adresse MAC de E
- La table du commutateur est vide

Port	Adresse MAC
1	0A-04-23-66-F4-DE
1	
2	
3	
4	

Erreur adresse physique inversée dans le schéma  
 Lire les adresses physiques comme suit : Poste A : 66-F4-DE-0A-04-23



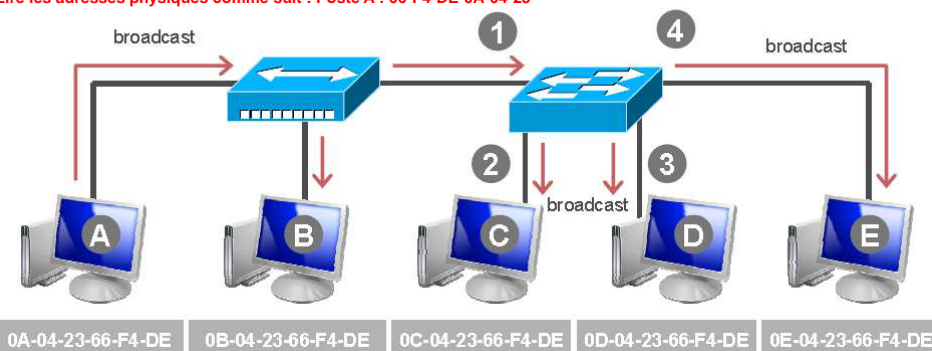
0A-04-23-66-F4-DE    0B-04-23-66-F4-DE    0C-04-23-66-F4-DE    0D-04-23-66-F4-DE    0E-04-23-66-F4-DE

## Ethernet Full-duplex et la commutation de paquets

- A veut communiquer avec E
- A ne connaît pas l'adresse MAC de E
- La table du commutateur est vide

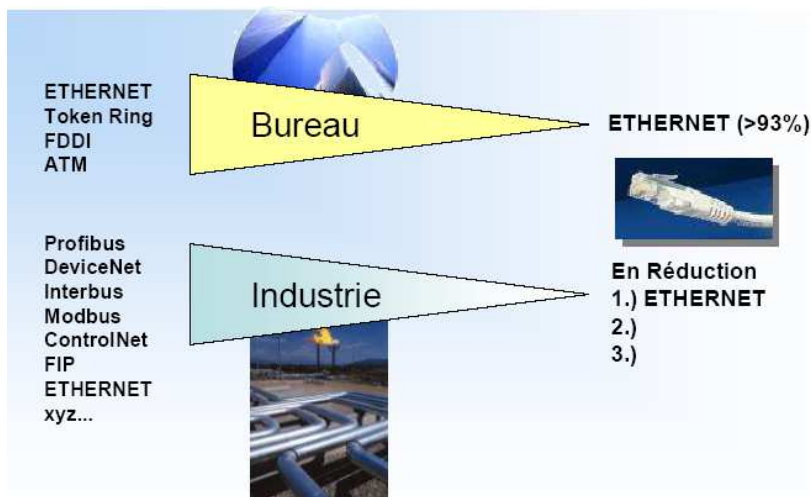
Port	Adresse MAC
1	0A-04-23-66-F4-DE
1	
2	
3	
4	

Erreur adresse physique inversée dans le schéma  
 Lire les adresses physiques comme suit : Poste A : 66-F4-DE-0A-04-23



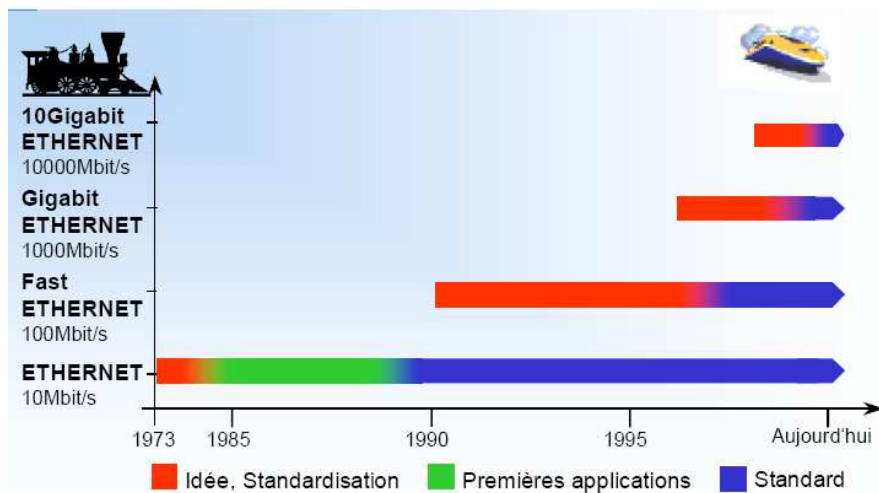
## Tendance et perspectives

[http://en.wikipedia.org/wiki/Industrial\\_Ethernet](http://en.wikipedia.org/wiki/Industrial_Ethernet)



PRONETIS©2011 - Philippe Prestigiacomo - Droits d'utilisation ou de reproduction réservés

## Tendance et perspectives



PRONETIS©2011 - Philippe Prestigiacomo - Droits d'utilisation ou de reproduction réservés

## Couche accès réseau

### Mise en œuvre de ponts entre des LAN 802 de types différents

- Contexte d'utilisation d'un équipement de type « pont »
- Dans quel cas a-t-on besoin d'un pont ?
- Formats des trames IEEE 802
- Mise en œuvre d'un pont entre un réseau 802.11 (Wifi) et un réseau 802.3 (Ethernet)

PRONETIS©2011 - Philippe Prestigiacomo - Droits d'utilisation ou de reproduction réservés

## Dans quel cas a-t-on besoin d'un pont ?

- *Bon nombre d'entreprises possèdent plusieurs LAN qu'elles souhaitent interconnecter. Pour cela, elles emploient des ponts (bridges) qui sont des équipements qui opèrent au niveau de la couche liaison de données.*
- (Rappel) Fonctionnement d'un pont
  - Opère au niveau de la couche liaison de données
  - Interconnecte 2 ou plusieurs LAN de types différents (Wifi et Ethernet)
  - Lorsqu'une trame arrive sur le pont, il extrait l'adresse destination qui se trouve dans l'en-tête de la trame, et recherche une entrée correspondante dans sa table pour savoir où envoyer la trame.

PRONETIS©2011 - Philippe Prestigiacomo - Droits d'utilisation ou de reproduction réservés

## Dans quel cas a-t-on besoin d'un pont ?

- **Une organisation qui s'étend sur plusieurs immeubles éloignés les uns des autres** : il est peut-être plus économique d'avoir un LAN par immeuble et réaliser leur interconnexion au moyen de ponts et de liaisons laser ou hertzienne que de tirer un seul câble à travers tout le site.
- **Il est parfois nécessaire de diviser logiquement un LAN en plusieurs segments séparés pour mieux répartir la charge.** Par exemple, certaines universités mettent à disposition de leurs étudiants et de leur personnel enseignant des milliers de stations de travail. Un ensemble de cette taille exclut de placer toutes les stations et serveurs sur un même LAN car cela impliquerait une bande passante considérable. A la place, plusieurs LAN peuvent être interconnectés à l'aide de ponts où chaque LAN dispose par exemple de ses propres serveurs de fichiers.

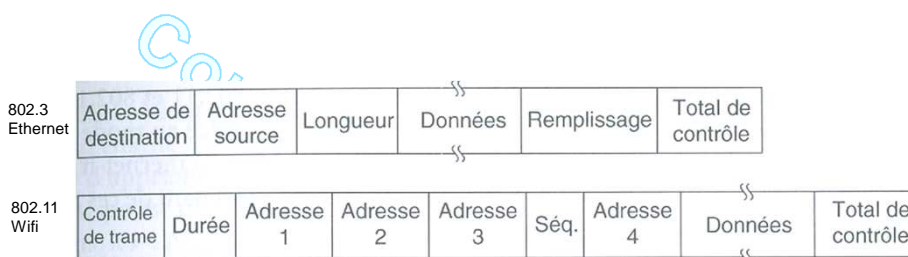
PRONETIS©2011 - Philippe Prestigiacomo - Droits d'utilisation ou de reproduction réservés

## Dans quel cas a-t-on besoin d'un pont ?

- Dans certaine situation, un seul LAN pourrait gérer toute la charge mais la distance physique entre les machines les plus éloignées est trop importante. Ici, le problème ne se situe au niveau de la pose d'un câble mais du délai de transmission qui serait trop long empêchant le réseau de fonctionner correctement. La seule solution est là encore de partitionner le LAN en installant des ponts entre les segments de façon à augmenter la distance physique couverte.
- Dans d'autres situations, il peut arriver qu'un nœud défectueux (exemple une station) sur un LAN émette un flot d'informations parasites jusqu'à immobiliser le réseau. Pour empêcher cela, on peut introduire des ponts à des endroits critiques et donc stratégiques à l'image des portes coupe-feu d'un immeuble. Contrairement à un répéteur qui se contente de copier tout ce qu'il reçoit, le pont peut-être programmé pour sélectionner ce qu'il doit transmettre sur le segment suivant, filtrant le reste du trafic pour une plus grande fiabilité.

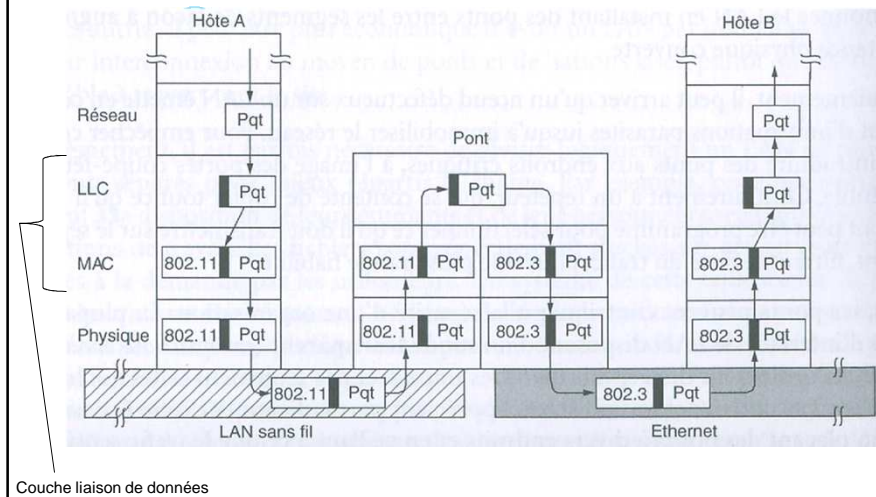
PRONETIS©2011 - Philippe Prestigiacomo - Droits d'utilisation ou de reproduction réservés

## Formats des trames IEEE 802



PRONETIS©2011 - Philippe Prestigiacomo - Droits d'utilisation ou de reproduction réservés

Mise en œuvre d'un pont entre un réseau 802.11 (Wifi) et un réseau 802.3 (Ethernet)



PRONETIS©2011 - Philippe Prestigiacomo - Droits d'utilisation ou de reproduction réservés

Pause-réflexion

**Avez-vous des questions ?**



34

PRONETIS©2011 - Philippe Prestigiacomo - Droits d'utilisation ou de reproduction réservés

## Résumé du module

Commutation  
de  
paquets

Tendance  
& perspective

Domaines de  
collision

HALF DUPLEX  
et  
FULL DUPLEX

Trame Ethernet  
et sa  
structure

Illustration de  
mise en œuvre  
d'un pont

PRONETIS©2011 - Philippe Prestigiacomo - Droits d'utilisation ou de reproduction réservés

**FIN DU MODULE**

PRONETIS©2011 - Philippe Prestigiacomo - Droits d'utilisation ou de reproduction réservés