

Réseaux Locaux Ethernet

Université de Marne-la-Vallée

duris@univ-mlv.fr

Motivation

- Les réseaux locaux **LAN** (*Local Area Network*) sont au cœur même du réseau
 - la plupart des machines sont directement sur des LAN
 - les protocoles des couches supérieures reposent sur les LAN
- Ethernet est représentatif des évolutions des technologies de réseaux LAN (débits, supports)
- C'est aujourd'hui la technologie la plus largement utilisée
 - jusqu'en 1990/1995, d'autres concurrents coexistaient
 - pratiquement tous relégués au rang de techno. secondaire

Plan

- Origines, besoins, historique des LAN
 - 30 ans d'histoire
- Principes basiques de fonctionnement et normalisation
 - Trame, protocole, supports, signalisation, composants
 - Les standards de l'IEEE et les règles de configuration
- Évolutions en terme de débit et de support
 - De 3 Mégabit/s sur coaxial en 1973 à plusieurs Gigabit/s sur fibre optique aujourd'hui
- Élargissement des compétences d'Ethernet
 - LAN virtuels (VLAN), Ethernet sans fil (WiFi, IEEE802.11)

Bibliographie

- **Réseaux.** 4^{ème} éd. Andrew Tanenbaum, Pearson Education 2003.
- **Analyse structurée des réseaux.** Kurose & Ross, Pearson Education 2003.
- **Java et Internet** Concepts et programmation. Roussel et Duris, Vuibert 2002.
- **High Speed LAN Technology Handbook.** Chowdhury. Springer 2000.
- **Les réseaux.** 3^{ème} éd. Guy Pujolle, Eyrolles 2000.
- **Interconnections.** 2nd ed. Radia Perlman. Adisson Wesley 2000.
- **Réseaux haut débits.** Tome 1. 2^{ème} éd. D Kofman et M. Gagnaire, Dunod 1999.
- **Guide Pratique des Réseaux Ethernet.** Charles Spurgeon, Vuibert 1998.
- **Gigabit Ethernet.** Kadambi, Krayford & Kalkunte. Prentice Hall 1998.
- **Les réseaux locaux virtuels.** Gilbert Held, InterEditions 1998.
- **Les réseaux locaux commutés et ATM.** Alexis Ferréro, InterEditions 1998.
- **Gigabit Networking.** Craig Partridge. Adisson Wesley 1994.

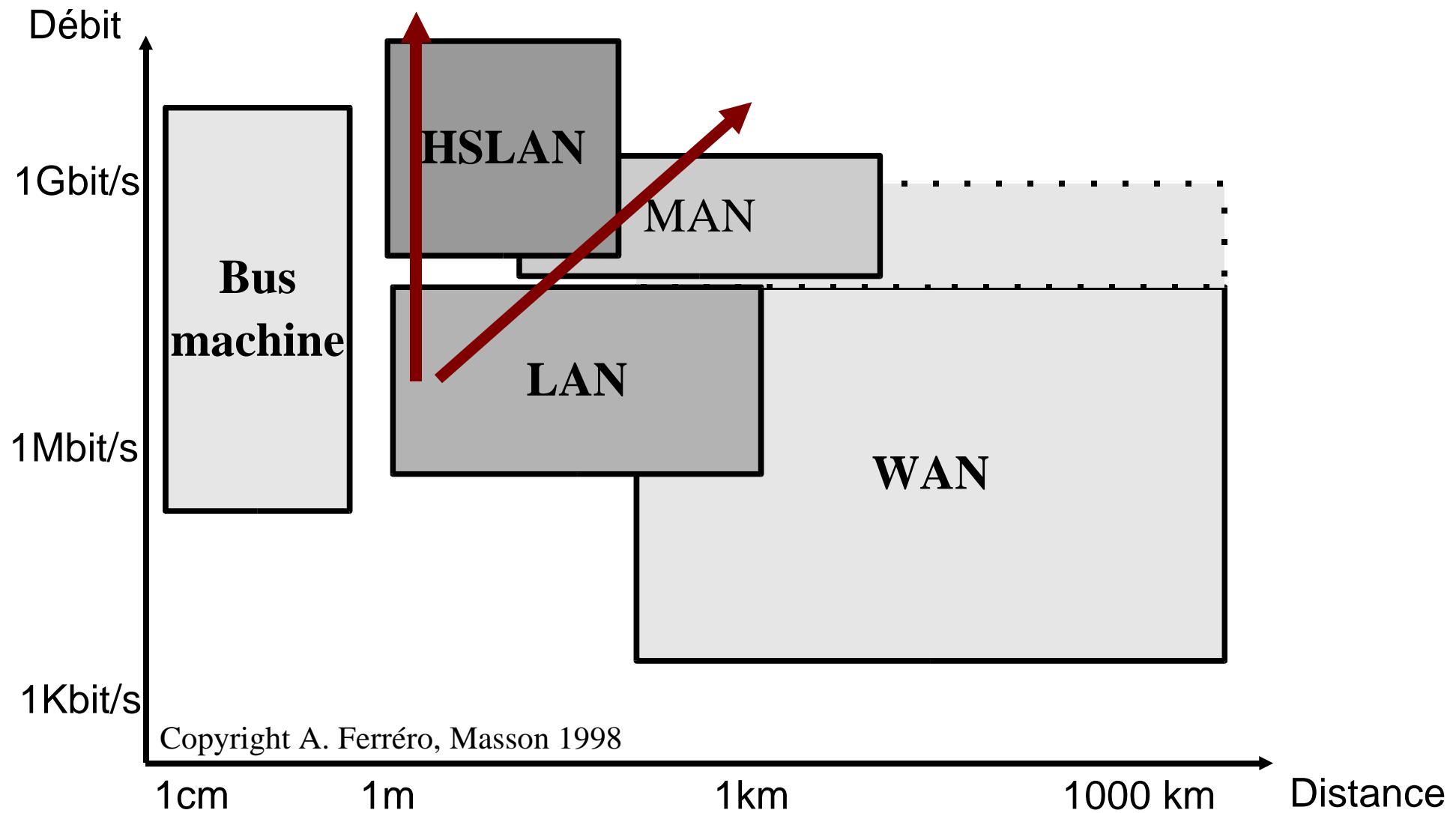
Besoins des LAN

- Relier différentes machines sur le même médium, à l'échelle d'un bâtiment, voire d'un site.
 - De l'ordre de la centaine de connexions
 - Débits de l'ordre de la dizaine de mégabits/seconde
 - Couverture géographique de l'ordre du kilomètre
- Le terme LAN (*Local Area Network*) regroupe les termes francophones suivants:
 - RLE: Réseaux Locaux d'Entreprise
 - RLI: Réseaux Locaux Industriels

Les autres dénominations de réseaux

- ***MAN Metropolitan Area Network***
 - Augmentation de couverture ($\simeq 100$ km) et du débit maximal ($\simeq 100$ Mbit/s). Ex. FDDI, DQDB, ATM.
- ***HSLAN High Speed LAN***
 - Quelques dizaines d'accès, sur quelques dizaines de mètres, de l'ordre de 100 Mbit/s à plusieurs Gigabits/s. (Fibre Channel, HiPPI, Fast Ethernet/Gigabit, ATM)
- ***WAN Wide Area Network***
 - Longues distances (mondial). Lignes louées, X.25 Frame Relay, RNIS, ATM.

Les positions relatives des technologies



Protocoles d'accès multiples

- Principe: relier différentes machines sur un même canal
 - Soit on ne relie que 2 machines entre elles: liaison **point à point** (*PPP Point to Point Protocol*, *HDLC High-level Data Link Control*)
 - Soit on doit relier plus de 2 machines: liaison à **diffusion**
 - Protocoles à partage de canal
 - Multiplexage par répartition dans le temps (TDM), en fréquence (FDM) ou par répartition de code (CDMA)
 - Protocoles à accès aléatoire
 - ALOHA à allocation temporelle (discrétilisé) ou ALOHA pur, mais aussi avec détection de porteuse [et de collision]
 - Protocoles à partage de ressource
 - Sondage ou invitation à transmettre, passage de jeton

Méthode d'accès aléatoire: Aloha

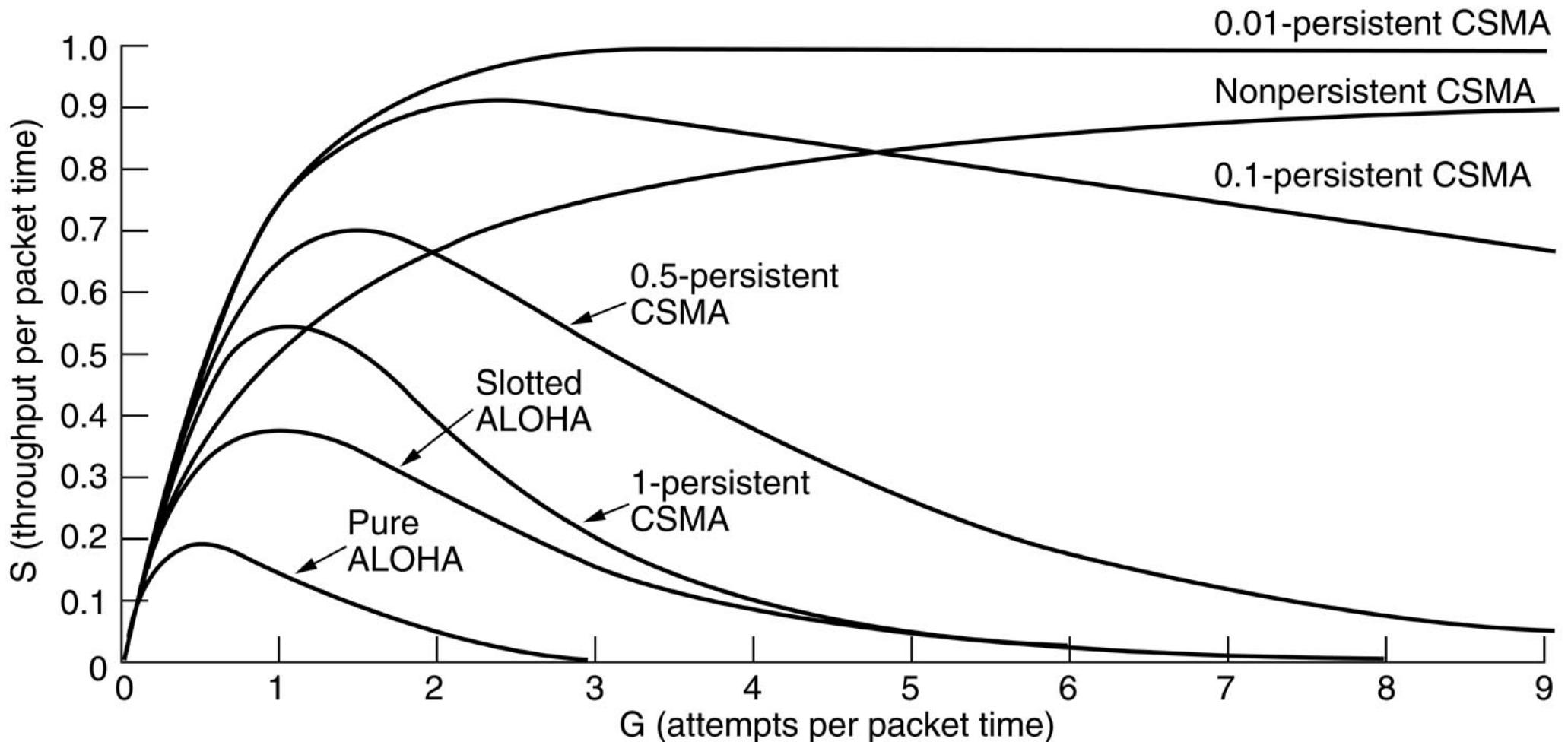
- 1970. Norman Abramson (Université de Hawaï)
 - ALOHA discrétilisé (*slotted*) ou à allocation temporelle (1972)
 - Toutes les trames ont une taille fixe
 - Le temps est divisé en intervalles permettant la transmission d'une trame
 - Les expéditeurs débutent les émissions au début d'un intervalle de temps (ils sont synchrones)
 - Les expéditeurs sont informés de toute collision avant la fin de l'intervalle de temps auquel elle se produit
 - Si il y a une collision, elle est détectée avant la fin de l'intervalle de temps en cours: l'expéditeur la retransmet au cours des intervalles de temps suivants

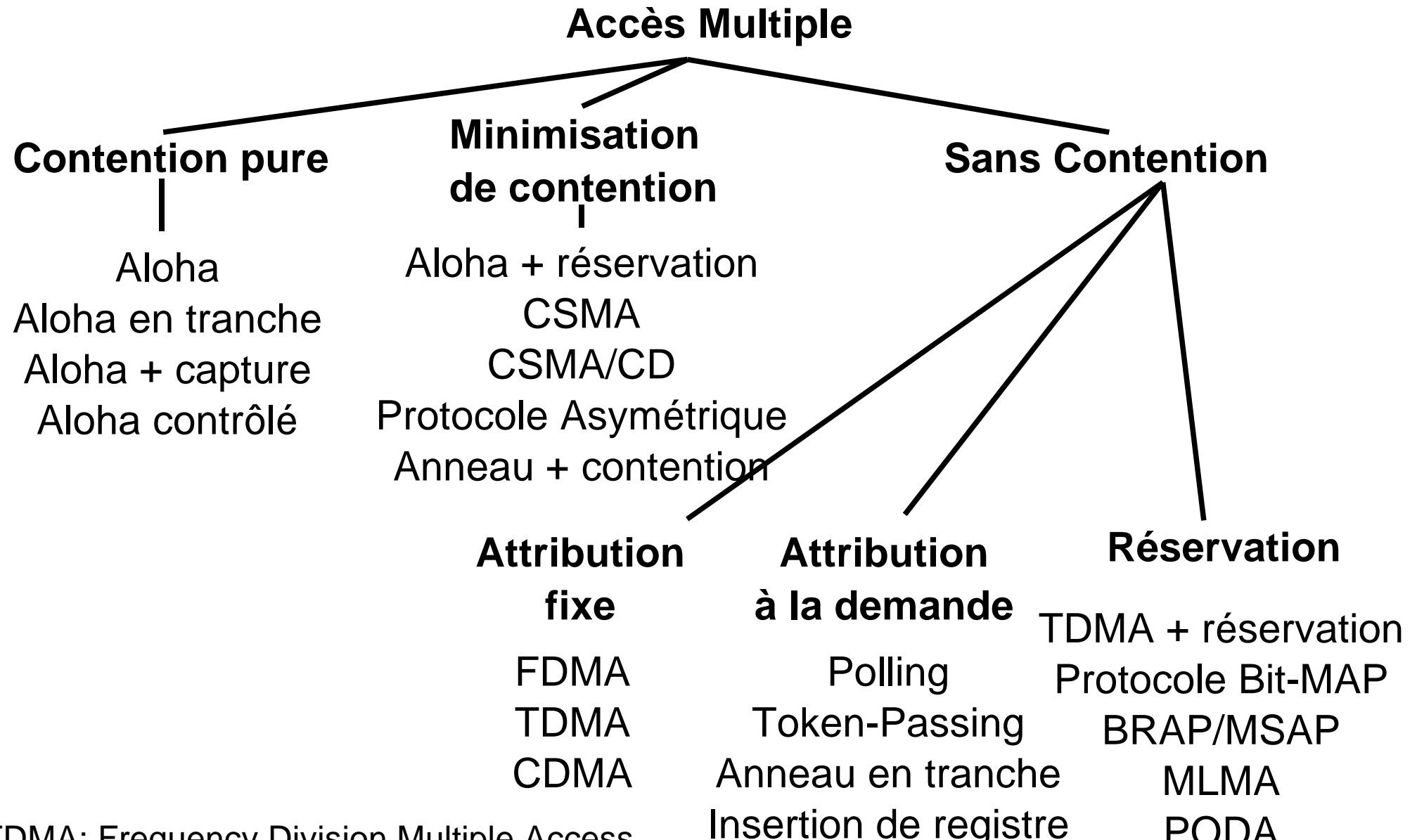
ALOHA et compagnie

- ALOHA discrétilisé (*slotted*)
 - Possibilité d'utiliser la totalité du débit si on est seul
 - Requiert la synchronisation entre machines
- ALOHA pur (version initiale)
 - Pas de synchronisation ni de découpage en intervalle
- CSMA (*Carrier Sense Multiple Access*)
 - Détection de porteuse: ne pas émettre si canal occupé
 - Persistant (attente après collision et émission dès que libre)
 - Non-persistant (écoute, attente, écoute... jusqu'à libre)
 - p -persistant (discrétilisé, et émet avec probabilité p , ou attend le prochain slot de temps avec proba $1-p$, jusqu'à un succès.
- CSMA/CD (Collision Detection)
 - Interrompre l'émission dès qu'une collision est détectée

Comparaison CSMA et Aloha

Copyright A. Tanenbaum, Pearson Education, 2003





FDMA: Frequency Division Multiple Access

TDMA: Time Division Multiple Access

CDMA: Code Division Multiple Access

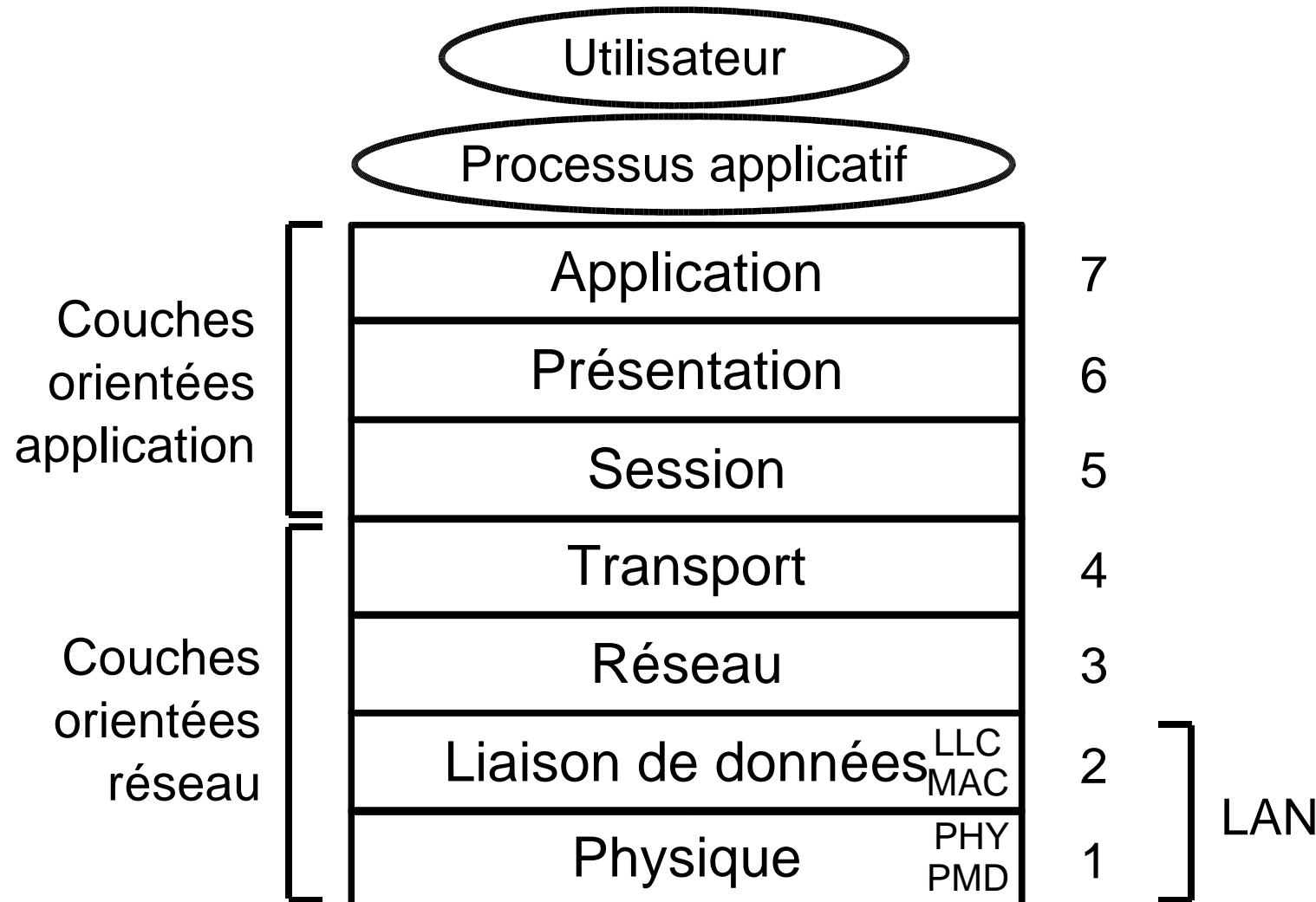
Caractéristiques principales des LAN

- Débit nominal: quantité d'information/seconde
- Topologie logique de connexion: bus, étoile, anneau...
- Méthode de partage des accès: droit de parole
- Standardisation (état des normes)
- Format des trames (unité de donnée)
- Distance de couverture (longueur max. des liens)
- Nombre d'accès (limite sup. des connexions)
- Médias et connectique (câbles & topologie)

Les différentes notions de débit

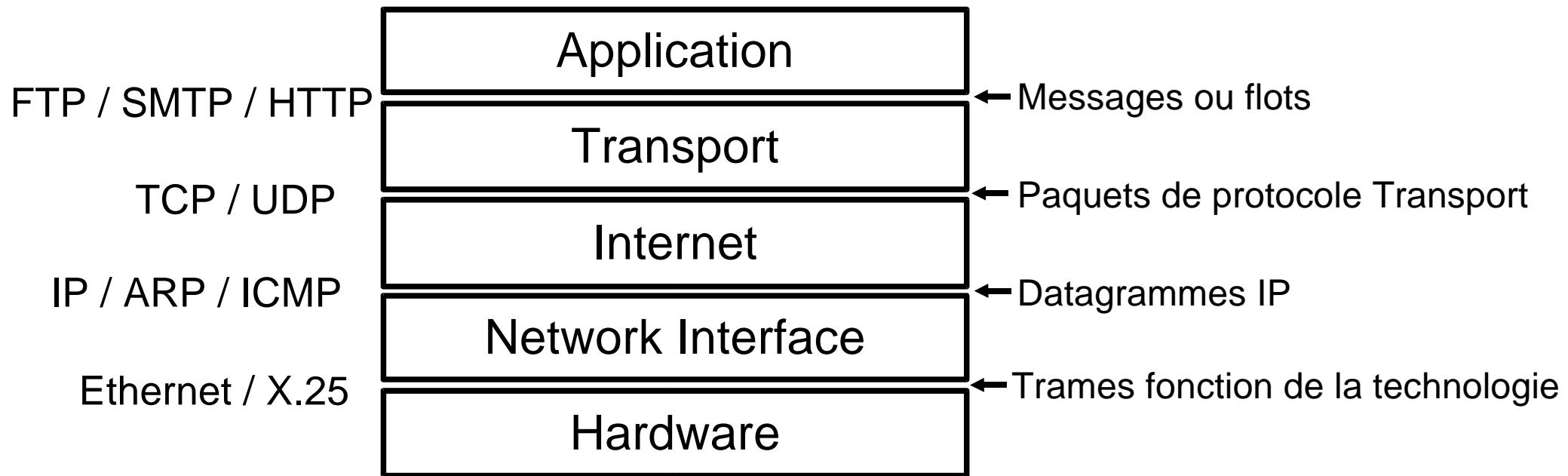
- La notion de « débit » est contextuelle:
 - Utilisateur: débit de données informatiques (octets):
-> [Kilo] octets par seconde **Ko/s** (*bytes per second Kb/s*).
 - Codage de l'information: débit d'information unitaire transmis sur un médium (bits):
-> [Kilo] bits transmis par seconde **Kbit/s**
 - Signalisation physique pour représenter l'information
-> signaux distincts par secondes = **Bauds**
 - Rapidité de modulation du signal
i.e. nombre de changements d'état par seconde

Open System Interconnection (OSI)



Modèle TCP/IP

- En parallèle du modèle OSI (DoD/ DARPA)



- Atouts: Unix, IETF et IRTF (RFC)

- *Internet Engineering Task Force* et *Internet Research Task Force*

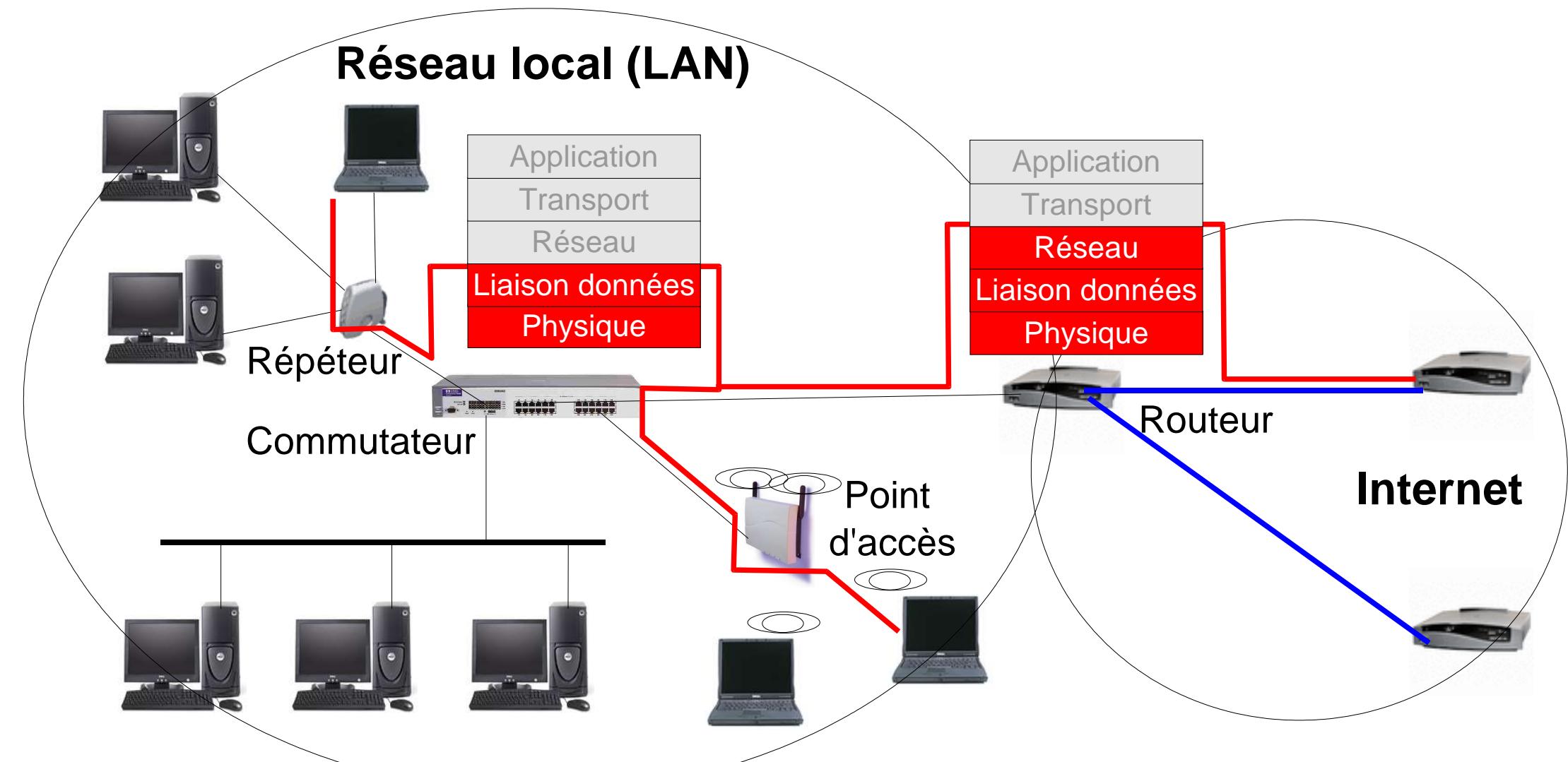
Couche physique

- Transmission du signal
 - Codage, détection de présence de signal, gestion des horloges, synchronisation
 - Valeurs relatives au médium, paramètres électriques ou optiques et mécaniques des liaisons / connectique.
- PMD (partie basse) *Physical Medium Dependent*
 - Dédiée à un médium ou à un débit spécifique
- PHY (partie haute)
 - Gère les fonctionnalités communes

Couche liaison de données

- Transfert des données sur le support physique
 - Formatage, contrôle d'erreurs et gestion de flux
- MAC (partie basse) *Medium Access Control*
 - Méthode d'accès et format des trames, adresses
 - Tous les LAN sont orientés et sans connexion
- LLC (partie haute) *Logical Link Control*
 - Interface d'abstraction de MAC sous-jacente
 - Type 1. Sans acquittement ni connexion (IP, IPX)
 - Type 2. Orienté connexion (NetBEUI, MS-LAN Manager)
 - Type 3. Acquittement sans connexion

Couches OSI et LAN



Historique d'Ethernet

- 1973 : naissance d'Ethernet
 - Bob Metcalfe et David Boggs (Xerox PARC)
 - Initialement 2,94 Mbit/s, câble coaxial, ≤ 256 ordinateurs
- 1979 : création du Consortium DIX (DEC, Intel, Xerox)
- Puis création de l'IEEE Projet 802
(*Institute of Electrical and Electronic Engineers*)
 - 802.1 : High Level Internetwork Interface (HILI)
 - 802.2 : Logical Link Control (LLC)
 - Et un groupe DLMAC...

Data Link & Medium Access Control

- Différents modes d'accès au support physique :
 - **802.3** : Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection (**CSMA/CD**) : Ethernet
 - > Initialement dirigé par DEC, Intel et Xerox
 - Rudimentaire, mais simple à administrer
 - **802.4 : Token Bus**
 - > Sponsorisé par Burroughs, Concord Data Systems, Honeywell et Western Digital
 - **802.5 : Token Ring**
 - > Exclusivité d'IBM

Standardisations

- 1982. IEEE et DIX convergent
 - Standards IEEE 802.3 et Ethernet V.2 (ou Ethernet II)
 - Des différences mineures subsistent
 - Autres organismes de normalisation...
 - NIST (National Institute of Standards and Technology)
 - ECMA (European Computer Manufacturers Association)
 - ANSI (American National Standards Institute)
 - ISO (International Standardization Organization)
- 1990. Standardisation ISO/IEC 8802-3

Normes principales IEEE 802

- 802.1 High Level Interface, Network Management, Bridging, Glossary
- 802.2 Logical Link Control
- **802.3 CSMA/CD Ethernet**
- 802.4 Token Bus
- 802.5 Token Ring (LAN IBM)
- 802.6 Metropolitan Area Network (DQDB : Double Queue Dual Bus)
- 802.7 Broadband LAN Technical Advisory Group
- 802.8 Fiber Optic Technical Advisory Group
- 802.9 Integrated Service LAN (IsoEthernet), pour isochrone (temps réel)
- 802.10 LAN Security (SILS : Standard for Interoperable LAN Security)
- **802.11 Wireless LAN**
- 802.12 Demand Priority LAN (100VG - AnyLAN)
- 802.14 Cable TV MAN
- **802.15 Wireless Personal Area Network (WPAN)**, bluetooth
- **802.16 Fixed Broadband Wireless Access** (sans fil large bande)

L'accès au réseau

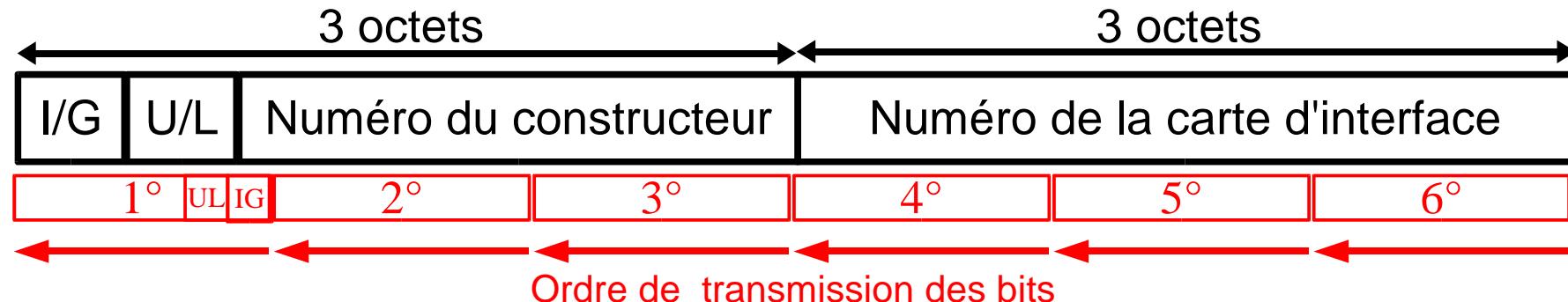
- Carte d'Interface Réseau (NIC)
 - Identification d'une machine sur le support
 - Adresse **physique** (MAC)
 - Permet d'émettre et de recevoir des trames
 - format dépendant du protocole
 - nous nous intéresserons à Ethernet et/ou IEEE 802.3
 - Intermédiaire pour l'adressage **logique**
 - Par exemple de type IP par les mécanismes ARP ou DHCP

Adresses MAC

- Identifie chaque carte d'interface sur le réseau local
- Nécessairement unique (pour un réseau donné)
 - Partie dépendante du constructeur et numéro de série
- Adressage standardisé IEEE 802
 - CSMA/CD, Token Bus, Token Ring, DQDB
 - Également pour FDDI et ATM
- Longueur 6 octets, représentés en hexadécimal
 - Classiquement sous l'une des formes
 - **00:0B:DB:16:E7:8A** ou **00-0B-DB-16-E7-8A**

Adresses MAC (Ethernet)

- Les octets sont transmis le bit de poids faible en premier (*LSB, Least Significant Bit first*)
 - Premier bit transmis: I/G : Individuel (0) / Groupe (1)
 - Second bit transmis: U/L :
adresse administrée de manière Universelle (0) / Locale (1)
 - Les 24 premiers bits constituent l'OUI (*Organizationally Unique Identifier*). Ex: 00:00:0C (Cisco) 00:C0:4F (DELL)
 - Les 24 bits restant sont des numéros de série



Exemples d'adresse MAC

- Si on dispose de l'OUI **AC-DE-48**, il est possible de construire une carte ayant l'adresse suivante:
 - **AC-DE-48-00-00-80**, soit **1010 1100-1101 1110-...**
 - Ce qui correspond, lors d'une transmission LSB, à la suite:
- **premier octet | second octet | ...**

lsb msb

0011 0101 0111 1011 0001 0010 0000 0000 0000 0000 0000 0000
0001
C A E D 8 4 0 0 0 0 0 8

- Ou l'adresse de groupe **AD-DE-48-00-00-80**

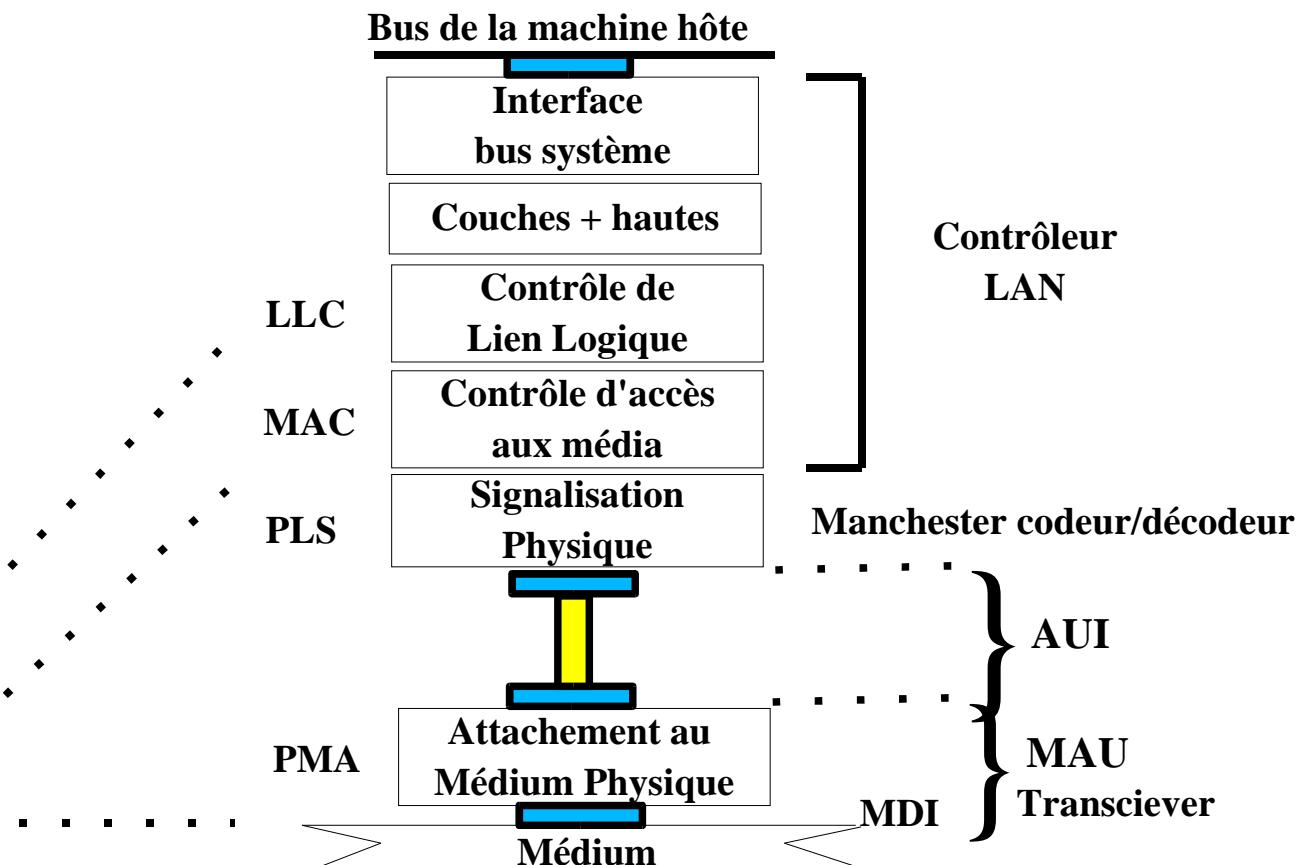
1011 0101 0111 1011 0001 0010 0000 0000 0000 0000 0000 0001
D A E D 8 4 0 0 0 0 0 8
Bit I/G

Le détail d'Ethernet à 10 Mégabit/s

- Éléments de base d'Ethernet
 - La trame
 - Formats standards Ethernet II ou IEEE 802.3
 - Le protocole d'accès au média
 - CSMA/CD : détection de porteuse et des collisions
 - Les composants de signalisation
 - Interface Ethernet, transceiver (+ câble), répéteur
 - Le médium physique
 - Coaxial, paire torsadée, fibre optique...

OSI versus IEEE

- Correspondance entre les 7 couches OSI et 802.3



La trame Ethernet

- Trame Ethernet II (selon le consortium DIX)

| | | | | | |
|-----------------|-------------------------|--------------------|-----------------|-------------------------|----------------------------|
| <i>8 octets</i> | <i>6 octets</i> | <i>6 octets</i> | <i>2 octets</i> | <i>46 à 1500 octets</i> | <i>4 octets</i> |
| Préambule | Adresse MAC destination | Adresse MAC source | Type | Données / Bourrage | Séquence Contrôle de Trame |

- Trame standardisée IEEE 802.3

| | | | | | | |
|-----------------|--------------------|-------------------------|--------------------|-----------------|--------------------------|----------------------------|
| <i>7 octets</i> | <i>1 octet</i> | <i>6 octets</i> | <i>6 octets</i> | <i>2 octets</i> | <i>46 à 1500 octets</i> | <i>4 octets</i> |
| Préambule | Délim. Début Trame | Adresse MAC destination | Adresse MAC source | Long. / Type | LLC / Données / Bourrage | Séquence Contrôle de Trame |

En-tête de trame

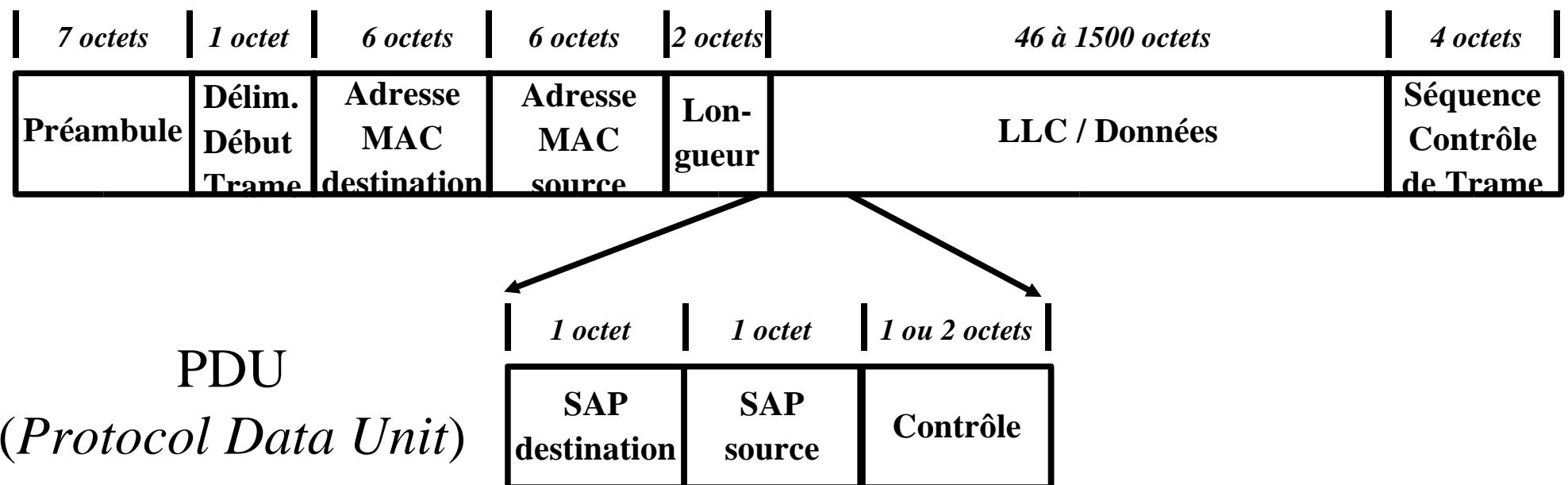
- Préambule: 8 octets ou 64 bits pour synchroniser
 - 101010100 ... 10101011
 - Pratiquement, DIX et 802.3 ne font pas de différence
 - Crée une fréquence de 5 MHz reconnue dans le PLS
- Adresses destination et source (6 octets chacune)
 - Adresses « physiques » ou adresses MAC
 - Attribuées par constructeurs de cartes d'interface Ethernet
 - 24 bits propres au constructeur (OUI, assigné par IEEE)
 - Adresses multicast, dont broadcast (**FF-FF-FF-FF-FF-FF**)
 - 2 premiers bits spéciaux: @ globale/locale et indiv/groupe

Type ou Longueur

- Champ Type d'Ethernet II (16 bits = 2 octets)
 - Indique le protocole de haut niveau transporté
 - 0x0800 trame IP, 0x0805 X.25, 0X0806 ARP...
- Champ Longueur/Type de IEEE 802.3 (16 bits)
 - Indique le nombre d'octets dans le champ de données
 - Éventuellement moins de 46 octets (caractères de bourrage)
 - Si ≤ 1518 , c'est la taille des données en octets
 - Si ≥ 1536 (0x600), c'est utilisé comme le type des données
- Les trames Ethernet et 802.3 sont « compatibles »

Données LLC et SAP

- SAP (Service Access Point)
 - Utilisés en cas de besoin de service de fiabilité, par ex
 - Remplace alors le champ type



PDU de LLC 802.2

- Un PDU (*Protocol Data Unit*) de LLC contient:
 - Un point d'accès (SAP) au service destination;
 - Un point d'accès au service source
 - Identifiants du protocole de + haut niveau auquel les données sont destinées (idem au champ Type d'Ethernet II)
 - Ce sont des sortes de « ports » ou boîtes aux lettres
 - Leur valeur est choisie par l'IEEE
 - Un champ de contrôle: « information » et « supervision » sur 2 octets ou « non numéroté » sur 1 octet
 - Variation: Ethernet SNAP (multi.prot), NetWare Ethernet (IPX/SPX)

Données

- Ethernet (DIX)
 - 46 octets ≤ données dans une trame ≤ 1500 octets
 - Cela incombe au logiciel de réseau
- IEEE 802.3
 - 0 octets ≤ données dans une trame ≤ 1500 octets
 - Nombre spécifié dans le champ longeur + pad éventuel
 - Si longueur utilisée, on peut décrire un type LLC
 - Il est fourni par le protocole de la couche LLC (802.2)
 - Permet de faire du démultiplexage (DSAP/SSAP)

Contrôle de trame

- FCS (Frame Contrôle Sequence)
 - 4 octets (32 bits) pour le Cyclic Redundancy Code
 - CRC calculé sur les champs dest, src, type/lgr et données
 - Calculé/inséré à l'émission et calculé/vérifié à la réception
- Détection de fin de trame
 - Après toutes ces valeurs, silence sur la trame
 - Possibilité de bits de « bavure » (bits additionnels post FCS)
 - Le récepteur tronque à l'octet complet le plus proche

Codes détecteurs / correcteurs

- Un code *détecteur* d'erreur, tel que le CRC utilisé pour Ethernet, permet d'assurer qu'une trame est reçue sans erreur de transmission
 - La probabilité d'une erreur bit non détectée dans le cas d'Ethernet est de 1 pour 4,3 milliards
- Un code *correcteur* d'erreur, tel que celui de Hamming, permet non seulement de détecter une erreur, mais de plus de savoir où elle s'est produite et de donner les moyens de la corriger.
- Petit rappel sur les codes?