



# LES RÉSEAUX : INTRODUCTION VOCABULAIRE, MODÈLE OSI,

## EXEMPLE : ETHERNET

Jean-Yves Tigli

# PLAN DE LA PREMIÈRE PARTIE DU MODULE

- Introduction, modèle OSI, Ethernet
- TCP/IP
- Client/serveur et API socket

# PLAN DE LA SECONDE PARTIE DU MODULE

- Web et serveur Web (Communications ex. HTTP et Contenu ex. HTML)
- Sockets et serveur HTTP
- Services Web

# INTRODUCTION

- A quoi servent les réseaux ?
  - partage de ressources,
    - programmes, équipements,
  - échange de données,
  - fiabilité (tolérance aux pannes),
  - systèmes distribués,

# INTRODUCTION : POURQUOI DES PROTOCOLES ET DES ARCHITECTURES DE RÉSEAUX ?



# INTRODUCTION

- Quelques ouvrages généraux
  - Andrew Tanenbaum - RESEAUX Architectures, protocoles, applications
    - basé sur le modèle OSI
  - Guy Pujolle - Les Réseaux
    - s'attaque aux technologies plus récentes,
    - bonne bibliographie
- Internet

# VOCABULAIRE

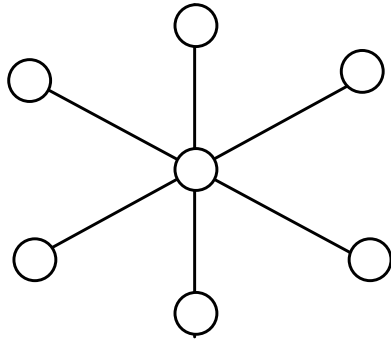
- Nœud
- DAN : Departemental Area Network
- SAN : System Area Network
- LAN : Local Area Network
  - de 10 mètres à quelques kilomètres
- MAN : Metropolitan Area Network
  - de 10 à 100 km
- WAN : Wide Area Network
  - de 100 km à la terre entière

# LA TOPOLOGIE

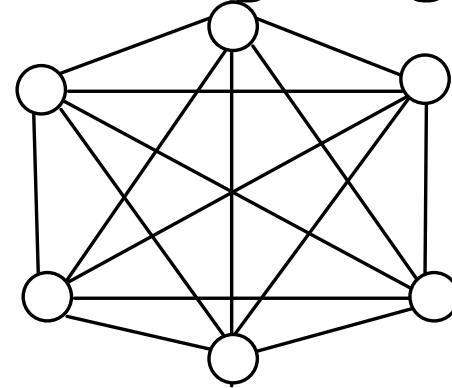
- Architecture physique du réseau,
- 2 grandes familles :
  - Canaux en mode point-à-point
    - exemple : téléphone filaire
  - Canaux de diffusion
    - exemples : radio, télévision, ...

# RÉSEAUX POINT-À-POINT

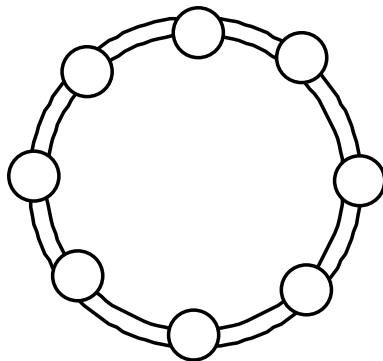
## Etoile



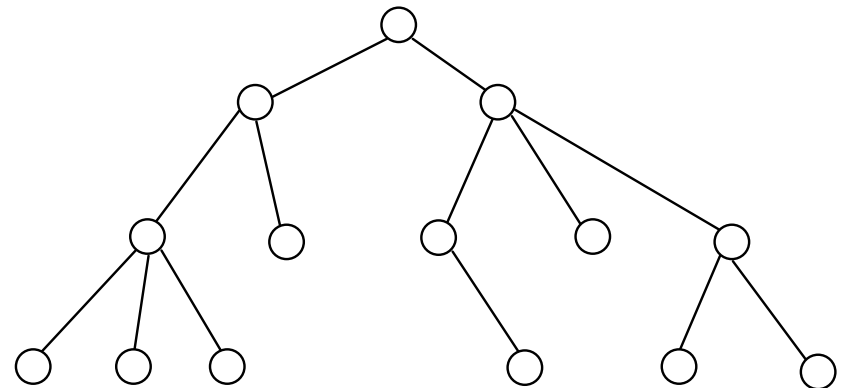
## Maillage régulier



## Anneau



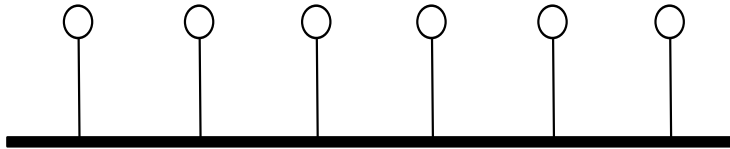
## Arbre



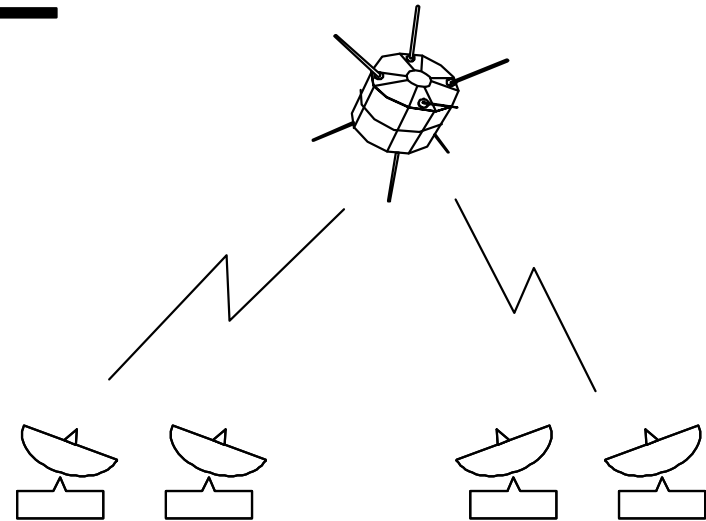


# RÉSEAUX À DIFFUSION

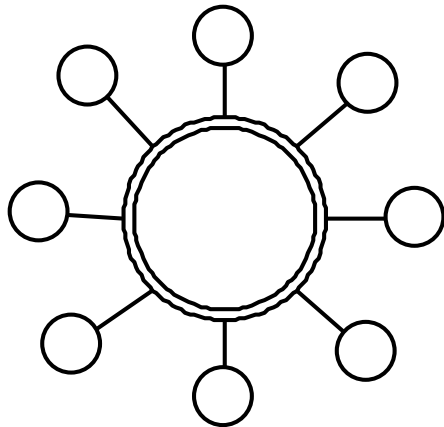
## Bus



## Satellite

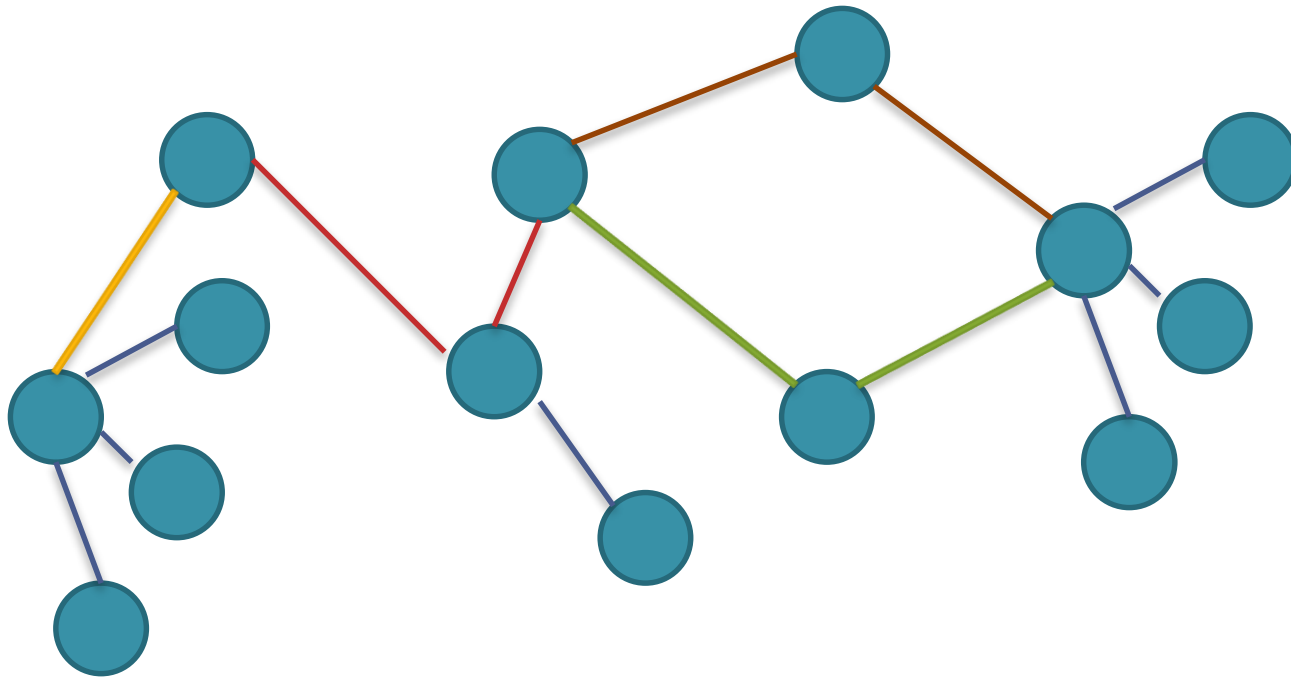


## Anneau



# RÉSEAUX A TOPOLOGIE IRRÉGULIERES

- Principal exemple : Internet



- Et en plus il est
  - Dynamique
  - Technologiquement hétérogène

# LES DÉBITS

- Unités :
  - le baud
  - bit par seconde
  - Kbit / s
  - Mbit/s ou Mb/s
  - Gb / s
  - Tb / s
- Attention !!!
  - 1 octet = 8 bits
  - 1 Ko = 1024 octets (210 octets)
  - 1 Ko =  $1024 * 8 = 8192$  bits  $\approx$  8 Kb

# LES DÉBITS

- Connexion parallèle (ordinateur/imprimante)
  - de l'ordre de 115 Kb/s
- Connexion série sur un PC
  - de 75 bit/s à 921 Kb/s
  - Connexion Internet par modem de 14,4 à 56 Kb/s
- Réseau local : 10 Mb/s à 100 Mb/s
- Epines dorsales de réseaux (backbone)
  - de 500 Mb/s à 1 Gb/s
- Réseaux spécialisés et/ou expérimentaux
  - jusqu'à 800Mo/s

# LA NORMALISATION

- Besoin de définir des protocoles normalisés ou standardisés afin que seule l'implémentation des protocoles change
- Standards de fait ou définis par des organismes privés
- Organismes les plus connus :
  - ISO : International Organisation for Standardisation
  - ITU (ex CCITT) : International Telecommunication Union
  - IEEE : Institute of Electrical and Electronic Engineers

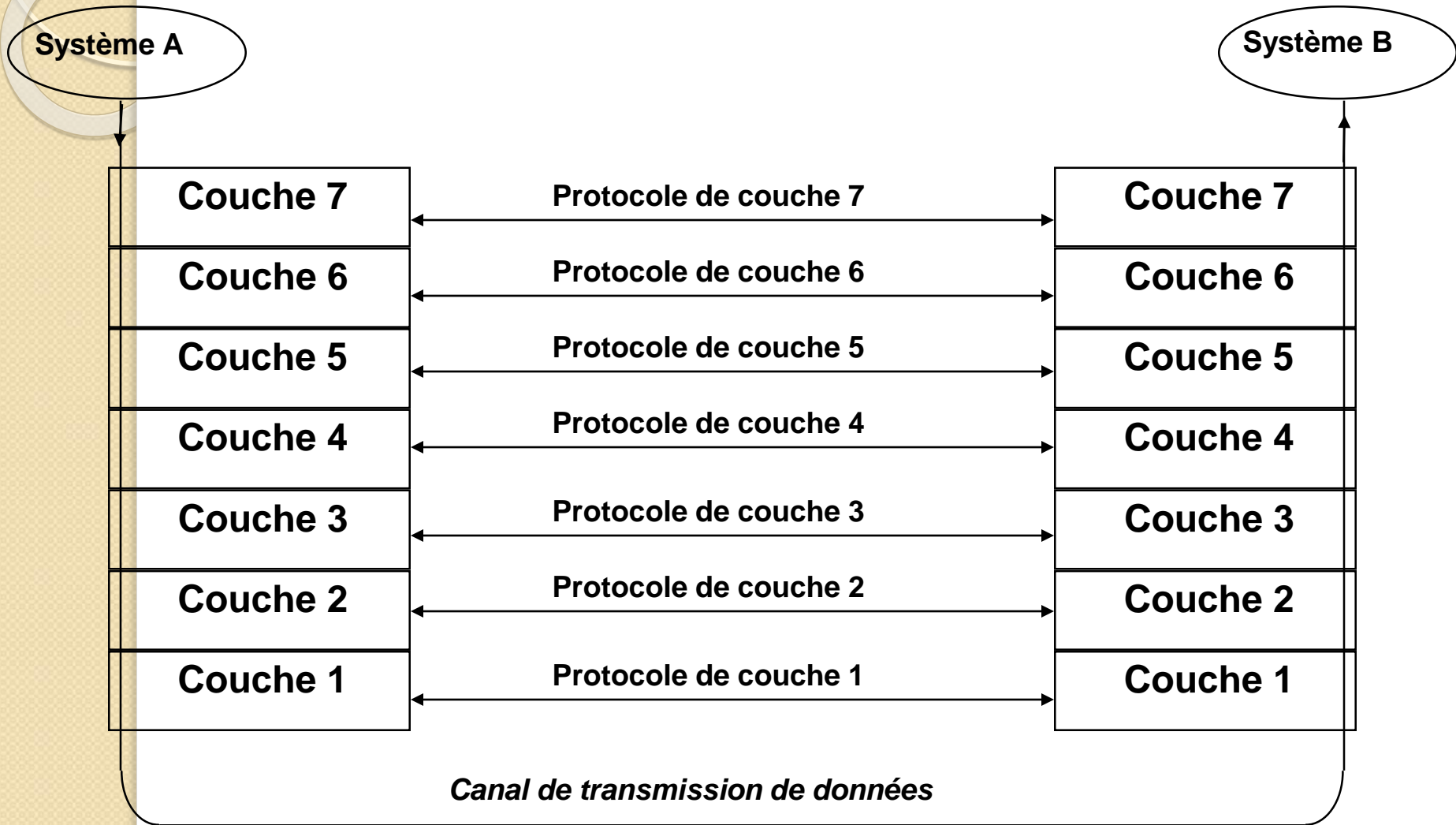
# LE MODÈLE OSI

- 1977 : ISO démarre une réflexion sur une architecture de réseau en couches,
- 1983 : définition du modèle OSI
  - Open : systèmes ouverts à la communication avec d'autres systèmes
  - Systems : ensemble des moyens informatiques (matériel et logiciel) contribuant au traitement et au transfert de l'information
  - Interconnection

# LE MODÈLE OSI

- modèle d'architecture de réseau
- propose une norme pour le nombre, le nom et la fonction de chaque couche,
- garantit que 2 systèmes hétérogènes pourront communiquer si :
  - même ensemble de fonctions de communication,
  - fonctions organisées dans le même ensemble de couches,
  - les couches paires partagent le même protocole.

# LE MODÈLE OSI

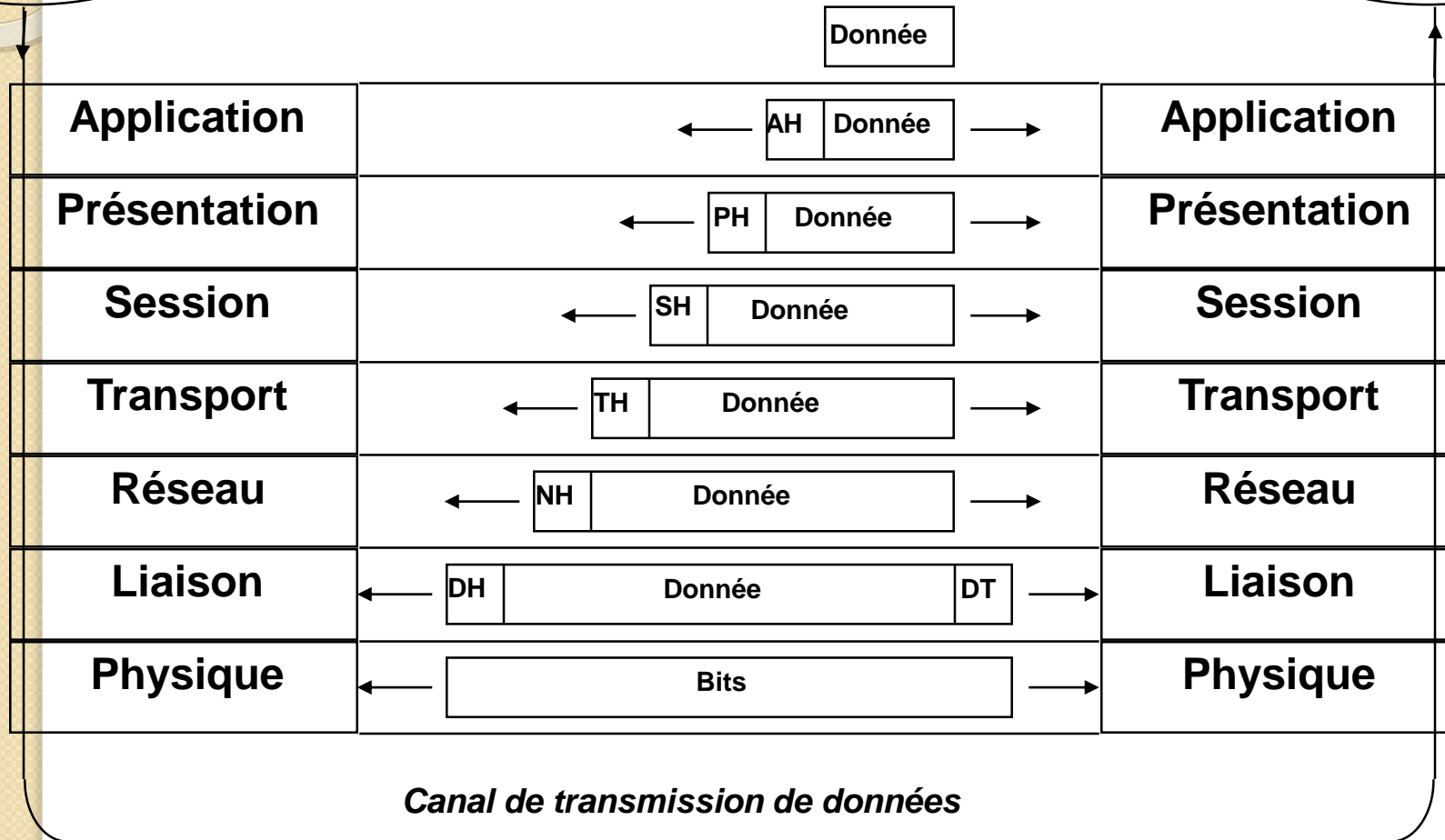




# LE MODÈLE OSI

Emetteur

Récepteur



# LA COUCHE PHYSIQUE

- Gère la transmission des bits de façon brute sur un lien physique
- Transmet un flot de bit sans en connaître la signification ou la structure
- Un bit envoyé à I par la source doit être reçu comme un bit à I par la destination
- Problèmes d'ordre :
  - mécanique,
  - électrique,
  - fonctionnel.

# LA COUCHE LIAISON DE DONNÉES

- But : transformer un moyen brut de transmission en une liaison de données qui paraît exempte d'erreur de transmission à la couche supérieure
- Achemine les données reçues de la couche supérieure en les organisant en blocs de transmission
- Fournit des moyens pour activer, maintenir et désactiver la liaison de données
- Gère les problèmes posés par les trames endommagées, perdues ou dupliquées (détection et contrôle d'erreur)
- 2 systèmes non directement connectés par une liaison point-à-point sont considérés comme connectés par plusieurs liaisons indépendantes (  $\Rightarrow$  les couches supérieures doivent gérer les erreurs de bout en bout)

# LA COUCHE RÉSEAU

- But :Acheminer les données du système source au système destination quelle que soit la topologie du réseau de communication entre les 2 systèmes terminaux,
- Plus basse couche concernée par la transmission de bout en bout,
- Réalise pour les couches supérieures le transfert de données quelque soit la topologie du réseau,
- Assure le routage (acheminement) des paquets via des routes,
- Gère les problèmes d'adressage dans l'interconnexion de réseaux hétérogènes,
- Complexité de la couche dépendante de la topologie du réseau.

# LA COUCHE TRANSPORT

- But : Offrir aux couches supérieures un canal de transport de données de bout en bout fiable et économique quelle que soit la nature du réseau sous-jacent
- canal fiable :
  - détection et contrôle d'erreur,
  - messages délivrés dans l'ordre d'émission,
  - contrôle de flux de bout en bout (ni perte, ni duplication)
- canal économique :
  - débit rapide : une communication transport sur plusieurs connexions réseau,
  - réseau coûteux : multiplexage de plusieurs connexions transport sur une seule connexion réseau,
- complexité fonction des services offerts par la couche 3.

# LA COUCHE SESSION

- But : Gérer le dialogue entre 2 applications distantes
- Fiabilité assurée par les couches inférieures,
- Gestion du dialogue :
  - dialogue unidirectionnel ou bidirectionnel,
  - gestion du tour de parole,
  - synchronisation entre les 2 applications (section critique, rendez-vous),
- Mécanisme de points de reprise en cas d'interruption dans le transfert d'informations.

# LA COUCHE PRÉSENTATION

- But :Affranchir les applications de la couche supérieure des contraintes syntaxiques
- Gère les problèmes de différences de représentation des données,
- Effectue la compression des données si elle est nécessaire pour le réseau,
- S'occupe du chiffrement des données et de l'authentification.

# LA COUCHE APPLICATION

- But : Fournir des applications réseaux normalisées.
- Fournir des protocoles normalisés d'applications réseaux « communes » :
  - terminal virtuel,
  - transfert de fichiers,
  - messagerie électronique,
  - gestion et administration de réseaux,
  - consultation de serveurs et de bases de données.



# LE STANDARD ÉTHERNET

- 1970 : version expérimentale Xerox à 3Mb/s sur câble coaxial de 75  $\Omega$  jusqu'à 1 km,
- 1980 : Ethernet version 1.0 standard de Xerox, Intel et Digital Equipment (DIX)
- 1982 : Ethernet version 2.0 (DIX), câble coaxial de 50  $\Omega$  d'impédance caractéristique et fibre optique en point-à-point
- 1985 : standard IEEE 802.3 (10BASE5 = câble coaxial) puis suppléments 802.3 a, b, ...
- 1989 : norme ISO 8802-3

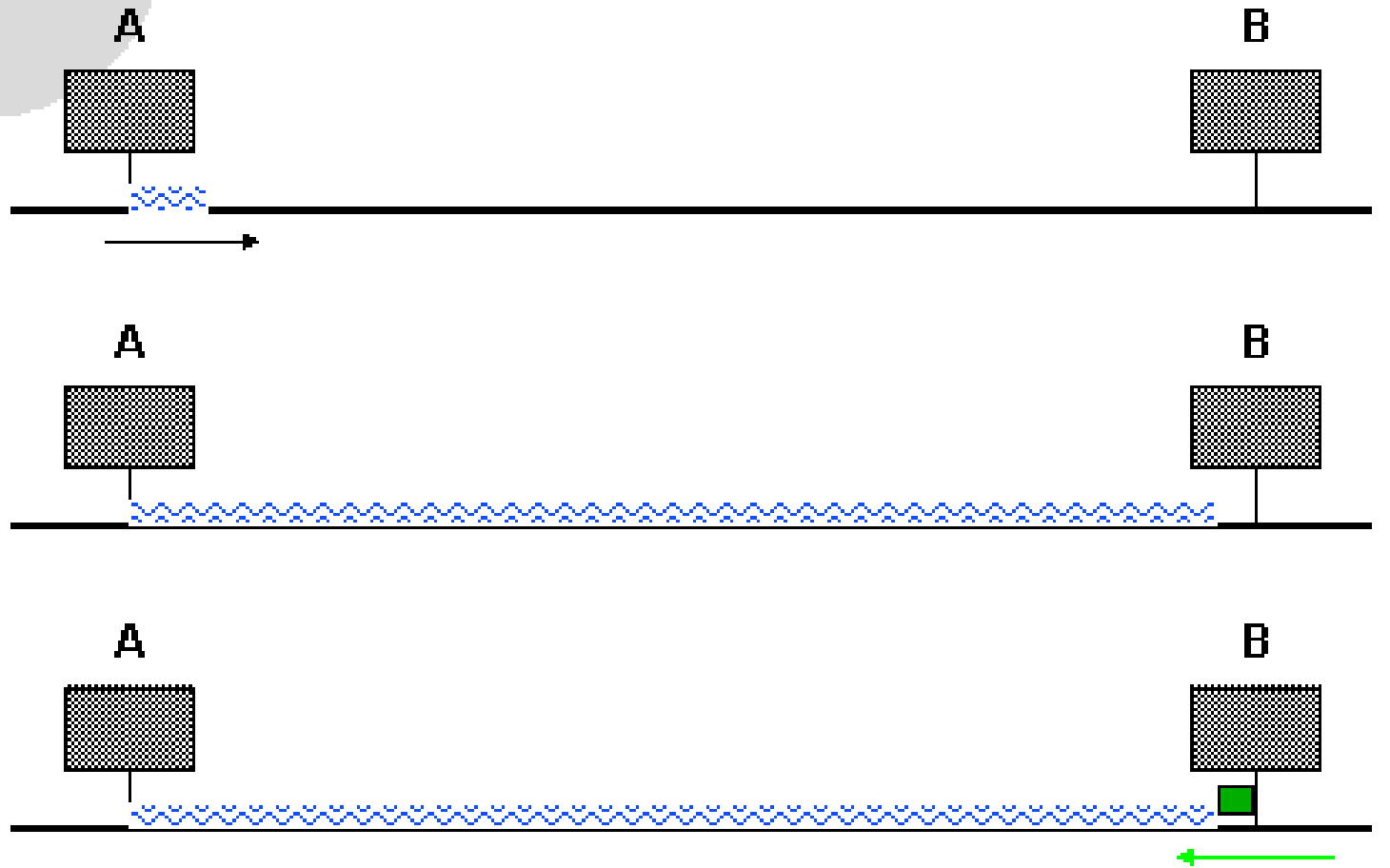
# PRINCIPES D'ETHERNET

- Support de transmission
  - brin = segment = bus = câble coaxial
  - pas de boucle
  - pas de sens de circulation
- Chaque carte Ethernet possède une adresse unique au niveau mondial (adresse MAC)
- Pas de multiplexage en fréquence  $\Rightarrow$  une seule trame à un instant donné
- Réception par tous les transceivers du réseau d'une trame émise par une station

# PRINCIPE DU CSMA/CD

- Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection
- Si rien à transmettre, alors station silencieuse
- Si besoin d'émettre
  - écoute pendant 9,6  $\mu$ s minimum (IFG)
  - si quelqu'un émet on recommence à écouter
  - sinon envoi de la trame mais écoute pendant 51,2  $\mu$ s (slot time)
    - si trafic reçu pendant slot time alors collision !!!
    - si collision alors émission d'un jam (renforcement de collision) pour que tout le monde détecte la collision pendant au moins 32 bit times
    - attente d'un délai aléatoire (algorithme de backoff) avant réémission

# Collision : exemple



# FORMAT DES TRAMES ETHERNET (1/3)

- Préambule de 56 bits pour la synchronisation des horloges + SFD
- Adresses attribuées par l'IEEE (notation hexadécimale)
  - 08:00:20:xx:xx:xx pour Sun
  - 00:00:0C:xx:xx:xx pour Cisco
  - 00:A0:24:xx:xx:xx pour 3Com
  - diffusion (broadcast) : FF:FF:FF:FF:FF:FF
  - diffusion de groupe Internet (multicast) : 01:00:5E:xx:xx:xx

## Type de trame / Longueur des données

<b>adresse destination</b> 6 octets	<b>adresse source</b> 6 octets	 2o.	<b>Données</b> <b>Données utiles [+ bourrage]</b> 46 octets ≤ taille ≤ 1500 octets	<b>FCS</b> 4 octets
--	-----------------------------------	--	--	------------------------

# FORMAT DES TRAMES ETHERNET (2/3)

- Champ type identifie le protocole utilisé dans la trame
  - administré globalement par Xerox (valeur supérieure à 1500)
  - liste dans le fichier `/usr/include/netinet/if_ether.h`
  - 0x0800 : IP
  - 0x0806 : ARP
- Longueur des données si pas de type
  - taille inutile car déduite de SFD à fin de porteuse
  - taille fixe des champs autres que données

## Type de trame / Longueur des données

<b>adresse destination</b> 6 octets	<b>adresse source</b> 6 octets	 2o.	<b>Données</b> <b>Données utiles [+ bourrage]</b> 46 octets ≤ taille ≤ 1500 octets	<b>FCS</b> 4 octets
--	-----------------------------------	--	--	------------------------

# FORMAT DES TRAMES ETHERNET (3/3)

- Données utiles
  - de 1 à 1500 octets
  - MTU maximum de 1500 octets
  - si moins de 46 octets alors bourrage (padding) pour faire au moins 46 octets
- FCS (Frame Control Sequence)
  - Code détecteur d'erreur
  - CRC calculé sur la totalité de la trame

Type de trame / Longueur des données

<b>adresse destination</b> 6 octets	<b>adresse source</b> 6 octets	 2o.	<b>Données</b> <b>Données utiles [+ bourrage]</b> 46 octets ≤ taille ≤ 1500 octets	<b>FCS</b> 4 octets
--	-----------------------------------	--	--	------------------------

# ETHERNET 10 MBIT

- 10BASE5 câble coaxial
  - 10 comme 10 Mb/s
  - BASE comme Baseband (bande de base)
  - 5 comme 500 mètres
- Appellations :Thick Ethernet, Ethernet standard, câble jaune, gros câble, ...
- Longueur maxi : 500 mètres
- Nombre maxi de stations : 100
- Distance entre stations : multiple de 2,5 mètre (marques sur le câble)
- Topologie en bus avec transceiver vampire.



# ETHERNET 10 MBIT

- 10BASE2 câble coaxial fin
  - 2 comme 200 mètres
- Appellations : Thin Ethernet, Ethernet fin, Thinnet, Cheapernet, ...
- Longueur maxi : 185 mètres
- Nombre maxi de stations : 30
- Distance entre stations : minimum 0,5 mètre
- Topologie en bus avec stations en série,
- Transceiver en T (possibilité de raccordement BNC).

# ETHERNET 10 MBIT

- 10BASET normalisé en 93/94
  - T comme Twisted Pair (paire torsadée)
- Médium : double paire torsadée non-blindée
  - fils 1 et 2 pour l'émission
  - fils 3 et 6 pour la réception
  - prise RJ45 en bout des fils
- Longueur maxi : 100 mètres
- Topologie en étoile
  - liaisons point-à-point,
  - une station en bout de branche,
- Nécessite une étoile : répéteur (hub) ou commutateur (switch)

# LES CÂBLES

- Le blindage :
  - UTP : Unshielded Twisted Pair
  - STP : Shielded Twisted Pair
- Les classes d 'application :
  - classe A : applications basses fréquences (voix) jusqu'à 100 kHz
  - classe B : applications moyen débit jusqu'à 1 MHz
  - classe C : haut débit (Ethernet, Token Ring) jusqu'à 16 MHz
  - classe D : très haut débit (FastEthernet, ATM, ...) jusqu'à 100 MHz
- Catégorie de câblage :
  - catégorie 3 : 2 km (A), 500 m (B), 100 m (C), impossible en classe D
  - catégorie 4 : 3 km (A), 600 m (B), 150 m (C), déconseillé (D)
  - catégorie 5 : 3 km (A), 700 m (B), 160 m (C), 100 m (D)

# ETHERNET 10 MBIT

- 10BASEF
  - F comme Fiber Optic (fibre optique)
- Fibre optique monomode ou multimode
  - monomode : 1 seul signal lumineux, diodes laser, la plus rapide, très cher
  - multimode : plusieurs signaux, led, moins rapide mais moins cher
- Fibre optique plutôt utilisée pour les backbones que pour les stations de travail,
- Coûteux et difficile à mettre en œuvre,
- Longueur maxi de 500 m à 2 km selon la fibre

# TOPOLOGIE ETHERNET

- Répéteur ou Hub
  - répète systématiquement les signaux électriques sur tous les ports
  - peut détecter les collisions
- Pont ou Bridge
  - permet d'interconnecter 2 réseaux Ethernet
  - pas ou peu d'intelligence, transmet systématiquement les trames
- Commutateur ou Switch
  - fait du routage au niveau de la couche 2,
  - apprend les adresses MAC au fur et à mesure que les trames passent,
  - envoi uniquement sur le bon port s'il connaît l'adresse sinon sur tous les ports,
  - fonctionne comme un bridge multi-port,
  - possibilité de mettre un réseau Ethernet sur chaque port.

# TOPOLOGIE ETHERNET 10 MBIT

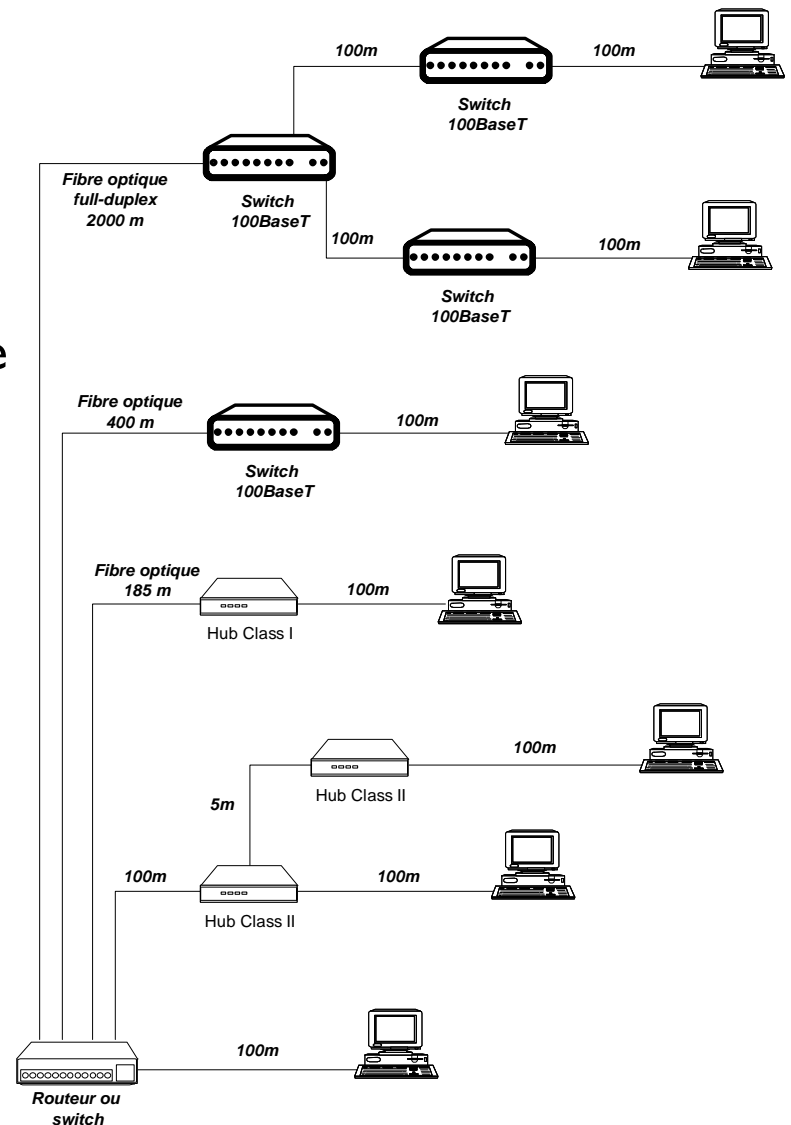
- Plusieurs segments reliés entre eux par des répéteurs
- 2 types de segments :
  - Câble coaxial (câble jaune, gros Ethernet)
  - Segment de liaison (liaison point-à-point)
- Stations seulement sur les segments coaxiaux
- Chemin le plus long possible entre 2 stations :
  - 3 segments de coaxial
  - 2 segments de liaison (IRL)
  - 4 répéteurs
  - maxi 2,5 km si tout en coaxial

# ETHERNET 100 MBIT

- **100BaseT4** : 4 paires torsadées non blindées (UTP)
  - catégorie 3, 4, ou 5,
  - 3 paires à 33 Mbps et 1 paire pour la détection d'erreur,
- **100BaseTX** : 2 paires torsadées blindées ou non (STP ou UTP)
  - catégorie 5 uniquement,
  - 1 paire émission et 1 paire réception/détection de collisions
  - le plus utilisé mais limité à 100 mètres,
  - le meilleur rapport qualité/prix du moment pour des LAN,
- **100BaseFX** : 2 brins de fibre multimode 62,5/125 microns
  - seule solution pour dépasser les 100 mètres,
  - pas de normalisation en monomode.

# TOPOLOGIE ETHERNET 100 MBIT

- Maximum 1 hub de Classe I
- ou 2 hubs de Classe II
- Maxi 100 m sur cuivre
- Maxi 2000 m sur fibre optique





# GIGABIT ETHERNET

- Slot size étendue de 64 à 512 octets,
- Padding jusque 512 octets.
- 1000BaseX : fibre optique
  - 1000BaseSX : 300 (62,5 microns) à 550 m (50 microns) sur fibre optique multimode (850 nm)
  - 1000BaseLX : 3 km sur fibre optique monomode (9 microns, 1300 nm)
  - 1000BaseCX : 25 mètres sur « twinax » (STP)
- 1000BaseT : 4 paires torsadées non blindées (UTP)
  - catégorie 5 uniquement,
  - limité à 100 mètres,
  - taille du réseau limitée à 200 mètres de diamètre,
  - produits encore rares et très chers.

# AUTRES TECHNOLOGIES

- FDDI (Fiber Distributed Data Interface)
  - Anneau sur fibre optique à 100 Mbps.
- ATM (Asynchronous Transfer Mode)
  - transfert de cellules de 53 octets (5 entête + 48 données),
  - 25 Mbps, 155 Mbps, 622 Mbps, 1,2 Gbps, 2,4 Gbps et +,
- Myrinet
  - réseau entièrement commuté utilisé dans les grappes de machines,
  - débit supérieur de 1 à 2 Gb/s
- SCI (Scalable Coherent Interface)
  - réseau à capacité d'adressage utilisé dans les grappes,
  - jusqu'à 800 Mo/s (6,4 Gbps)