

C1 Introduction : Réseaux Locaux

M1 – ARCHITECTURE DES RESEAUX

Sondes Kallel Khemiri
PRISM/HPC-NETS
sondes.kallel@prism.uvsq.fr

1

Organisation

- 9 heures de cours (6 cours)
 - 6 séances de 1h30 heures
 - 1,5 heures : Introduction : Réseaux Locaux (CSMA/CD) C1
 - 1,5 heures : Réseaux Locaux Méthodes d'accès C2
 - 1,5 heures : Les VLANs C3
 - 1,5 heures : VTP/STP C4
 - 1,5 heures : Interconnexion des LANs C5
 - 1,5 heures : Interconnexion des LANs C6
- 18 heures de travaux dirigés
 - 6 séances de TDs/TPs de 3 heures
 - Salles réseaux : découverte et configuration de matériels cisco
 - Séance 1 et 2 : 2 TDS sur les LAN et les méthodes d'accès
 - Séance 3 TP VLAN sur Packet Tracer
 - Séance 4 TP VTP/STP sur Packet Tracer
 - Séance 5 TP Configuration de base d'un périphérique Cisco
 - Séance 6 TP Configuration de base d'un périphérique Cisco
- 1 CC

2

Objectifs pédagogiques

- Acquérir une culture générale sur l' architecture des réseaux et une bonne connaissance des réseaux LAN
 - Architectures et topologies des réseaux
 - Les réseaux locaux LAN: techniques d'accès CSMA/CD, Token ring, Ethernet, VLAN
 - Interconnexion des réseaux Locaux
- Consolidation avec des travaux pratiques
 - Packet tracer : un simulateur de matériel réseau Cisco (routeurs, commutateurs)
 - Cartable numérique
 - Salles réseaux : découverte et configuration de matériels Cisco
 - <http://e-campus2.uvsq.fr> : vérifier votre accès (login + mdp)

3

Références

- Analyse structurée des réseaux, 2^{ème} édition, James Kurose et Keith Ross, Traduction par Stéphane Pauquet, Pearson Education France 2003
- Andrew Tanenbaum, «Réseaux » Dunod 2002
- Guy Pujolle, « *Les Réseaux* », Eyrolles, ed. 2005
- Khaldoun Alagha & Guy Pujolle & Guillaume Vivier, « *Réseaux sans fil et mobiles* », octobre 2001
- Claude Servin, « *Réseaux et télécoms* », Dunod 2003
- L. Toutain « *Réseaux Locaux et Internet* »
- Le web
- ...

4

Partie 1 – C1 Introduction : Réseaux Locaux

Sondes Kallel Khemiri
PRISM/ASR
Sondes.Kallel@prism.fr

5

Plan

- Généralités
 - Classification
 - Topologie
 - Le modèle de référence
 - Mise en relation
- Les réseaux locaux
 - Définition
 - Techniques d'accès
 - Les normes 802
 - 802.2
 - 802.3 / Ethernet

6

Généralités

- Classification
- Topologie
- Le modèle de référence
- Mise en relation

7

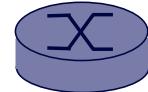
Bibliographie

- TCP/IP architecture protocoles applications,
Douglas Cormer
- Computer Networking A top-Down Approach
Featuring the Internet, James Kurose et Keith
Ross, second Edition
- Réseaux et Télécoms, Claude Servin. Dunod

8

Définition

Déf. Un réseau est un ensemble de matériels et de logiciels dispersés destinés à assurer le transport de données.



Matériels: A blue arrow pointing to the right, indicating the category of hardware.



routeur/switch



Logiciels: Protocoles

- la délimitation des blocs de données échangés
- le contrôle et organisation de l'échange

9

Introduction : Généralités

□ Définitions

- Réseau d'ordinateurs : *Ensemble de terminaux et d'ordinateurs interconnectés par des télécommunications généralement permanentes*
- Transmission : *Action de transmettre quelque chose à quelqu'un.*
- Protocole : *Ensemble de règles définissant le mode de communication entre deux entités.*

10

Introduction : Généralités

□ Objectifs des réseaux

- Partage des ressources : *Rendre accessible à chacun les données, les programmes et équipements indépendamment de leur situation physique par rapport à l'utilisateur.*
- Augmenter la fiabilité: *Permettre des copies d'un même fichier sur plusieurs machines augmente la fiabilité face aux pannes d'une machine.*
- Réduction des coûts : *Plusieurs petits ordinateurs reviennent moins cher que de gros serveurs à performance égale.*
- Médium de communications : *Des personnes éloignées géographiquement peuvent travailler ensemble plus facilement.*
- Travail coopératif

11

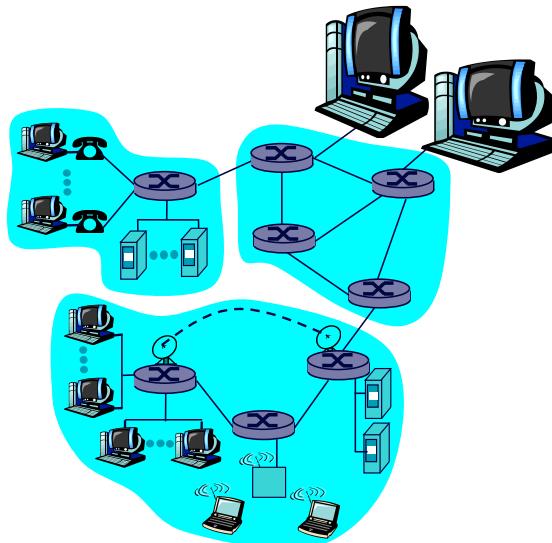
Structure des réseaux

□ Terminologie

- Système-terminal, hôte ou noeud du réseau
Tout simplement l'ordinateur...
- Sous-réseau
Les hôtes sont connectés par le sous-réseau. Son rôle est le transport des messages d'un hôte à l'autre. Il comporte généralement les lignes de transmission et les éléments de commutation (hub, switch, routeurs).

12

Définition



13

Structure des réseaux

□ Deux types de réseaux

■ Réseau point à point

- Grand nombre de connexions entre machines.
- Les messages peuvent passer par plusieurs machines avant d'atteindre leur destination.
- Différentes structures :



Boucle



Etoile



Réseau complet

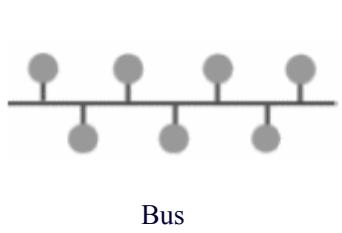


Arbre / structure hiérarchique

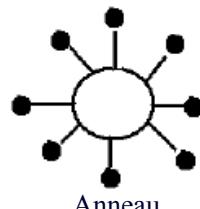
14

Structure des réseaux

- Deux types de sous-réseaux
 - Réseau à diffusion (broadcast) ou à accès multiple
 - Un seul canal de communication
 - Tout le monde entend le message de tout le monde
 - Un message est envoyé avec une adresse de destination : seul le destinataire répond.
 - Différentes structures :



Bus



Anneau

15

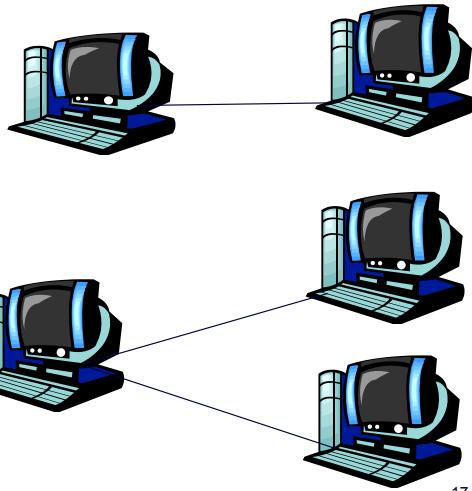
Classifications des réseaux

- Critères de classification
 - Topologie
 - Étoile, anneau, bus
 - Taille
 - WAN, LAN, MAN, PAN, ...
 - Technique de transfert
 - À circuit ou à paquet
 - À commutation ou à routage

16

Topologies

- **Logique**: le mode d'échange des messages dans le réseau, elle est réalisée par un protocole d'accès
 - Ethernet
 - Token ring
- **Physique**: le mode de raccordement des machines
 - Bus, étoiles etc
- Deux types de liaisons:
point-à-point ou multipoints

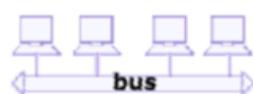


17

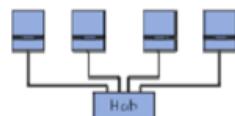
Topologies (physique)

- Topologies de base

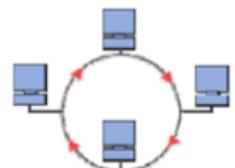
- Bus



- Etoile

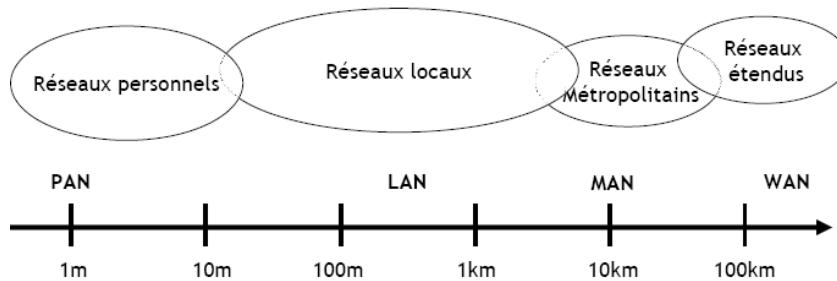


- Anneau



18

Classification par taille



19

Classification par taille

□ PAN – Personal Area Network

- Interconnectent sur quelques mètres des équipements personnels tels que les téléphones portables, PALM, PDA*, oreillettes, domotique, auto-radio, etc...
- Couverture: de 10m à 100m
- Débit: quelques Mbits/s

□ Technologies :

- USB
- bluetooth
- infra-rouge
- ...

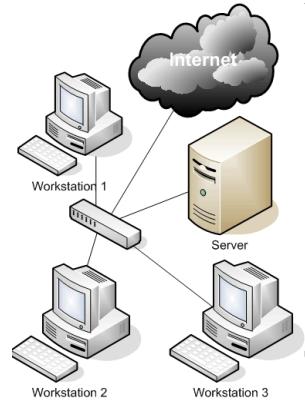


*Personal Digital Assistant

20

Classification par taille

- LAN – Local Area Network
 - Correspondent aux réseaux d'entreprises, réseaux de campus ou équivalents.
 - Tailles restreintes
 - Débits de 10Mbps à 10Gbps
 - Couverture: de 100m à 1000m
 - Topologies les plus utilisées : bus, anneau, étoile
- Technologies :
 - Ethernet
 - Token ring
 - WiFi
 - HipperLan ...



21

Classification par taille

- MAN – Metropolitan Area Network
 - Couverture: la taille d'une ville
 - Débit: quelques dizaines de Mbits/s
 - Interconnexion des entreprises, campus, et éventuellement de particuliers.
 - Haut débit, très important dans le coeur de réseau, redistribué en de moindres mesures aux extrémités.
 - Gérés généralement par une entreprise.
- Technologies :
 - ATM
 - FDDI
 - WiMAX
 - ...

22

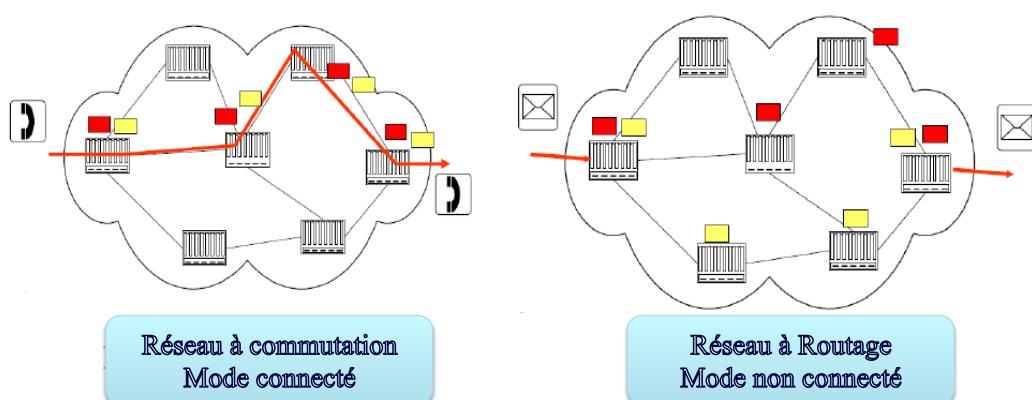
Classification par taille

- WAN – Wide Area Network
 - Réseau longue distance (de l'ordre du pays)
Couverture: Mondiale
 - Peuvent être des réseaux terrestres (essentiellement de la fibre optique), ou hertziens (comme les réseaux satellitaires).
 - Débit: quelques Mbits/s
- Technologies :
 - ATM
 - X25
 - Frame Relay
 - MPLS
 - Satellite
 - RNIS, IP, GSM
 - ...

23

Classification par la technique de transfert

- Besoin d'un mode de mise en relation entre les éléments du réseau : deux modes



24

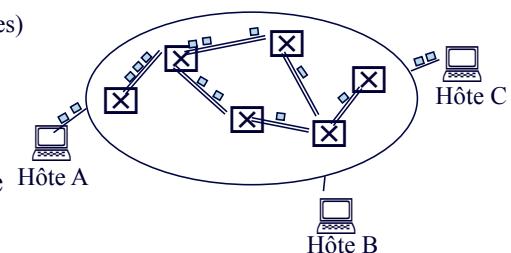
Modes de mise en relation

- Deux modes de fonctionnement pour transiter les informations
 - Connecté
 - Non connecté
- Dépend :
 - Du service demandé
 - Du protocole utilisé

25

Modes de mise en relation : Mode non connecté (Datagramme)

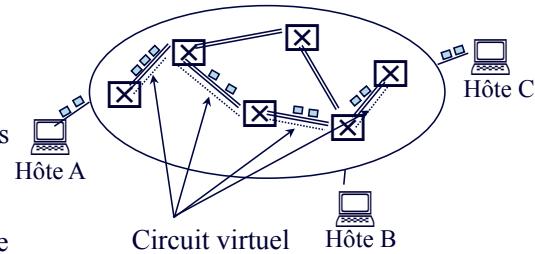
- Mode non connecté
 - Par analogie avec un envoi de courrier
 - Une seule phase (Transfert des données)
 - Simple
 - Plusieurs chemins possibles
 - ☺ Plus léger, parfois plus rapide
 - ☺ Service non fiable Aucune garantie
- Utilisé pour la messagerie électronique (le destinataire n'a pas besoin d'être là), la consultation de bases de données...



26

Modes de mise en relation : Mode connecté

- Mode connecté (Circuit virtuel,CV/
circuit physique)
 - Par analogie avec un appel
téléphonique (3 temps)
 1. Etablissement d'une connexion
 2. Transfert des données
 3. Libération de la connexion
 - ☺ Service fiable: Chemin dédié Circuits
commutés (SVC) ou Circuits
permanent(PVC)
 - ⊗ Complexe, Une connexion alourdit le
transfert Difficile pour des
applications multipoints (autant de
connexions que de paires d'hôtes)
- Utilisé pour le transfert de voix ou de
fichiers



27

Normes et Instituts de normalisation

- Document de référence sur un sujet donné.
- Il indique l'état de la science, de la technologie et des savoir-faire au moment de la rédaction.
- Pour être considéré comme une norme, le document doit remplir deux conditions :
 - *les moyens et méthodes décrits doivent être reproductibles en utilisant et respectant les conditions qui sont indiquées,*
 - *avoir reçu la reconnaissance de tous.*
- Mondes des télécommunications
 - UIT-T = Union Internationale des Télécommunications (ou ITU-T)
 - *Organisation régionale (ETSI)*
 - *Opérateurs privés*
- Monde des normes internationales
 - ISO = International Standardization Organization
- VOIR LE RAPPEL (modèle des 7 couches OSI)

28

Standard et Institut de standardisation

- Référentiel publié par une autre entité.
- On ne parle de standard qu'à partir du moment où le référentiel a une diffusion large.
- Exemples en informatique : les formats pdf ou Microsoft.
- IEEE (Institute of Electrical and Electronic Engineer)
 - Domaine électrique et informatique
- Monde des standards de l'Internet
 - IETF (Internet Engineering Task Force)
 - *Forum où on définit les standards de l'Internet*
 - *Groupes de travail*

29

Les réseaux locaux

- Définition
- Techniques d'accès
- Les normes 802
 - 802.2
 - 802.3 / Ethernet

30

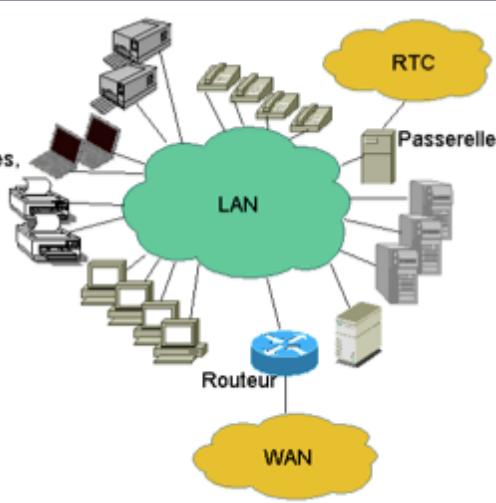
Qu'est-ce qu'un réseau local

- Un réseau local (ou en anglais *LAN*, **local area network**), est un réseau permettant d'interconnecter les ordinateurs d'une entreprise ou d'une organisation. Grâce à ce concept, on a un système permettant :
 - D'échanger des informations
 - De communiquer
 - D'avoir accès à des services divers
- Un réseau local relie généralement des ordinateurs (ou des ressources telles que des imprimantes) à l'aide de **supports de transmission filaires**
 - Paires torasadées
 - Ou câbles coaxiaux la plupart du temps sur une circonference d'une centaine de mètres
- Exemple de types de technologies utilisées dans les LANs :
 - Token ring
 - IEEE 802 LANs, Ethernet et Fast-Ethernet
 - FDDI (anneau en fibre optique), ATM, 802.11(a,b,g,...)

31

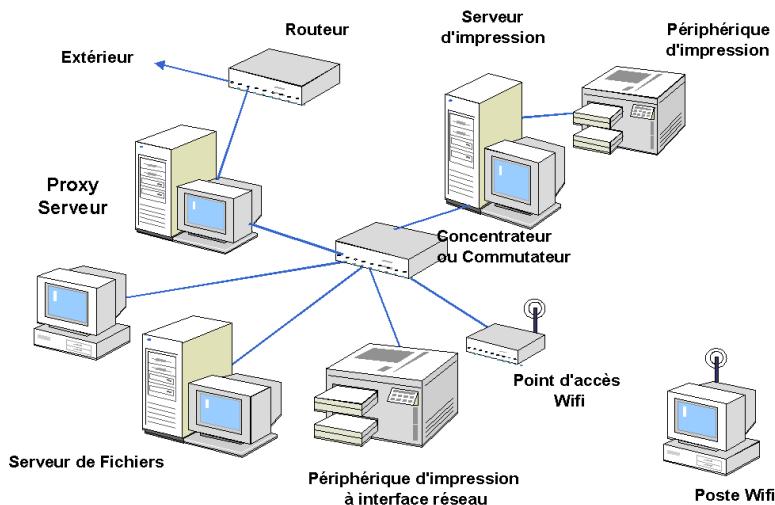
Objectifs des LANs

- **Interconnecter**
 - à bon marché
 - à haut débit
 - tout le monde
 - Clients, serveurs, imprimantes, téléphones, passerelles, ...
- **Partager**
 - Imprimantes
 - Disques
 - Fichiers
 - Passerelles
 - les traitements
- **Répartir les systèmes et les traitements**



32

Exemple de réseau local



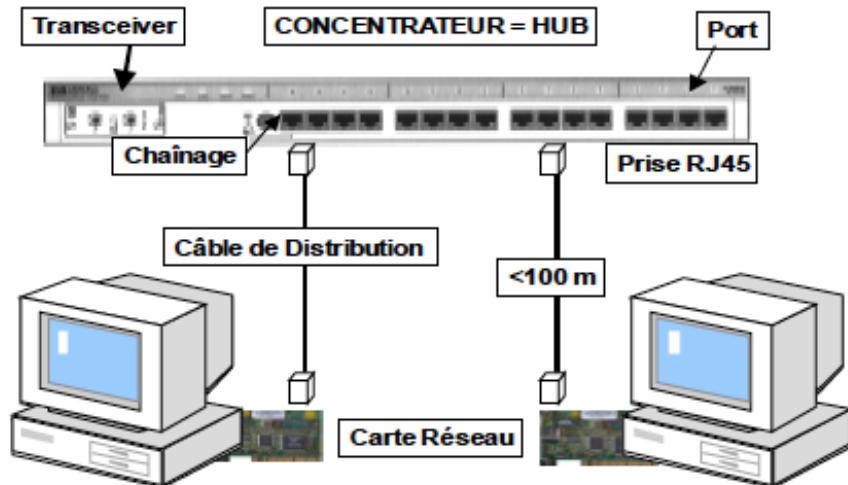
33

Les constituants matériels d'un réseau local

- Un réseau local est constitué d'ordinateurs reliés par un ensemble d'éléments matériels et logiciels. Les éléments matériels permettant d'interconnecter les ordinateurs sont les suivants :
 - **La carte réseau** (parfois appelé *coupleur*): il s'agit d'une carte connectée
 - **Le transceiver** (appelé aussi *adaptateur*): il permet d'assurer la transformation des signaux
 - **La prise**: il s'agit de l'élément permettant de réaliser la jonction mécanique
 - **Le support physique d'interconnexion**: c'est le support généralement filaire
 - Le cable coaxial
 - La paire torsadée
 - La fibre optique

34

Les constituants matériels d'un réseau local



35

Les constituants matériels d'un réseau local



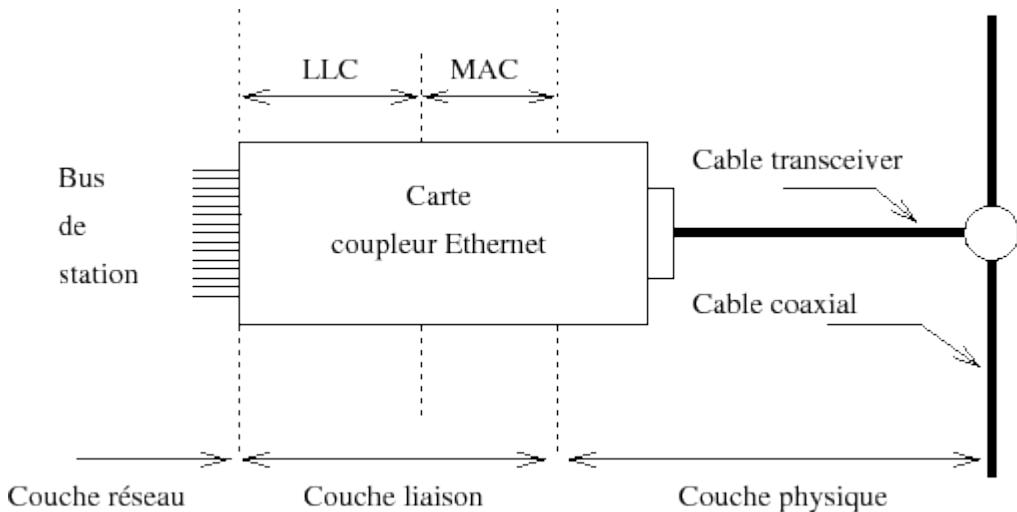
Prise et câble



Carte réseau
Ou Coupleur Ethernet

36

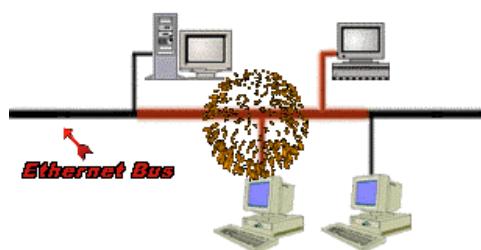
Les constituants matériels d'un réseau local



37

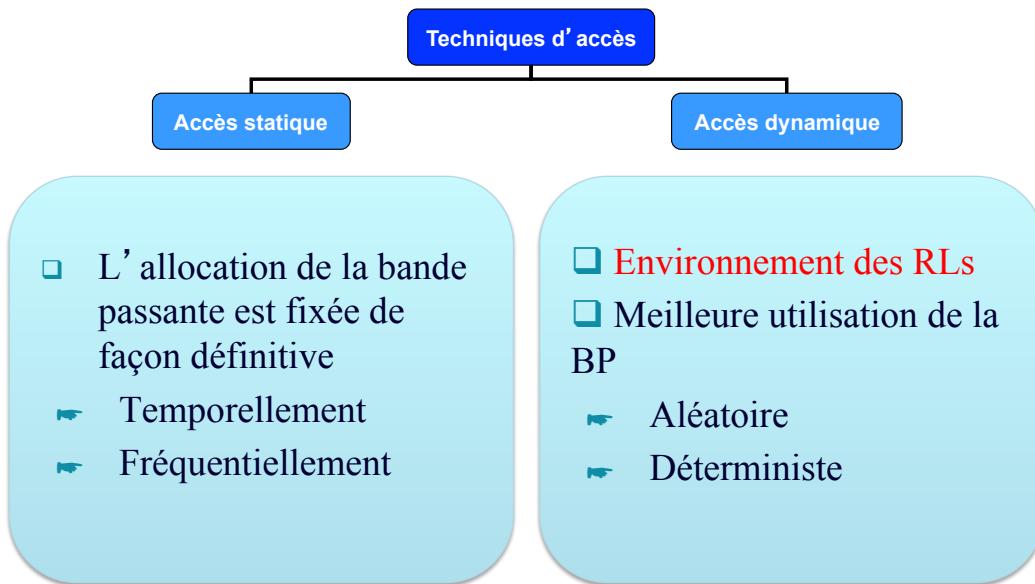
Méthodes de partage du support

- Support de communication = ressource inhérente à un système de communication
- Mécanismes utilisés pour contrôler l' accès à la transmission sur le support physique
 - ↳ Régler les conflits parmi les entités qui souhaitent obtenir son «tour de parole» pour parler sur le support de communication



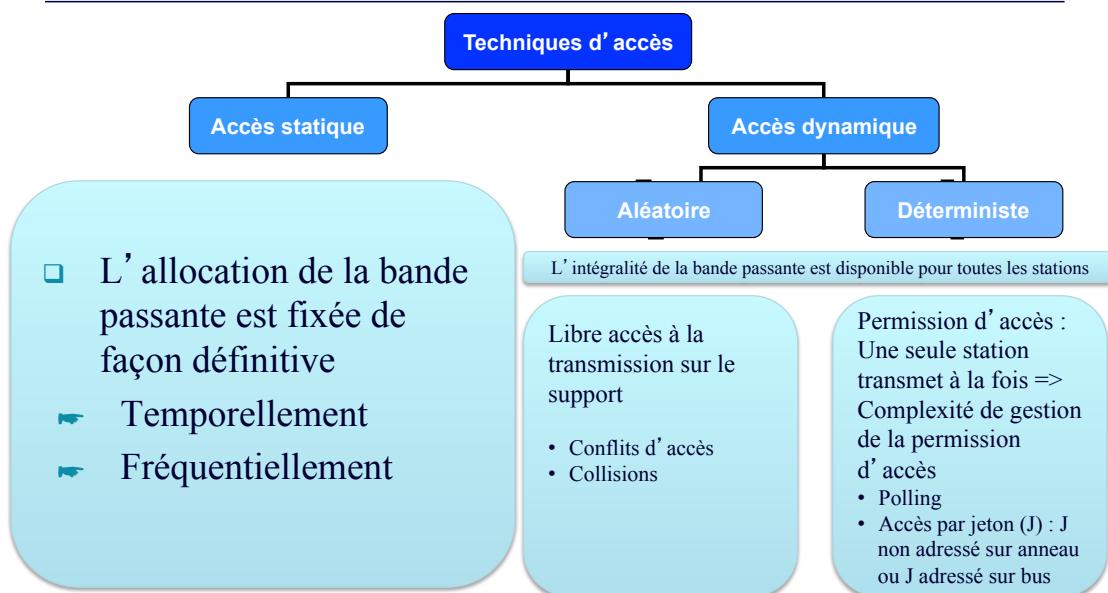
38

Principales techniques d' accès



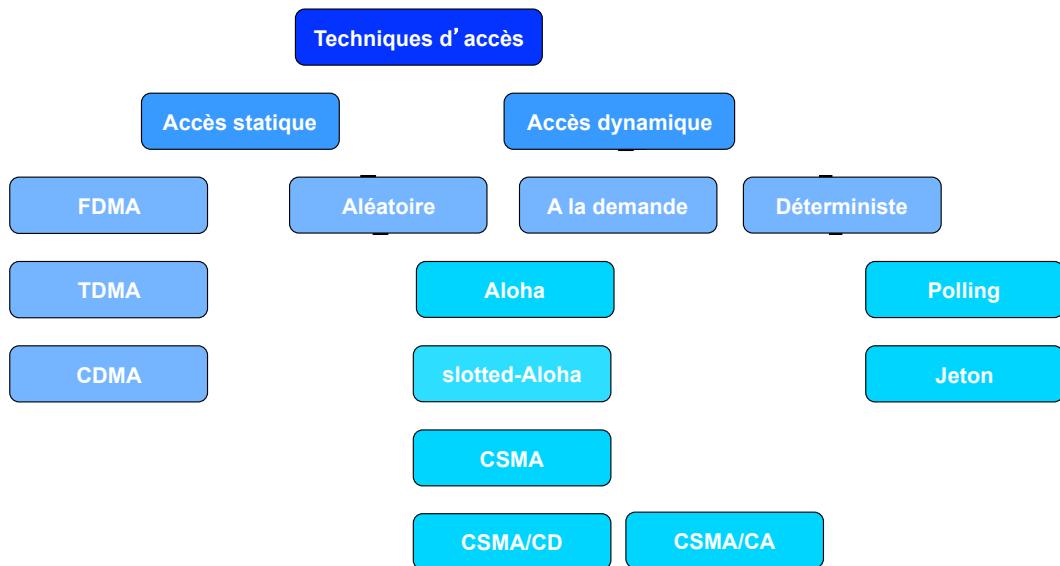
- 39 -

Principales techniques d' accès



- 40 -

Principales techniques d' accès



- 41 -

Normes IEEE 802

Modèles et Normes IEEE

- Standardisation des réseaux locaux
- Comité 802 de l'organisme de normalisation IEEE
 - Supports ou médium
 - Liaison et méthode de partage du canal
 - Interface avec les couches supérieures
- Applications supportées
 - Transfert de fichier
 - Applications bureautiques
 - Processus de contrôle et de commande
 - Transmission de voix et d'images

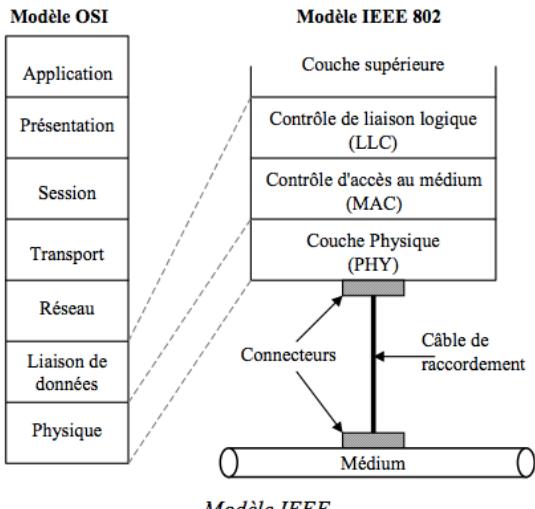
43

Modèles et Normes IEEE Contraintes fonctionnelles

- Contraintes :
 - Au moins 200 unités connectées le long d'un segment
 - Etendue du réseau : de 2 km à 50 km
 - Débit : de 1 Mbit/s à 100 Mbit/s (voire 1 Gbit/s)
 - Taux d'erreur : négligeable
 - Broadcast et Multicast
- Conforme au modèle OSI

44

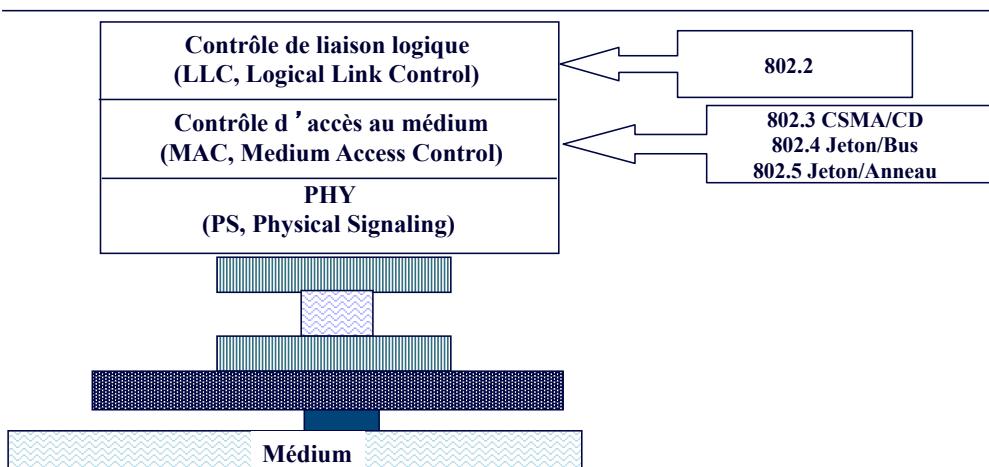
Modèle de référence d'implantation



Modèle IEEE

45

Standardisation des LANs



Autres types de réseau

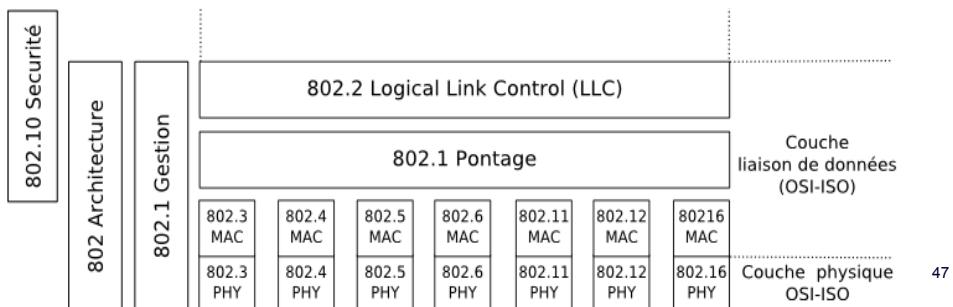
802.6 ⇒ DQDB (Distributed Queue Data Bus)

802.3u ⇒ Fast Ethernet

46

Standardisation des LANs

- IEEE 802.1 : Gestion des réseaux locaux, VLAN, authentification, etc.
- IEEE 802.2 : Couche Logical Link Control (LLC) et Media Access Control (MAC)
- IEEE 802.3 : CSMA/CD Ethernet
- IEEE 802.4 : CSMA/CA Token Bus
- IEEE 802.5 : Token Ring
- IEEE 802.6 : les réseaux à grande distance (MAN)
- IEEE 802.11 : Réseaux sans fil : infrarouge, ASFI...
- IEEE 802.12 : Réseaux locaux utilisant le mécanisme de demande de priorité
- IEEE 802.16 : Réseaux sans fil à large bande par exemple le WiMAX



47

Normes à voir

- 802.2 couche LLC
- 802.3 / Ethernet => CSMA/CD
- 802.4 Token bus
- 802.5 Token ring
- Fast Ethernet ou FDDI

48

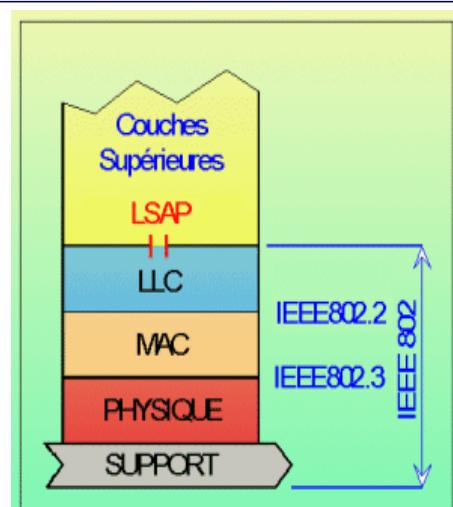
802.2 / LLC

contrôle de la liaison logique / Logical Link Control

49

Norme IEEE 802.2 : Logical Link Control (LLC)

- La sous-couche de contrôle de la liaison logique (Logical Link Control en anglais, ou LLC)
 - La moitié haute de la couche de liaison de données du modèle OSI
 - Elle permet de fiabiliser le protocole MAC par
 - un contrôle d'erreur et
 - un contrôle de flux
- Sous-couche commune des sous-couches MAC de tous les protocoles MAC 802.x
- Aiguillage des données vers les protocoles de couche 3



50

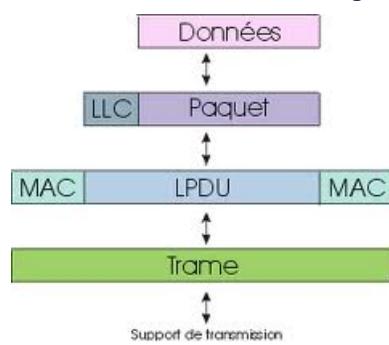
Norme IEEE 802.2 : Logical Link Control (LLC)

- 3 types de LLC
 - LLC type 1 : aucun contrôle supplémentaire ; simple aiguillage des données vers les protocoles de couche 3. Mode non connecté, datagramme sans acquittement.
 - LLC type 2 : type 1 + contrôle de séquence + contrôle de flux ; Mode connecté avec acquittement. Utilisé par token ring.
 - LLC type 3 : type 1 + acquittement de trame. Mode rajouté à la norme initiale pour les besoins des réseaux industriels. Mode non connecté avec acquittement. Ce mode est utilisé seulement pour les communications point à point.

51

Norme IEEE 802.2 : Logical Link Control (LLC)

- Pour réaliser un service, les paquets à transporter doivent être mis dans des trames LLC.
 - Il faut pour cela que la carte coupleur puisse demander au niveau du dessus les données à transporter ainsi que lui transmettre les contrôles nécessaires à la bonne marche du réseau.
 - Pour effectuer cette demande, il faut des primitives de service.



52

Norme IEEE 802.2 : Logical Link Control (LLC)

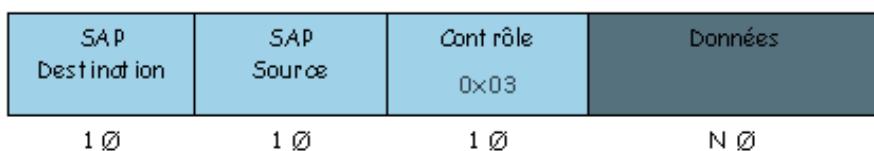
- Pour réaliser un service, les paquets à transporter doivent être mis dans des trames LLC.
 - Il faut pour cela que la carte coupleur puisse demander au niveau du dessus les données à transporter ainsi que lui transmettre les contrôles nécessaires à la bonne marche du réseau.
 - Pour effectuer cette demande, il faut des primitives de service.
- Offre l'interface d'accès à la couche Liaison

Primitives sans connexion	Primitives avec connexion
L_DATA.request L_DATA.indication	L_CONNECT (request, indication, response, confirm) L_DATA_CONNECT(request, indication, response, confirm) L_DISCONNECT(request, indication) L_RESET(request, indication, response et confirm) L_CONNECT_FLOW_CONTROL(request, indication)

53

Trame LLC

- DSAP (1 octet) : Destination Service Access Point, désigne le protocole supérieur destinataire des données.
- SSAP (1 octet) : Source Service Access Point, désigne le protocole qui a émis la trame LLC.
- Contrôle (1 octet).
- Données utiles : de 43 à 1497 octets.



54

Adressage physique

- Adresse physique du coupleur ou adresse MAC
- En général, elle est unique, universelle et attribuée à un seul équipement
- Deux longueurs possibles
 - Courte: 2 octets
 - Longue: 6 octets
- Deux types de définition
 - Locale (attribuée localement par l'admin)
 - Universelle (attribuée par le constructeur) 00:00:0C:12:23:34

55

Adressage physique (MAC)

- Deux modes d'utilisation
 - Groupe (broadcast)
 - Individuelle (unicast)



- Chaque coupleur connecté à un réseau Ethernet dispose d'une adresse unique au monde codée sur 48 bits (@MAC/@Ethernet)

56

802.3 / Ethernet CSMA/CD

57

Plan

- Introduction
- Topologie
- Format de trame
- CSMA/CD
- Interconnexion de LANs
- ARP

58

Spécification des grandeurs physiques

IEEE 802.3

Paramètres	Valeurs
Tranche canal	→ 512 bits
Silence inter messages	→ 9.6 µs
Nombre d'essais	→ 16
Limite BEB	→ 10
Taille mini. du brouillage	→ 32 bits
Taille maxi. des trames	→ 1518 octets
Taille mini. des trames	→ 64 octets
Taille des adresses	→ 6 octets

La longueur maximale d'un réseau Ethernet est fonction de la **tranche canal**, et de la longueur minimale d'une trame

Modèle OSI (Rappel)

- 802.3 => niveau 2 => Liaison de données
- Liaison de données
 - Fragmentation des données transmises par la couche supérieure en trame de données
 - Responsable de la transmission fiable de trames sur une connexion physique
 - Contrôle d'accès au medium
 - Ne pas excéder le buffer du récepteur
 - Régulation de trafic
 - Détection et correction d'erreur
 - Erreurs dues à l'atténuation du signal
 - Détection des collisions
 - Gestion des acquittements
 - Exemples de protocoles de niveau 2: PPP, Ethernet, WiFi, Token-Ring, HDLC, ...

Modèle OSI (Rappel)

- Liaison de données
 - Fragmentation des données transmises par la couche supérieure en trame de données
 - Responsable de la transmission fiable de trames sur une connexion physique
 - Contrôle d'accès au medium
 - Ne pas excéder le buffer du récepteur
 - Régulation de trafic
 - Détection et correction d'erreur
 - Erreurs dues à l'atténuation du signal
 - Détection des collisions
 - Gestion des acquittements
 - Exemples de protocoles de niveau 2: PPP, **Ethernet**, WiFi, Token-Ring, HDLC, ...

61

Introduction

- Ethernet partagé est inventé en 1970s
- Utilisé largement dans les réseaux locaux
- Ethernet commuté est introduit en 1990s
- De plus en plus utilisé dans les réseaux métropolitains, réseaux étendus et les accès xDSL
- Débits à 10 Mbit/s, 100 Mbit/s, 1 Gbit/s, 10 Gbit/s

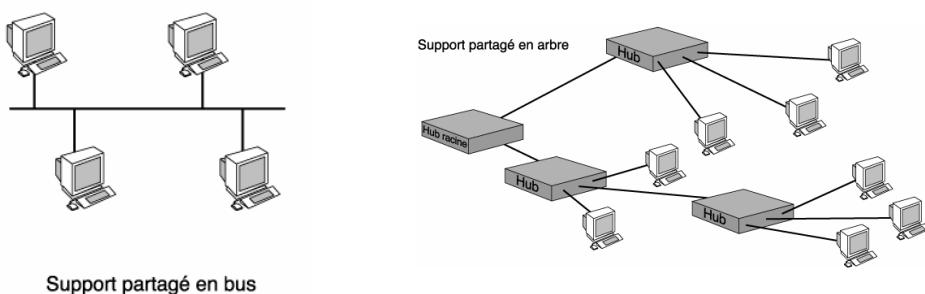
62

Objectifs de conception d'Ethernet

- débits allant de 1 à 10 Gbit/s
- distances géographiques d'au plus 1 km
- plusieurs centaines de nœuds
- simplicité
- fiabilité
- dépendance minimale vis-à-vis d'un composant central
- utilisation efficace des ressources partagées, en particulier du réseau lui-même
- stabilité sous forte charge
- accès équitable pour tous les nœuds
- facilité d'installation pour un petit réseau et évolution sans remise en cause de l'existant
- facilité de reconfiguration et de maintenance
- coût peu élevé

63

Topologie – Ethernet partagé



- A chaque support physique => type de réseau (topologie/longueur de réseau etc)

64

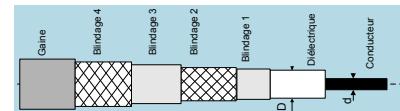
Spécification des supports physiques IEEE 802.3

Norme 10 BASE 5

« Câble jaune » câble coaxial épais RG11
Topologie en bus
Débit
Impédance
Diamètre
Longueur maxi. segment
Distance mini. entre 2 stations
Nombre maxi. de stations/segment
Nombre maxi. de répéteurs
Longueur maxi. d'un chemin

Valeurs

- 10 Mbit/s
- 50 Ω
- 10 mm
- 500 m
- 2.5 m
- 100
- 4
- 2.5 km



- codage en bande de base (Manchester)
- raccordement des stations au câble coaxial par :
 - câble de liaison (50 m max.)
 - transceiver (émetteur-récepteur)

65

Spécification des supports physiques IEEE 802.3

Norme 10 BASE 2

Topologie en étoile
 « Câble noir » câble coaxial fin RG 58
débit
Impédance
Diamètre
Longueur maxi. segment
Distance mini. entre 2 stations
Nombre maxi. de stations/segment
Nombre maxi. de répéteurs
Longueur maxi. d'un chemin

Valeurs

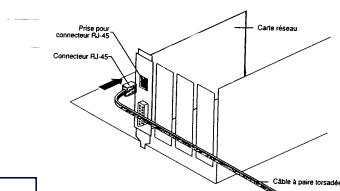
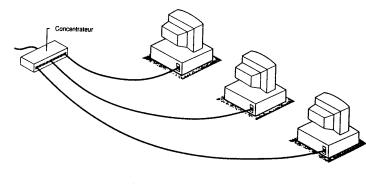
- 10 Mbit/s
- 50 Ω
- 5 mm
- 200 m
- 0.5 m
- 30
- 4
- 1 km



66

Ethernet 10BaseT

- débit : 10 Mbit/s
- topologie physique en étoile
- topologie logique en bus grâce aux hubs
- paires Torsadées
 - une paire en émission
 - une paire en réception
- connecteur RJ45
- En tenant le connecteur face à soi avec le clip de fixation vers le haut, les broches sont numérotées de 1 à 8 de la gauche vers la droite



67

Norme 10 BASE T

« Paires torsadées » Topologie en étoile

Nombre de stations

Distance maxi. Hub/station

Valeurs

- Hub
- Nombre de ports sur un hub
- 100 m

Format de trame 802.3 (1)

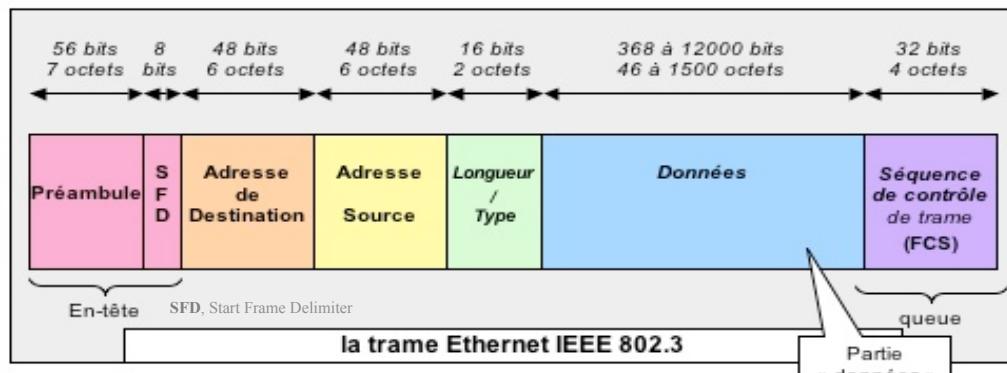
8	6	6	2	46 – 1500	4 (octets)
Préambule	Adresse Destination	Adresse Source	Type	Données	CRC

□ Préambule (8 octets)

- 10101010 10101010 10101010 10101010 10101010
10101010 10101010 10101011
- Permettre au récepteur de synchroniser avec le signal et d'en reconnaître le début de la trame

68

Structure de la trame IEEE 802.3



- La séquence LEN (length) correspond à la longueur des 2 champs suivants (DATAS et PAD) (taille minimum = 64 Octets) à partir de l'adresse de destination, soit 46 pour les champs DATAS et PAD
- si la quantité des données (DATAS) n'atteint pas 46 octets alors le champ PAD va la compléter afin d'atteindre ce minimum.
- Enfin, la trame se termine par un champ de vérification de trame : le FCS qui se calcule sur l'ensemble des bits qui suivent le préambule de synchronisation. ⁶⁹

Format de trame (2)

- **Adresse destination (6 octets)**
 - Adresse du coupleur destinataire
 - Exemple: 88-B2-2F-54-1A-0F
- **Adresse source (6 octets)**
 - Adresse du coupleur source
- **Type**
 - Indiquer le protocole au niveau supérieur
 - 0x0800: IPv4
 - 0x86DD: IPv6
 - 0x0806: ARP
 - 0x8035: RARP

Format de trame (2)

- Données (46 à 1500 octets)
 - Transporter le paquet IP
 - MTU (Maximum Transmission Unit) = 1500 octets
- Cyclic Redundancy Check (CRC) (4 octets)
 - Permettre au récepteur de détecter les erreurs binaires dans la trame sauf le préambule
 - Émetteur et récepteur utilisent le même *polynôme générateur* $G(x)$
 - $G(x) = X^{32} + X^{26} + X^{23} + X^{22} + X^{16} + X^{12} + X^{11} + X^{10} + X^8 + X^7 + X^5 + X^4 + X^2 + X + 1$

71

Protocole d'accès

- Les nœuds dans Ethernet partagé sont interconnectés par un support partagé
- Quand un coupleur émet une trame, tous les autres coupleurs reçoivent la trame
- Un coupleur recevant une trame avec une adresse destination qui n'est pas la sienne ignore la trame
- Quand deux nœuds envoient leurs trames sur le supports en même temps => **COLLISIONS**
 - Pour éviter les collisions Ethernet utilise l'algorithme CSMA/CD

72

CSMA/CD (1)

- Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection
- Un coupleur ayant un paquet IP à envoyer prépare une trame Ethernet et la met dans une file d'attente
- Le coupleur écoute le support
 - Si le support est libre, il émet la trame
 - Si le support est occupé, il attend que le support soit libre
- Pendant l'émission de la trame, le coupleur continue à écouter le support pour détecter s'il y a des signaux venant d'autres coupleurs (i.e. pour détecter des collisions)
 - Si aucune collision n'est détectée jusqu'à la fin de l'émission de la trame, la trame est envoyée avec succès
 - Si une collision est détectée, le coupleur arrête la transmission de la trame, envoie le signal de « jam », et entre dans la phase de Back-off pour la retransmission de la trame

73

CSMA/CD (2)

- Phase de Back-off
 - Après n collisions consécutives pour une trame donnée, le coupleur choisit une valeur aléatoire K entre $\{0, 1, 2, \dots, 2^m - 1\}$ et attende $\{K * 512 \text{ bit-times}\}$ pour la prochaine tentative d'émettre la trame
 - $m = \min(n, 10)$
 - Bit-time = $0.1 \mu\text{s}$ pour un Ethernet à 10 Mbit/s

74

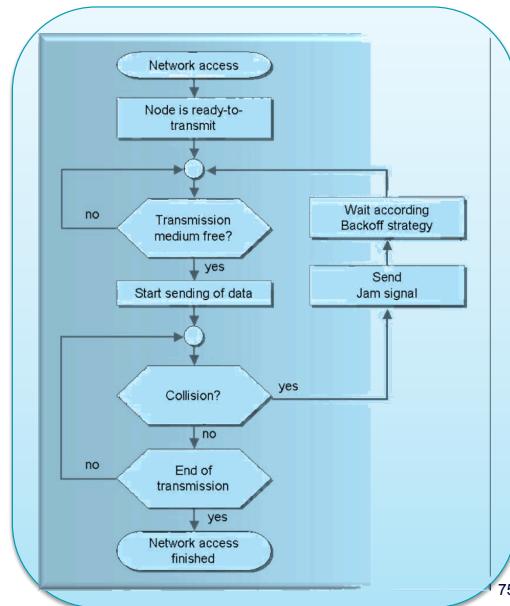
CSMA/CD (3)

□ Algorithme BEB (binary exponential backoff (beb))

Procédure backoff(tentative : entier,
VAR W_MAX : entier)

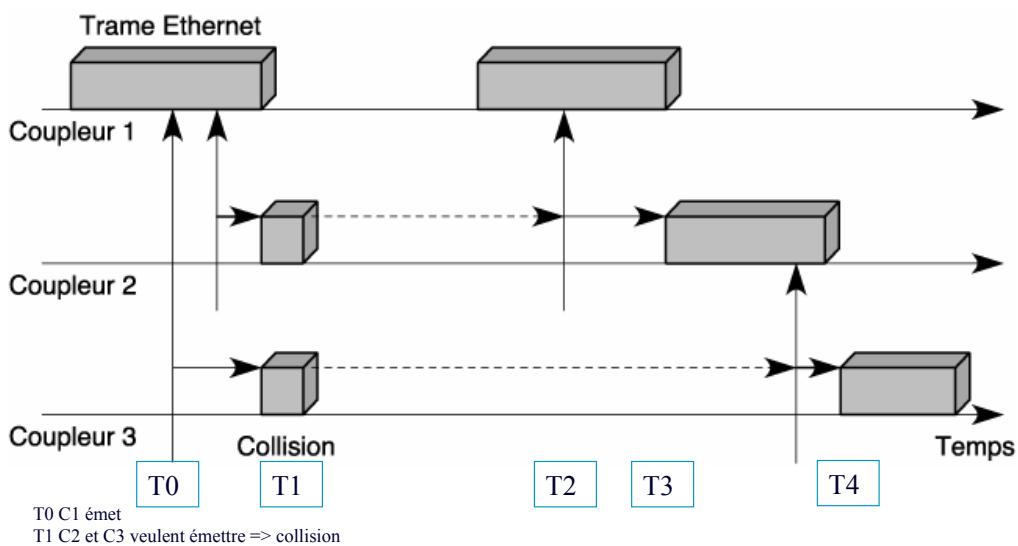
```
Const slot-time=51.2
(microsecondes);
limite_tentative=10;
Var delai : entier;

BEGIN
    Si (tentative =1) Alors
        W_MAX=2
    Sinon
        Si (tentative < limite_tentative)
    Alors
        W_MAX=WMAX*2;
        fsi
        fsi
        delai := int(random*W_MAX)
        attendre(delai*slot_time)
    END
```



75

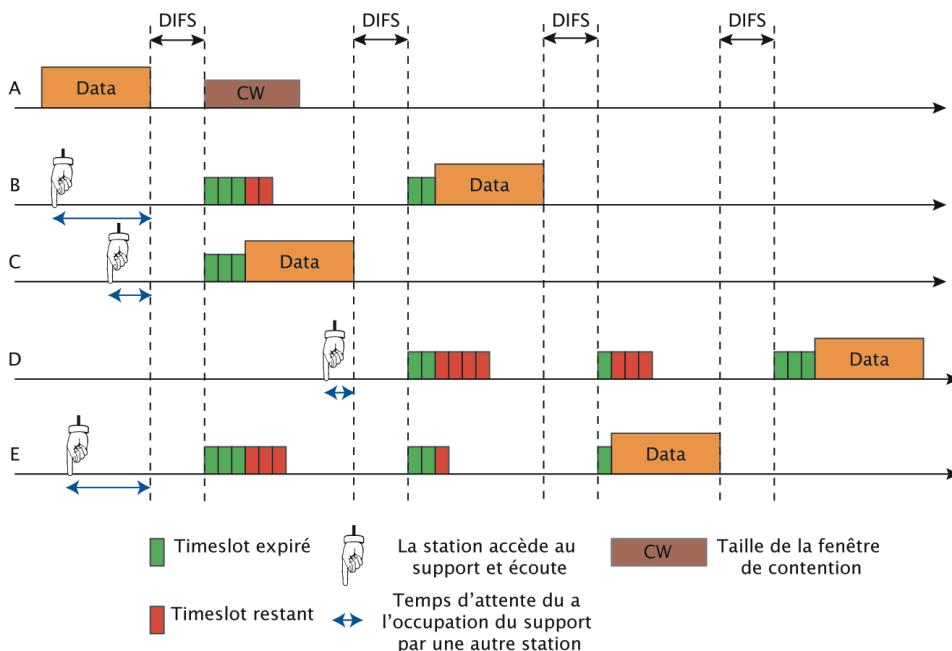
CSMA/CD (4)



T0 C1 émet
T1 C2 et C3 veulent émettre => collision
Calcul de nouveau temps d'émission => T2 mais canal occupé attendre fin de transmission T3
T3 C2 émet
C3 attend fin de transmission de C2 T4 C3 peut émettre

76

Algorithme de BEB: Exemple dans wifi (CSMA/CA)



77

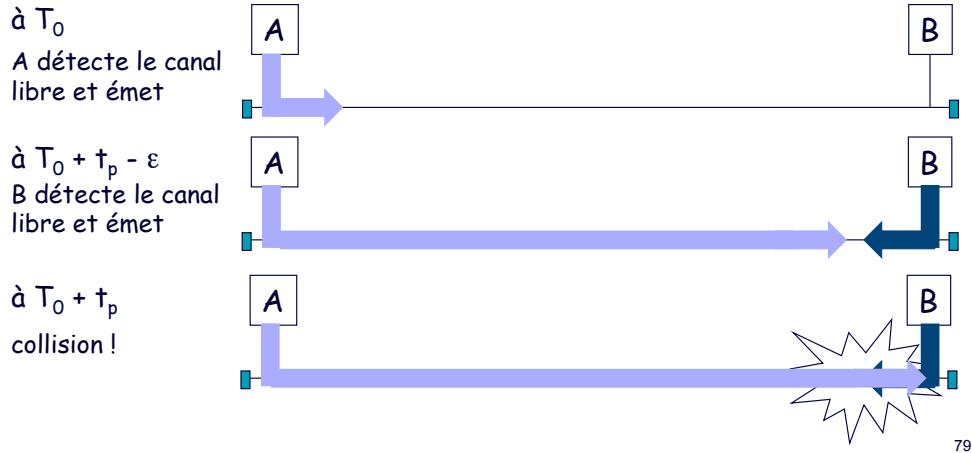
CSMA/CD (5)

- | | |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> avantages <ul style="list-style-type: none">☺ approche complètement décentralisée☺ simplicité☺ équitabilité☺ très efficace sous faible charge☺ utilisation d'un bus passif☺ facilité d'installation pour un petit réseau et évolution sans remise en cause de l'existant☺ coût peu élevé | <input type="checkbox"/> inconvénients <ul style="list-style-type: none">☹ délais imprévisibles☹ pertes de trames possibles |
|--|---|

78

Influence du temps de propagation

- Pourquoi peut-il y avoir encore des collisions ?
 - deux stations A et B, situées aux extrémités d'un bus
 - d la distance les séparant et v_p la vitesse de propagation sur le bus
 - t_p le temps de propagation entre A et B : $t_p = d / v_p$



Taille de réseau

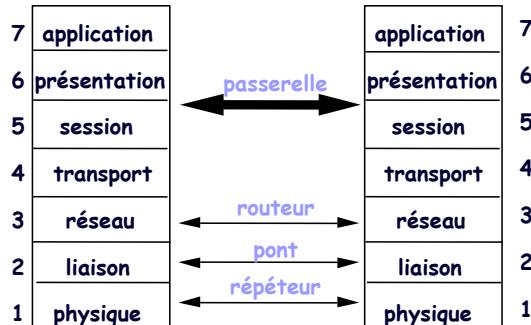
- Soit un réseau Ethernet partagé au débit D et avec une longueur minimale de la trame M
 - $M/D \geq 2 * L/V$
 - L : la taille maximale du réseau
 - V: la vitesse de propagation du signal
- Exemple
 - $M = 64$ octets, $D = 10$ Mbit/s, $V = 200\,000$ km/s
 - $L \leq 5,12$ km

Interconnexion de LAN

□ Problématique



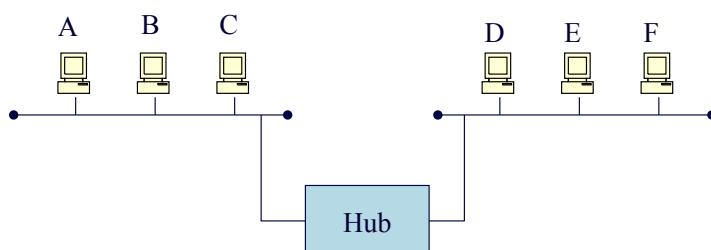
□ les solutions



81

Le répéteur (Hub)

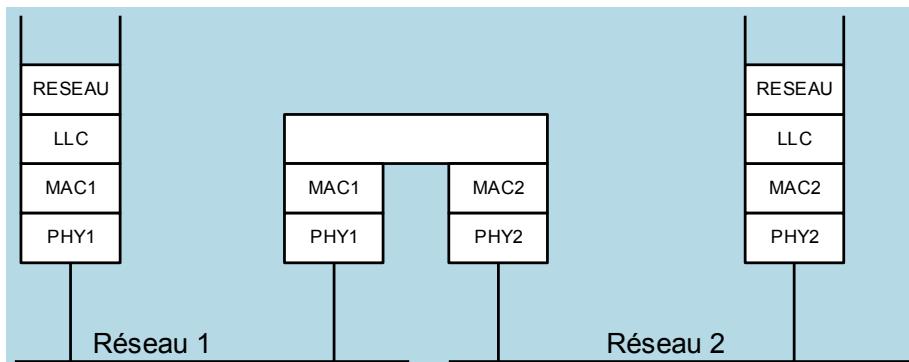
- interconnexion au niveau de la couche physique
- permet l'interconnexion de 2 segments → augmenter la distance
- ne possède pas d'@MAC
- régénère le signal pour compenser un affaiblissement ou changer de média (câble coaxial à paire torsadée)
 - Répéter le signal reçu d'un port d'entrée vers tous les ports de sortie
- n'effectue aucun filtrage
- aucune administration



Une trame envoyée par A à B est reçue par toutes les stations B, C, D, E, F 82

Le pont (*bridge*)

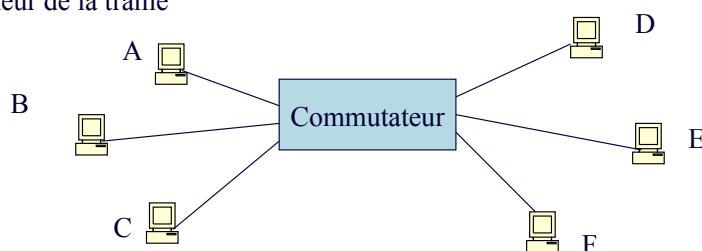
- interconnexion au niveau MAC
- permet de
 - structurer un réseau d'entreprise en le segmentant physiquement
 - rallonger un réseau local
 - relier deux réseaux de technologies différentes
- possède une @MAC (transparente pour les stations)



83

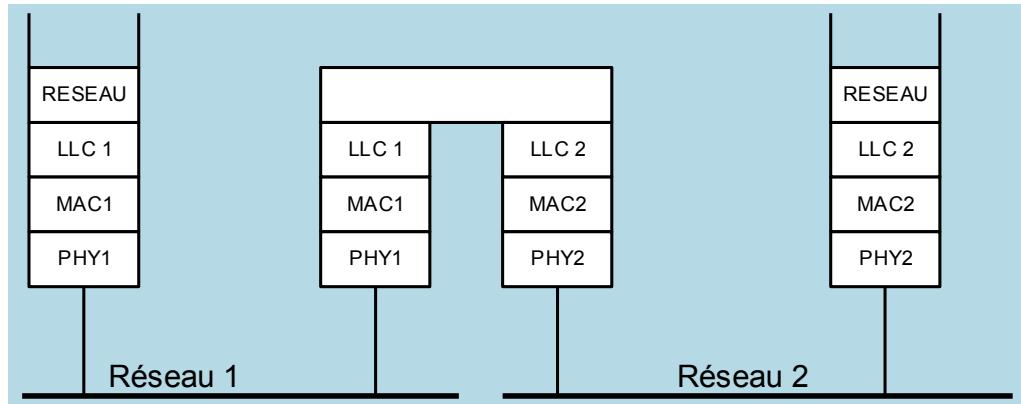
Commutateur (Switch)

- Équipement réseau au niveau trame
- Réduire à une station par segment → Ethernet commuté
- Ne plus avoir de collision
- 2 méthodes de commutation
 - store and forward
 - réception intégrale de la trame
 - puis stockage, choix du routage,
 - et retransmission vers un port de sortie
 - ☺ 100 vers 10 Mbit/s possible
 - ☺ filtrage d'erreurs
 - ⊗ temps de latence fonction de la longueur de la trame
 - fast forward ou on the fly
 - retransmission de la trame en sortie dès le décodage des bits de l'adresse destinataire
 - ⊗ 100 vers 10 Mbit/s impossible
 - ⊗ pas de filtrage d'erreurs
 - ☺ latence faible



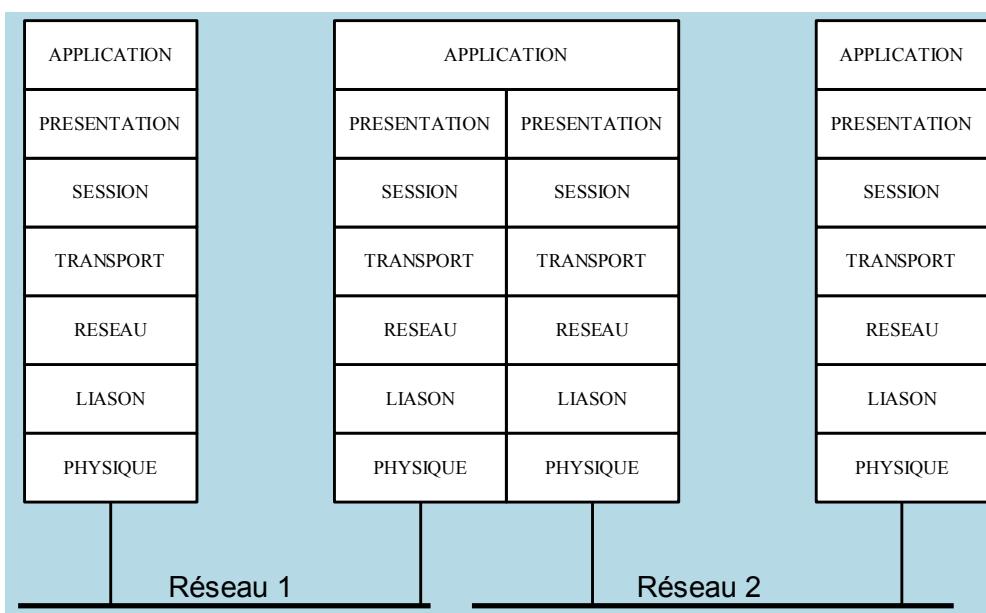
84

Le routeur (router)



85

La passerelle (Gateway)



86

Ethernet commuté

- un LAN 10BaseT dans lequel on aurait remplacé le *hub* par un commutateur (*switch*) Ethernet
 - comparable à un pont multi-port
- protocole modifié
 - pas de détection de collisions
- paires torsadées utilisées en *full-duplex*
 - la station peut simultanément émettre et recevoir
- débits variables selon le port
 - 1, 10, 100, 1000 Mbit/s

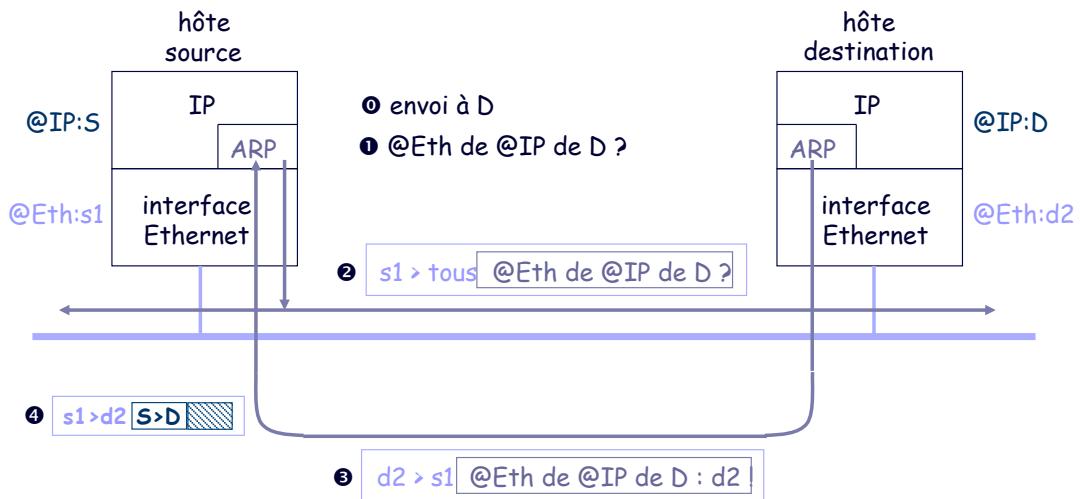
87

ARP (1)

- Address Resolution Protocol
- Un terminal veut envoyer un paquet IP à un autre terminal sur le même réseau Ethernet
- L'émetteur doit connaître l'adresse MAC du récepteur pour préparer la trame Ethernet
- Le protocole ARP permet à l'émetteur de trouver l'adresse MAC du récepteur à partir de son adresse IP (i.e. adresse IP du récepteur)

88

ARP (2)



89

ARP (3)

Table ARP

```
C:\Users\Univ P & M Curie>arp -a
Interface : 192.168.0.2 --- 0x9
          Adresse Internet      Adresse physique      Type
          192.168.0.254          00-07-cb-3e-d2-91  dynamique
          192.168.0.255          ff-ff-ff-ff-ff-ff  statique
          224.0.0.22              01-00-5e-00-00-16  statique
          224.0.0.252              01-00-5e-00-00-fc  statique
          239.255.255.250         01-00-5e-7f-ff-fa  statique
```

90

FIN

Groupe TD pour cette semaine

Nom de famille commençant par A→I Groupe1

Nom de famille commençant par J→Z Groupe2

91

RAPPEL

A lire

92

Généralités Modèle OSI : Architecture en couches

RAPPEL

○ Modèle de référence OSI

- Open Systems Interconnection
 - modèle fondé sur un principe énoncé par Jules César : diviser pour mieux régner
 - le principe de base est la description des réseaux sous forme d'un ensemble de couches superposées les unes aux autres
 - l'étude du tout est réduit à celle de ses parties, l'ensemble devient plus facile à manipuler

93

Généralités Pourquoi une architecture en couches

RAPPEL

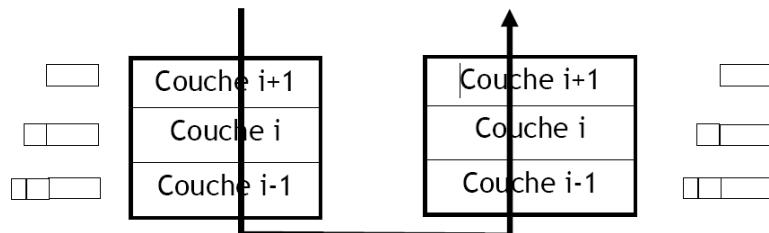
- Lorsqu'on doit concevoir un système complexe
 - Autant de fonctions différentes => découpage en couche où chaque couche est en charge de différentes fonctions
- La modularité facilite la maintenance et la mise à jour du système
 - La modification d'une couche reste transparente au reste du système
 - Tâches identifiées pour les réseaux :
 - Support physique (envoyer des 0 et des 1)
 - Contrôle et correction d'erreurs
 - Adressage
 - Routage (différent de l'adressage ?)
 - Mise en paquet
 - Sécurité
 - Contrôle de flux
 - ...
- 2 aspects : vertical et horizontal

94

Généralités: Aspect vertical: Principe des couches

RAPPEL

- Une couche i fournit un service à une couche $i+1$ en s'appuyant par le service fourni par la couche $i-1$.
 - La couche $i+1$ voit la couche i uniquement par le service offert.
 - La couche $i+1$ n'a aucune vue sur la couche $i-1$
- Abstraction pour masquer la complexité à la couche supérieure (1 couche = 1 boîte noire)
- Découpage des messages et encapsulation

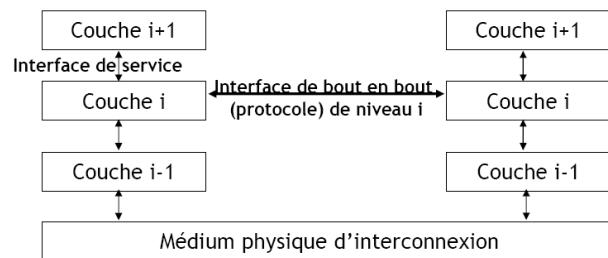


95

Généralités Aspect horizontal: Protocoles

RAPPEL

- Interface de service : définit les opérations sur le protocole
- Interface de bout en bout : définit les messages échangés avec l'entité distante
 - 2 couches de niveau i de 2 systèmes différents dialoguent avec le même protocole
 - Protocole = Ensemble de règles et de conventions pour la conversation



96

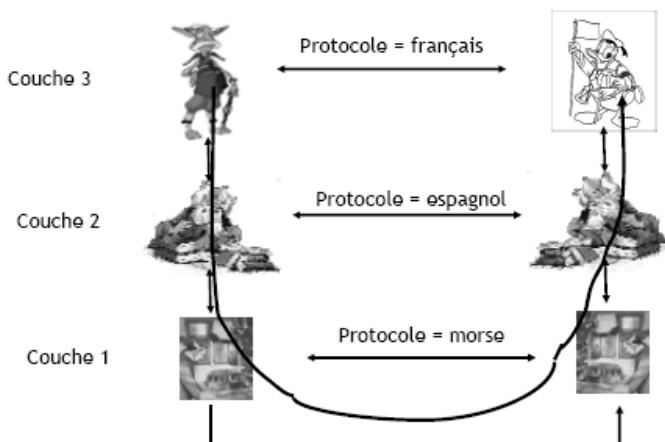
Généralités Communications entre couches

- La couche i du système A dialogue uniquement avec la couche i du système B en utilisant un protocole de niveau i.
- Deux couches de niveau i ne peuvent dialoguer qu' en traversant les couches $j < i$.
- Pour mieux comprendre, un exemple :
 - Soient 2 explorateurs français, l'un en Espagne, l'autre en Bolivie
 - Ils ne peuvent parler directement car ils ne savent pas utiliser le télégraphe => *médium de transmission*
 - Ils ont besoin d'un technicien pour envoyer et recevoir les infos. => *couche de niveau 1*
 - Ils ne parlent pas espagnols, ils ont besoin d'un interprète. => *couche de niveau 2*

97

Généralités Communications entre couches

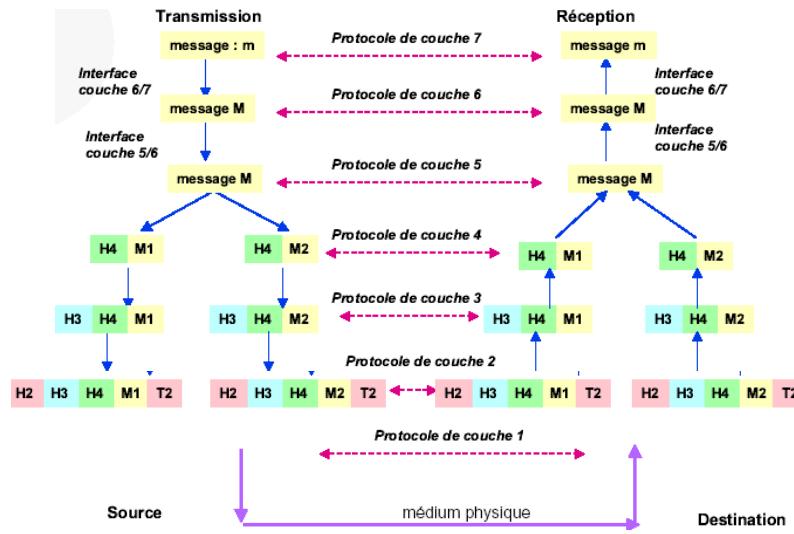
- Les explorateurs (niveau 3) communiquent en traversant les couches.



98

Généralités

RAPPEL

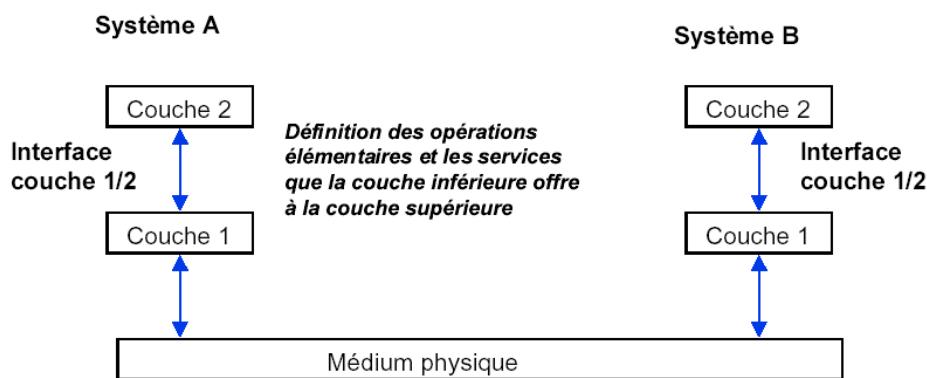


99

Généralités

RAPPEL

- Organisation en séries de couches ou niveaux.
 - leur nombre, leur nom, leur fonction varie selon les réseaux
 - l'objet de chaque couche est d'offrir certains services aux couches plus hautes
 - ces dernières ne connaissant pas la mise en oeuvre de ces services.



Modèles de référence

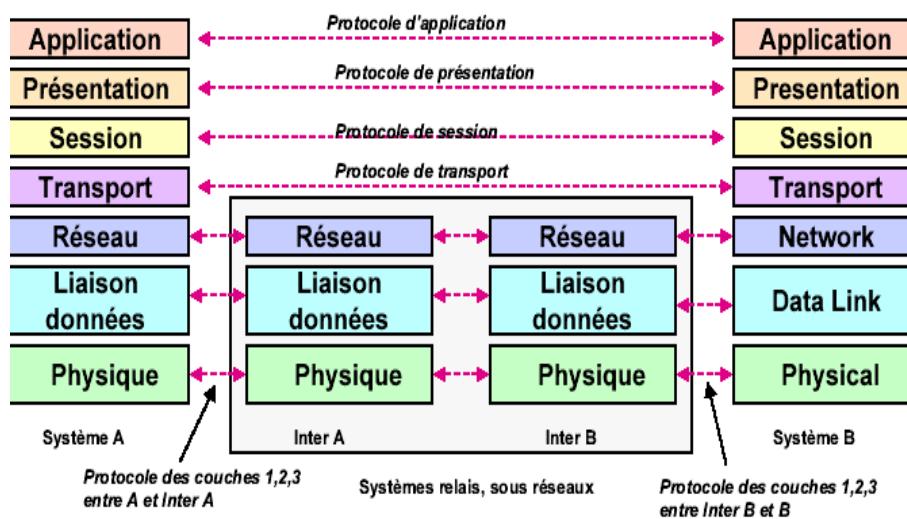
RAPPEL

- Le modèle OSI
 - Norme
 - Très précis
 - Vaste
- Le modèle Internet ou TCP/IP
 - Standard de fait
 - Plus ciblé
 - Plus pratique
 - Imposé par sa simplicité
- Tous 2 des modèles de couches

101

OSI : Modèle de Référence

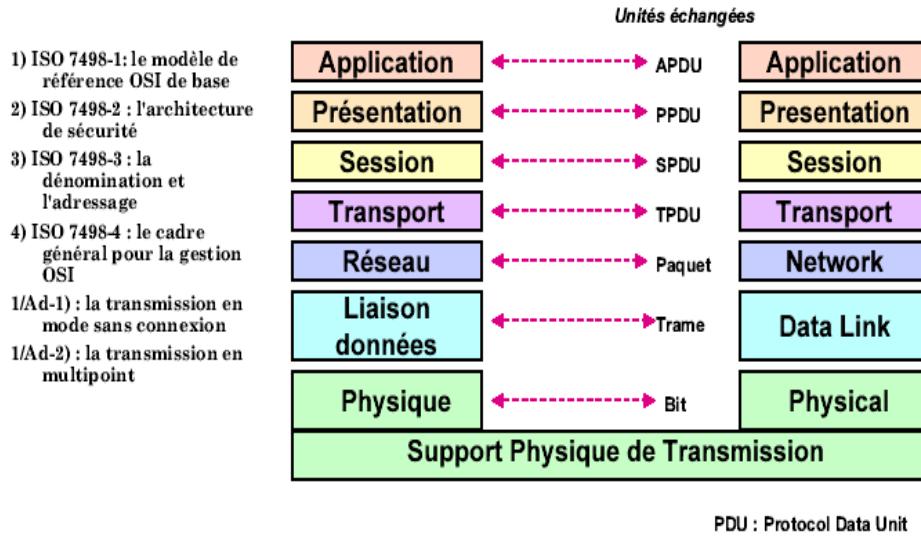
RAPPEL



102

OSI : Modèle de Référence

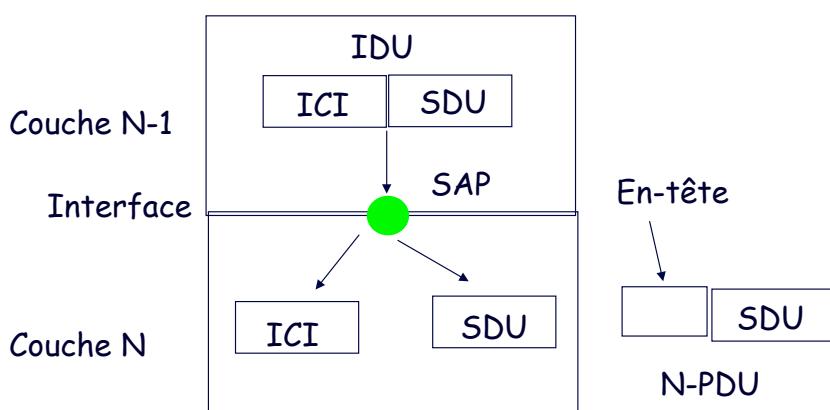
RAPPEL



103

OSI: SAP-SDU-PDU

RAPPEL



IDU: Interface Data Unit

ICI: Interface Control Information

SDU: Service Data Unit

SAP: Service Access Point

N-PDU: N-Protocol Data Unit

104

Le Modèle OSI

RAPPEL

N°	Nom	Fonctions de la couche
3	Réseau	Elle réalise l'acheminement et le routage (choix d'un chemin) des informations au travers du réseau.
2	Liaison	Elle permet le transfert fiable de données entre systèmes adjacents (directement connectés). Elle détecte et corrige des erreurs de transmission. Elle contrôle et régule le flux d'information sur la liaison.
1	Physique	Elle décrit les interfaces mécaniques et électriques et les protocoles d'échange des bits. Par exemple elle définit les modalités de transmission (half ou full duplex), le type de liaison (parallèle ou série), le codage des informations, le fonctionnement des interfaces électriques, etc.

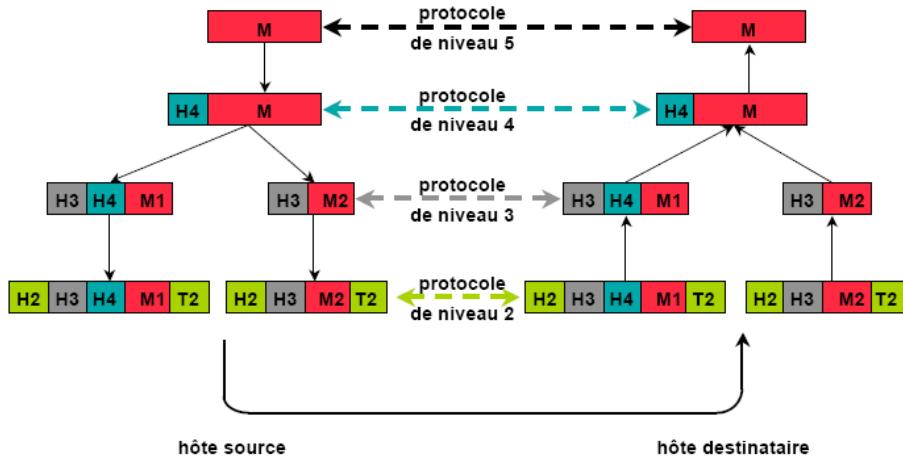
Le Modèle OSI

RAPPEL

N°	Nom	Fonctions de la couche
7	Application	Elle définit les mécanismes communs aux applications et la signification des informations échangées.
6	Présentation	Elle se préoccupe de la syntaxe, compression, cryptage.
5	Session	Elle fournit les outils de synchronisation et de gestion du dialogue entre les entités communicantes.
4	Transport	Elle fournit les moyens de transport d'information d'un bout à l'autre d'un réseau entre deux utilisateurs situés dans des systèmes différents, indépendamment des caractéristiques du réseau réellement utilisé et de la présentation des données.

Encapsulation / Décapsulation

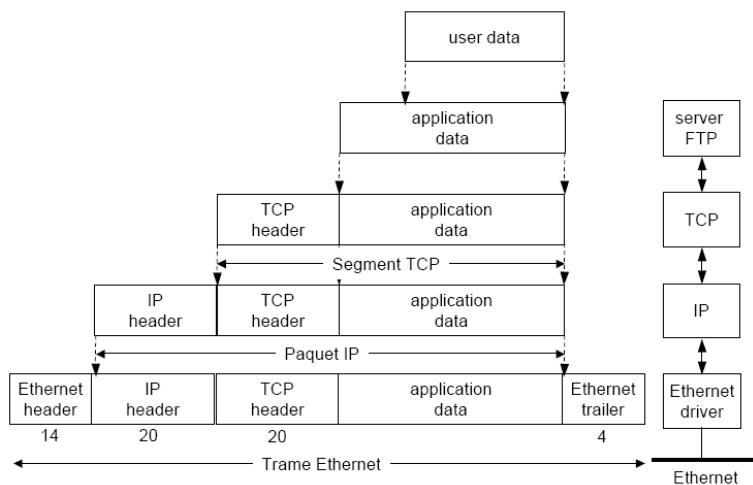
RAPPEL



107

Encapsulation TCP/IP : exemple

RAPPEL



108

FIN DU RAPPEL
