



## 2.A : Réseaux Locaux - Ethernet

Olivier GLÜCK  
Université LYON 1 / Département Informatique  
Olivier.Gluck@univ-lyon1.fr  
<http://perso.univ-lyon1.fr/olivier.gluck>

1

## Copyright

- Copyright © 2022 Olivier Glück; all rights reserved
- Ce support de cours est soumis aux droits d'auteur et n'est donc pas dans le domaine public. Sa reproduction est cependant autorisée à condition de respecter les conditions suivantes :
  - Si ce document est reproduit pour les besoins personnels du reproducteur, toute forme de reproduction (totale ou partielle) est autorisée à la condition de citer l'auteur.
  - Si ce document est reproduit dans le but d'être distribué à des tierces personnes, il devra être reproduit dans son intégralité sans aucune modification. Cette notice de copyright devra donc être présente. De plus, il ne devra pas être vendu.
  - Cependant, dans le seul cas d'un enseignement gratuit, une participation aux frais de reproduction pourra être demandée, mais elle ne pourra être supérieure au prix du papier et de l'encre composant le document.
  - Toute reproduction sortant du cadre précisé ci-dessus est interdite sans accord préalable écrit de l'auteur.

Olivier Glück Licence Informatique UCBL - Module LIFASR6 : Réseaux

2

## Remerciements

- Certains transparents sont basés sur des supports de cours de :
  - Danièle DROMARD (PARIS 6)
  - Andrzej DUDA (INP Grenoble/ENSIMAG)
  - Shivkumar KALYANARAMAN (RPI/ECSE)
  - Alain MILLE (LYON 1)
  - CongDuc PHAM (LYON 1)
  - Laurent Toutain (ENST Bretagne)
  - Michel RIVEILL (Université de Nice/ESSI)
  - L'Institut National des Télécommunications (INT)
  - Cisco Networking Academy
- Des figures sont issues des livres cités en bibliographie

Olivier Glück Licence Informatique UCBL - Module LIFASR6 : Réseaux

3

## Bibliographie

- « *Réseaux* », 4<sup>ème</sup> édition, Andrew Tanenbaum, Pearson Education, ISBN 2-7440-7001-7
- « *Réseaux et Télécoms* », Claude Servin, Dunod, ISBN 2-10-007986-7
- « *Analyse structurée des réseaux* », 2<sup>ème</sup> édition, J. Kurose et K. Ross, Pearson Education, ISBN 2-7440-7000-9
- « *TCP/IP Illustrated Volume 1, The Protocols* », W. R. Stevens, Addison Wesley, ISBN 0-201-63346-9
- « *TCP/IP, Architecture, protocoles, applications* », 4<sup>ème</sup> édition, D. Comer, Dunod, ISBN 2-10-008181-0
- « *An Engineering Approach to Computer Networking* », Addison-Wesley, ISBN 0-201-63442-6
- « *Réseaux locaux et Internet, des protocoles à l'interconnexion* », 3<sup>ème</sup> édition, Laurent Toutain, Hermes Science, ISBN 2-7462-0670-6
- Internet...

4

## Plan

- Généralités sur les réseaux locaux
  - définitions, caractéristiques et constituants d'un LAN
  - normalisation
- Etude générale des couches 1 et 2
  - services physiques
  - couche MAC
  - couche LLC
- Les réseaux à accès aléatoires (CSMA/CD)
  - principe du CSMA/CD
  - format des trames Ethernet/IEEE 802.3
- Différentes versions d'Ethernet

Olivier Glück Licence Informatique UCBL - Module LIFASR6 : Réseaux

5



## Généralités sur les réseaux locaux

Qu'est ce qu'un réseau local ?  
Evolution des réseaux informatiques  
Caractéristiques et constituants d'un LAN  
Couches 1 et 2 dans les LAN  
Normalisation

6

## Qu'est ce qu'un réseau local ? (1)

- C'est un ensemble de **moyens autonomes de calculs** reliés entre eux pour s'échanger des informations et partager des **ressources matérielles ou logicielles**
- Moyens autonomes de calcul
  - micro-ordinateurs
  - stations de travail
  - imprimantes, fax, ...
  - PDA, téléphones portables, ...

7

## Qu'est ce qu'un réseau local ? (2)

- Ressources matérielles partagées
  - imprimantes, photocopieurs, scanners, graveurs
  - espaces disque, ...
- Ressources logicielles partagées
  - programmes, fichiers, ...
  - bases de données
  - messagerie
- On trouve généralement dans un réseau local
  - un serveur de fichiers, d'impressions, de messagerie, de gestion des comptes utilisateur, de licences, de routage sécurisé vers Internet, web ...

8

## Qu'est ce qu'un réseau local ? (3)

- LAN - Local Area Network
  - un réseau local couvre en principe une surface géographique peu étendue (étage ou bâtiment) dans la classification LAN/MAN/WAN
- RLE - Réseau Local Étendu ou d'Entreprise
  - un réseau local qui peut s'étendre sur plusieurs bâtiments ou sites
  - abstraction de la notion d'étendue géographique

9

## Evolution des réseaux informatiques (1)

- Deux problèmes majeurs dans les réseaux informatiques
  - Où s'effectuent les traitements (exécution des programmes) ?
  - Quelle est la politique d'accès au réseau ?
- Les premiers réseaux informatiques...
  - un ordinateur central qui effectue tous les traitements
  - des terminaux passifs dotés d'aucune puissance de calcul mais qui permettent uniquement de lancer certains programmes sur l'ordinateur central -> partage du temps CPU de l'ordinateur central entre les différents terminaux
  - l'ordinateur central contrôle les échanges et les accès des terminaux secondaires (relation maître/esclave)

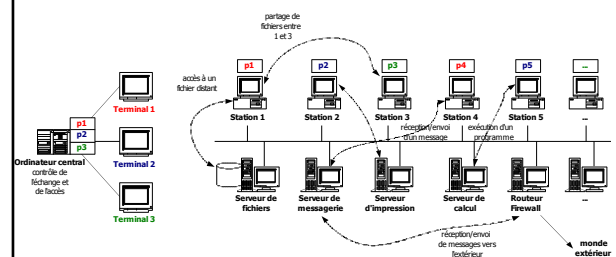
10

## Evolution des réseaux informatiques (2)

- Les réseaux locaux...
  - des **serveurs** mettent à disposition des **clients** certaines ressources partagées
  - les postes client (ou stations) disposent d'une puissance de calcul -> ils exécutent certains programmes en local et émettent des requêtes vers les serveurs pour disposer d'un service particulier non disponible localement
  - le contrôle d'accès au réseau est décentralisé
  - il est maintenant fréquent que chaque station mette à disposition des autres un certain nombre de ressources (on parle alors de système *peer-to-peer*, chaque poste est à la fois client et serveur)

11

## Evolution des réseaux informatiques (3)



12

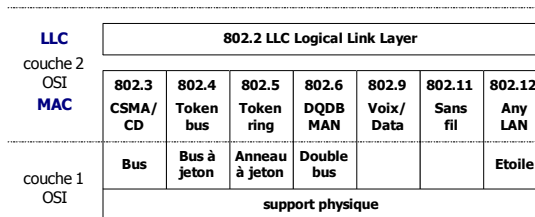


## Normalisation (2)

- Les sous-groupes du groupe 802
  - 802.3 à 802.6** et **802.11 à 802.14** : spécifications des différentes méthodes d'accès
  - 802.7** et **802.8** : coordination des autres sous-groupes pour les besoins large bande (802.7) et fibre optique (802.8)
  - 802.9** : intégration de la voix et des données
  - 802.10** : sécurité des transmissions (chiffrement des données)
  - 802.11** : sans fil (WLAN) infrarouge ou hertzien
  - 802.15** : Bluetooth
  - ...

19

## Normalisation (3)



Et maintenant 802.16 → WiMAX...

20



## Etude générale des couches 1 et 2

Services physiques  
Couche MAC  
Couche LLC

21

## Topologies et méthodes d'accès (1)

- La méthode d'accès utilisée dépend de la topologie du réseau sous-jacent
- Topologie en bus
  - les messages sont reçus par l'ensemble des stations connectées (diffusion)
  - une station peut accéder à tout moment au support -> problème si deux stations décident d'émettre en même temps (collision)
  - 802.3 (Ethernet) : une station vérifie avant d'émettre qu'aucune autre station n'est déjà en train d'émettre
  - 802.4 (Token Bus) : chaque station se voit attribuer tour à tour le droit d'émettre (circulation d'un jeton)

22

## Topologies et méthodes d'accès (2)

- Topologie en anneau
  - circulation unidirectionnelle du message de proche en proche jusqu'à atteindre le destinataire
  - 802.5 (Token Ring) : le droit d'émettre est transmis par l'intermédiaire d'un jeton qui circule de station en station sur l'anneau
- Topologie en étoile
  - N liaisons point à point autour d'un concentrateur qui peut éventuellement participer à la distribution de l'accès au support
  - Une station qui désire émettre peut formuler une demande au concentrateur (802.12)

23

## Topologies et méthodes d'accès (3)

- Récapitulatif des méthodes d'accès
  - accès aléatoires avec écoute du canal (802.3/Ethernet)
    - protocole très simple à mettre en œuvre (pas d'échange d'information entre les équipements pour gérer le droit de parole) -> peu coûteux
  - accès contrôlés
    - gestion centralisée par un concentrateur (802.12)
    - gestion décentralisée : systèmes à jeton
      - jeton adressé (Token bus) - protocole complexe qui garantit une borne maximale pour le temps d'émission
      - jeton non adressé (Token ring) - circulation plus simple du jeton

24

## Topologie physique/logique (1)

**Topologie physique**

**Topologie logique**

Olivier Glück Licence Informatique UCBL - Module LIFASR6 : Réseaux 25

25

## Topologie physique/logique (2)

- La topologie physique indique comment les différentes stations sont physiquement raccordées (câblage)
- La topologie logique décrit comment est distribué le droit d'émettre

**Exemple 802.3**

- topologie physique en étoile
- topologie logique en bus

Olivier Glück Licence Informatique UCBL - Module LIFASR6 : Réseaux 26

26

## Topologie physique/logique (3)

- Dans un anneau, si une station tombe en panne, tout l'anneau est interrompu
- Utilisation d'un concentrateur MAU qui détecte les stations hors service

**MAU - Multiple Access Unit ou Media Attachment Unit**

**Exemple 802.5**

- topologie physique en étoile
- topologie logique en anneau

Olivier Glück Licence Informatique UCBL - Module LIFASR6 : Réseaux 27

27

## Câblage des bâtiments (1)

- Le plus souvent, topologie physique en étoile vers un local technique qui assure l'interconnexion
  - permet de construire des sous-réseaux indépendants entre eux
- Le pré-câblage qui permet une gestion très souple
  - les câbles vont d'un bureau vers un panneau de brassage (100 m maximum) ; de ce panneau partent d'autres câbles vers l'équipement d'interconnexion qui utilise la technologie de réseau appropriée
  - pour modifier la topologie physique du réseau, il suffit de re-câbler le panneau de brassage
  - il y a abstraction du type de réseau et de la topologie

Olivier Glück Licence Informatique UCBL - Module LIFASR6 : Réseaux 28

28

## Câblage des bâtiments (2)

- Câble en cuivre
- Câble en fibre optique
- Equipement actif

Répertoire d'étage  
Local de communication (sous-répertoire)  
Switch - Patch Panel

Local de répartition générale (répartiteur d'immeuble)  
Master Switch - Patch Panel PABX

source 3M-France

Olivier Glück Licence Informatique UCBL - Module LIFASR6 : Réseaux 29

29

## Les différents types de câble

- Paires torsadées (ex. Ethernet)
  - peu coûteux, facile à mettre en place
  - très utilisées dans les réseaux locaux et la téléphonie
  - longueur limitée à 100 m (relativement sensible aux perturbations électromagnétiques)


Broche	nom	description pour 10baseT	La paire torsadée se branche à un RJ-45. Le RJ-45 se compose de huit broches.
1	TX+	Transmission de données +	
2	TX-	Transmission de données -	
3	RX+	Réception de données +	
4	n/c	100baseT4 uniquement	
5	n/c	100baseT4 uniquement	
6	RX-	Réception de données -	
7	n/c	100baseT4 uniquement	
8	n/c	100baseT4 uniquement	

Note : Sur les hubs, TX et RX sont intervertis

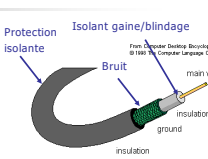
Olivier Glück Licence Informatique UCBL - Module LIFASR6 : Réseaux 30

30

## Les différents types de câble



- Câble coaxial (ex. LAN, TV, Câble, ...)
- supporte des distances plus grandes, plus résistant aux perturbations
- relativement coûteux, plus difficile à installer (rigidité du câble, encombrant)




- Fibre optique
- très coûteux, faible atténuation, très grande BP
- utilisée principalement dans le cœur des réseaux
- multimode (~1km) et monomode (~60km)


Olivier Glück Licence Informatique UCBL - Module LIFASR6 : Réseaux 31

31

## Les câbles en paires torsadées (1)



- Trois principaux types de câble
- paires torsadées non blindées (UTP) : les fils sont regroupés deux à deux et torsadés -> réduit la diaphonie (passage du signal d'un fil à l'autre)
- paires torsadées écrantées (FTP) : idem mais écran aluminium
- paires torsadées blindées (STP) : chaque paire possède son propre écran



Olivier Glück Licence Informatique UCBL - Module LIFASR6 : Réseaux 32

32

## Les câbles en paires torsadées (2)

- Différentes catégories (standard ISO 11801) selon la bande passante sur 100 m
- Catégorie 2 : Utilisation jusqu'à 1 MHz, téléphonie
- Catégorie 3 : Utilisation jusqu'à 16 MHz, Ethernet 10Mbps, Token Ring 4 Mbps, Localtalk, téléphonie
- Catégorie 4 : Utilisation jusqu'à 20 MHz, Ethernet 10Mbps, Token Ring 4 et 16 Mbps, Localtalk, téléphonie
- Catégorie 5 : Utilisation jusqu'à 100 MHz, Ethernet 10 et 100 Mbps, Token Ring 4/16 Mbps, ATM 155 Mbps
- Catégorie 6, 7 : En cours de normalisation, GigabitEthernet, ATM 1,2Gbitps

Olivier Glück Licence Informatique UCBL - Module LIFASR6 : Réseaux 33

33

## La couche MAC

- Gestion de l'accès au support, problèmes d'adressage (adresse MAC), contrôle d'erreurs (FCS)
- Les méthodes d'accès aléatoires (ou à contention)
  - CSMA - Carrier Sense Multiple Access (accès multiple avec écoute de la porteuse)
    - CSMA/CA - Collision Avoidance (AppleTalk, 802.11, ...)
      - prévention de collision
      - AppleTalk obsolète : 230,4 kbit/s pour le partage d'imprimantes
    - CSMA/CD - Collision Detection (Ethernet)
      - détection de collision
      - normalisé par IEEE 802.3 et ISO 8802.3

Olivier Glück Licence Informatique UCBL - Module LIFASR6 : Réseaux 34

34

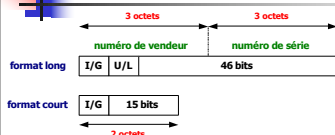
## L'adressage MAC IEEE 802.1 (1)

- L'adresse MAC désigne de façon unique une station sur le réseau (unicité assurée par l'IEEE)
- Adressage à plat : l'adresse ne donne aucune information sur la localisation de la machine
- Elle est gravée sur la carte d'interface réseau ou l'équipement par le fabricant
- Deux formats
  - adresse courte sur 16 bits pour réseaux locaux non interconnectés (n'est plus utilisée)
  - adresse longue sur 48 bits pour les réseaux interconnectés

Olivier Glück Licence Informatique UCBL - Module LIFASR6 : Réseaux 35

35

## L'adressage MAC IEEE 802.1 (2)



- Numéro de vendeur attribué par l'IEEE (RFC 1340) ex: Cisco (00-00-0C), Sun (08-00-20), Xerox (00-00-AA)
- Numéro de série attribué par le constructeur
- Adresse de *broadcast* : FF-FF-FF-FF-FF-FF
  - utilisée par les protocoles de résolution d'adresses
  - la trame est délivrée à la couche supérieure
  - utilisation néfaste pour les performances (IT CPU)

Olivier Glück Licence Informatique UCBL - Module LIFASR6 : Réseaux 36

36



## L'adressage MAC IEEE 802.1 (3)

- Ecriture de l'adresse (voir RFC 2469)
  - I/G est le 1<sup>er</sup> bit transmis
  - Format IEEE (forme canonique) utilisé par Ethernet. Le 1<sup>er</sup> bit transmis est le bit 2<sup>0</sup>, les octets sont séparés par : 03-00-00-00-00-00 signifie I/G=1 et U/L=1
  - Format non canonique utilisé par Token Ring. Ecriture inversée, le 1<sup>er</sup> bit transmis est le bit 2<sup>7</sup>, les octets sont séparés par -, 80:00:00:00:00:00 signifie I/G=1 et U/L=0

In memory:    12    34    56    78    9A    BC  
 canonical: 00010010 00110100 01010110 01111000 10011010 10111100

1st bit appearing on LAN (group address indicator I/G)

On LAN: 01001000 00101100 01101010 00011110 01011001 00111101

In memory, MSB format: 01001000 00101100 01101010 00011110 01011001 00111101  
 48    2C    6A    1E    59    3D

37

## L'adressage MAC IEEE 802.1 (3)

- Adresse de diffusion restreinte (multicast)
  - bit I/G=1 -> désigne un ensemble de stations
  - chaque station stocke une liste d'adresses de groupe (fournies par des applications qui utilisent le multicast) auxquelles elle doit répondre
  - le filtrage est réalisé au niveau MAC contrairement à la diffusion généralisée (broadcast)
  - par exemple pour IP multicast (adresses de classe D), la plage d'adresses MAC s'étend de 01-00-5E-00-00-00 à 01-00-5E-7F-FF-FF (RFC 1112)

38

## L'adressage MAC IEEE 802.1 (4)

- En 1995, la norme IEEE 1394 a défini une nouvelle structure d'adresse MAC sur 64 bits (EUI-64)
- Le numéro de série est étendu à 5 octets pour répondre à la pénurie d'adresses
  - du fait des quantités de matériels vendus
  - extension aux applications domestiques grand public (téléviseurs, magnétoscopes, ...)
- L'IEEE n'attribue une nouvelle adresse à un constructeur que si ce dernier a déjà utilisé plus de 90% de ses valeurs possibles

39

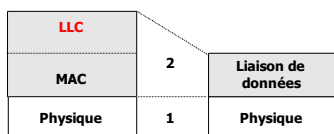
## Le contrôle d'erreur

- La trame MAC contient une en-tête et en-queue spécifiques à chaque type de réseau
- L'en-queue contient 4 octets pour le champ CRC ou FCS normalisé par l'IEEE : le polynôme générateur est le même quelque soit le réseau utilisé
- La couche MAC rejette les trames erronées mais ne fait pas de reprise sur erreur (éventuellement réalisée par les couches supérieures)

40

## La couche LLC - IEEE 802.2

- Rôle : masquer aux couches supérieures le type de réseau utilisé, contrôle de la transmission des données une fois que la station a gagné son droit à la parole (couche MAC)
- Sous-ensemble (parfois très réduit) d'HDLC



Réseau local

OSI

41

## La trame LLC (1)

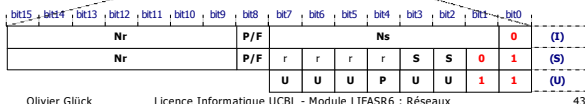
- Format général de la trame LLC
  - SAP (*Service Access Point*) permet de désigner la (ou les) couche(s) supérieure(s) destinataire(s) (DSAP) et la couche supérieure émettrice (SSAP)
  - permet de faire cohabiter plusieurs protocoles sur une même interface réseau (IP/IPX/NETBIOS/X.25/...)
  - 7 bits de poids fort = @ du SAP (RFC 1700)
  - le bit de poids faible (C/R ou I/G)
    - SSAP : trame de commande (C/R=0) ou de réponse (C/R=1)
    - DSAP : trame destinée à un SAP unique (I/G=0) ou à un groupe (I/G=1)

DSAP 8 bits	SSAP 8 bits	Commande 8 ou 16 bits	Données M octets
----------------	----------------	--------------------------	---------------------

42

## La trame LLC (2)

- Le champ commande de la trame LLC
  - champ commande similaire à celui d'HDLC
  - trames (I) et (S) sur 2 octets, trames (U) sur 1 octet
  - trames (S)
    - 4 bits sont réservés pour un usage futur (mis à 0)
    - 3 types : RR, RNR et REJ
  - trames (U) : SABME, DISC, UA, DM, FRMR, UI...



Olivier Glück

Licence Informatique UCBL - Module LIFASR6 : Réseaux

43

43

## Quelques valeurs de SAP

SAP hexa.	SAP décimal	SAP Binaire	signification	Equivalent Ethernet
0x00	0	0000 0000	SAP Nul	
0x02	2	0000 0010	Gestion de la couche LLC	
0x06	6	0000 0110	Réseau IP	0x800
0x42	66	0100 0010	Gestion du <i>Spanning Tree</i>	
0x7E	126	0111 1110	X.25 niveau 3	0x805
0xAA	170	1010 1010	SNAP	
0xB0	224	1110 0000	IPX: (protocole du réseau NetWare de Novell)	0x8137

source L. Toutain

Olivier Glück

Licence Informatique UCBL - Module LIFASR6 : Réseaux

44

44



## Les réseaux à accès aléatoires

Réseaux IEEE 802.3 et Réseaux Ethernet

45

45

## La petite histoire d'Ethernet

- 1970 : protocoles à contention pour des accès radio à l'université d'Hawaii
- 1973 : première version d'Ethernet (Xerox) - 3Mbit/s sur câble coaxial
- 1980 : Ethernet DIX (Digital/Intel/Xerox) 10Mbit/s
- 1982 : spécifications définitives d'Ethernet V2
- 1985 : IEEE 802.3 10 Base 5
- 1989 : ISO 8802.3
- Aujourd'hui, Ethernet=90% des réseaux locaux et développement du 802.11

Olivier Glück

Licence Informatique UCBL - Module LIFASR6 : Réseaux

46

46

## Principe du CSMA/CD (1)

- Rappel : à un instant donné, une seule trame circule sur le câble
  - pas de multiplexage, pas de full-duplex (pendant l'émission, la paire de réception sert à l'écoute du canal)
  - diffusion des messages à toutes les stations
  - avant d'émettre, une station écoute le réseau pour s'assurer que le support est libre
  - si deux stations émettent simultanément car elles ont détecté un silence sur le support, il y a collision : chaque message est pollué par l'autre
  - en cas de collision, une station cesse ses émissions et essaie d'émettre ultérieurement
  - la couche MAC réalise la reprise sur collision

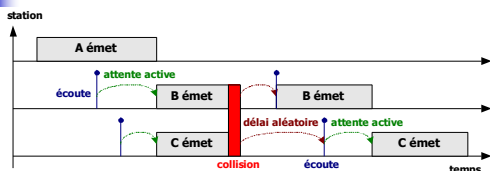
Olivier Glück

Licence Informatique UCBL - Module LIFASR6 : Réseaux

47

47

## Principe du CSMA/CD (2)



- Principe de la détection de collision
  - chaque station écoute son propre message et compare les niveaux électriques du message qu'elle a émis et du message écouté

Olivier Glück

Licence Informatique UCBL - Module LIFASR6 : Réseaux

48

48



## Principe du CSMA/CD (3)

- Après 16 tentatives d'émission d'un même message, l'émetteur abandonne l'émission
- Si deux stations entrent en collision, la probabilité pour que l'une des stations en subisse une deuxième est 0,5
- Impossible de borner le temps d'attente avant une émission d'un message
  - méthode d'accès probabiliste et non déterministe
  - ne convient pas aux applications temps réel et aux transferts isochrones (voix/données)
  - CSMA/CD efficace sur un réseau peu chargé, pas adapté aux réseaux chargés

Olivier Glück

Licence Informatique UCBL - Module LIFASR6 : Réseaux

49

49

## La détection de collision (1)

- Si A et B émettent simultanément, pour que A détecte la collision, il faut que A soit encore en train d'émettre quand le premier bit de B lui parvient
- Fenêtre de collision : temps minimal pendant lequel une station doit émettre pour détecter une éventuelle collision (dans le cas des 2 stations les plus éloignées sur le réseau)
- Ce temps est fixé à 51,2µs pour un réseau à 10Mbit/s avec comme plus grande distance 2500m

Olivier Glück

Licence Informatique UCBL - Module LIFASR6 : Réseaux

50

50

## La détection de collision (2)

[http://wps.aw.com/aw\\_kurose\\_network\\_2/0,7240,227091-,00.html](http://wps.aw.com/aw_kurose_network_2/0,7240,227091-,00.html)

- Conclusion : il y a une taille minimale de trame qui dépend
  - du débit du réseau
  - de la distance maximale entre deux stations (diamètre du réseau)
  - 512 bits (64 octets) pour 10Mbit/s et 2500m
- Pour assurer la compatibilité entre les différentes versions et ne pas pénaliser les performances, la taille minimale est fixée à 64 octets
  - > il faut ajuster le diamètre du réseau en conséquence

10Mbit/s	2500m	51,2µs
100Mbit/s	250m	5,12µs
1000Mbit/s	25m	0,512µs

Olivier Glück

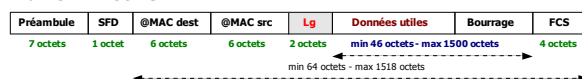
Licence Informatique UCBL - Module LIFASR6 : Réseaux

51

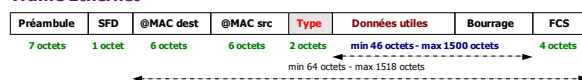
51

## Trames IEEE 802.3 et Ethernet (1)

### Trame IEEE 802.3



### Trame Ethernet



- Préambule : 7 fois 10101010 pour la synchronisation bit
- SFD (*Start Frame Delimitor*) : 10101011 pour la synchronisation octet
- Bourrage si Lg < 46 octets pour détection collision
- FCS sur 4 octets pour la détection d'erreur
- Différence IEEE 802.3/Ethernet : champ Lg/Type

Olivier Glück

Licence Informatique UCBL - Module LIFASR6 : Réseaux

52

52

## Trames IEEE 802.3 et Ethernet (2)

- Le champ Lg/Type et compatibilité
  - 802.3 : le champ Lg désigne la longueur des données utiles (sans le padding) et Lg < 1500
  - Ethernet : le champ Type désigne le type des données (i.e. le protocole à qui il faut délivrer les données) exemples : IP=0x0800, ARP=0x0806, IPX=0x8137 la couche supérieure véhicule la longueur des données
- Compatibilité assurée par le fait que le champ Type ne commence la numérotation des protocoles qu'à partir de la valeur décimale 1500

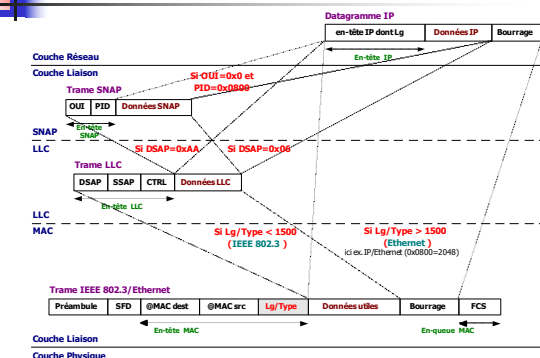
Olivier Glück

Licence Informatique UCBL - Module LIFASR6 : Réseaux

53

53

## Compatibilité IEEE/Ethernet



Olivier Glück

Licence Informatique UCBL - Module LIFASR6 : Réseaux

54

54

## Différentes versions d'Ethernet

55

## Pourquoi différentes versions ?

- Protocoles évolutifs
  - 2Mbit/s, 10Mbit/s, 100Mbit/s, 1Gbit/s
  - coaxial, paires torsadées, fibres optiques
- Les appellations normalisées IEEE 802.3 sont désignées par un code qui indique
  - le débit
  - le type de modulation (bande de base ou large bande)
  - la longueur maximale d'un segment pour un câble coaxial ou une lettre donnant le type du support (T pour la paire torsadée, F pour la fibre optique)
  - Exemple : 10Base5 = 10Mbit/s en bande de base sur câble coaxial d'une longueur maximale par segment de 500m

Olivier Glück

Licence Informatique UCBL - Module LIFASR6 : Réseaux

56

## Ethernet épais, IEEE 802.3 10base5 (1)

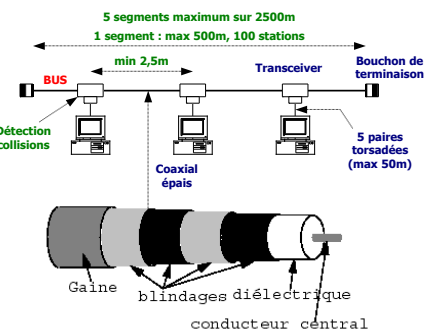
- Première version d'Ethernet normalisée (1985)
- Pratiquement plus utilisée
- 10Mbit/s en bande de base sur câble coaxial d'une longueur maximale par segment de 500m
- Matériel
  - codage Manchester
  - topologie physique = bus
  - câble coaxial épais (10mm), câble de liaison, bouchons de terminaison (limite échos), connecteur DB15, répéteurs entre deux segments
  - transceiver (ou MAU) : conversion des signaux, détection collisions
  - carte Ethernet : gère l'algorithme CSMA/CD, ...

Olivier Glück

Licence Informatique UCBL - Module LIFASR6 : Réseaux

57

## Ethernet épais, IEEE 802.3 10base5 (2)



Olivier Glück

Licence Informatique UCBL - Module LIFASR6 : Réseaux

58

## Ethernet fin, IEEE 802.3 10base2 (1)

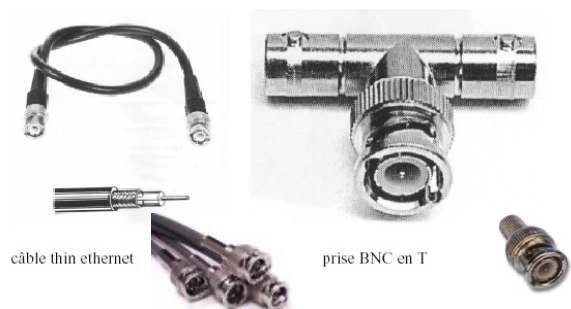
- Moins coûteux et plus facile d'installation
- Architecture la plus économique pour des petits réseaux (dizaines de stations)
- Matériel
  - codage Manchester
  - topologie physique = bus
  - câble coaxial fin (5mm), bouchons de terminaison (limite échos), connecteur BNC en T, répéteurs entre deux segments (30 stations max par segment)
  - longueur maximale d'un segment : 185m
  - distance minimum entre 2 nœuds : 0,5m
  - transceiver intégré à la carte Ethernet

Olivier Glück

Licence Informatique UCBL - Module LIFASR6 : Réseaux

59

## Ethernet fin, IEEE 802.3 10base2 (2)



Olivier Glück

Licence Informatique UCBL - Module LIFASR6 : Réseaux

60

## Ethernet en paires torsadées

- Réutilisation du câblage téléphonique (AT&T)
- Topologie physique en étoile
- Connecteurs RJ45
- Un Hub émule un bus
  - concentrateur/répéteur
  - diffusion des messages sur tous les ports
  - détection des collisions (le signal de collision est retransmis à l'ensemble des stations)
  - LED de status + test du lien toutes les 8 secondes
- Liaison Hub/Station ou Hub/Hub en paires torsadées (1 pour l'émission, 1 pour la réception)
- Nombre de niveaux limités par la fenêtre de collision

Olivier Glück

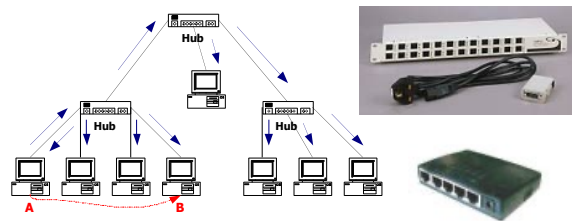
Licence Informatique UCBL - Module LIFASR6 : Réseaux

61

61

## Ethernet, IEEE 802.3 10baseT

- Longueur d'un maximale d'un brin (liaison hub/station ou hub/hub) : 100m ou 150m
- 2 paires torsadées UTP catégorie 5
- 3 niveaux de Hub au maximum



Olivier Glück

Licence Informatique UCBL - Module LIFASR6 : Ré

62

62

## Récapitulatif Ethernet 10 Mbit/s

paramètres	10base5	10base2	10base T
médium de transmission (50 ohm)	coaxial (50 ohm)	coaxial (50 ohm)	paire téléphonique
technique de signalisation	Manchester	Manchester	Manchester
vitesse de transmission	10 Mbits/s	10 Mbits/s	10 Mbits/s
longueur maximale du segment	500 m	185 m	100 m (étoile)
couverture maximale du réseau	2500 m	925 m	400 m
nb max de nœuds par segment	100	30	dépend de l'équipement actif
espacement min entre les nœuds	2,5 m	0,5 m	*
diamètre du câble	10 mm	5 mm	*

source L. Toutain

Olivier Glück

Licence Informatique UCBL - Module LIFASR6 : Réseaux

63

63

## FastEthernet

- Evolution du 10baseT vers le 100 Mbit/s (IEEE 802.14)
- Hub et cartes avec ports 10/100Mbitps (auto-négociation)
  - le signal de *link status* est remplacé par un mot de 16 bits qui décrit les caractéristiques de l'équipement
  - le port et la carte s'auto-configurent sur le plus grand dénominateur commun (permet la mixité 10/100)
  - hub type I (mixité) ou type II (plus rapide)
- Plusieurs versions
  - 100baseT4 (4 p. cat. 3,4,5), 100baseT2 (2 p. cat. 3,4,5), 100baseTX (2 p. cat. 5), 100baseFX (fibre)

Olivier Glück

Licence Informatique UCBL - Module LIFASR6 : Réseaux

64

64

## Gigabit Ethernet (1)

- Avec un commutateur Gigabit Ethernet
  - mise en relation de type point-à-point : pas de diffusion, pas de détection de collision (pas CSMA/CD)
  - la taille de trame minimale reste de 64 octets
- Avec un répéteur (hub) Gigabit Ethernet
  - pour garder un diamètre du réseau suffisant (200m), la trame minimale peut être augmentée à 512 octets
  - pour ne pas gaspiller la bande passante par le bourrage, un mécanisme de groupage de trames (*burst*) est mis en place
- Généralement utilisé pour l'interconnexion de réseaux à 10 ou 100 Mbit/s
- Support de prédilection : fibre optique

Olivier Glück

Licence Informatique UCBL - Module LIFASR6 : Réseaux

65

65

## Gigabit Ethernet (2)

- Un équipement Gigabit Ethernet contient généralement des ports 10, 100 et 1000 avec des ports pour la fibre optique
- Les différents types
  - 1000baseCX : 2 paires blindées (STP) sur 25m -> limité à l'interconnexion de hub ou clusters
  - 1000baseSX : fibre optique courte longueur d'onde sur 260/550m -> interconnexion à l'intérieur d'un bâtiment
  - 1000baseLX : fibre optique grande longueur d'onde sur 3km (monomode) -> interconnexion sur un campus
  - 1000baseT : 4 paires cat. 5/6 UTP sur 100m, coûteux car traitement du signal complexe

Olivier Glück

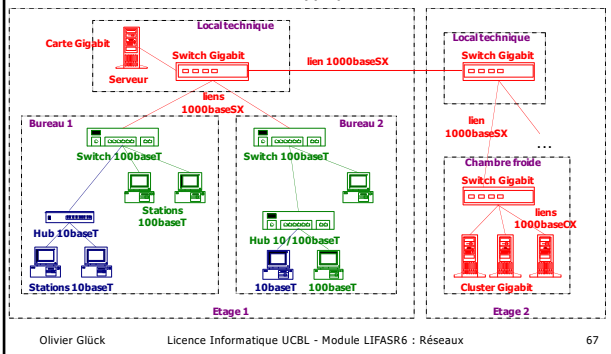
Licence Informatique UCBL - Module LIFASR6 : Réseaux

66

66

## Gigabit Ethernet (3)

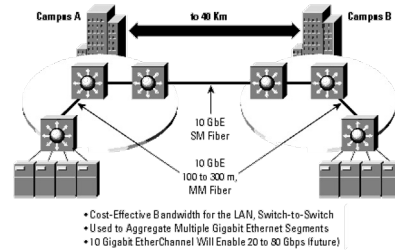
### Utilisation typique actuellement



67

## 10 Gigabit Ethernet

- Ethernet 10Gbit/s en cours uniquement sur fibre avec technique de multiplexage en fréquences



Olivier Glück Licence Informatique UCBL - Module LIFASR6 : Réseaux 68

68

## Evolutions d'Ethernet

- Pour certaines applications, une augmentation de la taille de la trame Ethernet serait nécessaire (champ données > 1500 octets) mais problème de compatibilité avec la trame IEEE 802.3
  - remplacer le champ longueur de la trame IEEE 802.3 par le numéro de protocole Ethernet quand les données font plus de 1500 octets (pour ces trames le champ longueur est inutile, il n'y a pas de bourrage)
  - problème : les équipements considèrent comme une erreur une trame de plus de 1518 octets (perte de compatibilité avec les équipements existants)

Olivier Glück Licence Informatique UCBL - Module LIFASR6 : Réseaux 69

69