

Architecture des réseaux informatiques

1

Plan

- 1- Introduction aux réseaux Informatiques
- 2- Modèles et architectures de référence
- 3- Systèmes et Supports de transmission de données
- 4- Réseaux locaux
- 5- Architecture TCP/IP

2

1- Introduction aux réseaux Informatiques

Définitions et concepts de base

3

Différents types de réseaux

On a l'habitude de classer les réseaux numériques en trois grandes catégories selon le domaine industriel concerné :

- l'informatique (les données),
- les télécommunications (la voix, la parole),
- les câblo-opérateurs (l'image, la vidéo).

La tendance actuelle tend vers la réunion de tous ces types de réseaux : les réseaux multimédias.

4

Les réseaux informatiques (1/5)

Leur naissance = un besoin : relier des terminaux distants (postes/stations de travail) avec un site central (serveur).

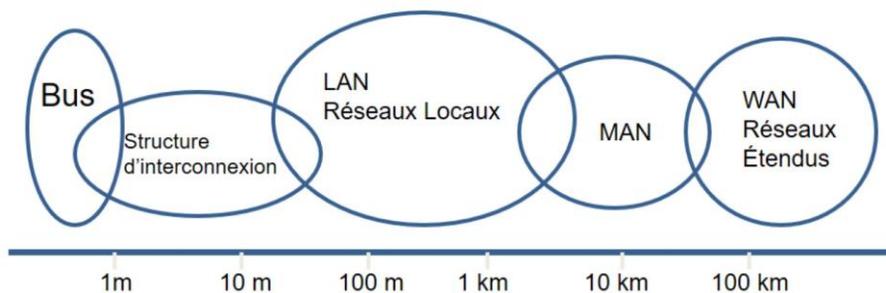
Ces communications (liaisons) étaient uniquement destinées au transport des données informatiques (tendance actuelle : transport du son et de la vidéo).

5 grandes catégories de réseaux en fonction de la distance maximale reliant deux points :

- Les BUS.
- Les structures d'interconnexion et les PAN.
- Les réseaux locaux (LAN).
- Les réseaux métropolitains (MAN).
- Les réseaux étendus (WAN).

5

Les réseaux informatiques (2/5)



Les différentes catégories de réseaux informatiques en fonction des distances reliant les nœuds d'interconnexion

6

Les réseaux informatiques (3/5)

- **Les BUS :**
 - inférieurs à 1 mètre,
 - ils interconnectent les processeurs, les mémoires, les entrées-sorties d'un ordinateur ou d'un multiprocesseur.
- **Les structures d'interconnexion :**
 - quelques mètres,
 - ils permettent d'interconnecter plusieurs ordinateurs dans une même pièce pour former des réseaux fermés à très haut débit,
 - débit de plusieurs centaines de Mbit/s.
- **Les PAN (Personal Area Network) :**
 - quelques mètres,
 - ils interconnectent les équipements personnels : GSM, portables, organisateurs, etc.

7

Les réseaux informatiques (4/5)

- **Les réseaux locaux (LAN) :**
 - plusieurs centaines de mètres,
 - ils interconnectent les équipements informatiques d'une même entreprise, d'une même université,
 - débit de quelques Mbit/s à quelques Gbit/s.
- **Les réseaux métropolitains (MAN) :**
 - interconnexion de plusieurs sites dans une même ville,
 - interconnexion des réseaux locaux situés dans des bâtiments différents.
- **Les réseaux étendus (WAN) :**
 - ils interconnectent des sites et des réseaux à l'échelle d'un pays,
 - ils sont soit terrestres, soit satellitaires.

8

Les réseaux informatiques (5/5)

Les techniques de transports des données numériques sont appelées «transfert de paquets» :

- découpage en fragments de l'information,
- transport de ces paquets entre deux extrémités du réseau,
- réassemblage des fragments pour récupérer l'information.

Mise en place de normes pour le bon fonctionnement des réseaux et leur interconnexion par les normalisateurs : ISO et IUT-T (Union Internationale des Télécommunications)

- proposition d'un modèle de référence à sept couches (OSI),
- chaque couche n'est pas obligatoire,
- concurrenté par l'architecture TCP/IP qui a été proposée par le ministère américain de la défense.

9

2- Modèles et architectures de référence

- Normalisation des réseaux
- Modèle OSI
- Architecture TCP / IP

10

Introduction

Les réseaux informatiques doivent permettre à des applications informatiques de coopérer sans tenir compte de l'hétérogénéité des moyens et procédés de transmission (Ex : de la topologie, des méthodes d'accès, des caractéristiques des équipements ou des supports, etc.).

- . Adapter la technologie de transmission au support de communication
- . Masquer les phénomènes altérant la transmission
- . Maintenir la qualité demandée
- . Offrir l'interopérabilité (1)
- . Optimiser l'utilisation des ressources (2)
- . Assurer la pérennité des choix (3)

(1) + (2) + (3) → Normalisation

11

Objectif & Principes

Objectif : Réduire la complexité de conception des réseaux informatiques.

Principes :

- démarche analytique : recensement des fonctions nécessaires
- démarche synthétique : classement des fonctions
- démarche simplificatrice et constructive :
 - . regroupement en sous-ensembles pour simplifier la compréhension des fonctions (frontières précises, concises et utiles)
 - . décomposition hiérarchique de l'ensemble des mécanismes à mettre en œuvre en une série de couches (ou niveaux).

Remarque : Le nombre de couches, leurs noms et leurs fonctions varient selon les types de réseaux

Exemples :

le modèle de référence de l'OSI : 7 couches

LAN : 2 + 2 sous-couches; ATM : 2 + 1 + 3 sous-couches, Internet : 3 ou 4 couches

12

Principes de base de la décomposition en couches

Une couche doit être créée lorsqu'un nouveau niveau d'abstraction est nécessaire

Chaque couche exerce une fonction bien définie

Les fonctions de chaque couche doivent être choisies en pensant à la définition des protocoles normalisés internationaux

Le choix des frontières entre couches doit minimiser le flux d'informations aux interfaces

Le nombre de couches doit être :

- suffisamment grand pour éviter la cohabitation dans une même couche de fonctions très différentes, et
- suffisamment petit pour éviter que l'architecture devienne difficile à maîtriser.

13

Les normes et standards

– Le modèle OSI

- La couche physique (niveau 1)
- La couche liaison de données (niveau 2)
- La couche réseau (niveau 3)
- La couche transport (niveau 4)
- La couche session (niveau 5)
- La couche présentation (niveau 6)
- La couche application (niveau 7)

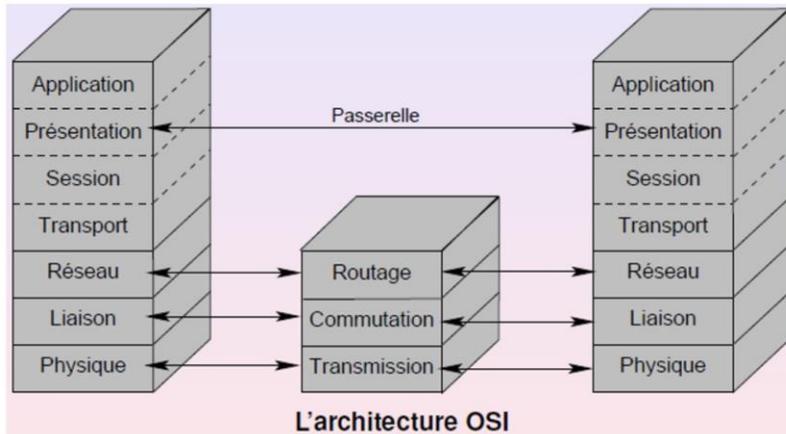
– L'architecture TCP/IP

- Le protocole IP
- Les protocoles UDP/TCP
- IPv6

– Le modèle ATM

14

Le modèle de référence



15

L'architecture OSI

- Open System Interconnection.
- Normalisée par l'ISO (International Standardisation Organisation).
- Architecture en couches où chaque couche :
 - fournit des services pour la couche supérieure,
 - communique avec son homologue via un protocole bien défini (règles de communication),
 - utilise les services fournis par la couche inférieure.
- Le modèle OSI définit un cadre fonctionnel :
 - il ne définit pas comment les systèmes interconnectés fonctionnent,
 - il ne dit pas comment la norme doit être implantée.

16

Les 7 couches du modèle de référence (1/7)

La couche physique

- Objectif : assurer la transmission de bits entre les entités physiques : ETTD (machines) et ETCD (modems).
 - ETTD = Équipement Terminal de Traitement de Données.
 - ETCD = Équipement de Terminaison de Circuit de Données.
- Unité d'échanges : le bit.
- Services : fournit des moyens nécessaires à l'activation et au maintien d'une connexion physique → spécification :
 - de la nature et des caractéristiques du médium de communication.
 - du mode de connexion au réseau (brochage).
 - du choix du codage de bits.
 - des tensions et des fréquences utilisées.
- Point de vue : liaison ETCD - ETCD et liaison ETTD - ETCD.

17

Les 7 couches du modèle de référence (2/7)

La couche liaison de données

- Objectifs :
 - masquer les caractéristiques physiques,
 - effectuer des contrôles d'erreur.
- Unité d'échanges : la trame.
- Services :
 - structuration des données en trames.
 - contrôle d'erreur :
 - en émission : ajout dans la trame d'un code d'erreur (CRC).
 - en réception : mise en œuvre du contrôle grâce au code d'erreur.
 - définition des règles de synchronisation.
- Point de vue : liaison ETCD - ETCD et liaison ETTD - ETCD.
- protocole OSI = HDLC (High-Level Data Link Control).

18

Les 7 couches du modèle de référence (3/7)

La couche réseau

- Objectifs :
 - assurer l'acheminement à travers le réseau des messages en tenant compte des nœuds intermédiaires.
 - acheminement de bout en bout.
 - Unité d'échanges : le paquet.
 - Services :
 - routage.
 - commutation de paquets.
 - prendre en charge la segmentation et le regroupage.
- normes ISO : X25.3 et IP.

19

Les 7 couches du modèle de référence (4/7)

La couche transport

- Objectif : acheminement de bout en bout exclusivement.
 - Unité d'échanges : le datagramme.
 - Services :
 - fragmentation en paquets.
 - multiplexage/démultiplexage des services (processus).
 - Point de vue : communication entre processus (de bout en bout).
- normes : TCP et UDP (Protocol Data Unit)

20

Les 7 couches du modèle de référence (5/7)

La couche session

- Objectif : fournir un ensemble de services pour la coordination des applications.
- Unité d'échanges : le datagramme.
- Services :
 - établissement de la connexion entre les applications.
 - définition de points de synchronisation en cas d'erreur.
- Point de vue : processus/services, applications.

21

Les 7 couches du modèle de référence (6/7)

La couche présentation

- Objectifs :
 - permettre de manipuler des objets marqués plutôt que des bits,
 - fournir une représentation standard pour ces objets.
- Unité d'échanges : le datagramme.
- Services :
 - définition d'une notation abstraite pour les objets marqués.
 - compression, cryptage.

22

Les 7 couches du modèle de référence (7/7)

– La couche application

- Services rendus aux utilisateurs.
- Exemples d'applications standards :
 - mail, news, ftp
 - terminaux virtuels (telnet, rlogin, ssh...)
- Unité d'échanges : le datagramme.

* : **rlogin** est une commande Unix de la famille des commandes **R**(emote = à distance) qui permet d'ouvrir une session à distance sur une autre machine de type Unix, via TCP sur le port 513.

23

L'architecture TCP/IP (1/4)

– Les deux principaux protocoles :

- Internet Protocol (IP) : protocole de niveau réseau assurant un service sans connexion,
- Transmission Control Protocol (TCP) : protocole de niveau transport fournissant un service fiable avec connexion.

– Le protocole IP :

- niveau 3 du modèle de référence,
- protocole d'interconnexion permettant de véhiculer des blocs de données contenant une adresse sans autres fonctionnalités (paquets IP).
- objectif : transporter ce bloc de données dans un paquet de n'importe quelle autre technique de transfert de paquets.
- paquets IP indépendants les uns des autres et routés individuellement.
- qualité de service très faible : pas de détection des paquets perdus.

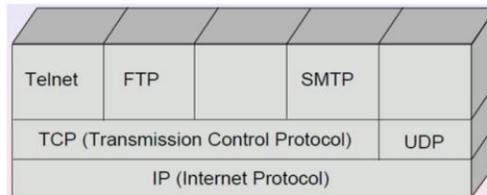
24

L'architecture TCP/IP (2/4)

- Le protocole TCP :
 - niveau 4 (transport) du modèle de référence.
 - nombreuses fonctions permettant de résoudre les problèmes de pertes de paquets dans les niveaux inférieurs,
 - mode connecté contrairement à UDP.
- Le protocole UDP (Protocol Data Unit) :
 - protocole de niveau 4,
 - n'offre pratiquement aucune fonctionnalité,
 - permet la prise en compte d'applications qui ne demandent que très peu de services de la part de la couche transport.
- Protocoles au dessus de TCP et UDP sont des protocoles de type applicatif.

25

L'architecture TCP/IP (3/4)



- **Telnet** : TELEcommunication NETwork est un protocole réseau utilisé sur tout réseau prenant en charge le protocole TCP/IP. Il appartient à la couche application, son but est de fournir un moyen de communication bidirectionnel et orienté octet.
- **FTP** : File Transfer Protocol (protocole de transfert de fichiers), protocole de communication dédié à l'échange informatique de fichiers sur un réseau TCP/IP,
- **SMTP** : Simple Mail Transfer Protocol (Protocole simple de transfert de courrier), C'est un protocole de communication utilisé pour transférer le courrier électronique (courriel) vers les serveurs de messagerie électronique

26

L'architecture TCP/IP (4/4)

Le protocole IPv6 représente la nouvelle génération

Version	Priorité	Étiquette de flot	
Longueur de données		En-tête suivant	Nombre de noeuds traversés
Adresse émetteur sur 16 octets			
Adresse récepteur sur 16 octets			
Options			

27

Le protocole IPv6 (1/3)

– La structure des paquets (1/3)

- **Priorité** : ce champ permet de traiter les paquets plus ou moins rapidement dans les nœuds du réseau. Les principales valeurs sont les suivantes :
 - 0 pas de priorité particulière
 - 1 trafic de base (news)
 - 2 transfert de données sans contraintes temporelles (courriel)
 - 3 réservé pour des développement futurs
 - 4 transfert en bloc avec attente du récepteur (transfert de fichiers)
 - 5 réservé pour des développement futurs
 - 6 trafic interactif (rlogin, terminal virtuel, etc.)
 - 7 trafic pour le contrôle (routage, contrôle de flux)

* : **rlogin** est une commande Unix de la famille des commandes (**R**emote = à distance) qui permet d'ouvrir une session à distance sur une autre machine de type Unix, via TCP sur le port 513.

28

Le protocole IPv6 (2/3)

– La structure des paquets (2/3)

- Étiquette de flot est un champ nouveau permettant d'indiquer la qualité de service des informations transportées. Il est utilisé par les routeurs et permet de prendre des décisions sur le routage qui optimisent le transport d'informations comme (avec contraintes temps réel) la parole.
- Longueur des données indique la longueur totale du datagramme en octets (sans tenir compte de l'en-tête).
- En-tête suivant indique le protocole encapsulé dans la zone de données du paquet. Les options suivantes sont possibles :

0	Hop-by-Hop Option Header	4	IP
6	TCP	17	UDP
43	Routing Header	44	Fragment Header
45	Interdomain Routing Protocol	46	Resource Reservation Protocol
50	Encapsulating Security Payload	51	Authentication Header
58	ICMP	59	No Next Header
60	Destination Options Header		

29

Le protocole IPv6 (3/3)

– La structure des paquets (3/3)

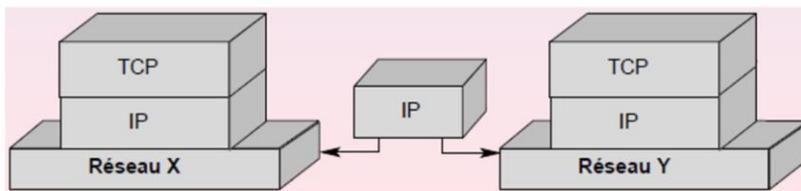
- Nombre de nœuds traversés : ce champs permet de déterminer la durée de vie des paquets (nombre de routeurs à traverser avant de mourir).
- Les deux champs adresses sont sur 128 bits :
 - une adresse IPv6 est représentée par blocs de 16 bits, en hexadécimal, séparés par «:»
 exemple : une adresse IPv6
 128:FCBA:1024:1B23:0:0:24:FEDC
 - Les séries d'adresses égales à 0 peuvent être abrégées par «:» qui ne peut apparaître qu'une seule fois dans une adresse car il n'indique pas le nombre de zéro.
 - l'adressage IPv6 est hiérarchique.
- Le champs Options permet l'ajout de nouvelles fonctions concernant la sécurité.

30

L'architecture TCP/IP (Bilan)

– Conclusions :

- Souplesse de mise en place au dessus de n'importe quel réseau existant.
- Encapsulation et décapsulation des paquets IP dans les paquets des réseaux qu'ils doivent traverser lors des opérations de routage par le protocole IP.
- La souplesse du réseau Internet provient de cette facilité d'adaptation de l'environnement TCP/IP au dessus de n'importe quel réseau.



31

3- Systèmes et Supports de transmission de données

- Les systèmes de transmission
- Les supports de transmission

32

Couche physique (niveau 1)

- Transmission de données binaires au niveau matériel.
- Supports de transmission très variés :
 - câbles électriques, fibres optiques, câble Ethernet, câble coaxiale,
 - liaison radio, laser, etc.
- Techniques de transmission binaire propres à chacun de ces supports :
 - définition du temps nécessaire pour qu'un bit soit diffusé,
 - ergonomie d'un connecteur ou standard de brochage dans ces connecteurs.
- Capacité à autoriser une communication bidirectionnelle ou plusieurs communications sur une même ligne physique unique.

33

Les modes d'exploitation

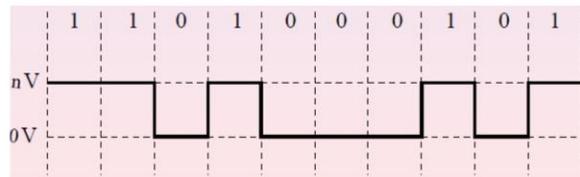
- **Il existe trois modes d'exploitation d'une ligne de transmission :**
 - Les communications simplex entre deux équipements n'autorisent le passage que dans un seul sens. L'émetteur et le récepteur sont alors deux entités distinctes et c'est l'émetteur qui dirige la transmission.
 - Les communications semi-duplex (half duplex) permettent à des données de transiter dans les deux sens sur un support physique unique, mais non simultanément. Le premier émetteur est l'initiateur de la communication.
 - Les communications duplex (full-duplex) permettent de mettre en place sur une ligne des transferts bidirectionnels simultanés. Dans ce cas, plusieurs techniques de multiplexage peuvent être utilisées.

34

Transmission en bande de passe (1/6)

– Description :

- distance entre deux ordinateurs faible (réseaux locaux) .
- le signal émis sur un câble électrique reste donc peu affaibli.
- transmission en bande de passe : les données binaires codées par un signal numérique sont transmises directement sur le câble.
- le codage le plus simple consiste à faire correspondre au bit 1 un signal électrique de tension n volts et au bit 0 un signal de tension nulle.
- exemple : transmission de la valeur 1101000101.



35

Transmission en bande de passe (2/6)

– Problèmes posés par le codage trop simple :

- une tension nulle correspond à l'envoi d'un 0 binaire mais peut aussi correspondre à l'absence d'envoi de données.
 - si une suite binaire comprend plusieurs 0 ou 1 binaires consécutifs, il faut que l'émetteur et le récepteur soient parfaitement synchronisés pour que le décodage se fasse correctement.
- cela peut conduire le récepteur à ne pas reconnaître les données reçues.

– Pour éliminer ces problèmes, plusieurs codes plus évolués ont été élaborés :

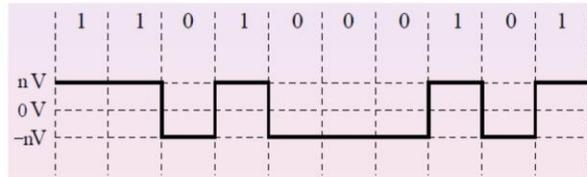
- le NRZ pour sa simplicité de conception,
- le code de Manchester pour sa mise en œuvre dans les réseaux Ethernet,
- le code de Manchester différentiel,
- le code de Miller.

36

Transmission en bande de passe (3/6)

– Le code NRZ (No Return to Zero) :

- résolution du problème d'absence de signal sur le câble,
- on code le bit 1 par un signal de n volts et le bit 0 par un signal opposé.



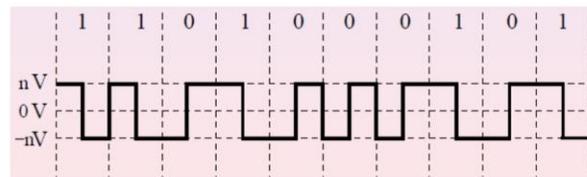
- Le code NRZI (No Return to Zero Inverted) est similaire au code NRZ mais les tensions associées aux valeurs binaires sont inversées : 1 est codé par une tension négative et 0 par une tension positive.

37

Transmission en bande de passe (4/6)

– Le code Manchester :

- Il est aussi appelé le code biphasé.
- Il propose une solution au problème de détection des longues chaînes de 0 ou 1.
- Il s'agit d'un code basé sur les variations du signal : ce n'est plus la tension qui est importante mais la différence de signal.
- 1 est codé par un passage de la tension n à $-n$ et 0 par le passage en sens inverse.

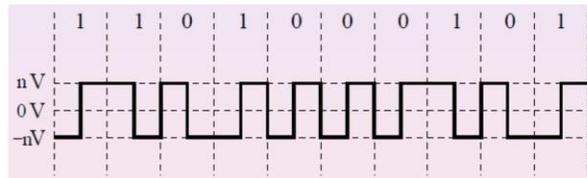


38

Transmission en bande de passe (5/6)

– Le code Manchester différentiel :

- Il est aussi appelé le code biphase différentiel.
- Il est similaire au précédent mais le bit 0 est codé par une transition en début d'horloge contrairement au bit 1.



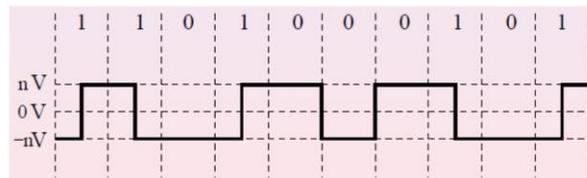
- Dans les deux cas, un changement de tension est réalisé en milieu de temps horloge.
- Il a été utilisé dans la norme 802.5 (réseau de type anneau à jeton).

39

Transmission en bande de passe (6/6)

– Le code Miller :

- Le bit 1 est codé par une transition en milieu de temps horloge et le bit 0 par une absence de transition.
- Les longues suites de 0 posant toujours le problème de la synchronisation, si un bit 0 est suivi d'un autre 0 une transition est rajoutée à la fin du temps horloge.



40

Les supports de transmission (1/12)

– Il existe différents supports de transmission des données sur le marché, les principaux que l'on trouve actuellement sont :

- les câbles électriques : câbles à paires torsadées et câbles coaxiaux,
- la fibre optique,
- l'espace hertzien pour les réseaux sans fil.

41

Les supports de transmission (1/12)

– **Le câble électrique à paires torsadées :**

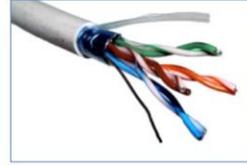
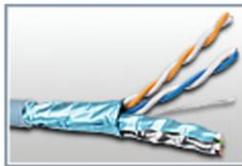
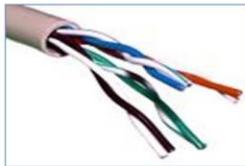
- il est actuellement le support physique le plus répandu,
- il est utilisé dans plusieurs cas :
 - connexion d'un poste au concentrateur du réseau (hub, switch,...).
 - interconnexion d'éléments actifs de natures diverses (concentrateurs, commutateurs, relanceurs...).
- La structure de ce type de câbles est simple : il est constitué de plusieurs fils de cuivre torsadés par paires, ces paires étant à leur tour torsadées entre elles.
- Un câble peut regrouper, suivant les utilisations qui en sont faites, de une à plusieurs centaines de paires torsadées.
- Dans le cadre des réseaux locaux, le type le plus commun est de quatre paires torsadées.

42

Les supports de transmission (2/12)

– Le câble électrique à paires torsadées (suite) :

- On peut distinguer différents niveaux de qualité :
 - le câble non blindé, UTP (Unshielded Twisted Pair), support le plus simple et donc le moins coûteux.
 - le câble avec écran : UTP avec écran ou FTP. L'écran est une simple feuille d'aluminium placée entre les fils et la gaine PVC.
 - le câble blindé, STP (Shielded Twisted Pair), protégé des parasites par une tresse métallique.
 - Le câble protégé contre l'eau.



[Photos page 202](#)

43

Les supports de transmission (3/12)

– Le câble électrique à paires torsadées (suite) :

- Les connecteurs appropriés à ce type de câbles sont les connecteurs RJ45 pour les 4 paires ou RJ11 pour deux paires.
- Différentes catégories de câbles ont été définies en fonction de leurs performances :
 - Elles sont nommées Catégorie 1 à Catégorie 5.
 - Une Catégorie 5 améliorée a été créée pour mettre en œuvre les réseaux ATM.
 - Deux autres catégories (Catégorie 6 et Catégorie 7) ont été créées pour permettre de disposer de câbles à paires torsadées à très haut débit.

44

Les supports de transmission (4/12)

– Caractéristiques des différentes catégories de câbles :

- Les câbles de catégories 1 et 2 fonctionnent sur une fréquence maximale inférieure à 10 MHz et permettent un débit maximal de 1 Mbit/s. Ils permettent le transport de la voix et des données.
- Les câbles de catégorie 3 : fréquence maximale de 20 MHz, débit maximal de 16 Mbit/s. Utilisation : transport de la voix et des données, réseaux Ethernet. (Ethernet est un protocole de réseau local à commutation de paquets)
- Les câbles de catégorie 4 améliore le débit par rapport au Catégorie 3 (20 Mbit/s).
- Les câbles de catégorie 5 (Norme EIA/TIA TSB 36) : fréquence maximale de 100 MHz, débit maximal de 100 Mbit/s. Utilisation : transport de la voix et des données, réseaux Fast Ethernet.
- Les câbles de catégorie 5 améliorée (5+ ou 5e) : fréquence maximale de 100 MHz, débit maximal de 155 Mbit/s. Utilisation : transport de la voix et des données, réseaux Fast Ethernet, réseaux ATM à 155 Mbit/s.

45

Les supports de transmission (5/12)

– Les nouvelles catégories de câbles :

- Les câbles de catégorie 6 et 6a : fréquence maximale de 250 MHz, débit maximal de 2 Gbit/s. Utilisation : transport de la voix et des données, réseaux Fast Ethernet, réseaux Gigabit Ethernet, réseaux ATM à 155 Mbit/s, réseaux ATM à 622 Mbit/s.
- Les câbles de catégorie 7 : fréquence maximale de 600 MHz, débit maximal de 10 Gbit/s. Utilisation : transport de la voix et des données, réseaux Gigabit Ethernet, réseaux ATM à 622 Mbit/s.

- **Actuellement, le câble le plus utilisé est de catégorie 5+. Il supporte aussi bien les réseaux Ethernet à 10 Mbit/s que Fast Ethernet à 100 Mbit/s.**

46

Les supports de transmission (6/12)

– Les câbles coaxiaux :

- Un câble coaxial est un câble électrique constitué de deux conducteurs :
 - un conducteur cylindrique creux.
 - un fil électrique simple placé à l'intérieur du précédent et isolé par une matière non-conductrice.
- La bande passante est inférieure à 100 MHz ce qui les rends inexploitable pour des réseaux hauts débits.
- Le câble coaxial RG 58 :
 - connexion effectuée par des connecteurs BNC,
 - utilisé pour la transmission de données Ethernet dans la limite de 200 mètres,
 - voué à disparaître.



[Photos page 204](#)

47

Les supports de transmission (7/12)

– Les câbles coaxiaux (suite) :

- Le câble coaxial RG 11 :
 - câble coaxial épais : un meilleur niveau de blindage,
 - limitation à 500 mètres,
 - voué à disparaître au profit de la fibre optique.
- Le câble coaxial large bande :
 - CATV : Community Antenna Television,
 - utilisé pour la transmission des chaînes de télévision par câble,
 - fréquence de largeur de bande pouvant aller jusqu'à 500 MHz, autorisant la transmission d'images.

48

Les supports de transmission (8/12)

– La fibre optique :

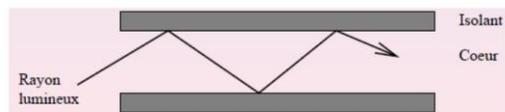
- un cylindre constitué d'un matériau conduisant la lumière, enveloppé dans un isolant.
- transmission par réflexions successives.
- très large bande passante permettant des débits allant de 1 à plusieurs centaines de Gbit/s sur des distances de plusieurs kilomètres.
- utilisation intéressante même dans des réseaux bas débit pour réduire le taux d'erreurs de transmissions et le nombre de retransmissions.
- connexion à la fibre effectuée par un émetteur optique qui convertit un signal électrique en un signal lumineux.
- 2 types de connecteurs possibles : SC (un ergot maintient le connecteur en place une fois enclenché) ou ST (le branchement est réalisé par un système à baïonnette).

49

Les supports de transmission (9/12)

– La fibre optique (suite) :

- Fibres multi modes à saut d'indice :
 - Le cœur translucide de la fibre est recouvert d'un matériau qui ne laisse pas passer la lumière (indice de réfraction nul).
 - Le rayon lumineux est transmis par réflexions successives.
 - Bande passante de 100 Mhz.
 - Adapté aux réseaux locaux haut débit.
 - Le câble le moins cher pour les fibres optiques.

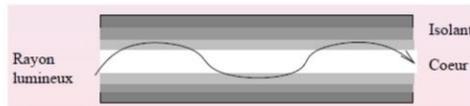


50

Les supports de transmission (10/12)

– La fibre optique (suite) :

- Fibres multi modes à gradient d'indice :
 - L'indice de réfraction de la gaine n'est plus fixe (diminution en s'éloignant du cœur).
 - Chemin parcouru par le rayon plus court et donc diminution du temps de transmission.
 - Un coût de mise en œuvre plus important que les fibres à saut d'indice.



51

Les supports de transmission (11/12)

– La fibre optique (suite) :

- Fibres monomodes :
 - Ne transmet que les rayons dont la trajectoire est l'axe de la fibre.
 - Un faisceau laser est nécessaire aux extrémités.
 - Les débits peuvent dépasser plusieurs dizaines de Gbit/s.
 - Un coût de mise en œuvre très élevé notamment à cause des faisceaux lasers.



52

Les supports de transmission (12/12)

– Les réseaux sans fils :

- Utilisation de milieux comme l'air, le vide... comme support de transmission des ondes électromagnétiques : l'espace hertzien.
- Plusieurs types d'ondes électromagnétiques sont utilisées dans les réseaux informatiques :
 - ondes radio : la gamme de fréquences va de 10 kHz jusqu'à 300 GHz. Pour les fréquences les plus basses, des architectures de réseaux locaux sans fils proposent des débits de 2 à 20 Mbit/s sur des distances atteignant 20 km. Pour les fréquences plus élevées, on peut atteindre des débits dépassant le Gbit/s.
 - ondes infrarouges : ondes de fréquences supérieures à 300 GHz. Leur création bien qu'assez simple est restreinte car à cette fréquence, elles ne peuvent traverser la matière physique.
 - ondes lumineuses : une source lumineuse (un laser) envoie des données à un récepteur optique, coût élevé.

53

4- Les réseaux locaux

- Etude de la couche liaison de données
- Les réseaux locaux
- Les réseaux Ethernet
- Les réseaux Token-ring
- Interconnexion des réseaux locaux

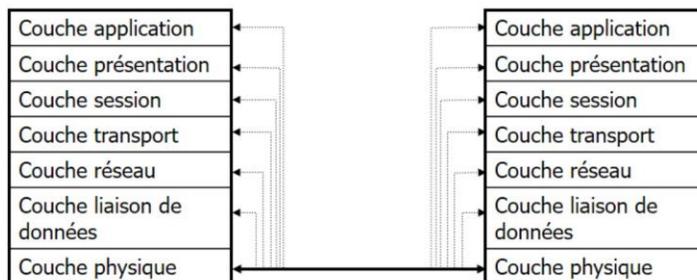
54

Couche liaison de données

- Rappel structure en couches
- Présentation
- Mise en œuvre
- Gestion de la ligne
- Protocoles de transmission
- Protocole à fenêtre glissante
- Correction d'erreurs
- Sous-couche d'accès au média (MAC)
- Réseaux ATM

55

Rappel de la structure en couche



56

Présentation

Couche liaison de données

- Mets les paquets (trains) qui lui sont donnés par la couche réseau dans des trames (groupes de wagons)
 - Assure la bonne transmission de chaque trame (délimitation, synchronisation ...) sur une ligne point-à-point (i.e. entre deux ordinateurs)
 - Utilise des algorithmes de correction d'erreur
 - Peut mettre en œuvre un contrôle de congestion limité à la ligne point-à-point
 - Gère l'accès des ordinateurs à la ligne (ou espace) , lorsqu'il est partagé (réseaux radio, p.ex.)
- Service sans connexion, avec connexion, sans/avec accusé de réception

57

Mise en œuvre

Liaisons

- Série : les bits sont envoyés les uns à la suite des autres
- Parallèle : il y a plusieurs lignes, une par bit

Modes de communications

- Simplex : dans un seul sens, tout le temps
- Half-duplex : dans un seul sens, puis dans l'autre, en alternance
- Duplex : dans les deux sens en même temps

Modes de transmission

- Synchrone : trains de bits
- Asynchrone : bits utilisés entourés de bits de start, respectivement stop

58

Gestion de la ligne

→ Protocoles synchrones : contrôlés par

1. Octets spéciaux

Caractère	Fonction
SYN	Inactif synchrone
DLE	Data Link Escape, pour la transparence du code
ENQ	Enquiry, pour obtenir l'état de ligne
SOH	Start Of Heading, début d'en-tête
STX	Start of Text, début du texte
EOT	End Of Text
...	...

- Le code DLE précède les codes spéciaux, pour les annoncer. Si l'utilisateur transmet aussi un DLE, l'interface en place un autre (transparence)

59

Gestion de la ligne

2. Bloc spéciaux de bits

- Ce schéma a l'avantage de ne pas dépendre d'une norme particulière. Il s'agit d'un bloc 01111110 qui est généré au début et à la fin de la trame contenant les données
- Pour éviter l'ambiguïté, après chaque bloc de cinq 1, un 0 est inséré
- Le récepteur examine le bit qui suit cinq bits 1 : s'il est 0, il le retire du flot de données transmises aux couches supérieures, sinon, il attend la fin du bloc spécial

60

Gestion de la ligne

3. Comptage : blocs de contrôle, suivis d'une information donnant la longueur de trame contenant les données utilisateur

→ Protocoles asynchrones : horloge du récepteur plus rapide que le taux de transmission, pour se synchroniser sur le caractère de début

61

Protocoles de transmission

Parfois les trames peuvent arriver avec des erreurs, ou se perdre, ou devenir totalement corrompues (niveaux de tension/fréquence de porteuse incorrecte ...). Il faut alors retransmettre les données. Il faut également initier et terminer la communication.

62

Protocoles de transmission

Asynchrones

- Méthode « RTS/CTS » (Request To Send/Clear To Send) norme RS232C : il y a plusieurs lignes de transmission, dont ces deux. L'émetteur, lorsqu'il souhaite commencer la transmission l'indique par un signal sur RTS. Le récepteur, lorsqu'il est prêt, répond de la même manière sur CTS.
- Méthode « XON/XOFF » pour les imprimantes, qui traitent plus lentement les données, que l'ordinateur ne les envoie pas; XOFF est un caractère transmis par l'imprimante pour signifier un arrêt temporaire de réception, XON indique qu'elle est prête à recevoir à nouveau des données.

63

Protocoles de transmission

Synchrones

- Après chaque unité de données bien reçue, le récepteur renvoie un accusé de réception – ACK – à l'émetteur
- Dans le cas d'une mauvaise réception, l'accusé de réception est négatif – NACK –
- Des temporisateurs sont utilisés pour relancer la transmission s'il n'y a pas de réponse, et éventuellement rapporter aux couches supérieures le problème de ligne
- Les trames sont numérotées, pour augmenter le débit, et les accusés de réception le sont aussi

64

Niveau connexion

On distingue DTE (Data Terminal Equipment) et DCE (Data Circuit-terminating Equipment) auquel la ligne est connectée

RS232C est une norme de port série entre ces deux équipements

65

Protocole « sliding window »

Si la vitesse de transmission de données est plus grande que le temps d'un aller-retour pour l'accusé de réception, l'émetteur peut donc envoyer plusieurs trames à la chaîne, numérotées

Au bout d'un certain nombre, il s'arrête, et commence à attendre des accusés de réception

S'il n'y a pas de problème, chaque accusé de réception lui permet d'envoyer une nouvelle trame

66

Protocole « sliding window »

S'il y a un problème : accusé négatif, ou pas d'accusé après la durée d'attente, alors il re-transmet la trame en question

Pour une largeur de fenêtre de W trames, les numéros doivent aller de $1W$ à $2W$ afin d'éviter toute ambiguïté (si jamais tous les accusés de réception se perdent, les trames sont retransmises, et le récepteur ne doit pas pouvoir les confondre avec de nouvelles trames éventuelles)

67

Correction d'erreurs

Reprise

Lors de la transmission, il peut y avoir des erreurs changeant la valeur des bits, de manière individuelle et aléatoire : taux d'erreur probabiliste, ou concernant un bloc de bits contigus

Il faut pouvoir les détecter et éventuellement les corriger

Une variante simple est le [contrôle de parité](#), mais elle ne détecte qu'une partie des erreurs (parité simple ou bloc)

68

Correction d'erreurs

Une méthode plus sophistiquée : les polynômes de vérification cyclique de redondance ([CRC](#)) en arithmétique modulo 2 :
$$\frac{M \cdot 2^n}{G} = Q + \frac{R}{G}$$

On émet $T = M \cdot 2^n + R$ après le calcul, et à la réception, on vérifie que G divise T. M est sur k bits, $n < k$, et G est sur n+1 bits

69

Sous-couche d'accès au médium

Elle a pour rôle la gestion effective de la prise de ligne.

Contrôle de plusieurs types :

- Primaire/secondaire : avec interrogation, ou multiplexage
- Sans hiérarchie : sans priorité (CSMA : *Carrier Sense Multiple Access*), ou avec priorités (token ring) ; allocation dynamique
- Gestion probabiliste

70

Réseaux ATM

Commutation de circuits virtuels, destiné à la transmission de données en flot continu (parole, son, image ...) mais aussi aux données séparables en paquets

Les trames sont des cellules de 53 octets, dont 5 forment l'en-tête, suivies d'un octet de vérification d'erreur de l'en-tête

Si une erreur intervient, la cellule est simplement rejetée

Problème de synchronisation, pour que le récepteur sache où commencent les cellules

71

Réseaux ATM

Après N échecs, le récepteur se décale d'un bit jusqu'à trouver un en-tête valide

Après P en-têtes valides successifs, il revient dans le mode de réception normal, se déclarant synchronisé

Ce type de réseau ne respecte pas le modèle OSI

72

Adresses matérielles, réseaux LAN

Sur un réseau local où co-existent plusieurs DTE (Data Terminating Equipment), il est nécessaire d'allouer à chaque interface (ou DCE : Data Communication Equipment) une adresse physique, ou matérielle, qui le distingue des autres

Ainsi, les communications point-à-point entre deux ordinateurs peuvent se faire en mode de diffusion, et les trames seront reprises seulement par l'équipement destinataire

73

Adresses matérielles, réseaux LAN

Dans l'exemple d'Ethernet (protocole de réseau local à commutation de paquets), un consortium mondial élabore et alloue ces adresses, garantissant l'unicité de chaque interface produite

La couche réseau utilise aussi la notion d'adresse, mais c'est une autre entité, *l'adresse logique*

Il y a donc besoin de protocoles pour faire le lien entre ces deux adresses, sans intervention d'un opérateur humain : RARP, ARP, BOOTP, DHCP ...

74