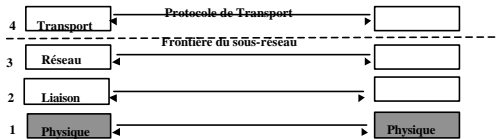


(Chapitre - 2)

La couche physique



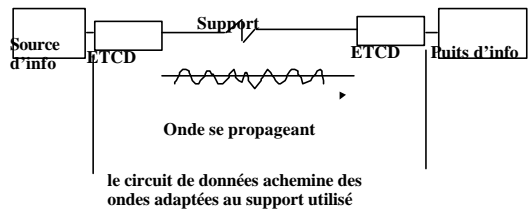
Plan du chapitre

- Nature et représentation de l'information à transmettre
- Principes de la Transmission
- Mode de transmission
- Caractéristiques des voies de communications
- Les supports de communications
- La transmission numérique

Fonctionnalités

- Codage de l'information (binaire ou non) en signaux physiques
- Type des signaux physiques émis
- Sens de transmission
- Supports physiques permettant l'émission des signaux physiques

PRINCIPE DE LA TRANSMISSION



• Types de transmissions:

- Sens: Simplex (1 seul sens) Half duplex (2 sens en alternance), FullDuplex (2 sens en même temps)
- Série : les signaux les uns après les autres sur 1 support
- parallèle : plusieurs signaux en même temps sur plusieurs supports (Ex imprimante parallèle, bus d'un ordinateur)
- Synchrone: 1 information / top d'horloge connu de l'émetteur et du récepteur
- Asynchrone: l'émetteur émet quand il veut mais il faut délimiter l'unité d'information (bit, octet, paquet) par une marque de début et de fin.
- Souvent Asynchrone au niveau du paquet et synchrone au niveau du bit.

Modes de transmission

• Analogique

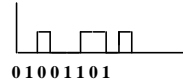
- Les ondes sur les supports "sont" l'information à transporter
- Ex : la voix pour le téléphone : plages de tensions sur un câble

Tension électrique



• Numérique (binaire)

- Les ondes représentent seulement les deux valeurs logiques 1 et 0 mais pas forcément seulement 2 valeurs d'amplitude, fréquence ou phase de l'onde



Mode de transmission numérique

• Mode de base ou bande de base

On transmet en bande de base, quand on transmet directement l'information binaire à l'aide de signaux électriques carrés pouvant prendre 2 valeurs (0 et 1 volt par exemple)

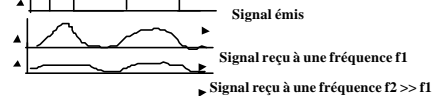
• Modulation

L'information codée sert à modifier un ou plusieurs des paramètres (amplitude, fréquence, phase) d'un signal sinusoïdal appelé onde porteuse.

Principes de transmission en bande de base

• Bande passante

- Il y a un affaiblissement et une distorsion des signaux qui varient suivant le support



- Au dessus d'une fréquence de coupure : on ne sait plus reconnaître les informations que l'on a émises
- Théorie du signal :
 - courbe de variation de l'affaiblissement en fonction de la fréquence
- Bande passante: plage de fréquence sans trop d'affaiblissement: on sait reconnaître l'information que l'on a émise

Nature et représentation de l'information à transmettre

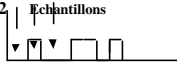
- Affaiblissement dépend de la distance donc on n'a pas les mêmes débits suivant les distances ou alors il faut des répéteurs pour réamplifier le signal.
- Valence d'une voie :
nombre d'états logiques distincts (non compris l'état au repos) utilisés pour représenter l'information. On la notera V
Exemple1 : $V = 2$, Voie bivalente $E \bar{I}$ {e1,e2}
» 0 -> e1 ; 1 -> e2
Exemple2 : $V = 4$, Voie quadrivalente $E \bar{I}$ {e1, e2, e3, e4}
» 00 -> e1, 01 -> e2, 10 -> e3, 11 -> e4


• Fréquence de modulation d'une ligne:

- En Baud: nombre d'échantillons distincts émis par secondes et reconnus par le récepteur (limité par la bande passante de la ligne)

• Débit binaire d'une ligne:

- En bits par seconde
- Dépend de la valence et de la bande passante

- Ex: $V = 2$

Période = $1/H$
On sait reconnaître les 1 et 0 en échantillonnant toutes les demi-périodes

- Ex: $V = 4$

Période = $1/H$
On sait reconnaître les valeurs en échantillonnant toutes les demi-périodes

Codage de l'information numérique

• Nature de l'information à transmettre

numérique: suite d'éléments binaires codant l'information

• Transmission des informations

elle se fait en modifiant l'état logique E de la voie.

• Correspondance état logique / état physique

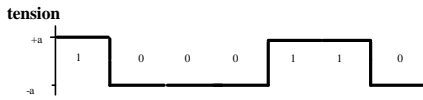
- À chaque état logique peut être associée une valeur, ou une plage de valeur de l'état physique
- À chaque état logique peut être associée une transition entre deux états physiques

Exemple : E dans {e1, e2}

- » e1 = 3, 5 v \pm 0,5v ; e2 = -3, 5 \pm 0, 5v
- » e1 = 3,5 v -> -3, 5 v ; e2 = -3, 5v -> 3, 5v

Exemples de codage

- Codage NRZ: le plus simple



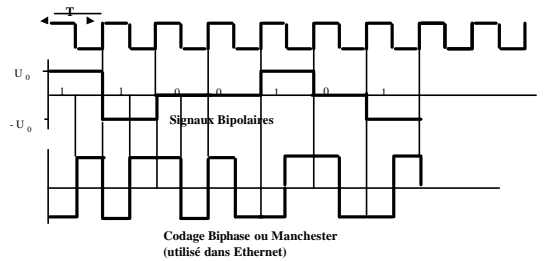
Inconvénients : suite de 1 ou 0 même tension

⇒ problème de synchronisation émetteur /récepteur

Si valeur au repos = valeur du 0 par exemple

⇒ problème de séparation de plusieurs valeurs identiques à la suite

Exemples de codage



Synchronisation de la transmission (1)

- But

assurer que le récepteur prélève l'information aux instants où le signal est significatif. Il s'agit donc essentiellement de synchronisation temporelle.

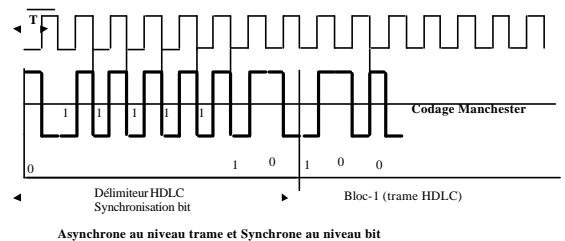
- Méthode synchrone

– Émetteur et récepteur disposent d'un même référentiel temporel qui détermine les instants de dépôt et de prélèvement des bits.

– Le référentiel temporel appelé horloge est un signal de synchronisation le plus souvent fourni par l'émetteur :

- » Sur un fil spécialisé (sur une distance courte : quelques m)
- » Grâce aux transitions du signal d'information
- » Par la fréquence de la porteuse (voir modulation)

Exemple de transmission synchrone



Exemple de transmission synchrone (au niveau bit)

Ethernet:

Asynchrone au niveau trame et Synchrone au niveau bit

Préambule: 7 octets: 10101010

Codage Manchester : signal carré: synchronisation niveau bit

Fanion de début de trame: octet: 10101011

Séparation des trames par des silences de 9,6 microsecondes

Fin de trame : violation du codage Manchester

Synchronisation de la transmission (2)

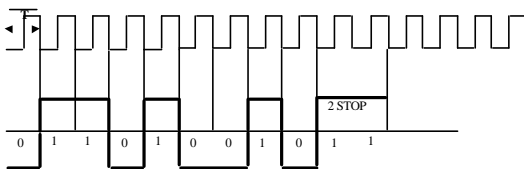
• Méthode asynchrone

- Pas de référentiel temporel commun à l'émetteur et au récepteur
- Les horloges de l'émetteur et du récepteur ont la même fréquence
- L'horloge bit du récepteur est définie à partir du signal de début de bloc

• Comparaison

- Le mode synchrone est utilisé pour des transmissions rapides, à grande distance et qui mettent en jeu de grandes quantités d'informations
- Le mode asynchrone est utilisé pour des liaisons courtes à basse vitesse où la source de données produit des caractères à des instants aléatoires. Par exemple la liaison terminal ordinateur.

Transmission asynchrone : exemple



Start

Transmission asynchrone caractère dite "Start - Stop"

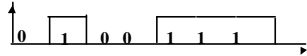
Transmission par modulation

• Autre type de transmission que "mode de base"

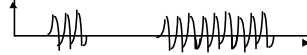
• Modem: modulateur/démodulateur

- Principe : L'information codée sert à modifier un ou plusieurs des paramètres (amplitude, fréquence, phase) d'un signal sinusoïdal appelé onde porteuse
- Modulation
 - par fréquence
 - d'amplitude
 - de phase
- Combinaison de phase et d'amplitude
 - » Ex: 2 amplitudes et 4 phases -> 8 valeurs donc 3 bits possibles par échantillon
- Exemple d'un modem V34 à 28 800 bit/s : 12 bits par échantillon (à 2400 bauds)

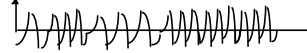
• Information binaire



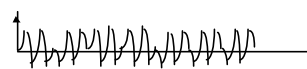
• Modulation d'amplitude



• Modulation de fréquence



• Modulation de phase



Caractéristiques Physiques des voies

- Taux d'erreur
 - probabilité de perte ou d'erreur d'une information élémentaire
 - WAN: 10^{-3} (ligne PTT) à 10^{-5}
 - MAN et LAN: $< 10^{-9}$
 - 10^{-12} : bus en environnement protégé
- Longueur élémentaire
 - longueur maximale possible d'une ligne sans avoir de dispositif d'amplification ou de répétition
 - LAN: 1m à 2km
 - Ex: Ethernet 100BaseT à 100Mbps : segment de 100 m

Caractéristiques Physiques des voies

• Délai de propagation

Dépend de la vitesse de l'onde et de la longueur du support.

WAN: satellite 0,25s

MAN: 10ms à 100ms

LAN: 1 à 100ms

• Défauts des voies

- Distorsion : Deux caractéristiques à prendre en compte : l'affaiblissement et le déphasage
- Perturbations : bruit thermique, bruit impulsif, écarts de fréquences, sauts (variations brusques) ou scintillement (variation lente) de la phase. La scintillation de phase s'appelle souvent gigue (*Jitter*).

• Support métalliques

- Paire de fils torsadés: (2° 1 mm de cuivre isolé)
 - » Torsadé: Résiste mieux aux interférences extérieures
 - Utilisé en analogique (téléphone) et très répandu pour le LAN
 - UTP3 puis UTP5 (Unshielded Twisted Pair) non blindée
 - En général 4 paires dans le même câble (dont 2 utilisées en simplex)
 - UTP5 (cablage actuel) : Ethernet à 100 Mégabit/s
 - Actuellement le plus utilisé pour les réseaux locaux
 - < 100 km \rightarrow débit < 100 Kbits
 - < 10 km \rightarrow débit < 10 Megabits
 - < 100 m \rightarrow débit < 200 Mégabit/s
- Ethernet: Hubs/Switches + armoire de brassage
- Segment : 100m max
- Simplifie la gestion du réseau

- Les câbles coaxiaux :
 - » Ame en cuivre -isolant - tresse métallique- gaine de protection
 - » Résistant aux bruits
 - » Mieux que la paire torsadée sur longue distance
 - » Obsolète dans les réseaux d'entreprise
- "Bande de base"
 - 1km -> 1 giga bit/s
 - Très utilisé pour longue distance du réseau téléphonique
 - très utilisés en réseaux locaux mais supplantés par la paire torsadée (en local) et par la fibre optique en longue distance
- 0 volt -> 0 logique, 1 volt -> 1 logique
- "Large bande"
 - » Fréquence plus grande
 - » Transmission analogique -> Télévision câblée

Ethernet: Historiquement :

- câble 10base5 (coaxial épais) : 10 Mégabit/s 500m max
- Connexion prise vampire (problèmes de faux contact)
- Vitesse de propagation : 230×10^6 m/s
- Câble fin 10base 2 : 10 Mégabit/s 200m max
- T et bouchon.
- Problème de la coupure du réseau
- Vitesse : 230×10^6 m/s
- Transceiver + câble de connexion
- 1 seul carte pour différents cablagés : coaxial, paire torsadée, fibre optique
- Aujourd'hui: Carte souvent vendue seulement en paires torsadées : prise RJ45

Les fibres optiques

- Tube en verre très fin (1 cheveu) recouvert d'une gaine isolante (verre plus plastique)
- en simplex (2 fibres)
- Pas de lumière : 0 logique, Impulsion lumineuse : 1 logique
- Utilisées en LAN (FDDI) et WAN
- < 100km -> Plusieurs Gigabit/s (10^9 bits)
- Limitation due au passage de l'optique à l'électrique
- Optique pure 50 000 Gigabit/s
- Gros développement : Autoroute de l'info (France câblée avant 2015)
- France Télécom: 1,3 million de km de fibres dès 96
- Vitesse des processeurs en 20 ans 100ns -> 1ns
- Débit 54 Kbit/s => 100 Gbit/s
- Réseaux au vu des recherches actuelles beaucoup moins limités

Les supports immatériels

• Les ondes lumineuses:

- rayons infra rouges
 - » faible portée : télécommande de TV
 - » Facile à mettre en oeuvre
 - » omnidirectionnelles
 - » Utilisés pour connexion d'ordinateurs (portables) au réseau téléphonique (4 Méga bit/s)
- rayons lasers
 - » peu coûteux, large bande passante
 - » très directif -> pas d'interception
 - » sensible aux intempéries (chaleur)

• Ondes radio (ou faisceaux hertziens)

- grandes distances (>100 km)
- Débit dépend de la plage de fréquence utilisée
- Fréquence >100 Mhz jusqu'au GigaHertz
- Problème de l'allocation des plages de fréquences
- Très utilisé pour la télévision et artères principales du téléphone
- diffusion -> problème de confidentialité (cryptage)
- Mise en place moins coûteuse que fibre optique
- Tours Hertziennes : souvent moins onéreux que de creuser une tranchée pour mettre une fibre optique
- Carte réseau locaux sans fil :
 - » WI-FI (Wireless Fidelity) norme IEEE 802.11x: au départ 4 Méga bit/s puis 11 Méga bit/s (802.11b) et jusqu'à 54 Méga bit/s (802.11a)
 - » Bluetooth (1 Méga bit/s)
 - » Wimax (réseau dense de bornes réceptrices à haut débit sera concurrent de l'UMTS)

Satellites géostationnaires (36 000 km)

- » 50 méga bit/s
- » Vitesse : 3.10^8 m/s, Temps de propagation de 300 ns à 0,27s (aller-retour)
- » Utilisé pour les lignes internationales du téléphone
- » Problème du temps de transfert

- Intérêt

- » pour la diffusion
- » pour point isolé (îles ...)
- » Intérêt pour accéder facilement (directement) à du haut débit
- » Pour applications mobiles (exemple : Paris Dakar)

• Téléphone mobile ou radiotéléphone

- Au départ analogique (1er en 1956 en France); maintenant numérique
- Problème du nombre d'utilisateurs simultanés : plages de fréquence différentes pour éviter les interférences
- Cellulaire (norme européenne GSM/GPRS/3G/EDGE):
 - » surface géographique découpée en petites cellules (10 km de diamètre) pour pouvoir réutiliser les plages de fréquence.
- Puissance des appareils limitée pour ne pas émettre trop loin
- Nombre d'antennes d'émission/réception important
- Gros problème de confidentialité
- Débit GSM pour le transport de données : 9,6 Kb/s (débit du GPRS : 50 Kb/s)
- UMTS/3G/EDGE est disponible en France depuis septembre 2004 (débit 150 Kb/s à 250Kb/s), actuellement 3G+ à 350Kb/s
- Wimax à venir...

La transmission analogique

• Inconvénients de la transmission analogique

- Taux d'erreur important
- multiplexage de plusieurs voies sur même support compliqué et coûteux

• Avantage du numérique:

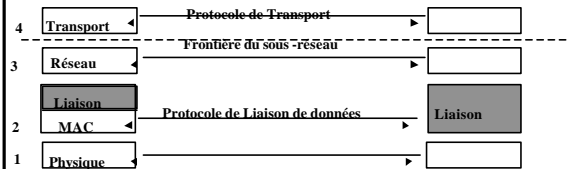
- multiplexage facile
- Traitements des données faciles
- Coût des composants numériques (processeur et mémoire) en baisse constante

La transmission numérique

- Réseau Numérique à Intégration de service RNIS (réseau numérique à intégration de service)
 - Réalisation France Télécom -> Numéris
 - services offerts:
 - » Accès de base:
 - Deux canaux numériques à 64 Kbit/s pour la voix numérisée ou les données (trame de 125 microsecondes),
 - un canal 16 ou 64 kbit/s pour la signalisation
 - » des canaux numériques de débits 384, 1536, 1920 kbit/s
- Evolution rapide vers la famille xDSL : ADSL1 – ADSL2 – SDSL (destiné à remplacer les lignes Transfix avec un débit garanti dans les 2 sens de transmission)

(Chapitre - 3)

La couche liaison de données



Plan du chapitre

- Introduction
- Détermination de trame et transparence
- Contrôle d'erreur
 - Les codes correcteurs
 - Les codes détecteurs permettant une récupération d'erreur par détection et demande de réémission

INTRODUCTION

- Niveau LLC Logical Link Control (exemple SNA d'IBM, Netbeui de Microsoft)
- Service fournis à la couche réseau
 - Découpage en trame
 - Transfert fiable : détection/correction d'erreurs
 - Contrôle de flux et détection d'erreur
- Accès multiples à un support (fait par la sous couche MAC : Medium Access Control) Exemple le protocole Ethernet
- Une grande partie de ces problématiques est souvent réalisée dans la couche transport, en particulier pour les réseaux locaux tels qu'Ethernet
- Dans Ethernet, la couche liaison se résume donc à la couche MAC, à la délimitation des trames et à la détection des erreurs : c'est un service sans connexion ni acquittement. Le reste (contrôle de flux et récupération sur erreur est fait dans TCP)

- **Les services fournis à la couche réseau :**

- Type 1: Service sans connexion et sans acquittement (cas d'Ethernet)

Seulement aiguillage vers les différents protocoles de la couche réseau

Convient si le niveau physique a un taux d'erreur très faible et si on suppose que les erreurs sont corrigées par les niveaux supérieurs. Il est utilisé pour transmettre la parole, les flots temps réel ou sur les réseaux locaux.

- Type 2: Service avec connexion

demande un établissement de la connexion, chaque trame envoyée est numérotée. Les trames sont reçues dans l'ordre où elles ont été envoyées.

Contrôle de flux et d'erreur effectués

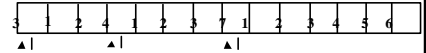
Notion de trame

- **But**

- fixer une unité de contrôle d'erreur. Un train de bits émis par la couche physique peut être déformé de trois façons : bits perdus, bits erronés, bits créés accidentellement.

- **Techniques de découpage en trame**

- Compter les caractères : 3 trames



- Utiliser des caractères de début et de fin de trame

- Utiliser des fanions de marquage de début et de fin de trame

- Violier le codage utilisé dans la couche physique

- » Exemple : trame 802.5 qui utilise des viols du Manchester différentiel dans les octets de début et de fin de trame.

Transparence (1)

- **Problème de confusion des délimiteurs de trame et de données**

- si la trame est délimitée par des caractères ou des fanions de début et de fin, il faut permettre aux données transportées dans la trame de contenir soit les caractères de début et fin de trame, soit la configuration des fanions sans que cela puisse prêter à confusion.

Transparence : problème de confusion des délimiteurs de trame et de données

- **Exemple : Utilisation de fanions**

- HDLC est une procédure de liaison de données orientée bit et qui utilise comme délimiteur de début et fin de trame la séquence de bits :

- » 01111110

pour assurer la transparence la source ajoute systématiquement un bit 0 après toute séquence de 5 bits à 1 rencontrée dans la trame. Le puis effectue l'opération inverse, c'est à dire qu'il retire le bit 0 qui suit chaque séquence de 5 bits à 1.

- **Méthodes hybrides**

Certains protocoles utilisent la longueur plus l'une des trois autres méthodes. On utilise la longueur pour retrouver la fin de trame si celle-ci contient le fanion ou le caractère de fin de trame ; on en déduit que la trame n'est pas erronée et elle est acceptée.

Exemple : Ethernet utilise un marqueur de début de trame et effectue une violation du codage de Manchester pour détecter la fin de trame

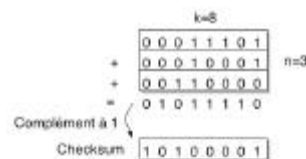
Le contrôle d'erreur

Les données peuvent être modifiées (ou perdues) pendant le transport (exemple le transfert de fichier)

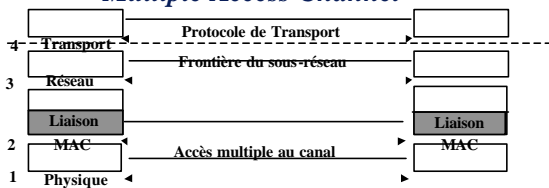
- la détection d'erreurs : comment se rendre compte de la modification/perde de données à l'arrivée des trames ?
- La correction d'erreurs : on distingue deux techniques :
 - La première consiste à introduire suffisamment de redondance dans les données pour que le récepteur puisse à la fois détecter et corriger les erreurs. Cette technique repose sur les codes correcteurs d'erreur.
 - La seconde consiste à mettre dans les données juste ce qui est nécessaire pour que le récepteur puisse avec une forte probabilité détecter les erreurs. La récupération se fait alors par réémission des données erronées. (cas d'Ethernet)

Détection d'erreur par "checksum"

- Données considérées comme n mots de k bits
- Bits de contrôles = complément à 1 de la somme des n mots
- A la réception la somme des n mots de données plus le checksum ne doit pas contenir de 0
- h=2 mais détection aussi des rafales d'erreur de longueur = k
- Utilisé dans UDP, TCP



(Chapitre - 4) Le partage des voies Sous-niveau Multiple Access Channel



Introduction

- Le coût de mise en place des supports physiques de transmission est très supérieur au coût des supports eux-mêmes.
- => Placement de supports à très haut débit et partage du débit offert entre plusieurs voies.
- Le partage repose sur deux techniques :
 - » Le multiplexage en fréquence
 - » Le multiplexage temporel
- D'autre part certains supports à diffusion, permettent à tous les usagers d'émettre et de recevoir sur le même support physique, il faut donc définir une stratégie d'allocation de la voie de communication aux usagers (très utilisé dans les réseaux locaux)

Plan du chapitre 4

- Techniques de partage des voies bipoint
 - Le multiplexage en fréquence
 - Le multiplexage temporel
 - Commutation de circuits, de messages et de paquets
- Techniques de partage des voies à diffusion
 - Allocation par compétition
 - » ALOHA pur et ALOHA discrétisé
 - » Avec détection des transmissions en cours
 - Allocation par élection
 - » Centralisée
 - » Distribuée
 - Comparaison des techniques par compétition et par élection
- Les réseaux locaux et le modèle OSI
- Ethernet IEEE 802.3

Multiplexage en fréquence

• Définition

La bande passante de la ligne physique est divisée en un certain nombre de sous-canaux plus étroits affectés en permanence à des utilisateurs.

Exemple : la radio FM => mais problème de l'allocation des plages de fréquences

• Multiplexage des voies téléphoniques

- Une voie téléphonique = un sous-canal de largeur 4 KHz
- Groupe primaire : regroupe 12 voies téléphoniques dans un sous-canal de largeur 48 khz
- Si plusieurs groupes primaires sont multiplexés sur le même support, 5 groupes primaires forment un groupe secondaire (60 voies)
- Certains supports peuvent supporter jusqu'à 230 000 voies téléphoniques.

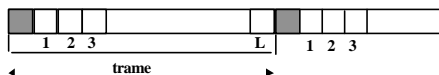
Multiplexage temporel

• Définition

On affecte à chaque utilisateur à tour de rôle la totalité du débit binaire de la voie pendant une fraction de temps.

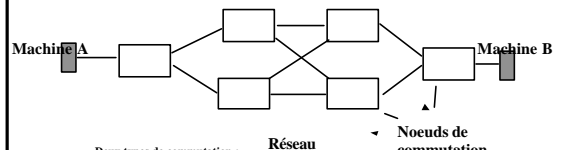
• Mise en œuvre :

- Le train de bits de débit D sur la voie haute vitesse est divisé en trames de L intervalles de temps. Chaque intervalle de temps contient un caractère ou un bit en provenance des voies à basse vitesse. Le premier intervalle de temps est réservé.



La commutation (1)

- C'est une famille de technique de partage d'une voie composée de plusieurs tronçons.



- Deux types de commutation :
 - » Circuits : exemple le réseau téléphonique par commutation de circuits élémentaires
 - » Paquets : envoi de paquets indépendamment les uns des autres : exemple X25 longtemps utilisé par Transpac, ou TCP/IP

La commutation temporelle asynchrone

- => Traitement par circuit intégrés (pas par logiciel)
- => Ce type de commutation permet d'atteindre des débits de l'ordre du Gigabit.
- => Réseau ATM
 - Taille des cellules de 48 octets
 - Commutateurs à 4 à 16 liens à 155 Mégabit/s sur le marché
- Réseau normalisé pour les autoroutes de l'information

Allocation des voies à diffusion : Aloha (bonjour en hawaïen)

- Réseau radio entre îles hawaïennes : puis Ethernet en 73 et normalisation en 80
 - Aloha pur
 - Une station voulant émettre un paquet d'information sur la voie, commence immédiatement à le transmettre. Si deux émetteurs ou plus émettent en même temps, il y a collision et les émetteurs devront re-émettre leur paquet ultérieurement.
 - On peut montrer que l'on arrive à une efficacité de 18% du débit total dans le meilleur des cas
- Aloha discrétisé : le temps est discrétisé en intervalles et les horloges sont synchronisées : les messages ne sont transmis qu'en début d'intervalle de temps => efficacité doublée 37% du débit total

Allocation des voies à diffusion : CSMA

Pour augmenter les performances : CSMA (Carrier Sense Multiple Acces) : Accès multiple avec détection de porteuse : on sait détecter si le câble est libre

Schémas des stratégies CSMA

- Une station voulant transmettre ne le fera que si la voie est libre. Les stations écoutent donc la voie.
- Plusieurs stratégies sont proposées pour savoir à quel moment une station doit commencer à émettre

Allocation des voies à diffusion : CSMA

- Stratégie persistante :
 - Lorsque l'on veut émettre, si le canal est libre, on émet.
 - si le canal est occupé, on attend qu'il soit libre
 - Pbx quand le canal se libère toutes les machines en attente émettent en même temps.
- Stratégie du protocole Ethernet avec une amélioration pour ne pas rentrer dans un régime de collision.
- Stratégie non persistante
 - Idem que 1 persistant mais quand le câble est occupé, on attend une durée aléatoire avant de re-essayer d'émettre sa demande sans continuer à regarder le médium.
 - on attend plus longtemps au niveau d'une station mais moins de collisions -> efficacité augmente (55% dans le meilleur des cas)

Allocation des voies à diffusion : CSMA / CD

- On a en plus un mécanisme supplémentaire permettant de détecter s'il y a une collision pendant que l'on émet. Chaque machine écoute le câble pendant qu'elle émet, s'il y a une différence par rapport à ce qu'elle a émis, c'est qu'il y a eu collision.
- Détection des collisions
 - une station qui veut détecter les collisions doit observer le câble pendant une durée égale au temps de propagation du signal d'un bout à l'autre du câble, sinon l'efficacité s'effondre
 - les erreurs devront être rattrapées par les couches supérieures)
 - Une station ayant détecté une collision se met en attente pendant une durée aléatoire X dont l'intervalle de définition double à chaque nouvelle collision jusqu'à une valeur maximum au-delà de laquelle la station déclare qu'elle ne peut émettre.

Algorithme Ethernet

- Construire trame à émettre; NbTentative=0
- Répéter:
 - Tant que câble occupé faire attendre
 - Tant que pas de collision faire transmettre
 - Si collision détectée et NbTentative <16 faire
 - » Arrêter transmission
 - » Tirage aléatoire du temps d'attente en fonction du nombre de tentative
 - » Attendre temps calculé
 - » NbTentative= NbTentative+1
- Jusqu'à transmission complète ou NbTentative =16

Allocation sans collision : Algorithme Distribué

- Jeton circulant
 - Le contrôle, matérialisé par un jeton, passe de station en station séquentiellement.
 - Recevant le jeton, une station qui veut émettre retire le jeton et le remplace par son message. Quand elle a fini d'émettre la station qui a retiré le jeton en ré-émet un qu'elle transmet à sa voisine. Une station ne désirant pas émettre retransmet le jeton à sa voisine.
- Problèmes
 - Si on ne dispose pas d'une topologie en anneau il faut la recréer, au moyen d'un protocole (dit protocole d'anneau virtuel : bus à jeton).
- Exemple : Token Ring 802.5

Ethernet ou 802.3: Caractéristiques physiques

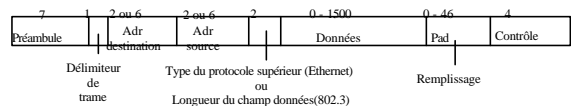
- Débit nominal : 1 Mbits à 10Gbits / s
- Transmission en bande de base avec un codage Manchester (niveau haut 0, 85 volts, niveau bas - 0, 85 volts, 0 volt au repos)
- Support câble :
 - Câble Ethernet épais 10Base5 - prise vampire - 500m -100 stations => pour mémoire car obsolète
 - Câble Ethernet fin 10Base2 - prise en T- 200 m - 30 stations- problème de panne => pour mémoire car obsolète
 - Paires torsadées 10BaseT, 100 BaseT, 1000 BaseT- concentrateur ou commutateur en plus - 100m - 1024 stations
 - Fibre optique 100 BaseFX- 1000 BaseFX- 10000 BaseFX- Hub - 2000m - 1024 stations - entre immeubles - pas de sensibilité électromagnétique
- Longueur maximum 2,5 km avec répéteurs insérés sur le réseau.

Fast Ethernet

- **Ethernet 100 Mégabit/s**
 - On garde taille minimale des trames 64 octets
 - Tranche canal 5,12 microsecondes
 - Réduction de la longueur du support (250 m)
- **Plusieurs Normes**
 - 100 base TX : 2 paires utilisées dans câble UTP5
 - 100 base T4 : 4 paires torsadées utilisées dans câble UTP5
 - 100 base FX : 2 fibres optiques
 - » Codage 4BSB et NRZI
- **Ethernet 1 gigabit/s**
 - Réduction à 2m50 si on veut garder la longueur minimale des trames à 64 octets
 - On garde 250 m mais taille minimal des trames à 64 octets
 - Utilisation de 10% pour des paquets de 64 octets de données
- **Bientôt Ethernet 10 gigabit/s sur Fibre optique, et plus tard sur support cuivre**

Ethernet : le niveau MAC

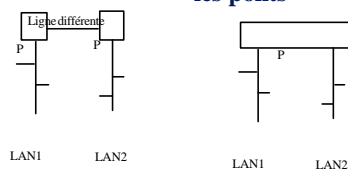
- **Fonctions du sous-niveau MAC :**
 - Mise en trame,
 - Adressage
 - Détection des erreurs
 - Il réagit aux signaux de détection d'occupation du canal et de détection de collision qui sont envoyés par le transmetteur.
- **Format de la trame**



Ethernet : la trame

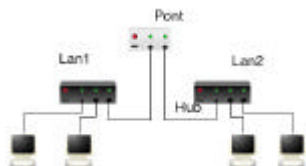
- **Description des champs**
 - Préambule : 7 octets 10101010, but synchronisation bit du récepteur
 - Marqueur de début : 1 octet 10101011, but synchronisation octet et trame
 - Adresse destination : 2 ou 6 octets, 6 octets pour l'Ethernet 10 Mbit/s. Le bit de plus fort poids indique s'il est à 1 une adresse de groupe, et une adresse individuelle s'il est à 0. Si tous les bits de l'adresse sont à 1 il s'agit d'une adresse de diffusion. Le bit qui suit le bit de plus fort poids indique s'il s'agit d'une adresse locale ou universelle.
 - Champ longueur : 2 octets, il indique la longueur du champ contenant les données transmises. La longueur d'une trame doit être au minimum de 64 octets de l'adresse destination au champ contrôle.
 - Pad : si la longueur des données à transmettre est insuffisante ce champ contient des octets de remplissage.
 - Contrôle : il s'agit de 4 octets servant au contrôle d'erreur (CRC)

Passage d'un LAN à un autre: les ponts



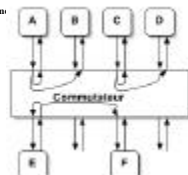
- **Différence avec un routeur on ne remonte pas jusqu'à la couche réseau (niveau 3)**
- **Différence avec un répéteur (fonctions d'en/désencapsulation et de filtre)**
- **Les LANs peuvent être ou non de même type**

- Intérêts :
 - Hétérogénéité des besoins (et donc des types de LAN) dans une même société
 - Optimisation de la charge
 - » Le pont fait office de filtre et donc moins de charge sur chaque LAN
 - » Restreint les domaines de collision
 - Passage d'un bâtiment à l'autre avec ligne différente



Le commutateur (ou switch) Ethernet

- Pont haute performance (nombreux ports, filtrage)
- Utilisé à la place des hubs pour augmenter les performances en établissant des circuits commutés entre source et destination sans diffuser les paquets aux autres ports : le commutateur commence à réémettre le paquet dès qu'il a reçu l'adresse de destination
- Fonctionnement en full-duplex
- Restriction des domaines de collision
- Existe avec différents débits sur les ports
 - Par exemple: 1 port à 100 mégabits/s et 24 ports à 10 mégabits/s



Exemple: le réseau local de l'UFR IMA

- Un anneau FDDI (Fiber Distributer Data Interface):
 - à base de fibre optique
 - Double anneau avec principes du jeton
 - 100 Mégabit/s
 - Taux erreur : $0.4 \cdot 10^{-10}$
 - Utilisé comme réseau fédérateur de LAN Ethernet
 - Les serveurs (Boole, Frege...) + Un routeur vers l'extérieur + un commutateur/pont vers réseaux Ethernet sur l'anneau
 - Voir détails sur serveur WWW