# Plan du chapitre

### Communications sur un médium

- 1) La couche 1 (couche physique)
  - Quelques définitions
  - Les différents câbles
- 2) La couche 2 (liaison de données), MAC, LLC
- 3) Présentation de quelques protocoles
  - Ethernet
  - Anneau à jeton
  - 802.11, Wifi
- 4) Code détecteurs/correcteurs d'erreurs



# Caractéristiques des médiums

### bande passante

Espace de fréquence des signaux transmis sans affaiblissement

### valence

Nombre d'états logiques distincts pour représenter l'information

### débit maximal d'une voie

- D = W \*  $log_2$  (1+S/B) S/B : rapport signal sur bruit (db).
- Théorème de Shannon

### taux d'erreurs

Matériaux conducteurs	semi-conducteurs	isolants
Cuivre	Carbone	Verre
Argent	Silicium	Papier
Or	Germanium	Air
		Matière plastique

Isima Couche Physique

# Types de médium (1)

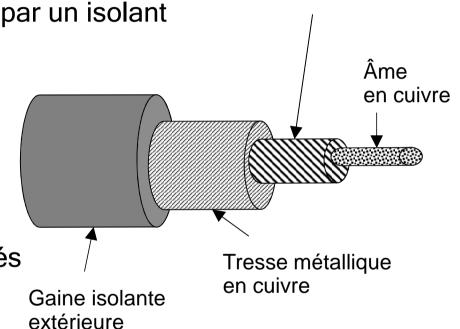
#### Le câble coaxial:

• 2 conducteurs concentriques séparés par un isolant

• BP = 120MHz, débit = 10 Mb/s

Longeur de câble max : 500m

- Te =  $10^{-9}$
- Coût : économique
- Très utilisé pour la télévision
- Nécessite des bouchons aux extrémités



Isolant en

matière plastique

2 sortes de câble coaxial pour les réseaux informatiques

Nom : câble Ethernet épais -> norme ethernet : 10 Base 5

Nom : câble Ethernet fin -> norme ethernet : 10 base 2 (le plus utilisé)

# Types de médium (2)

### Le câble à paires torsadées blindées (STP : Shielded Twisted Pair)

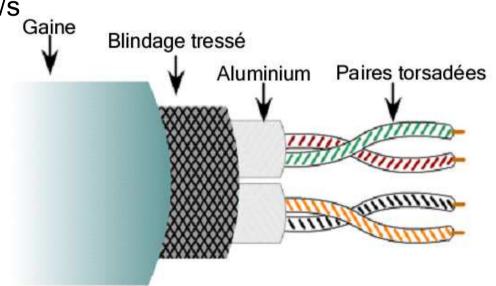
- conducteurs de cuivre, isolés l'un de l'autre et enroulés de façon hélicoïdale autour de l'axe et protégés par de l'aluminium ( torsade ->réduction du bruit électromagnétique)
- 2 paires de fils

BP = 500kHz, débit = 10 à 1000Mb/s

• Longeur de câble max : 100 m

• Te =  $10^{-7}$ 

Coût : modéré



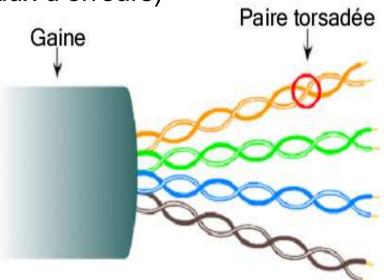
- Le câble ScSTP (screened Twisted Pair)
  - Câble STP avec 4 paires de fils (très utilisé et assimilé à STP)

# Types de médium (3)

- Le câble à paires torsadées non blindées (UTP : unshielded Twisted Pair)
  - conducteurs de cuivre, isolés l'un de l'autre et enroulés de façon hélicoïdale autour de l'axe

(torsade ->réduction du bruit électromagnétique)

- 4 paires de fils
- BP = 500kHz, débit = 10 à 1000Mb/s
- Longeur de câble max : 100 m
- Catégorie 4, 5, 5e, 6 (diminue le taux d'erreurs)
- Coût : le moins onéreux



# Types de médium (4)

#### Le Faisceau satellitaire :

- 40 GHz > BP > 400 MHz, débit = 140 Mb/s
- antenne directive vers satellite + relais sur terre
- satellite géostationnaire ( à 36000 km de la terre)

#### Le Faisceau Hertzien :

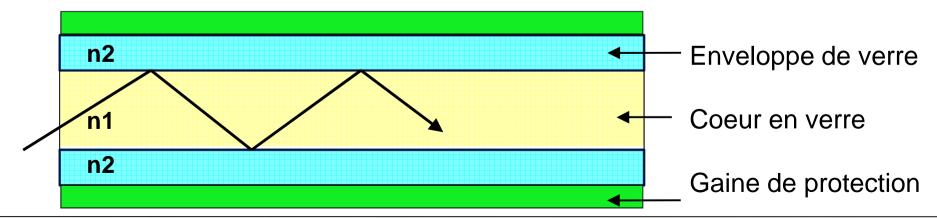
- BP limitée, bande ISM: Industrial, Scientific and Medical (900 Mhz, 1800 Mhz, 2,4 Ghz, 5 Ghz, 5,7 Ghz...)
- Débit : dépend de la norme utilisée et du mode d'accès aux fréquences ( de 1MB/s à 100 MB/s)
- Distance: jusqu'à 200 m (diffusion circulaire) -> norme 802.11, Wifi, bluetooth, Zigbee jusqu'à 50 km (point à point) -> norme Wimax

( Pourquoi maximum = 50 km?)

# Types de médium (5)

### La fibre optique :

- BP > 1 GHz, débit = 10 Gb/s, mode simplex -> toujours 2 fibres
- distance = 2 ou 3 Kms.
- propagation de la lumière par réflexions successives sans perte
  - Indice de réfraction n1 (coeur) > n2 (enveloppe)
  - Angle d'incidence du rayon lumineux supérieur à l'angle critique du coeur et de l'enveloppe (pour éviter la réfraction)
- fibre monomode ( un chemin, coeur = 10 microns, diamètre extérieure = 125 microns)
- fibre multimode (plusieurs chemins, coeur 50 microns, diamètre extérieure = 125 microns)
- Utilisation laser ou LED, aucun bruit électromagnétique



Couche Physique

# Récapitulatif

	débits	longueur maximale	raccordement	prix
câble coaxial	10 Mb/s	200 m à 500 m	BNC	ancien
paire torsadée Blindée ou non	10 Mb/s à 1 Gb/s	100 m	RJ45	le moins cher
fibre optique	100 Mb/s à 10 Gb/s	quelques km	SC	cher
faisceau satellitaire	140 Mb/s	qq centaines km à qq milliers km	antenne directive	très cher
faisceau hertzien (réseau sans fil)	1Mb/s à 70Mb/s	qq cm à qq km	antenne (directive)	très divers
ligne série	très divers	très divers	Modem	très divers

**Couche Physique** 

# Médium téléphone

La ligne d'abonné (paire de cuivres) a une bande passante dont la largeur est de plusieurs centaines de Khz, mais le téléphone (vocal) n'utilise que la bande de largeur 0 à 4000 Hz

Transmission dans la communication téléphonique

bande : 0 à 3400 Hz

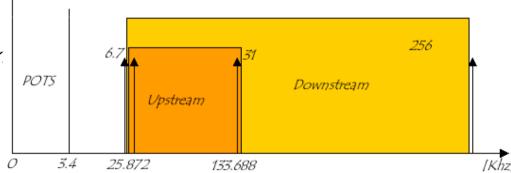
W = 4000 Hz

Dmax = 64 Kb/s

- Transmission sur toute la capacité de la ligne : xDSL
  - la bande est divisée en canaux (sous-bandes) de 4,3125 KHz

• le canal 0 (0 à 4312 Hz) est réservé pour la téléphonie (POTS - *Plain Old Telephone Service*), et les canaux 1 à 6 sont réservés •

- les autres canaux (7 à 255) sont répartis entre le flux upstream et le flux downstream (de l'opérateur vers le client)
- Dmax = 60 Kb/s par canal



### Les médiums - raccordement



### ETTD équipement terminal de traitement de données

- DTE data terminal equipement
- Exemple : PC, routeur,...

### ETCD équipement terminal de circuit de données

- DCE data circuit equipment
- Exemple : modem téléphonique, modem RNIS, modem DSL, capteur...

### la transmission peut être :

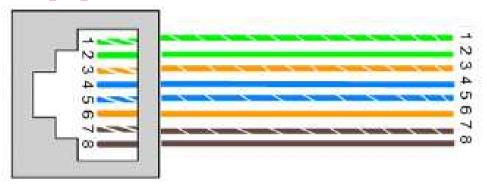
simplex

semi-duplex (half-duplex)

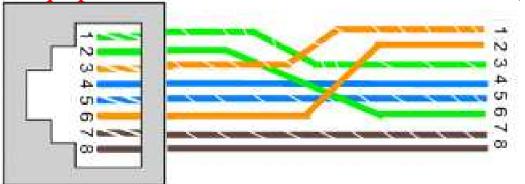
duplex

# Raccordements physiques en RJ45

Connexion d'équipements différents -> câble droit (straight-through cable)



Connexion d'équipements similaires -> câble croisé (crossover cable)



1-2: émission

3-6: réception

# Codages de l'information pour la transmission

#### 2 modes de transmission

- Bande de base
  - différents codages possibles:
    - code NRZ (Non Remise à Zéro)
    - code de Miller
    - code de Manchester ou Manchester différentiel
    - code bipolaire
- Large bande ou bande modulée
  - Sinusoïde modulée :
    - en amplitude
    - en fréquence
    - en phase,...
    - modulations combinées

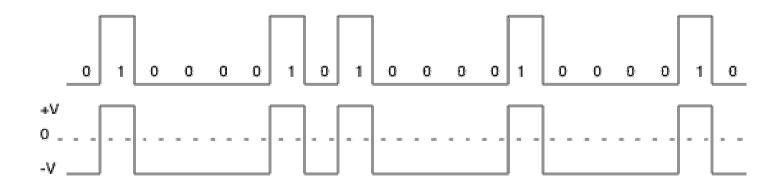
### **NRZ**

#### Utilisation

pour relier deux ordinateurs par câble croisé

### Inconvénients

- pas de transition lors de longues séquences de 0 ou de 1 => pas de possibilité de synchroniser les horloges,
- composante continue diminuée, mais non nulle



### Manchester

#### Codage

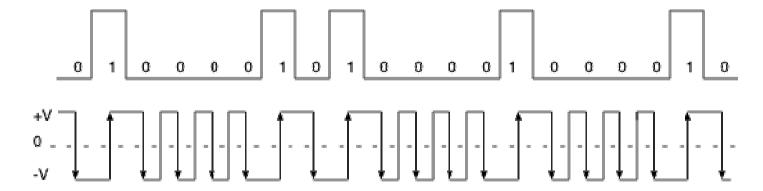
- Une transition est faite au milieu de chaque temps bit.
- La transition est montante pour 1, descendante pour 0

#### Utilisation

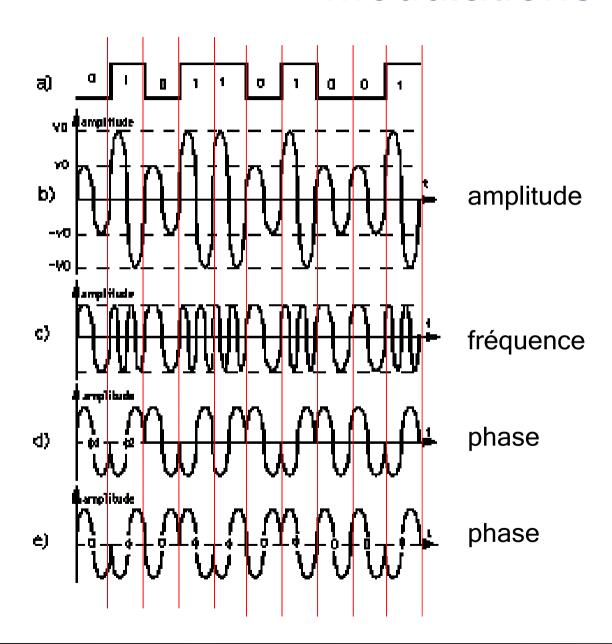
pour les liaisons Ethernet

#### Inconvénients

- largeur du spectre de la bande passante (BP double de celle du codage NRZ)
- ne pas inverser les polarités, sinon le code est inversé



### Modulations



Isima Couche Physique

# Les problèmes physiques

- L'atténuation : baisse d'amplitude du signal le long d'une liaison (db)
   ->nécessité de régénérer le signal
- Discontinuité d'impédance : mauvaise adaptation du câble sur la prise
  - ⇒Atténuation + discontinuité d'impédance = affaiblissement d'insertion
- *Diaphonie*: transmission des signaux d'un fil à un autre fil proche
  - diaphonie locale
  - diaphonie distante
- Test physique d'un câble : schéma de câblage (correct, ouvert, court-circuit),
  - affaiblissement d'insertion,
  - diaphonie locale et distante,
  - délai de propagation,
  - longueur de câble, etc...

# Les équipements physiques

• Les Différents câbles

• Les équipements actifs pour relier le réseau ou régénérer le signal



HUB



Modem



Répéteur

et aussi pont, routeur,...

Les antennes



La couche 2 Les couches MAC

### Couche 2 - Généralité

#### Les différentes fonctionnalités de la couche 2

- Gestion des données sous forme de trames (frames)
  - Problème : Repérage des trames sur le support physique (suite de bits)



- Détection et correction des erreurs
  - Numérotation des trames
  - Utilisation de code détecteur/correcteur d'erreurs

- Régulation du trafic
  - utilisation d'acquittement

# La couche MAC - Généralité (1)

LLC

**MAC** 

### Transmission de bits entre systèmes raccordés à un médium

Liaison de données	Logical Link Control (802.2)           CSMA/CD (802.3)         Bus (802.4)         Jeton (802.5)         DQDB (802.6)         Sans fil (802.11)				
					,
Physique	Paire torsadé	e Fibre optique		Air	

MAC : Medium Access Control

Tout signal émis par l'un des systèmes raccordés est entendu par tous les autres

Isima Couche MAC 22

# La couche MAC - Généralité (2)

### Une entité-MAC par système

- reçoit les demandes d'émission (de l'intérieur du système)
- décide quand émettre (méthode d'accès au médium)
- écoute ce qui est transmis, et décide de recevoir

Tout signal émis par l'un des systèmes raccordés est entendu par tous les autres

### Appellation unique de chaque entité MAC sur le médium

Identifie le système sur le médium

### Remarque:

Un système raccordé à plusieurs médiums a autant d'entités-MAC que de raccordements, donc autant d'appellations.

# La couche MAC - Généralité (3)



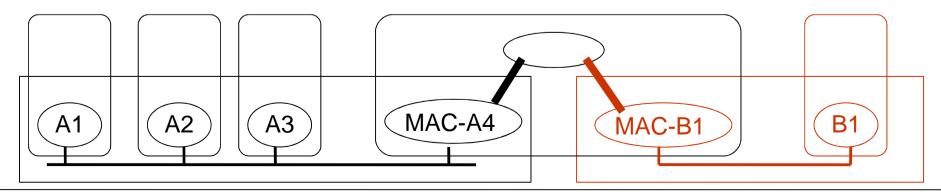
Si plusieurs couches MAC

Pas de communication entre deux couches MAC

◆ Sauf si

un système est raccordé aux 2 supports et contient :

- une entité MAC pour chaque médium
- une entité-utilisateur de couches MAC liée à chacune des deux couches MAC



Isima Couche MAC 24

### MAC - méthodes d'accès

### point-à-point

 les 2 systèmes peuvent émettre en même temps, sur des fréquences différentes (pré-allocation en fréquence)

### point-à-multipoint

- toutes les stations doivent émettre sur la même fréquence
- mais pas en même temps (sinon collision)
- il faut un règlement pour le droit d'émission (méthode d'accès)
  - pré-allocation en fréquence, en temps, en fréquence et en temps
  - par un jeton (token):
    - la possession du jeton donne le droit d'émettre
    - transmission du jeton de système en système (anneau réel ou virtuel)
  - géré par un maître (le maître donne le droit d'émettre)
  - CSMA (Carrier Sense Multiple Access)
    - écoute avant d'émettre, attente si transmission en cours
    - CD (Collision Detection): transmission, et écoute pour détecter une collision
    - CA (Collision Avoidance): envoi d'une demande de transmission et acquittement du destinataire

### IEEE 802.3, Ethernet -II

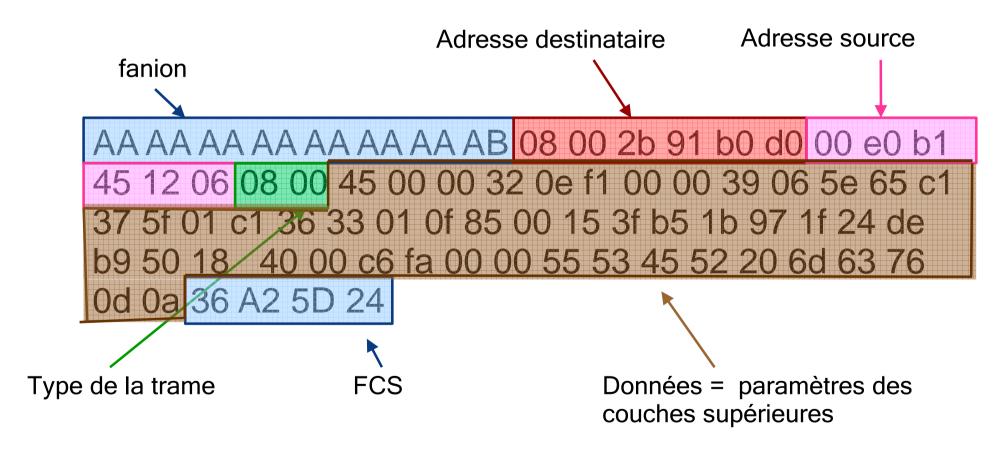
- ◆ <u>Technique</u>: CSMA/CD Carrier Sense Multiple Access / Collision Detection
- ◆ <u>Topologie</u>: Bus et maintenant maillage
- Méthode d'accès : par compétition (écoute du médium : si libre, émission sinon attente)
  - Réémission après un temps d'attente si collision
- ◆ <u>Débit</u> :10 Mb/s, 100 Mb/s, 1 Gb/s, 10Gb/s
- ◆ Trame :

8 octets	6 octets	6 octets	2 octets	1 à 1500 octets	4 octets
Synchro	Adresse destinataire	Adresse expéditeur	type de trame / lg données	Données + bourrage	FCS

Isima MAC - Ethernet 26

# Exemple ethernet -II

Exemple d'une trame en hexadécimal :



En général, le fanion et le contrôle d'erreur (FCS) ne sont jamais représentés.

### Anneau à Jeton 802.5

- ♦ <u>Technique</u>: Token Ring
- ◆ <u>Topologie</u> : Anneau
- Méthode d'accès : par élection
  - Passage d'un jeton (droit de parole) entre les machines
  - Priorité des messages
  - Jeton de 3 octets (SD, AC, ED)
- ◆ <u>Débit</u> :4 ou 16 Mb/s
- ◆ <u>Trame</u>:

2 octets	1 octet	2 ou 6 octets	2 ou 6 octets	x octets	4 octets	2 octets
SD+AC	Contrôle		Adresse	Données	FCS	synchro
DDIAC	de trames	destinataire	expéditeur	Donnees	1 CD	Syncino

### La norme 802.11

La norme **802.11** définit la couche 1 et 2 pour une liaison sans fil utilisant des ondes électromagnétiques :

- La couche physique
  - ♦ codage DSSS, FHSS, IrDA

DSSS: étalement de spectre en séquence directe

FHSS : étalement de spectre avec sauts de fréquence

- La couche Liaison de données
  - couche LLC et couche MAC

Cette norme permet d'avoir un débit de 1 ou 2Mb/s et elle utilise un accès au médium par compétition (méthode CSMA/CA)

(CA: Collision Avoidance)

Mais, évolution de cette norme Wi-Fi (Wireless Fidelity)

# Wi-Fi

Nom de la norme	Nom	Description
802.11a	Wifi5	Débit : 54Mb/s, 8 canaux radio dans la bande de fréquence des 5 Ghz.
802.11b	Wi-fi	Débit : 11Mb/s, portée 300m, 3 canaux radio dans la bande de fréquence des 2,4 Ghz
802.11c	Pontage	Etablissement d'un pont pour la norme 802.11d
802.11d	International	Etablit les règles à respecter entre les différents pays pour transporter les données 802.11
802.11e	QoS	Définition d'une QoS
802.11f	Roaming	Interopérabilité entre les différents points d'accès pour permettre l'itinérance ( définition de l'IAPP)
802.11g	Wi-fi	Débit : 54MB/s, portée 300m, compatible avec 802.11b
802.11h	?	Norme proche de HyperLan 2, réseau européen
802.11i	WPA2	Amélioration de la sécurité pour les normes a, b et g.
802.11j	?	Norme pour la communauté japonaise
802.11n	Wi-fi	Débit : 320 Mb/s avec intégration de la norme i mais pas de compatibilité (norme acceptée en 09/2009)

# Topologies sans fils (1)

- 2 Sortes d'équipement
  - Une station sans fil
    - un ordinateur muni d'une carte Wifi (carte PCI, PCMCIA, adaptateur USB, carte compactflash, ...)
  - Un point d'accès (Access Point) ou borne sans fil
    - joue le rôle de pont entre réseau filaire et sans fil
    - équipé : d'un émetteur/récepteur radio
       d'une carte réseau filaire
       d'un logiciel de pontage conforme à la norme 802.11d



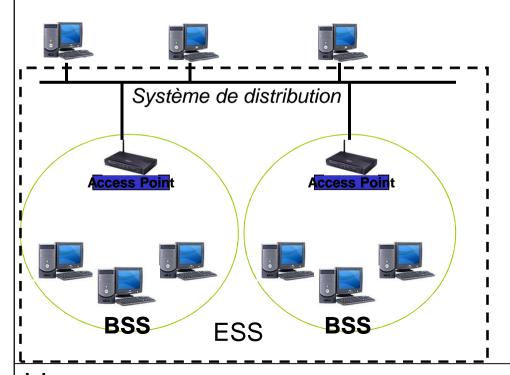
# Topologies sans fils (2)

#### **♦** Mode Infrastructure

Au minimum , 1 AP + postes sans fil

BSS: Basic Service Set

- identifié par un BSSID (abrégé en SSID -> Service Set Identifier)



- Plusieurs BSS forment un ESS (Extended Service Set) relié par un DS (Système de Distribution)
  - identifié par un SSID

Possibilité de roaming si même SSID

Isima

MAC - Wifi

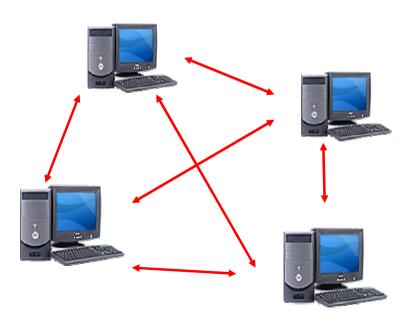
# Topologies sans fils (3)

#### **♦ Mode Ad-Hoc**

Aucun AP, que des postes sans fil

IBSS: Independent Basic Service Set

- identifié par un SSID



• Problème pour le routage

Tout le monde doit voir tout le monde ou

Pc configuré comme routeur

### Trames utilisées

#### La couche MAC

- Similaire à la couche Mac ethernet pour les adresses
- Fonctionnalité
  - Contrôle d'accès au support
  - Contrôle d'erreur par CRC
  - Fragmentation et réassemblage
  - Gestion de l'énergie
  - Gestion de la mobilité
- Deux méthodes d'accès pour le 802.11a, b, g
  - DCF (Distributed Coordination Function): utilisation pour les données asynchrones, collisions possibles
  - PCF (Point Coordination Function): utilisation pour les données synchrones, pas de collision (méthode non utilisée).

### **Distributed Coordination Function**

#### **♦** DCF

Basé sur un accès CSMA/CA

Pour émettre :

- On écoute le support (ondes)
- Si libre pendant un temps donné ( *DIFS*, Distributed Inter Frame Space)

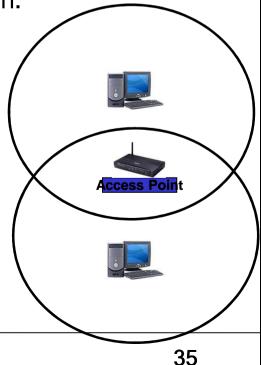
-> transmission d'une trame Ready To Send (RTS) contenant les

informations sur le volume de données et la vitesse de transmission.

- -> réception d'un Clear To Send (CTS)
- -> envoie des données
- -> récupération d'un ACK pour chaque trame

Pourquoi un ACK pour chaque trame?

2 stations peuvent vouloir émettre en même temps sans se voir. (Collision Avoidance...)



### PPP (Point to Point Protocol)

### caractéristiques

- médium : ligne série non permanente
- méthode d'accès : AMRF
- destinataire unique
- livraison sans erreur

### points d'accès

- un point d'accès par couche supérieure
- adresse = code de la couche supérieure (RFC 1700, PPP DLL, protocol numbers)

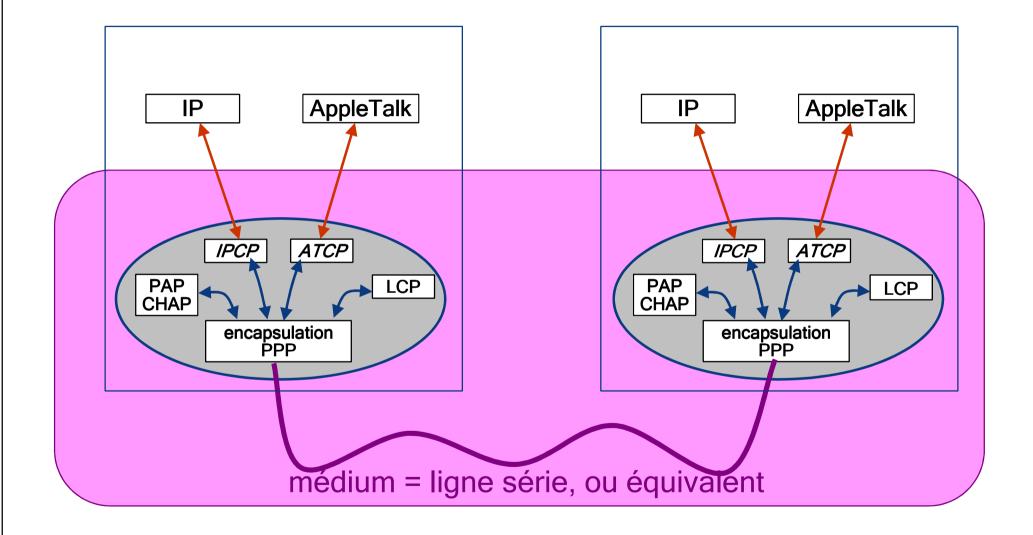
#### mode connecté

 livraison garantie ou avertissement de non-livraison

### protocole

- transfert de données utilisateur
- contrôle de qualité de transmission
- authentification
- cryptage
- compression

### PPP - schéma



### La couche LLC

- Les fonctions de la couche 2 non prises en charge par la couche MAC ont été placées dans la sous-couche LLC (Logical Link Control) :
  - points d'accès pour les entités des fournisseurs de couches 3.
  - rattrapage des erreurs (transformées en pertes par les couches MAC).
  - contrôle de flux.

Mais comme les 2 dernières fonctions ne sont pas toujours nécessaires, différentes couches LLC ont été spécifiées



# Le Traitement des erreurs (1)

- ◆ Te = taux d 'erreur
  - Te = Nb bits erronés / Nb bits transmis pendant une période d'observation

$$10^{-9} < Te < 10^{-3}$$

### Principes

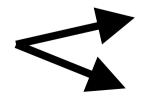
Un **vocabulaire** commun à l'émetteur et au récepteur L'émetteur n'émet que des **mots** du vocabulaire

Le récepteur reçoit une chaîne de bits qui :

- n'est pas un mot du vocabulaire
- **→**

détection d'une ou plusieurs erreurs

<u>est</u> un mot du vocabulaire



Pas d'erreur de transmission ou plusieurs erreurs qui se compensent

# Le Traitement des erreurs (2)

### Exemple

Vocabulaire	Α	В	С
V1	00	01	10
V2	000	011	101
V3	00000	01111	10110

L'émetteur envoie le mot A Erreur sur le 2ème bit Que détecte le récepteur ?

La chaîne de bits appartientelle au vocabulaire ?

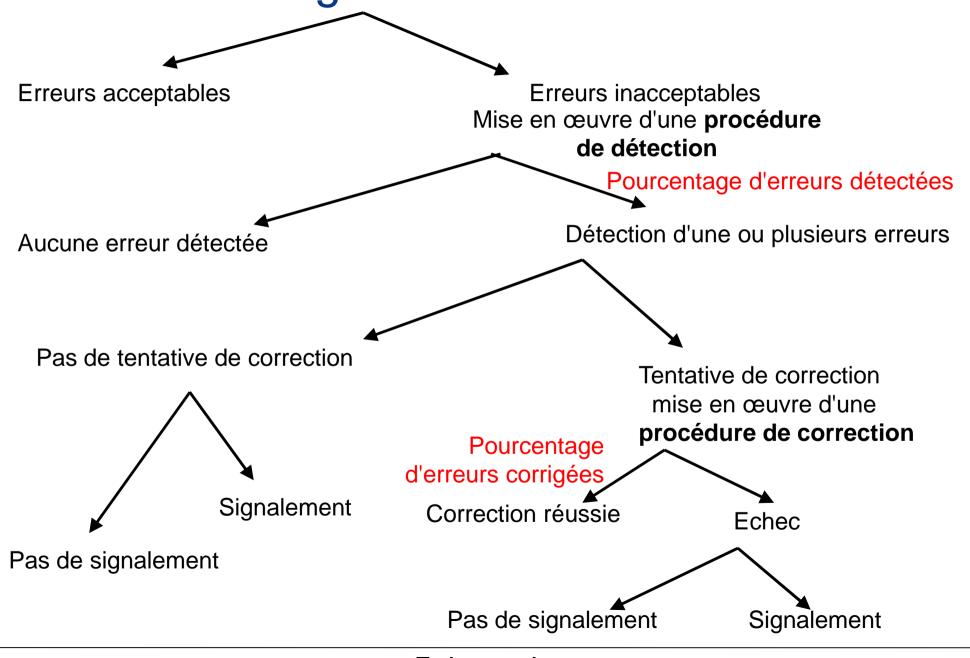
émis reçu reconnu corrigé

V1	V2	V3
00	000	00000
01	010	01000
oui	non	non
non	non	oui



- La détection par écho
  - La détection par répétition
  - La détection par redondance

## Stratégie de traitement d'une erreur



Isima

Traitement des erreurs

# Code détecteur d'erreurs (1)

### Contrôle de parité

- code VCR (Vertical redundancy Check)
- code LCR (Longitudinal Redundancy Check)

### **Codes Polynomiaux**

- CRC : Cyclic Redundancy Check
- FCS: Frame Control Check

G(x) : polynôme générateur de degré r

M(x): message à encoder

1100101 
$$<-> 1*x^6 + 1*x^5 + 0*x^4 + 0*x^3 + 1*x^2 + 0*x^1 + 1*x^0$$

$$<-> x^6 + x^5 + x^2 + 1$$

ex : 
$$G(x) = x^{16} + x^{12} + x^5 + 1$$

$$G(x) = x^8 + x^2 + x + 1$$
 ATM

$$G(x) = x^{32} + x^{26} + x^{23} + x^{22} + x^{16} + x^{12} + x^{11} + x^{10} + x^8 + x^7 + x^5 + x^4 + x^2 + x + 1$$
 CRC-32-ethernet

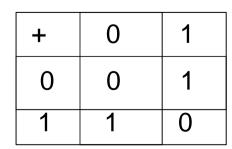
**CRC-CCITT** 

# Code détecteur d'erreurs (2)

#### Méthode

- On divise le polynôme M(x)\*x<sup>r</sup> par G(x) et on obtient le reste R(x)
   M(x)\*x<sup>r</sup> =G(x)\*Q(x) + R(x)
- On envoie la séquence de bits de longueur n=m+r  $N(x)=M(x)^*x^r+R(x)$ 
  - N(x) est multiple de G(x) car :
     N(x)=M(x)\*xr + R(x) = G(x)\*Q(x)+R(x)+R(x)
     = G(x)\*Q(x)
- On décode en faisant la division, le reste doit être nul

### Mathématique en base 2 :



Addition

#### Soustraction

ı	0	1
0	0	1
1	1	0