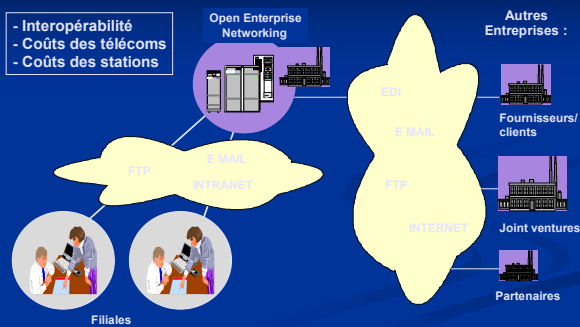


Initiation Réseaux

Université Claude Bernard
UFR Informatique
A Mille
2003-2004

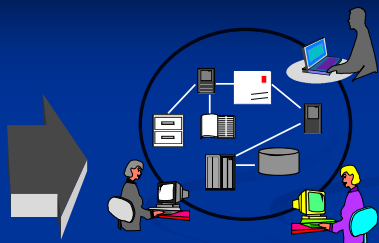
3 problématiques majeures pour l'entreprise



Intégration de technologies

Systèmes
Interopérables et
outils d'intégration

Compétences pour
maîtriser la
complexité
technologique



Pour l'infrastructure informatique et les
applications vitales de l'entreprise

PLAN DU COURS

- LES BASES
 - SUPPORTS DE TRANSMISSION
 - CODAGE DES INFORMATIONS
 - DETECTION/CORRECTION DES ERREURS DE TRANSMISSION
- DEFINITIONS ET PRINCIPES
 - TYPES DE LIAISON
 - CARACTERISATION DE TRAFIC
 - NORMALISATION

PLAN DU COURS (suite)

- PROBLEMES ET SOLUTIONS ILLUSTRÉES PAR COUCHES
 - SUPPORTS D'INTERCONNEXION
 - COUCHE PHYSIQUE
 - COUCHE LIAISON
 - COUCHE RESEAU

PROBLEMES ET SOLUTIONS ILLUSTRÉES PAR COUCHES

- SUPPORTS D'INTERCONNEXION
- COUCHE PHYSIQUE
- COUCHE LIAISON
- COUCHE RESEAU

TELEINFORMATIQUE =

Accéder aux informations à distance

- informations numérisées
- nature quelconque de contenu "sémantique"
- contrôle et gestion des échanges
- intégration matériel-logiciel
- indépendance théorique des matériels support

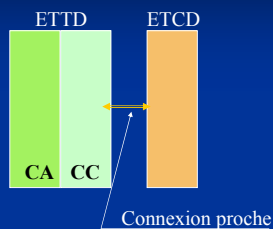
■ [Support proposé sur le site UREC du CNRS](#)

Modèle général d'un support de transmission



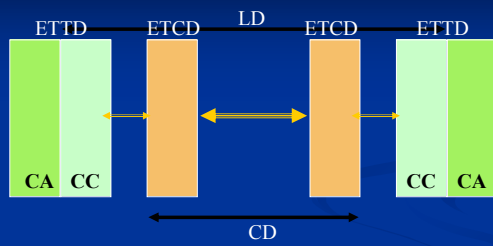
ETTD: Equipement Terminal de Traitement de Données (DTE)
CA : Contrôleur d'Appareil
CC : Contrôleur de Communication

Modèle général d'un support de transmission



ETCD: Equipement Terminal de Circuit de Données (DCE)
Typiquement Modem, Carte Réseau, ...

Modèle général d'un support de transmission



LD : Ligne de Données (DL)

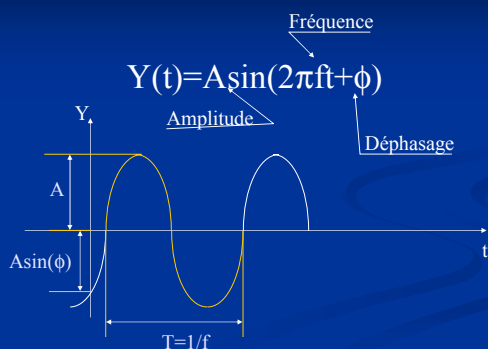
CD : Circuit de Données (DC)

☒ Symétrie des équipements (dans leur rôle seulement)

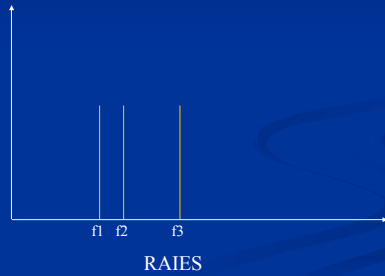
Transmission basée sur les ondes...

- Electriques
- Optiques
- Electromagnétiques
- ☒ Transfert non instantané...
- ☒ Transfert non parfait...

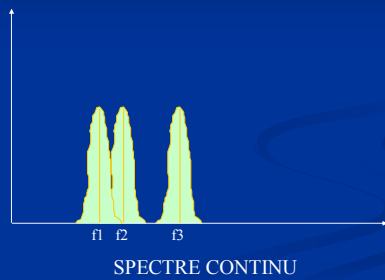
➔ Nature du signal : modèle sinusoïdal



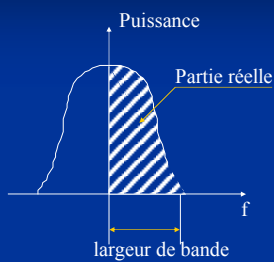
→ Spectre d'énergie ...parfait



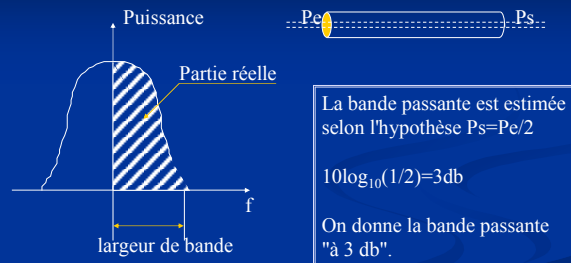
→ Spectre d'énergie...réel



Largeur de bande...



Largeur de bande...et bande passante



Théorème de SHANNON

$$D_{(\text{bits/s})} = W \log_2(1 + S/N)$$

Débit

Rapport des puissances signal/bruit

Largeur de bande en Hz

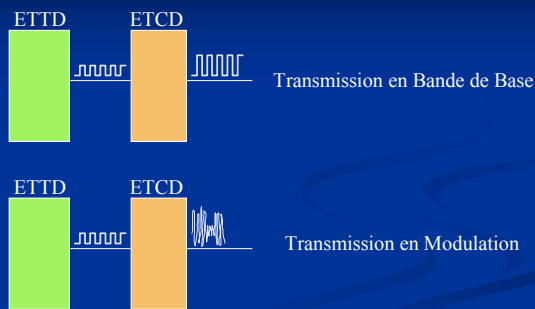
Propriétés à respecter dans la transmission

- Compatibilité avec la bande passante du support d'interconnexion
- Synchronisation des transitions (horloges)
- Différentiation avec le bruit des perturbations
- Signal aux transitions "abruptes" du type TOR (Tout Ou Rien).

Deux techniques de transmission



Deux techniques de transmission



Codage en bande de base

- Codage pour obtenir les propriétés énoncées (immunité au bruit, transport d'horloge, ..)
 - Codage NRZ
 - Codages Manchester
 - Codages à 3 niveaux

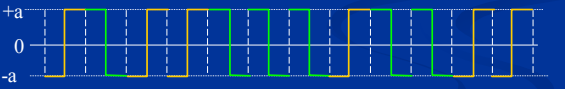
Codage NRZ (Non Return to Zero)



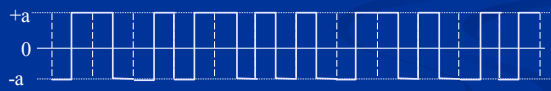
Codage NRZ (Non Return to Zero)



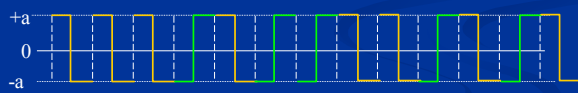
Codage Manchester biphasé



Codage Manchester biphasé



Codage Manchester différentiel



si $a_{i-1} - a_i = 0$

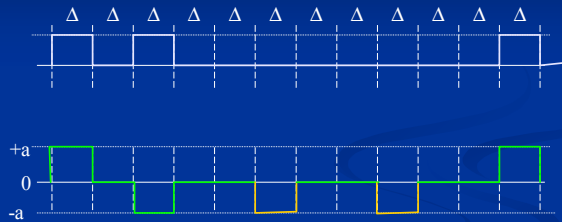
si $a_{i-1} - a_i = 1$

Codage à trois niveaux



• problème des "silences" sur la ligne..

Codage Binaire haute densité BHD2



- problème des "silences" sur la ligne..

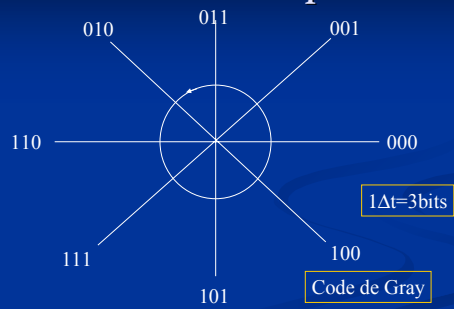
Transmission avec transposition de fréquence

- pour s'adapter à une bande passante
- pour multiplexer des voies de transmission
- pour s'affranchir des zones de bruit
- pour s'affranchir des effets du bruit
- pour augmenter le débit en bits/s

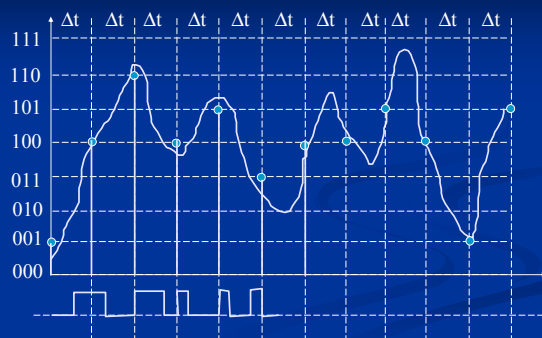
Différents types de transposition de fréquence

- modulation d'amplitude
 - porteuse modulée en amplitude
- modulation de fréquence
 - deux fréquences exploitées dans une bande étroite
- modulation de phase
- modulation par impulsions codées (MIC)

Modulation de phase



Modulation par impulsions codées



Erreurs de transmissions

- Sources d'erreurs
 - le bruit,
 - interférence intersymboles,
 - couplage électromagnétique (crosstalk),
 - écho, ..
- Taux d'erreur de 10^{-6} à 10^{-8}
- Erreurs par paquets (burst)

Techniques de détection/correction

- redondance complète (écho distant)
- contrôle de parité simple
- contrôle de parité vertical et longitudinal
- contrôle par blocs
- puissance de correction et de détection du code de Hamming 7,4
- Codes plus puissants : codes convolutionnels, Bose-Chaudhuri-Hocquenghem,..
- Codes polynomiaux

Parité simple

$$\text{Parité paire} = \sum_{i=1}^n d_i \text{ modulo } 2$$

Parité simple

$$\text{Parité paire} = \sum_{i=1}^n d_i \text{ modulo } 2$$

$$\text{Parité impaire} = \text{Parité paire} \oplus 1$$

Parité simple

$$\text{Parité paire} = \sum_{i=1}^n d_i \text{ modulo } 2$$

$$\text{Parité impaire} = \text{Parité paire} \oplus 1$$

Probabilité de k erreurs :

$$P(k \text{ erreurs}) = \binom{n}{k} p^k (1-p)^{n-k}$$

Parité simple

$$\text{Parité paire} = \sum_{i=1}^n d_i \text{ modulo } 2$$

$$\text{Parité impaire} = \text{Parité paire} \oplus 1$$

Probabilité de k erreurs :

$$P(k \text{ erreurs}) = \binom{n}{k} p^k (1-p)^{n-k}$$

Probabilité d'au moins une erreur :

$$1 - P(0 \text{ erreur}) = 1 - (1-p)^n$$

Parité simple

$$\text{Parité paire} = \sum_{i=1}^n d_i \text{ modulo } 2$$

$$\text{Parité impaire} = \text{Parité paire} \oplus 1$$

Probabilité de k erreurs :

$$P(k \text{ erreurs}) = \binom{n}{k} p^k (1-p)^{n-k}$$

Probabilité d'au moins une erreur :

$$1 - P(0 \text{ erreur}) = 1 - (1-p)^n$$

Probabilité (erreur détectée) =
somme des probabilités de
nombres impairs d'erreurs

$$= \sum_{k=1}^{[n/2]} \binom{n}{2k-1} p^{2k-1} (1-p)^{n-2k+1}$$

Parité simple

Parité paire = $\sum_{i=1}^n d_i \text{ modulo } 2$

Parité impaire = Parité paire $\oplus 1$

Probabilité de k erreurs :

$$P(k \text{ erreurs}) = \binom{n}{k} p^k (1-p)^{n-k}$$

Probabilité d'au moins une erreur :

$$1 - P(0 \text{ erreur}) = 1 - (1-p)^n$$

Probabilité (erreur détectée) =
somme des probabilités de
nombres impairs d'erreurs

$$= \sum_{k=1}^{\lfloor n/2 \rfloor} \binom{n}{2k-1} p^{2k-1} (1-p)^{n-2k+1}$$

Probabilité (contrôle parité marche)

$$= P(\text{erreur détectée} | > 0 \text{ erreur})$$

$$= \frac{P(\text{erreur détectée})}{1 - P(0 \text{ erreur})}$$

Tableau de performance de détection d'erreurs en parité simple

%erreur bit	P(Erreur transmission)	P(défaut de détection étant donné au moins une erreur)	P(non détection d'une erreur dans un octet)
10^{-5}	8×10^{-5}	$3,5 \times 10^{-5}$	$2,8 \times 10^{-9}$
10^{-4}	8×10^{-4}	$3,5 \times 10^{-4}$	$2,8 \times 10^{-7}$
10^{-3}	8×10^{-3}	$3,5 \times 10^{-3}$	$2,8 \times 10^{-5}$
10^{-2}	$7,7 \times 10^{-2}$	$3,4 \times 10^{-2}$	$2,6 \times 10^{-3}$
10^{-1}	$5,7 \times 10^{-1}$	$2,7 \times 10^{-1}$	$1,5 \times 10^{-2}$

Parité longitudinale/verticale

0	1	0	1	1	1	0
1	1	1	0	1	0	0
0	1	1	0	1	0	1
1	1	0	1	1	1	1
1	1	1	0	1	0	0
1	1	1	0	1	1	1
1	1	1	0	1	1	1
1	1	1	0	1	0	0

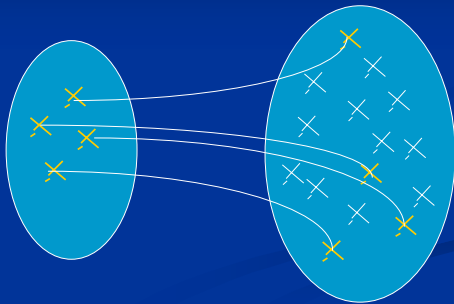
Parité longitudinale/verticale

0	1	0	1	1	1	0
1	1	1	0	1	0	0
0	1	1	0	1	0	1
1	1	0	1	1	1	1
1	1	1	1	1	0	0
1	1	1	0	1	1	1
1	1	1	0	1	1	1
1	1	1	0	1	0	0

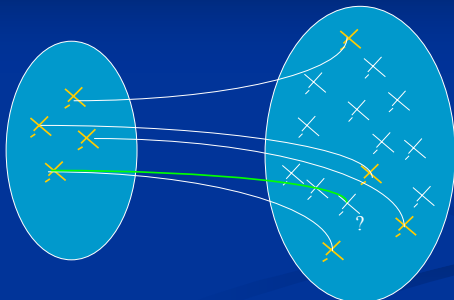
Détection et Correction

Généralisation aux codes blocs

Code bloc (n,k) signifie k bits de données et $n-k$ bits de parité



Généralisation aux codes blocs



Erreur : choix du mot de code le + proche

Représentation polynomiale

$$M(X) = m_0 + m_1 X^1 + m_2 X^2 + \dots + m_{k-1} X^{k-1}$$

Représentation polynomiale

$$M(X) = m_0 + m_1 X^1 + m_2 X^2 + \dots + m_{k-1} X^{k-1}$$

$$X^r \cdot M(X) = Q(X) \cdot G(X) + R(X)$$

Représentation polynomiale

$$M(X) = m_0 + m_1 X^1 + m_2 X^2 + \dots + m_{k-1} X^{k-1}$$

$$X^r \cdot M(X) = Q(X) \cdot G(X) + R(X)$$

$$T(X) = X^r \cdot M(X) + R(X)$$

Représentation polynomiale

$$M(X) = m_0 + m_1 X^1 + m_2 X^2 + \dots + m_{k-1} X^{k-1}$$

$$X^r \cdot M(X) = Q(X) \cdot G(X) + R(X)$$

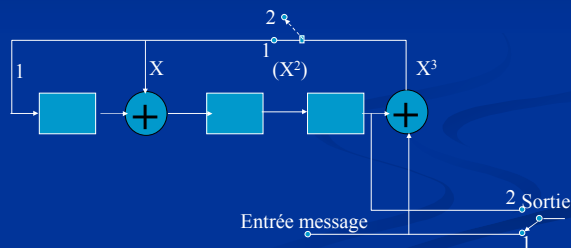
$$T(X) = X^r \cdot M(X) + R(X)$$

On peut montrer que les codes valides forment exactement l'ensemble des codes multiples de $G(X)$ (modulo $(X^n - 1)$)

Le récepteur divise $T(X)$ par $G(X)$ et examine le résultat. Si le résultat est différent de 0 alors une procédure de récupération d'erreur est lancée

Implantation des codes polynomiaux

Exemple pour le code hamming (7,4)
Générateur = $1 + X + X^3$



Résumé des capacités de détection

- erreurs simples : 100%
- deux bits en erreur : 100%
- un nombre impair d'erreurs : 100 %
- paquet d'erreurs de moins de $r+1$ bits : 100%
- paquets d'erreurs d'exactly $r+1$ bits : $1 - 1/2^{(r-1)}$ % des paquets
- paquets d'erreurs de plus de $r+1$ bits : $1 - 1/2^r$ % des paquets

Les standards

- CRC 12 : $1 + X + X^2 + X^3 + X^{11} + X^{12}$
- CRC 16 : $1 + X^2 + X^{15} + X^{16}$
- CRC-CCITT : $1 + X^5 + X^{12} + X^{16}$
- CRC 32 : $1 + X + X^2 + X^4 + X^5 + X^7 + X^8 + X^{10} + X^{11} + X^{12} + X^{16} + X^{22} + X^{23} + X^{26} + X^{32}$

En savoir plus sur les CRC

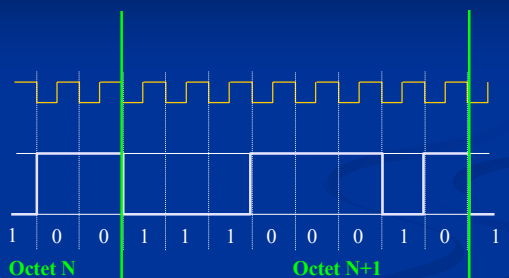
<http://bat710.univ-lyon1.fr/~amille/enseignements/DESS/CRC.htm>

PLAN DU COURS

- LES BASES
 - SUPPORTS DE TRANSMISSION
 - CODAGE DES INFORMATIONS
 - DETECTION/CORRECTION DES ERREURS DE TRANSMISSION
- DEFINITIONS ET PRINCIPES
 - TYPES DE LIAISON
 - CARACTERISATION DE TRAFIC
 - NORMALISATION

TYPES DE LIAISON

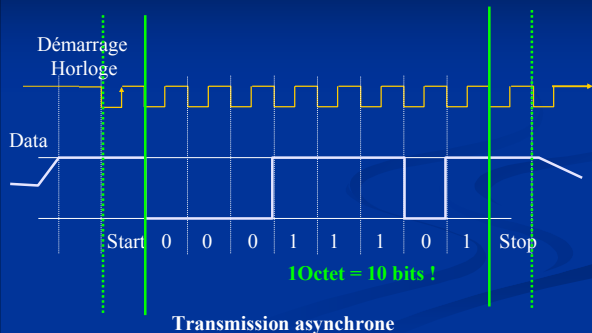
Rappels transmission synchrone/asynchrone



Transmission synchrone

TYPES DE LIAISON

Rappels transmission synchrone/asynchrone



Types de liaison

- Simplex (unilatéral)
- Half-duplex (bilatéral à l'alternat)
- Full-duplex (bilatéral simultané)

Multiplexage et concentration

- dans les deux cas plusieurs canaux d'entrée partagent un canal de plus haut débit en sortie.
- le multiplexage implique une part fixe pour chaque canal
- la concentration suppose une allocation dynamique de capacité à transmettre selon les besoins

Différents types de multiplexage/concentration

Temporel :

1	2	3	4	5	6	7	8
---	---	---	---	---	---	---	---

Statistique :

1	2	3	4	5	6	7	8
---	---	---	---	---	---	---	---

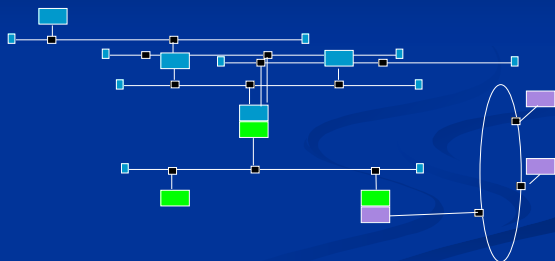
Avec compression : -> codage spécifique avec/sans perte d'information.

Architectures de réseau

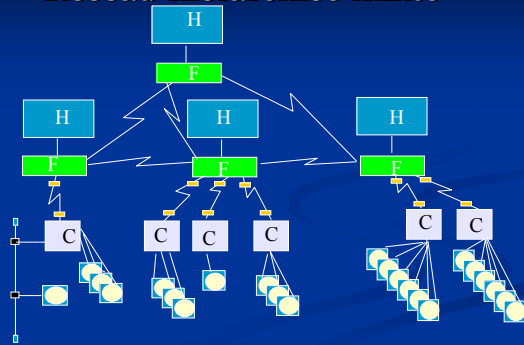
- réseau à accès direct
 - en Bus, accès aléatoire
 - en Bus, accès jeton
 - en Anneau, accès jeton
- réseau à accès indirect
 - interconnexion de réseaux à accès direct
 - hiérarchisé
 - maillé

Interconnexion de réseaux à accès direct (réseaux locaux)

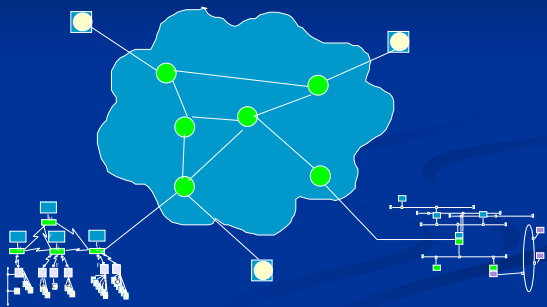
Notion de Réseau Local Étendu (RLE)



Réseau hiérarchisé mixte



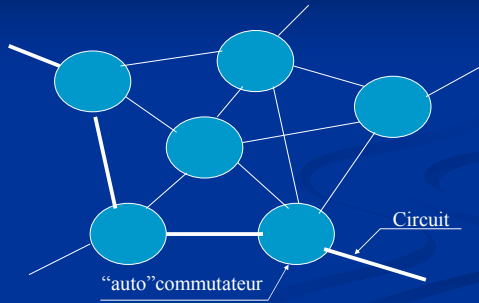
Réseau maillé



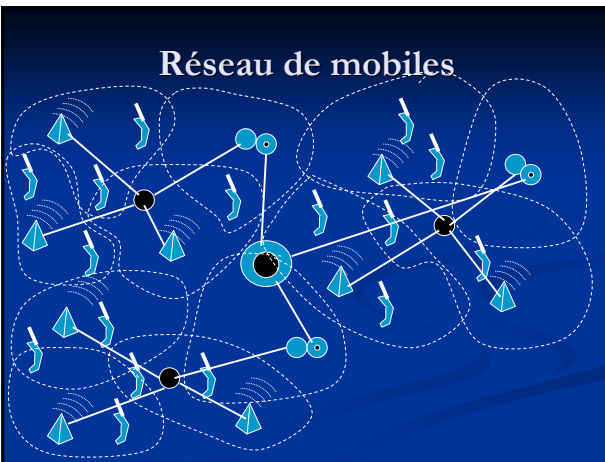
Les réseaux de télécommunications

- Les réseaux à commutation de circuits
 - la commutation multicircuits
- Les réseaux à commutation de messages
- Les réseaux à commutation de paquets
- Les réseaux à commutation de trames
- Les réseaux à commutation de cellules

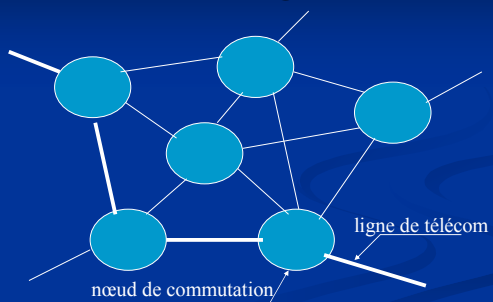
Commutation de circuits



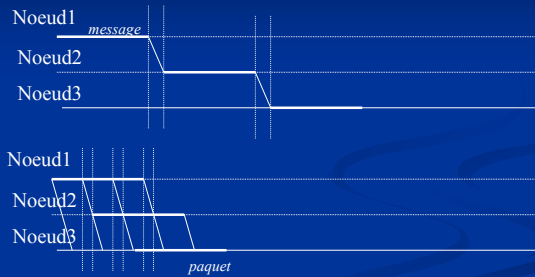
Réseau de mobiles



Réseau à commutation de messages



Réseaux à commutation de messages/paquets



Caractérisation du trafic sur une ligne

en Erlangs	Taux d'occupation	$E = \frac{NT}{3600}$ N=nb de connexions par heure T=Durée de connexion
	$E = \frac{NT}{3600}$	
en %	Taux d'activité	$D = \frac{nP}{TD}$ n=nb de paquets transmis p=longueur moyenne des paquets D=Débit max du support T= période d'observation
	$D = \frac{nP}{TD}$	

La normalisation

Standards Telecom

Standards Généraux

La normalisation

Standards Telecom	Standards Généraux
CCITT	ISO
Commission Consultative Internationale du Télégraphe et Téléphone	International Standardization Organization

La normalisation

Standards Telecom	Standards Généraux	
CCITT	ISO	
Commission Consultative Internationale du Télégraphe et Téléphone	International Standardization Organization	
PTT	France	AFNOR
ATT	USA	ANSI

Le découpage en couches OSI

(Opened Systems Interconnexion) de la norme ISO

Couche 0

Support d 'interconnexion

Le découpage en couches OSI (Opened Systems Interconnexion) de la norme ISO

Couche 1 Couche physique Niveau « bit »



Couche 1: Physique

1 Physique
Medium les protocoles de connexion au niveau bit. Il s'agit des caractéristiques électriques, fonctionnelles et procédurales pour activer, maintenir et désactiver les liaisons physiques. Elle assure la transmission d'un flux de bits de manière la plus transparente possible.

Le découpage en couches OSI (Opened Systems Interconnexion) de la norme ISO

Couche 2 Couche liaison Niveau « trame »

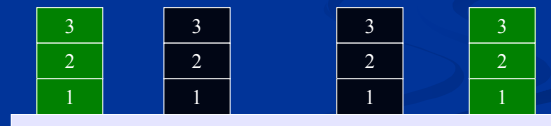


Couche 2 Liaison

2 Liaison	les protocoles de liaison point à point . Groupe les bits en caractères et en trames. Synchronise les échanges et détecte (corrige) les erreurs de transmission. Prend en charge une partie du contrôle d'accès au médium.
Physique	
Médium	

Le découpage en couches OSI (Opened Systems Interconnexion) de la norme ISO

Couche 3 Couche réseau Niveau « paquets »



Couche 3 Réseau

3 Réseau	les protocoles d'établissement de chemins. Permet le routage, la commutation de données. L'unité de transport est le plus souvent le paquet.
Liaison	
Physique	
Médium	

Le découpage en couches OSI

(Opened Systems Interconnexion) de la norme ISO

Couche 4

Couche transport

Niveau « messages »

4

3

2

1

3

2

1

3

2

1

4

3

2

1

Couche 4 Transport

4Transport

Réseau

Transport

Physique

Medium

les protocoles d'acheminement de messages. Permet le contrôle de bout en bout des échanges. Corrige les imperfections des couches inférieures selon le niveau de service demandé. Propose l'équivalent d'un port logique d'entrée-sortie aux applications (sockets).

Le découpage en couches OSI

(Opened Systems Interconnexion) de la norme ISO

Couche 5

Couche session

Niveau « sécurité »

5

4

3

2

1

3

2

1

3

2

1

5

4

3

2

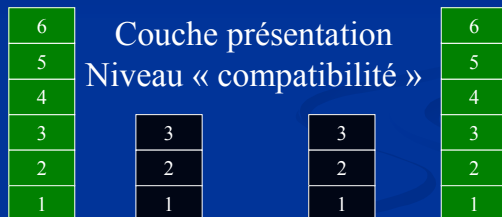
1

Couche 5 Session

5 Session	Protocoles de gestion de dialogue entre processus distants. Etablissements de points de reprise.
Transport	
Réseau	
Traison	
Physique	
Medium	

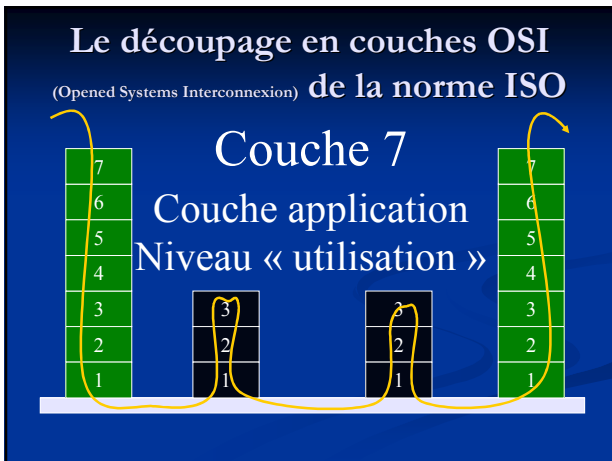
Le découpage en couches OSI (Opened Systems Interconnexion) de la norme ISO

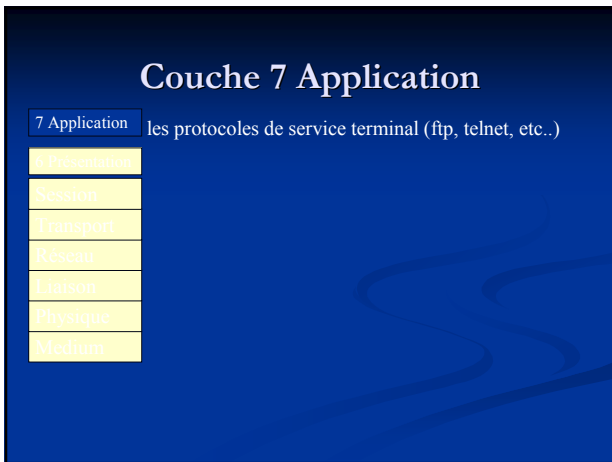
Couche 6



Couche 6 Présentation

6 Présentation	les protocoles de syntaxe de transfert (EDI)Conversion de données.
Session	
Transport	
Réseau	
Traison	
Physique	
Medium	







Les couches...

Les données utilisateurs



7 Application



Les couches...

Les données utilisateurs



7 Application



6 Présentation



Les couches...

Les données utilisateurs



7 Application



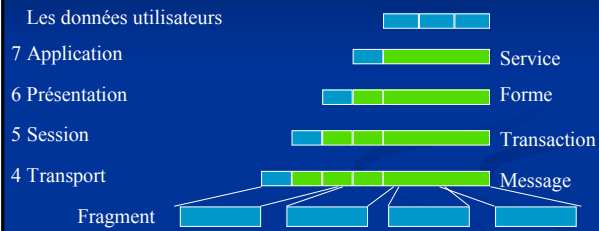
6 Présentation



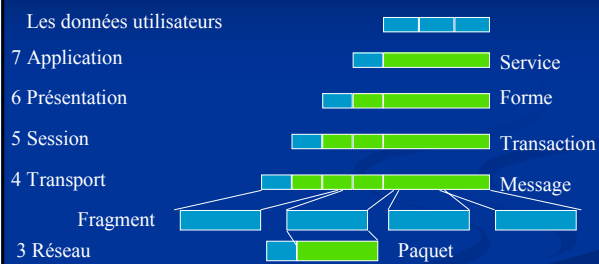
5 Session



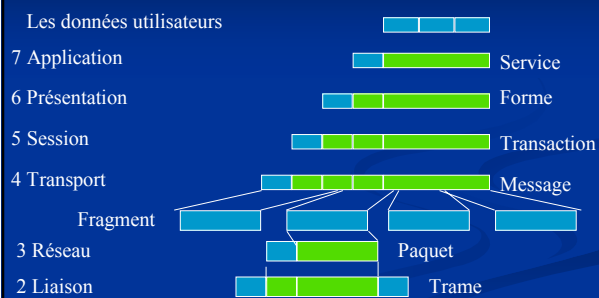
Les couches...



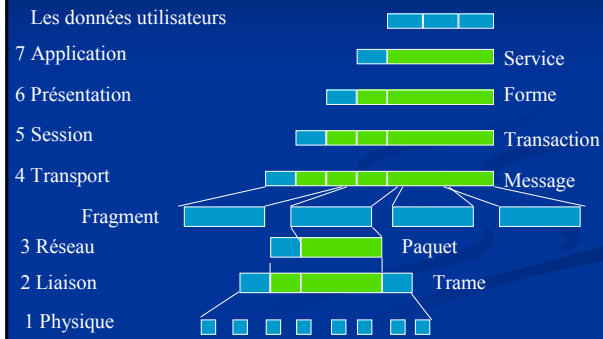
Les couches...



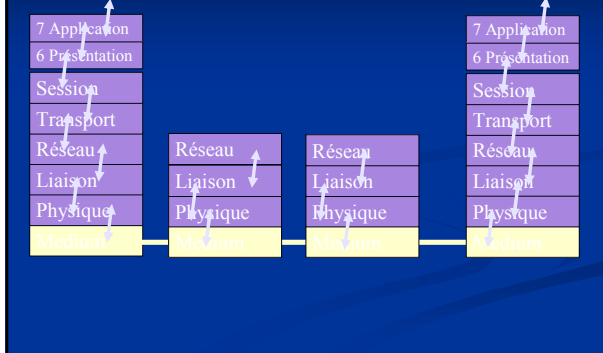
Les couches...



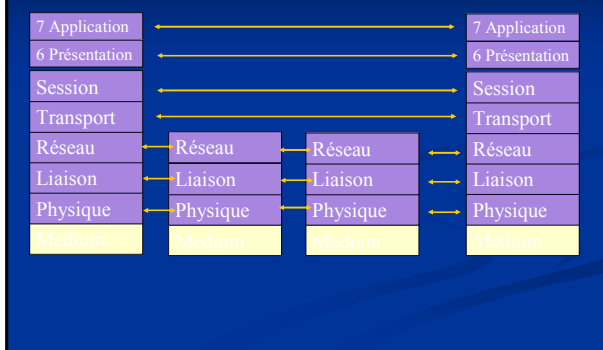
Les couches...



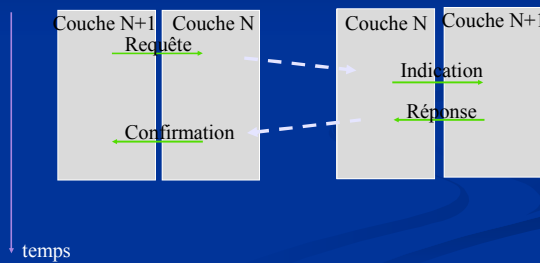
Le modèle de fonctionnement...



Le modèle de fonctionnement...



Les primitives de base



PLAN DU COURS (suite)

- PROBLEMES ET SOLUTIONS ILLUSTREES PAR COUCHES
 - SUPPORTS D'INTERCONNEXION
 - COUCHE PHYSIQUE
 - COUCHE LIAISON
 - COUCHE RESEAU
- PRESENTATION DE SOLUTIONS "propriétaires"

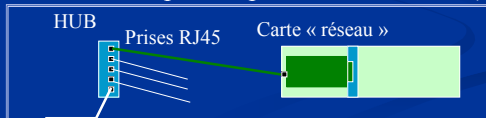
SUPPORTS D'INTERCONNEXION

- Fils métalliques (de type téléphonique)
 - paires torsadées
 - bandes passant variant à l'inverse de la distance
 - limites à 72 kbits/s sur quelques kilomètres
 - jusqu'à 155 Mbits/s sur 200 m en catégorie 5
 - utilisé de plus en plus en réseau local (10baseT)

*Support de cours proposé par le CNRS

SUPPORTS D'INTERCONNEXION

- Fils métalliques (de type téléphonique)
 - paires torsadées
 - bandes passant variant à l'inverse de la distance
 - limites à 72 kbits/s sur quelques kilomètres
 - jusqu'à 155 Mbits/s sur 100 m en catégorie 5
 - utilisé de plus en plus en réseau local (10baseT)



SUPPORTS D'INTERCONNEXION

- Câbles coaxiaux : a eu son heure de gloire.
 - Propriétés de bande passante et de faible bruit
 - Difficultés de mise en place
 - Deux grandes familles :
 - le fin (diamètres 1.2/4.4mm)
 - le gros (diamètres 2.6/9.5mm)

SUPPORTS D'INTERCONNEXION

- Fibres Optiques
 - faible atténuation
 - insensibilité au bruit électromagnétique
 - très haut débits (>2Gbit/s)
 - démocratisation
 - banalisation de la connectique

SUPPORTS D'INTERCONNEXION

- Faisceaux « sans fils »
 - Herziens
 - Radios
 - Satellites
 - Infrarouges
- Vision Directe
- Hauts débits (selon les plages de fréquence)
- Re-configuration géographique aisée
- Economique

Câblage

- Câblage poste de travail:
 - Le plus répandu - Topologie en étoile autour des locaux techniques
 - Distance maximale entre équipement actif et utilisateur fonction du protocole (Ethernet, Fast ethernet, ATM, Asynchrone ...)
 - Composants :
 - Locaux techniques, Câbles, Les répartiteurs ,Le brassage
 - Choix du câble
 - Catégories 3, 4 (en fin de vie) , 5 (hauts débits)
 - Blindage, PVC, anti-feu, Diamètre du fil (augmentation d 'impédance=> moins d 'atténuation) ...
 - Connecteur RJ45, RJ11
- (Un cours très bien fait sur le câblage :

Câblage

- Câblage Fibre optique
 - Utilisé comme :
 - câble de rocade pour construire les réseaux fédérateurs hauts débits
 - liaison inter-bâtiments
 - câble avec nombre pair de brins (brin émission, brin réception)
 - raccordement :
 - - 'collage' des brins sur les connecteurs ST du tiroir optique
 - - raccordement par cordon optique à l'équipement actif ou autre tiroir optique
 - Fibre multimode, monomode
 - Connecteurs SC, ST

Câblage : Transmission sans fil

- Réseaux locaux sans fil (LAN Wireless)
 - Méthodes de transmission : Infrarouge, laser, ondes radio
- Informatique mobile
 - en pleine croissance : Utilisation du satellite ou cellules
 - formes d'informatique mobile :
 - paquet radio via satellite
 - réseau téléphonique cellulaire
 - réseau satellite : transmission par micro-ondes

LIAISON de DONNEES

Couche 2/OSI:

Service de liaison de données: Rôle

- Transfert de données **fiable** entre deux équipements
 - Taux d'erreurs résiduel négligeable (détection et ctrl des erreurs de la couche physique)
 - Sans perte (contrôle de flux)
 - Sans duplication
- Service fourni au réseau
 - Établir, maintenir et libérer les cnx de liaison de données entre entités de réseau
- Service bi-point et multipoint
 - en multipoint : Gestion de l'accès au support

Service de liaison de données: Service physique requis

- Circuit de données **synchrone** sur LS ou liaison d'accès à un WAN
- Service fourni
 - cnx -libération
 - transfert fiable de données = trames (DLPDU)
 - Contrôle de flux
 - Identification de la LD
 - maintien en séquence des trames
 - Notification des erreurs non récupérables

Service de liaison de données: Protocole de LD

- Définition d'un protocole LD
 - Format des trames
 - Critère de début et fin de trame
 - Place et signification des champs d'une trame
 - technique de détection d'erreurs utilisée
 - règles de dialogue : procédures après erreurs ou panne et supervision
- Protocoles orientés caractères
 - Trame = nb entier de caractères délimités par des caractères de commande
 - Exp: code ASCII => caractères STX, ETX
 - Protection des caractères de commande par des caractères de transparence (DLE (Data link Escape) en ASCII)
 - Exemple de chaîne à coder : A B 1 ETB C ETX 2 DLE 3 SYN D DLE DLE 4
 - Sans protection : **STX** A B 1 ETB C **ETX** 2 DLE 3 SYN D DLE DLE 4 **ETX**
 - Avec protection : **DLE** **STX** A B 1 ETB C ETX 2 DLE **DLE** 3 SYN D DLE **DLE** DLE **DLE** 4 **DLE** **ETX**

Service de liaison de données: Protocole de LD

- Protocoles orientés bit
 - Trame = nb entier de bits délimités par des **fanions (séquence particulière de bits)**
 - Exp: Fanion 01111110
 - Transparence : insérer dans la trame binaire un '0' après avoir rencontré 5 '1'
 - Exemple de chaîne à coder : 0111111011
 - Sans protection : **01111110** 0111111011 **01111110**
 - Avec protection : **01111110** 0111111011**01111110**
- Détection et contrôle des erreurs
 - Puissance du code : Distance de Hamming
 - Code LRC
 - Code VRC, cyclique ...

Etude du protocole HDLC

Présentation

- High Level Data Link Control
 - Protocole de niveau 2/OSI
 - Premier protocole moderne → 1973 - 1976
 - Utilise des mécanismes qui sont repris dans de nombreux autres protocoles
- Standards
 - OSI 3309 et 4335
 - CCITT X25.2 : LAPB et I440: LAPD
 - ECMA 40 et 49 (+60, 61, 71)
 - Réseaux locaux: 8802.2 LLC1, LLC2, LLC3
- Produits
 - IBM SDLC

Service Physique requis

- Liaison physique SYNCHRONES DUPLEX standard
 - Possibilité de demi-duplex sur réseaux commuté mais avec des restrictions de service
- Le coupleur physique doit aussi assurer
 - TRANSPARENCE par insertion automatique de zéros
 - Détection d'erreurs par code cyclique CCITT

Service fourni

- Transmission TRANSPARENTE d'une chaîne de bits quelconque bidirectionnelle simultanée
- Correction d'erreurs très efficace
 - détection par code cyclique CCITT $x^{15}+x^{12}+x^5+1$
 - Répétition des trames erronées
- Contrôle de flux avec anticipation
- Liaison de données
 - Point à point symétrique ou dissymétrique
 - Multipoint dissymétrique
 - scrutation par invitation à émettre

Versions et sous-ensembles

- Mode dissymétrique
 - Une station primaire et une ou plusieurs stations secondaires
 - NORMAL exemple SDLC
 - AUTONOME (ancien) X25.2 LAP
- Mode symétrique
 - équilibré (Pt à Pt seulement) X25.2 LAPB
- Options
 - Très bien codifiées
 - Rejet
 - Adressage étendu
 - Séquencement étendu
 - Données non séquencées
 - etc.

Structure de trame

- Structure UNIQUE avec 2 formats
 - Champ de données optionnel
 - Format A sans champ d'information
 - Format B avec champ d'information



Commande: 1 ou 2 octets (option 10) Contrôle d'erreurs Fanion de fermeture :
(2a) 7E_h

Adresse: 1 ou 2 octets (option 7)

Fanion d'ouverture : 7E_h = 01111110

- Remplissage entre trames :
 - Fanions ou "idle" (7FFF_h)

↑ Lorsque l'utilisateur cesse d'émettre des données vers le coupleur, celui-ci envoie le FCS (qu'il calcule au fur et à mesure) puis le fanion de fermeture

Transparence : Insertion automatique de "0"

- Algorithme émission
 - Si bit=0 RAZ compteur, sinon Incrémenter compteur
 - Si compteur = 5, Insérer 0, RAZ compteur
 - Algorithme réception
 - Si bit = 1, Incrémenter compteur, sinon RAZ compteur
 - Si compteur = 5 , incrémenter compteur
 - si bit suivant = 0 extraction du 0 RAZ compteur
 - si bit suivant = 1 : présomption Fanion, incrémenter compteur
 - si bit suivant =0 : **Fanion** sinon "avorter trame" Abort
- A émettre : 01110011111 11011111 00.....
01111110
- Compteur : 01230012345 12 012345 00 01234569
- Transmis: 01110011111 11011111 00.....
01111110
- Compteur : 0123 0012345 12 012345 00
..... 01234569
- Reçu: 01110011111 11011111 00.....
01111110

Statut des stations -1

- Système à commande centralisée DISSYMETRIQUE
 - Multipoint



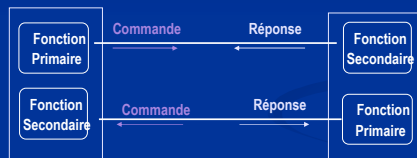
- Point à point



- Adresse = station SECONDAIRE

Statut des stations - 2

- Système à commande centralisée SYMETRIQUE



- Adresse : FONCTION SECONDAIRE

Adresses

- Adresse Transmise :
 toujours celle de la station ou fonction SECONDAIRE
- En mode DYSSYMETRIQUE
 - Statut de station permanent
- En mode SYMETRIQUE
 - Identifier la FONCTION secondaire
 - ACCEPTEUR de Connexion ou de Libération ou autre fonction ...
 - COLLECTEUR de données
 - Possibilité de 2 flux de données dans chaque sens (commande et réponse)
 - En LAPB
 - Un seul flux de données (commandes)
 - Commandes émises par station Hôte vers RESEAU : adresse A=1
 - Réponses reçues par station Hôte depuis RESEAU : Adresse A=1
 - Commandes reçues par station Hôte depuis RESEAU : adresse B=3
 - Réponses émises par station Hôte vers RESEAU : Adresse B=3

Types de trames

Champ de commande

0

type 0 1

type type 1 1

- 3 Types de trames : I, S, U
- Trames I
 - Information ; transfert de la SDU
- Trames S
 - Supervision séquencées
 - Contrôle de flux : RR, RNR
 - Contrôle d'erreurs : REJ (Go-Back-N), SREJ
- Trames U
 - Supervision Non séquencées (Unsequenced)
 - Connexion, Libération
 - Anomalies, Réinitialisation
 - Test, Identification
 - Données non séquencées (datagrammes)

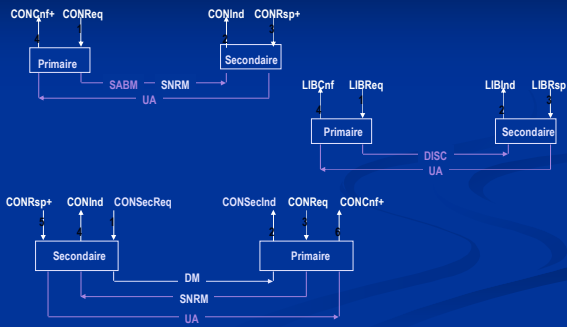
Trames de supervision non séquencées - U

81M P/R M 1 1

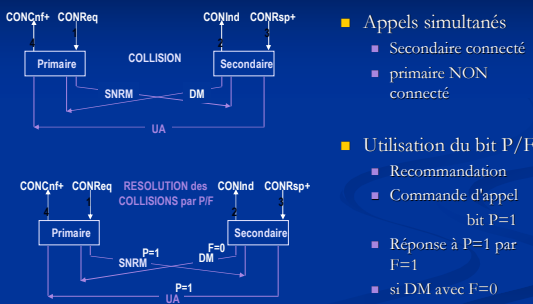
- 32 commandes ou réponses possibles ...

SARME		0 1 0	1 1	
SABM		0 0 1	1 1	Set Asynchronous Balanced Mode command
SABME		0 1 1	1 1	
DISC	RD	0 1 0	0 0	Disconnect commande - Request disconnect
	UA	0 1 1	0 0	Unnumbered Acknowledge
SIM	RIM	0 0 0	0 1	Set (Request) Initialisation Mode
TEST	TEST	1 1 1	0 0	test
XID	XID	1 0 1	1 1	eXchange Identification
UI	UI	0 0 0	0 0	Unnumbered Information
	FRMR	1 0 0	0 1	Frame Reject

CONNEXION - LIBERATION



COLLISIONS d'APPELS



- Appels simultanés
 - Secondaire connecté
 - primaire NON connecté
- Utilisation du bit P/F
 - Recommandation
 - Commande d'appel
 - bit P=1
 - Réponse à P=1 par F=1
 - si DM avec F=0 pas d'ambiguïté DM ignoré

Réinitialisation - autres commandes

- Réinitialisation par primaire
 - Déconnexion puis connexion (DISC - SABM)
 - Envoi d'une commande SABM ou SNRM, sans déconnexion préalable
 - en OPTION : SIM acquitté par UA
- Réinitialisation par secondaire
 - demande de réinitialisation par DM
 - demande par réponse NON sollicitée -
 - Demande de déconnexion : Trame UA (P/F=1) (crée anomalie...)
 - en OPTION : RIM qui entraîne SIM (et UA)
- Test - Identification
 - Echange Test-Test ou Xid-Xid

Transfert de données normales (séquencées)

CHAMPS de COMMANDE

8	frames I				1
	N(R)	P/R	N(S)		0

8	frames S : RR,RNR, REJ, SREJ				1
	N(R)	P/R	Type	0	1

- données dans trame I
 - N(S) numéro de trame émise
- Acquittement
 - trames RR ou RNR
 - trame I (*piggybacking*)
 - par numéro N(R) numéro de trame de DONNEES attendue
- Contrôle de flux
 - implicite : Trames RR (N(R))
 - explicite : trame RNR
- Contrôle d'erreurs
 - répétition des trames manquantes
 - trames REJ (option SREJ)

Ouverture de fenêtre

0 1 2 3 4 5 6 7 0 1 2 3 4

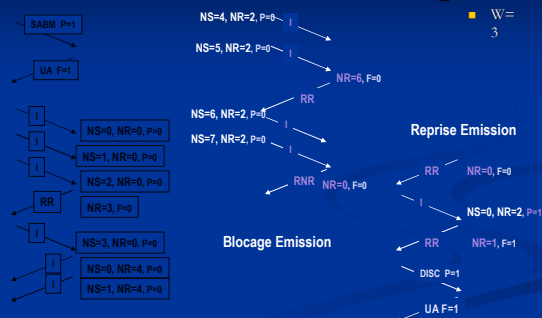
0 1 2 3 4 5 6 7 0 1 2 3 4

0 1 2 3 4 5 6 7 0 1 2 3 4

0 1 2 3 4 5 6 7 0 1 2 3 4

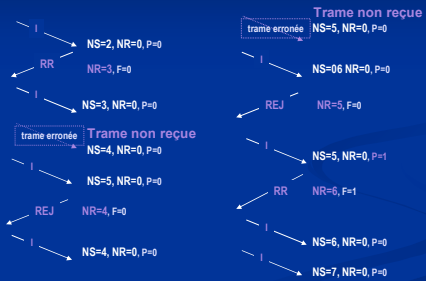
- EXEMPLE W=3
 - on peut émettre 0, 1, 2
 - on reçoit trame RR demandant 3
 - on peut émettre 3, 4, 5
 - on reçoit trame RR demandant 6
 - on peut émettre 6, 7, 0
 - on reçoit trame RR demandant 1
 - on peut émettre 1, 2, 3
 - etc ...

Contrôle de flux : exemple

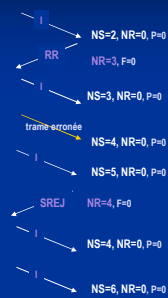


Correction d'erreurs par REJET

■ $w=3$



Contrôle d'erreurs par Rejet sélectif



- Example

- les trames arrivent déséquencées
(ici 2, 3, 5, 4, 6....)

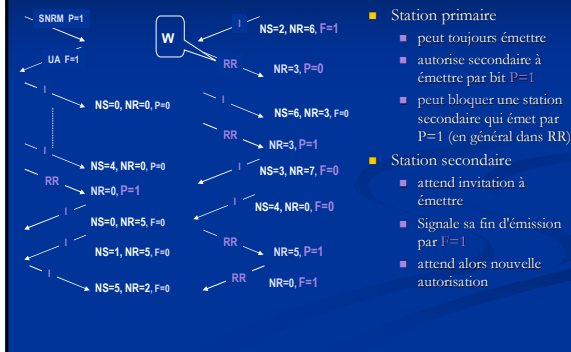
Pointage de vérification



- Permet de vérifier le séquençement
 - RR en COMMANDE
 - P=1 réponse immédiate
 - adresse de commande
 - RR en réponse avec F=1

- En mode symétrique
bit P = 1 est une demande de
réponse immédiate

Mode Dissymétrique : Invitation à émettre



Traitement des anomalies

- Utilisation de trame FRMR (Frame Reject)
 - ancienne version : CMDR (Command Reject)
 - Contient 3 octets de données
 - Champ rejeté
 - variables d'état V(S) et V(R)
 - fournit un certain diagnostic (limité)
 - bit W : Champ d'information non défini
 - bit X : Champ d'information dans une trame de format B
 - bit Y : Champ d'information trop long (débordement buffer)
 - bit Z : erreur sur N(R) reçu (hors fenêtre)



Plan d'adressage IP

- Pourquoi
 - Eviter la duplication des adresses
 - Base pour une politique de sécurité efficace
 - Plan de nommage => Serveur de noms
- Adressage IP
 - Pénurie des @ publics ==> @ privée - Interconnexion avec Internet ?
 - Choix de la classe A,B,C
 - Adressage des liens WAN Pt à Pt et Multipoint
 - Affectation des adresses
