

Chapitre 3 : Protection contre les erreurs

- Introduction
- Les codes de protection contre les erreurs
- Codes simples
- Codes linéaires
- Codes polynomiaux

Bibliographie

A.Tanenbaum, Réseaux, InterEditions.

K. Lahèche, Les codes en informatique : codes détecteurs et correcteurs d'erreurs, Hermès.

C.Macchi, J-F.Guibert, Téléinformatique, Dunod.

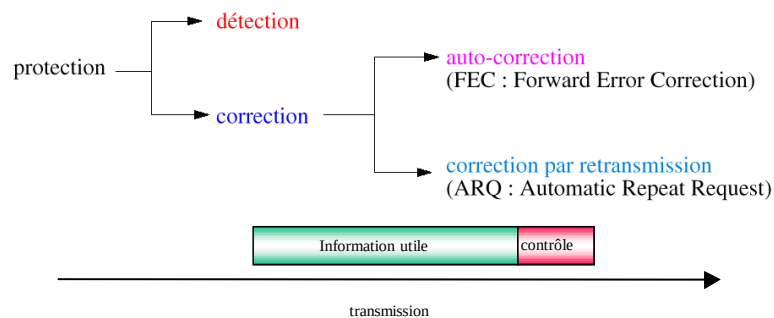
1

Chapitre 3 : Protection contre les erreurs

Indépendamment des supports de communication et des techniques de transmission utilisés, des perturbations vont se produire entraînant des erreurs.

Dans ces conditions, la suite binaire reçue ne sera pas identique à la suite émise

Stratégies de protection contre les erreurs de transmission :



2

Chapitre 3 : Protection contre les erreurs

Principe général pour la détection des erreurs de transmission

- Un émetteur veut transmettre un message à un récepteur.
- L'émetteur transforme le message initial à l'aide d'un procédé de calcul spécifique qui génère une certaine redondance des informations au sein du message codé.
- Le récepteur vérifie à l'aide du même procédé de calcul que le message reçu est bien le message envoyé grâce à ces redondances.

Principe général pour l'auto-correction des erreurs de transmission

- Après détection d'une erreur, la redondance dans le message transmis est suffisante pour permettre de retrouver le message initial.

• Exemple : Technique de détection par répétition

- Le message codé est un double exemplaire du message initial, le récepteur sait qu'il y a eu erreur si les exemplaires ne sont pas identiques.

⇒ certaines erreurs

- ❑ **sont indétectables !** (même erreur sur les 2 exemplaires simultanément)

- Le message codé est un triple exemplaire du message initial, le récepteur suppose que le message initial correspond aux deux exemplaires qui sont identiques.

- ❑ **détectées ne sont pas corrigibles !** (1 erreur différente sur 2 exemplaires)

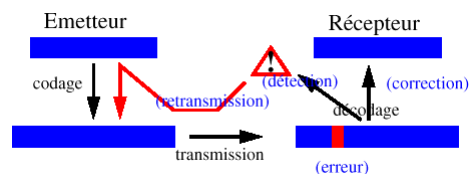
- ❑ **détectées et mal corrigées !** (1 même erreur sur deux exemplaires simultanément) ³

Chapitre 3 : Protection contre les erreurs

Principe général pour la correction par retransmission des erreurs de transmission

Après détection d'une erreur, le récepteur demande à l'émetteur, implicitement (temporisateur) ou explicitement (nack), de retransmettre une nouvelle fois le message (codé).

Exemple : Nombreux protocoles de télécommunication dont **HDLC, X25, TCP**.



La correction par retransmission est préférée dans les réseaux où le taux de perte est faible et le délai de retransmission tolérable, car son surcoût est généralement plus faible que celui induit par les codes auto-correcteurs.

Chapitre 3 : Protection contre les erreurs

Les codes de protection contre les erreurs

□ Par bloc

d'un bloc dépend uniquement des informations de ce bloc.

□ Convolutionnels (ou récurrents)

Codage/décodage d'un bloc dépend des informations des blocs précédemment transmis.

Généralement le codage par bloc dans les applications téléinformatiques classiques :
le codage/décodage est plus simple et les délais sont plus faibles

Par la suite, on présentera les codes (par bloc) :

- Simples
- Linéaires, de Hamming
- Polynomiaux

5

Définitions générales

Un code (k, n) transforme (code) tout bloc initial de k bits d'information en un bloc codé de n bits.

Le code introduit une redondance puisque $n > k$.

Le code est **systématique** si les k premiers bits du bloc codé sont égaux aux bits du bloc initial. Les r ($r=n-k$) derniers bits forment un champ de contrôle d'erreur.

Le rendement du code (k, n) est : $R = k/n$

On appelle **mot du code**, la suite de n bits obtenue après un codage (k, n) .

Le nombre n de bits qui composent un mot du code est appelé la longueur du code. La dimension k étant la longueur initiale des mots.

Le **poids de Hamming** d'un mot est le nombre de bits à 1 qu'il contient.

La **distance de Hamming** entre deux mots de même longueur est définie par le nombre de positions binaires qui diffèrent entre ces deux mots. On l'obtient par le poids de Hamming de la somme binaire des 2 mots.

La distance de Hamming d'un code est la distance minimum entre tous les mots du code.

6

Définitions générales

La capacité de détection (de correction) d'un code est définie par les configurations erronées qu'il est capable de détecter (corriger). Une erreur simple (resp. double, ou d'ordre p) affecte une seule (resp. 2, ou p) position(s) binaire(s) d'un mot. Pour qu'un code ait une capacité de détection (resp. correction) des erreurs d'ordre e, il faut que sa distance de Hamming soit supérieure à 1+e (resp. 1 + 2e).

Soient x et y deux caractères d'un alphabet A et N la longueur du codage des mots de cet alphabet, X_i et Y_i désignent respectivement le i^{ème} bit de x et y. La distance de Hamming est définie par

$$D(x,y) = \sum_{i=1}^N |X_i - Y_i|$$

$D_H =$

Exemple :

Caractère initial	00	01	10	11
Caractère émis	00000	01111	10110	11001
Caractère erronés possibles	00001	01110	10111	11000
	00010	01101	10100	11011
	00100	01011	10010	11100
	01000	00111	11110	10001
	10000	11111	00110	01001

$D_H = 1$

$D_H = 3$

Distance de Hamming minimum = 3 $\Rightarrow$ capacité de détection = 2, capacité de correction = 1.

A partir du caractère erroné, il est aisé de retrouver le caractère émis appartenant à l'ensemble A.

7

Exemples simples de codes par bloc - contrôle de parité

Parité paire (impaire) :

le poids de Hamming des mots du code est paire (impaire).

Code systématique (k, k+1) dans lequel un bit (le bit de parité) est ajouté au mot initial pour assurer la parité. Son rendement est faible lorsque k est petit.

Transmission de caractères utilisant un code de représentation (le code ASCII sur 7 bits).

Lettre	Code ASCII	Mot codé (parité paire)	Mode codé (parité impaire)
E	1010001	1010001 1	1010001 0
V	0110101	0110101 0	0110101 1
A	1000001	1000001 0	1000001 1

$\Rightarrow$ Détection de toutes les erreurs en nombre impair!

8

Parité longitudinale et transversale (LRC : Longitudinal Redundancy Check)

Le bloc de données est disposé sous une forme matricielle ($k=a.b$). On applique la parité (uniquement paire) sur chaque ligne et chaque colonne. On obtient une matrice $(a+1, b+1)$.

Utilisé sur supports magnétiques

VRC (parité paire)

1010001 1

0110101 0

1000001 0

LRC = 0100101 1

Rendement très faible : $a.b / (a+1).(b+1)$.

9

Capacité de détection et d'autocorrection

Principe :

Une erreur simple modifie simultanément la parité d'une ligne et d'une colonne.

Correction :

inverser le bit situé à l'intersection de la ligne et de la colonne ayant une parité incorrecte.

1010001 1

0110101 0

1000*01 0 *=1 résultat correct 0

0100101 1

Une erreur triple peut faire croire à une erreur simple et sa correction sera inadaptée !

10100011 correct 10100011

01101010 01000010

10001010 10101010

01001011 01001011

10

Les codes polynomiaux

Tout vecteur peut être présenté sous une forme polynomiale.

Les opérations sont binaires (construits sur le corps $\mathbb{Z}/2\mathbb{Z}$) : $1.x + 1.x = 0.x$!

Définition :

Un code polynomial est un code linéaire systématique dont chacun des mots du code est un multiple du polynôme générateur (noté $g(x)$).

les lignes de la matrice génératrice sont engendrées par le polynôme générateur.

Le degré du polynôme définit la longueur du champ de contrôle d'erreur.

Exemples de codes polynomiaux :

(i) L'avis **V41 du CCITT** conseille l'utilisation de codes polynomiaux de longueurs $n = 260, 500, 980$ ou 3860 bits avec $G(x) = X^{16} + X^{12} + X^5 + 1$.

(ii) Le polynôme **CRC-16** est utilisé par **HDLC** : $G(x) = X^{16} + X^{15} + X^2 + 1$.

(iii) **Ethernet** :

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

11

Capacité de détection

Capacité de détection des erreurs

□ Un code polynomial (k, n) dont le polynôme générateur a plus d'un coefficient non-nul (donc il ne divise pas X^i , $i < n$) permet de détecter toutes les erreurs simples.

□ Si le polynôme générateur d'un code polynomial (k, n) a un facteur irréductible de trois termes (il ne divise ni X^i ni $1 + X^j$, $i, j < n$), le code permet de détecter les **erreurs doubles**.

□ Pour qu'un code polynomial détecte toutes les erreurs d'ordre impair, il suffit que son polynôme générateur ait $(x+1)$ comme facteur.

Ex : le code de polynôme générateur $(x+1)$ est équivalent à la parité.

Capacité de détection des paquets d'erreurs

Un code polynomial (k, n) permet de détecter toutes les erreurs d'ordre $L \leq n - k$ (inférieur au degré du polynôme générateur).

La probabilité de ne pas détecter les erreurs d'ordre $L > n - k$ est égale à : $2^{-(n-k)}$

12

Principe du codage

Le mot de code $m(X)$ d'un code polynomial (k, n) de polynôme générateur $g(X)$ associé au mot initial $i(X)$ est défini par : $m(X) = i(X) \cdot X^{n-k} + r(X)$

$r(X)$ est le reste de la division de $i(X) \cdot X^{n-k}$ par le polynôme générateur $g(X)$.

- Les $r = n-k$ bits de $r(x)$ (de degré $= n-k-1$) forment les bits du champ de contrôle.
- Les bits de poids fort (de degré $> n-k-1$) forment le mot initial.
- L'opération de codage effectuée à l'émission est une division polynomiale.

Principe du décodage

A la réception, chaque mot reçu $m'(X)$ est divisé par le générateur $g(X)$.

Un reste non-nul indique une erreur lors de la transmission.

13

Exemple CRC

$$M(x) = 1101011011$$

$$G(x) = x^4 + x + 1 \rightarrow 10011$$

$$x^4 M(x) = 11010110110000$$

Division $11010110110000 : 10011$

$$\begin{array}{r} 10011 \\ \underline{10011} \\ 10011 \\ \underline{10011} \\ 000010110 \\ \underline{10011} \\ 010100 \\ \underline{10011} \\ 001110 \rightarrow R(x) = 1110 \end{array}$$

$$T(x) = 11010110111110$$

Autre exemple Codage de Hamming 3/10

14

Plan général du cours

1. Introduction à la téléinformatique
2. Les techniques de transmission
3. Protection contre les erreurs
4. **Architecture générale : OSI**
5. La couche Liaison de données : fenêtre coulissante, protocole HDLC, ...
6. La sous couche MAC
7. La couche Réseau : adressage et routage
8. Le protocole X25.3
9. La couche Transport
10. La couche Session : activité et point de synchronisation
11. La couche Présentation : syntaxe abstraite et règles d'encodage, ASN-1

15

Modèles de référence

Ensemble de normes de références pour

- ▢ **Définir des concepts de base** : Concepts d'entités, de services, de protocoles, ...
- ▢ **Fixer une terminologie** : Répéteur, pont, commutateur, routeur, ...
- ▢ **Faciliter le développement de normes plus spécifiques** : Norme ISO 8802.3 spécifiant le réseaux Ethernet

Quelques Normes

- OSI** (Open System Interconnection)
 - ▢ Développé par l'ISO (International Standardization Organisation)
- TCP / IP** (Transport Control Protocol / Internet Protocol)
 - ▢ Fondement de l'Internet
- ATM** (Asynchronous Transfer Mode)
 - ▢ Développé par l'UIT (Union Internationale des Télécommunications)

16

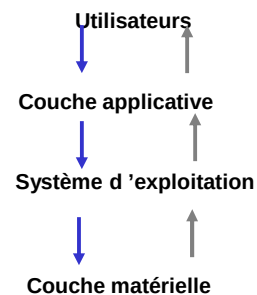
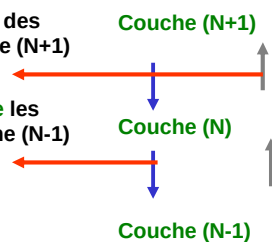
Systèmes multi-couches

Structure en couches

- pour simplifier la description d'un système complexe
- Chaque couche **offre un ou plusieurs services** aux couches supérieures en utilisant ceux des couches inférieures.
- Une couche = logicielle ou matérielle

La couche (N) **offre** des services à la couche (N+1)

La couche (N) **utilise** les services de la couche (N-1)



17

Systèmes multi-couches

Pour

Organiser l'ensemble des fonctions à réaliser en un nombre de couches logiquement bien définies

- Deux fonctions de natures différentes se situeront dans des couches distinctes.

Limiter les interactions entre couches

- Par réduction des flux d'information entre couches

Rendre les relations entre couches les plus simples possibles

- Permettre uniquement des relations entre couches adjacentes

Conférer à chaque couche une propriété d'indépendance

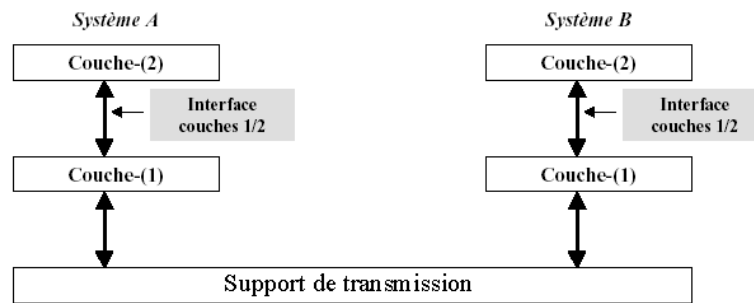
- Intervenir sur une couche sans modifier les couches inférieures ou supérieures;
- Normalisation des interfaces entre couches.

18

La communication entre couches : Relations entre couches adjacentes

Une interface entre couches

- Décrit comment accéder aux services offerts par une couche
- Est définie par un ensemble de primitives élémentaires



19

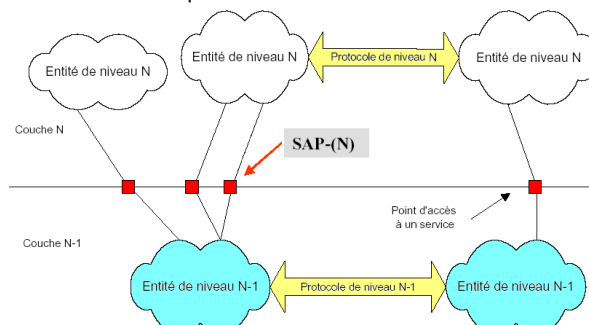
La communication entre couches : Relations entre couches adjacentes

Réalisation des services

- Par un ensemble d'entités (matérielles ou logicielles)

Accès aux services

- Par des points d'accès ou Service Access Point (SAP)
- Ex: La prise téléphonique est le point d'accès au service téléphonique
- Chaque SAP est identifié par une adresse
- Ex: Un numéro de téléphone est l'adresse d'un SAP



Un protocole de niveau N précise comment communiquent des entités de systèmes différents pour une même couche N.

20

La communication entre couches : Relations entre couches adjacentes

Les différents types de primitives de service

Request	Demande d'activation d'un service
Indication	Indique qu'un service est demandé
Response	Réponse à un service demandé
Confirmation	Signale si le service demandé a été réalisé

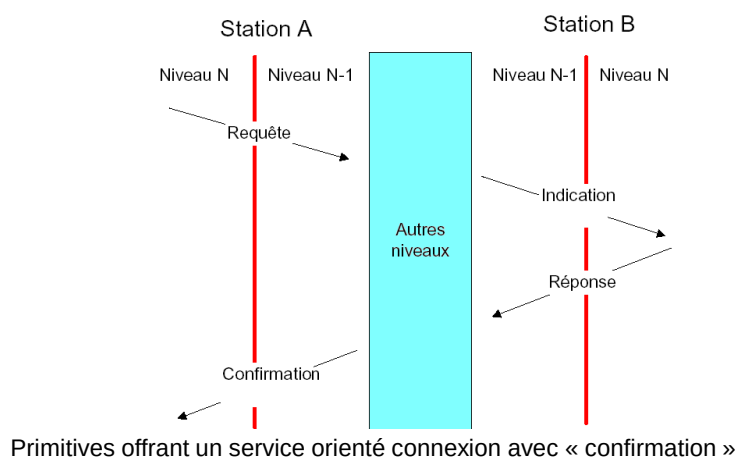
Une primitive peut comporter ou non des paramètres

Une primitive **CONNECT.request** de demande d'établissement de connexion possédera généralement en paramètre :

- Les adresses des entités source et destination
- Des paramètres de qualité de service (débit, taux d'erreurs, ...)

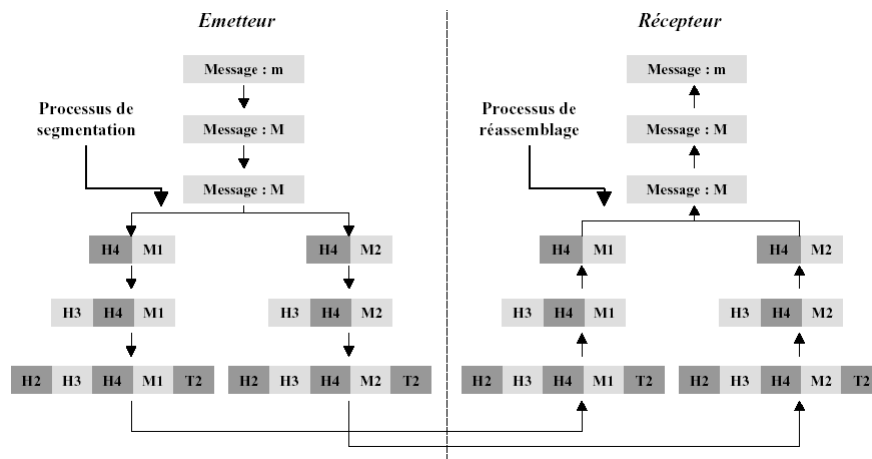
21

La communication entre couches : Relations entre couches adjacentes



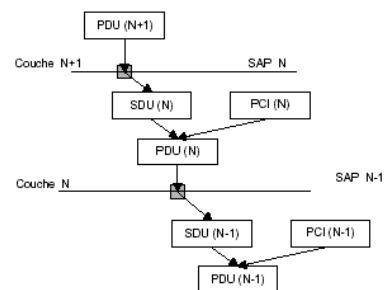
22

La communication entre couches : Relations entre couches



23

La communication entre couches : Unités de données échangées



PDU: Protocol Data Unit - Unité de Données de Protocole

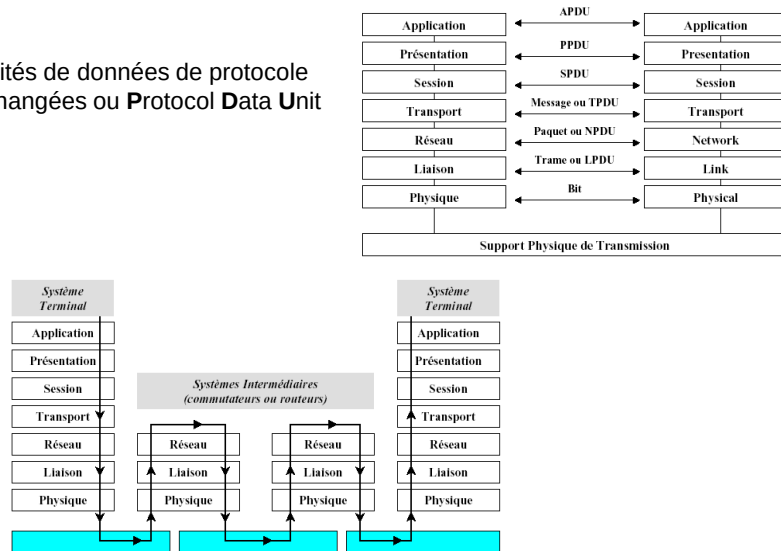
PCI : Protocol Control Informations - Informations de contrôle de protocole

SDU: Service Data Unit - Unité de Données de Service

24

La communication entre couches : Transmission de données

Unités de données de protocole échangées ou **Protocol Data Unit**



25

Les fonctions des couches OSI

Application	La norme ISO 10022 ou l'avis X.211 de l'UIT définit le service devant être rendu par la couche Physique
Présentation	
Session	• Permet la transmission de bits sur un circuit de communication.
Transport	• Fournit les moyens mécaniques, électriques et fonctionnels pour le maintien et l'utilisation des connexions physiques .
Réseau	• Définit à la fois les supports de transmission (câbles et connecteurs);
Liaison	modes de transmission de l'information (bande de base et modulation);
Physique	La conception de la couche Physique (électronique).

26

Les fonctions des couches OSI

La norme ISO 8886 ou l'avis X.212 de l'UIT définit le service devant être rendu par la couche Liaison.

Application	• Permet la transmission de données de manière fiable entre deux entités connectées directement au niveau physique.
Présentation	
Session	• A l'émission, les données sont assemblées en trames pour être échangées.
Transport	
Réseau	• A la réception, les frontières entre trames envoyées par la couche Physique doivent être détectées .
Liaison	
Physique	• Deux fonctions principales - Contrôle d'erreurs et contrôle de flux pour veiller à la bonne transmission de l'information; - Contrôle d'accès au support quand un même support est partagé entre plusieurs stations.

Normes distinctes pour les WAN et LAN !

27

Les fonctions des couches OSI

La couche Réseau permet **d'interconnecter des réseaux hétérogènes** et la communication entre machines non connectées directement (Physiquement).

Les données, **paquets**, sont **encapsulées dans les trames** de niveau Liaison pour être échangées.

Application	Principales fonctions
Présentation	
Session	• Fonctions d'adressage (systèmes d'adressage hiérarchiques où deux entités voisines ont des adresses comparables)
Transport	• Fonctions de routage (pour déterminer les chemins à suivre pour interconnecter deux sous-réseaux ou entités)
Réseau	Services offerts
Liaison	• Orientés connexion (normes X.25)
Physique	• Sans connexion ou datagrammes (normes Internet)

28

Les fonctions des couches OSI

La couche Transport Interface entre **couches basses** (transmission de l'information) et **couches hautes** (traitement de l'information) .

Application	• Effectue les contrôles de bout en bout
Présentation	• Définit plusieurs classes de protocoles.
Session	Chaque classe est adaptée à un service réseau de qualité donnée (avec ou sans erreurs, signalées ou non signalées) pour optimiser l'utilisation des ressources réseaux par
Transport	– multiplexage de plusieurs connexions Transport sur une connexion Réseau ou
Réseau	– concaténation de plusieurs connexions Réseaux
Liaison	
Physique	

29

Les fonctions des couches OSI

La couche Session introduit la notion de session, extension de la notion de connexion,

Application	offre des services à valeurs ajoutées aux couches supérieures.
Présentation	
Session	- Libération ordonnée de session
Transport	- Gestion du dialogue (pour des liaisons fonctionnant à l'alternat)
Réseau	- Synchronisation des échanges (pour gérer les erreurs de niveau supérieur)
Liaison	
Physique	- Gestion des activités ou transactions

30

Les fonctions des couches OSI

La couche **Présentation** s'intéresse à la **sémantique des données** échangées

Application	Offre des services de
Présentation	• codage et décodage de l'information – Pour permettre la communication entre machines utilisant des modes de représentation différents (codes ASCII et EBCDIC). – Basés sur la syntaxe abstraite ASN.1 défini dans la norme ISO 8824 et avis X.208 de l'UIT
Session	• compression de l'information
Transport	• chiffrement de l'information (de bout en bout) - Par des méthodes de cryptage à clef publique ou privée - Pour assurer la confidentialité, l'authentification et la non répudiation des données
Réseau	
Liaison	
Physique	

31

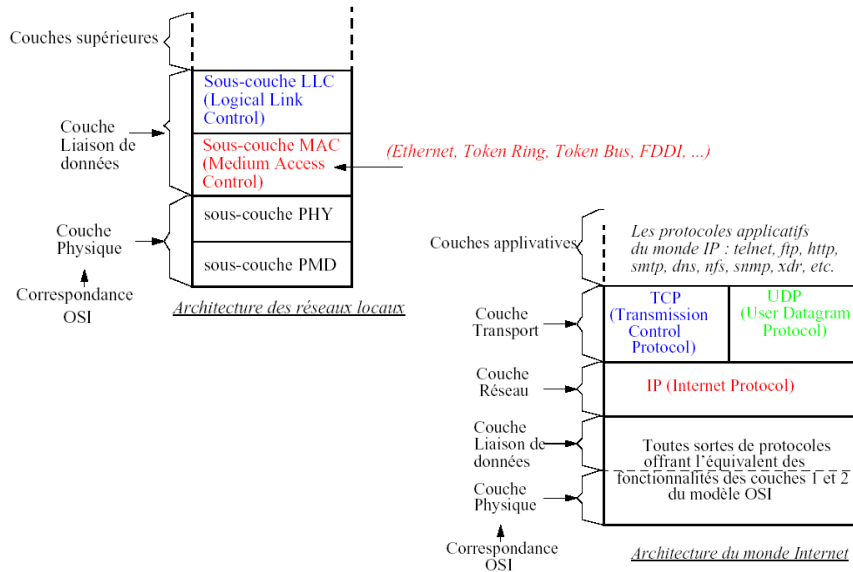
Les fonctions des couches OSI

La couche **Application** ne définit pas des applications en soi, mais le moyen d'accéder à l'environnement OSI

Application	• La structure de la couche Application détermine comment différentes applications vont être organisées pour utiliser des modules OSI communs • Plusieurs éléments de service d'application (Application Service Élément ou ASE) sont définis.
Présentation	CCR (Commitment, Concurrency and Recovery) permet de coordonner de manière sûre l'interaction entre plusieurs applications (gestion des transactions dans les BD distribuées) FTAM (File Transfer Access and Management) définit un service standard pour la manipulation de fichiers VTS (Virtual Terminal Service) définit un service de terminal virtuel
Session	
Transport	
Réseau	
Liaison	
Physique	

32

La communication entre couches : Comparaison Architecture OSI, LAN, Internet



33

Modèle OSI / Pile de protocoles TCP/IP/ Équipement et termes associés

OSI	Nom de couche OSI (et fonction)	No de couche TCP/IP	Nom de couche TCP/IP	Protocoles, normes et utilitaires au niveau de chaque couche TCP/IP	Équipements et termes associés à cette couche
7	Application : (processus réseau vers les applications)	4	Application	FTP, HTTP, SMTP, DNS, TFTP, NFS, Telnet, Rlogin	Données, logiciels, passerelles
6	Présentation : (représentation des données)	4	Application	ASCII, EBCDIC, MIDI, MPEG, PICT, TIFF, JPEG	Codage des données, logiciels, cryptage, compression
5	Session : (communication interhôte)	4	Application	NFS, SQL, RPC	Données, logiciels, client-serveur

34

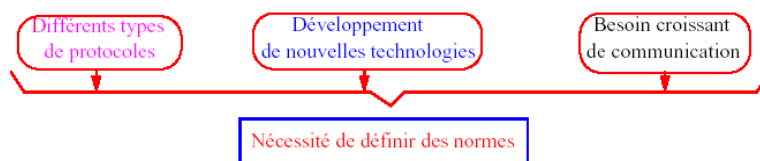
Modèle OSI / Pile de protocoles TCP/IP/ Équipement et termes associés

OSI	Nom de couche OSI (et fonction)	No de couche TCP/IP	Nom de couche TCP/IP	Protocoles, normes et utilitaires au niveau de chaque couche TCP/IP	Équipements et termes associés à cette couche
4	Transport : (connexions de bout en bout)	3	Transport	TCP ou UDP	Routeur, numéros de port, contrôle de flux, fenêtrage, orienté connexion, non orienté connexion
3	Réseau : (adresse et meilleur chemin)	2	Interréseau	IP, ICMP, ARP, RARP, Ping, Traceroute	Routeur, commutateur de couche 3, paquet, adressage IP de datagrammes, sous-réseaux, détermination du chemin, protocoles routés (IP, IPX) et protocoles de routage (RIP, IGRP)
2	Liaison de données : (accès au média)	1	Réseau (interface)	IEEE 802.2, 802.3, 802.5	Ethernet, carte réseau (contrôle de lien logique et adresse MAC), pont, commutateur, trame, protocoles de liaison WAN (HDLC, etc.)
1	Physique : (transmission binaire)	1	Réseau (interface)	IEEE 802.3, 802.5	Ethernet, carte réseau (connecteurs physiques - BNC, AUI, RJ-45, etc.), médias (câble coaxial, câble à paires torsadées non blindées, fibre optique), répéteur, concentrateur, ETCD et ETDD, bits, codage

35

Annexes - Normalisation des réseaux

La normalisation garantit l'inter-fonctionnement et une certaine pérennité, diffusion, efficacité ou rendement de l'objet produit à partir de ces normes.



Principaux organismes de normalisation

ISO (International Standardization Organization)
 IUT-T (International Union of Telecommunication - section Telecommunication)
 IEEE (Institute of Electrical and Electronic Engineers)
 IETF / IRTF (Internet Engineering/Research Task Force)
 ANSI, ECMA, AFNOR, ...

36

Annexes - Normalisation des réseaux

La dénomination d'une norme prend en compte d'un ensemble de critères :

- **Origine** (ISO, IEEE, ...)
- **Domaine d'application** (réseaux publics/privés/locaux/, téléphone, ...)
- **Zone d'application** (européenne, internationale, ...)

Exemples de normes :

Les normes ISO sont préfixées par IS (International Standard)

- **ISO / IS 8208** (=X.25), **ISO / IS 8802.3** (=Ethernet), ...

Normes IUT-T nommées à l'aide d'une lettre suivie d'un point et d'un numéro

- **IUT-T / X.25**, **IUT-T / X.400** (Messagerie),
- **IUT-T / V.24** (Jonction pour la transmission de données numériques sur lignes téléphoniques),

Les noms des normes IEEE

- **IEEE 802.5** (Token Ring), ...

Les normes de l'IETF/IRTF sont appelées des RFC (Request For Comments)

- **RFC 791** (Internet Protocol), **RFC 768** (UDP), **RFC 793** (TCP),...

37

Plan général du cours

1. Introduction à la téléinformatique
2. Les techniques de transmission
3. Protection contre les erreurs
4. Architecture générale : OSI
5. **La couche Liaison de données : fenêtre coulissante, protocole HDLC, ...**
6. La sous couche MAC
7. La couche Réseau : adressage et routage
8. Le protocole X25.3
9. La couche Transport
10. La couche Session : activité et point de synchronisation
11. La couche Présentation : Syntaxe abstraite et règles d'encodage, ASN-1

38

Couche liaison de données

Plan

- **Objectifs de la couche liaison**
- Détection et correction des erreurs (traité)
- Protocoles élémentaires
- Protocoles avec fenêtre d'anticipation
- Exemple de protocole pour la couche liaison

39

Liaison de données

Objectifs

– **Formatage des données**

- Le flot de bits entrant est segmenté en trames.
- Le début et la fin de chaque bloc doivent être clairement identifiés.

– **Contrôle des erreurs**

Le protocole

- Fournit une technique pour détecter les erreurs.
- Permet la retransmission des trames dans le cas la correction d'erreurs ne peut s'appliquer.

– **Gestion de flux**

Le protocole dispose de mécanismes pour assurer que l'émetteur ne transmette pas plus vite que ce que peut absorber le récepteur.

– **Partage du support physique.**

40

Trame

Le flot de bits entrant provenant de la couche réseau doit être segmenté en blocs appelés trames.

- Si une erreur se produit lors de la transmission, l'unité de retransmission sera la trame.
(au lieu de retransmettre toute l'information, seule la trame sera renvoyée).
- Certains types de réseaux imposent une limite sur la taille des trames.

Limite d'une trame ?

⇒ Fournir au récepteur un moyen pour identifier le début et la fin de chaque trame.

41

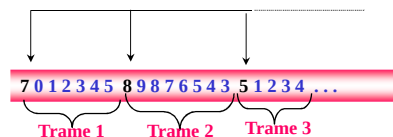
Délimitation de trames

Inter Silences : inadaptés

Compter les caractères

Ajouter un caractère dans l'en-tête d'une trame indiquant le nombre de caractères transportés :

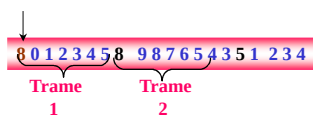
Compteurs de caractères



Inconvénient

Si lors de la transmission une erreur affecte le champs indiquant le nombre de caractères, le récepteur serait incapable de délimiter correctement les trames.

erreur



42

Délimitation de trames

Ajouter des caractères de

- début et fin de trame
- transparence

Début de trame = **DLE STX** (Data Link Escape, Start of TeXt)

Fin de trame = **DLE ETX** (Data Link Escape, End of TeXt)

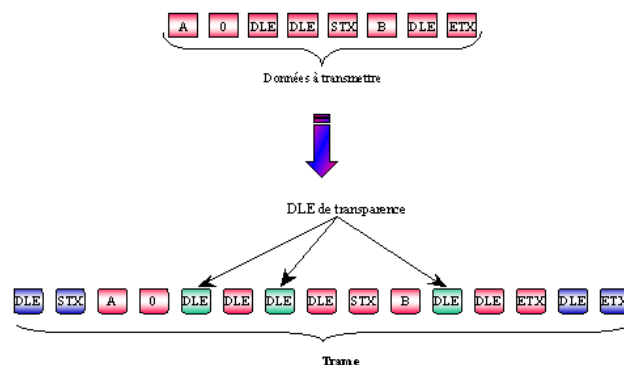
DLE STX A 0 DLE E DLE ETX

Comment gérer les séquences **DLE STX** ou **DLE ETX** se trouvant parmi les données à transmettre ?

Un caractère DLE est ajouté devant tout caractère DLE !

43

Délimitation de trames



Inconvénient

Les séquences de bits associées aux délimiteurs de trames dépendent du mécanisme de codage des caractères utilisés (code ASCII).

44

Délimitation de trames

Utiliser des fanions et des bits de transparence

Début de trame = **01111110** (fanion)

Fin de trame = **01111110** (fanion)

En transmission

Si le fanion est présent dans le message, des bits de transparences sont rajoutés.

Un bit à 0 est inséré après chaque suite de cinq bits à 1 consécutifs !

45

Délimitation de trames

Données à transmettre 0 1 0 1 1 1 1 1 0 0 1 1 1 1 1 1 1 1 0 0 0 0 1 1 1 0 1 0 1

Données à transmettre
+
Transparence 0 1 0 1 1 1 1 0 1 0 0 1 1 1 1 0 1 1 1 1 0 1 0 0 0 0 1 1 1 0 1 0 1

Données à transmettre
+
Transparence
+
Fanions **0 1 1 1 1 1 1 0** 0 1 0 1 1 1 1 0 1 0 0 1 1 1 1 0 1 1 1 1 0 1 0 0 0 0 1 1 1 0 1 0 1 **0 1 1 1 1 1 1 0**

46

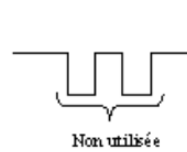
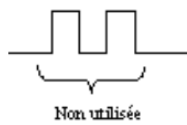
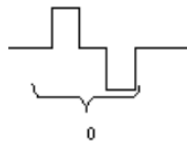
Délimitation de trames

Violer le codage normal de la couche physique

Une suite de deux états physiques est utilisée pour coder un bit.

0 = impulsion positive suivie d'une impulsion négative.

1 = impulsion négative suivie d'une impulsion positive.



Codage Manchester

Deux suites non utilisées pour délimiter les trames!

47

Plan

- Objectifs de la couche liaison
- Détection et correction des erreurs
- **Protocoles élémentaires**
- Protocoles avec fenêtre d'anticipation
- Exemple de protocole pour la couche liaison

48

Stratégies de retransmission

Envoyer et attendre (Send and Wait)

Hypothèses

- Les données utiles circulent dans un seul sens.
- Les trames envoyées contiennent l'information nécessaire pour que le récepteur puisse détecter les erreurs éventuelles.

Côté récepteur

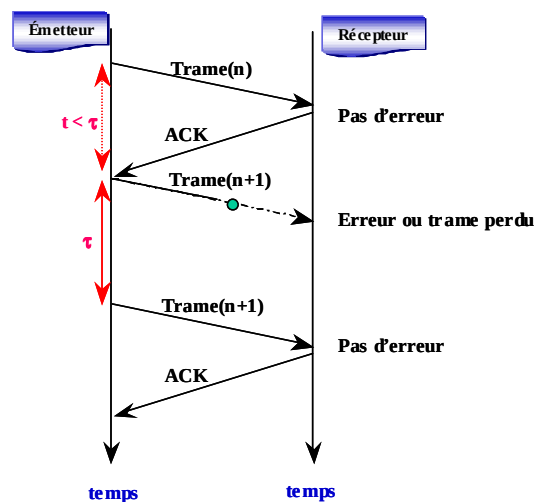
- Si la trame reçue ne contient pas d'erreur, il envoie un message ACK.
- Si la trame reçue contient des erreurs, il n'envoie rien.

Côté émetteur

- Il envoie une trame et attend une durée τ ($\tau \geq$ au temps requis pour qu'une trame fasse un aller retour).
- Si au bout de τ unité de temps, il ne reçoit pas un ACK, il retransmet la trame.

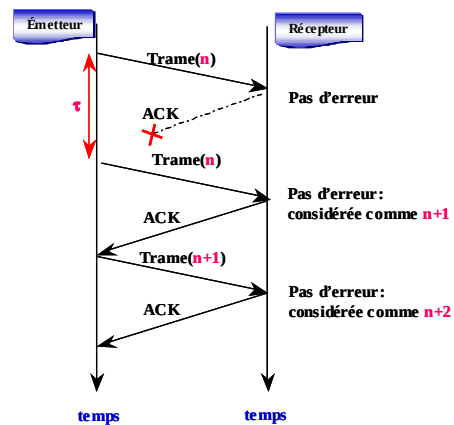
49

Stratégies de retransmission : Envoyer et attendre



50

Stratégies de retransmission : Envoyer et attendre



Si l'acquittement d'une trame(n) est perdu, l'émetteur retransmet la trame. Le récepteur la considère alors comme une nouvelle trame !

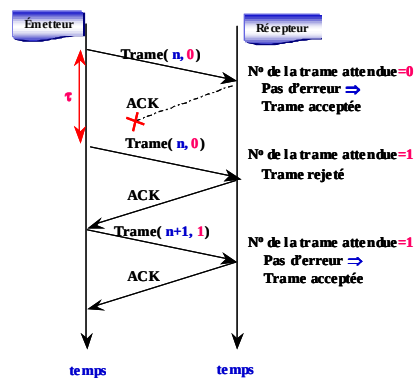
51

Stratégies de retransmission : Envoyer et attendre

Amélioration

Ajout d'un champ dans l'en-tête pour **numéroter les trames** !

la seule ambiguïté du côté de récepteur est de savoir s'il s'agit de la trame précédente ou d'une nouvelle trame. Un seul bit suffira pour la numérotation des trames. Une trame impaire portera le numéro 0, une trame impaire le numéro 1.



52

Stratégies de retransmission : Envoyer et attendre

Avantages

Simplicité

Facile à comprendre et à implanter

Peu de mémoire

Le récepteur utilise un tampon contenant une trame unique.

Contrôle de flux

L'émetteur n'envoie pas plus que ce que le récepteur peut traiter.

Il envoie une trame et s'assure de son traitement par le récepteur avant d'envoyer la suivante.

Inconvénients

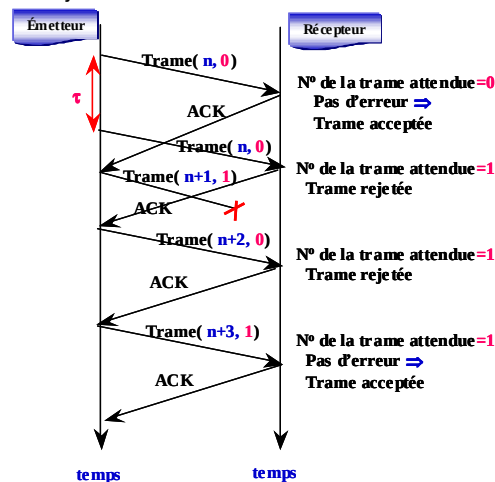
Les données utiles circulent dans un seul sens.

Le canal de transmission est sous exploité. (Émetteur utilisé ~ 50% du temps).

53

Stratégies de retransmission : Envoyer et attendre - Robustesse

Coté émetteur, si le temporisateur est mal dimensionné (plus petit que la valeur convenable), le récepteur rejettera certaines trames les considérant comme des retransmissions.



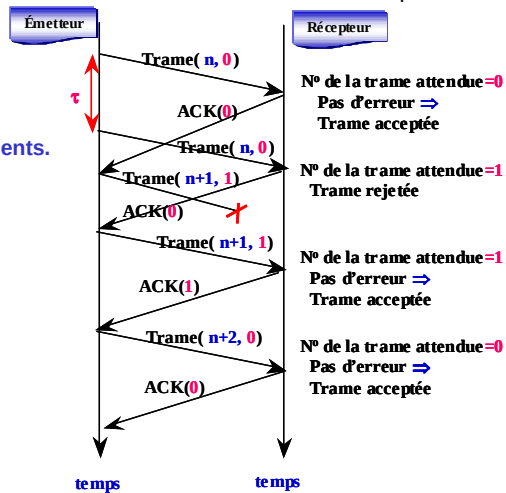
54

Stratégies de retransmission : Envoyer et attendre

Pour plus de robuste,

le protocole doit remédier au mauvais dimensionnement du temporisateur.

⇒ Numéroté les acquittements.



55

Plan

- Objectifs de la couche liaison
- Détection et correction des erreurs
- Protocoles élémentaires
- Annexes - Protocoles avec fenêtre d'anticipation
- Exemple de protocole pour la couche liaison

56

Stratégies de retransmission : Sliding Window

Protocoles avec fenêtre d'anticipation

Objectif : Transmettre les données dans les deux sens.

Chaque entité d 'extrémité dispose d 'un canal de transmission pour envoyer données utiles et ACK.

Une trame contient données utiles et ACK des trames déjà reçues.

Flag	ACK	Paquet	CRC	Flag
------	-----	--------	-----	------

Flag	ACK	CRC	Flag
------	-----	-----	------

57

Stratégies de retransmission : Sliding Window

Une station reçoit une trame. Quand acquitter cette trame ?

Acquittement immédiat ?

Risque d'avoir une trame à transmettre → mauvaise utilisation du canal.

Attendre la transmission de la prochaine trame ?

Attente trop longue, le temporisateur du récepteur risque de se déclencher.

La couche liaison ignore le moment où elle aura des données à transmettre (les données envoyées aléatoirement par la couche réseau).

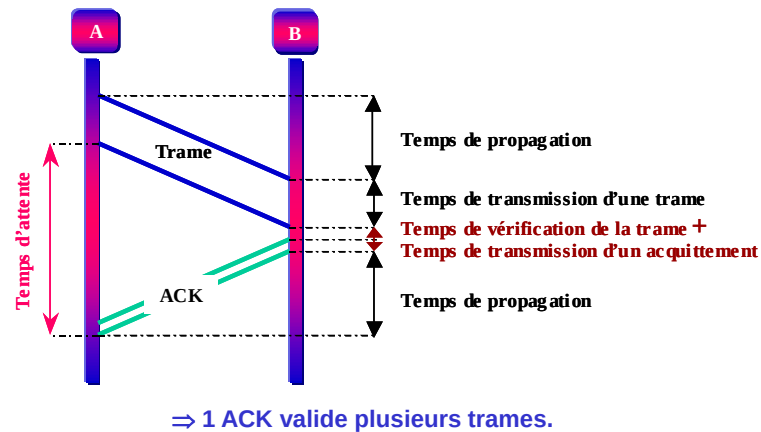
⇒ utiliser un temporisateur T.

- Si la couche liaison reçoit une trame et n'a pas des données à transmettre alors elle envoie un simple acquittement dès que la durée T arrive à terme.
- sinon elle envoie l'acquittement dans la trame de données.

58

Stratégies de retransmission : Sliding Window

Meilleure utilisation de la bande passante du canal de transmission



59

Stratégies de retransmission : Sliding Window

- Les trames sont numérotées.
- L'émetteur détient la liste des numéros de trames à transmettre.
- Les trames envoyées et non acquittées sont stockées dans un tampon pour une éventuelle retransmission causée par des erreurs de transmission ou des pertes de trames.
- Le récepteur gère une liste de numéro indiquant les trames qu'il peut recevoir.
- Il dispose d'un buffer pour stocker les trames reçues et non acquittées.
- Les trames reçues correctement sont acquittées. Les paquets extraits des trames sont acheminés dans l'ordre d'émission vers la couche supérieure et les buffers associés libérés.

60

Stratégies de retransmission : Sliding Window

L'envoi de plusieurs trames avant la réception d'un acquittement augmente le taux d'utilisation du canal de transmission.

Comment résoudre le problème des trames perdues ou erronées ?

61

Stratégies de retransmission : Sliding Window

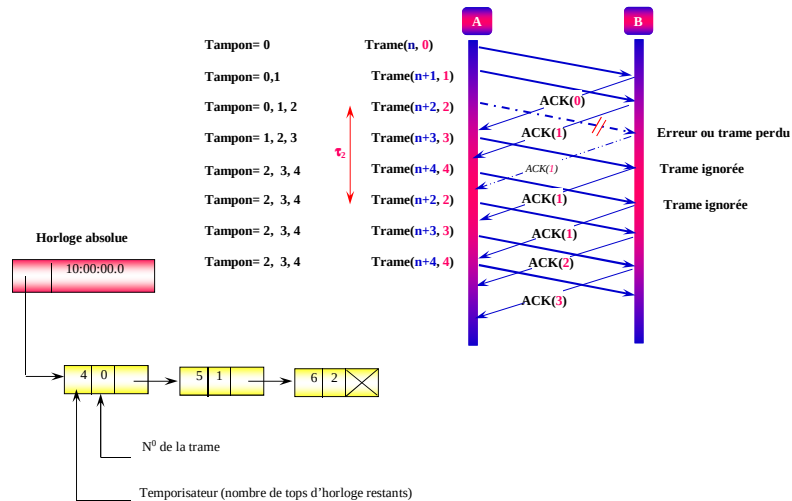
Retransmission continue (Go-Back-N)

L'émetteur reprend sa transmission à partir de la trame erronée.

Les trames envoyées après une trame erronée ou perdue sont ignorées par le récepteur.

62

Stratégies de retransmission : Sliding Window - Go-Back-N



63

Stratégies de retransmission : Sliding Window - Go-Back-N

Quelles solutions envisager face à la réception d'une trame erronée ?

- Ne rien envoyer? Déclencher un temporisateur.
- Acquitter la dernière trame correctement reçue.
- Envoyer un acquittement négatif portant le numéro de la trame erronée.

Ex: NACK(i) signifie que la trame i n'a pas été correctement reçue.

Pour plus d'efficacité

ACK(k) acquitte la trame k, et toutes les trames inférieures ou égales à k.

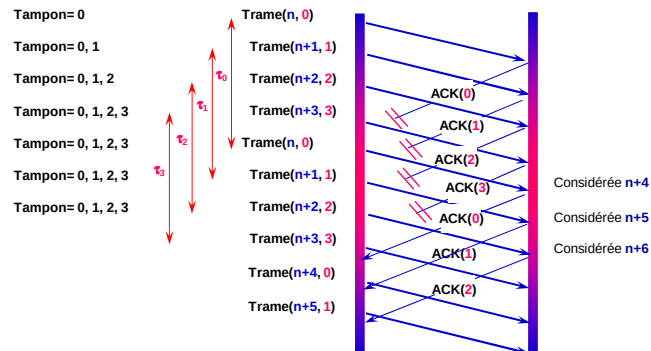
64

Stratégies de retransmission : Sliding Window - Go-Back-N

Taille de la fenêtre : $W \leq 2^n - 1$

(Avec un champ de n bits pour numéroté les trames)

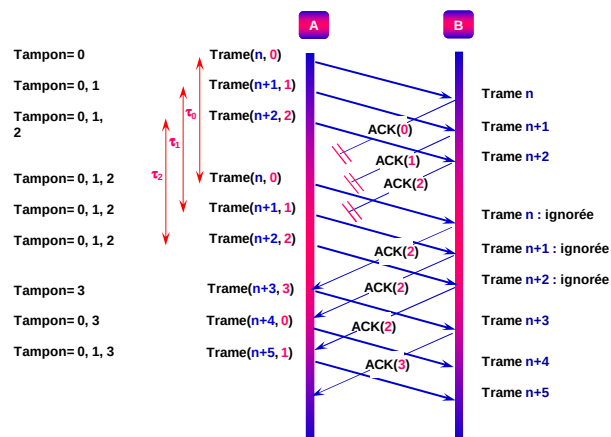
Cas ou $W = 2^n$



65

Stratégies de retransmission : Sliding Window - Go-Back-N

Retransmission continue : $n=2, W=3$



66

Stratégies de retransmission

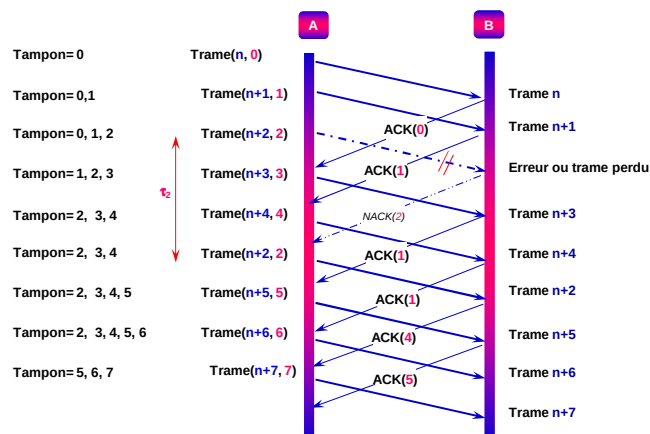
Rejet sélectif

- Stratégie consistant à ignorer seulement les trames erronées.
- Les trames correctement reçues après une erreur seront toutes stockées.
- Une fois, la trame erronée retransmise, la couche liaison réceptrice remet les paquets à sa couche supérieure dans le bon ordre.

67

Stratégies de retransmission : Rejet sélectif

$n=4, W=7$



68

Plan

- Objectifs de la couche liaison
- Détection et correction des erreurs
- Protocoles élémentaires
- Protocoles avec fenêtre d'anticipation
- Exemple de protocole pour la couche liaison

69

Exemple de protocole pour la couche liaison

HDLC (High-level Data Link Control)

- IBM développe le protocole SDLC ([Synchronous Data Link Control](#)) , l'utilise dans SNA et le propose à l'ANSI comme norme pour les Etats-Unis et à l'ISO comme norme internationale.
- L'ANSI a adopté ADCCP ([Advanced Data Communication Control Protocol](#))
- ISO a adopté HDLC.
- CCITT de sa part adopte LAP ([Link Access Procedure](#)) issue de HDLC.

70

Exemple de protocole pour la couche liaison : HDLC

Modes de fonctionnement

Le mode de fonctionnement spécifie comment la communication doit être gérée.

Mode de réponse normal (NRM-Normal Response Mode) :

- Une station secondaire n'émet des informations que sur autorisation (invitation à émettre) de la station primaire (maître).
- Disposant d ' une autorisation, une station secondaire peut envoyer plusieurs trames.
- La dernière trame (particulière) signale au maître la fin de transmission.
- La station secondaire pour réémettre attend la prochaine invitation.

71

Exemple de protocole pour la couche liaison : HDLC

Autres modes de fonctionnement

Le mode de réponse asynchrone (ARM-Asynchronous Response Mode)

- Une station secondaire peut émettre ses trames sans même avoir l'autorisation de la station primaire.

Le mode de réponse asynchrone équilibré (ABM-Asynchronous Balanced Mode)

- La station primaire n'est pas fixe.

Toutes les stations, tour à tour, partagent la responsabilité de gérer la communication (devenir une station primaire durant un intervalle donné).

72

Exemple de protocole pour la couche liaison : HDLC

Structure de la trame

Le contenu du champ commande différencie trois classes de trames :

01111110	8 bits	8 bits	variable ≥ 0	16 bits	01111110
Fanion	Adresse	Commande	Données	Contrôle	Fanion

Type de trame	Les bits du champ commande							
	Bit 1	Bit 2	Bit 3	Bit 4	Bit 5	Bit 6	Bit 7	Bit 8
Trame d'information	0	N(S)			P/F	N(R)		
Trame de supervision	1	0	S ₁	S ₂	P/F	N(R)		
Trame non numérotée	1	1	M ₁	M ₂	P/F	M ₃	M ₄	M ₅

N(S) est le numéro de la trame émise.

- N(R) le numéro de la trame attendue.
- S₁ et S₂ spécifient plusieurs types de trames de supervision.

73

Exemple de protocole pour la couche liaison : HDLC

Commande	Fonction	S ₁	S ₂
RR	Prêt à recevoir - Une station veut acquitter une trame mais elle n'a pas de données à envoyer. - Une station peut signaler qu'elle est prête à recevoir des données après un état d'occupation.	0	0
REJ	Rejet Demande de retransmission des trames à partir de N(R)	0	1
RNR	Non prêt à recevoir	1	0
SREJ	Rejet sélectif Demande de la retransmission de la trame N(R).	1	1

74

Exemple de protocole pour la couche liaison : HDLC

$M_1, \dots, M_5 \rightarrow$ plusieurs types de trames non numérotées.

Commande	Fonction	M_1	M_2	M_3	M_4	M_5
SNRM	<u>Set Normal Response Mode</u> Utilisé par une station primaire pour mettre une station secondaire en mode NRM	1	1	0	1	1
SARM	<u>Set Asynchronous Response Mode</u> Utilisé par une station primaire pour mettre une station secondaire en mode ARM	1	1	0	0	0
DISC	<u>Disconnect</u> Permet à une station de se déconnecter.	0	0	0	1	0
UA	<u>Unnumbered Ack</u> Permet d'acquitter une trame de contrôle	1	1	0	1	1
UI	<u>Unnumbered Information</u> Elle permet de contenir des informations arbitraires. Ces données ne sont pas acheminer à la couche réseau.	0	0	0	0	0
FRMR	<u>Frame Reject</u> Permet de rejeter une trame en précisant les raisons. Elle est utilisée pour indiquer la réception d'une trame dans le champ de contrôle est correcte mais qui n'a pas de sens (longueur invalide, numéro qui n'est pas dans la fenêtre de réception, etc.).	0	0	0	0	1

75

Exemple de protocole pour la couche liaison : HDLC

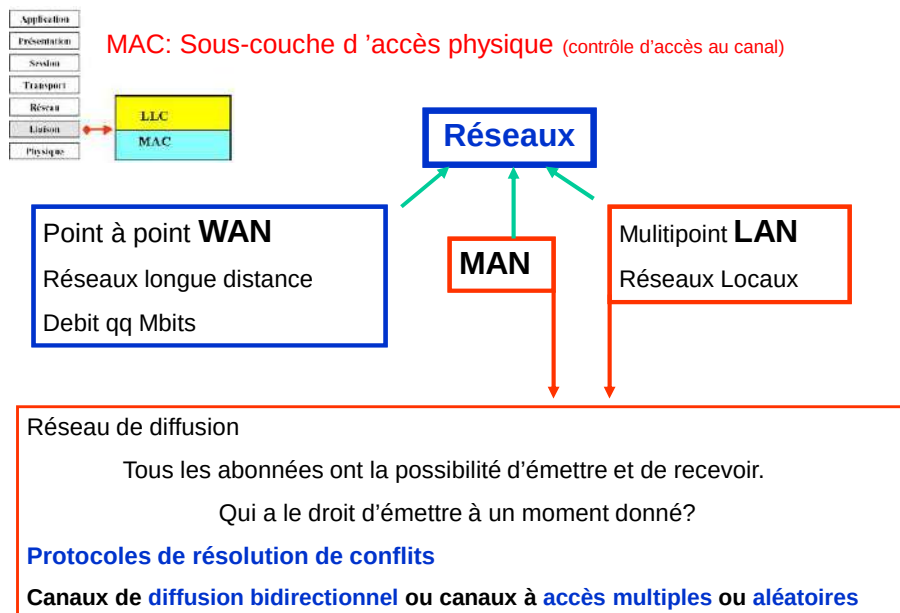
P/F (*Poll/Final* Invitation à émettre/Fin).

- Permet de fixer des points de vérification.
- En mode NRM le bit P/F est mis à P par une station primaire pour inviter une station secondaire à émettre.
- La dernière trame envoyée par la station secondaire a le bit P/F mis à F.

76

Plan

- **Introduction**
- Techniques d'allocation des canaux de communication
- Protocoles de gestion d'accès
- Normes IEEE 802 des LAN
- Les ponts - Commutateurs



MAC: Sous-couche d'accès physique

LAN & MAN

Comment allouer un canal à accès multiple à différents utilisateurs potentiels ?

Comment optimiser le risque de collisions ?

Allocation statique des canaux

Allocation dynamique des canaux

79

Techniques d'allocation des canaux de communication

Allocation statique des canaux

FDM (Frequency Division Multiplexing)

■ Principe

Diviser la bande passante

N utilisateurs $\Rightarrow$ N canaux.

■ Avantages

- Simple à mettre en œuvre;
- Pas de risque de collision.

■ Inconvénients

- Utilisateur inactif
Canal inutilisé $\Rightarrow$ perte d'efficacité.
- Nombre d'utilisateurs augmente et varie continuellement
 $\Rightarrow$ Redistribuer la bande passante.
- Trafic $\Rightarrow$ rafales courtes et espacées

Techniques d'allocation des canaux de communication

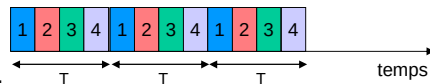
Allocation statique des canaux

TDM (Time Division Multiplexing)

- **Principe:** Choisir une période T .
Diviser T en N tranches.
L'utilisateur transmet dans l'intervalle T_i .

- **Avantages:**

- Mise en œuvre Simple.
- Pas de risque de collision
(laisser des petits intervalles de sécurité entre les tranches).



- **Inconvénients:**

- Utilisateur inactif $\Rightarrow$ tranche du temps inutilisé $\Rightarrow$ efficacité $\downarrow$
- Le nombre d'utilisateur change $\Rightarrow$ redistribuer la bande passante.

Techniques d'allocation des canaux de communication

Allocation dynamique des canaux

- **Modèle de fonctionnement des stations**
- **Canal unique**
- **Possibilité de collisions (topologie bus)**
- **Transmission sans réserve ou partage temporel**
- **Détection de porteuse ou pas d'écoute préalable**

Techniques d'allocation des canaux de communication

Modèle de fonctionnement des stations

- N stations indépendantes;
- Chaque station génère des trames à transmettre.
- Quand une trame a été émise par une station, celle-ci attend que la trame soit effectivement transmise avant de tenter d'émettre la suivante.

Canal unique

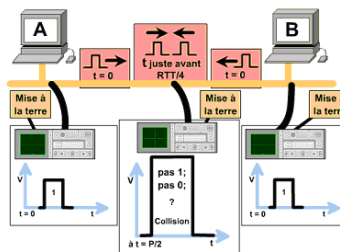
- Un seul canal disponible pour l'ensemble des stations.
- Chaque station peut recevoir ou transmettre sur ce canal unique.
- Toutes les stations sont équivalentes en terme de matériel.
- Le logiciel associé pourra mettre en œuvre un mécanisme de priorités.

83

Techniques d'allocation des canaux de communication

Possibilité de collisions

- En cas d'émission simultanée de trames, les signaux deviennent inexploitable $\Leftrightarrow$ collision.
- Les stations ont le moyen de détecter les collisions.
- Une trame victime d'une collision est retransmise.
- Seules les erreurs issues de collisions sont pris en compte.



Transmission sans réserve

- Le début de la transmission est aléatoire.
- Pas de coordination temporelle entre les stations

84

Techniques d'allocation des canaux de communication

Partage temporel

- Le temps est divisé en intervalles finis (slots time).
- La transmission commence toujours au début d'une tranche de temps.
- Une tranche de temps contient
 - 0 trame canal libre
 - 1 trame transmission réussie
 - N trames collision

Détection de porteuse

- Avant de transmettre une trame, une station peut connaître l'état du canal.
- Si le canal est occupé, la station attend qu'il devienne disponible pour retransmettre.

Pas d'écoute préalable

- Les stations émettent leurs trames sans se soucier de l'état du canal.
- Le test de validité de la transmission a lieu après la fin de l'émission.

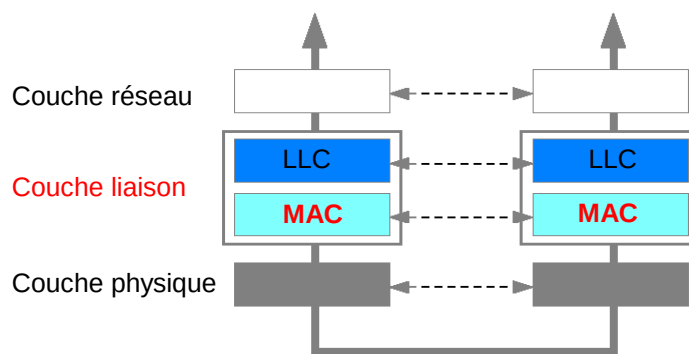
85

Plan

- ♦ Techniques d'allocation des canaux de communication
- ♦ **Protocoles de gestion d'accès**
- ♦ Normes IEEE 802 des LAN
- ♦ Les ponts

MAC (Medium Access Control)

Ensemble de protocoles permettant le contrôle d'accès au canal.



87

Protocoles de gestion d'accès : MAC (Medium Access Control)

Trois stratégies

- Sans contrôle

Non déterministe

Une station transmet quand elle le souhaite.
Utilisée par « Contention Systems »
(système qui partage un canal selon une méthode qui peut conduire à des conflits).

- Technique «Round-Robin»

Déterministe

Chaque station aura son tour.
Utilisée par « Token-Based Systems ».

- Technique de réservation

Réserver le canal avant de transmettre.
Utilisée par « Slotted Systems ». (bus à jeton Token Bus)

Les protocoles CSMA (Carrier Sense Multiple Access)

Principe

Avant de transmettre vérifier la disponibilité du canal (écoute le canal).

✓ 1-persistent

canal **occupé** alors rester à l'écoute jusqu'à ce qu'il devienne libre.

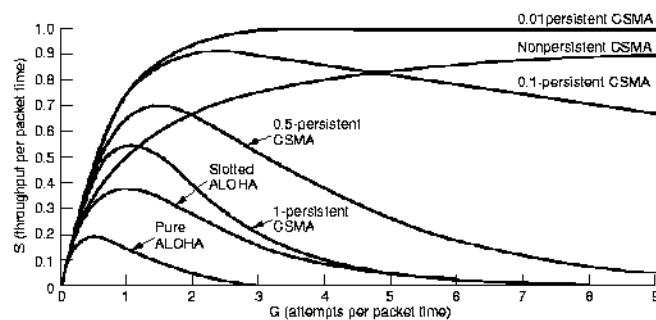
✓ non-persistent

canal **occupé** alors attendre un temps aléatoire puis réécouter.

✓ p-persistent

canal **libre** alors envoyer avec une probabilité p .

Protocoles CSMA (Carrier Sense Multiple Access)



Protocoles CSMA persistant et non persistant plus performants, apportent la certitude que les stations se garderont d'émettre si elle constate qu'une autre station est en activité.

CSMA avec détection de collision (CSMA/CD)

Amélioration

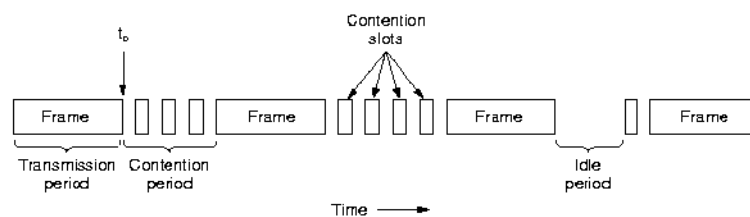
Écouter le canal et arrêter la transmission dès la détection d'une collision.

Principe

Canal occupé $\Rightarrow$ revenir plus tard.

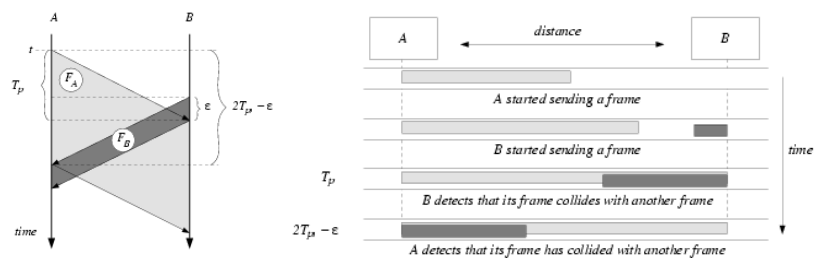
En cours de transmission écouter le canal.

Si collision alors arrêt de l'émission puis revenir plus tard.



CSMA avec détection de collision (CSMA/CD)

Durée maximale de la période de contention ?



T_p : Temps de propagation des signaux entre deux stations d'extrémité.

- L'une des stations commence à transmettre.
- A l'instant $T_p - \epsilon$, un instant avant que le signal ne parvienne à la station la plus éloignée, cette station commence aussi à transmettre.
- La collision parvient à la première station après un délai de $2T_p - \epsilon$
- Le temps maximale pour acquérir l'exclusivité du droit à transmettre sans détecter de collision est $2T_p$.

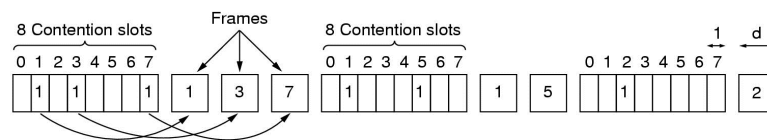
Protocoles sans collision

Protocole Bit-Map :

Les stations expriment leur souhait de transmettre avant que la transmission effective ait lieu $\Rightarrow$ réservation.

La station j peut annoncer qu'elle a une trame à transmettre en émettant un 1 dans l'intervalle de temps j .

Lorsque les slots de la période de contention se sont déroulés, les stations ont connaissance de l'ordre de transmission, en respectant l'ordre ascendant de leur adresse.



Protocoles sans collision

Performance du protocole Bit-Map

- Soit N slots : Temps nécessaire à la distribution du droit de transmettre,
 - Soit t slots : Temps de transmission d'une trame,
- Efficacité du protocole = $t/(N+t)$.
Si la charge du canal augmente, l'efficacité augmente.

Inconvénients

- Surplus de temps du au slot de contention;
- À faible charge le délai d'attente est conséquent.

Plan

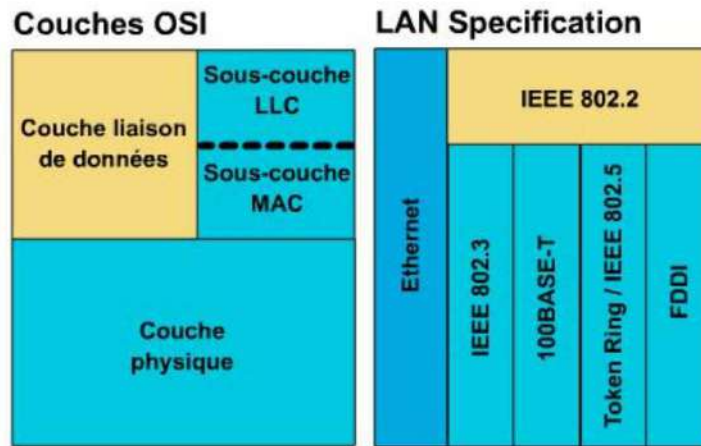
- ♦ Techniques d'allocation des canaux de communication
- ♦ Protocoles de gestion d'accès
- ♦ Normes IEEE 802 des LAN
- ♦ Les ponts - Commutateurs

Couche MAC (Media Access Control.) : Normes - Technologie

Norme	Titre et commentaires
IEEE	
802	Normes pour les réseaux locaux (LAN) et métropolitains (MAN)
802.1	Gestion et pontage des LAN et des MAN (y compris le protocole Spanning Tree)
802.2	Contrôle de lien logique
802.3	Méthode d'accès CSMA/CD (détection de porteuse avec accès multiple)
802.3u	Fast Ethernet
802.3z	Gigabit Ethernet
802.4	Méthode d'accès à passage de jeton sur un bus
802.5	Méthode d'accès Token Ring
802.6	Méthode d'accès DQDB (double bus de file d'attente distribuée) pour les WAN
802.7	LAN à large bande
802.8	LAN et MAN à fibre optique
802.9	Intégration de services (interconnexion de réseaux entre sous-réseaux)
802.10	Sécurité des LAN/MAN
802.11	LAN sans fil (une bande de base IR et deux signaux hyperfréquences à l'intérieur de la bande de 2 400 à 2 500 MHz)
802.12	LAN à haut débit (signaux à 100 Mbits/s, mécanisme de demande de priorité)
802.14	Méthode d'accès de télévision par câble

96

Couche MAC : Ethernet et IEEE 802.3

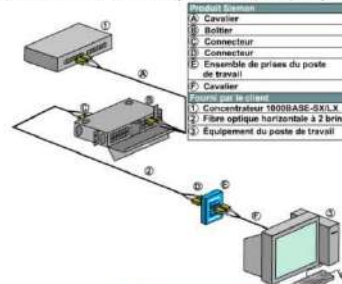


97

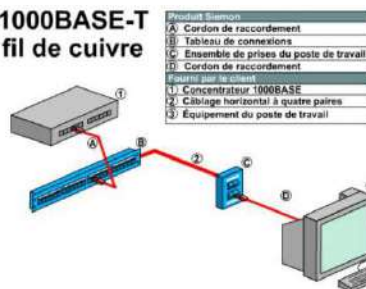
Couche MAC : Famille Ethernet

Type	Média	Bande passante maximale	Longueur de segment maximale	Topologie physique	Topologie logique
10BASE5	Coaxial épais	10 Mbits/s	500 m	Bus	Bus
10BASE-T	UTP CAT 5	10 Mbits/s	100 m	Étoile; Étoile étendue	Bus
10BASE-FL	Fibre optique multimode	10 Mbits/s	2000 m	Étoile	Bus
100BASE-TX	UTP CAT 5	100 Mbits/s	100 m	Étoile	Bus
100BASE-FX	Fibre optique multimode	100 Mbits/s	2000 m	Étoile	Bus
1000BASE-T	UTP CAT 5	1 000 Mbits/s	100 m	Étoile	Bus

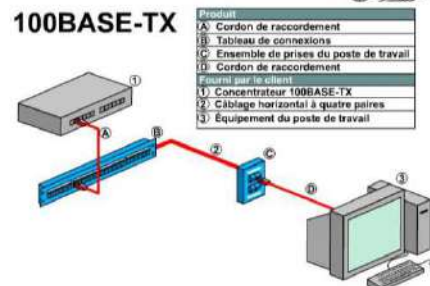
1000BASE-SX-LX (fibre optique)



1000BASE-T fil de cuivre



100BASE-TX



Couche MAC : Famille Ethernet

Ethernet						
	1	6	6	2	46-1500	4
Préambule	Délimiteur de début de trame	Adresse de destination	Adresse d'origine	Type	Données	Séquence de contrôle de trame

IEEE 802.3						
	1	6	6	2	64-1500	4
Préambule	Délimiteur de début de trame	Adresse de destination	Adresse d'origine	Longueur	En-tête et données 802.2	Séquence de contrôle de trame

■ Préambule

Suite alternée de 1 et 0 indiquant aux stations réceptrices le type de la trame (Ethernet ou IEEE 802.3).
La trame Ethernet comporte un octet supplémentaire qui équivaut au champ de début de trame spécifié dans la trame IEEE 802.3.

■ Début de trame

L'octet séparateur IEEE 802.3 se termine par deux bits à 1 consécutifs pour synchroniser les portions de réception des trames de toutes les stations du LAN.
Le début de trame est défini explicitement dans la norme Ethernet.

99

Couche MAC : Famille Ethernet

■ Adresses Origine et Destination

Trois premiers octets → fournisseur. Trois derniers octets → Numéro de série

@ origine → @ unicast (nœud simple).

@ destination → @ unicast, multicast (groupe) ou de broadcast (tous les nœuds).

■ Type (Ethernet)

Protocole de couche supérieure auquel seront acheminées les données, une fois le traitement Ethernet terminé.

■ Longueur (IEEE 802.3)

Nombre d'octets de données à suivre.

■ Données

• Ethernet au moins 46 octets

• IEEE 802.3 au moins 64 octets

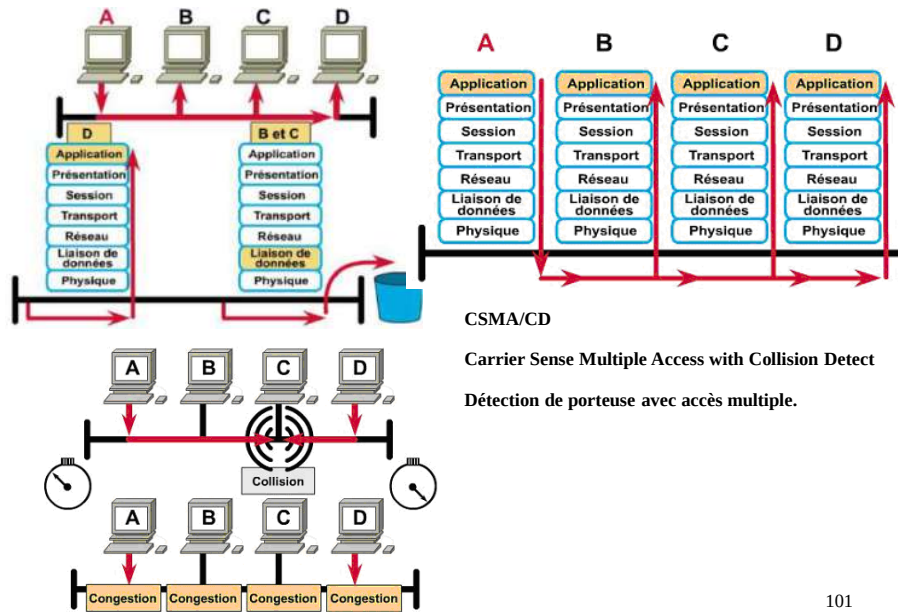
Bits de bourrage pour compléter à 64 octets la trame minimale !!!

■ Séquence de contrôle de trame (FCS)

Code de redondance cyclique (CRC) de 4 octets

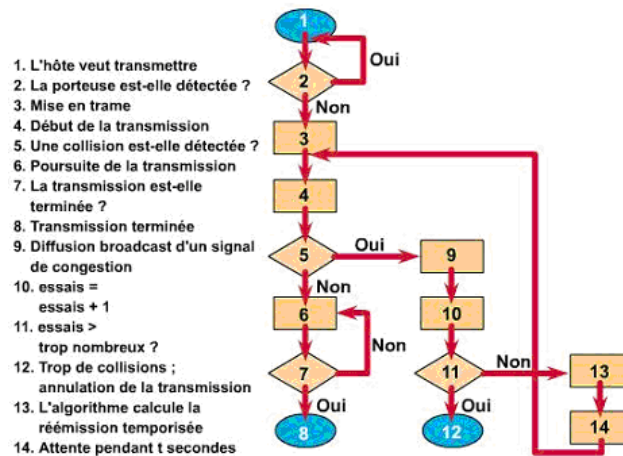
100

Couche MAC : Fonctionnement Ethernet



101

Couche MAC : Fonctionnement Ethernet



Ethernet :

- Architecture réseau non orientée connexion;
- système de remise au mieux.

102

Annexes : Les topologies et les médias Ethernet 10BASE-T

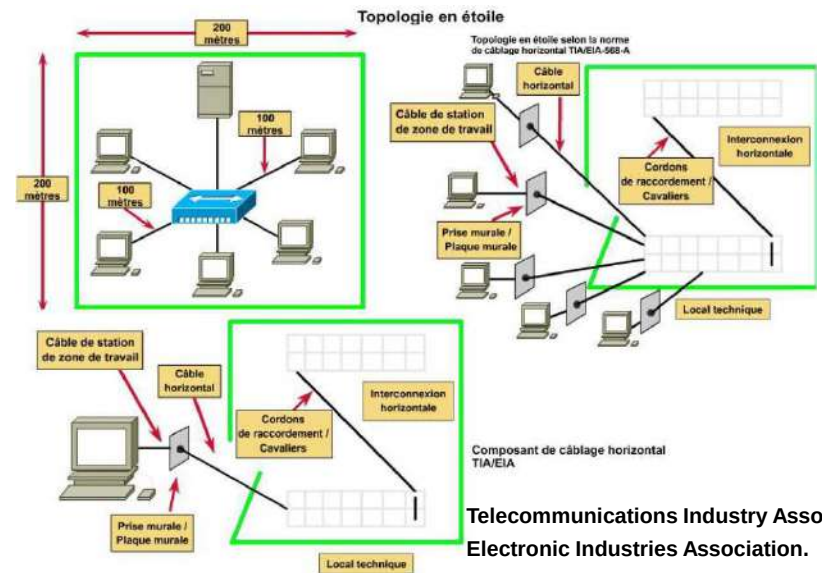
Topologie en étoile

Topologie en étoile selon la norme de câblage horizontal TIA/EIA-568-A

Composant de câblage horizontal TIA/EIA

Telecommunications Industry Association.
Electronic Industries Association.

103



Telecommunications Industry Association.
Electronic Industries Association.

103

Annexes : Les topologies et les médias Ethernet 10BASE-T

Distances maximales de câblage horizontal selon la norme TIA/EIA-568-A

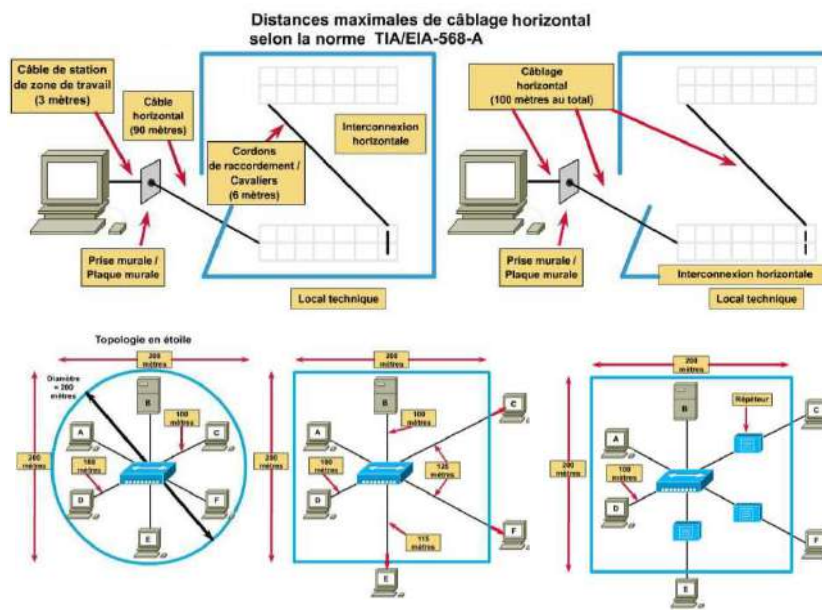
The diagram illustrates the maximum horizontal cabling distances according to the TIA/EIA-568-A standard for 10BASE-T Ethernet. It shows two scenarios: a standard setup and a setup with a patch panel. Both show a workstation connected to a wall outlet, which is then connected to a patch panel, and finally to a horizontal cable leading to another patch panel or directly to a workstation. Labels indicate distances: 3 meters for the workstation cable, 90 meters for the horizontal cable, and 6 meters for the patch cords. The total distance is 100 meters.

Local technique

Topologie en étoile

The diagram illustrates the star topology (Topologie en étoile) for 10BASE-T Ethernet. It shows a central hub connected to six workstations (A, B, C, D, E, F). The distance from the hub to each workstation is 100 meters. The total distance from the hub to the farthest workstation (B) is 200 meters. The diagram also shows a patch panel connected to the hub, with a distance of 100 meters from the patch panel to the hub and 100 meters from the patch panel to the farthest workstation (B).

Local technique





Carte réseau

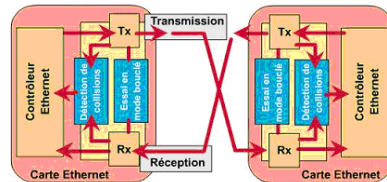
Mode half-duplex

Connexions des broches (prises RJ-45 + fils d'un câble de catégorie 5)

Broche 1 TD+ (envoi de données),
Broche 3 RD+ (réception de données)

Broche 2 TD- (envoi de données),
Broche 6 RD- (réception de données)

Broches 4,5,7, 8 inutilisées.



Contrôle de liaison logique Communication avec les couches supérieures.

Désignation

Identificateur d'adresse MAC unique.

Verrouillage de trame

regroupement des bits en paquets (encapsulation) en vue du transport.

Media Access Control

Fourniture d'un accès structuré au média d'accès partagé.

Signalisation

La carte réseau place les bits sur le média.

105

Plan

- ♦ Techniques d'allocation des canaux de communication
- ♦ Protocoles de gestion d'accès
- ♦ Normes IEEE 802 des LAN
- ♦ Les ponts - Commutateurs

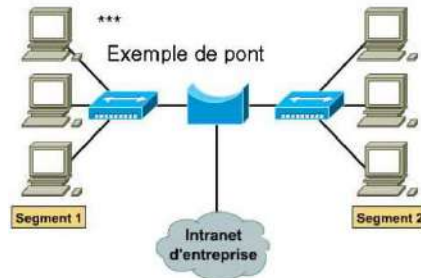
106

Pont - Commutateur- Switch

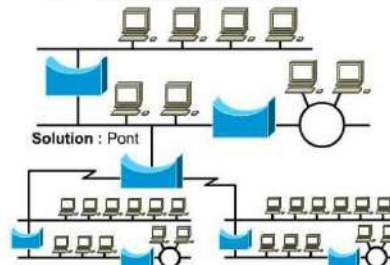
Pont *

Ce composant matériel relie deux segments de réseau ou plus et passe les paquets de l'un à l'autre.

Il est plus intelligent qu'un concentrateur. Il analyse les paquets entrants, puis les achemine ou les abandonne en fonction de l'adresse MAC.



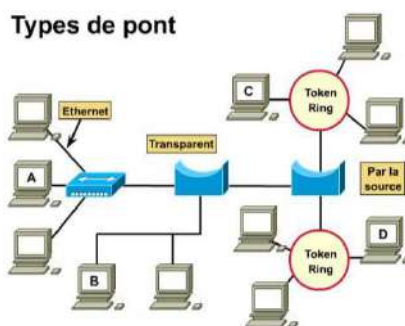
** Problème : Trafic trop élevé



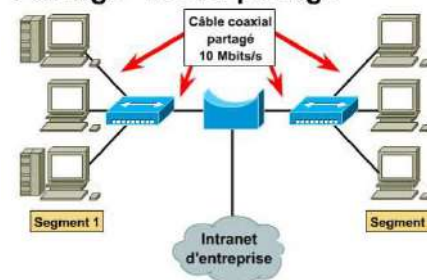
107

Pont - Commutateur- Switch

Types de pont



Pontage - Média partagé



Plus intelligent qu'un **concentrateur** ??

Analyse les paquets entrants puis les achemine ou les abandonne en fonction de l'adresse MAC

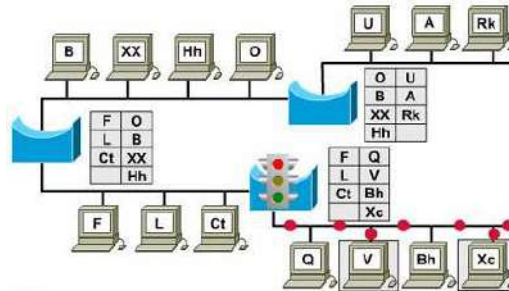
Collecte et transmet les paquets entre les segments du réseau

Assure la maintenance des tables d'adresses

Différents types de pontages : Transparents, par la source (Token ring)

108

Fonctionnement d'un pont

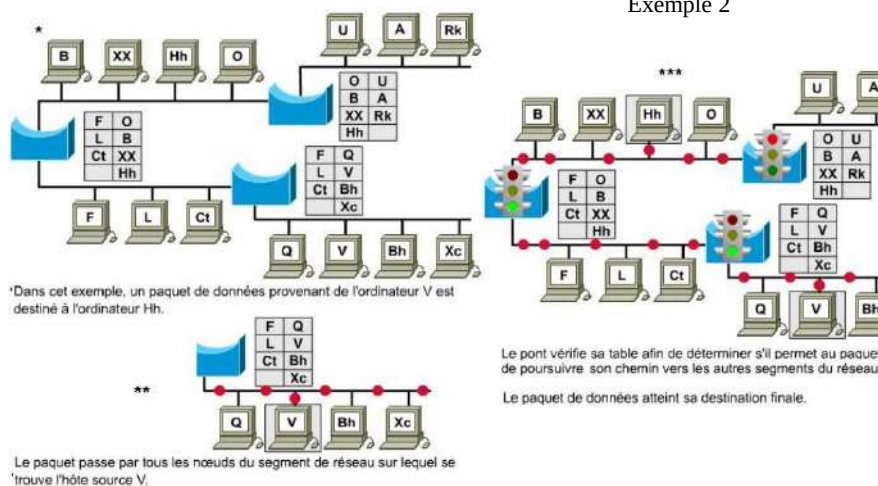


Exemple 1

109

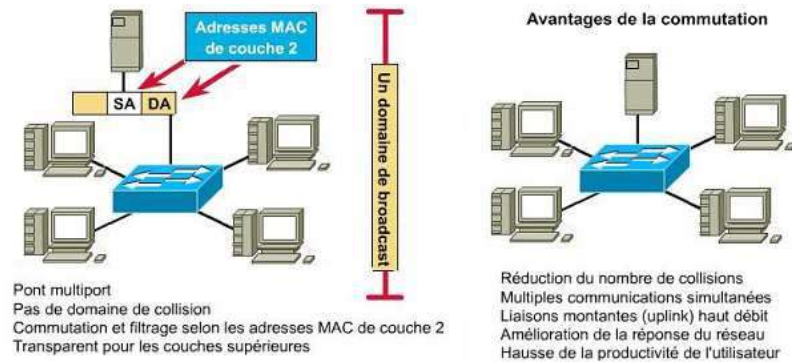
Fonctionnement d'un pont

Exemple 2



110

Fonctionnement d'un commutateur



La Commutation LAN

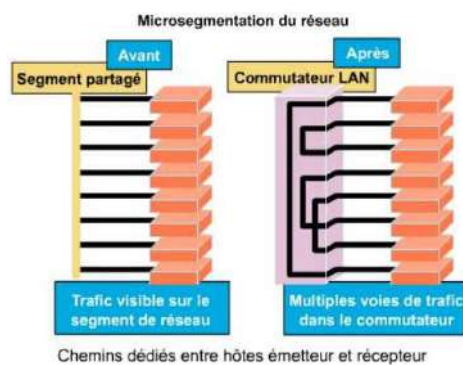
permet un accès dédié.
 élimine les collisions et accroît la capacité.
 prend en charge plusieurs communications à la fois.

Politique de sécurité !!!

Un pont peut vérifier la source et la destination et refuser de diffuser la trame

111

Fonctionnement d'un commutateur

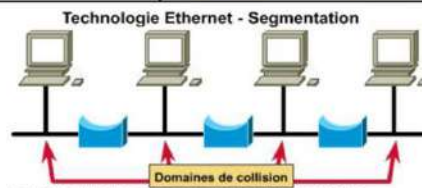
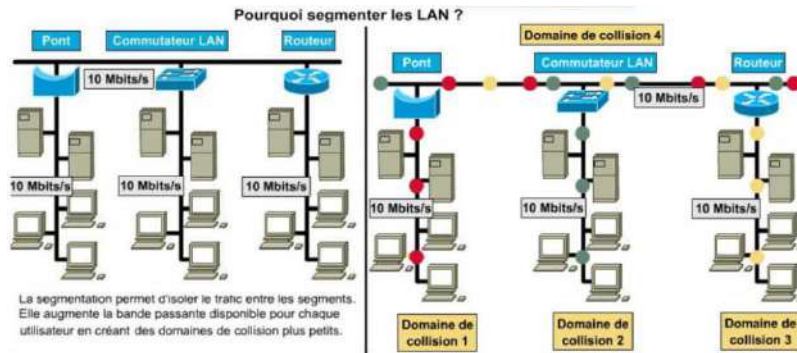


■ Commutateurs LAN ⇔

- Ponts multiports sans domaine de collision
- Commutation d'une trame vers sa destination à haut débit

112

Fonctionnement d'un commutateur



Le pontage et la commutation sont utilisés pour la segmentation. Il en résulte plusieurs domaines de collision. Il y a toujours un seul domaine de broadcast. Il est possible de réserver de la bande passante pour les stations de travail.

113