

## Chapitre IV

### La couche liaison

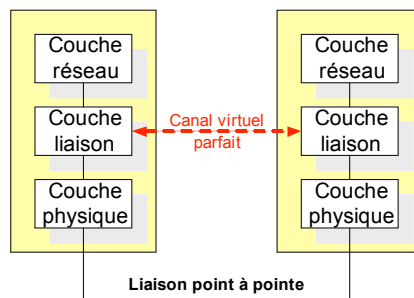


## But du chapitre

- Connaître les fonctions et algorithmes de la couche liaison
  - Le **découpage en trames** : orienté bit, orienté caractère
  - Le **contrôle d'erreurs** : Codes Hamming, codes polynomiaux
  - Les **méthodes de retransmission** « Envoyer et attendre », « Go-back-N »
  - L'acquittement de données et l'utilisation des numéros de séquence
  - L'établissement et la terminaison de connexion
- Connaître les protocoles point à point
  - HDLC
  - LAPB
  - (SLIP et PPP)

## Introduction

- Transmission point à point entre deux  **systèmes adjacents**
- Les protocoles de la couche liaison essaient de fournir un  **canal virtuel fiable**  à la couche supérieure



Septembre 2008

4. La couche liaison

3

## Service offert par la couche liaison

### Service principal:

Transmission de paquets entre les entités de la couche réseau de deux stations voisines

D'après la fiabilité du service on distingue trois modes

1. **Sans connexion, sans accusé de réception**
  - Utilisé sur les liens fiables, ou si une couche supérieure effectue la correction d'erreurs
2. **Sans connexion, avec accusé de réception**
  - Chaque trame est acquitté avant d'envoyer la suivante
  - Utilisé sur des liens peu fiables et peu performants
3. **Avec connexion, avec accusé de réception**
  - Permet d'utiliser des algorithmes plus complexes pour augmenter la fiabilité et les performances

Septembre 2008

4. La couche liaison

4

## Résumé des fonctions réalisées à la couche liaison

1. Découpage du flot de bits en trames
2. Contrôle d'erreurs
3. Retransmission de trames erronées
  - Acquittements
  - Numéros de séquence
  - Stratégies ARQ
4. Établissement et terminaison de connexions

## 1. Découpage en trames

### Couche physique :

Fournit un service de transmission de bits

### Couche liaison :

Doit fournir un service orienté paquet à la couche réseau

Trois méthodes principales de découpage en trames

- Comptage de caractères
- Découpage orienté caractère
- Découpage à l'aide d'un fanion (orienté bit)

## Comptage de caractères

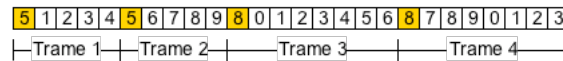
- Méthode la plus simple et la moins fiable
  - En pratique, seulement en combinaison avec d'autres méthodes

### Principe

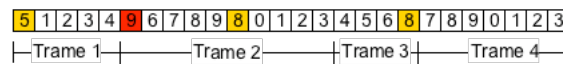
- Chaque trame contient dans l'entête un champ « Longueur de trame » qui permet au récepteur de découper les trames

### Problème

- Une erreur bit peut laisser le récepteur sans orientation



a) Sans erreur



b) Avec une erreur

Septembre 2008

4. La couche liaison

7

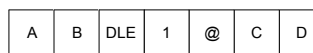
## Découpage orienté caractère

- Chaque trame est encadrée par deux séquences
  - DLE + STX au début (Data Link Escape, Start of TeXt)
  - DLE + ETX à la fin (Data Link Escape, End of TeXt)
- « Byte Stuffing » (DLE de transparence)
  - Pour éviter d'interpréter des données de la couche réseau comme début /fin de trame, on utilise une méthode appelée « Byte stuffing »

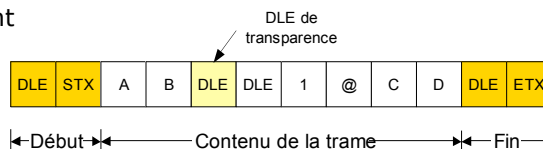
➤ Souvent utilisé en pratique

- Inconvénient

- Fonctionne uniquement avec un codage sur 8 bits



a) Données originales de la couche réseau



Septembre 2008

4. La couche liaison

8

## Découpage à l'aide d'un fanion

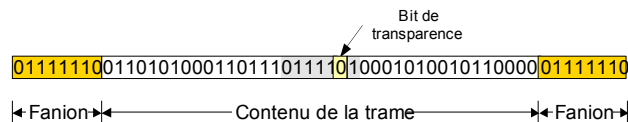
- Méthode de découpage plus générale
  - Permet à une trame d'avoir une longueur quelconque
  - Utilisable avec tous les codages

### Principe

- Chaque trame commence et finit par un **fanion** (flag)  
« 01111110 »
- Bit stuffing (Bit de transparence)
  - Évite d'interpréter des données de la couche réseau comme fanion
  - Après 5 bits consécutifs à 1, ajouter un bit 0 de transparence

011010100011011101111100010100101100000

a) Données originales de la couche réseau



Septembre 2008

4. La couche liaison

9

## 2. Contrôle d'erreurs

### Problème

- Les protocoles de la couche physique ne sont pas parfaits mais subissent des erreurs bit
- Le **taux d'erreur bit** dépend surtout du média de transmission
  - Fibres optiques:  $\sim 10^{-12}$
  - Canal radio:  $\sim 10^{-5}$

### La couche liaison implémente deux fonctions

- **Détection d'erreurs** (obligatoire)
  - Codes détecteurs
- **Correction d'erreurs** (seulement pour un service fiable)
  - Code correcteurs
  - Retransmission de trames

Septembre 2008

4. La couche liaison

10

## Critères d'efficacité d'un contrôle d'erreur

1. Capacité de détecter / corriger des **erreurs multiples**
2. Capacité de détecter / corriger des **rafales d'erreurs** d'une certaine longueur
3. Probabilité **d'accepter une trame erronée** comme correcte
4. Rendement:  
rapport entre les bits de données et la longueur totale des paquets

## Codes simples: les parités

Méthode la plus simple de détection d'erreurs

- Ajouter un seul bit de parité à la fin d'un bloc de données
  - Parité paire :  
le nombre total de bits 1 (y compris la parité) est pair
  - Parité impaire :  
le nombre total de bits 1 (y compris la parité) est impair
- **Code détecteur d'erreurs**
  - **Toutes les erreurs** bit sur un **nombre impair de bits** sont détectables pour une **longueur de données quelconque**
  - **En pratique, seulement la moitié des erreurs bit sont détectées**
    - La plupart des erreurs bit apparaissent en rafale, donc un nombre pair d'erreurs est aussi probable qu'un nombre impair

## Parités verticales et horizontales

- Permettent de construire un code correcteur simple
  - Arranger la séquence des bits en une matrice
  - Calculer une parité par ligne et par colonne

1	0	0	1	0	1	0	1	Parités horizontales
0	1	1	1	0	1	0	0	
1	1	1	0	0	0	1	0	
1	0	0	0	1	1	1	0	
0	0	1	1	0	0	1	1	
1	0	1	1	1	1	1	0	

Parités verticales

## Parités verticales et horizontales

- Permettent de corriger toutes les erreurs simples
- Permettent de détecter toutes les erreurs sur 2 ou 3 bits
- Permettent de détecter toutes les rafales plus courtes que la longueur d'une ligne
- Déjà 4 erreurs bit peuvent passer sans être détectées

1	0	0	1	0	1	0	1	Parités horizontales
0	1	1	1	0	1	0	0	
1	1	0	0	1	0	1	0	
1	0	0	0	1	1	1	0	
0	0	0	1	1	0	1	1	
1	0	1	1	1	1	1	0	

Parités verticales

## Stratégies de retransmission

- Méthode principale de correction d'erreurs :  
[Retransmission des trames erronées](#)
  - Plus efficace que les codes correcteurs

### Stratégies ARQ : (*Automatic Repeat reQuest*)

1. « Envoyer et attendre » ou « Stop-and-Go »
2. « Go-back-n » ou « Fenêtre glissante »
3. « Rejet sélectif »

## Envoyer et attendre

### Principe

- S'assurer qu'un paquet a été reçu avant d'envoyer le suivant

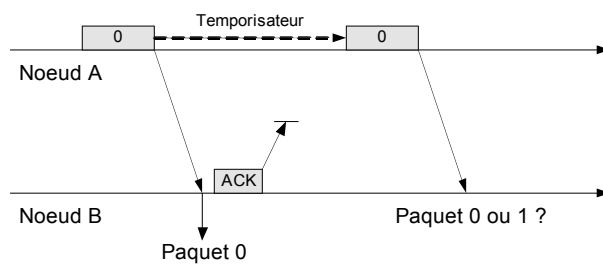
### Protocole simple

- Le paquet contient un CRC qui permet de détecter des erreurs
- Si le paquet est correct, le récepteur renvoie un [acquiescement positif](#) (ACK)
- Si le paquet est erroné, le récepteur renvoie un [acquiescement négatif](#) (NAK)
- ACK et NAK sont également protégés par un CRC
- Lors de la réception d'un NAK le paquet est retransmis



## Faiblesse du protocole avec ACK/NAK

- Le protocole simple n'est utilisable que
  - Si aucun paquet ne peut être perdu
  - S'il n'y a pas d'ambiguïté concernant les ACK/NAK
- Il peut créer un comportement incorrect en cas de perte d'un acquittement



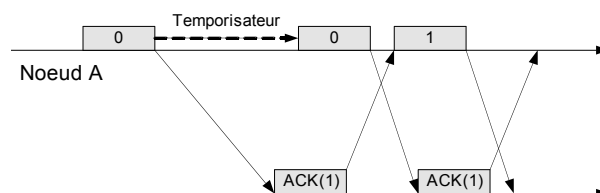
Septembre 2008

4. La couche liaison

17

## Protocole avec numéros de séquence

- Tous les paquets sont numérotés avec un **numéro de séquence SN**
- Un ACK contient le **numéro de séquence RN du prochain paquet attendu**
  - **NAK n'est plus nécessaire**, comme le récepteur peut redemander la transmission du paquet précédent avec un ACK
- Un numéro de séquence sur 1 bit est suffisant
  - Un ACK confirme soit le dernier paquet soit son prédécesseur

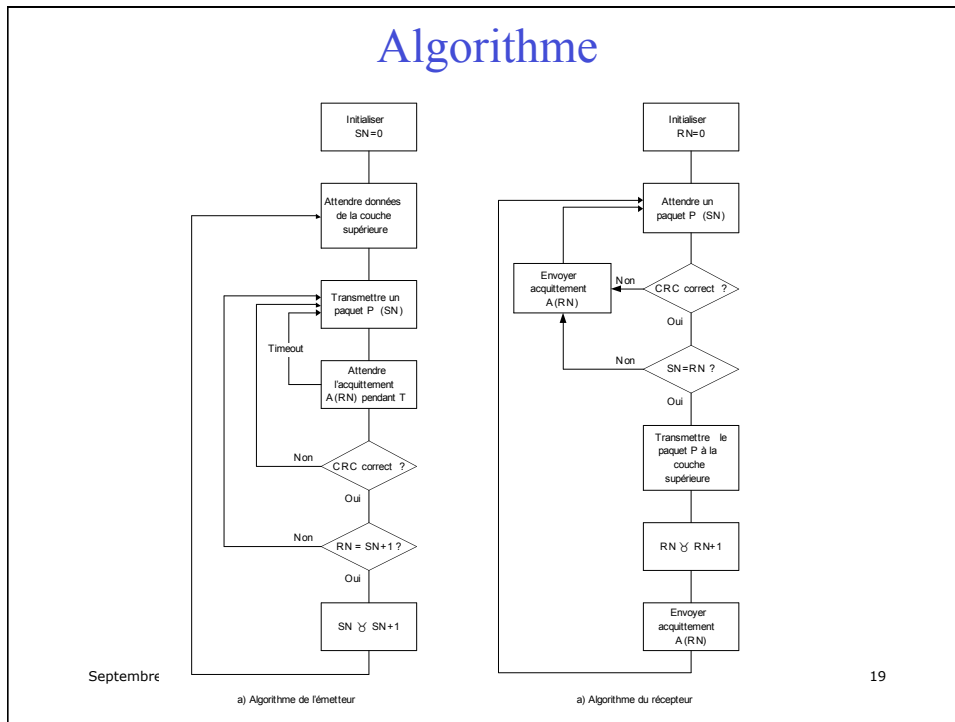


Septembre 2008

4. La couche liaison

18

## Algorithme



## Performances de « Envoyer et attendre »

Taux d'utilisation du réseau  $\rho$  :

- Rapport entre le débit effectif obtenu  $D$  et le débit du lien  $C$

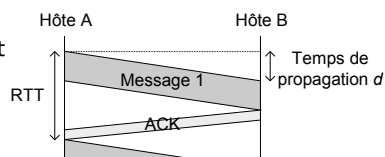
- Calcul

- $l_{data}$ : temps de transmission d'un paquet

- $l_{ACK}$ : temps de transmission d'un ACK

$$RTT = (l_{data} + l_{ACK}) / C + 2d_{prop}$$

$$\rho = \frac{l_{data}}{RTT \cdot C}$$



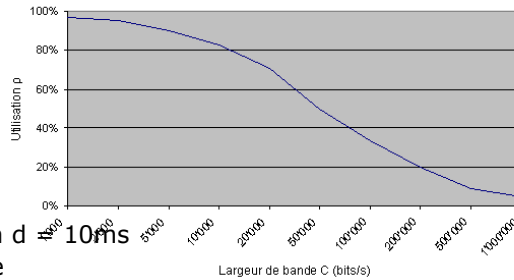
- Utilisation est inversement proportionnelle au « produit largeur de bande - délai » (*bandwidth delay product*)

$$BWD = RTT \cdot C$$

## Exemple numérique

- Paramètres:

- $I_{data} = 1000$  bits
- $I_{ack} = 10$  bit
- Délai de propagation  $d = 10$  ms
- Débit binaire C entre 1 kb/s et 1 Mb/s



- Utilisation inférieure à 5% à  $C = 1$  Mb/s
- « Envoyer et attendre » n'est approprié que pour les liens à faible produit largeur de bande – délai

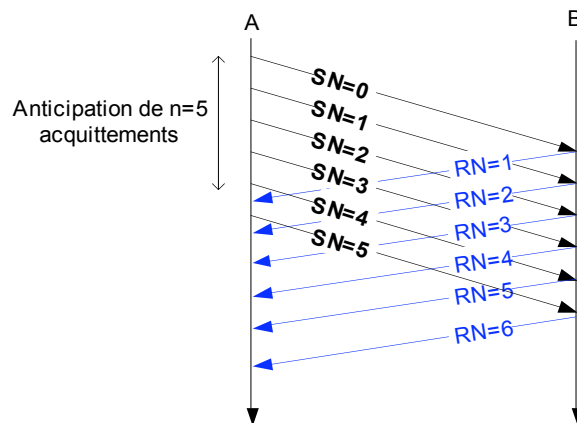
## Protocole « Go-back-n »

- Méthode ARQ très répandue dans les protocoles de la couche liaison et de la couche transport

### Principe

- L'émetteur envoie plusieurs paquets de suite sans attendre d'acquittement
- Tous les paquets contiennent un numéro de séquence SN
- L'émetteur conserve une copie des paquets envoyés mais non acquittés afin de pouvoir les retransmettre
- Le paramètre  $n$  indique combien de paquets peuvent être envoyés sans recevoir d'acquittement
- Le récepteur n'accepte que le prochain paquet attendu
- Le récepteur envoie un acquittement pour chaque paquet correctement reçu

## Exemple

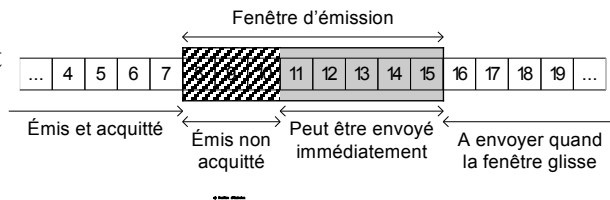


## La fenêtre glissante

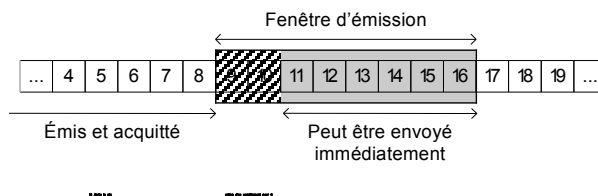
- La méthode « Go-back-n » peut être réalisée à l'aide d'une fenêtre glissante (*Sliding Window*)
  - La fenêtre contient les  $n$  paquets après le dernier paquet acquitté  $s-1$
  - Numéros de séquence SN autorisés à l'expédition :
$$s \leq SN < s + n$$
  - Après l'acquittement d'un paquet transmis, la fenêtre glisse à droite et autorise la transmission d'un nouveau paquet

## Exemple

Dernier acquittement  
reçu : RN=8



Nouvel acquittement  
reçu : RN=9



Septembre 2008

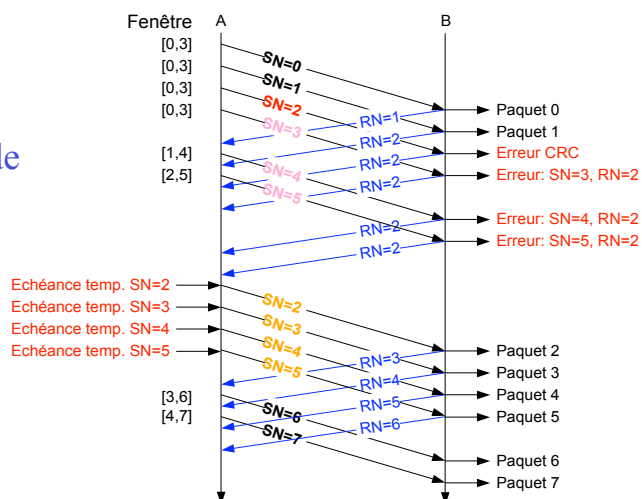
4. La couche liaison

25

## Retransmission : Gestion passive

La retransmission  
est déclenchée par  
un **temporisateur de  
retransmission**

Tous les paquets à  
partir du paquet  
perdu sont  
retransmis



Septembre 2008

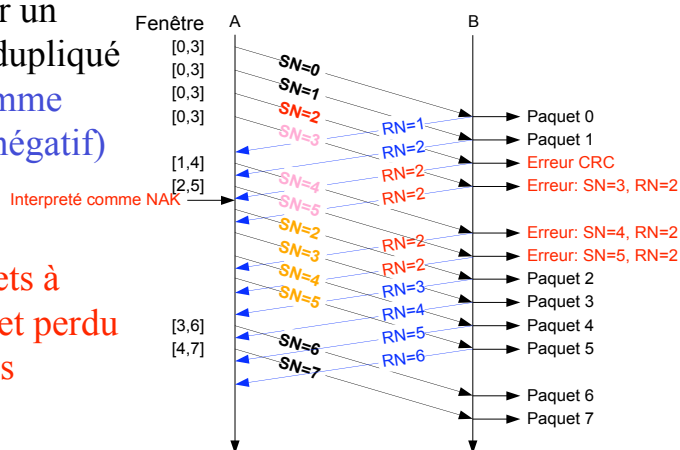
4. La couche liaison

26

## Retransmission : Gestion active

La retransmission est déclenchée par un acquittement dupliqué (interprété comme acquittement négatif)

Tous les paquets à partir du paquet perdu sont retransmis



Septembre 2008

4. La couche liaison

27

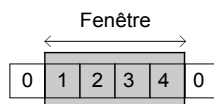
## Numéros de séquence dans « Go-back-n »

- Un champ avec une longueur fixe doit être prévu dans l'entête des paquets pour le numéro de séquence
  - Numérotation modulo M

Quelle valeur choisir pour M pour une fenêtre de n ?

- A chaque instant, au maximum n paquets peuvent être en attente d'un acquittement
- Au maximum n+1 acquittements différents sont possibles

- $M = n + 1$  est suffisant



Septembre 2008

4. La couche liaison

28

## Rejet Sélectif

### Problème de Go-back-n

Une erreur dans un paquet provoque la retransmission de tous les paquets à partir du paquet erroné

- Le récepteur n'accepte pas de paquet hors séquence

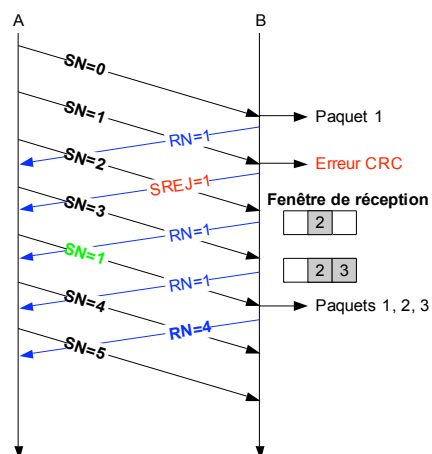
### Principe du rejet sélectif

- Le récepteur gère un **tampon de réception** dans lequel il place les paquets reçus hors séquence
- Un nouveau type d'**acquittement négatif SREJ** permet d'indiquer le paquet rejeté

## Rejet sélectif

### Principe

- Lorsqu'un paquet erroné est reçu, le récepteur renvoie un **SREJ** avec le numéro de séquence du paquet erroné
- Les paquets reçus hors séquence sont placés dans une **fenêtre de réception**, avec la même taille que la fenêtre d'émission
- L'émetteur retransmet uniquement les paquets pour lesquels il a reçu un SREJ



## Gestion des numéros de séquence

- Numéros de séquence sur 3 bits
- Taille de fenêtre = 7

1. L'émetteur transmet toute la fenêtre
2. Les paquets sont reçus correctement mais tous les acquittements sont perdus
3. Après l'expiration du temporisateur l'émetteur retransmet le paquet 0
4. Le paquet 0 se trouve dans la fenêtre de réception. **Il est alors accepté par le récepteur**
5. **Erreur !!!**

Émetteur

Récepteur

Émetteur

Récepteur

Fenêtre d'émission

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

Fenêtre de réception

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

a) État initial

Fenêtre d'émission

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

Fenêtre de réception

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

b) Après l'émission de 7 paquets et la perte des 7 acquittements

Septembre 2008

4. La couche liaison

31

## Gestion des numéros de séquence

### Problème dans l'exemple précédent

- Les numéros de séquence des deux fenêtres se superposent
- L'émetteur a le droit de transmettre tous les numéros de séquence  $SN$  avec  $SN \in [SN_{\min}, SN_{\min} + n - 1]$
- Après la réception du paquet  $SN_{\min} + n - 1$ , le récepteur accepte les paquets  $SN \in [SN_{\min} + n, SN_{\min} + n + n - 1]$
- En fonction des acquittements reçus, le prochain paquet transmis se trouve dans  $SN \in [SN_{\min}, SN_{\min} + 2n - 1]$

### Condition pour Rejet sélectif :

$$M \geq 2n$$

Septembre 2008

4. La couche liaison

32

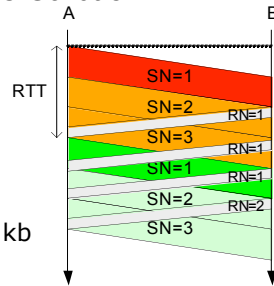


## Amélioration des performances par rapport à Go-back-n

- Données retransmises en cas d'erreur dans Go-back-n:
  - $\text{Min}(\text{RTT} \cdot C, \text{taille de la fenêtre})$

### Exemple numérique :

- $P(\text{paquet erronée}) = 10^{-4}$
- Longueur de paquet = 1000 bits
- En moyenne une erreur toutes les 10s
- Canal avec  $\text{RTT} \cdot C = 10 \text{ ms} * 1 \text{ Mb/s} = 10 \text{ kb}$
- Surcharge pour Go-back-n  $\approx 10 \text{ kb} / 10 \text{ Mb} = 0.1 \%$
- Surcharge pour Rejet sélectif  $\approx 1 \text{ kb/s} / 10 \text{ Mb/s} = 0.01\%$



## Efficacité des protocoles

### Envoyer et attendre

$$\rho = \frac{l_{data}}{\text{RTT} \cdot C} = \frac{l_{data}}{l_{data} + l_{ACK} + 2dC}$$

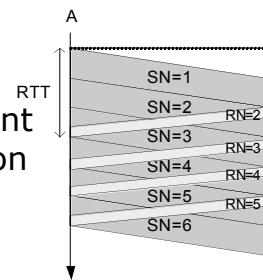
- Taux d'utilisation faible pour les canaux avec un produit largeur de bande – délai élevé
  - Typiquement des canaux avec un délai de propagation élevé

## Taille optimale de la fenêtre glissante

- La taille optimale doit permettre à l'émetteur de transmettre en permanence
- La taille de fenêtre (en bytes) correspond alors au produit largeur de bande – délai du canal :

$$n = \left\lceil \frac{RTT \cdot C}{l_{data}} \right\rceil$$

- Go-back-n et Rejet sélectif peuvent alors atteindre un taux d'utilisation (sans erreurs) de  $\rho=1$



## Taux d'utilisation en cas d'erreurs

### Hypothèse :

Uniquement les erreurs dans les paquets de données sont considérées, les erreurs dans les acquittements sont négligées

### Rejet sélectif

- Le nombre de paquets reçus correctement est le nombre de paquets émis moins les paquets erronés  
( $p$ : probabilité d'une erreur dans un paquet)

- Taux d'utilisation

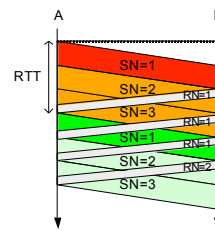
$$n_{reçu} = n_{émis} - p \cdot n_{émis}$$

$$\rho_{max} = \frac{n_{reçu}}{n_{émis}} = 1 - p$$

## Taux d'utilisation de Go-back-n

- En cas d'une erreur :  
Nombre de paquets retransmis :  $\beta = \min(\lceil RTT \cdot C/l_{data} \rceil, n)$
- Espérance no. paquets émis / paquet reçu

Nombre de retransmissions d'un paquet	Probabilité	Nombre de paquets transmis
0	$1-p$	1
1	$(1-p)p$	$1+\beta$
2	$(1-p)p^2$	$1+2\beta$
k	$(1-p)p^k$	$1+k\beta$



$$E \left[ \frac{n_{\text{émis}}}{n_{\text{reçu}}} \right] = \sum_{k=0}^{\infty} (1+k\beta)(1-p)p^k = \frac{1-p+p\beta}{1-p}$$

- Taux d'utilisation :  $\rho_{\text{max}} = E \left[ \frac{n_{\text{reçu}}}{n_{\text{émis}}} \right] = \frac{1-p}{1-p+p\beta}$

Septembre 2008

4. La couche liaison

37

## Exemple numérique

Débit binaire	$C=1 \text{ Mb/s}$
Longueur de trame	$l_{\text{data}} = 1000 \text{ bits}$
Longueur d'ACK	$l_{\text{ACK}} = 1000 \text{ bits}$
Délai de propagation	$d=4 \text{ ms}$
Taux d'erreurs bit	$\text{BER}=10^{-6}$
Longueur de trame	$l_{\text{data}}=1000 \text{ bits}$

### Calculer

- La probabilité  $p$  d'une trame erronée
- Taille optimale de la fenêtre ( $n = \beta$ )
- Le taux d'utilisation maximum (avec erreurs) pour
  - Envoyer et attendre
  - Go-back-n
  - Rejet sélectif

Septembre 2008

4. La couche liaison

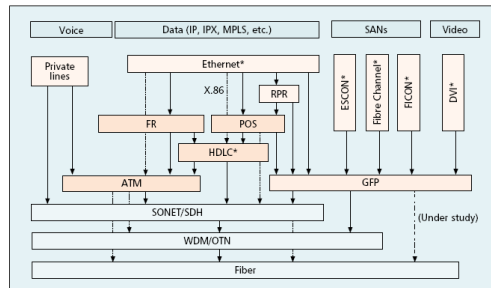
38

## Le protocole HDLC

Le protocole le plus important de la couche liaison

- Utilisé dans X.25
- Utilisé dans Frame Relay
- Base pour le protocole PPP
- Utilisé sur les fibres optiques

Source: IEEE  
Communications  
Magazine, Mai 2003



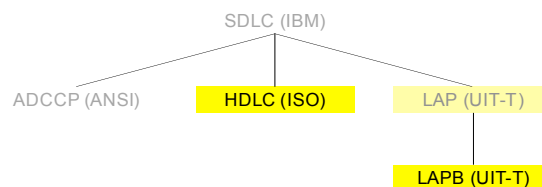
Septembre 2008

4. La couche liaison

39

## Variantes du protocole HDLC

- Beaucoup de variantes d'HDLC existent
  - Protocoles presque identiques, mais incompatibles, des différents organismes de normalisation
  - Sous-ensembles des fonctionnalités d'HDLC
- Origine commune: protocole SDLC (IBM)



Septembre 2008

4. La couche liaison

40

## Caractéristiques générales d'HDLC

- Orienté bit
  - Une trame peut contenir un nombre quelconque de bits, sont nécessité d'avoir un multiple de 8 bits.
  - Découpage des trames à l'aide d'un **fanion**.
- Contrôle d'erreur
  - **Code CRC à 16 bits** pour la détection d'erreurs
- Numéros de séquence
  - Codés sur 3 bits (M=8) ou sur 7 bits (M=128)
- Stratégie ARQ
  - **Go-back-n** avec fenêtre glissante de 7 ou 127 trames.
  - Optionnellement **Rejet sélectif**
- Contrôle de flux
  - Trames RNR (*Receive Not Ready*) et RR (*Receive Ready*) pour une régulation « Tout ou Rien »
- Utilisable sur des liaison point-à-point ou point-à-multipoint

## Modes de fonctionnement

- HDLC est un protocole générique qui veut être utilisable dans beaucoup de configurations différentes
  - Communication entre stations intelligentes
    - Transfert de données entre deux équipements de réseau
  - Contrôle de terminaux simples
    - P.ex. Bancomat
  - Liaisons point-à-point entre deux stations
  - Liaisons multipoint sur un média partagé
    - Bus ou canal radio
- HDLC peut fonctionner selon **trois modes** différents

## Mode NRM

### Mode normal de réponse (Normal Response Mode)

- Principe Maître-esclave pour la communication entre une station primaire et une ou plusieurs stations secondaires
- Station primaire
  - Responsable pour l'ouverture et la supervision de la liaison
- Stations secondaires
  - Répondent aux commandes de la station primaire
  - Ne peuvent transmettre que sur invitation
- Utilisable sur des liens point-à-point ou multipoint
- N'est presque plus utilisé

## Mode ARM

### Mode asynchrone de réponse (Asynchronous Response Mode)

- Mode Maître-esclave similaire à NRM
- Les stations secondaires peuvent transmettre librement, sans attendre d'invitation
- Des transmissions simultanées provoquent une collision
- Rarement utilisé en pratique

## Mode ABM

### Mode asynchrone équilibré (Asynchronous Balanced Mode)

- Communication entre des **stations combinées**
    - A la fois primaire et secondaire
  - Chaque station peut initialiser et terminer la liaison
  - Chaque station peut émettre librement
  - Principalement utilisé sur les liens point-à-point et full-duplex
- Mode le plus souvent utilisé

Septembre 2008

4. La couche liaison

45

## Format des trames

- Format utilisé par beaucoup de protocoles

### Fanion liaison

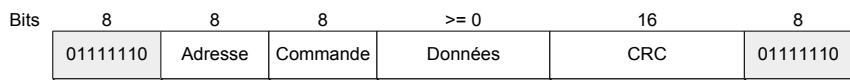
- Un seul fanion entre deux trames
- Émis en permanence lorsqu'il n'y a pas de données à transmettre
- Bit stuffing des données

### Adresse

- Identifie le destinataire dans une configuration multipoint
- Permet de distinguer commandes et réponses dans une configuration point-à-point

### CRC

- CRC-CCITT
- Polynôme générateur  
 $G(x) = x^{16} + x^{12} + x^5 + 1$



Septembre 2008

4. La couche liaison

46

## Types de trames

### Trames I (Information)

- Pour le **transfert de données**
- Possèdent le champ « Données »

### Trame U (Non numérotées)

- **Initialisation est déconnexion**
- Trames **SNRM, SARM, SABM, SNRME, SARME, SABME**
  - Pour l'initialisation de la liaison
- Trame **DISC**
  - Pour la déconnexion
- Trame **UA**
  - Comme ACK non numéroté pour les autres trames U

Septembre 2008

### Trames S (Supervision)

- **Acquittements et contrôle de flux**
- Trame **RR** (Receive Ready)
  - ACK positif
  - Station est prête à recevoir
- Trame **RNR** (Receive Not Ready)
  - ACK positif
  - Demande l'arrêt du transfert de données
- Trame **REJ** (Reject) (Optionnelle)
  - ACK négatif dans **Go-back-n**
  - Demande la retransmission à partir d'un RN
- Trame **SREJ** (Selectif Reject) (Option)
  - Demande la retransmission d'une seule trame dans **Rejet sélectif**

4. La couche liaison

47

## Champ « Commande »

- Longueur:
  - 8 bits en numérotation normal
    - Numéros de séquence sur 3 bits (M=8)
  - 16 bits en numérotation étendue (modes NRME, ARME, ABME)
    - Numéros de séquence sur 7 bits (M=128)

### SN

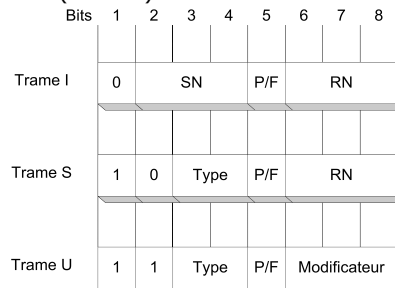
- Numéro de séquence de la trame

### RN

- Acquittement
- Indique le prochain numéro de séquence attendu

### Type

- Indique le type de la trame (RR, RNR, SABM, SNRM, ...)



Septembre 2008

4. La couche liaison

48



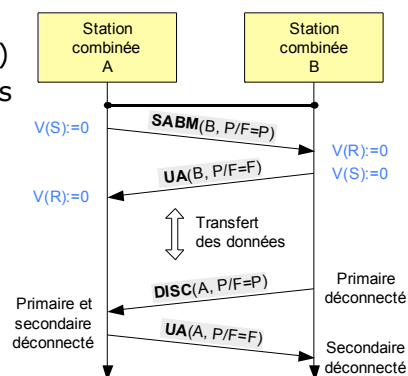
## Bit P/F

### Poll/Final (Invitation à émettre / Fin)

- Utilisé surtout en mode NRM (Maître-esclave)
- La **station primaire** positionne le bit P/F à F pour demander une réponse de la station secondaire
  - La réponse peut être un acquittement ou une trame I
- La **station secondaire** met le bit P/F à P dans toutes les trames sauf la dernière d'une séquence de trames
- Elle met le bit P/F à F pour signaler qu'elle termine sa transmission

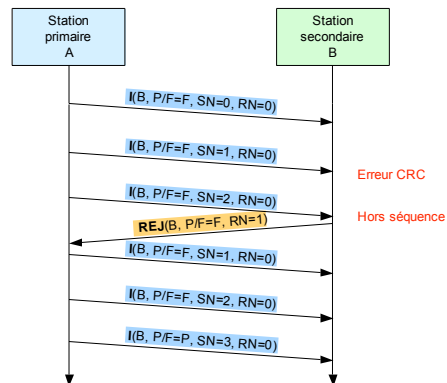
## Mode ABM

- Transmission entre deux stations intelligentes (**stations combinées**)
- Normalement utilisé sur les lignes point-à-point full-duplex
- Chaque station peut initialiser et terminer la liaison
- Elles peuvent transmettre à tout moment
- **Mode le plus souvent utilisé**



## Reprise sur erreur

- Deux événements peuvent déclencher une retransmission
  - Temporisateur T1
    - Armé lors d'une transmission
    - Arrêté lorsqu'une réponse est reçue
  - Trame REJ (optionnelle)
    - Lorsqu'une trame hors séquence est reçue



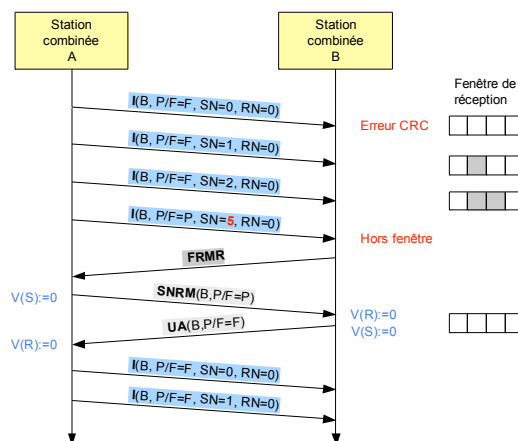
Septembre 2008

4. La couche liaison

51

## Situations particulières I Résolution d'erreurs graves

- Situations où ARQ échoue
  - Trame avec un CRC correct mais un format incorrect (mauvaise longueur, mauvais code « Type », ...)
  - Numéro de séquence en dehors de la fenêtre de réception dans Rejet Sélectif
- Trames **FRMR** (Frame Reject) et **CMDR** (Command Reject)
  - Provoquent la réinitialisation de la liaison



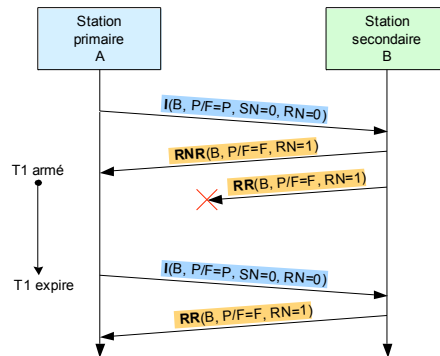
Septembre 2008

4. La couche liaison

52

## Situations particulières II Blocage lors du contrôle de flux

- Contrôle de flux rudimentaire (Tout ou rien)
  - Trame **RNR** signale l'incapacité de recevoir d'autres trames
  - Trame **RR** autorise le transfert d'autres trames
- Trame RR perdue
  - Pourrait causer un interblocage
- Une station primaire/combinée utilise le **temporisateur T1** pour tester périodiquement si une transmission est possible



Septembre 2008

4. La couche liaison

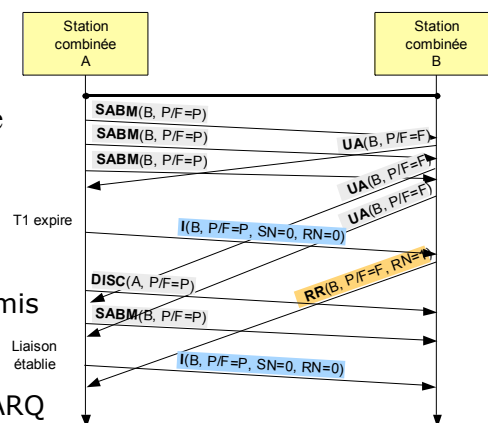
53

## Situations particulières III Exemple d'un défaut d'HDLC

HDLC est un protocole **assez robuste** mais avec des **erreurs de conception** qui peuvent conduire à un **fonctionnement incorrect**

### Erreur à cause des UA

- Il existe des situations où l'émetteur pense avoir transmis une trame mais elle n'est jamais arrivée
- Incorrigeable par la stratégie ARQ



Septembre 2008

4. La couche liaison

54