

La Couche Liaison

Modèle OSI : couche 2

La Couche Liaison

Objectif : assurer une communication fiable et efficace entre deux machines adjacentes, ie les données échangées par la couche réseau doivent être :

- dans l'ordre, sans erreur, sans perte , et sans duplication.
- **Chemin réel** : couche 1 \leftrightarrow couche 1 (bits sur canal de transmission)
- **Chemin virtuel** : couche 2 \leftrightarrow couche 2 (trames de bits)

Canal de transmission : il délivre les bits dans l'ordre d'émission, *mais* certains peuvent *changer de valeur*, ou *disparaître*, ou *apparaître* .

Rôles de la couche liaison

- **Le contrôle d'erreur** : une trame doit être délivrée 1 et 1 seule fois à la couche réseau destination
→ calcul d'une somme de contrôle d'erreurs, acquittements, temporisateurs, numérotation des trames.
- **Le contrôle de flux** : l'émetteur ne doit envoyer des trames que si le récepteur est en mesure de les traiter.
- **La gestion de la liaison** :
 - établissement et libération de la liaison,
 - supervision du fonctionnement selon le mode de synchronisation, de transmission, et le type de liaison,
 - définition de la « syntaxe » des trames et du protocole de liaison.

L'utilité de la couche liaison

Exercice : Un message provenant des couches hautes est découpé en 10 trames, chacune d'entre elles ayant 80% de chances d'arriver intacte. Si la couche liaison n'effectue aucun contrôle d'erreur, combien de fois, en moyenne, faudra-t-il réémettre le message pour qu'il arrive entier en bon état ?

Chances que le message soit correct : $\left(\frac{8}{10}\right)^{10} \approx \frac{1}{10}$

→ en moyenne, il faudra envoyer 10 fois le message.

Les protocoles ARQ

ARQ (Automatic Repeat reQuest) : l'émetteur attend des acquittements positifs ou négatifs ; le récepteur détecte les erreurs, et selon le cas, ignore la trame ou demande sa retransmission.

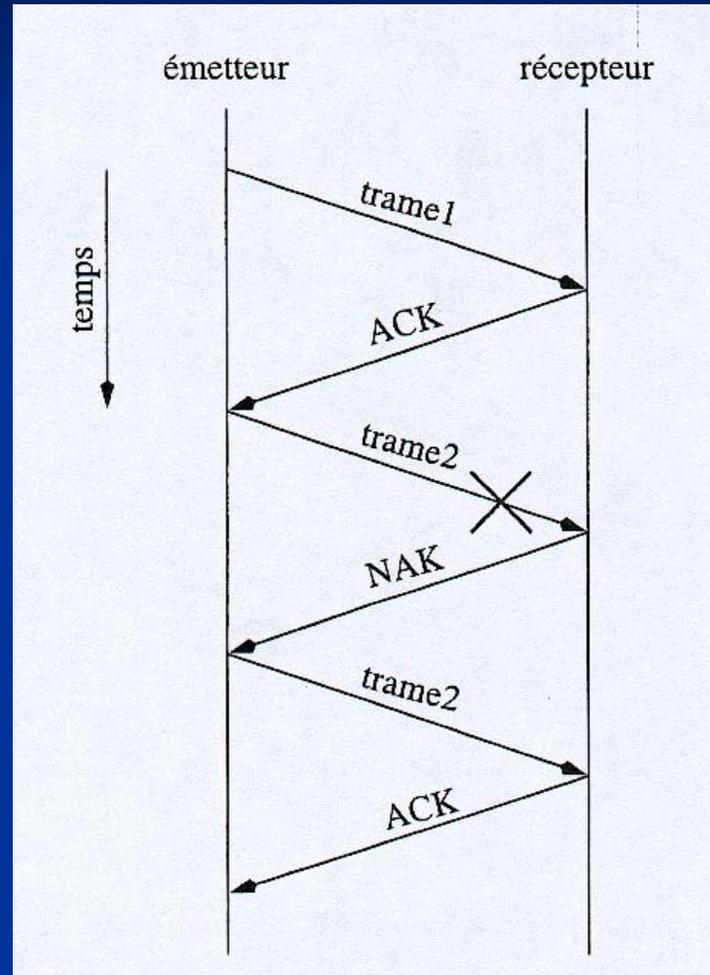
Deux types de protocoles ARQ :

- protocoles « **envoyer et attendre** » (send and wait),
- protocoles « **continus** » (continuous ou pipelined ARQ) ou « **à fenêtre d'anticipation** ».

Protocoles « envoyer et attendre »

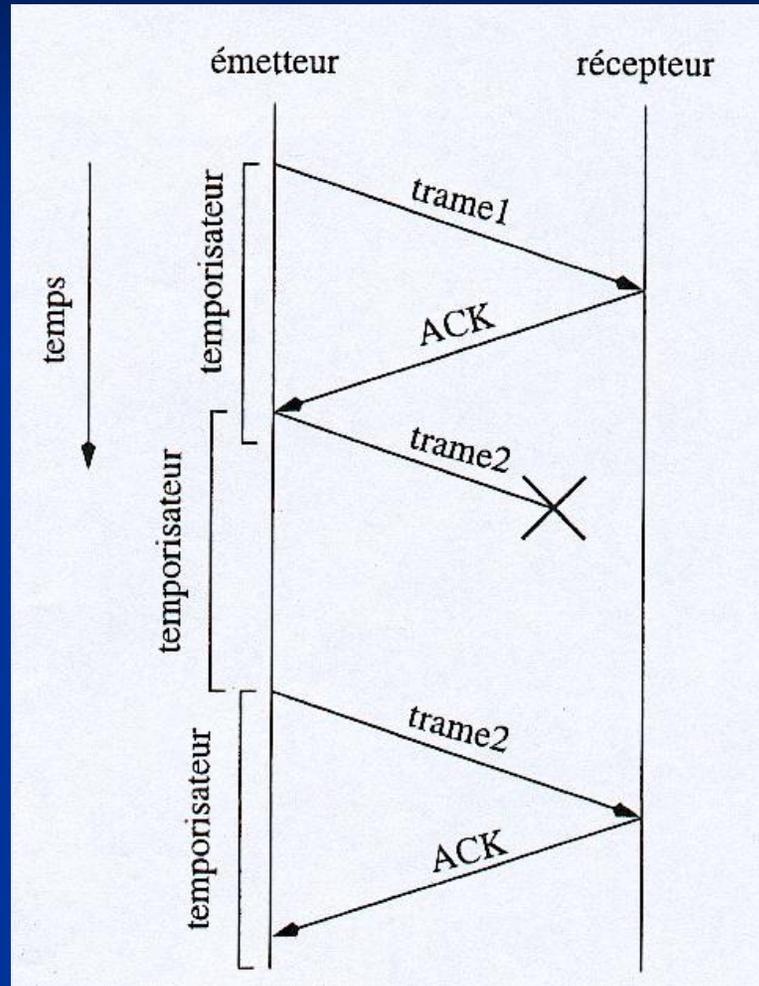
- **But** : empêcher l'émetteur d'envoyer des données plus rapidement que le récepteur ne peut les traiter.
 - ⇒ or, ralentir le débit des trames en temporisant n'est pas satisfaisant : quel choix de temporisation ?!...
- **Méthode** :
 - Obliger le récepteur à informer l'émetteur de son état
→ acquittements.
 - Côté émetteur : envoyer et attendre.

Protocoles ARQ (1)



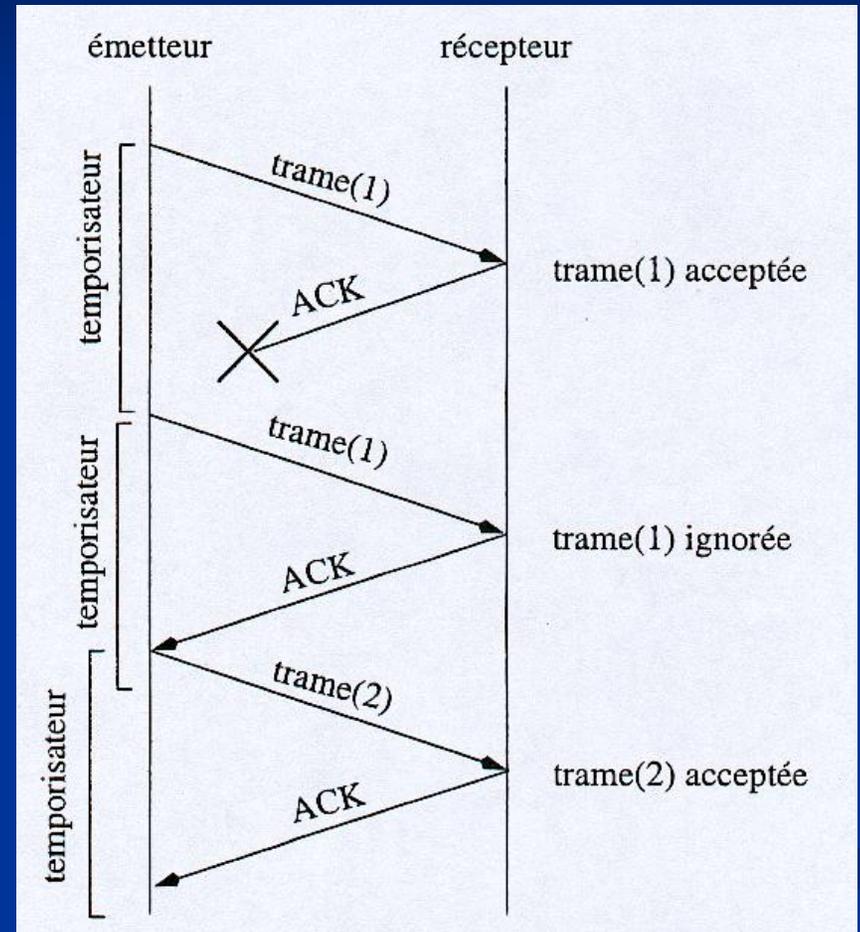
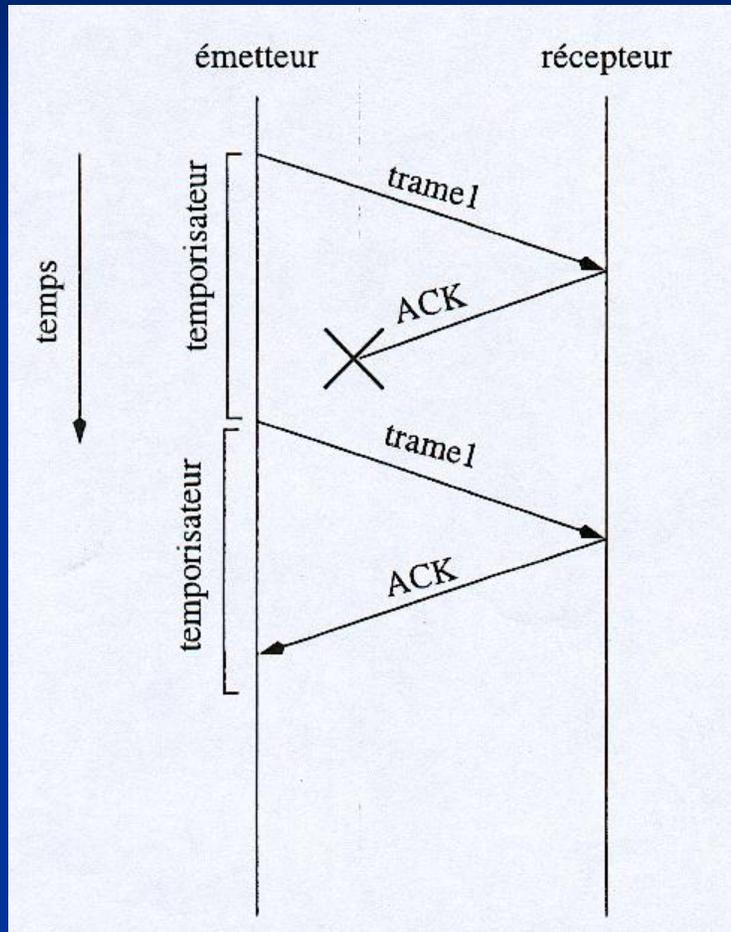
Trame éronnée : acquittement positif ou négatif

Protocoles ARQ (2)



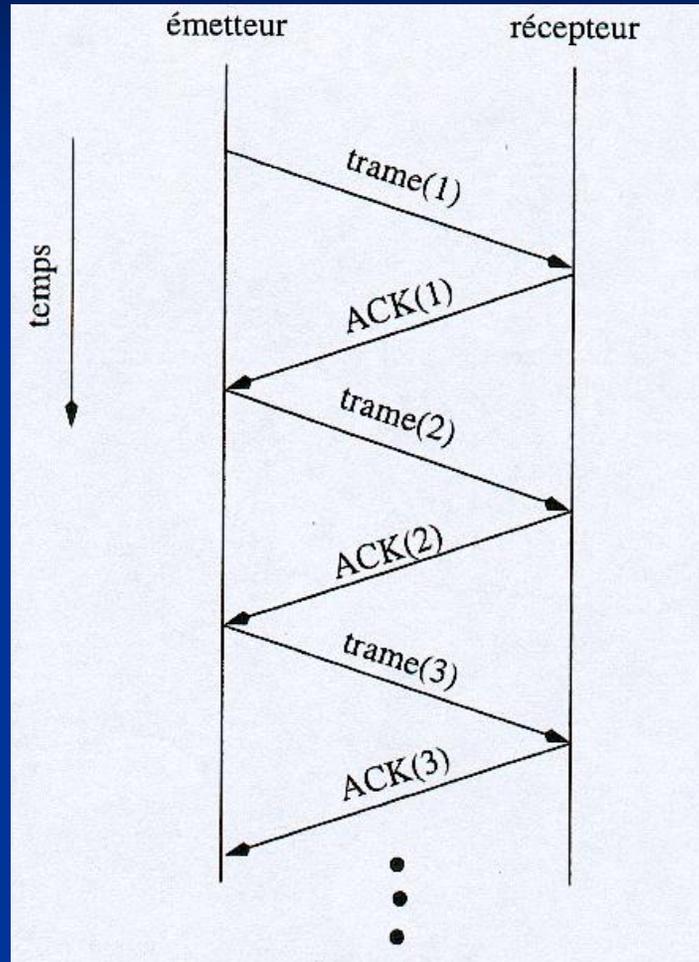
Trame perdue : temporisateur

Protocoles ARQ (3)



Acquittement perdu, duplication : numérotation des trames

Protocoles ARQ envoyer et attendre



Ces protocoles sont unidirectionnels, et ne permettent qu'une pauvre utilisation de la capacité du canal. (cf TD)

Protocoles « à fenêtre d'anticipation »

Améliorations :

- Données et acquittements dans les 2 sens (mode bidirectionnel).
- Envoi d'un certain nombre de trames sans attendre d'acquiescement (pipelining)
- Acquiescements ajoutés à des trames de données envoyées dans l'autre sens (piggybacking).

→ + d'efficacité, + de complexité de gestion aussi

→ besoin de tampons pour trames non encore acquiescées (et susceptibles d'être réémises).

Fenêtre d'anticipation

Trames : ont un numéro de séquence codé sur n bits ($0 \rightarrow 2^n - 1$).

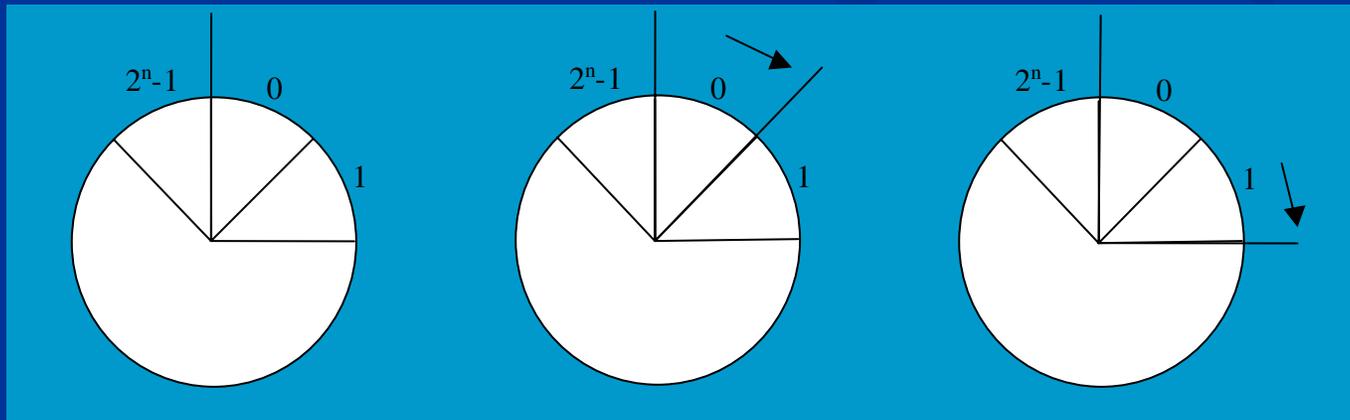
Remarque : si $n=1 \Rightarrow$ « envoyer et attendre » robuste.

- **Fenêtre d'émission** (côté émetteur) :
liste des numéros de séquence des trames autorisées à être *émises* .
- **Fenêtre de réception** (côté récepteur) :
liste des numéros de séquence des trames autorisées à être *reçues* .

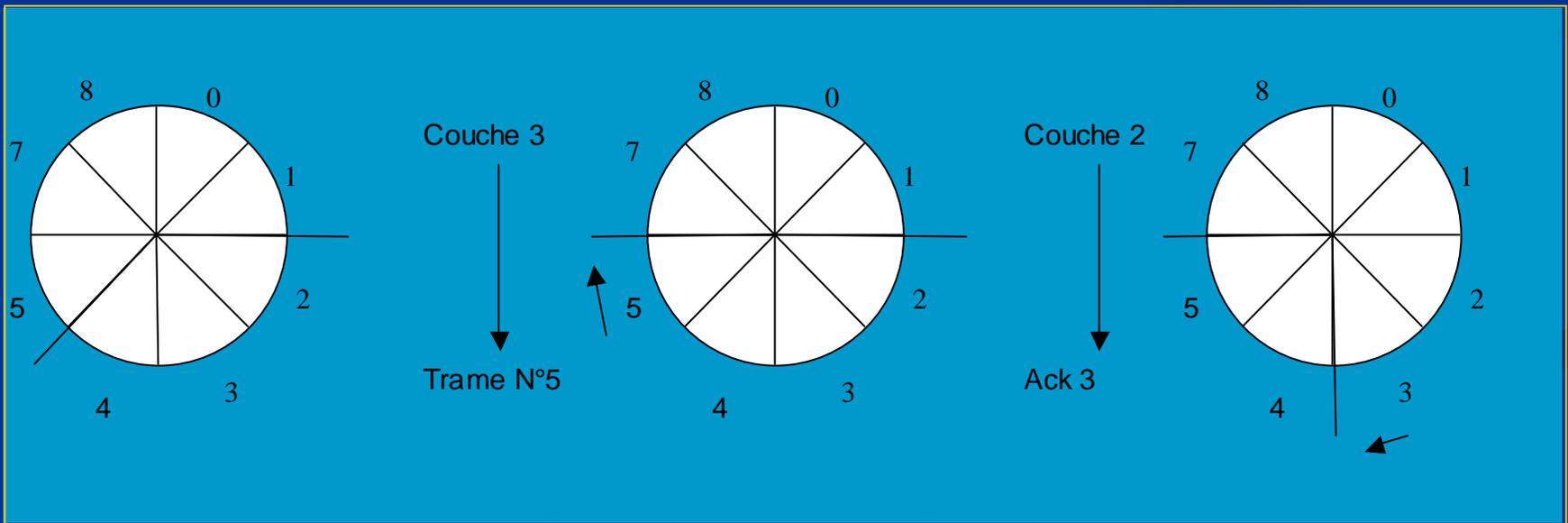
Fenêtre d'émission

Taille (maximale) = nombre de trames autorisées à être émises sans attendre acquittement.

Contenu = numéros de séquence des trames envoyées mais non encore acquittées.



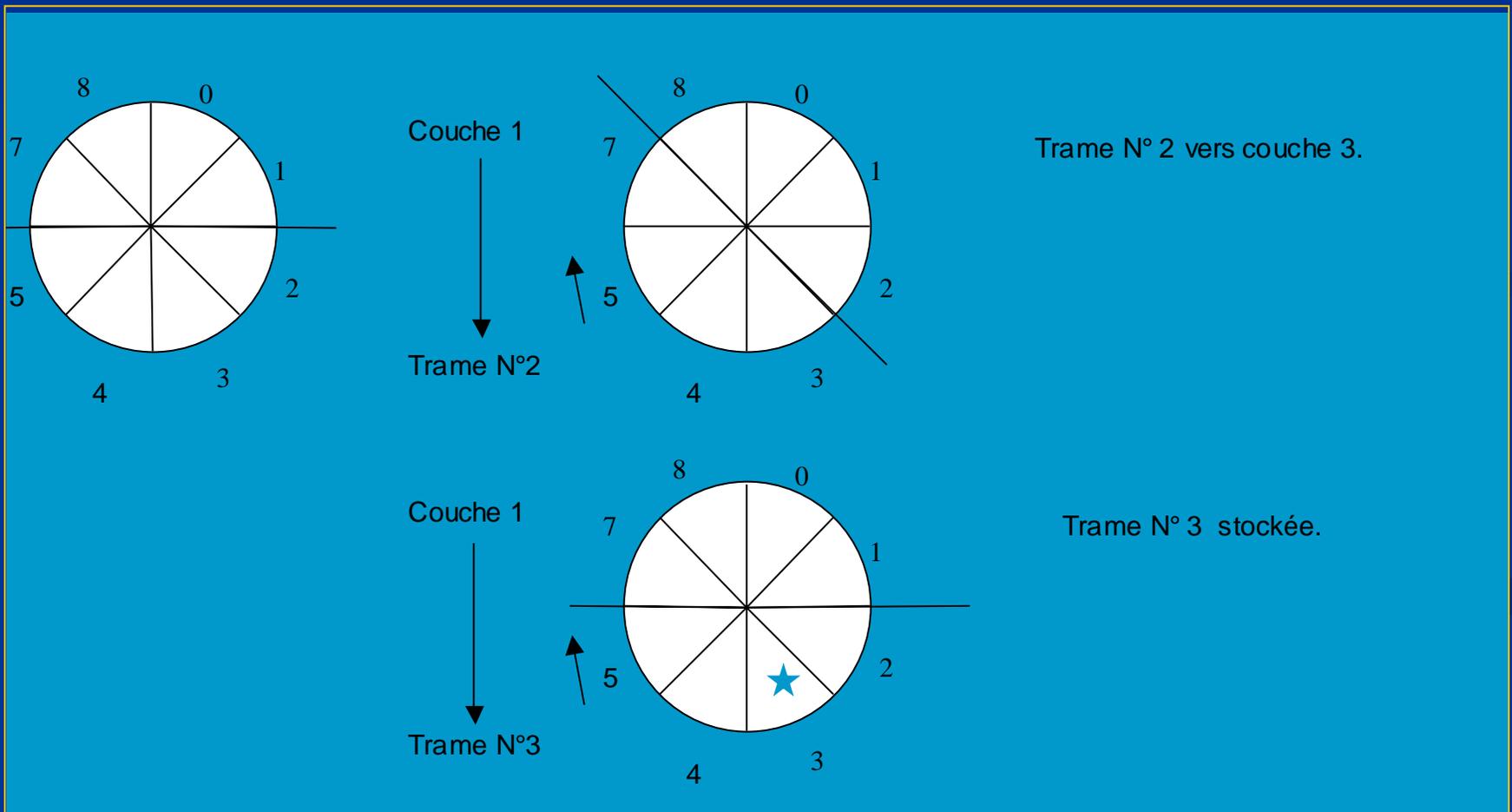
- L'émetteur stocke les trames non acquittées dans des zones tampons (au plus m trames, si m est la taille de la fenêtre).
- Si la fenêtre atteint son maximum, on n'envoie plus rien jusqu'à une libération, ie un acquittement.



Fenêtre de réception

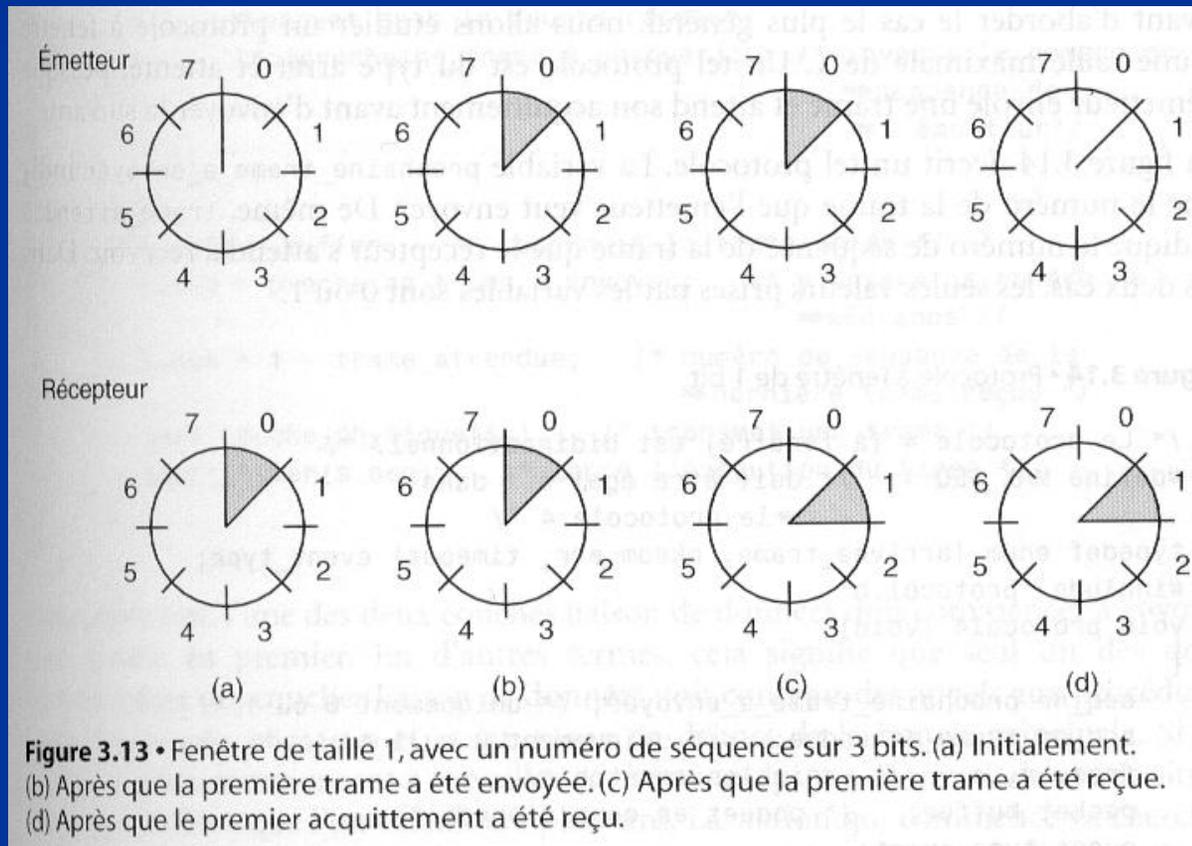
Taille (fixe) = nombre de trames autorisées à être reçues.

Contenu = numéros de séquence de ces trames attendues.



Exemples de protocoles (1)

- Protocole à fenêtres d'émission et de réception de largeur 1
→ revient à « envoyer et attendre » robuste.



Exemples de protocoles (2)

- Protocole à fenêtre d'émission de largeur m et à fenêtre de réception de largeur 1

→ rejet global

- L'émetteur peut envoyer plusieurs trames sans acquittement (jusqu'à m).
- Le récepteur rejette toutes les trames qui suivent une trame erronée.

→ retransmission de toutes les trames qui suivent celle erronée.

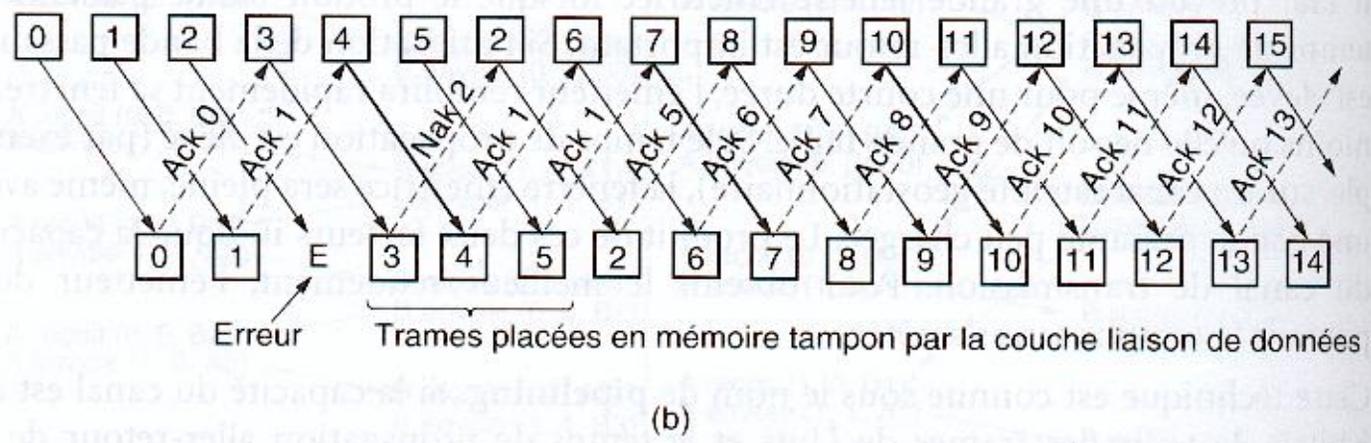
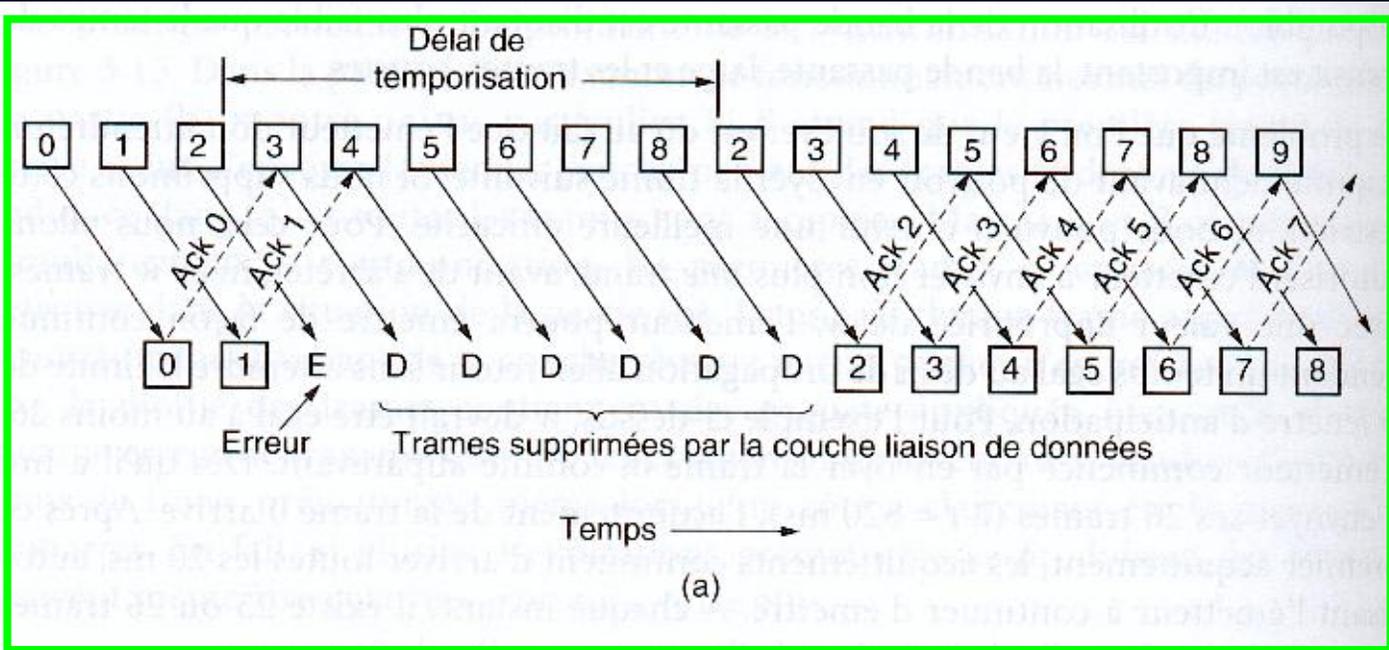


Figure 3.16 • Pipelining et récupération d'erreur. Effet d'une erreur lorsque (a) la fenêtre du destinataire a une taille de 1 et (b) lorsqu'elle est de taille importante.

Exemples de protocoles (3)

- Protocole à fenêtre d'émission de largeur m et à fenêtre de réception de largeur k
 - rejet sélectif
 - Le récepteur stocke les suivantes.
 - Quand le récepteur reçoit la trame qui manquait, il envoie un acquittement du + grand nombre possible.
 - moins de retransmission de trames.

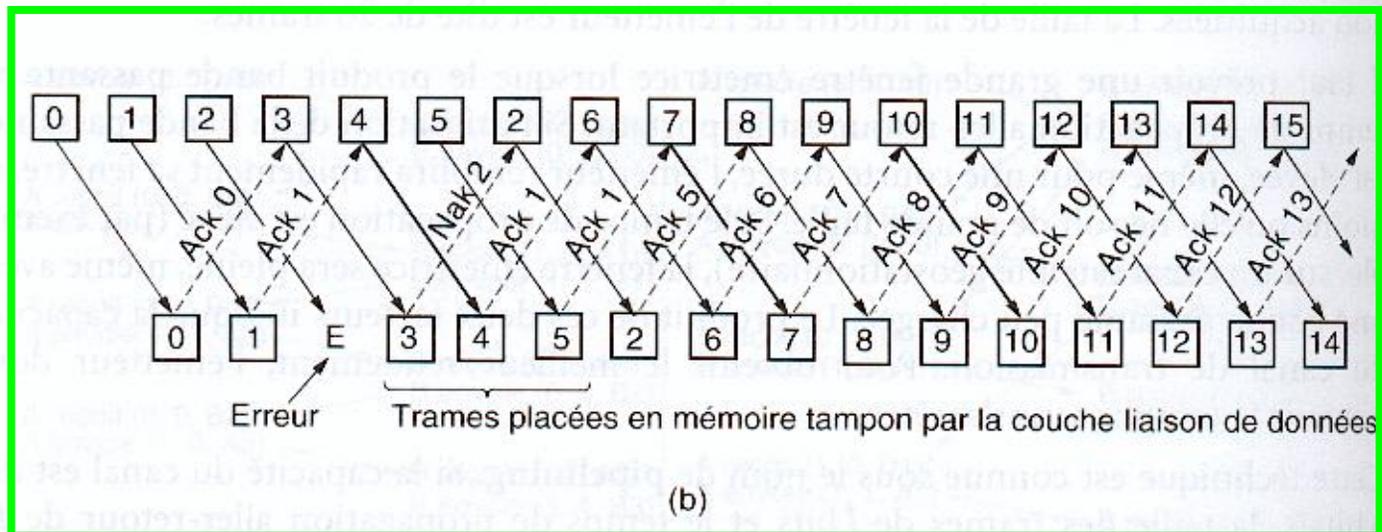
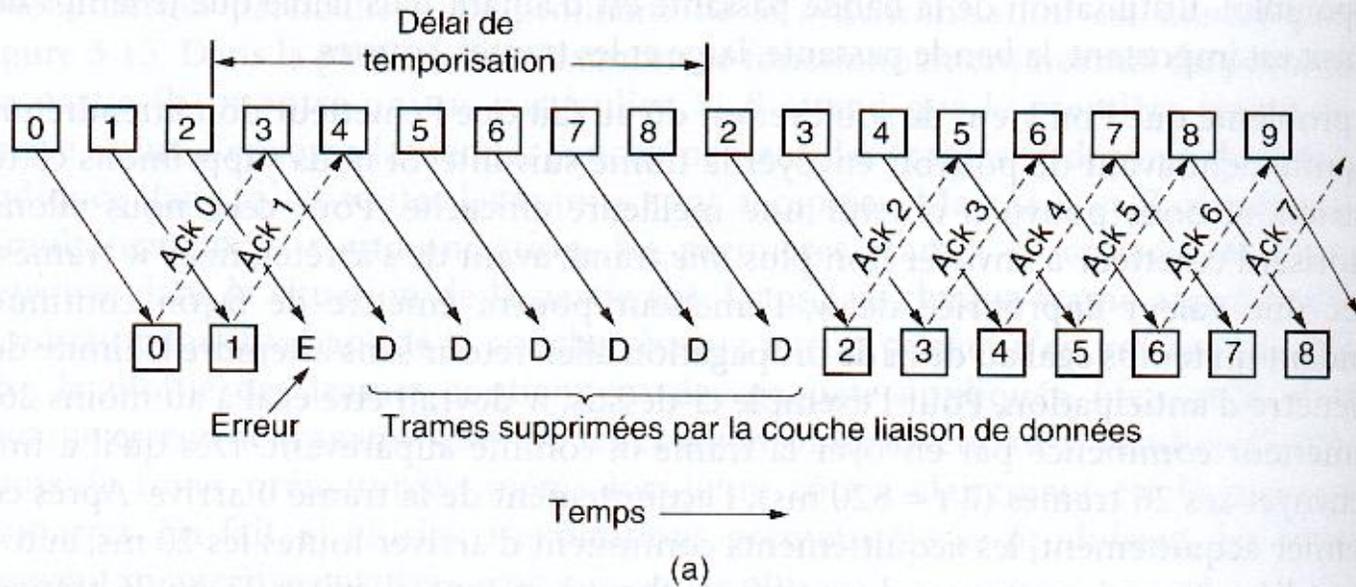


Figure 3.16 • Pipelining et récupération d'erreur. Effet d'une erreur lorsque (a) la fenêtre du destinataire a une taille de 1 et (b) lorsqu'elle est de taille importante.

Utilisation des fenêtres d'anticipation

L'utilisation des fenêtres d'anticipation pour les protocoles avec une transmission continue doit respecter les conditions suivantes :

- un temporisateur individuel pour chaque trame non acquittée,
- taille des fenêtres et numéros de séquence :
on a $t_e \geq t_r$ et
 - si $t_r = 1$, alors $t_e \leq 2^n - 1$,
 - si $t_r > 1$ (rejet sélectif), alors $2 * t_e \leq 2^n$.

Deux familles de protocoles synchrones

■ Protocoles basés sur le caractère :

trame = suite de caractères.

Exemple :

- BSC (Binary Synchronous Communications) d'IBM.

→ exploitation half-duplex, utilisation d'un code (ex. ASCII).

■ Protocoles basés sur l'élément binaire :

trame = suite de bits.

Exemples :

- SDLC (Synchronous Data Link Control) d'IBM,
- HDLC (High-level Data Link Control) de l'ISO.

Le protocole HDLC

- Exploitation full-duplex de la liaison.
- Basé sur l'élément binaire :
 - pas d'interprétation du contenu,
 - transparence / aux codes éventuellement utilisés.
- Protocole synchrone :
 - synchro-bit : horloge,
 - synchro-trame : délimiteur ou fanion 01111110.
 - bit de transparence (un 0 après cinq 1).
- Protection contre les erreurs de transmission pour chaque trame.
- Une trame contient données et/ou infos de service (ex. ACK).

Types de liaison

- **Liaison non-équilibrée** : point-à-point ou multipoint.
 - La primaire commande , la secondaire répond .
 - La primaire gère la liaison (activation/désactivation).
- **Liaison équilibrée** : point-à-point.
 - Stations mixtes primaire/secondaire, commandes et réponses.

Modes de fonctionnement des stations

définissent 3 classes de protocoles HDLC.

Pour les liaisons non-équilibrées :

■ **NRM : Normal Response Mode**

La secondaire n'émet que si elle y est invitée, et indique la fin de transmission pour rendre la main à la primaire.

→ Classe UN : Unbalanced Normal.

■ **ARM : Asynchronous Response Mode**

La secondaire émet à son gré (une fois la liaison activée).

→ Classe UA : Unbalanced Asynchronous.

Modes de fonctionnement des stations

Pour les liaisons équilibrées :

- **ABM : Asynchronous Balanced Mode**

Primaire et secondaire peuvent initialiser la liaison et émettre quand elles veulent.

→ Classe BA : Balanced Asynchronous.

Structure de la trame HDLC

Fanion	Adresse	Commande	Données	FCS	Fanion
01111110	(8 bits)	(8 bits)	($n \geq 0$ bits)	(16 bits)	01111110

FCS : Frame Check Sequence (polynôme $X^{16} + X^{12} + X^5 + 1$)

→ Calculs *avant* le rajout des bits de transparence à l'émission,
après leur suppression à la réception.

Le champ Commande

définit le type de la trame et ses fonctions.

Type I (Information) : transfert de données.

N(R)	P/F	N(S)	0
------	-----	------	---

Type S (Supervision) : accusé de réception et contrôle de flux.

N(R)	P/F	S	S	0	1
------	-----	---	---	---	---

Type U (Unnumbered) : connexion, déconnexion, erreurs,

M	M	M	P/F	M	M	1	1
---	---	---	-----	---	---	---	---

N(S) : numéro trame I envoyée. N(R) : numéro trame I attendue.

P/F (Poll/Final) : P pour commandes, F pour réponses.

Trames de supervision

Dans le livret, il manque la trame S SREJ (Selective Reject) :

N(R)	P/F	1	1	0	1
------	-----	---	---	---	---

→ rejet de la trame N(R).

Ainsi, si on utilise un protocole HDLC avec :

- une taille de fenêtre de réception = 1 \Rightarrow REJ
- une taille de fenêtre de réception > 1 \Rightarrow SREJ