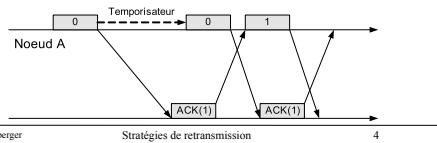




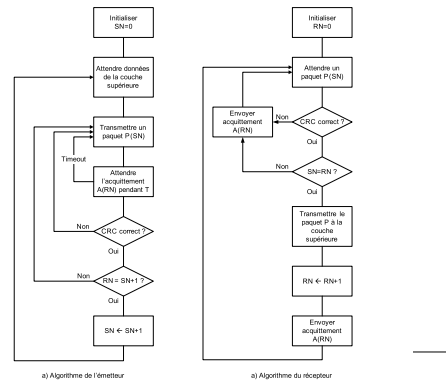
## Protocole avec numéros de séquence

- 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, puisque 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



Jürgen Ehrensberger  
Modifié: MRI  
Stratégies de retransmission 4

## Algorithme



Jürgen Ehr  
Modifié: N

a) Algorithme de l'émetteur

b) Algorithme du récepteur

## Performances de « Envoyer et attendre »

Taux d'utilisation du réseau  $\rho$  :

- Rapport entre le **débit effectif obtenu D** et le **débit du lien C**
- Rapport entre le **temps pour envoyer  $l_{data}$**  et le **temps total de transmission RTT**

• Calcul

- $l_{data}$ : longueur en bits de transmission d'un paquet
- $l_{ACK}$ : longueur en bits de transmission d'un ACK

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

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



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

$$BWD = RTT \times C$$

Jürgen Ehrensberger  
Modifié: MRI

Stratégies de retransmission

6

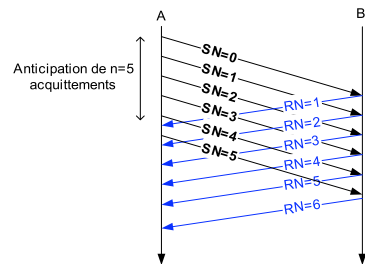
## Protocole « Go-back-n »

- 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

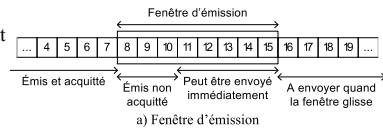


## La fenêtre glissante

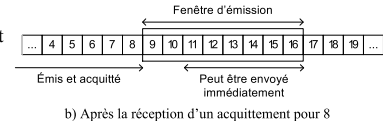
- La méthode « Go-back-n » peut être réalisée à l'aide d'une fenêtre glissante (*Sliding Window*)
  - La fenêtre contient les  $n$  paquets après le dernier paquet acquitté  $s-1$
  - Numéros de séquence SN autorisés à l'expédition :  
$$s \leq SN < s + n$$
  - Après l'acquittement d'un paquet transmis,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

## Exemple

Dernier acquittement reçu : RN=8



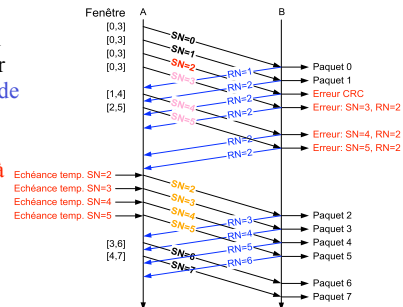
Nouvel acquittement reçu : RN=9



## Retransmission : Gestion passive

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

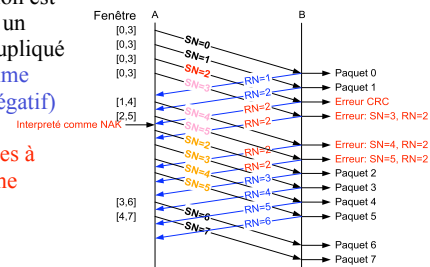
Tous les paquets à partir du paquet perdu sont retransmis



## Retransmission : Gestion active

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

Toutes les trames à partir de la trame perdue sont retransmises



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

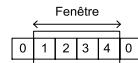
- Un champ avec une longueur fixe doit être prévu dans l'entête des paquets pour le numéro de séquence

➤ 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



## 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

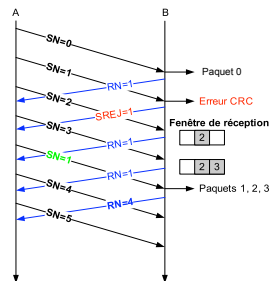
### Principe du rejet sélectif

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

## Rejet sélectif

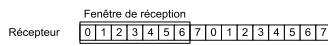
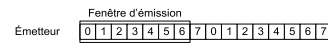
### Principe

- 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



a) État initial

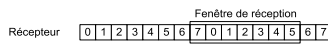
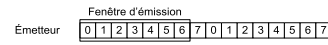
1. L'émetteur transmet toute la fenêtre

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 !!!



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

## 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 acquittement reçus, le prochain paquet transmis se trouve dans  $SN \in [SN_{\min}, SN_{\min} + 2n - 1]$

Condition pour Rejet sélectif :  $M \geq 2n$