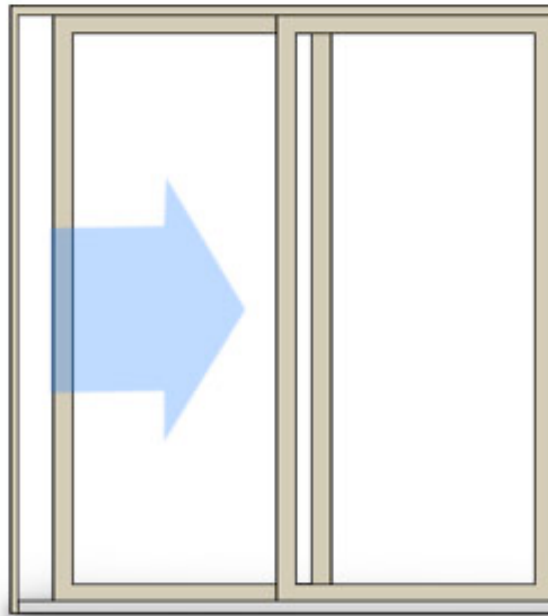

Sliding Window



Contenu.

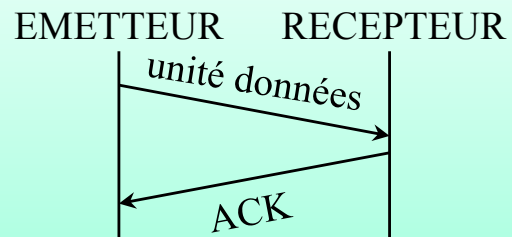
Traitement d'erreurs au niveau des unités de données:

- Contexte, ARQ.
- Protocoles élémentaires.
- Fenêtre d'anticipation (ou fenêtre glissante, «sliding window»).
- Gestion des retransmissions.
- Considérations de performance.

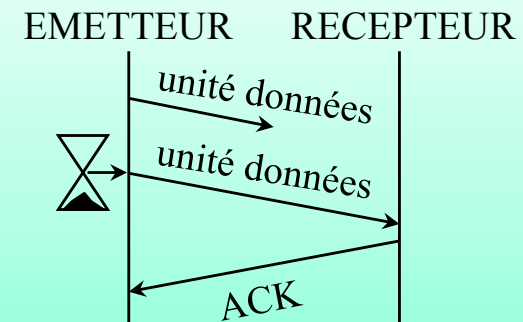


Scénarios ARQ.

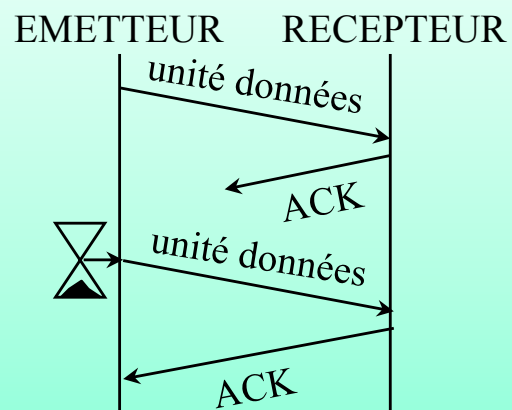
procédure régulière



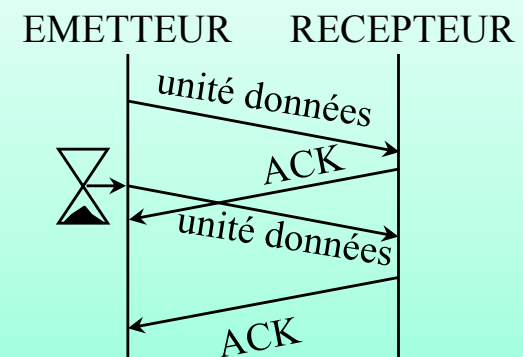
perte d'une unité de données



perte d'un acquittement



temporisation trop faible



Automatic Repeat Request (ARQ).

Concept de base de ARQ

- l'émetteur attend l'acquittement d'une unité de données émise avant de continuer à émettre
- si après un certain temps (**timeout**) il n'y a toujours pas d'acquittement, l'émetteur retransmet l'unité de données
- les numéros de séquence sont requis pour permettre la détection de duplications
- ce concept de base de ARQ est appelé protocole «**Envoyer et Attendre**»

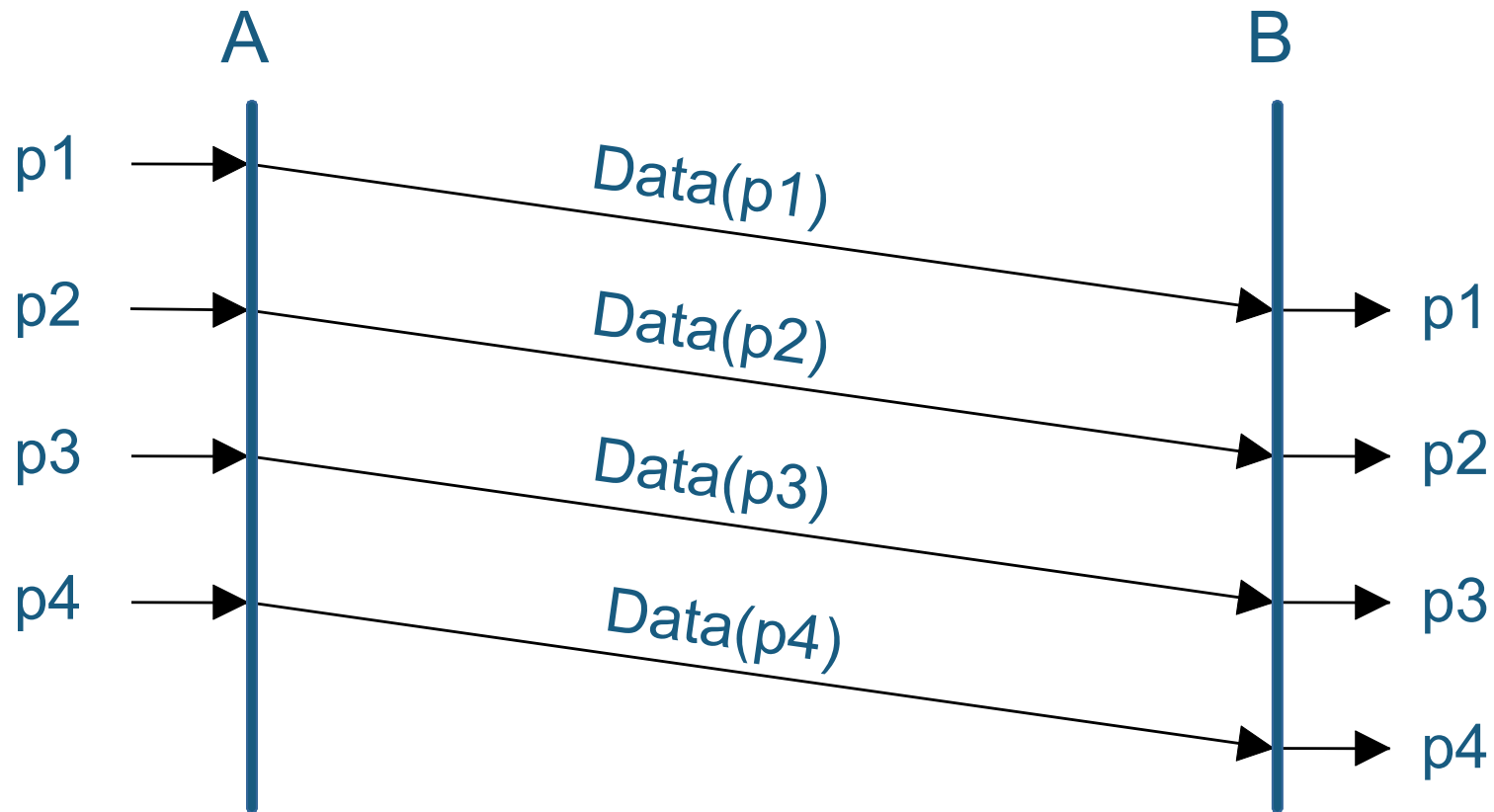
Évaluation

- *avantage*: seul des numéros de séquence binaire sont requis (0/1)
- *désavantage*: effort supplémentaire à cause des acquittements
- variante : superposer les acquittements aux unités de données à envoyer (**piggybacking**)



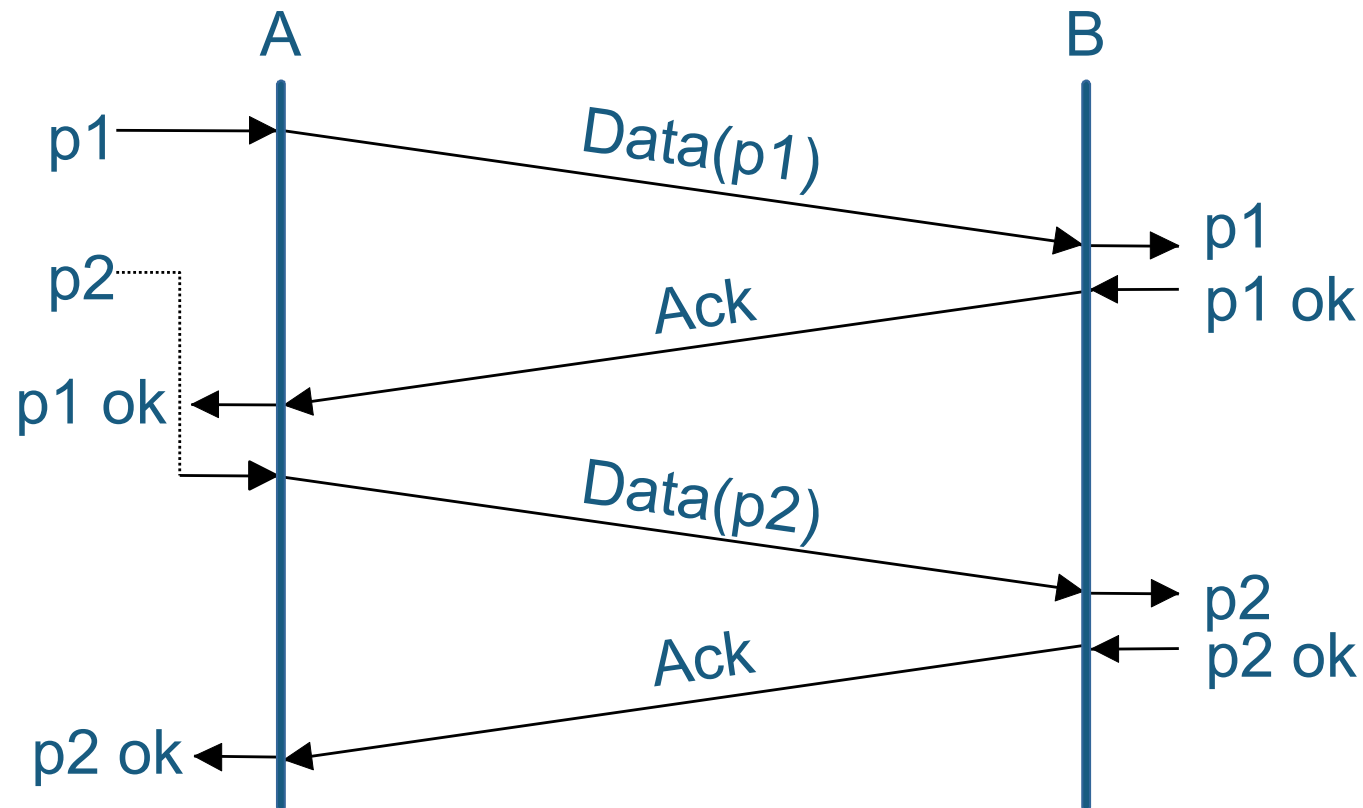
Protocoles élémentaires.

■ Protocole utopique



Protocoles élémentaires (II).

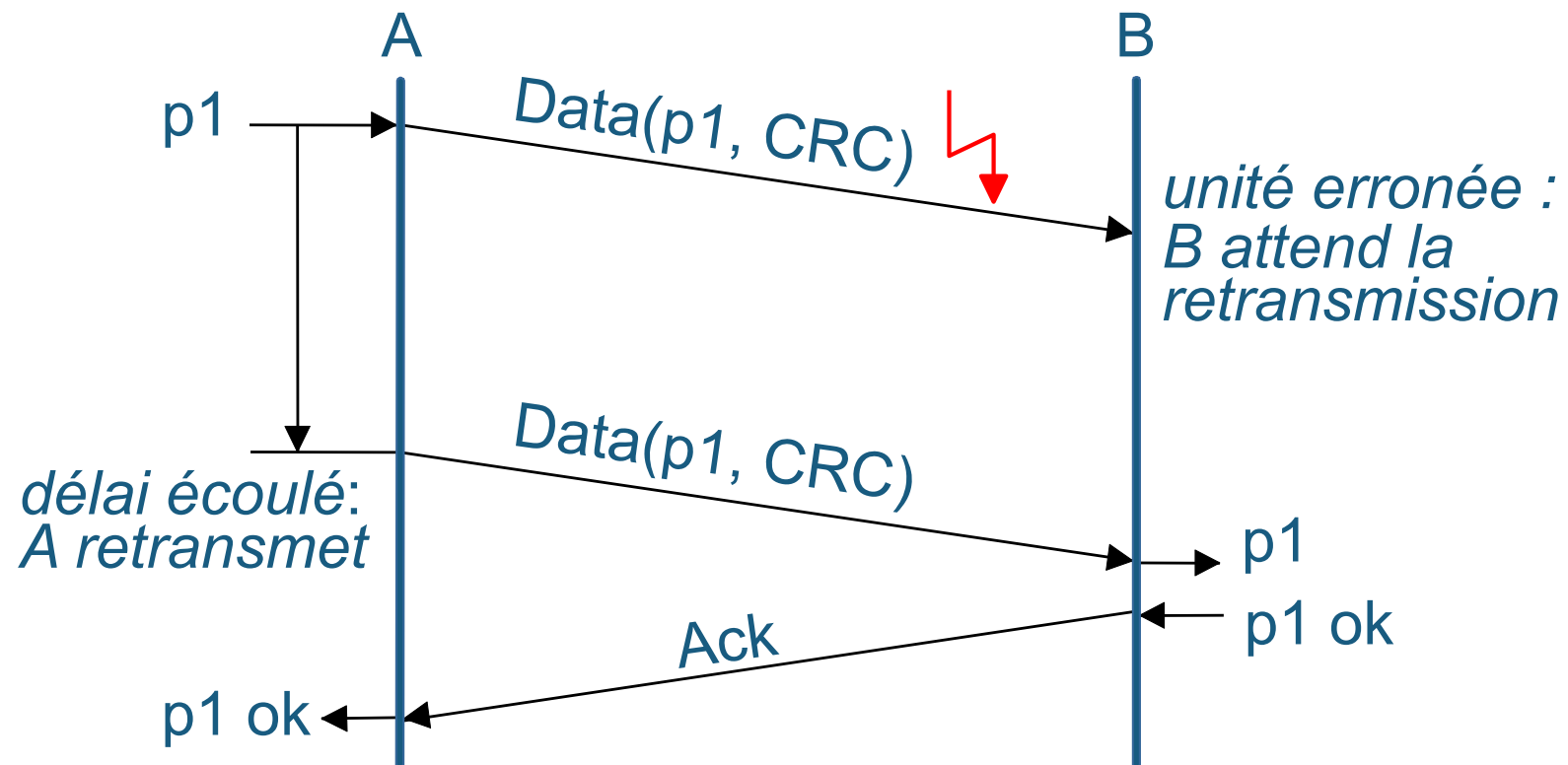
Procédure simple pour la régulation du flux



Protocoles élémentaires (III).

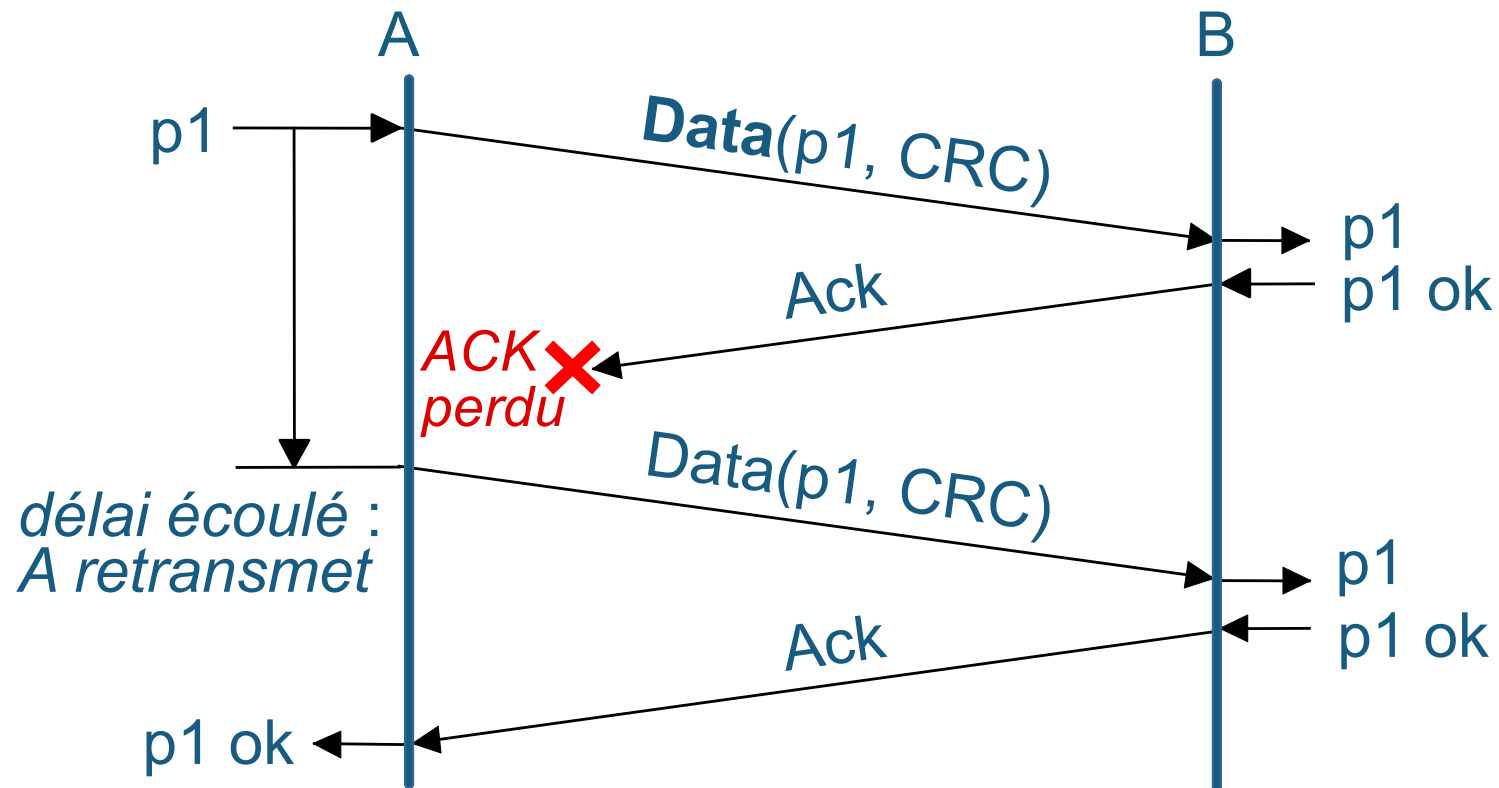
Protocole “envoyer et attendre”

- **sans** numérotation



Protocoles élémentaires (IV).

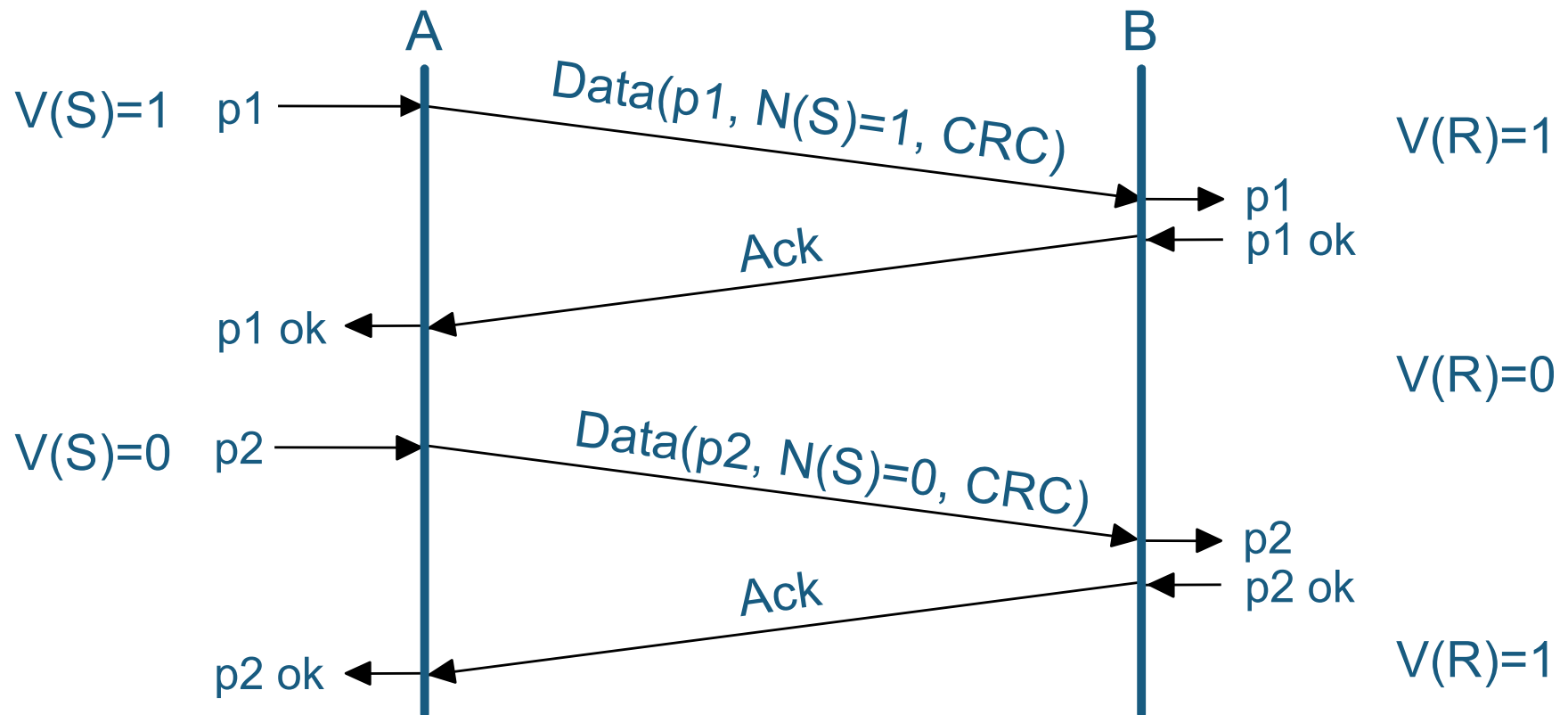
Perte d'acquittements



Protocoles élémentaires (v).

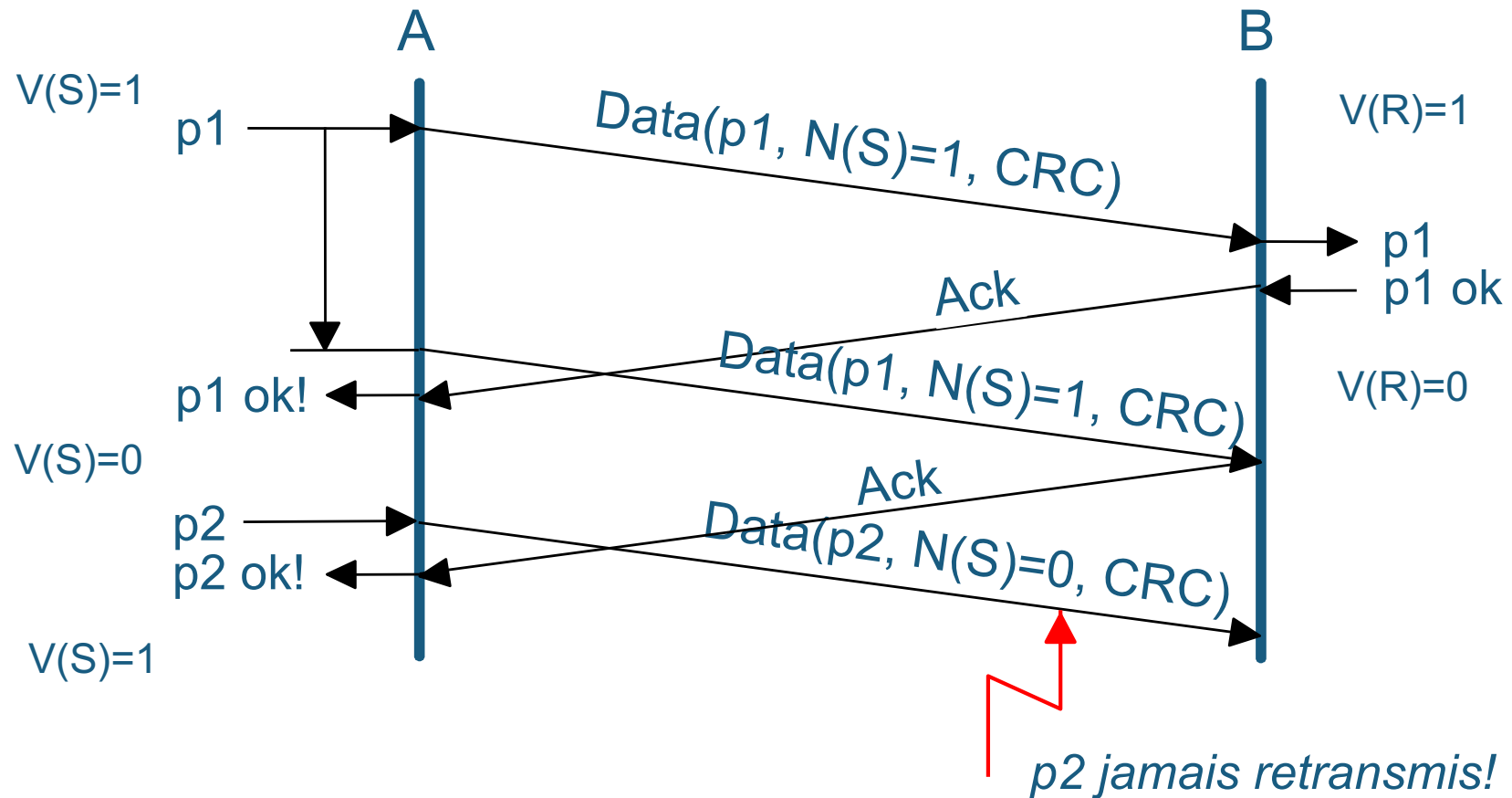
Protocole “**envoyer et attendre**”

- **avec** numérotation des unités de données



Protocoles élémentaires (VI).

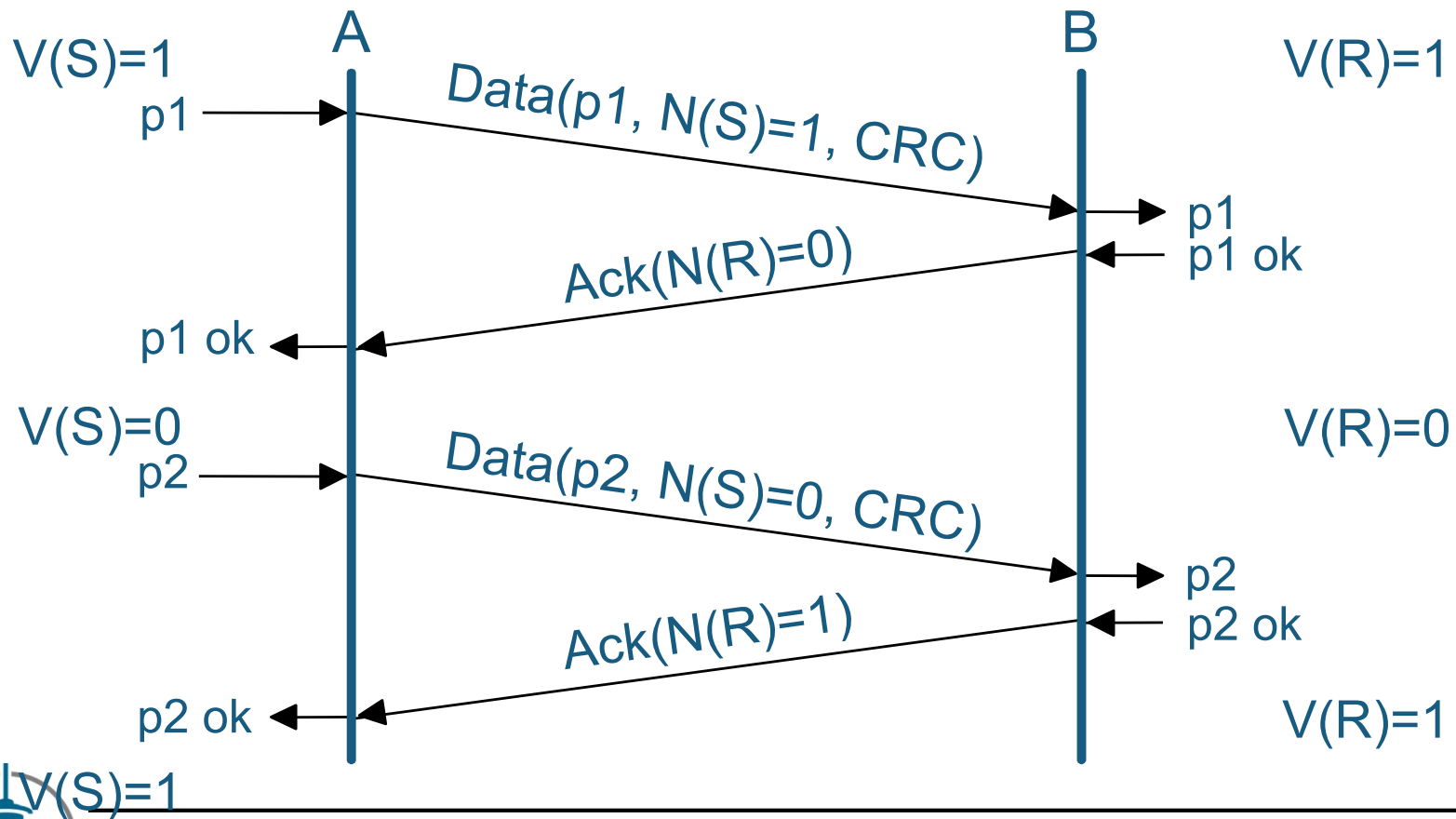
Mauvais réglage du temporisateur (*timer*)



Protocoles élémentaires (suite).

Protocole “**envoyer et attendre**”

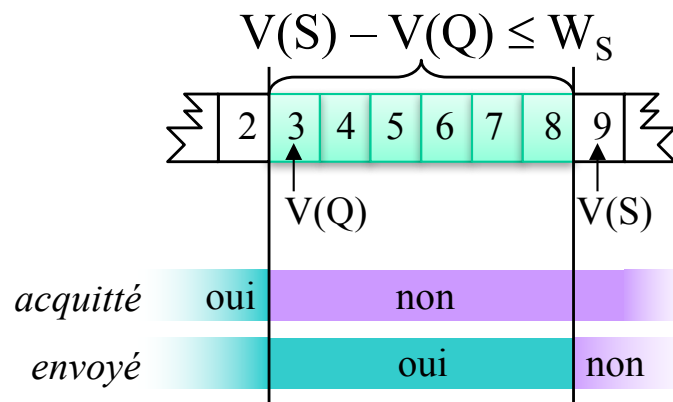
- **avec** numérotation des unités de données **et** des acquittements



Fenêtre d'anticipation (Sliding Window)

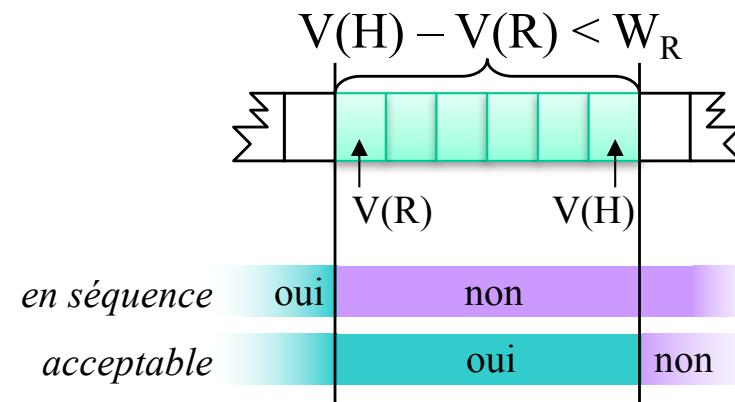
Émetteur

- W_S – *Taille fenêtre d'émission*
nombre maximum d'acquittements manquants
- $V(S)$ – *Variable d'émission*
numéro de séquence de la prochaine unité de données à émettre
- $V(Q)$ ou $V(A)$ – *Variable d'acquittements*
numéro de séquence de la prochaine unité de données à être acquittée



Récepteur

- W_R – *Taille fenêtre de réception*
nombre maximum d'unité de données qui sont sauvées même lors qu'elles arrivent hors séquence
- $V(R)$ – *Variable de réception*
numéro de séquence de la prochaine unité de donnée attendue en séquence
- $V(H)$ – *Highest Expected State*
numéro de séquence le plus élevé qui sera accepté et placé dans une mémoire tampon



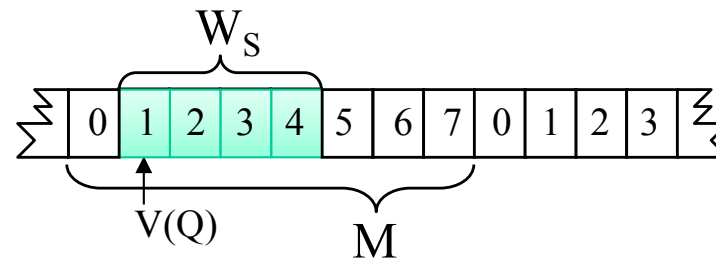
Fenêtre d'anticipation (II).

M – Numéro de séquence maximal

- sa valeur dépend du nombre de bit à disposition $M=2^n$

Exemple:

- $n = 3$ d'où $M=2^3$
- $W_S = 4$



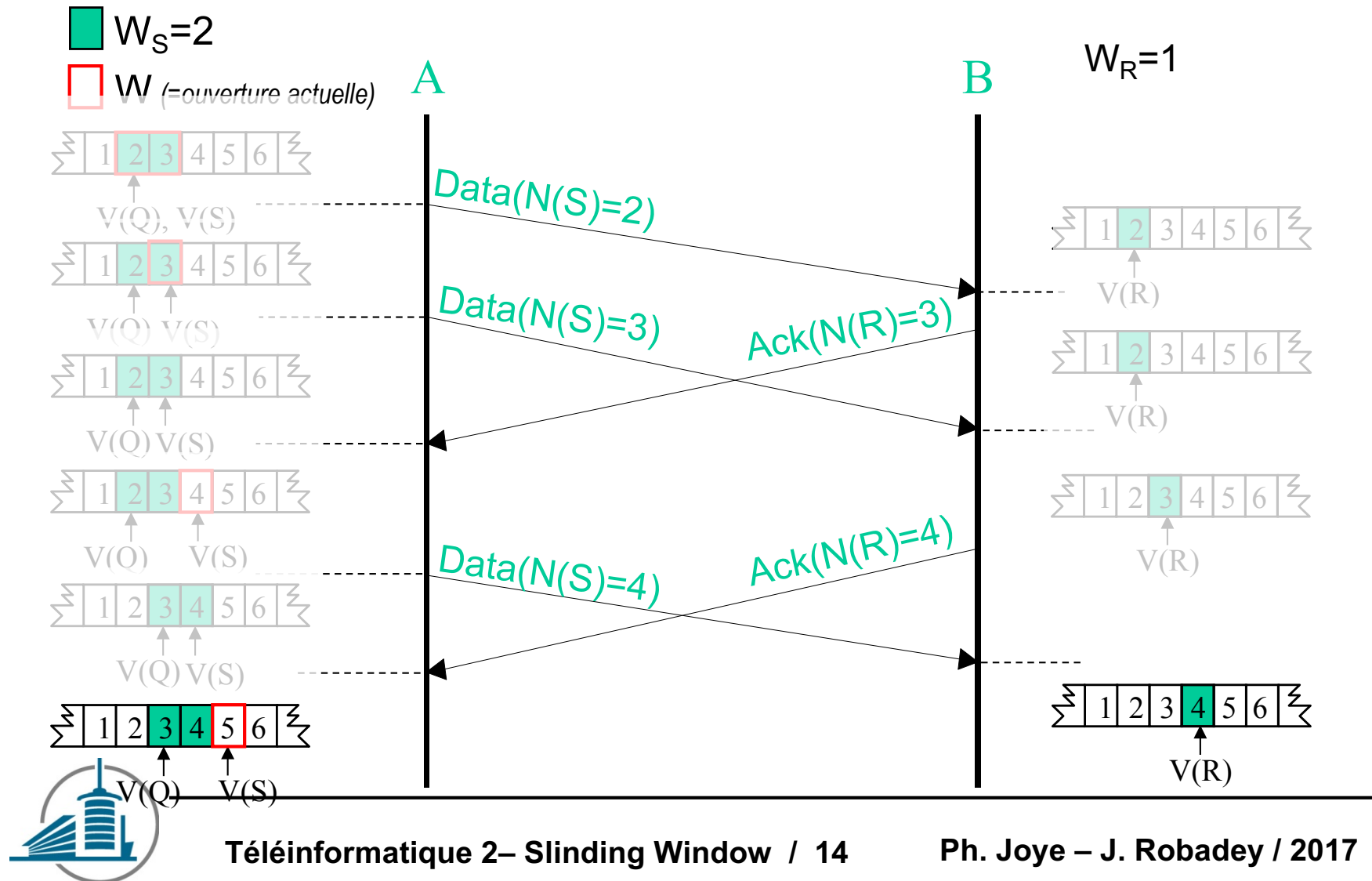
Questions:

- Si $V(Q)=1$ et $V(S)=3$, peut-on émettre ?
Si oui, combien d'unités de données?
- Si $V(Q)=1$ et $V(S)=5$, peut-on émettre ?
Si oui, combien d'unités de données?



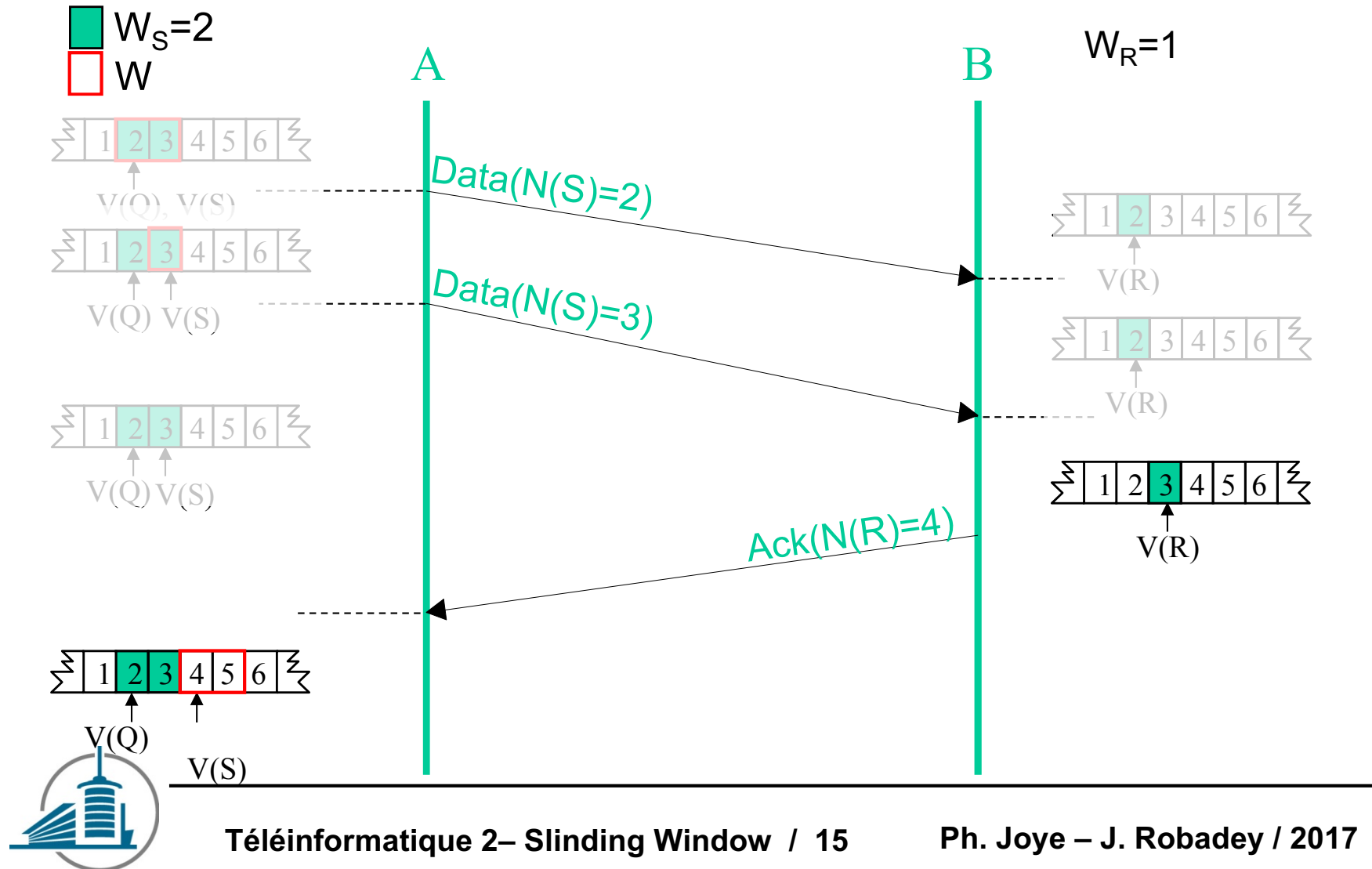
Protocoles à fenêtre d'anticipation (I).

Anticipation des acquittements



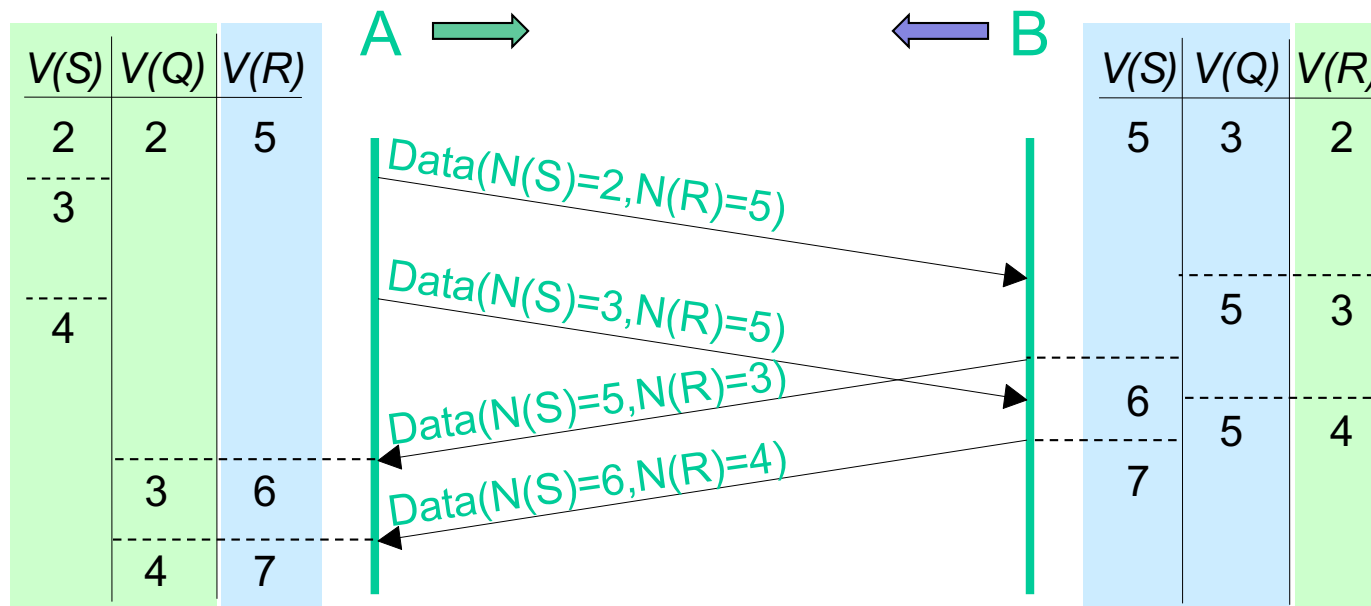
Protocoles à fenêtre d'anticipation (II).

Groupement des acquittements



Protocoles à fenêtre d'anticipation (III).

Encapsulation des acquittements



Variantes ARQ.

Rejet simple (*Go-Back-N*)

- l'émetteur peut envoyer N unités de données (N spécifié séparément).
 - le récepteur acquitte les unités de données reçus correctement
 - variantes en cas d'erreurs (données manquantes ou erronées)
 - passive: retransmission déclenchée par temporisateur
 - active: retransmission déclenchée par acquittement spécial (REJ ou NACK)
 - L'émetteur retransmet toutes les unités de données (max. N) en démarrant avec la première unité qui n'est pas encore acquittée (dans le cas d'un timeout) ou acquitté négativement
- ☞ **ne requiert pas de place mémoire** sur le récepteur

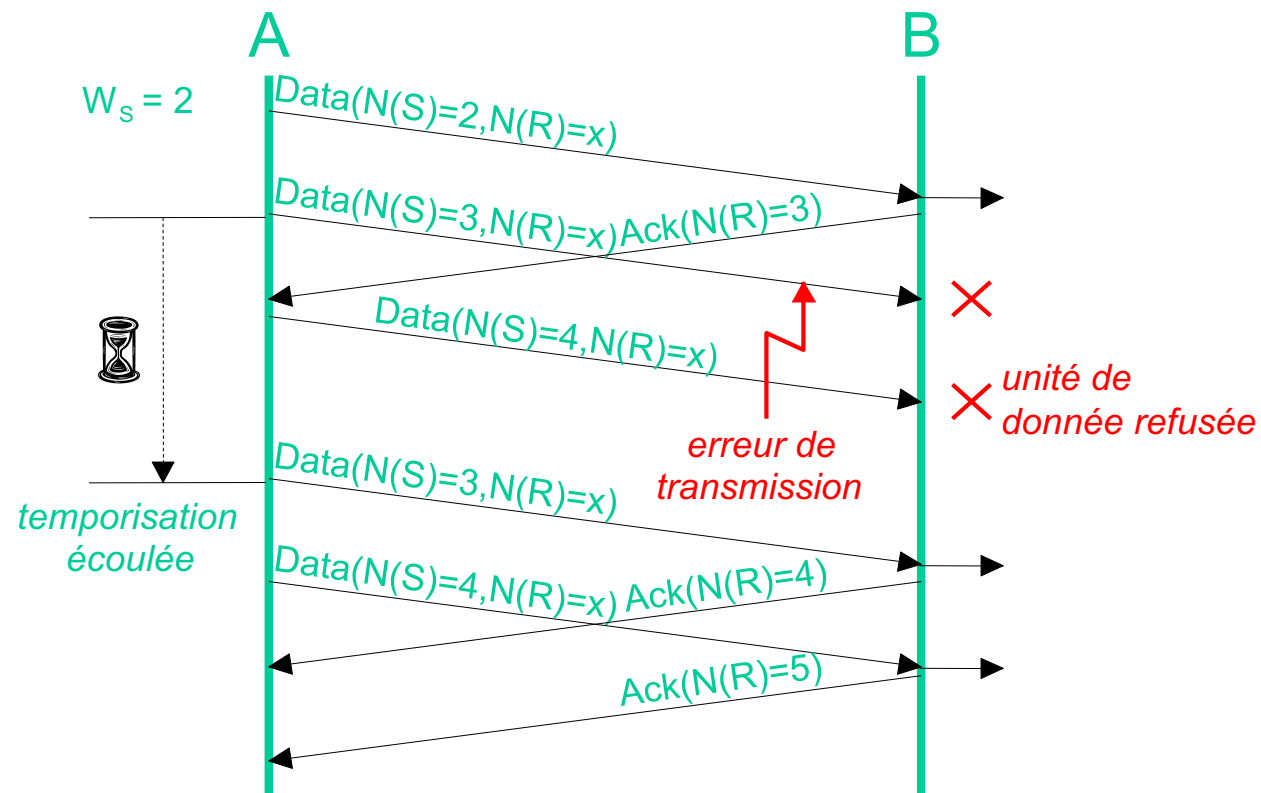
Rejet sélectif (*Sliding Window*)

- variante redéfinie du rejet simple
 - la sauvegarde d'unités de données reçues hors séquence permet d'assurer la **remise en séquence** sans retransmission
 - **requiert de la place mémoire**
- seul les unités de données manquantes ou erronées sont retransmises



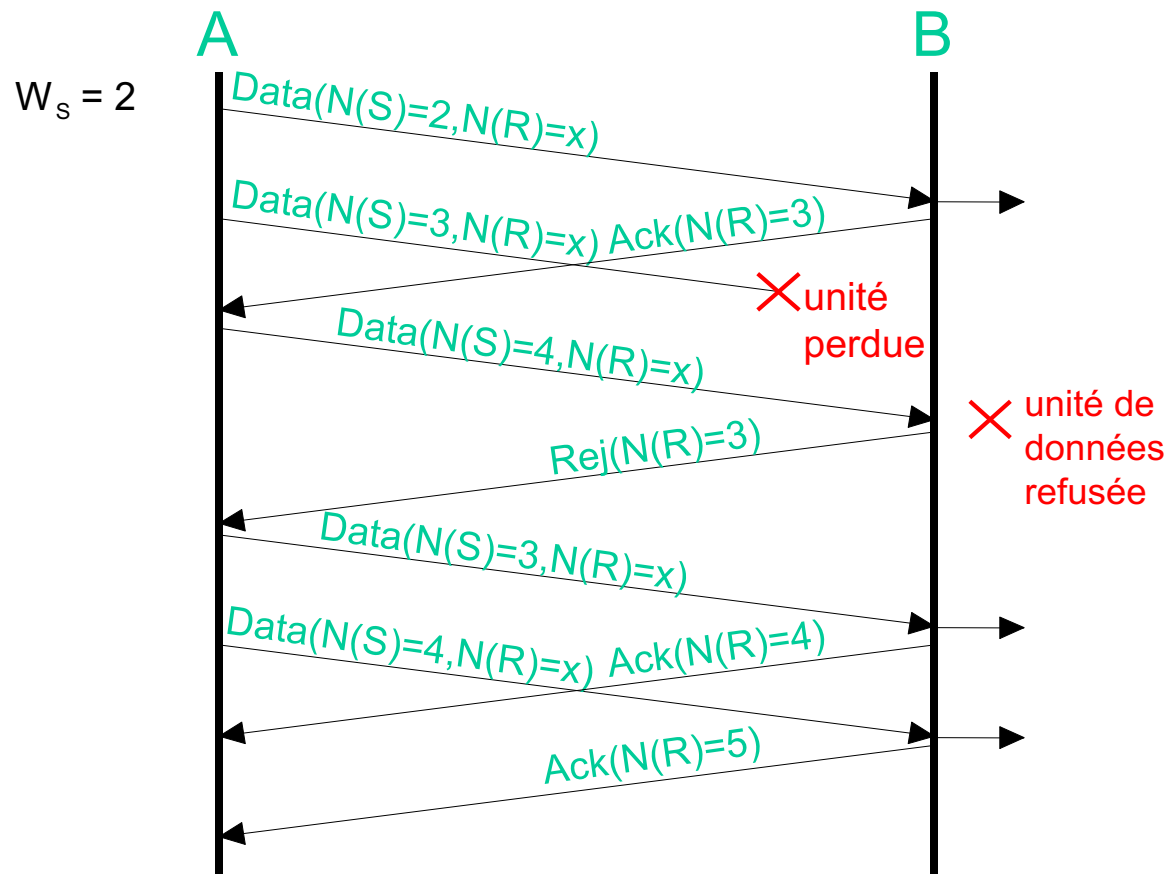
Gestion des retransmissions.

Gestion passive des retransmissions par **rejet simple** (“go back N”)



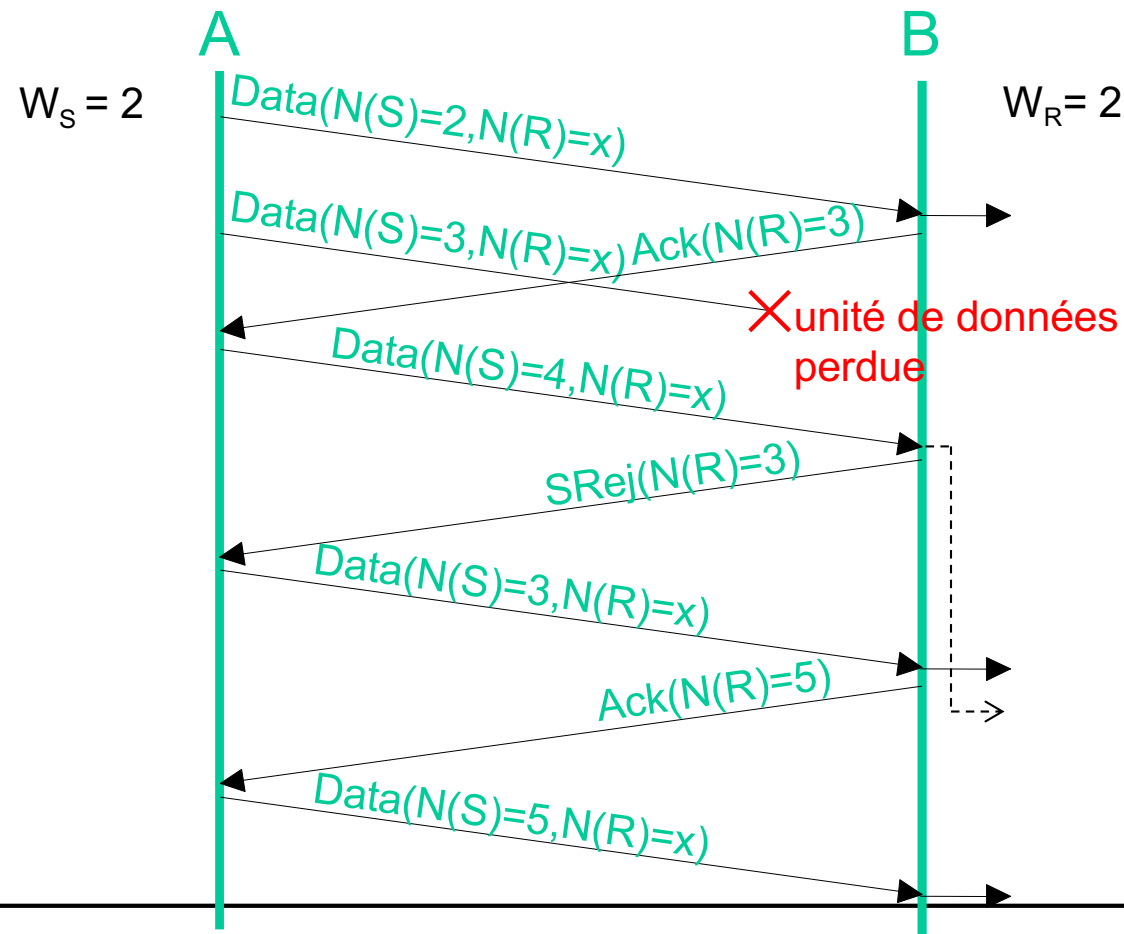
Gestion des retransmissions (II).

Gestion active des retransmissions par **rejet simple** (“go back N”)



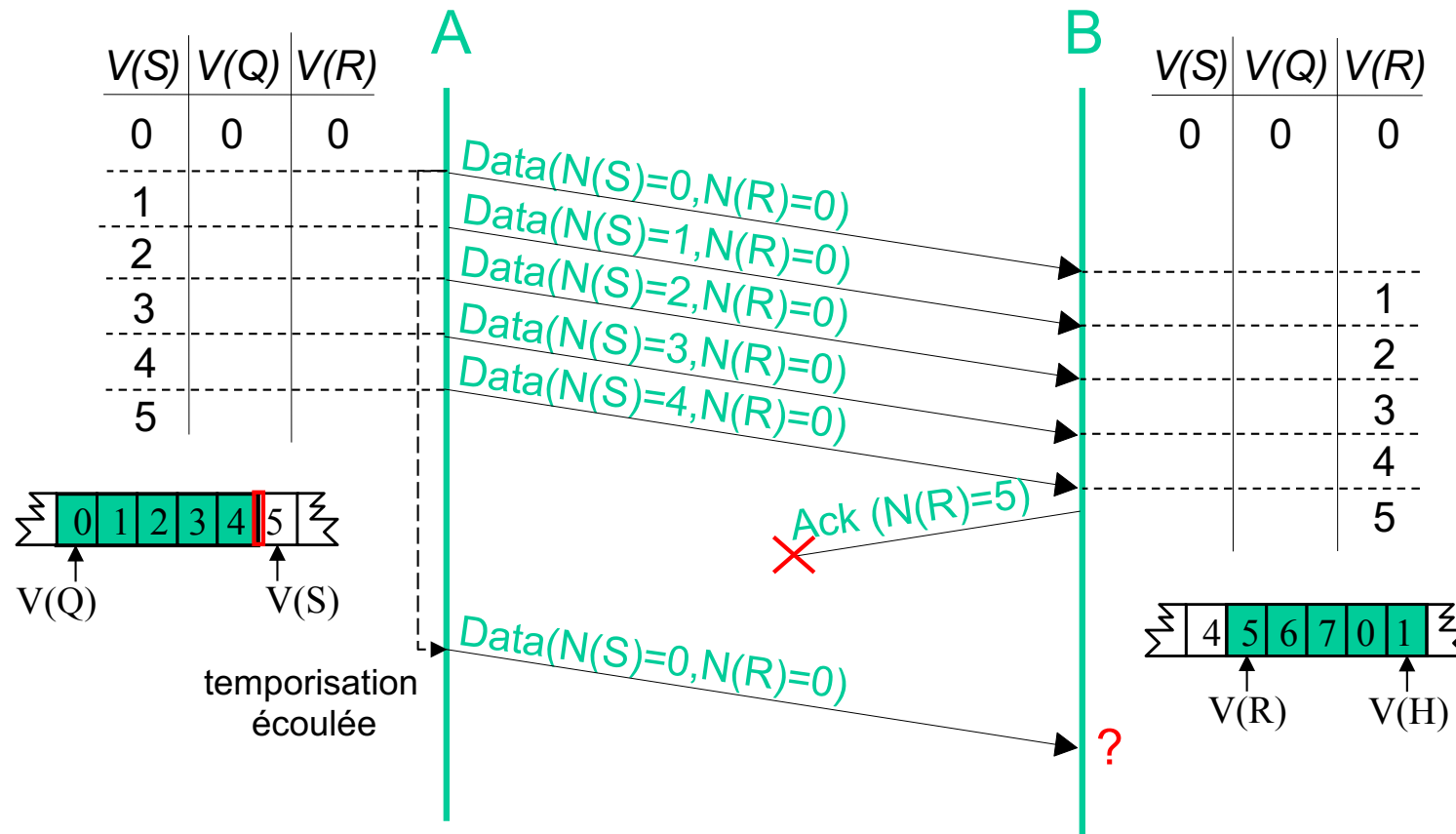
Gestion des retransmissions (III).

Gestion des retransmissions par **rejet sélectif** (SREJ)



Taille maximale des fenêtres.

Tailles des fenêtres limitées pour le **rejet sélectif**



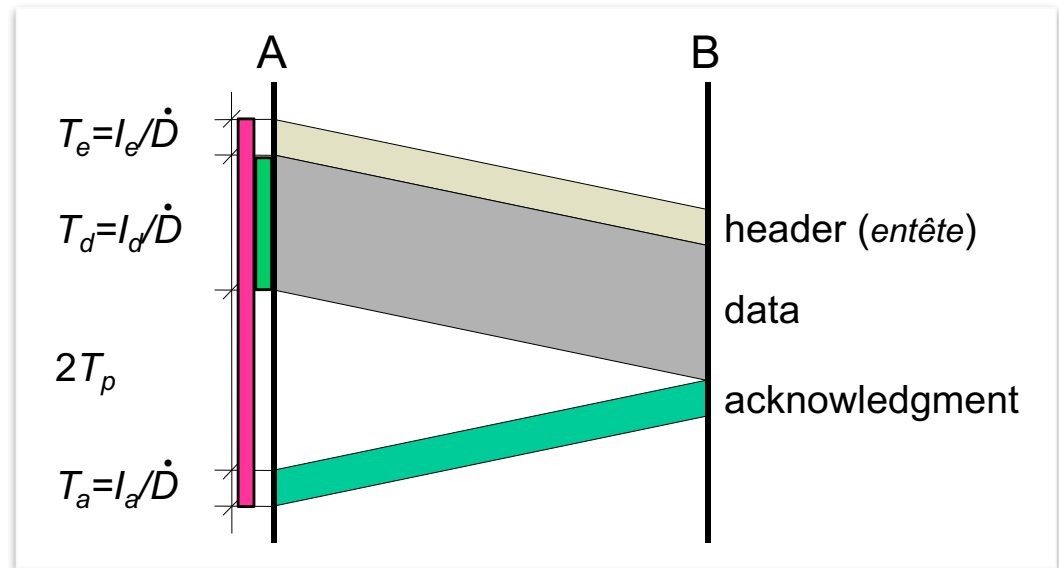
donc: $W_S \leq M/2$ et $W_R \leq M/2$



Performance de ARQ (I).

Attendre et émettre

- les performances dépendent de l'overhead (entête et acquittement)
- T_x = temps pour:
 - e – entête (header)
 - d – données
 - a – acquittement
 - p – propagation du signal



- Rendement U :

$$U = \frac{T_d}{T_e + T_d + T_a + 2T_p}$$

$$T_x = \frac{l_x}{\dot{D}}$$

- normalisation par T_d :
 - c.-à-d. division des deux côtés par $T_d = l_d / \dot{D}$
 - multiplication par \dot{D} / l_d

$$U = \frac{1}{1 + \frac{l_e}{l_d} + \frac{l_a}{l_d} + 2 \cdot \frac{T_p \cdot \dot{D}}{l_d}} = \frac{l_d}{l_d + l_e + l_a + 2 \cdot T_p \cdot \dot{D}}$$

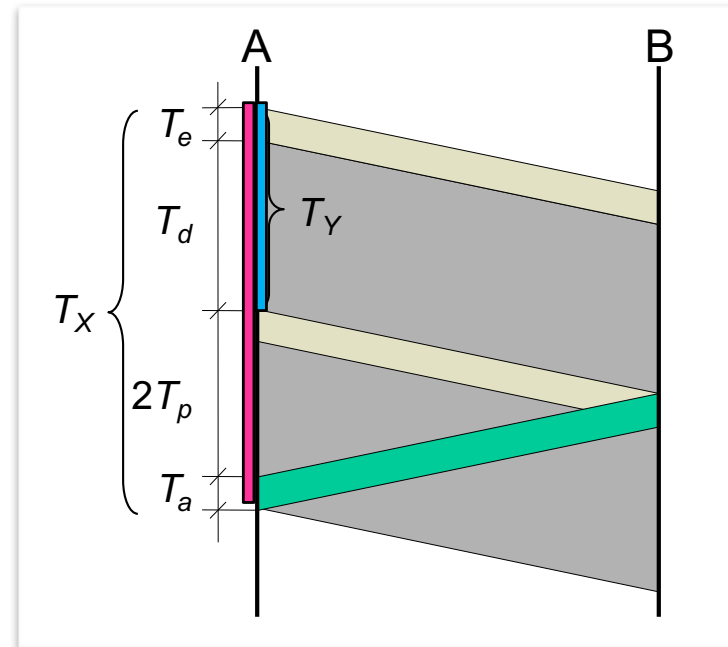


Performance de ARQ (II).

Fenêtre glissante

- hypothèse: sans erreurs / sans retransmissions
- $F_{\max} = T_X / T_Y \cong$ nombre max. d'unités de données émises avant la réception du premier acquittement

$$\frac{T_X}{T_Y} = \frac{l_d + l_e + l_a + 2T_p \cdot \dot{D}}{l_d + l_e} = 1 + \frac{l_a + 2T_p \cdot \dot{D}}{l_d + l_e}$$



- si la fenêtre d'émission W_s est **plus grande** que F_{\max} → l'émetteur peut émettre **sans interruption**
- si la fenêtre d'émission est **trop petite** → émetteur doit **attendre** les acquittements

$$\text{if } W_s \geq \frac{T_X}{T_Y}$$

$$U = \frac{W_s \cdot T_d}{W_s \cdot (T_d + T_e)} = \frac{l_d}{l_d + l_e} = \frac{1}{1 + \frac{l_e}{l_d}}$$

$$\text{if } W_s < \frac{T_X}{T_Y}$$

$$U = \frac{W_s \cdot l_d}{l_d + l_e + l_a + 2 \cdot T_p \cdot \dot{D}}$$

