

# La couche liaison de données

**Rushed KANAWATI**

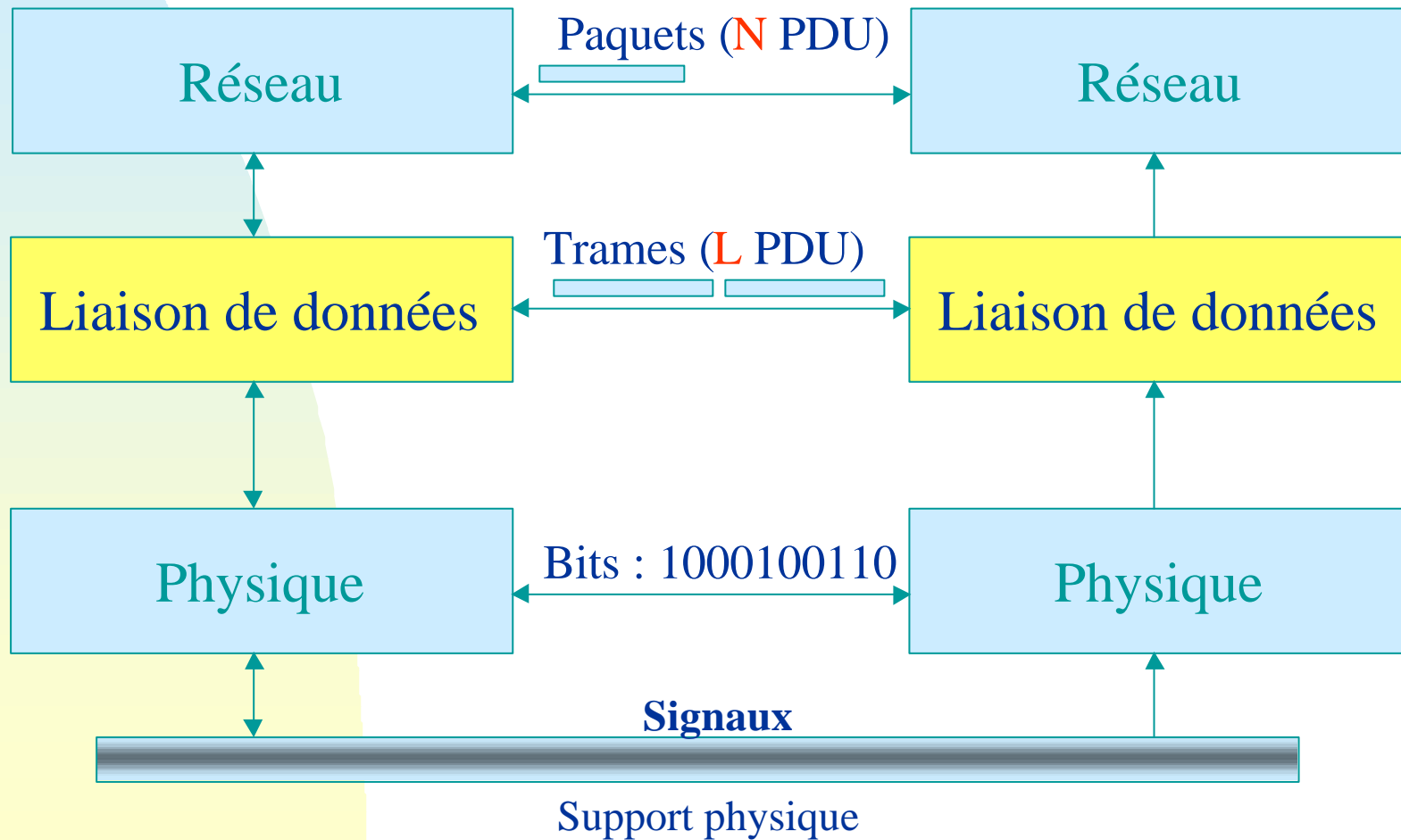
Département GTR - IUT de Villetaneuse © 2001

*rushed.kanawati@lipn.univ-paris13.fr*

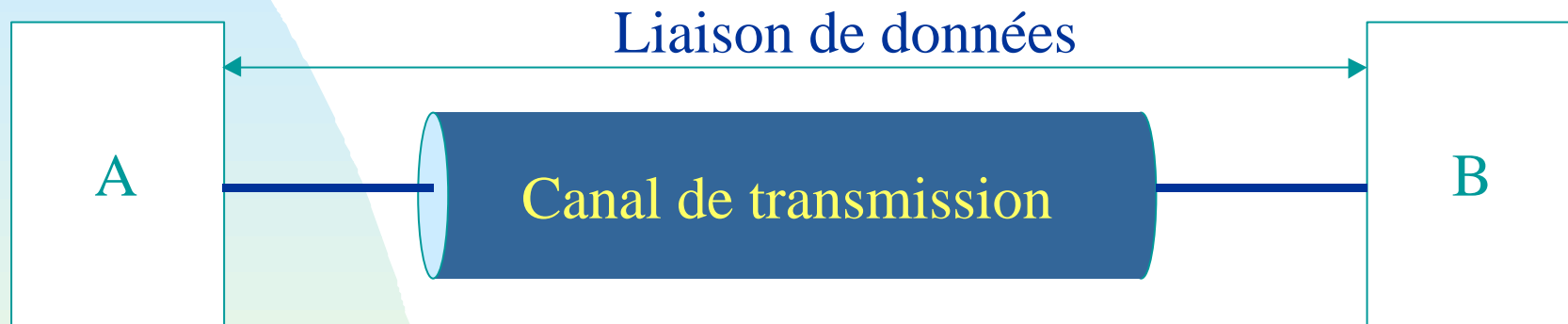
# Sommaire

- Problématique
- Liaison de données
- Protocoles
- Le protocole LAP-B
  - ◆ Format de trames
  - ◆ Type de trames
  - ◆ Règles d'échange
- Bibliographie

# Problématique



# Liaison de données



- Fournir les services nécessaires pour **établir**, **maintenir** et **libérer** une connexion
- Acheminer les trames sur la liaison physique
- Contrôler le **flux de données** afin d'éviter la saturation du récepteur
- Contrôler la **correction** de la transmission des données.

# Protocoles de liaison de données

- Rappel : Un protocole définit
  - ◆ Le **format** des messages échangés
  - ◆ La **sémantique** des messages échangés
  - ◆ Les **règles** d'échange
- Messages échangés appelés **Trames**.
  - ◆ Trame = L PDU
  - ◆ L PDU = L SDU + L PCI

# Trames : quelques généralités

- Une trame est une suite de bits.
- Selon le protocole, elle peut être de taille fixe ou variable (mais bornée)
  - ◆ *X25.2, Ethernet : Taille variable*
  - ◆ *ATM : Taille fixe (53 octets)*
- Délimitation explicite ou implicite.
  - ◆ *Utilisation de **fanions** de début et de fin de trame.*
- La structure varie selon le protocole, mais souvent divisée en 3 parties : **entête**, **données** et **terminaison**.
- L'entête et la terminaison forment le **L PCI**

# Protocoles de liaison de données

- 1960 : BSC (Binary synchronous communication) - **IBM**
  - ◆ Protocole orienté caractère
  - ◆ Synchronisation en continue
- 1970 :SDLC (Synchronous Data Link Control) - **IBM/ANSI**
  - ◆ Orienté trame
- 1976-80 : HDLC (High Data Link Control) - **ISO**
  - ◆ Protocole orienté bit
  - ◆ ISO 3309 (format), ISO 4335 (HDLC), **ISO 7776 (LAP-B)**, ISO 7448 (MLP) ISO 8471 (HDLC équilibré)
- 1985 : Liaison de réseaux locaux
- ...

# Exemple : le protocole LAP-B

- Sous ensemble de la spécification HDLC
- Repris par l'UIT-T pour les réseaux de commutation X25.2 (le réseau Numéris)
- Connexion en **mode connecté**.
  - ◆ *Rappel : protocole en **3 phases** (connexion, échange, déconnexion)*
  - ◆ **Contexte partagé** entre les extrémités de la liaison.
- Ce protocole offre un service de transmission **fiable** entre les deux extrémités de la liaison.
- Connexion **full duplex** et **équilibrée**.

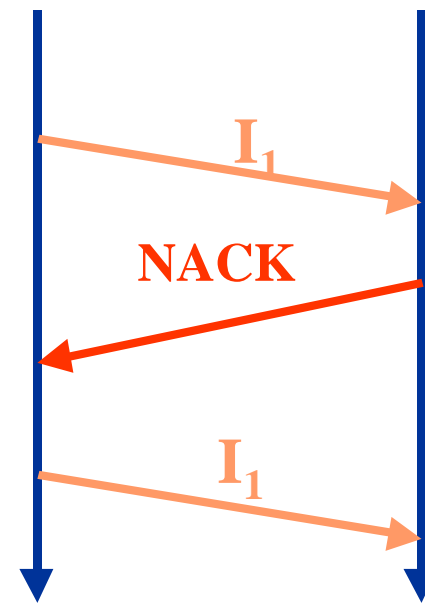
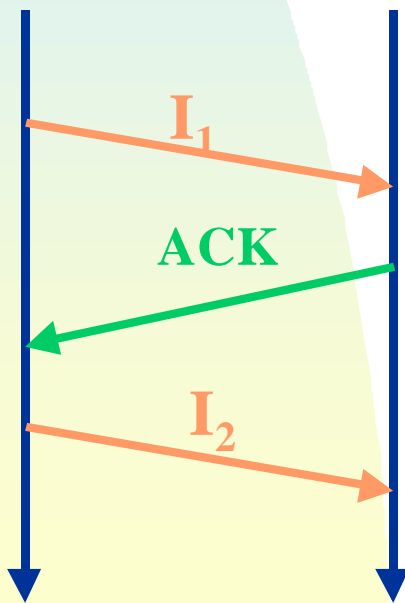


# Transmission fiable ?

- Problème : Garantir la réception **correcte, sans duplication** et dans **l'ordre** des informations transmises.
- Éléments de solution
  - ◆ Utilisation d'un **code polynomial**.
    - ✦ Polynôme générateur :  $G(x) = x^{16} + x^{15} + x^2 + 1$ .
  - ◆ Utilisation de technique **d'acquiescement** positif et négatif.
  - ◆ **Numérotation** de trames.

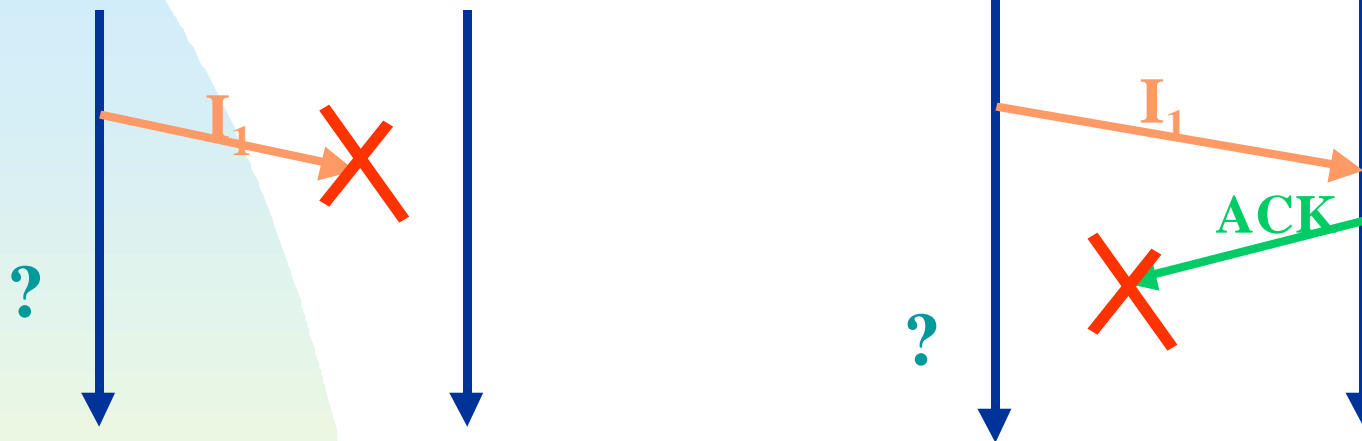
# Contrôle de flux : principes

- Chaque trame envoyée doit être acquittée par le récepteur.
- L'acquittement peut être positif (ACK) ou négatif (NACK)



# Contrôle de flux : principes

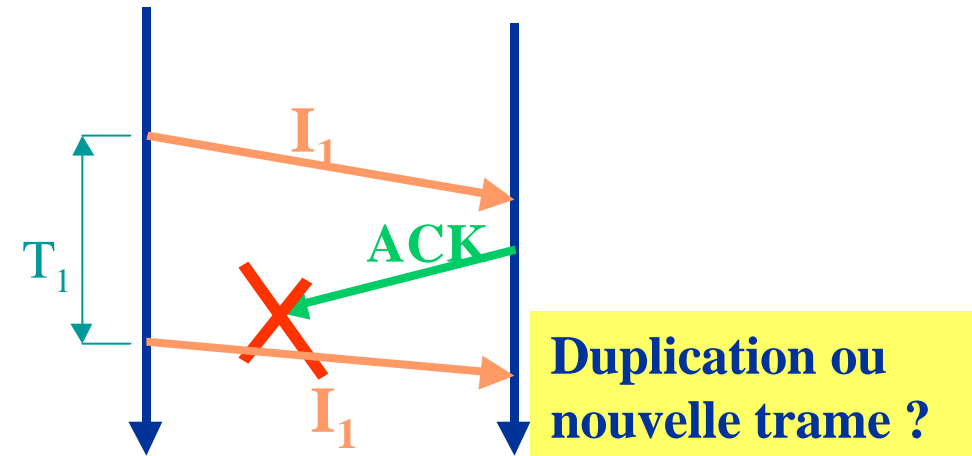
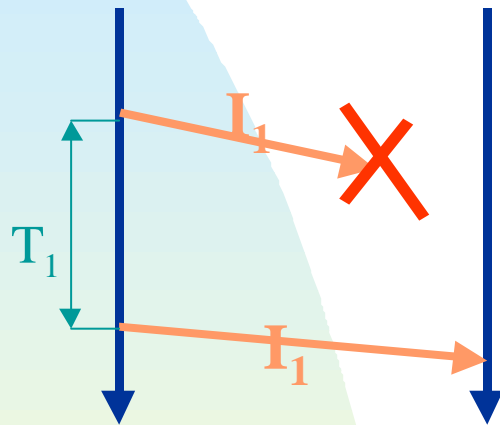
## Problème 1 :



- **Solution** : Armer un temporisateur  $T_1$  après l'envoi d'une trame d'information.
- Si  $T_1$  expire avant la réception d'un acquittement (+ ou -), l'émetteur renvoi la même trame d'information.

# Contrôle de flux : principes

## Problème 2 :



- **Solution** : Numérotation de trames (identification).
- Un bit alterné suffit pour lever l'ambiguïté

# Contrôle de flux : principes

## ■ Problème 3 :

- ◆ Si chaque trame doit être acquittée par une trame spécifique et d'une manière individuelle l'efficacité de la liaison sera très faible.
- ◆ La plupart de temps les extrémités de la liaison seront en état d'attente d'acquittement.

# Contrôle de flux : principes

## ■ Solutions :

- ◆ Piggybacking : le récepteur peut acquitter une trame d'information reçue par l'envoi d'une autre trame d'information.
- ◆ Anticipation : l'émetteur peut envoyer  $w$  trames sans avoir un acquittement.
- ◆ Acquittement groupé : Le récepteur peut acquitter par une seule trame un groupe de trames reçues.

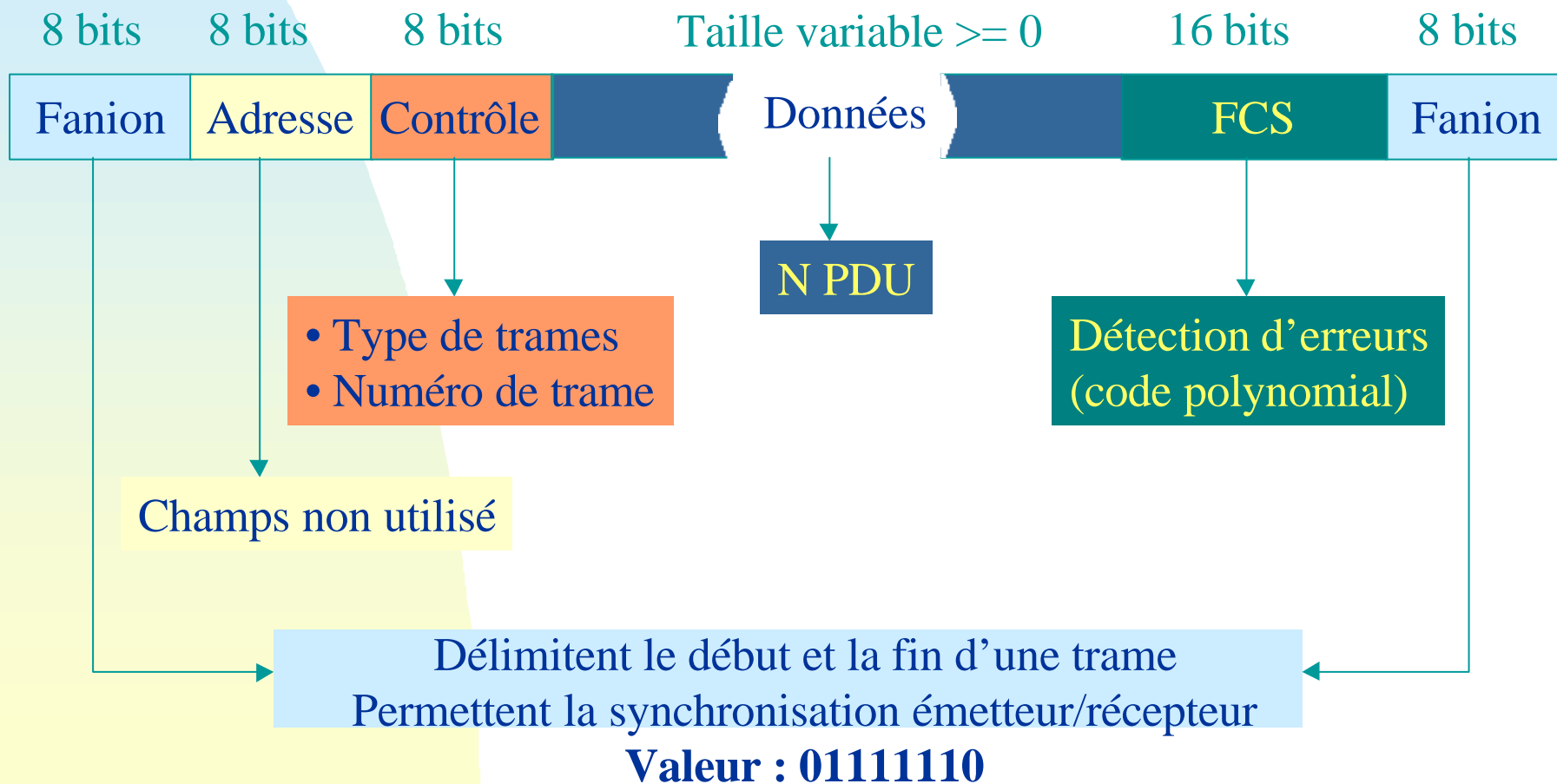


- Numérotation de trames d'information
- Acquitter la trame  $N$  c'est acquitter toutes les trames précédentes  $1..N$

# Contrôle de flux : principes

- L'acquittement peut être explicite ou implicite
- Chaque trame d'informations est identifiée par un numéro.
- La numérotation de trames est faite modulo  $2^n$  où  $n$  est le nombre de bits utilisés pour représenter les numéros de trames.
- Selon le protocole LAP B,  **$n = 3$**

# Format des trames (LAP-B)





# Format des trames (LAP-B)



- Taille minimale d'une trame : 6 octets
- Problème : garantir **l'unicité** des fanions.
- Solution :
  - ◆ A l'émission, insérer un 0 après chaque séquence de cinq 1 consécutifs.
  - ◆ A la réception, enlever les 0 après les séquences de cinq 1 consécutifs.
  - ◆ Les 0 insérés sont appelés **bits de transparence**.

# Bits de transparence : illustration

- Soit le N PDU (ou le L SDU) suivant :  
10101111 10111111 11111001
- La couche 2 va former son L PDU en ajoutant les informations du L PCI au L SDU
- La couche 2 émet donc la séquence :  
**01111110** xxxxxxxx xxxxxxxx  
101011111**0**011111**0**11111**0**1001  
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX**01111110**

# Types de trames

- Rappel : LAP B est un protocole de transmission fiable qui opère en mode connecté :
  - ◆ Trames de gestion de la liaison (U)
    - ✦ Demande de connexion, acceptation, refus, libération de la connexion
  - ◆ Trames d'informations (I)
    - ✦ Trames de transmission effective des données.
  - ◆ Trames de supervision de la transmission (S)
    - ✦ Acquittements : positifs et négatifs
- Trois types : 2 bits suffisent pour les distinguer

# Types de trames : définitions

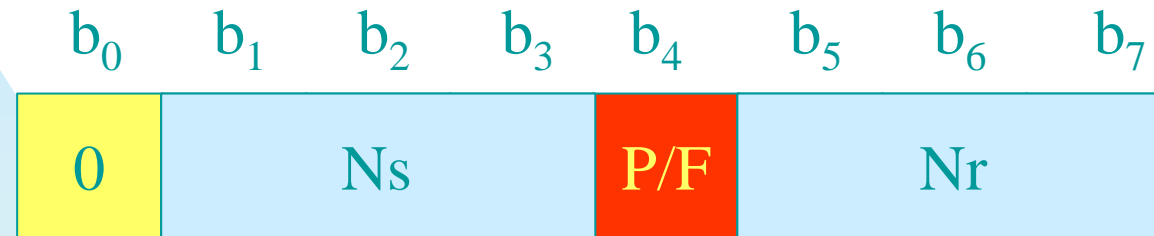
- Le champs contrôle définit le type de la trame.

	$b_0$	$b_1$	$b_2$	$b_3$	$b_4$	$b_5$	$b_6$	$b_7$
<b>Trame I</b>	0	Ns			P/F	Nr		
<b>Trame S</b>	1	0	$S_0$	$S_1$	P/F	Nr		
<b>Trame U</b>	1	1	$U_0$	$U_1$	P/F	$U_2$	$U_3$	$U_4$

# Le bit P/F

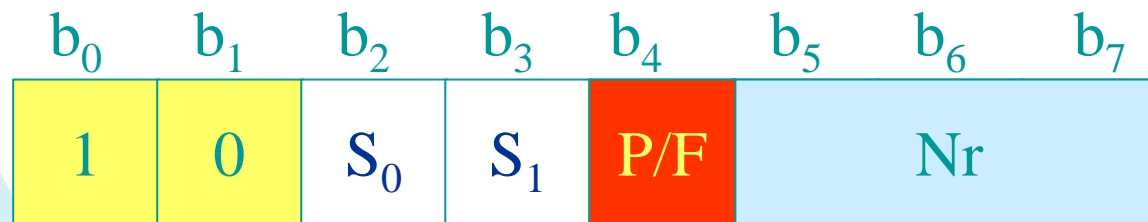
- On dit que le bit P/F est *positionné* s'il a la valeur 1.
- Par *pure convention* de notation on dit :
  - ◆ Un bit P/F positionné a la valeur **P** si la trame est une trame de **commande**.
  - ◆ Un bit P/F positionné a la valeur **F** si la trame est une trame de **réponse**.
  - ◆ L'émetteur d'une commande exige une **réponse immédiate**.
  - ◆ En recevant une trame avec le bit P/F positionné, la signification de ce bit dépend du contexte local.
    - ✦ F si le récepteur a déjà envoyé une commande
    - ✦ P si aucune commande n'est envoyée.

# Trames d'informations (I)



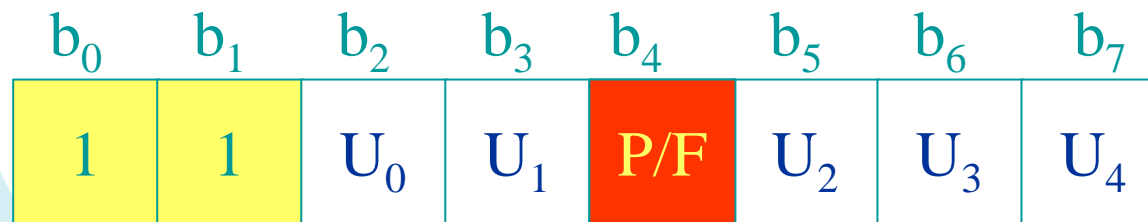
- $N_s$  : Numéro de la trame d'information
  - ◆ 3 bits donc numéro modulo 8
- $N_r$  : Numéro de la **prochaine** trame d'information **attendue**
  - ◆ Numérotation modulo 8
  - ◆ Une trame acquitte toutes les trames de numéros strictement inférieur à  $N_r$
- **Notation** :  $I_{N_s, N_r}$

# Trames de supervision (S)



- **RR** (Received & Ready)  $\overrightarrow{[00]}$ : Acquittement
  - ◆ Acquitter les trames dont le numéro  $< Nr$
- **RNR** (Received & Not Ready)  $\overrightarrow{[10]}$  : contrôle de flux
  - ◆ Acquitter les trames dont le numéro  $< Nr$
  - ◆ **Interdire** la transmission des trames suivante
- **REJ** (Reject)  $\overrightarrow{[01]}$ 
  - ◆ Acquitter la réception des trames  $< Nr$
  - ◆ Demander la retransmission des trames  $\geq Nr$
- Notation :  $RR_{Nr}$ ,  $RNR_{Nr}$ ,  $REJ_{Nr}$

# Trames de gestion (U)



- SABM  $\overrightarrow{[11110]}$ 
  - ◆ Demande de connexion.
- UA  $\overrightarrow{[00110]}$ 
  - ◆ Trame de confirmation de connexion
- DISC  $\overrightarrow{[11010]}$ 
  - ◆ Libération de la connexion
- FRMR  $\overrightarrow{[11011]}$ 
  - ◆ Rejet de trames



# Contexte d'une liaison

- Définition : Ensemble des valeurs décrivant la **configuration** et **l'état** de la liaison.
- La configuration est définie par un ensemble de **constantes**.
- La configuration est **identique** aux deux extrémités de la liaison.
- Les variables décrivent l'état de la liaison du point de vue d'une extrémité.
- La partie variable du contexte est différente d'une extrémité à l'autre

# Contexte : la partie constate

- Le polynôme générateur utilisé pour la détection des erreurs.
- T1 : délai de garde
- T2 : délai d'acquittement.
- T3 : délai d'établissement de la liaison
- N1 : taille maximale d'une trame
- N2 : nombre maximum de rémission d'une trame
- W : valeur de l'anticipation

# Contexte : partie variable

Chaque extrémité met à jour les variables suivantes :

- **V(S)**
  - ◆ Numéro de la prochaine trame d'information à émettre.
- **V(R)**
  - ◆ Numéro de la prochaine trame à recevoir.
- **DN(R)**
  - ◆ Numéro du dernier acquittement reçu.
- **Valeurs initiales**
  - ◆  $V(S) = V(R) = DN(R) = 0$

# Règles d'échange de trames

- **Emission d'une trame d'information (I) :**
  - ◆ Envoi d'une trame  $I_{V(S),V(R)}$
  - ◆ Mémoriser cette trame
  - ◆  $V(S) = V(S) + 1 \text{ mod. } w$
  - ◆ Armer le temporisateur  $T_1$
  - ◆ Désarmer  $T_2$

# Règles d'échange de trames

- **Réception d'une trame  $I_{x,y}$  :**
  - ◆ Si détection d'une erreur Alors
    - ✦ Ignorer la trame reçue
  - ◆ Si la trame est invalide Alors
    - ✦ Envoyer une trame U: FRMR
  - ◆ Si  $X \neq V(R)$  Alors /\* trame inattendue \*/
    - ✦ Envoyer une trame S : REJ<sub>V(R)</sub>

# Règles d'échange de trames

- Réception d'une trame  $I_{x,y}$  (suite)
  - ◆ Si  $X == V(R)$ 
    - ✦ Armer T2
    - ✦ traiter la trame I
    - ✦  $V(R) = V(R)+1$  Modulo  $w$
    - ✦ Si  $DN(R) \leq Y < V(S)$  Alors
      - désarmer les temporisateurs T1 associés aux trames dont le numéro est compris entre  $DN(R)$  et  $Y$
      - $DN(R) = Y$

# Règles d'échange de trames

## ■ Réception d'une trame $RR_y$

◆ Si  $DN(R) \leq Y < V(S)$  Alors

- ✦ désarmer les temporisateurs T1 associés aux trames dont le numéro est compris entre  $DN(R)$  et  $Y$
- ✦  $DN(R) = Y$

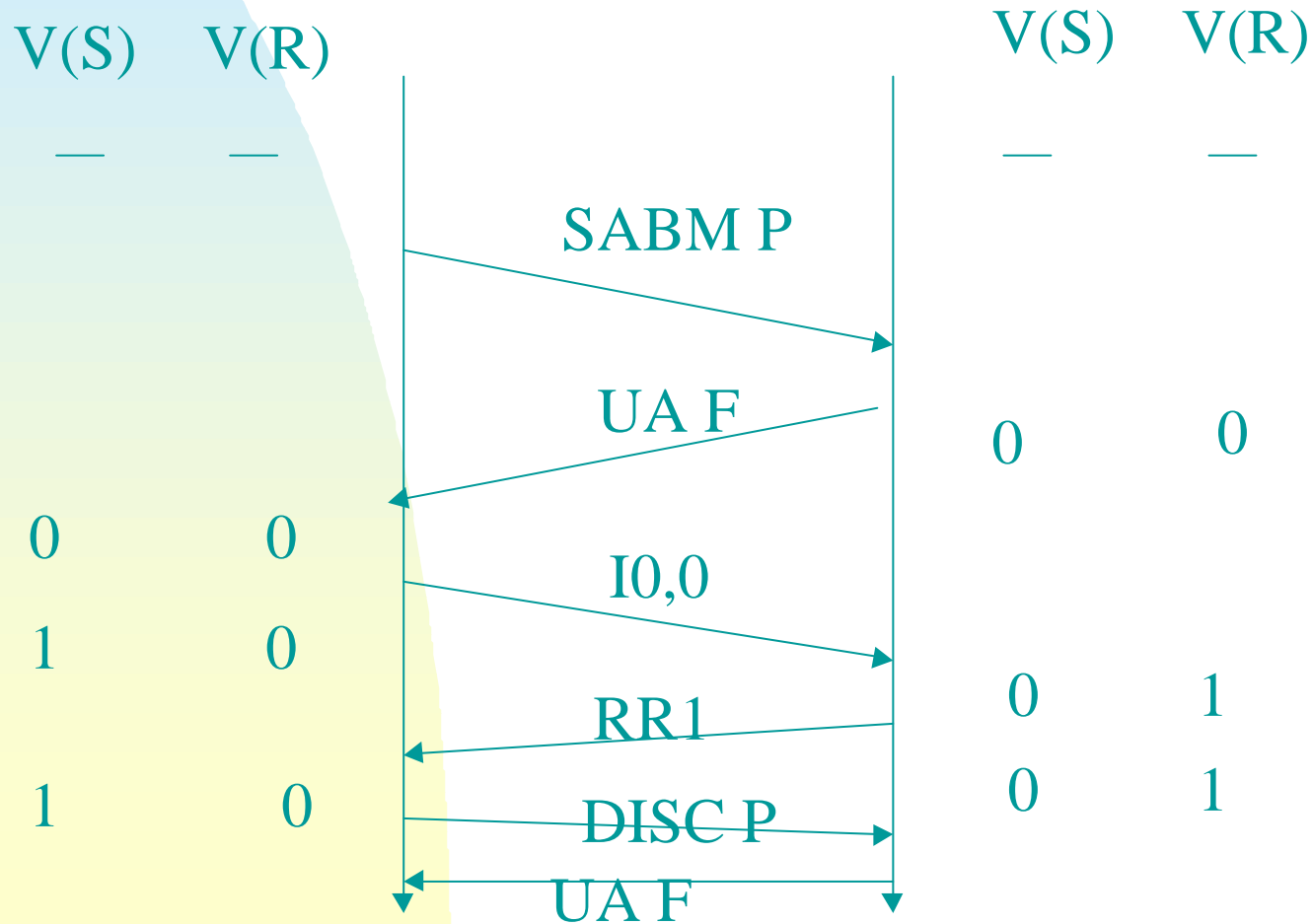
## ■ Réception d'une trame $REJ_y$

◆ Si  $DN(R) \leq Y < V(S)$  Alors

- ✦ désarmer les temporisateurs T1 associés aux trames dont les numéros sont compris entre  $DN(R)$  et  $Y$
- ✦  $DN(R)=Y$
- ✦ Emettre les trames dont les numéros sont compris

# Quelques scénarios d'échange

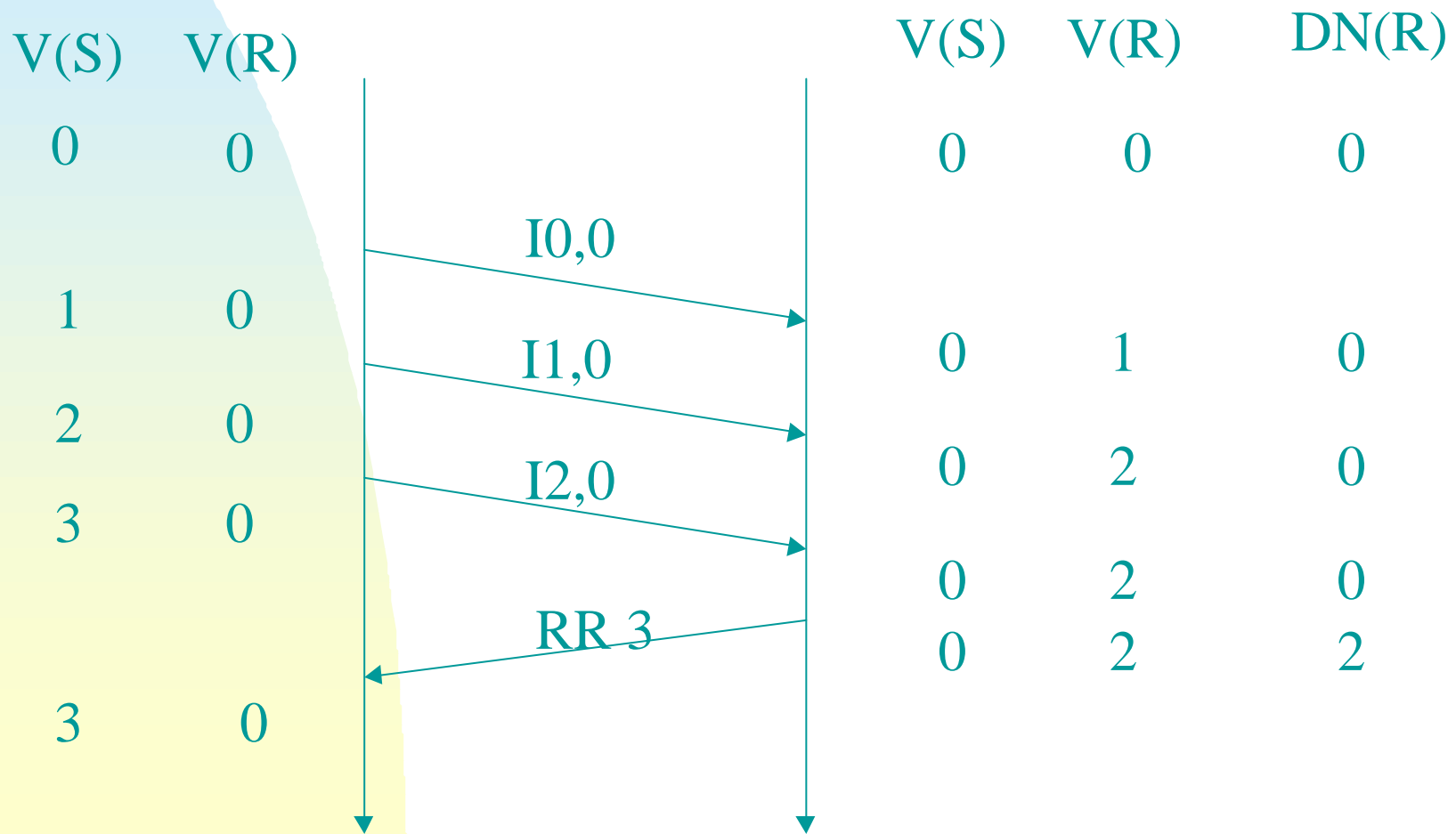
*Connexion, envoi d'une trame puis déconnexion*





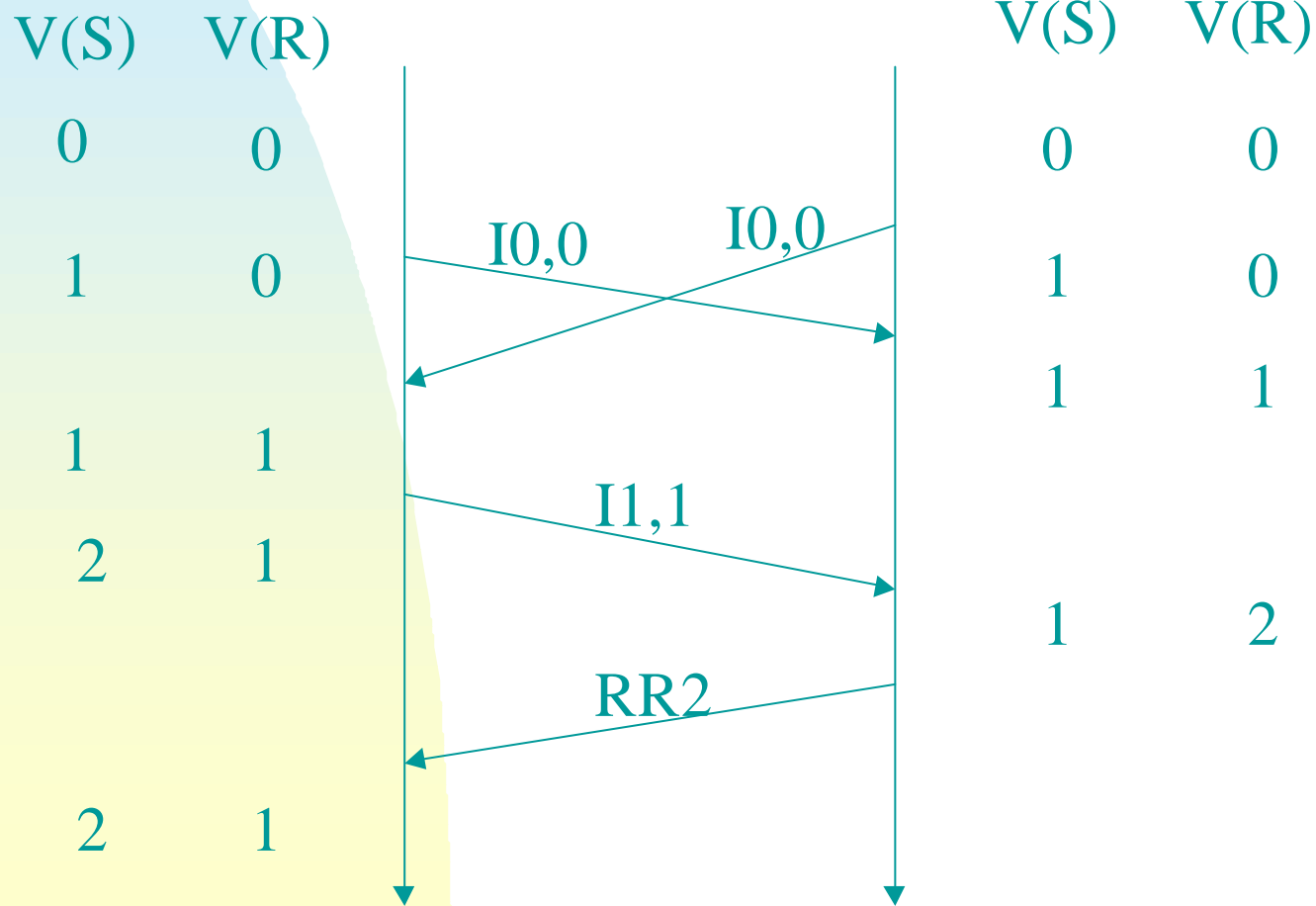
# Quelques scénarios d'échange

*Transfert unidirectionnel avec anticipation ( $w=4$ )*



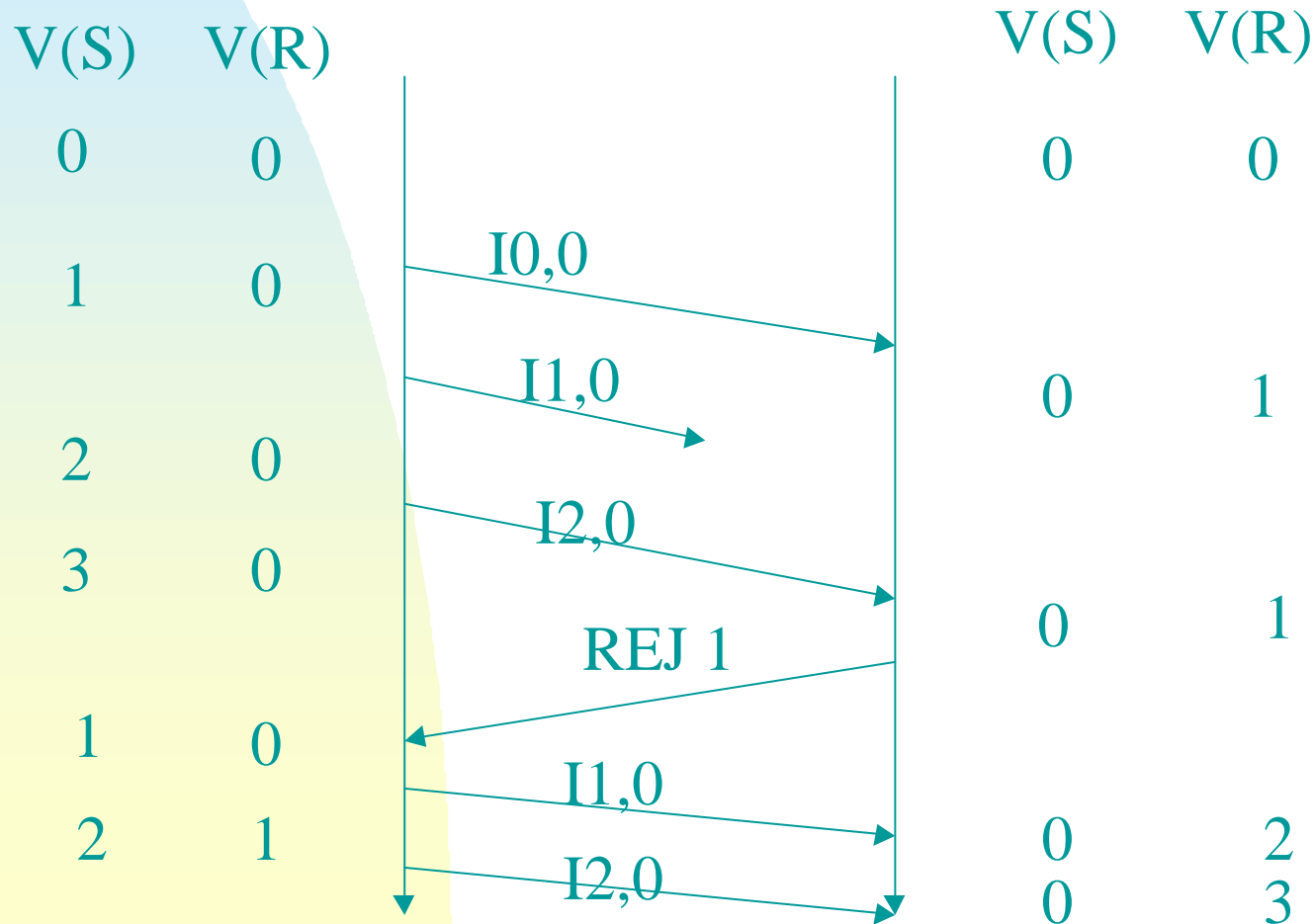
# Quelques scénarios d'échange

*Transfert bidirectionnel avec anticipation ( $w=4$ ) & Piggypacking*



# Quelques scénarios d'échange

*Transfert bidirectionnel avec anticipation ( $w=4$ ) & perte*



# Pour en savoir plus

- G. Pujolle, **Les réseaux**, Eyrolles, 1995. Chapitre 5.
- A. Tanenbaum, **Réseaux**, InterEditions, 1997. Chapitre 3.
- P. Rolin et. al. **Les réseaux : principes fondamentaux**, Hermes 1997. Chapitre 5