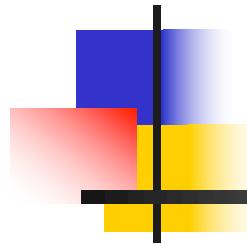




Partie 4 : Protocoles de liaison de données

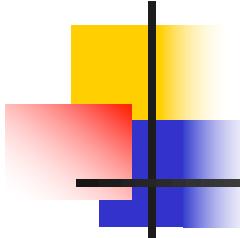


Olivier GLÜCK

Université LYON 1 / Département Informatique

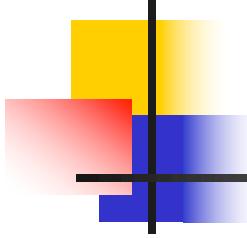
Olivier.Gluck@univ-lyon1.fr

<http://perso.univ-lyon1.fr/olivier.gluck>



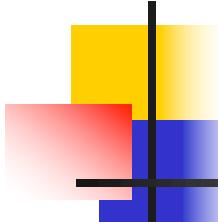
Copyright

- Copyright © 2026 Olivier Glück; all rights reserved
- Ce support de cours est soumis aux droits d'auteur et n'est donc pas dans le domaine public. Sa reproduction est cependant autorisée à condition de respecter les conditions suivantes :
 - Si ce document est reproduit pour les besoins personnels du reproducteur, toute forme de reproduction (totale ou partielle) est autorisée à la condition de citer l'auteur.
 - Si ce document est reproduit dans le but d'être distribué à des tierces personnes, il devra être reproduit dans son intégralité sans aucune modification. Cette notice de copyright devra donc être présente. De plus, il ne devra pas être vendu.
 - Cependant, dans le seul cas d'un enseignement gratuit, une participation aux frais de reproduction pourra être demandée, mais elle ne pourra être supérieure au prix du papier et de l'encre composant le document.
 - Toute reproduction sortant du cadre précisé ci-dessus est interdite sans accord préalable écrit de l'auteur.



Remerciements

- Certains transparents sont basés sur des supports de cours de :
 - Danièle DROMARD (PARIS 6)
 - Andrzej DUDA (INP Grenoble/ENSIMAG)
 - Shivkumar KALYANARAMAN (RPI/ECSE)
 - Alain MILLE (LYON 1)
 - CongDuc PHAM (LYON 1)
 - Michel RIVEILL (Université de Nice/ESSI)
 - l' Institut National des Télécommunications (INT)
- Des figures sont issues des livres cités en bibliographie

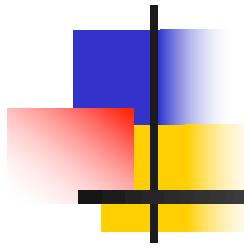


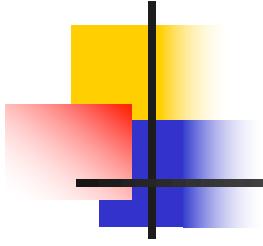
Bibliographie

- « *Réseaux* », 4ième édition, Andrew Tanenbaum, Pearson Education, ISBN 2-7440-7001-7
- « *Réseaux et Télécoms* », Claude Servin, Dunod, ISBN 2-10-007986-7
- « *Analyse structurée des réseaux* », 2ième édition, J. Kurose et K. Ross, Pearson Education, ISBN 2-7440-7000-9
- « *TCP/IP Illustrated Volume 1, The Protocols* », W. R. Stevens, Addison Wesley, ISBN 0-201-63346-9
- « *TCP/IP, Architecture, protocoles, applications* », 4ième édition, D. Comer, Dunod, ISBN 2-10-008181-0
- « *An Engineering Approach to Computer Networking* », Addison-Wesley, ISBN 0-201-63442-6
- Internet...
 - <http://www.guill.net/>
 - <http://www.courseforge.org/courses/>
 - <http://www.commentcamarche.net/ccm/doc/>
 - <http://www.rfc-editor.org/> (documents normatifs dans TCP/IP)



Le protocole HDLC





Le protocole HDLC

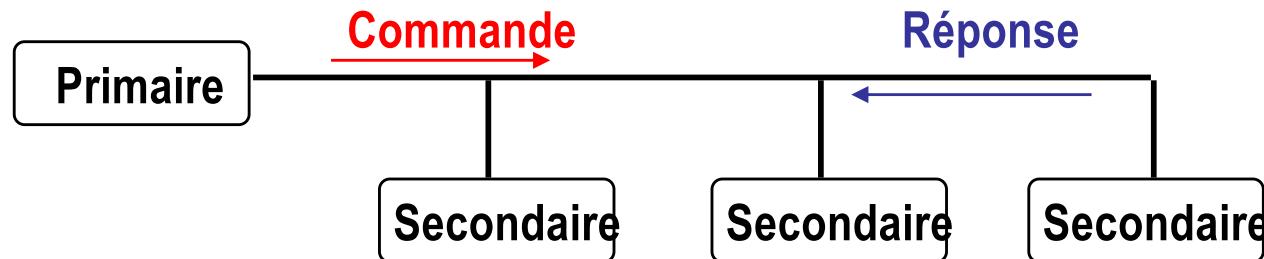
- HDLC - *High Level Data Link Control*
- Protocole de niveau 2 OSI orienté bits
- Premier protocole moderne, normalisé en 1976 par le CCITT (UIT-T)
 - utilisé par exemple dans le GSM entre le mobile et le réseau...
- Nécessite une liaison physique synchrone full-duplex (possibilité sur half-duplex mais avec des restrictions de service...)
- Liaison de données
 - point à point symétrique ou dissymétrique
 - multipoint dissymétrique (polling/selecting)

Statut des stations

- Système à commande centralisée DISSYMETRIQUE

- Multipoint

Adresse véhiculée dans les deux sens = celle du secondaire



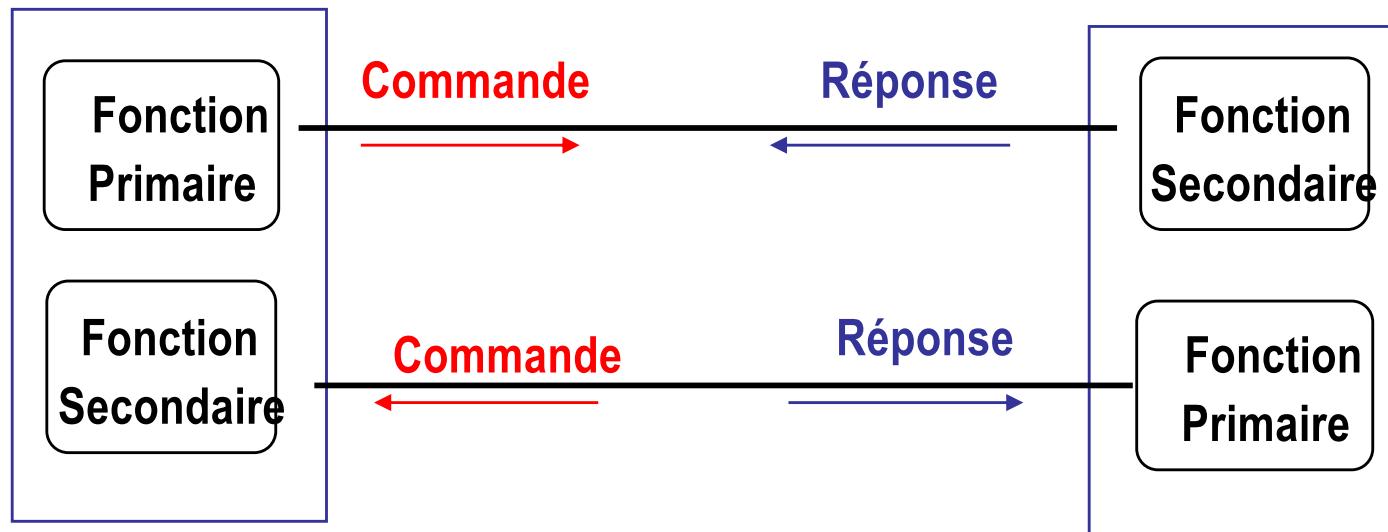
- Point à point

Pas besoin de véhiculer une adresse !!

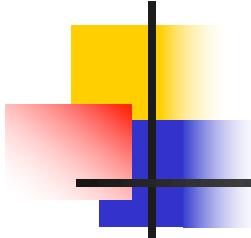


Statut des stations

- Système à commande centralisée SYMETRIQUE (point à point)

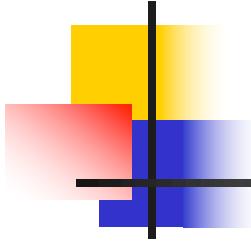


Adresse : FONCTION SECONDAIRE (par ex.)



Les différentes modes de HDLC

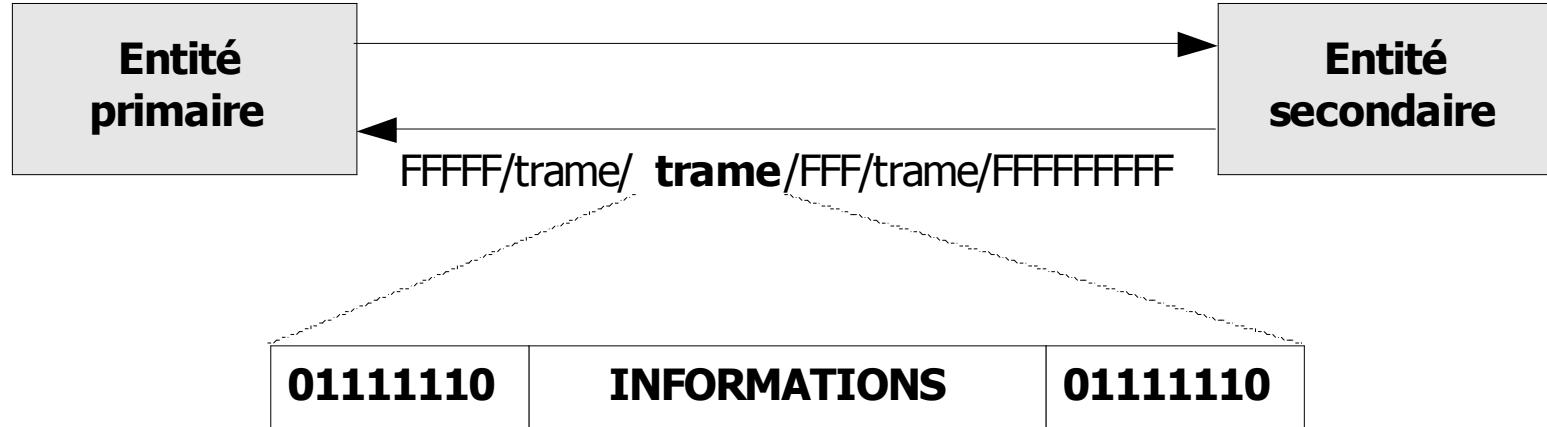
- Le mode normal ou synchrone
 - **NRM** - *Normal Response Mode* ou **LAP** - *Link Access Protocol*
 - relation maître/esclave (le primaire invite le secondaire à parler)
 - liaison multipoint dissymétrique
- Le mode asynchrone
 - symétrique
 - **ABM** - *Asynchronous Balanced Mode*
 - chaque extrémité est primaire en émission et secondaire en réception (mode équilibré)
 - liaison point à point uniquement
 - full duplex (**LAP Balanced** - RNIS)
 - half duplex (**LAP X** - télétex)
 - Dissymétrique point à point ou multipoint
 - **ARM** - *Asynchronous Response Mode*
 - Le secondaire peut émettre sans y être autorisé
 - un seul secondaire actif à la fois
 - algorithme de résolution des collisions



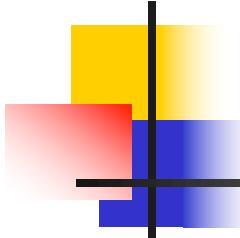
Le protocole HDLC

- L'unité de transfert est la trame (*Frame*)
- Chaque trame est délimitée par un fanion - le seul caractère "spécial" utilisé par le protocole
- En l'absence de données, le fanion est envoyé pour maintenir la synchronisation entre les trames
- Contrôle d'erreur très efficace par CRC avec reprise sur erreur
- Utilise du contrôle de flux, de l'anticipation et du *piggybacking*

Le protocole HDLC



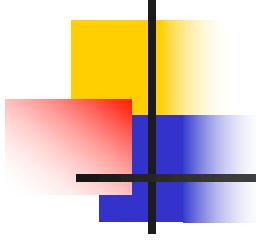
- L'entité est dite primaire si elle initie la communication
- Le fanion est représenté par la séquence "01111110"
- 3 types de trames - signalisation dans la bande
 - trame **I** - trame d'information (échange de données)
 - trame **S** - trame de supervision (supervision de l'échange)
 - trame **U** - trame non numérotées (supervision de la liaison)



Structure de la trame HDLC

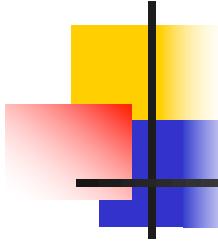
- Le fanion de queue peut faire office de fanion de tête de la trame suivante
- La transparence est assurée par la technique du bit de bourrage
- Un seul champ adresse (mode maître/esclave)
- Champ commande sur 1 ou 2 octets selon que les compteurs Ns/Nr sont stockés sur 3 ou 7 bits
- FCS = CRC relatif à Adresse/Commande/Infos

Fanion deb	Adresse	Commande	INFORMATIONS	FCS	Fanion fin
1 octet	1 octet	1 ou 2 octets		2 octets	1 octet



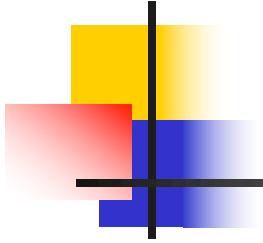
Le champ adresse

- Il stocke l'adresse du secondaire
 - adresse du destinataire pour les trames de commande
 - adresse de l'émetteur pour les trames de réponse
- Si liaison point à point, le champ n'est pas lu !



Types de trames

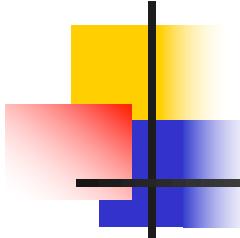
- Trames I
 - **Information** ; transfert de la SDU *System Data Unit*
- Trames S
 - Supervision séquencée - pas de champ information :
 - Contrôle de flux : RR, RNR
 - Contrôle d'erreurs : REJ (**Go-Back-N**), SREJ
- Trames U
 - Supervision non séquencée - pas de champ information :
 - **Connexion, Libération**
 - Anomalies, Réinitialisation
 - Test, Identification
 - **Données non séquencées (datagrammes)**



Le champ "commande"

- **Ns** - compteur des trames **I** émises
- **Nr** - compteur des trames **I** reçues
 - Nr contient le numéro de la prochaine trame attendue
 - Nr = x acquitte les (x-1) trames précédentes
- Les bits **S** et **U** permettent d'identifier la commande

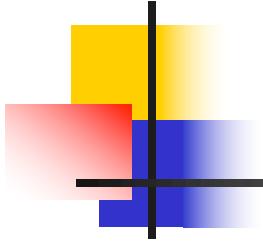
bit7	bit6	bit5	bit4	bit3	bit2	bit1	bit0		
							0	trame I	
					S	S	0	1	trame S
U	U	U	P/F	U	U	1	1		trame U



Le champ "commande"

- Le bit **P/F** - bit de contrôle

- il est appelé P dans une trame de commande, F dans une trame de réponse
- P (Poll) = demande de réponse explicite ou non émise par une station primaire
- F (Final) = indication de réponse explicite émise par une station secondaire, suite à une demande explicite émise par un primaire
- P=1 - sollicite une réponse explicite du secondaire (par ex. car fenêtre d'émission bientôt pleine)
- Réponse à P=1 par F=1 - le secondaire répond par un acquittement
- Une station qui reçoit une trame de commande avec le bit P/F=1 doit répondre avec P/F=1



Le champ "commande"

- Trames de supervision

- **RR** - *Receive Ready*

Prêt à recevoir ou accusé de réception si pas de trame I à envoyer par le récepteur

- **RNR** - *Receive Not Ready*

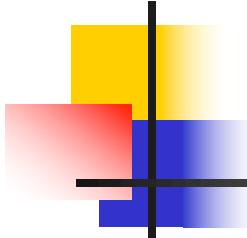
Non prêt à recevoir ; le récepteur demande à l'émetteur d'arrêter les émissions et acquitte les trames jusqu'à Nr-1

- **REJ** - *Reject*

Rejet simple ; demande la retransmission **à partir de Nr**

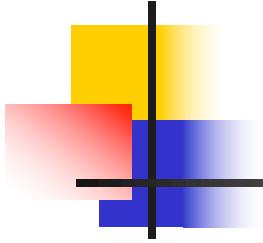
- **SREJ** - *Selective Reject*

Rejet sélectif ; demande la retransmission **de Nr**



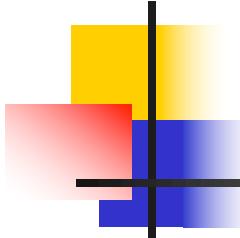
Le champ "commande"

- Trames non numérotées de commande (primaire vers secondaire)
 - **SNRM** - *Set Normal Response Mode*
multipoint dissymétrique, maître/esclave (polling/selecting)
 - **SARM** - *Set Asynchronous Response Mode*
le secondaire peut émettre sans invitation
 - **SABM** - *Set Asynchronous Balanced Mode*
point à point symétrique, chaque station peut émettre sans autorisation (primaire et secondaire simultanément)
 - **SABME** - *Set Asynchronous Balanced Mode Extended*
idem SABM mais mode étendu (compteurs sur 7 bits)
 - **DISC** - *Disconnect*
l'un des terminaux décide de rompre la liaison



Le champ "commande"

- Trames non numérotées de réponse (du secondaire vers le primaire)
 - **UA** - *Unnumbered Acknowledge*
acquittement d'une trame non numérotée
 - **FRMR** - *Frame Reject* ou **CMDR** - *Command Reject*
une trame ou une commande vient d'être rejetée
(indication de la raison dans le champ information)
 - **DM** - *Disconnect Mode*
indique que le terminal est déconnecté
 - **RM** - *Request Disconnect*
équivalent de DISC pour le secondaire

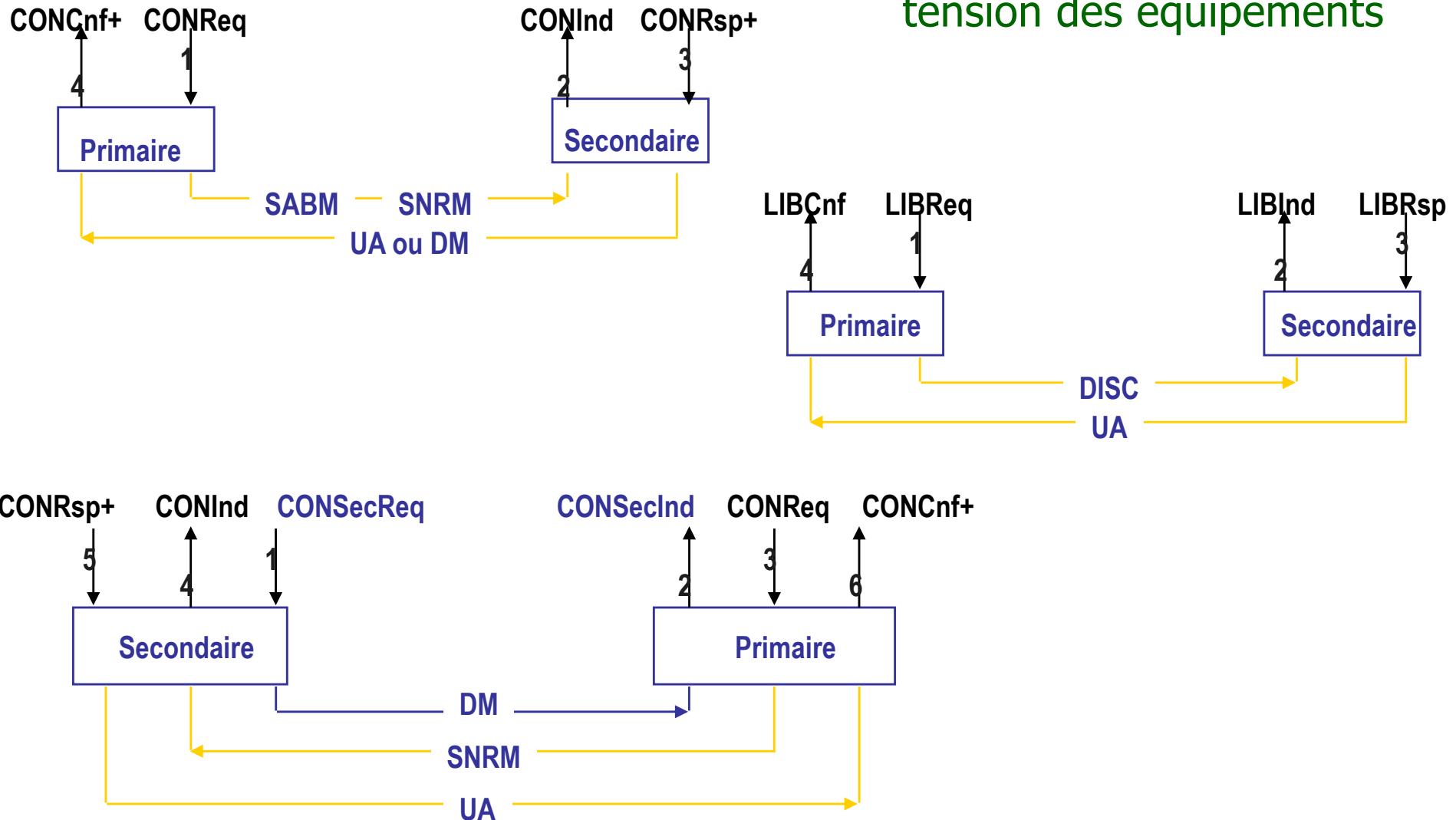


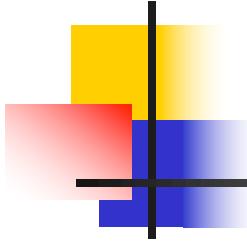
Récapitulatif des principales commandes

bit7	bit6	bit5	bit4	bit3	bit2	bit1	bit0	
Nr			P/F	Ns			0	trame I
			P/F	0	0	0	1	RR
			P/F	0	1	0	1	RNR
			P/F	1	0	0	1	REJ
			P/F	1	1	0	1	SREJ
0	0	0	P	1	1	1	1	SARM
1	0	0	P	0	0	1	1	SNRM
0	0	1	P	1	1	1	1	SABM
0	1	1	P	1	1	1	1	SABME
0	1	0	P	0	0	1	1	DISC
0	1	1	F	0	0	1	1	UA
1	0	0	F	0	1	1	1	CMDR/FRMR
0	0	0	F	1	1	1	1	DM

Connexion et libération

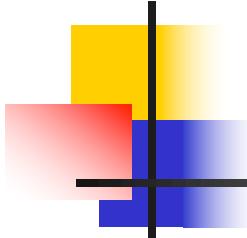
Connexion à la mise sous tension des équipements





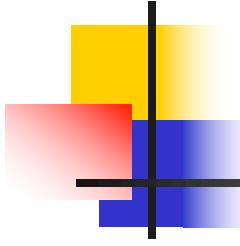
Règles de reprise

- Débordement (contrôle de flux)
 - la station qui ne peut plus recevoir de trames I émet un **RNR** dont le Nr indique la première trame non acceptée
 - elle émet une trame **RR** quand elle est de nouveau prête à recevoir de nouvelles trames
- Erreur de transmission
 - toute trame dont l'analyse du FCS indique une erreur de transmission est ignorée
 - aucune autre action n'est entreprise



Règles de reprise

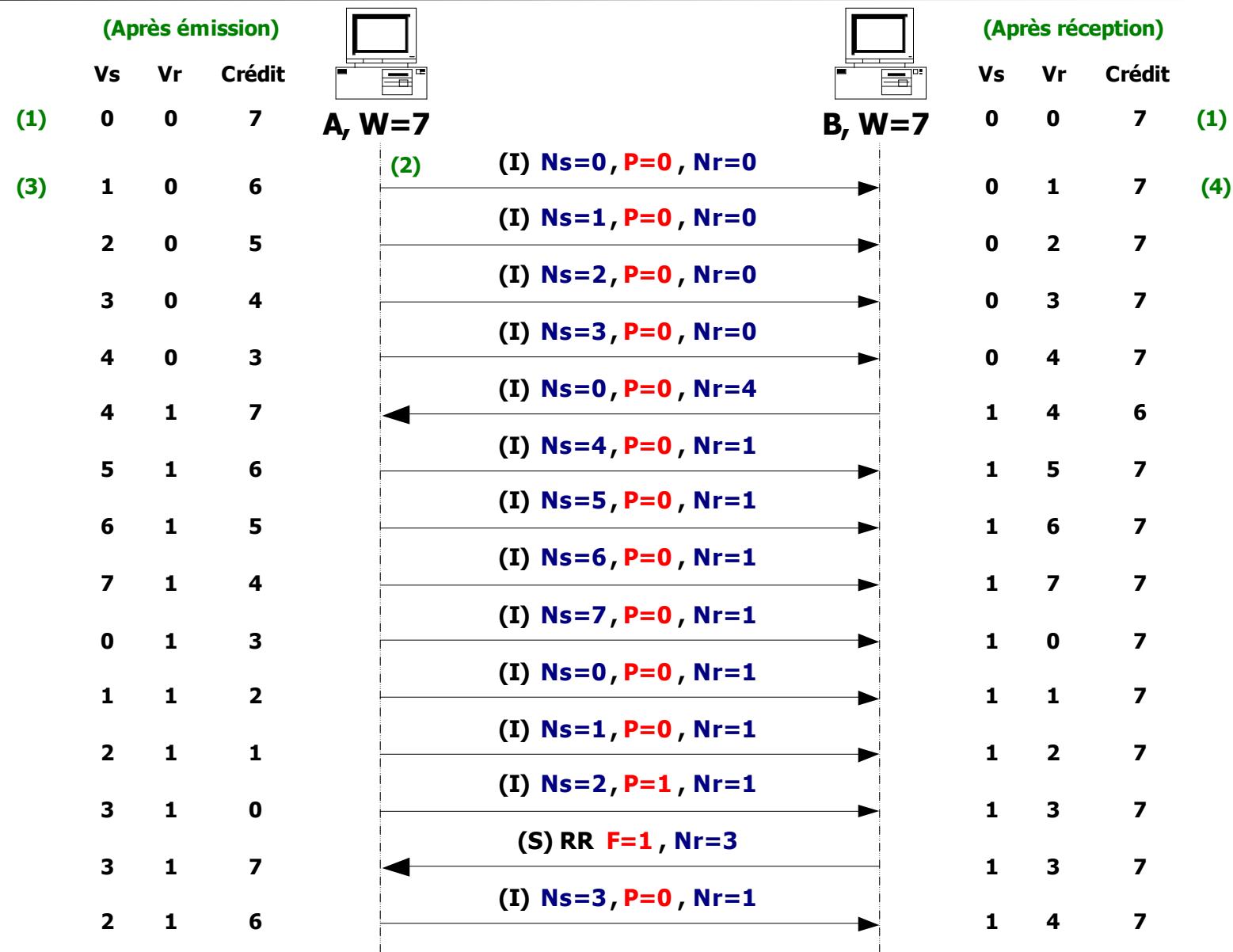
- Erreur de numéro de séquence Ns (version 1)
 - la trame dont le Ns n'est pas celui attendu est ignorée ainsi que les suivantes
 - la station recevant cette trame émet une trame **REJ** dont le numéro Nr indique la trame attendue
- Erreur de numéro de séquence Ns (version 2)
 - la trame dont le Ns n'est pas celui attendu est conservée
 - la station recevant cette trame émet une trame **SREJ** pour demander la retransmission de la trame Nr
- Rejet de commande
 - à la réception d'une trame CMDR/FRMR, la liaison est considérée comme rompue



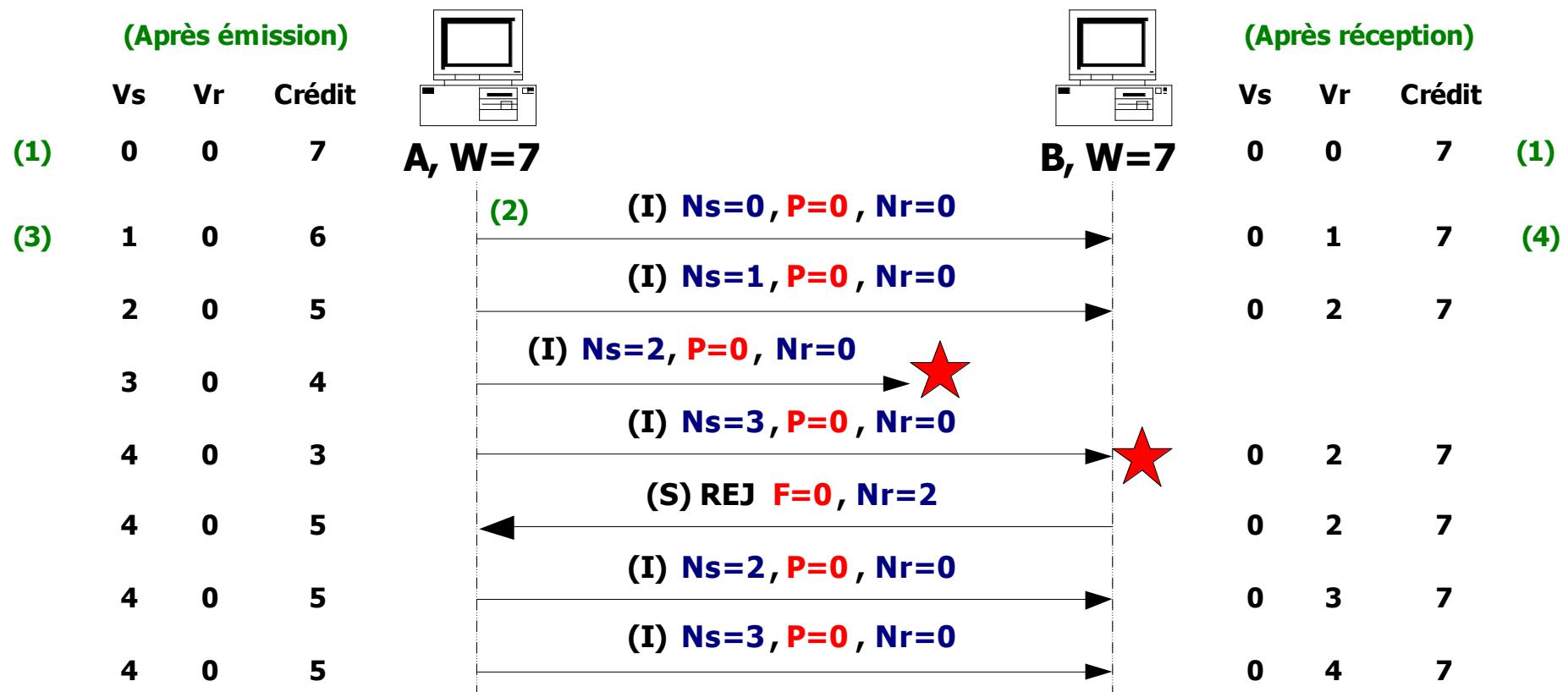
Règles de reprise

- Deux temporiseurs
 - temporisateur de retransmission (**T1**) initialisé par l'émetteur à chaque trame émise
 - temporisateur d'acquittement (**T2**) correspondant au délai maximum au bout duquel le récepteur doit, s'il n'a pas de données à émettre, envoyer un acquittement
- Reprise sur time-out
 - la station qui ne reçoit aucun acquittement des trames d'information émises reprend, au bout d'un temps T1, l'émission de la première trame non acquittée en positionnant le bit P/F à 1
 - la station peut poursuivre normalement l'émission des autres trames I dès la réception d'un acquittement portant le bit P/F à 1

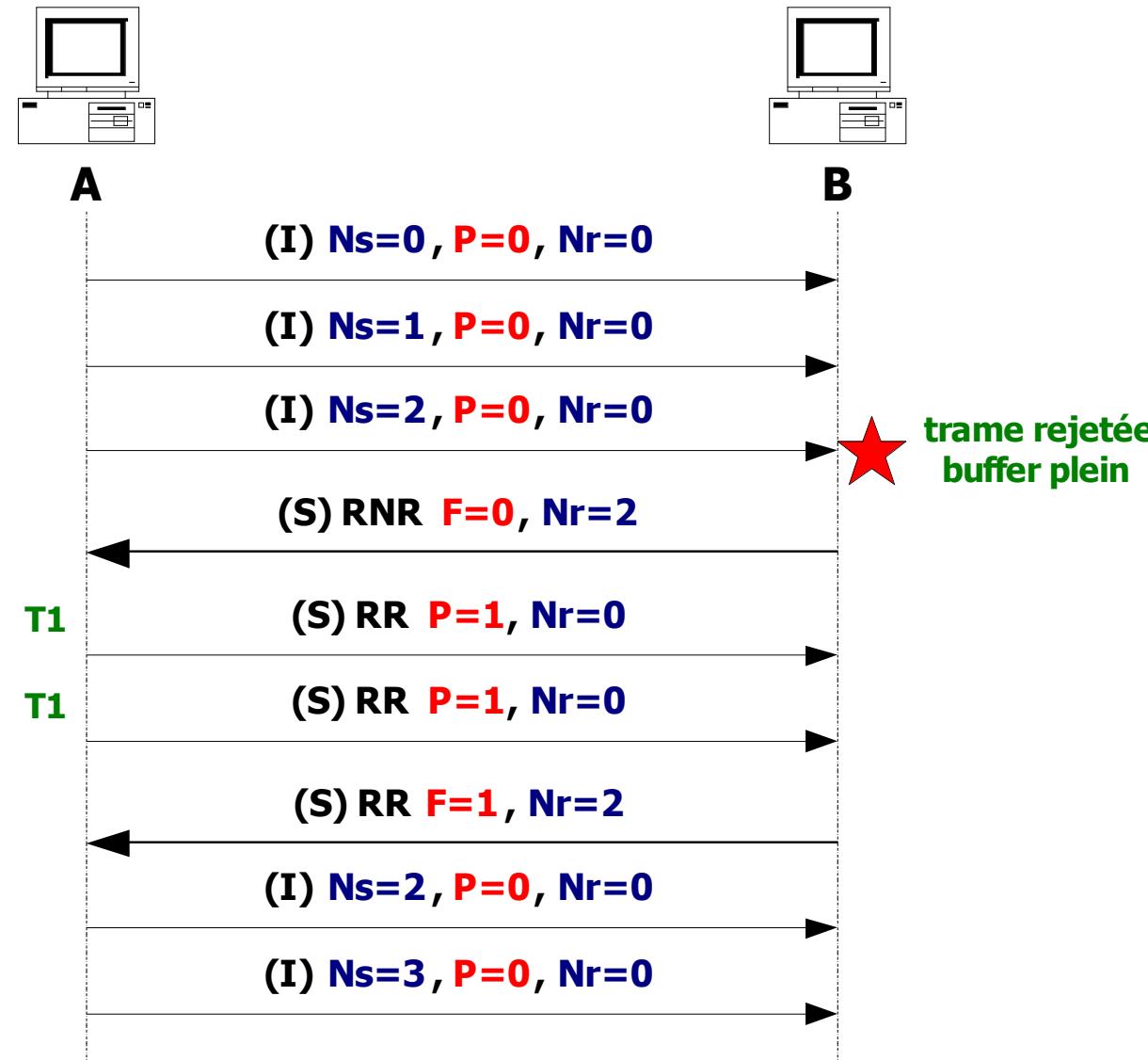
Exemple d'échange de données



Exemple de gestion d'erreurs



Exemple de gestion du contrôle de flux



Gestion sautante de la fenêtre

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

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

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

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

■ EXEMPLE W=3

- on peut émettre 0, 1, 2
- on reçoit trame RR demandant 3
- on peut émettre 3, 4, 5
- on reçoit trame RR demandant 6
- on peut émettre 6, 7, 0
- on reçoit trame RR demandant 1
- on peut émettre 1,2,3
- etc ...