

# **Licence STS Informatique – 2<sup>ème</sup> année**

## **Module « Réseaux 2 »**

Couche « liaison de données »

François Barrère, Emmanuel Lavinal, Cédric Teyssié

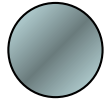
Prénom.Nom@irit.fr





# La gestion d'une liaison de données

---



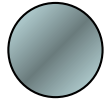
1. Caractéristiques / Fonctions
2. Gestion de liaison multipoint
3. Contrôle de flux
4. Reprise sur erreurs
5. Contrôle d'erreurs
6. Protocole BSC
7. Protocole HDLC





# Liaison de données : présentation

---

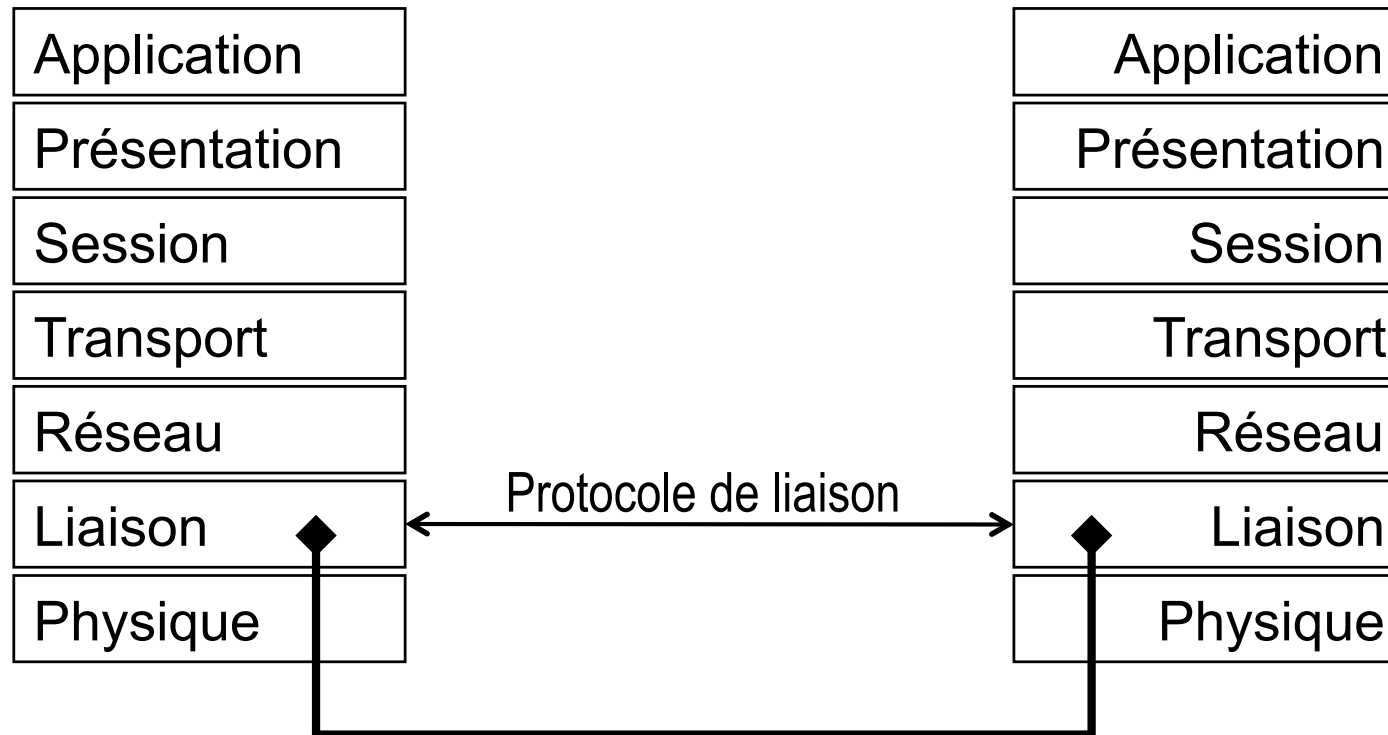
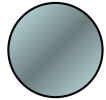


- Deuxième couche du modèle OSI
- Utilise les services de la couche physique
- Offre des services de gestion de liaison de données entre un terminal et son nœud de raccordement mais aussi entre deux nœuds
- Approche locale de la gestion de la communication et non de bout en bout
- Unité de transmission = **Trame**





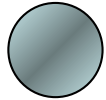
# Liaison de données : présentation





# Liaison de données : fonctions

---



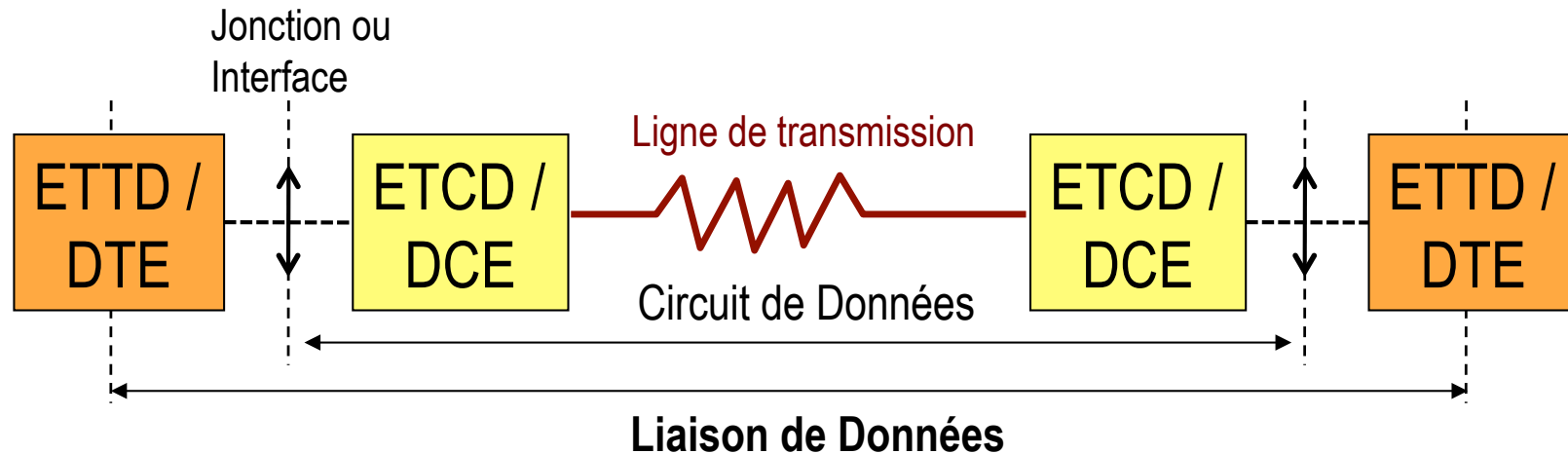
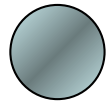
- Identification (délimitation) de trame
  - Gestion de l'accès à une liaison multipoints
  - Contrôle d'erreurs
  - Contrôle de flux
  - Reprise sur incidents (erreurs, pertes)
- ➔ Toutes ces fonctions participent à la fiabilisation de la transmission physique et à l'amélioration du coefficient d'utilisation de la liaison

**Attention...** tout traitement mis en œuvre a un impact sur les performances de la communication





# Rappel : principe d'une liaison de données



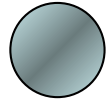
ETTD: Equipement Terminal de Traitement de Données  
(ou DTE: Data Terminal Equipment)

ETCD: Equipement Terminal de Circuit de Données  
(ou DCE: Data Communication Equipment)

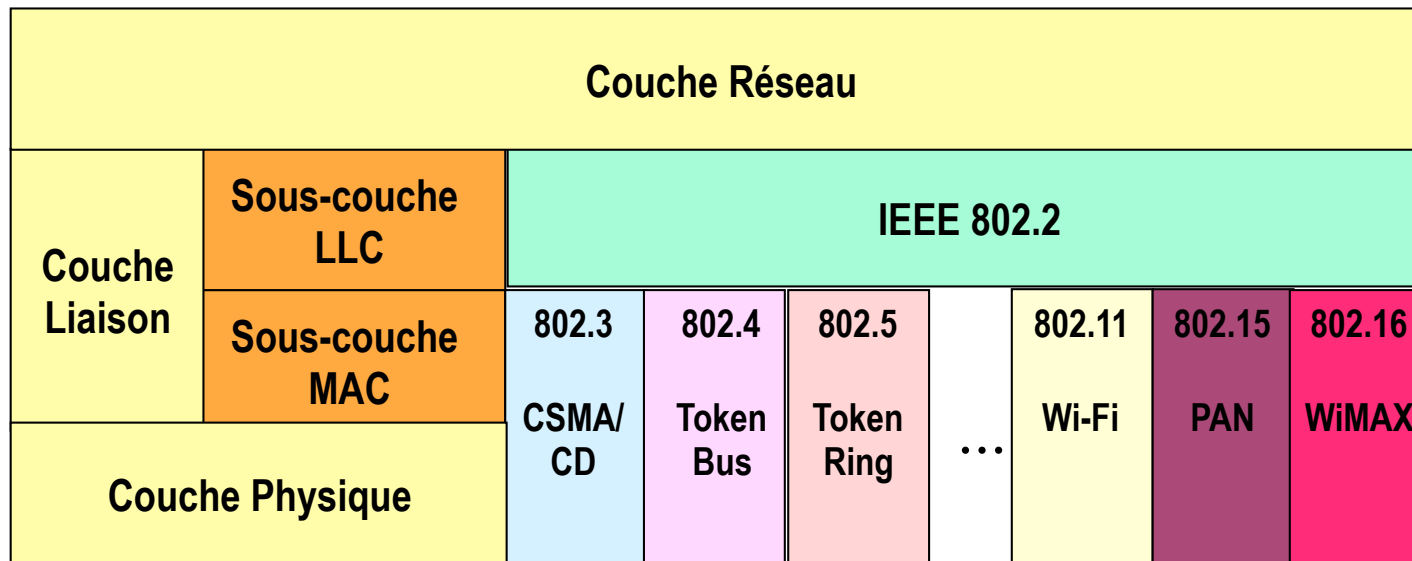




# Liaison de données dans le modèle IEEE

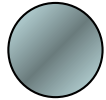


- Dans le modèle IEEE, la couche liaison OSI est découpée en 2 sous-couches :
  - **MAC** (Medium Access Control)
  - **LLC** (Logical Link Control)





# Délimitation de trames (1)



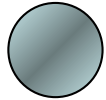
- Trains de bits découpés en **trames** (*frames*)
- Un caractère spécifique ou une combinaison particulière de bits (fanion) permet de repérer le début et la fin des données
- L'utilisation d'une séquence particulière de délimitation interdit son usage dans le champ données
  - ➔ Introduction d'un mécanisme de **transparence**
- **Protocoles orientés caractères**
  - Caractères particuliers pour contrôler l'échange (ex. 32 premiers ASCII)
  - Transparence caractère (*character stuffing*)
- **Protocoles orientés bits**
  - Champ particulier dans la trame (combinaison de bits) dédié aux informations de contrôle
  - Transparence binaire (*bit stuffing*)







## Délimitation de trames (2)



### Transparence caractère

Données originales

STX	U	N	_	C	A	R	A	C	T	E	R	E	_	STX	ETX
-----	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	-----	-----

Données transmises

STX	U	N	_	C	A	R	A	C	T	E	R	E	_	DLE	STX	ETX
-----	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	-----	-----	-----

caractère d'échappement



### Transparence bit

Données originales

01111110	00010111111010001010001111100101	01111110
----------	----------------------------------	----------

Données transmises

01111110	0001011111010100010100011111000101	01111110
----------	------------------------------------	----------

bit de bourrage

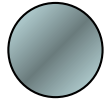


bit de bourrage





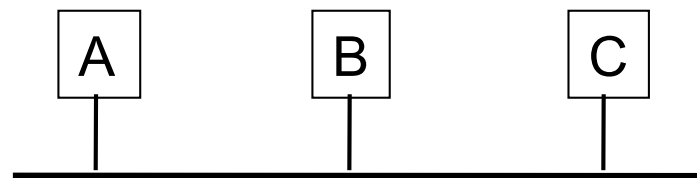
# Rappel : principe d'une liaison de données



- Mode de liaison
  - Liaison point à point

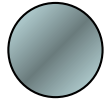


- Liaison multi-points





## Rappel : quel partage du support entre deux entités ?



- Transmission unidirectionnelle (*simplex*)



- Transmission bidirectionnelle à l'alternat (*half-duplex*)

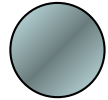


- Transmission bidirectionnelle en simultané (*full-duplex*)

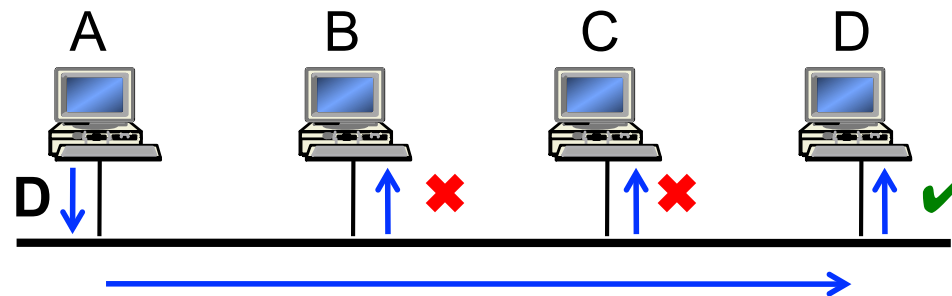




# Gestion de liaison multipoint (1)

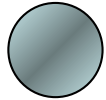


- Liaison multipoint
  - Même support physique partagé par plusieurs stations
- Problématiques
  - Identification (adressage) des stations
  - Politique d'accès au support (ou politique d'accès au canal)
- Topologies multipoints
  - Filaires : bus, anneau
  - Sans fil : ondes électromagnétiques





## Gestion de liaison multipoint (2)



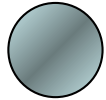
- Politique d'accès au canal
  - Qui contrôle l'accès ? (centralisé, distribué)
  - Quelle technique d'allocation ? (round robin, réservation, contention)

	Centralisé	Distribué
Round Robin	Polling	Bus à jeton Anneau à jeton
Réservation	Réservation centralisée	Réservation distribuée
Contention		ALOHA CSMA CSMA/CD CSMA/CA

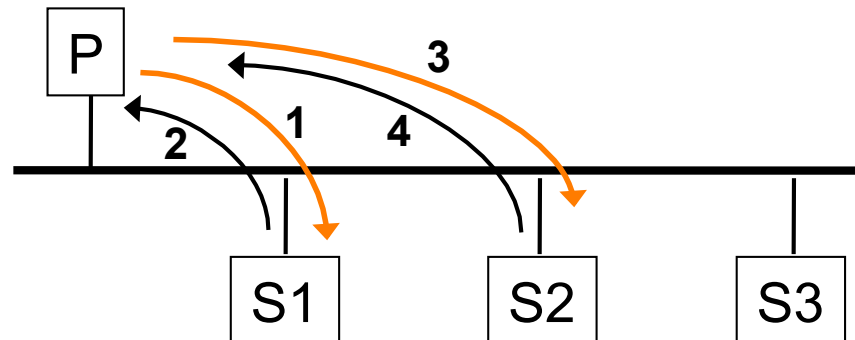




# Accès multipoint : gestion centralisée RR

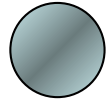


- Mode maître/esclave
  - Une station « primaire » et des stations « secondaires »
  - Le primaire est responsable de l'organisation des échanges
- Technique du « **polling** »
  - Le primaire invite les secondaires à émettre à tour de rôle (*roll call polling*)



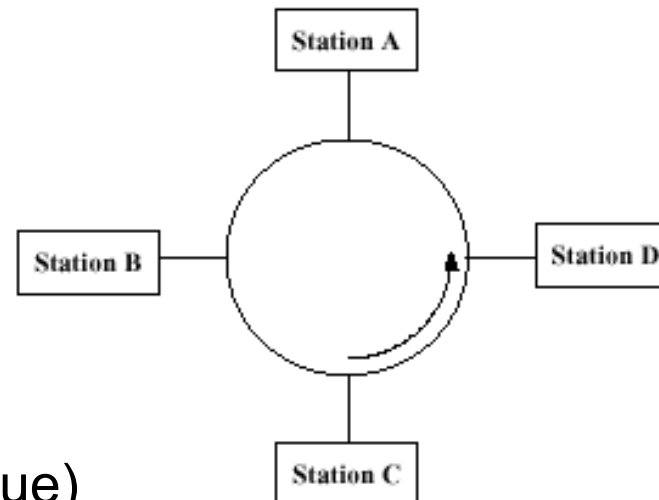


# Accès multipoint : gestion distribuée RR

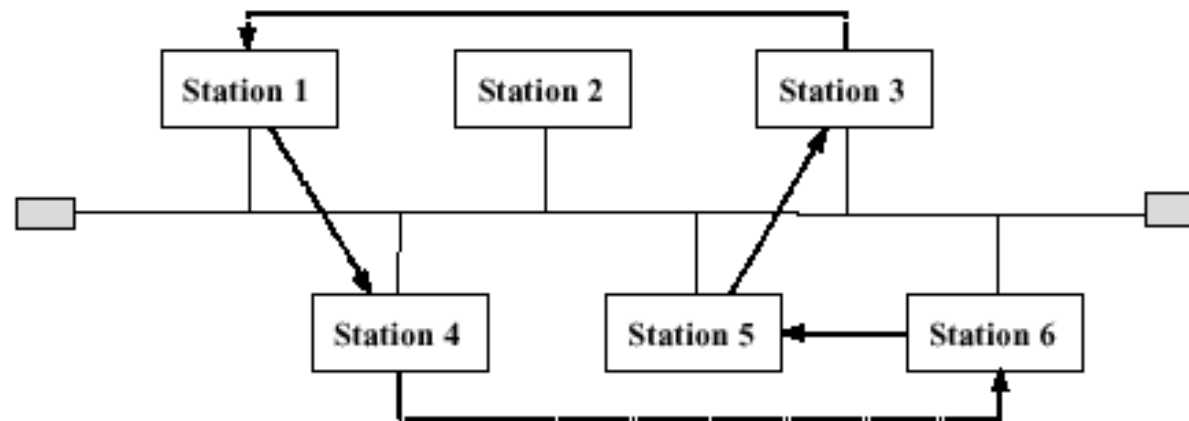


- Gestion distribuée du droit à émettre = **Jeton** (*token*)

- **Anneau à jeton**

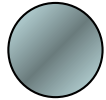


- **Bus à jeton** (anneau logique)





# Accès multipoint : techniques à contention



- **ALOHA**

- Accès aléatoire. Une station qui désire émettre, émet. S'il y a collision → pas d'acquittement. La station recommence après un délai aléatoire.

- **CSMA/CD**

- *Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection*
- Avant d'émettre, les stations écoutent le canal, s'il est libre, elles transmettent. Si une collision est détectée, arrêt immédiat de la transmission et attente d'un délai aléatoire avant de recommencer le processus.

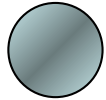






# Liaison de données

---

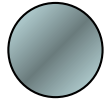


1. Caractéristiques / Fonctions
2. Gestion de liaison multipoint
- 3. Contrôle de flux**
- 4. Reprise sur erreurs**
5. Contrôle d'erreur
6. Protocole BSC
7. Protocole HDLC





# Contrôle de flux (1)



- Mécanisme consistant à adapter la cadence d'émission de l'émetteur sur les capacités de réception du récepteur
  - ➔ Le récepteur doit informer (signal, acquittement, ...) l'émetteur de sa capacité à recevoir
- Contrôle de flux
  - Matériel (*hardware flow control*) par l'utilisation de signaux échangés entre les équipements (ex. ligne RTS/CTS sur RS-232)
  - Logiciel (*software flow control*)
    - Caractère de contrôle (XON / XOFF)
    - Accusé de réception pour chaque trame (Stop and Wait)
    - Fenêtre d'anticipation





## Contrôle de flux (2)

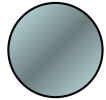
- Caractères de contrôle XON / XOFF
  - Caractères spécifiques pour activer ou suspendre la transmission (« *transmit on* » et « *transmit off* »)
  - XON/XOFF en ASCII : DC1 et DC3

Dec	Hx	Oct	Char	Dec	Hx	Oct	Html	Chr	Dec	Hx	Oct	Html	Chr	Dec	Hx	Oct	Html	Chr
0	0	000	<b>NUL</b> (null)	32	20	040	&#32;	Space	64	40	100	&#64;	@	96	60	140	&#96;	`
1	1	001	<b>SOH</b> (start of heading)	33	21	041	&#33;	!	65	41	101	&#65;	A	97	61	141	&#97;	a
2	2	002	<b>STX</b> (start of text)	34	22	042	&#34;	"	66	42	102	&#66;	B	98	62	142	&#98;	b
3	3	003	<b>ETX</b> (end of text)	35	23	043	&#35;	#	67	43	103	&#67;	C	99	63	143	&#99;	c
4	4	004	<b>EOT</b> (end of transmission)	36	24	044	&#36;	\$	68	44	104	&#68;	D	100	64	144	&#100;	d
5	5	005	<b>ENQ</b> (enquiry)	37	25	045	&#37;	%	69	45	105	&#69;	E	101	65	145	&#101;	e
6	6	006	<b>ACK</b> (acknowledge)	38	26	046	&#38;	&	70	46	106	&#70;	F	102	66	146	&#102;	f
7	7	007	<b>BEL</b> (bell)	39	27	047	&#39;	'	71	47	107	&#71;	G	103	67	147	&#103;	g
8	8	010	<b>BS</b> (backspace)	40	28	050	&#40;	(	72	48	110	&#72;	H	104	68	150	&#104;	h
9	9	011	<b>TAB</b> (horizontal tab)	41	29	051	&#41;	)	73	49	111	&#73;	I	105	69	151	&#105;	i
10	A	012	<b>LF</b> (NL line feed, new line)	42	2A	052	&#42;	*	74	4A	112	&#74;	J	106	6A	152	&#106;	j
11	B	013	<b>VT</b> (vertical tab)	43	2B	053	&#43;	+	75	4B	113	&#75;	K	107	6B	153	&#107;	k
12	C	014	<b>FF</b> (NP form feed, new page)	44	2C	054	&#44;	,	76	4C	114	&#76;	L	108	6C	154	&#108;	l
13	D	015	<b>CR</b> (carriage return)	45	2D	055	&#45;	-	77	4D	115	&#77;	M	109	6D	155	&#109;	m
14	E	016	<b>SO</b> (shift out)	46	2E	056	&#46;	.	78	4E	116	&#78;	N	110	6E	156	&#110;	n
15	F	017	<b>SI</b> (shift in)	47	2F	057	&#47;	/	79	4F	117	&#79;	O	111	6F	157	&#111;	o
16	10	020	<b>DLE</b> (data link escape)	48	30	060	&#48;	0	80	50	120	&#80;	P	112	70	160	&#112;	p
17	11	021	<b>DC1</b> (device control 1)	49	31	061	&#49;	1	81	51	121	&#81;	Q	113	71	161	&#113;	q
18	12	022	<b>DC2</b> (device control 2)	50	32	062	&#50;	2	82	52	122	&#82;	R	114	72	162	&#114;	r
19	13	023	<b>DC3</b> (device control 3)	51	33	063	&#51;	3	83	53	123	&#83;	S	115	73	163	&#115;	s
20	14	024	<b>DC4</b> (device control 4)	52	34	064	&#52;	4	84	54	124	&#84;	T	116	74	164	&#116;	t
21	15	025	<b>NAK</b> (negative acknowledge)	53	35	065	&#53;	5	85	55	125	&#85;	U	117	75	165	&#117;	u
22	16	026	<b>SYN</b> (synchronous idle)	54	36	066	&#54;	6	86	56	126	&#86;	V	118	76	166	&#118;	v
23	17	027	<b>ETB</b> (end of trans. block)	55	37	067	&#55;	7	87	57	127	&#87;	W	119	77	167	&#119;	w
24	18	030	<b>CAN</b> (cancel)	56	38	070	&#56;	8	88	58	130	&#88;	X	120	78	170	&#120;	x
25	19	031	<b>EM</b> (end of medium)	57	39	071	&#57;	9	89	59	131	&#89;	Y	121	79	171	&#121;	y
26	1A	032	<b>SUB</b> (substitute)	58	3A	072	&#58;	:	90	5A	132	&#90;	Z	122	7A	172	&#122;	z
27	1B	033	<b>ESC</b> (escape)	59	3B	073	&#59;	:	91	5B	133	&#91;	[	123	7B	173	&#123;	{
28	1C	034	<b>FS</b> (file separator)	60	3C	074	&#60;	<	92	5C	134	&#92;	\	124	7C	174	&#124;	
29	1D	035	<b>GS</b> (group separator)	61	3D	075	&#61;	=	93	5D	135	&#93;	]	125	7D	175	&#125;	}
30	1E	036	<b>RS</b> (record separator)	62	3E	076	&#62;	>	94	5E	136	&#94;	^	126	7E	176	&#126;	~
31	1F	037	<b>US</b> (unit separator)	63	3F	077	&#63;	?	95	5F	137	&#95;	_	127	7F	177	&#127;	DEL





## Contrôle de flux (3)

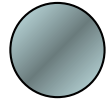


- Notion « d'accusé de réception »
  - Acquittement (ACK : *Acknowledgement*)
- Un accusé de réception peut être transmis :
  - Dans une PDU spécifique
  - Dans une PDU de donnée : on parle de *piggy-backing*
- Un accusé de réception peut être :
  - Individuel (l'ack ne concerne qu'une PDU)
  - Cumulatif (l'ack concerne plusieurs PDU)

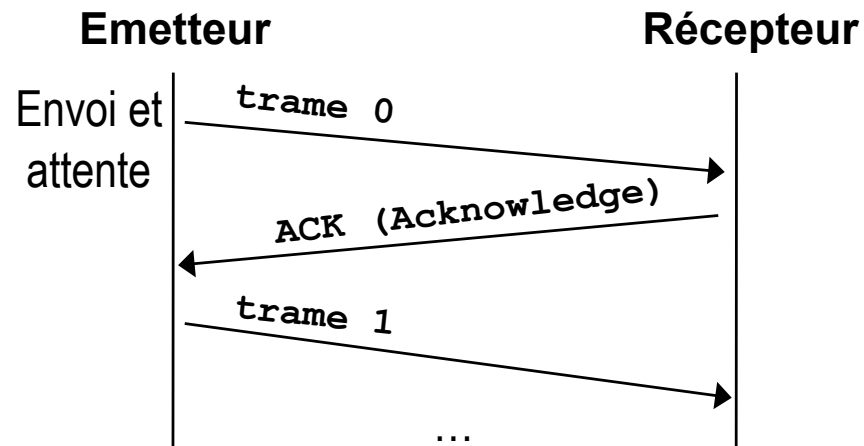




## Contrôle de flux (4)



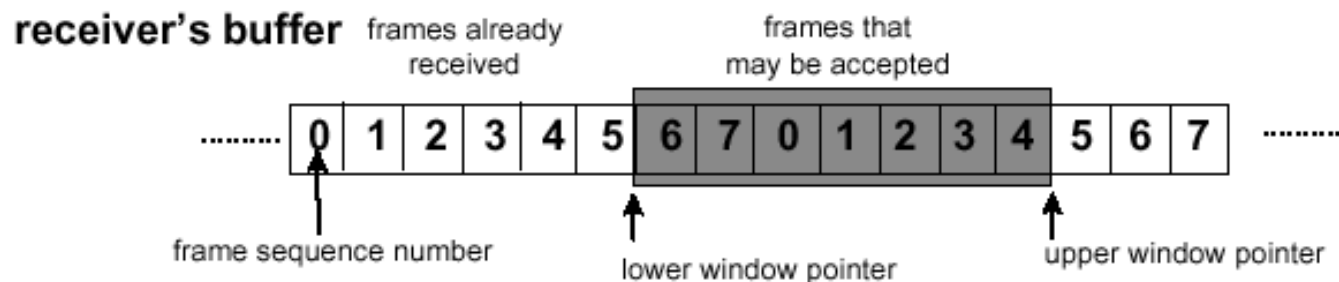
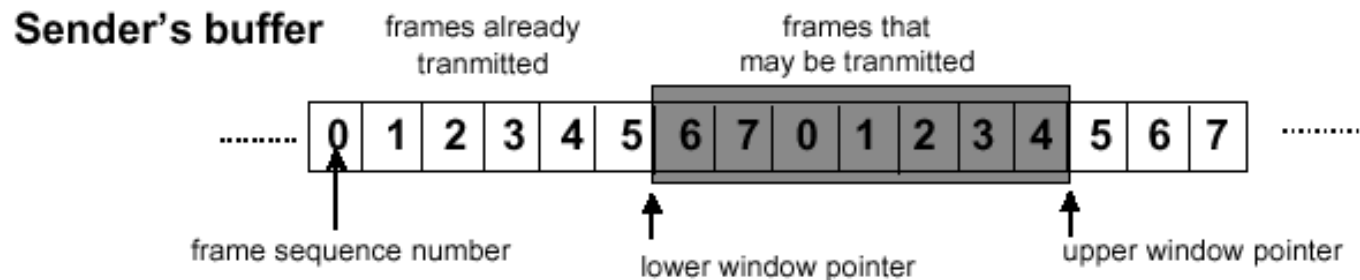
- Contrôle en mode Stop and Wait (ou Send and Wait)
  - Emission d'une trame et arrêt dans l'attente d'un accusé de réception (ACK). A la réception de l'acquittement, l'émetteur envoie la trame suivante.





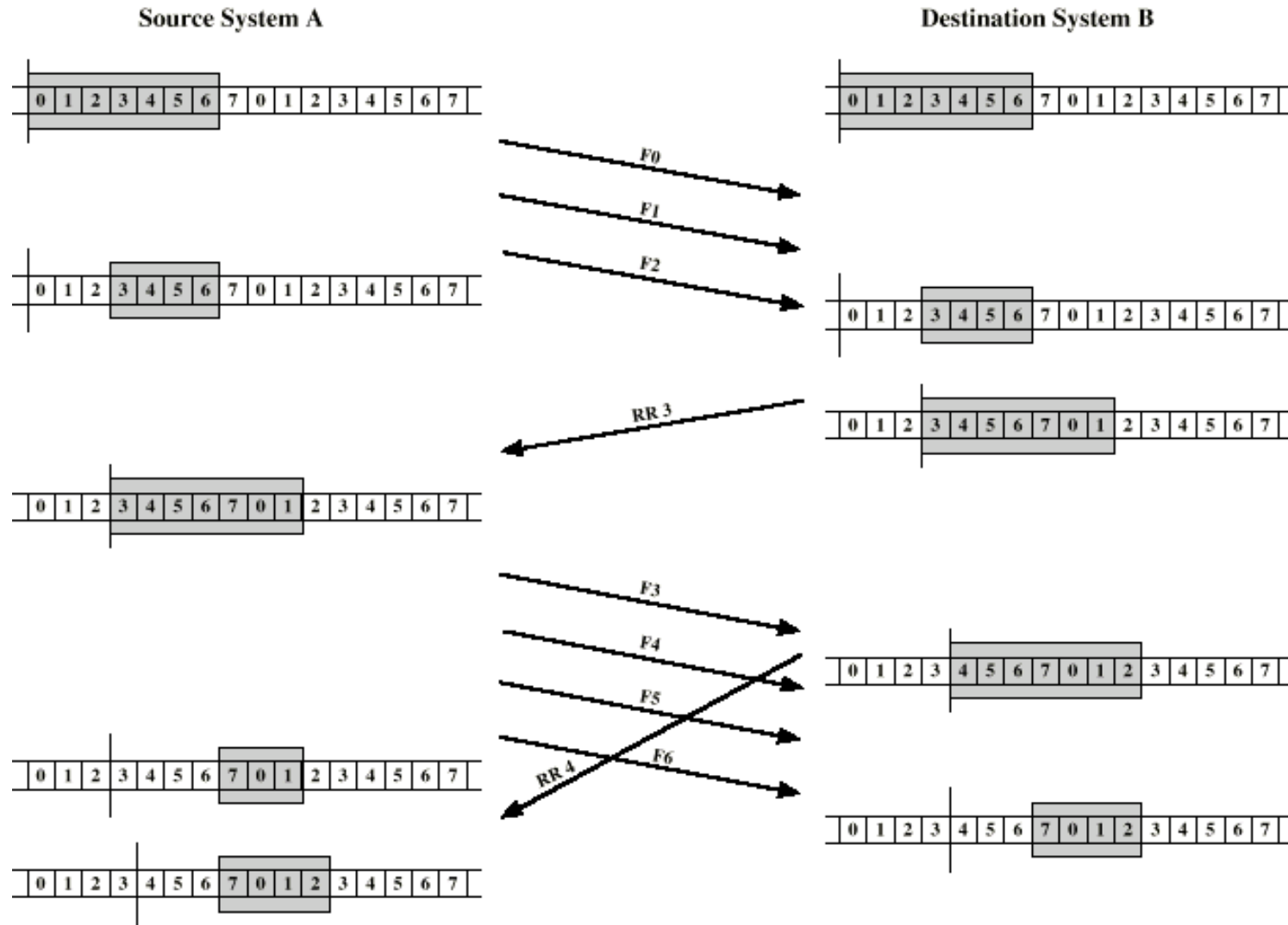
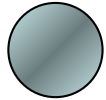
## Contrôle de flux (5)

- Fenêtre d'anticipation (ou fenêtre glissante, *sliding window*)
  - Emission de plusieurs trames sans devoir attendre un acquittement (dépend de la taille de la fenêtre)
  - Chaque trame est numérotée, l'acquittement indique la prochaine trame attendue



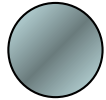


# Exemple de fenêtr glissante





# Reprise sur erreurs



- Possibilités d'erreurs sur la liaison (erreurs bits, pertes de trames)
  - Correction directe (cf. codes correcteurs)
  - Correction par retransmission : **reprise sur erreurs**
- Gestion de la retransmission
  - ➔ **Temporisateur** (*Timer*) pour retransmettre à l'échéance d'un temps imparti si aucun accusé de réception n'a été reçu.

Mais possibilité de duplication d'une trame (ex. quand l'acquittement se perd)

  - ➔ **Numérotation** de trames et compteurs à l'émission et à la réception (cf. contrôle de flux)

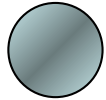






# Politiques de reprise sur erreurs

---

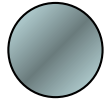


- Automatic Repeat reQuest (ARQ)
  - Méthode de reprise sur erreurs basée sur l'émission d'acquittements et la gestion de temporisateurs
- Types d'ARQ :
  - **Stop and Wait**
  - **Go Back N**
  - **Selective Repeat**





## Stop and Wait (1)

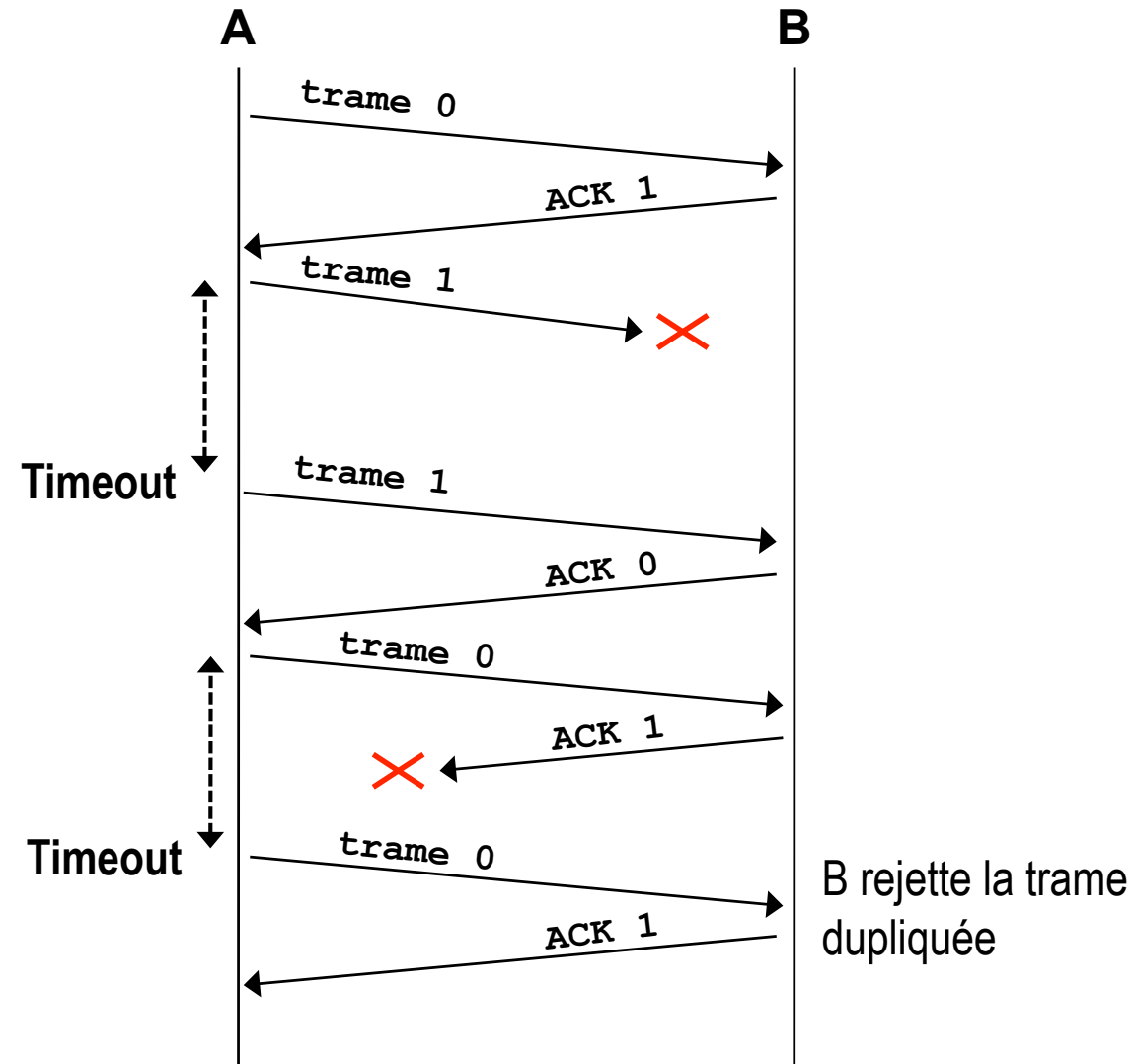
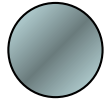


- Aussi appelé « Send and Wait »
- La source ne transmet qu'une seule trame et attend l'acquittement
- Si trame émise perdue (ou erronée)
  - Expiration du temporisateur de l'émetteur et retransmission
- Si acquittement perdu (ou erroné)
  - Expiration du temporisateur de l'émetteur et retransmission
  - Récepteur reçoit deux copies de la trame, utilisation du numéro de séquence pour filtrer la trame



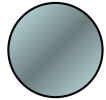


## Stop and Wait (2)





## Go Back N (1)

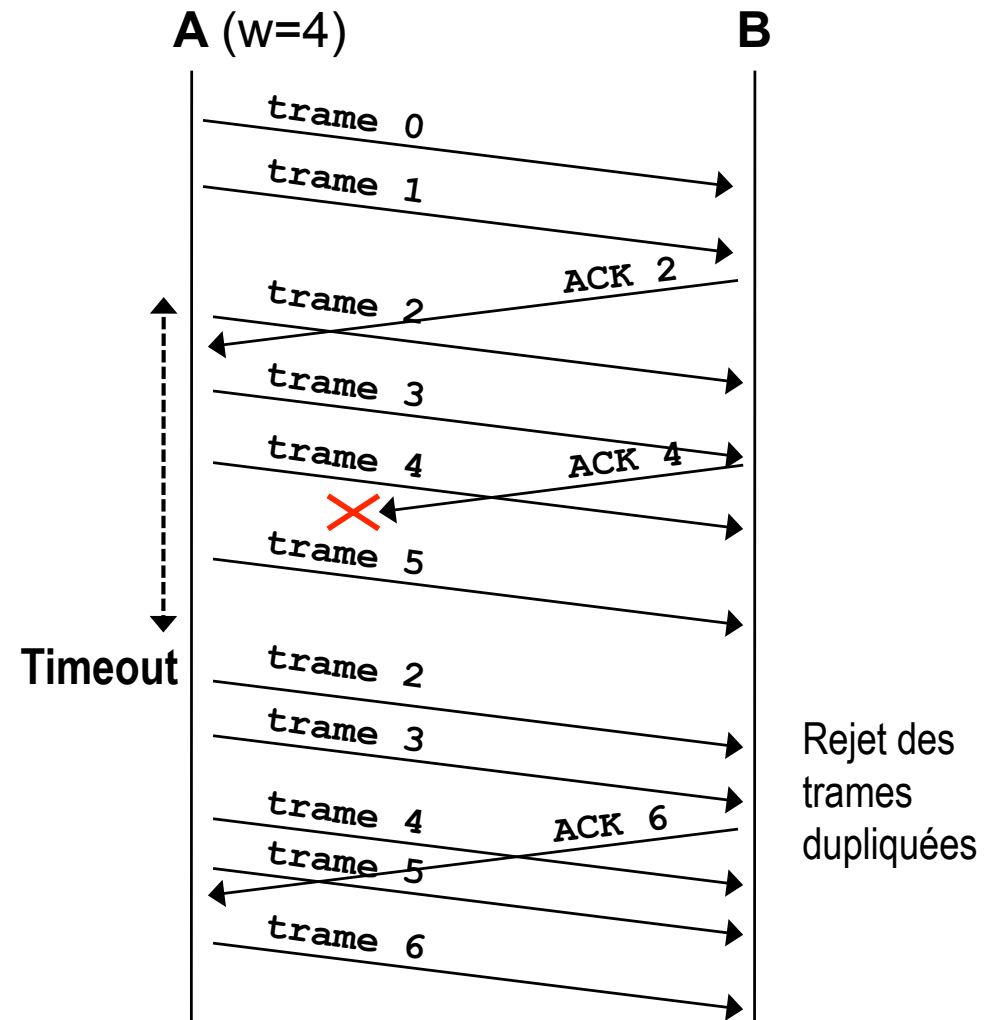
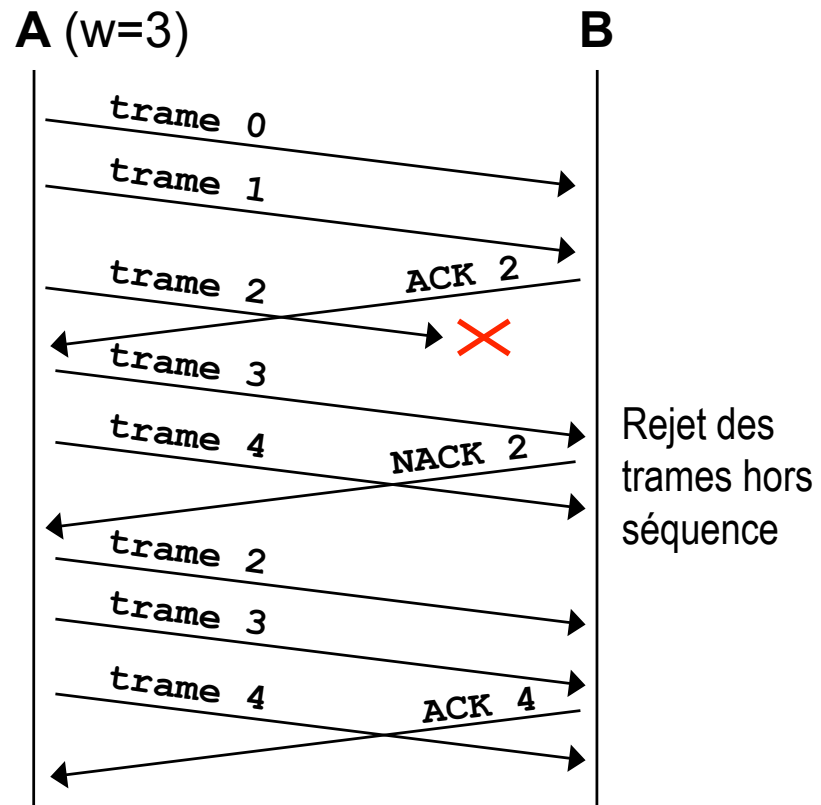
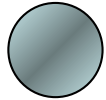


- Basé sur une fenêtre d'anticipation
- Si trame émise perdue (ou erronée)
  - Le récepteur rejette toutes les trames reçues hors séquence
  - Notification de rejet du récepteur (ou *timeout* de l'émetteur) et retransmission de toutes les trames à partir de la trame perdue ou erronée
- Si acquittement perdu (ou erroné)
  - Expiration du temporisateur côté émetteur (*timeout*) et retransmission de toutes les trames non acquittées
  - Le récepteur filtre les trames dupliquées



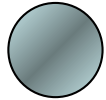


## Go Back N (2)





## Selective Repeat (1)

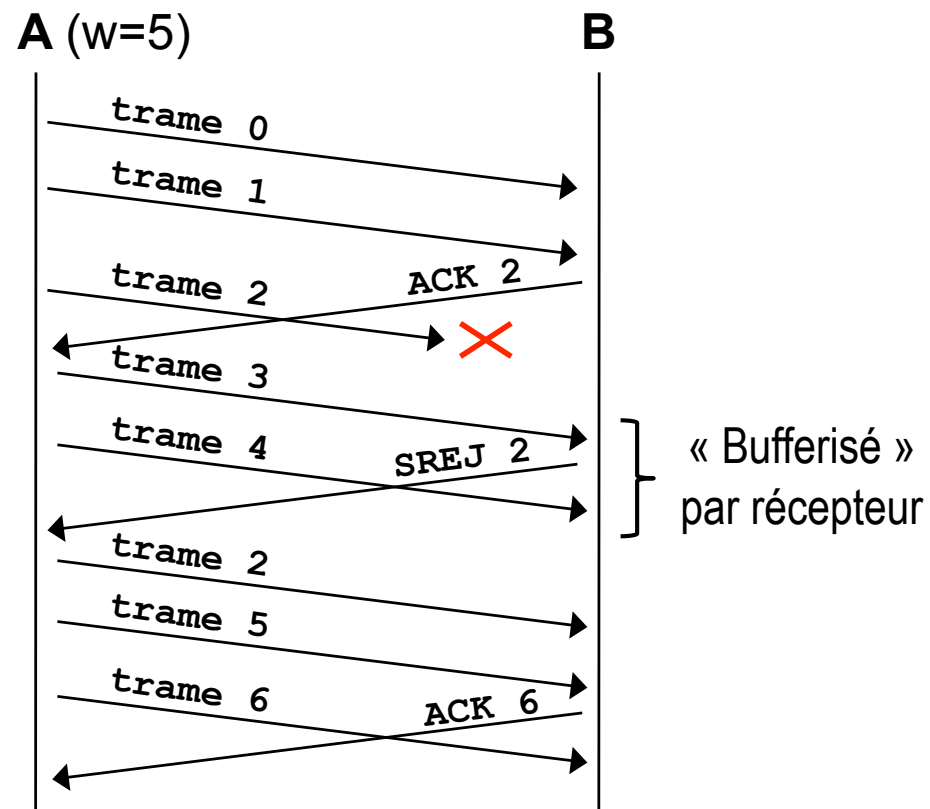
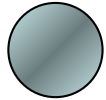


- Aussi appelé « Selective Reject »
- Seulement les trames rejetées sont retransmises
- Minimise les retransmissions
- Nécessite des mémoires tampons (buffer) importantes en réception, et le réordonnancement des trames reçues hors séquence





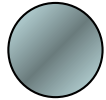
## Selective Repeat (2)





# Liaison de données

---



1. Caractéristiques / Fonctions
2. Gestion de liaison multipoint
3. Contrôle de flux
4. Reprise sur erreurs
- 5. Contrôle d'erreurs**
6. Protocole BSC
7. Protocole HDLC

