

Chapitre 3. Les liaisons de données

1. Définition

Considérons deux ETTD (Equipement Terminal de Traitement de Données) A et B, connectés par un circuit de données, comme l'indique la figure suivante :

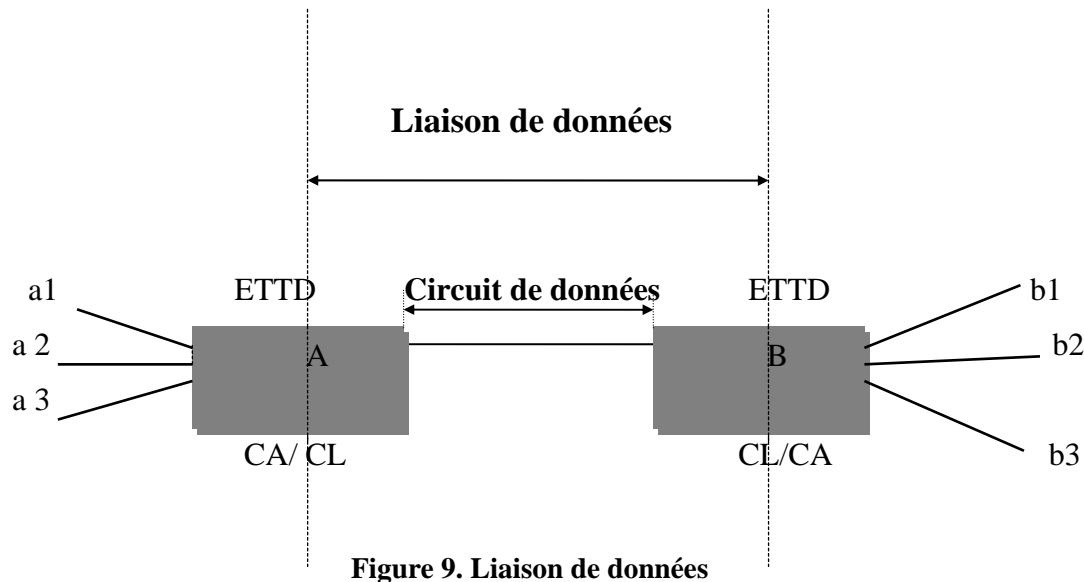


Figure 9. Liaison de données

CL : Commande de liaisons

CA : Commande d'appareils

Les ETTD comprennent en général une fonction de commande de communication, ou commande de liaison notée CL, et une fonction de commande notée CA, des appareils périphériques, ai, bi (par exemple l'imprimante, la bande magnétique, le disque, etc.) qui sont des sources ou collecteurs de données.

Dans ce cas présent, la liaison de données est définie comme l'ensemble des deux CL reliés par le circuit de données.

D'une façon plus générale, une liaison de données est l'ensemble des équipements terminaux et du réseau d'interconnexion associé qui fonctionne dans un mode particulier permettant l'échange d'informations entre les équipements terminaux (définition du livre vert du CCITT Tome VIII).

La liaison de données ainsi définie, peut être considérée sous deux aspects :

- Un aspect physique, lié au circuit de données et à la transmission de données ;
- Un aspect logique, lié aux commandes de liaison et à la coordination du transfert des données afin de le rendre sûr et efficace.

2. Les différents types de configuration

2.1. Liaison point à point

La liaison point à point permet de relier une station de traitement de données à une autre station et une seule, c'est la liaison la plus simple et ne comporte donc que deux extrémités.

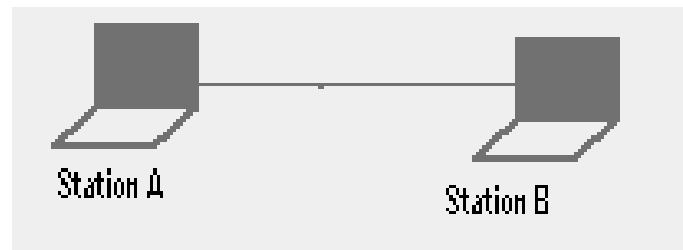


Figure 10. Liaison point à point

2.2. Liaison multipoint

Dans ce cas, plus de deux stations de traitement de données sont connectées sur le même support de transmission.

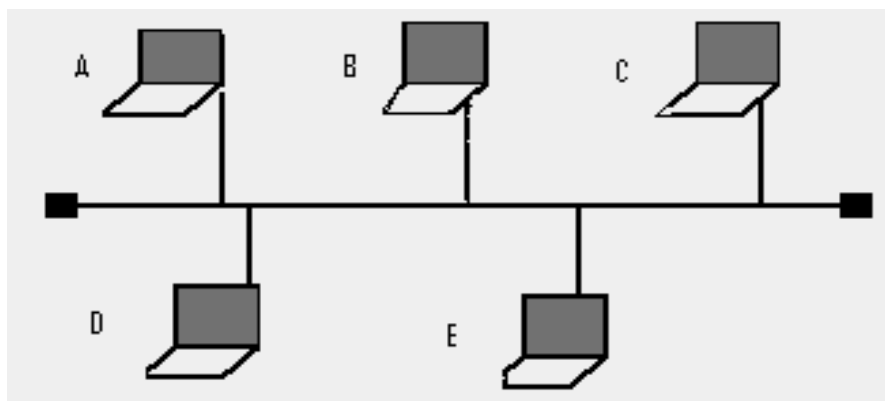


Figure 11. Liaison multipoint

Chaque station est caractérisée par une adresse physique.

Afin de coordonner les échanges d'informations sur la ligne, l'une des stations, (en général le site centrale **A** par exemple) doit jouer le rôle de pilote ou station primaire. Dans cette configuration si les données émises par la station primaire **A** sont reçues simultanément par toutes les stations connectées **B, C, D, E**, les transmissions vers la station primaire ne peuvent s'effectuer que l'une après l'autre, d'une manière ordonnée. La manière la plus utilisée est celle du polling-selecting (voir plus loin).

2.3. Liaison en boucle

La boucle est une variante de la configuration multipoint, où les deux extrémités de la liaison sont reliées à la station centrale, comme l'illustre la figure 12.

La transmission se fait le long de la boucle toujours dans le même sens et, tout comme pour les liaisons multipoints, une procédure de transmission est nécessaire pour permettre aux stations connectées d'émettre et de recevoir d'une manière ordonnée.

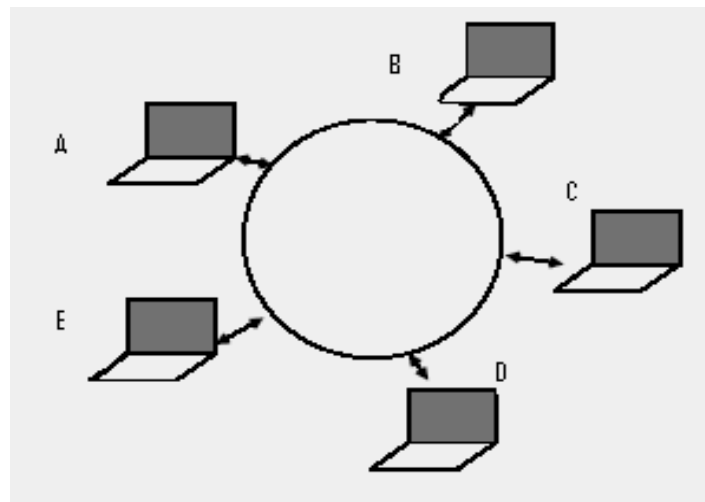


Figure 12. Liaison en boucle

3. Procédures de commande de la liaison de données

Si la liaison de données définie auparavant permet de transférer des éléments binaires d'un point de la liaison à un autre, il est évident qu'il faut une logique pour effectuer correctement ce transfert, pour l'interpréter et pour faire face aux situations anormales (erreurs, interruption de circuit, etc.).

Cette logique constitue le protocole de liaison ou encore procédure de commande de la liaison de données.

Le protocole de liaison joue le rôle d'interface logique entre la transmission et le traitement de l'information. C'est un ensemble de règles et de moyens concernant le transport d'informations.

3.1. Fonctions d'une procédure de commande

Pour permettre le transfert d'informations d'un point de la liaison à un autre, une procédure de commande doit assurer plusieurs fonctions: Structurer les données, les délimiter (c'est-à-dire indiquer le début et la fin), les identifier et bien sûr, identifier aussi la ou les origines et destinations de l'information, et enfin détecter et s'affranchir des erreurs liées à la fiabilité du support.

3.1.1. Structuration des données

Pour la transmission asynchrone, la structuration en caractères est imposée car chaque caractère est par définition entouré d'un élément de départ et un ou plusieurs éléments d'arrêt. Mais cela entraîne une grande redondance et en transmission synchrone, on réduit cette redondance en structurant les données par groupe de caractères appelés blocs ou trames.

3.1.2. Délimitation et identification des données

Pour reconnaître les données groupées en blocs ou en trames, on doit définir les signes de reconnaissance de début et de fin de ces groupements, en utilisant des caractères spéciaux dits caractères de contrôle.

On peut aussi utiliser une séquence spéciale d'éléments binaires comme signe de délimitation des blocs ou trames.

Dans tous les cas, il est absolument nécessaire d'éviter que ces signes de délimitation apparaissent dans l'information à transmettre (transparence du code).

Les données étant structurées en bloc, trame ou messages pour la transmission, il est nécessaire d'identifier individuellement ces derniers pour se protéger contre les pertes possibles. En général, on se contente de numéroté les blocs ou trames transmis (séquence assurant la continuité de la transmission).

3.1.3. Identification des origines/destinations de l'information

Pour une liaison point à point, il n'est pas nécessaire d'identifier l'origine, ou la destination de l'information puisque l'une est unique vis-à-vis de l'autre.

Pour une liaison multipoint ou en boucle, cette identification est nécessaire. L'échange se fera en précisant les adresses des stations d'origine et de destination.

Dans le cas où l'échange des données se fait toujours à partir d'une station centrale, il suffira de préciser l'adresse de la destination.

3.1.4. Contrôle de la liaison

Pour assurer au transfert de l'information un maximum de sécurité, de fiabilité et d'efficacité, la procédure de commande doit comporter des fonctions de supervision de la liaison ; ces fonctions de supervision servent à contrôler le bon fonctionnement de la liaison.

Elles signalent aux stations que l'information qu'elles envoient est bien reçue ou mal reçue en cas d'anomalies, elles signalent aussi des erreurs telles que : rupture de séquence de transmission, absence de réponse, etc.

3.1.5. Procédure de reprise

En cas d'erreurs, ou dans tous les cas d'anomalie de fonctionnement de la liaison, la procédure de commande doit recourir à des méthodes dites procédures de reprise pour tenter de rétablir la situation (répétition de commande, retransmission des données, etc.).

Les fonctions de supervision sont utilisées en coordination avec un certain nombre de compteurs, de temps d'attente (time-out), et de nombre de répétitions.

4. Exemples de procédures de commande

Il existe deux grandes catégories de procédures de commande ou protocoles de liaison:

- Les procédures dont les commandes s'effectuent par caractère,
- Les procédures dont les commandes s'effectuent par trame.

4.1. La procédure de commande par caractère (protocole mode de base)

Dans cette procédure l'information est structurée selon le format (Texte + commande).

La fonction commande de l'échange et celle de délimitation de message se fait par caractère.

Chaque caractère correspond à une fonction telle que:

- Délimitation du de message,
- Identification des données, de l'origine et de la destination de l'information,
- Fonction de contrôle de liaison.

4.1.1. Les Caractères de Commande

La procédure de commande par caractère ou protocole mode de base utilise l'alphabet international n°5 à 128 caractères (code ASCII, 7 bit + 1 bit de parité) dont 10 sont réservés aux commandes.

Les 10 caractères de commandes sont notés par un nom mnémonique de trois lettres se sont:

- **SOH** (Start of Heading): début de l'en-tête, indique le début d'un en-tête de transmission, l'en-tête peut-être: un numéro d'un bloc, adresse émetteur ou récepteur, état de la station, etc.,
- **STX** (Start of Text): début de texte, indique le début d'un texte,
- **ETX** (End of Text): indique la fin du texte,
- **EOT** (End of Transmission); fin de la transmission, indique la fin de transmission d'un ou plusieurs textes,
- **ETB** (End of Transmission of bloc): fin de bloc de transmission, indique la fin d'un bloc de donnée, (message divisé en bloc) dépend de la possibilité de la liaison (taille de zone tampons ou buffer),

D'où trois type de message qu'on peut rencontrer en mode de base

- L'en-tête et le texte d'un seul bloc.

SOH	En-tête	STX	TEXTE	ETX
-----	---------	-----	-------	-----

- Le texte d'un seul bloc.

STX	TEXTE	ETX
-----	-------	-----

- Le message avec en-tête en plusieurs blocs et le texte en plusieurs blocs

SOH	en-tête1	ETB	SOH	en-tête 2	STX	TEXTE A	ETB	STX	TEXTE B	ETX
Bloc 1			Bloc 2				Bloc 3			

- **ENQ** (Enquiry): demande une réponse à la station réceptrice, sert à contrôler l'identité de la station réceptrice (Sens : qui est là ?)
- **ACK** (Acknowledge) : Acquiescement, ou accusé de réception, elle est destinée à rendre compte à l'émetteur de la bonne réception par le récepteur (réponse affirmative) (après vérification des informations de contrôle, du message)
- **NAK** (négative Acknowledge) : Acquiescement négatif, ou accusé de réception négatif, transmis à l'émetteur lorsque le message reçu est invalide (après vérification des informations de contrôle).
- **SYN** (Synchronous idle) Synchronisation, utilisée entre deux messages (la ligne est alors inactive) pour permettre la synchronisation (de caractère et d'horloge) des stations en connexion sur un support utilisé en transmission synchrone.
- **DLE** (Data link Escape) Evasion de la liaison ou Echappement, permet d'obtenir la transparence de code, en faisant précéder tout caractère de commande par le caractère DLE. Ce caractère de commande permet d'éviter l'interprétation d'un caractère de contrôle au milieu d'un texte.

Dans le texte, après toute confirmation de bits équivalente à DLE, on ajoute un DLE

Exemple:

STX	A	B	DLE	C	ETX
-----	---	---	-----	---	-----

Est transmis sous forme

DLE	STX	A	B	DLE	DLE	C	DLE	ETX
-----	-----	---	---	-----	-----	---	-----	-----

A la réception d'un caractère DLE, on examine le caractère suivant :

Si c'est:

- DLE; il fait partie du texte,
- Caractère de commande; la fonction du caractère de commande est assurée,

Sinon, il y a erreur de transmission.

4.1.2. Les Fonctions de Supervision

Pour gérer la liaison, les stations **A** et **B** qui doivent échanger des messages utilisant les caractères de commande, en respectant les règles syntaxique définie par la procédure de mode de base. Cette procédure réalise les fonctions de supervision de la liaison (par exemple acquiescement, invitation à émettre, invitation à recevoir etc.) en utilisant les caractères de commande. EOT, ACK, NAK, ENQ.

▪ Invitation à émettre (polling)

Pour inviter une station d'adresse A à émettre, la station B émet la séquence la séquence suivante.

Sens \leftarrow EOT A ENQ

EOT sert à mettre et à remettre la liaison dans à l'étape de commande, il est facultatif.

- Si la station **A** n'a rien à transmettre, elle doit retourner la réponse EOT
- Si elle a un message à envoyer, elle l'envoie en utilisant le format des blocs d'information SOH

Sens \leftarrow SOH en-tête STX texte ETX

▪ Invitation à recevoir (Selecting)

Pour inviter une station **B** à recevoir, la station **A** émet la séquence

Sens \leftarrow EOT B ENQ

Dans ce cas.

- Si la station **B** est prête à recevoir, elle retourne ACK
- Si non elle retourne NAK

Remarque: Invitation à émettre et recevoir \Rightarrow Adresse + ENQ

▪ Demande de recevoir (contention)

Dans le cas d'une liaison point à point uniquement, où chaque station peut prendre le contrôle de la ligne. La station qui veut émettre envoie une demande de recevoir ENQ à la station opposée. Celle-ci doit répondre comme dans le cas d'une invitation à recevoir (c'est à dire ACK ou NAK)

En cas de contention (deux stations essayent de transmettre simultanément), on résout le conflit en donnant des valeurs différentes aux délais d'attente (time-out) des deux stations

Time-out : Intervalle de temps accordé à une station pour donner une réponse à une commande quelconque, Exemple délai d'attente égal à 1000 Milliseconde, Passé ce délai la station est considéré comme étant en dérangement

▪ Demande de réponse.

Pour obtenir une réponse ou la répétition d'une réponse à une commande envoyée, une station maîtresse utilise le caractère E N Q

▪ Fin de transmission

Se fait par le caractère EOT, pour indiquer que la transmission est terminée

▪ Libération de la liaison

La séquence DEL EOT est utilisée pour libérer la liaison (établie sur le réseau commuté par exemple).

▪ Synchronisation

Caractère SYN pour obtenir ou maintenir la synchronisation de caractère à chaque transmission.

On précède le message à transmettre par des caractères SYN et pendant la transmission on peut insérer des caractères SYN pour la maintenir la synchronisation.

▪ Procédure de reprise.

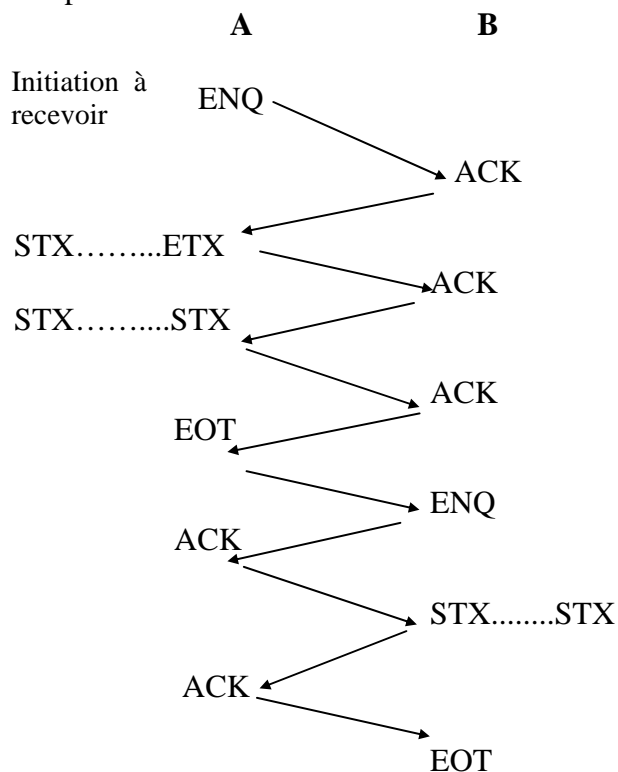
Lorsqu'une station n'obtient pas de réponse à une commande qu'elle a envoyée, au-delà d'un certain délai :

- la séquence de commande ou le message pourra être retransmis N fois.
- ou la station envoie une demande de réponse ENQ
- ou la station termine la transmission en envoyant EOT.

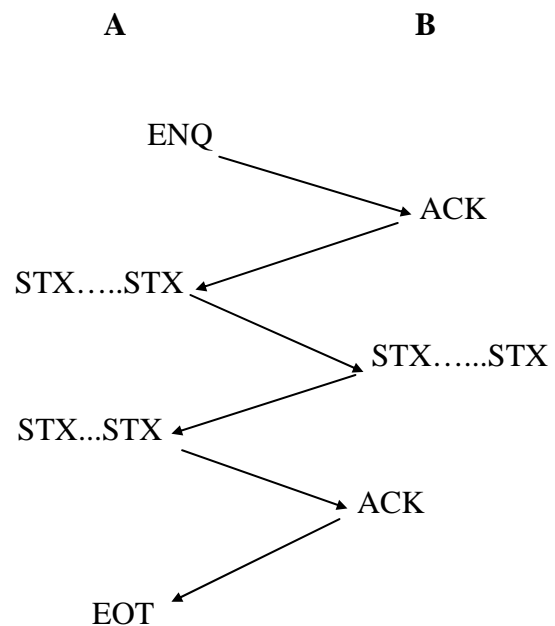
4.1.3. Le Mode Conversationnel

Ce mode est obtenu en étendant la procédure du mode de base il permet de fonctionner en procédure de dialogue où après une entrée dans la phase de transfert de donnée, conforme au mode de base simple, une station a le droit de répondre à un bloc d'information par un autre bloc d'information qui tient lieu d'un acquittement positif.

Exemple:



Fonctionnement normal



Fonctionnement au mode conversationnel

Remarque:

Seul un acquittement positif peut être remplacé par un bloc d'information.

Un bloc d'information qui remplace ACK doit être terminée par un ETX (le cas ETB n'est pas permis).

Parmi les nombreuses procédures conforme au mode de base.

Il y a la famille des procédures BSC (Binary Synchronous Communication) d'IBM et la procédure VIP de Bull.

Remarque:

En plus des 10 caractères de commandes de bases, les normes ECMA (European Computer Manufacture Association) définissent des séquences de deux caractères servant de commande et commençant par le caractère DLE.

WACK: Bien reçu, mais attendez avant d'émettre à nouveau.

RVI: Interruption, permet l'interruption de la transmission pour envoyer un message prioritaire.

TTD: Tempory Transmission Delay, demande d'une station à l'autre d'attendre la suite du message.

4.2. Procédures de commande orientées bit

L'une des plus grandes contraintes de la commande par caractère (le mode de base) est le code utilisé (alphabet à 5, 6, 7 ou 8 bits par caractère), code qui varie d'un constructeur à l'autre ; les procédures de commande orientées bit ont justement pour objectif de s'affranchir de cette contrainte de code en prenant pour élément informatif de base l'élément binaire, le bit.

Dans un message, la structure de l'information est donc celle d'une séquence de bits et non plus de caractères d'un alphabet spécifique. Ce type de procédure, plus souple que celle par caractères, permet de s'adapter aux exigences des réseaux ordinaires hétérogènes.

Ses principales caractéristiques sont :

- Orientation bit:
 - Transmission de message de longueur quelconque;
 - Emplacement prédéfini des zones, ce qui évite l'utilisation de caractères de contrôle,
- Indépendance vis à vis du code,
- Un format unique de messages: appelé Trame,
- Une grande efficacité.

4.2.1. Structure de trame

Elle est unique pour une procédure donnée, et très voisine d'une procédure à l'autre.

1 Octet	1 Octet	1 Octet	N Octets	2 Octets	1 Octet
Fanion 01111110	Adresse	Commande	Texte	FCS	Fanion 01111110

Figure 13. Format de trame

Ce format est constitué de 6 zones ou champs, dont deux servent de caractères de délimitation (les fanions, octets constitués de 01111110). Le fanion est utilisé pour la synchronisation de trame.

Le champ d'adresse sert à définir la station secondaire impliquée dans l'échange. Elle est constituée d'un seul octet, ce qui permet 256 valeurs d'adresses, ce champ peut être étendu à plusieurs octets (cas de réseaux très importants).

Le champ de commande contient les commandes et les réponses ainsi que les numéros de séquence. Le champ de commande doit être utilisé par la station primaire pour indiquer à la station secondaire quelle opération elle doit réaliser. Il est utilisé par la station secondaire pour répondre à la station primaire.

Le champ d'information est constitué de n'importe quelle séquence de bits. Pour assurer la transparence, c'est à dire éviter toute séquence susceptible d'être considérée par le récepteur comme un fanion, l'émetteur place obligatoirement un bit 0 après toute séquence de 5 bits successifs positionnés à 1, y compris les 5 derniers bits du FCS.

En réception, après une séquence à 5 bits à 1, si le bit suivant est :

- 0, il est supprimé,
- 1, il s'agit d'un fanion ou d'une erreur.

Le champ de contrôle de trame (FCS), Frame Check Sequence ou Séquence de Contrôle de Trame, c'est une suite de 16 bits obtenu par application sur l'ensemble des bits de la trame d'une règle de calcul, de codage et de contrôle (contrôle cyclique)

Exemple:

L'avis du V41 du CCITT conseille l'utilisation de codes polynomiaux de longueurs:

$n = 260, 500, 980 \text{ ou } 3860$ bits avec le polynôme générateur $g(x) = X^{16} + X^{12} + X^6 + 1$.

Les bits d'information comme les bits de service (adresse, fanion, commande) sont soumis à une procédure de codage qui correspond à la division par le polynôme générateur; le reste de la division constitue la séquence de contrôle de trame (FCS).

Entre deux trames successives, pour maintenir la synchronisation Emetteur-récepteur, La station primaire émet une suite ininterrompue de fanions. En cas de trame reçue incorrecte (trop courte ou mal balisée par les fanions, 7 bits successifs à 1 par exemple), elle est ignorée.

4.2.2. Les principales procédures de commande

Parmi les nombreuses procédures orientées bit, il y a :

- HDLC (High Level Data Link Communication) est une procédure normalisée par l'ISO.

Son importance est d'autant plus grande que l'ISO et le CCITT sont parvenus à un accord sur une classe de procédure HDLC, appelée LAP-b (Link Access Protocol) pour constituer le niveau trame du protocole X25,

- SDLC (Synchronous Data link Communication) d'IBM

Cette procédure constitue un élément de base de l'architecture réseau d'IBM SNA (System Network Architecture),

- CDCCP (Control Data Communication Control Procédure) de Control Data,
- BDLC (Burroughs Data Link Control), UDLC pour UNIVAC, etc.

4.2.3. La procédures de commande HDLC

Le champ de commande de la procédure HDLC définit 3 formats de transmission.

	F	A	Cde	Texte	Fcs	F
--	---	---	-----	-------	-----	---

	Bit	1	2	3	4	5	6	7	8
Format de trame d'information (I)	Type (I)	0	N(S)			P/F	N(R)		
Format de trame de supervision (S)	Type (S)	1	0	SS			P/F	N(R)	
Format de trame non séquentiel (N)	Type (N)	1	1	M	M	P/F	M	M	M

- **N (S)** désigne le numéro séquentiel d'une trame émise, c'est le compteur d'émission (module 8)
- **N (R)** désigne le numéro séquentiel d'une trame à recevoir, Autrement dit N(R) sert également à indiquer la bonne réception de toutes les trames numérotées jusqu'à N(R) – 1, c'est le compteur de réception (module 8),
- **P/F** l'indicateur P (Poll) indique une demande de réponse envoyée par une station, l'indicateur F(Final) indique une réponse au bit P par une station,
- **SS** indique un numéro de fonction de supervision,
- **M** correspond à des bits pour coder des numéros de commande ou réponse supplémentaires.

▪ La trame d'information

Employée par les stations primaires et secondaire pour transmettre de l'information.

N(S): indique le numéro de la trame émise (compteur d'émission),

N(R): indique le numéro de la trame attendu (compteur de réception),

P/F: P indique une demande de réponse, F indique une réponse au bit P.

▪ La trame de supervision

Sert à effectuer des fonctions usuelles de supervision de la liaison. Les deux bits SS définissent 4 fonctions de supervision:

bit 3	bit4	sigle	signification
0	0	RR	Receive Ready
0	1	REJ	Rejet
1	0	RNR	Receive not Ready
1	1	SREJ	Selective Rejet.

RR: La station (primaire ou secondaire) indique qu'elle est prête à recevoir de l'information ou accusé de réception des trames reçues numérotées jusqu'à $N(R) - 1$.

REJ : La station primaire ou secondaire demande la transmission ou la retransmission à partir de la trame numéro $N(R)$, la trame numéro $N(R) - 1$ est bien reçue.

RNR: La station primaire ou secondaire indique qu'elle n'est pas en état temporairement de recevoir des trames d'information, mais que les trames numérotées jusqu'à $N(R) - 1$ sont bien reçues, la trame $N(R)$ n'est pas confirmée.

SREJ : La station primaire ou secondaire demande de transmettre ou retransmettre la seule trame $N(R)$, la trame numéro $N(R) - 1$ est bien reçue.

▪ Format non séquentiel

Permet de définir des fonctions supplémentaires

Les 5 bits de réserve M définisse jusqu'à 32 fonctions de supervision supplémentaire.

Exemple: 3 commandes et deux réponses

Ces Commandes / Réponses permettent de faire fonctionner la liaison en plusieurs modes différents.

bit 1	bit 2	bit 3	bit 4	bit 5	bit 6	bit 7	bit 8	
1	1	1	1	P	0	0	0	Cde. SARM- Mode de réponse autonome
1	1	0	0	P	0	0	1	Cde. SNRM - Mode de réponse normal
1	1	0	0	P	0	1	0	Cde. Disc - Libération
1	1	0	0	F	1	1	0	Rép. UA-Acception non numérotée
1	1	1	0	F	0	0	1	Rép. CMDR - commande rejetée

SARM (Set Asynchronous Response Mode) en mode Réponse autonome.

Une station permet de mettre la liaison en état de fonctionnement en mode de réponse autonome.

Une station peut émettre à son gré, sans l'autorisation de la station primaire.

En recevant cette commande une station qui accepte de fonctionner en ce mode doit envoyer la réponse **UA** et remettre ses compteurs d'émission et de réception à Zéro.

*** Commande SNRM (Set Normal Réponse Mode)**

Cette commande est utilisée pour inviter une station secondaire à fonctionner en mode de réponse normal, (La station seconde transmet sur invitation d'une station primaire qui contrôle la liaison) .

En recevant cette Commande, la station secondaire qui accepte de fonctionner en ce mode doit répondre par l'envoi de la Réponse UA et remet ses compteurs à zéro (N(S) et N(R)).

*** Commande Disc (Disconnect) libération**

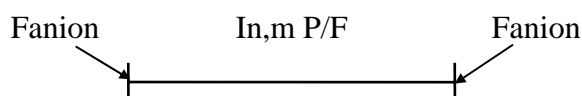
Cette commande sert à libérer la liaison. Avant de se déconnecter, la station secondaire qui a reçu la commande Disc., doit répondre par UA (acceptation de l'ordre) et se déconnecte.

*** Commande UA (Un numbered Acknowledgement)**

Acceptation non numérotée, cette commande est utilisée par la station secondaire pour indiquer à la station primaire qu'elle a bien reçu la commande et qu'elle a accepter.

*** Commande CMDR (Commande Reject) Commande rejetée**

Utilisée par une station secondaire pour indiquer à la station Primaire qu'elle rejette la commande qui a été reçu correctement.

Exemple:***Trame d'information***

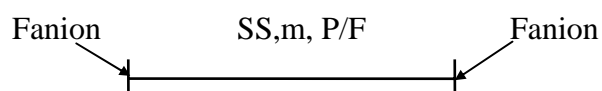
I: indique que c'est une trame d'information,

n: représente le numéro de la trame émise (N(S)),

m: le numéro de la prochaine trame attendue (N(R)),

P : le primaire invite le secondaire à répondre,

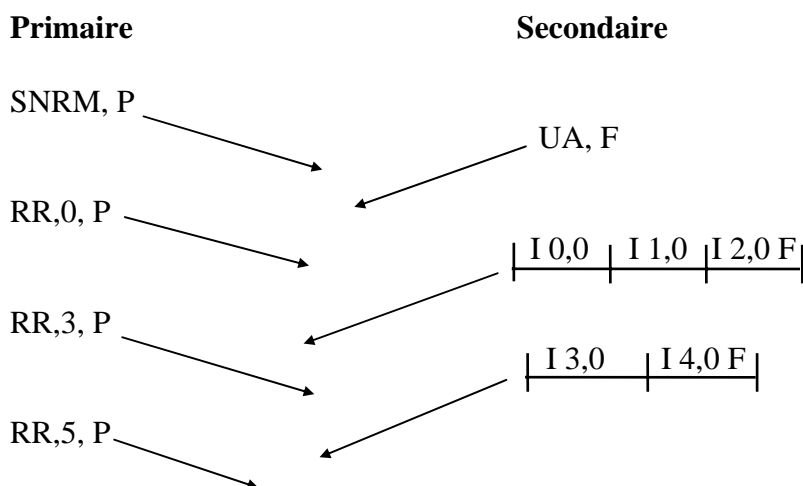
F : indique la réponse du secondaire au primaire,

Trame de supervision

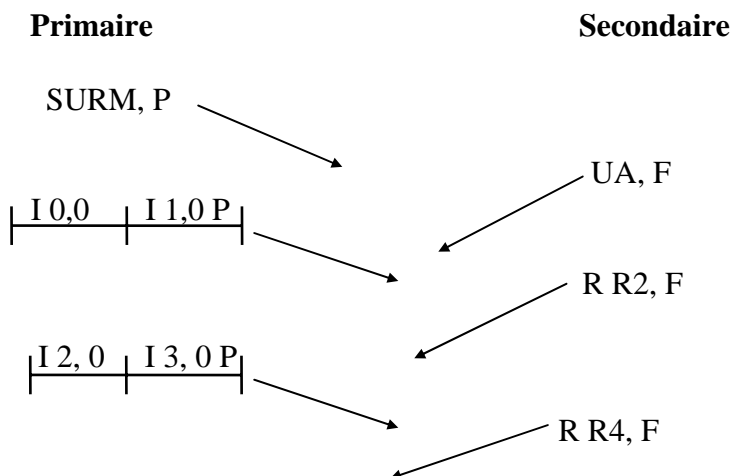
SS : désigne la commande ou la réponse.
m, P et F ont la même signification

Exemple : Liaison bidirectionnelle à l'alternat en mode de réponse normale

- Procédure d'établissement du mode de réponse normale avec transfert de 5 trames d'information depuis la secondaire



- Procédure d'établissement du Mode Normal avec transfert de 4 trames (2 par 2) depuis le Primaire



Exemple : Liaison bidirectionnel simultanée en Mode Normale avec un transfert du secondaire uniquement de 5 trames.

