

4. PROTOCOLE H.D.L.C

High-Level Data Link Control

4.1. Normes et réalisations .

standards	OSI 3309 et 4335
recommandations	CCITT X25.2 (LAPB) CCITT I440 (LAPD)
standards	ECMA 40, 49, 60, 61 et 71
protocoles	IBM SDLC

4.2 Service physique requis .

service normal avec :
circuit de données **synchrone**
duplex

Le coupleur doit, en outre, assurer "l'insertion automatique de zéros"(voir ci-dessous) et, si possible, la détection d'erreurs par code cyclique avec le polynôme CCITT utilisant une initialisation à "1".

4.3. Service fourni

4.3.1. Caractéristiques principales

- * Transmission de **chaînes de bits**
de taille quelconque
bidirectionnelle **simultanée**
---> **Transparence**
- * Correction d'erreurs par
détection par code cyclique
et répétition des trames.

Information (I):

7	6	5	4	3	2	1	0
N(R)		P/F	N(S)		0		

Ces trames transportent les données utilisateur

Supervision **séquentée** (S):

4 3 2 1 0

N(R)	P/F	Type	0	1
------	-----	------	---	---

Ces trames sont utilisées pour le contrôle de flux et la répétition des trames d'information manquantes

Supervision **non-séquentée** (U):

7	6	5	4	3	2	1	0
M		P/F	M		1 1		

Ces trames assurent les fonctions de connexion, déconnexion, réinitialisation, test, etc.

4.5. Délimitation de trame. Transparence en code

Les trames débutent et se terminent par un **Fanion**. Le champ d'adresse, début de trame, est le premier champ qui suit le fanion d'ouverture. La séquence de contrôle de trame (FCS) est constituée des 16 bits qui précèdent le fanion de fermeture. Le champ d'information est le champ de taille variable entre champ de commande et FCS.

L'octet "01111110" ne doit donc pas se trouver dans une trame, sinon elle est prise comme fanion de fermeture. Ceci est réalisé par le mécanisme d'insertion automatique de '0' dans le coupleur de communication .

Sommairement , à l'émission comme à la réception, on dispose d'un compteur , remis à '0' chaque fois que l'on rencontre ou que l'on place un '0' dans la chaîne de bits constituant la trame et incrémenté sur chaque '1'.

A l'émission ce compteur insère un '0' lorsqu'il atteint la valeur 5. A la réception ,si un '0' suit cinq '1' il est extrait . Si on a six '1' il y a présomption de fanion contrôlée par le test du bit suivant. S'il est encore à '1' on a une trame "avortée" .

exemple :

à émettre : 01110011111 11011111 00... fanion

compteur : 01230012345012012345000 01234560

transmis : 01110011111**0**11011111**000**..... **01111110**

reçu : 01110011111 11011111 00... fanion

En général, si l'utilisateur cesse de fournir des données au coupleur celui-ci place le FCS (calculé au fil de l'eau) en fin de trame puis le fanion de fermeture. Le mécanisme d'avortement permet de faire ignorer une trame lorsque cette fin est non-voulue (l'utilisateur ne fournit pas assez vite les données).

4.6. FONCTIONS**4.6.1. Transfert d'information**

Pour les données normales, il est assuré par le champ d'information des trames de type **I**. En émission, ce champ est fourni par la couche supérieure dans une requête de données. En réception, il est transmis à la couche supérieure dans une indication de données. Ces trames sont séquencées. On peut aussi utiliser, option n° 4, les trames **UI** non séquencées.

Les mécanismes de correction d'erreurs, de contrôle de flux, d'invitation à émettre, etc. seront étudiés plus loin.

4.6.2. Adressage

L'adresse transmise est celle de la station ou de la fonction secondaire en mode équilibré.

Ceci permet, en multipoint, de désigner la station secondaire destinataire ou émettrice; il n'y a aucune ambiguïté sur la station primaire unique et aucun transfert possible entre stations secondaires.

En mode symétrique, ceci permet d'avoir **deux** transferts de données bidirectionnels. L'option 8 en mode symétrique ne garde qu'un transfert unidirectionnel dans chaque sens.

Dans le protocole X25.2 (LAPB) les adresses prennent les valeurs

$$\mathbf{A = 1 \text{ et } B = 3}$$

pour une liaison unique. Les commandes émises par l'ETTD vers le réseau ou les réponses reçues par l'ETTD portent l'adresse B , les transferts inverses l'adresse A. Pour une multiliasion ces adresses sont remplacées (adressage étendu) par

$$\mathbf{D = E0_H \text{ et } C = F0_H}$$

4.6.3. Sécurité : séquençement, correction des erreurs

Toutes les trames contenant des données utilisateur (trames **I**) sont séquençées par un numéro de 0 à 7 en mode normal ou de 0 à 127 en mode étendu .

La détection d'erreurs est faite par l'analyse du champ FCS . (Voir chapitre sur ce sujet) .

Toute trame erronée est ignorée !

Les trames erronées sont donc **non-reçues**. L 'erreur est constatée lors de la prochaine trame correcte comme une **rupture dans le séquençement** . Le mécanisme de demande de répétition des trames manquantes entre alors en jeu. (voir ci-dessous).

Le mécanisme de "Rejet", généralement utilisé (option 2 de HDLC) est explicité au paragraphe 5.7 ci-dessous.

4.6.4. Connexion - déconnexion - réinitialisation

La connexion peut se faire soit en mode symétrique, soit en mode dissymétrique normal soit en mode dissymétrique autonome (trames SABM, SNRM, SARM). Dans chaque cas, on peut choisir de travailler en séquençement normal ou étendu (trames SABME, SNRME, SARME).

Les options ne sont pas négociables, mais définies lors de l'implantation.

Si un mode de connexion ne peut être accepté, la station acceptrice reste déconnectée en renvoyant un refus de connexion (trame DM) , sinon elle émet une confirmation (trame UA).

Dans le mode dissymétrique normal (SNRM), il est souvent utile qu'une station secondaire puisse demander à la station primaire d'établir une connexion vers elle. Ceci permet à la station primaire de ne pas scruter périodiquement, à un rythme rapproché, des stations qui ne sont prêtes. Pour effectuer cette demande, la station secondaire peut émettre une trame d'indication de mode déconnecté (DM).

Il est recommandé de mettre le bit P/F de la trame SABM et de la trame UA qui en résulte à "1". Ceci permet d'éviter des fonctionnements erratiques en cas de **collision** de connexion.

La déconnexion est demandée explicitement (trame DISC) et doit être acquittée (UA). Une station secondaire peut demander à la station primaire de se déconnecter par une trame RD (si l'option 1 est implantée) ou par une trame UA non sollicitée avec le bit P/F à "1" (voir ci-dessous).

La mise en oeuvre de l'option 5 permet de réinitialiser la liaison de données sans se déconnecter. (trames SIM et RIM).

4.6.5. Test - identification des stations secondaires

Des commandes spécifiques permettent de tester l'activité de la liaison de données (option 13 ; trames TEST). D'autres commandes permettent d'identifier ,par scrutation , les stations secondaires actives (option 1 ; trames XID).

4.6.6. Contrôle de flux

Le mécanisme de contrôle de flux utilise le séquençement des trames par les champs N(S) et N(R) du champ de commande des trames I , RR et RNR. Il nécessite aussi la gestion de deux variables d'état sur chaque station : V(S) et V(R).

V(S) : Numéro de la dernière trame émise .

V(R) : Numéro de la dernière trame reçue .

N(S) : Numéro de trame émise (trame I seulement)

N(R) : Numéro de trame **attendue** (trames I,RR,RNR)

Ces quatre paramètres sont calculés modulo 8 en séquençement normal et modulo 128 en séquençement étendu .

Les variables V(S) ou V(R) sont mises à jour à chaque émission ou réception d'une **nouvelle** trame .

N(S) est la copie de V(S) dans une trame I .

N(R) est la copie de V(R) dans une trame I,RR,RNR,REJ ou SREJ.

A l'implantation, on définit un nombre maximal de trames d'information émises en anticipation : ouverture de fenêtre W.

- V(s) ,donc N(S), peut seulement garder sa valeur ou être incrémentée de 1 .

- Une trame ne peut être émise que si V(S), donc N(S), reste inférieur à " dernier N(R) reçu " + W .

- V(R) est incrémentée de 1 à chaque réception d'une nouvelle trame . Si le récepteur manque de ressources (buffers) , il peut ignorer les nouvelles trames et garder V(R) constant .

on réalise ainsi un contrôle de flux implicite.

Le mécanisme de contrôle de flux explicite utilise l'envoi d'une trame RNR pour bloquer l'émission de la machine source . Cette émission est réautorisée par l'émission d' une

trame RR (éventuellement REJ, voir ci-dessous).

4.6.7. Répétition des trames non reçues par Rejet

Le mécanisme de base utilise seulement les trames I,RR et RNR pour signaler l'absence d'une trame à travers le champ N(R) que l'on compare à V(S) en tenant compte de l'anticipation W possible .

Toutefois, il est préférable d'utiliser (option 2) des trames **REJ** pour signaler au plus tôt une rupture de séquence. Quand le récepteur reçoit une trame de numéro N(S) incorrect , il émet une telle trame REJ qui demande à la source la **répétition de toutes les trames émises à partir de la trame de numéro N(R)**.

exemple :

N(S) dans trame I .2...3...4...5...**4**...5...6...5...6...7
 N(R) dans trame REJ4.....5..
 séquence reçue 2...3.....*...4.....*...5...6..
 rem : * trame I correcte ignorée

Le mécanisme de rejet sélectif (option 3) permet de ne répéter que les trames erronées manquantes. Il y a alors déséquence, et il n'est pas possible de transmettre une nouvelle trame SREJ tant que l'on n'est pas revenu dans le séquence normal. Ce mécanisme est donc généralement déconseillé ; il n'est utilisé que pour des temps de transmission en boucle très longs nécessitant des taux d'anticipation très élevés, par exemple sur les liaisons par satellite géostationnaire.

exemple :

N(S) dans trame I ..2...3...4...5...4...6...7...6..
 N(R) dans trame SREJ4.....6..
 séquence reçue 2...3.....5...4.....7...6..

4.6.8 Invitation à émettre; suspension

Cette fonction n'existe qu'en mode **dissymétrique**.

Elle est réalisée à l'aide du bit P/F
d'une trame S (RR) ou I

7	6	5	4	3	2	1	0
N(R)		P/F	Type		0	1	

La station primaire invite une station

secondaire à émettre en envoyant une trame avec le bit P (poll) à "1". Les trames suivantes ont le bit P à "0".

La station secondaire peut alors émettre toutes ses trames en instance. Elle en signale la fin en émettant une dernière trame avec le bit F (final) à "1". Elle ne pourra réémettre qu'à la réception d'une invitation par un bit P à "1".

La station primaire peut forcer la suspension de la station secondaire en envoyant une trame avec P à "1", alors qu'elle n'a pas encore reçu une trame finale (F = "1"). A la réception d'une telle trame, la station secondaire doit répondre par une trame avec F = "1" le plus tôt possible et cesser de transmettre.

4.6.9. Pointage de vérification

En mode symétrique ou en mode dissymétrique dans une phase de reprise une station peut demander un contrôle du séquençement en émettant une trame S (RR) avec P à "1". La station distante doit alors répondre immédiatement par une trame S avec F à "1" précisant ainsi sa valeur de V(R) par le champ N(R).

4.6.10. Signalisation des défauts

Les erreurs de protocole peuvent être signalées par une réponse **FRMR** (ou **CMDR**). Ces trames de type U comportent un champ d'information sur 20 bits , codé en général sur 3 octets avec les 4 derniers bits à "0" .

Dans ce champ d'information sont transmis les données suivantes:

Champ rejeté	0	V(S)	C/R	V(R)	W	X	Y	Z	0000
--------------	---	------	-----	------	---	---	---	---	------

La trame est nommée **CMDR** lorsque le champ **C/R** est absent(forcé à 0) . (version ancienne de HDLC).

Les différents champs ont le contenu suivant :

- Champ de commande de la commande rejetée.
- Variable V(S) .
- Variable V(R) .
- Type de trame rejetée; C/R = "1" si commande
= "0" si réponse
- Diagnostic.
 - bit W : champ de commande non défini ou non utilisé
 - bit X : champ d'information dans une trame de format B
 - bit Y : champ d'information trop long
 - bit Z : erreur sur N(R) reçu

4.7. ANNEXE 1 : Liste des trames

4.7.1. Trames de base en mode dissymétrique

Commandes	Réponses	code: bits 876 43
I	I	
RR	RR	N(R) 00
RNR	RNR	N(R) 01
SNRM		100 00
SARM	DM	110 00
DISC		010 00
	UA	011 00
	FRMR	100 01

4.7.2 Trames de base en mode symétrique (ex:LAPB)

Commandes	Réponses	code: bits 876 43
I	I (*)	
RR	RR	N(R) 00
RNR	RNR	N(R) 01
SABM		111 00
	DM	110 00
DISC		010 00
	UA	011 00
	FRMR	100 01

(*) **Remarque: LAPB** -> option 8: cette trame est supprimée
option 2: trame REJ ajoutée

4.7.3 Trames optionnelles

Commandes	Réponses	code: bits 876 43
REJ	REJ	N(R) 10
SREJ	SREJ	N(R) 11
SNRME		110 11
SABME		011 11
SARME		010 11
	RD	010 00
SIM	RIM	000 01
TEST	TEST	111 00
XID	XID	101 11
UI	UI	000 00

4.7.4 Options

* communes aux deux modes

	Commandes	Réponses
1	ajouter XID	ajouter XID ajouter RD
2	ajouter REJ	ajouter REJ
3	ajouter SREJ	ajouter SREJ
4	ajouter UI	ajouter UI
5	ajouter SIM	ajouter RIM
7	adressage étendu	

* mode dissymétrique

	Commandes	Réponses
8	enlever RR	enlever I
9	enlever I	enlever RR
10	séquencement étendu	enlever SNRM ou SARM ajouter SNRME ou SARME
13	ajouter TEST	ajouter TEST

* mode symétrique

	Commandes	Réponses
8		enlever I
9	enlever I	
10	séquencement étendu	enlever SABM ajouter SABME

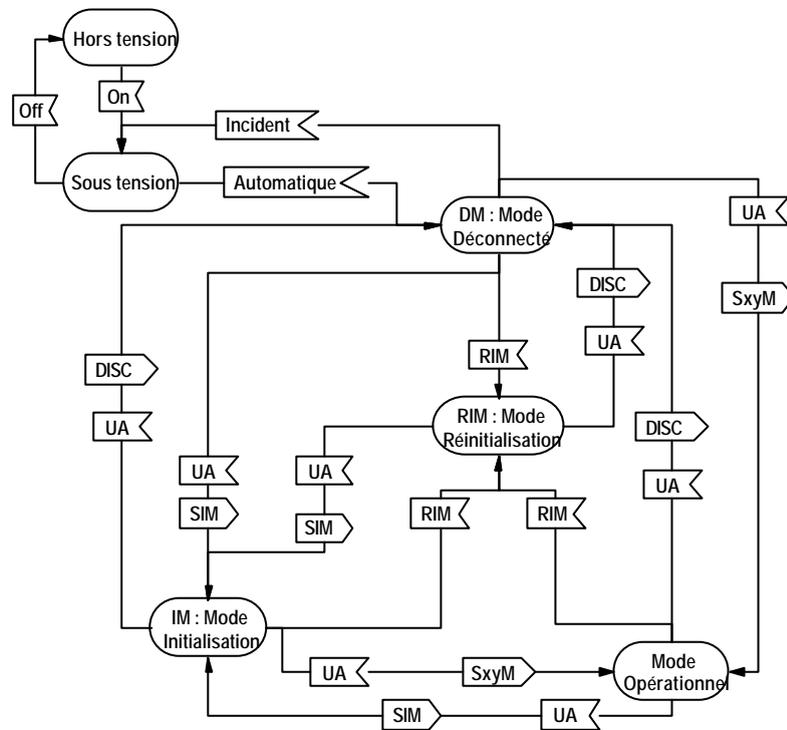
4.8. Annexe 2: Automates simplifiés

4.8.1. Modes de fonctionnement

Nota : Un incident fait repassé le système dans l'état "sous-tension" quelquesoit son état actuel

SxyM désigne une trame de connexion :

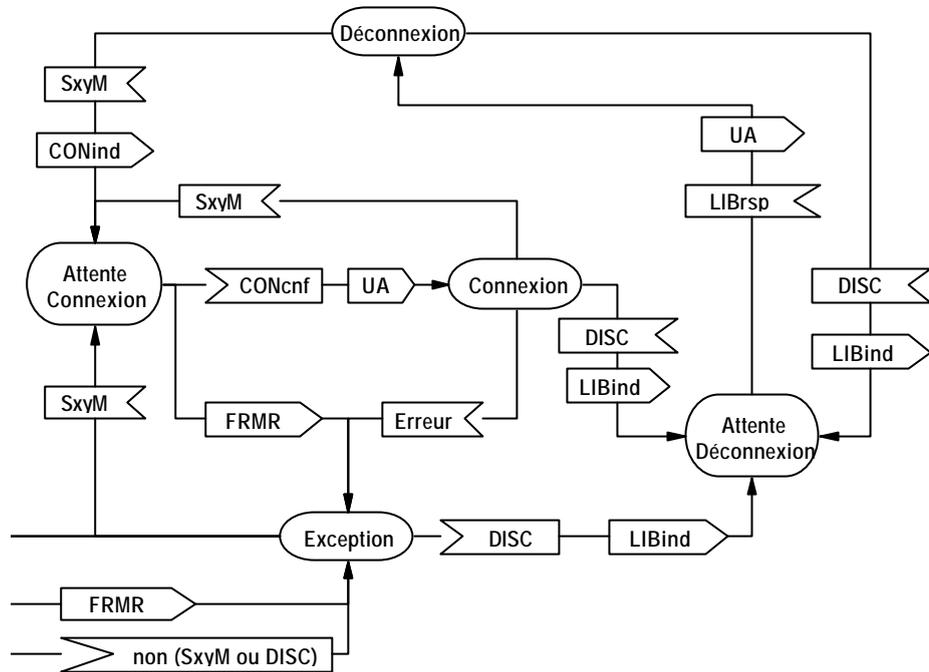
- SABM en mode symétrique (Set Asynchronous Balanced Mode)
- SNRM en mode disymétrique normal (Set Normal Remote Mode)
- SARM en mode disymétrique autonome (Set Asynchronous Remote Mode)



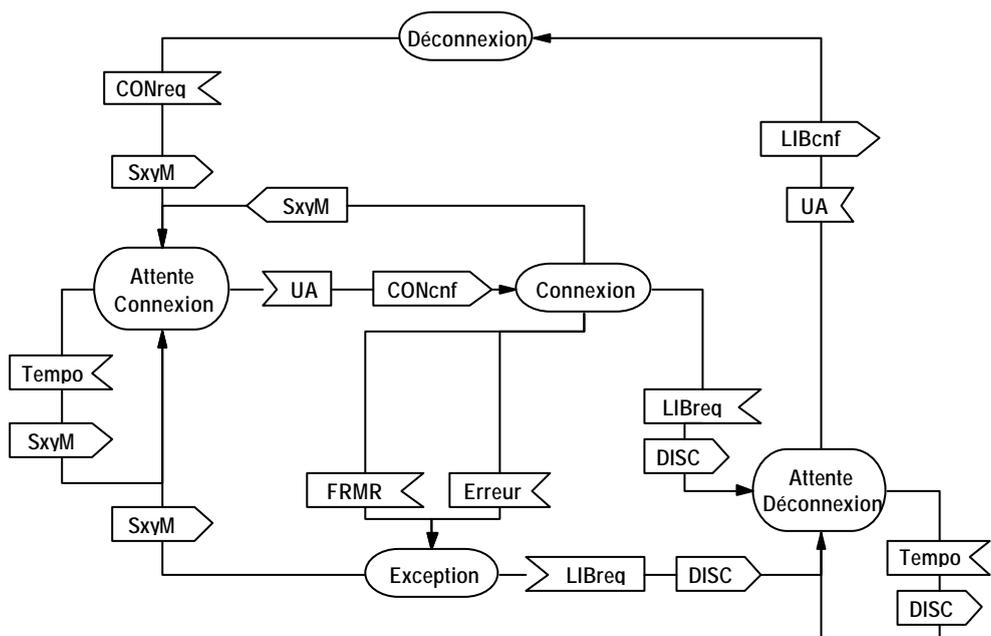
Les automates suivants décrivent le fonctionnement du système en mode opérationnel.

4.8.2. Connexion -Libération

4.8.2.1 Station ou fonction initiatrice

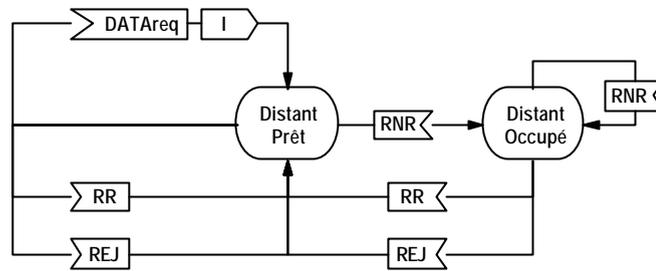


4.8.2.2. Station ou fonction acceptrice

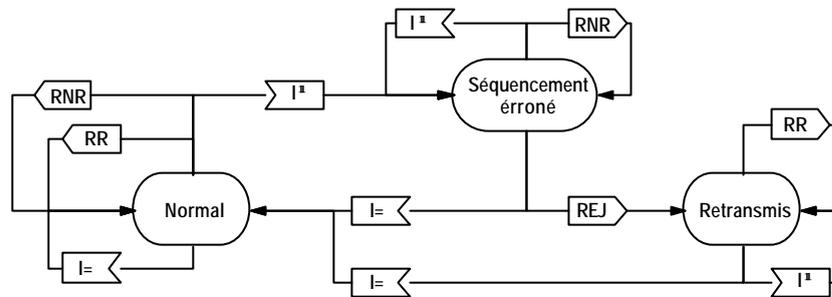


4.8.3. Transfert de données : contrôle de flux, contrôle d'erreurs

4.8.3.1. Station ou fonction source

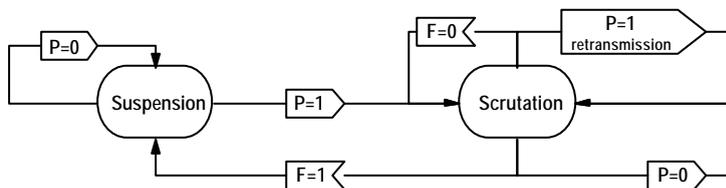


4.8.3.2. Station ou fonction Collecteur



4.8.4. Transfert de données en mode disymétrique normal (SNRM) : Scrutation

4.8.4.1. Station primaire



4.8.4.2. Station secondaire

