

- Partie 2 -

La Couche Liaison

exemple avec HDLC

© Ahmed Mehaoua 2006 - page 1

PLAN

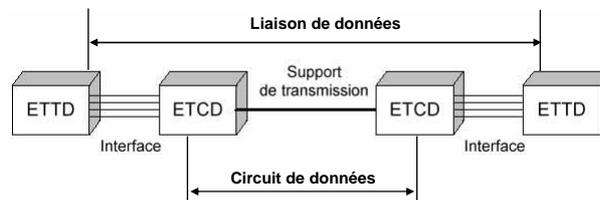
- 1. La couche physique : Rappel**
- 2. La couche Liaison de données**
 - Définition et fonctions**
 - Services**
 - Adressage**
 - Délimitation de trames**
 - Contrôle d'erreurs**
 - Contrôle de Flux**
 - Gestion de la liaison**
 - Mesures des délais et des performances**
- 3. Panorama des protocoles de liaisons de données**
 - HDLC et LAP-B**
 - LAP-D et PPP**
 - LLC**

© Ahmed Mehaoua 2006 - page 2

COUCHE PHYSIQUE

Il est d'usage de structurer la transmission en un ensemble de composants, chacun remplissant une fonction particulière :

1. **ETTD** : équipement Terminal de Traitement des Données
2. **ETCD** : équipement de Terminaison de Circuit de Données
3. **INTERFACE**
4. **SUPPORT** de transmission
5. **CIRCUIT** de données
6. **LIASON** de données



© Ahmed Mehaoua 2006 - page 3

ETTD et ETCD

ETTD : Equipement informatique qui génère les données à transmettre et traite les données reçues. Exemple un ordinateur personnel.

ETCD : Reçoit en entrée une suite de données binaires et fournit en sortie un signal dont les caractéristiques sont adaptées au support de transmission. Ainsi que le traitement inverse.

Exemples : un modem (transmission par transposition de fréquence) ou un codeur ou modem bande de base (transmission en bande de base):

1. Conversion des éléments binaires en symboles d'un alphabet (Manchester, NRZ, ...)
2. Codage en ligne : Transformation de ses symboles en signal particulier électrique, électromagnétique, ou optique.

© Ahmed Mehaoua 2006 - page 4

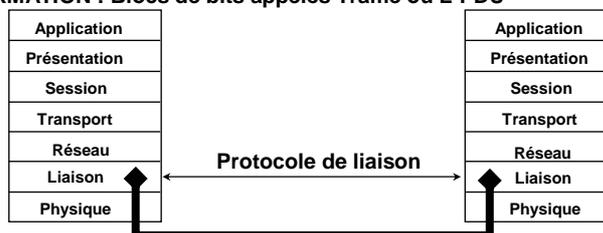
LA COUCHE LIAISON DE DONNEES

DEFINITION :

Ensemble des équipements et des logiciels fournissant les moyens fonctionnels nécessaires pour acheminer des données avec un taux d'erreurs garanti.

OBJECTIF : fiabiliser la transmission physique et offrir un service à la couche RESEAU pour acheminer les bits remis par le processus réseau vers leur destination

UNITE D'INFORMATION : Blocs de bits appelés Trame ou L-PDU



© Ahmed Mehaoua 2006 - page 5

FONCTIONS

1. **DELIMITATION** et **IDENTIFICATION** des trames (Protocole)
2. **GESTION** de la liaison de données :
 - Etablissement et libération de la liaison de données sur un ou plusieurs circuits physiques préalablement activées,
3. **SUPERVISION** du fonctionnement de la liaison de données selon :
 - Le mode de transmission (synchrone ou asynchrone)
 - La nature de l'échange (simplex, half-duplex ou full-duplex)
 - Le type de liaison (point-à-point ou multipoint)
 - Le mode de l'échange (hiérarchique ou symétrique)
4. **IDENTIFICATION** de la source et du destinataire (Adressage)
5. **CONTROLE D'ERREURS** et **CONTROLE DE FLUX** (Procédure)

© Ahmed Mehaoua 2006 - page 6

PROCEDURES DE LIAISON DE DONNEES

Logiciel qui définit les règles de dialogue ou procédure à suivre en cas :

- **De détection d'une erreur de transmission**
- **De détection d'une panne**
- **D'une congestion de tampon mémoire**
- **De supervision de la liaison**

© Ahmed Mehaoua 2006 - page 7

PROTOCOLES DE LIAISON DE DONNEES

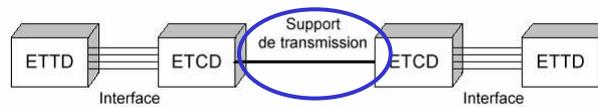
Un protocole de liaison de données a pour tâches de :

1. **préciser la structure syntaxique (format) des trames valides**
2. **La place et la signification des différents champs dans une trame**
3. **Le critère de début et de fin de trame**
4. **La technique de détection d'erreurs à utiliser**
5. **L'algorithme de contrôle de flux**

© Ahmed Mehaoua 2006 - page 8

CARACTERISTIQUES D'UNE LIAISON DE DONNEES

- Configuration point-à-point ou multi-point
- Exploitation en full-duplex ou half-duplex
- Gestion hiérarchique ou Symétrique



Mise en œuvre
des protocoles de la
Couche LIAISON

© Ahmed Mehaoua 2006 - page 9

ADDRESSAGE

- Nécessaire en configuration multi-point

Adresse logique / Adresse physique

- service de DNS (Domain Name Server) : exemple *lune.univ-paris5.fr*
- adresse de carte d'interface réseau local : exemple *00:E4:23:DA:34:03*

Adresse hiérarchique / Adresse absolue

- numérotation téléphonique : *01 30 43 45 28*
- numérotation locale ou IP : *195.122.33.6*

© Ahmed Mehaoua 2006 - page 10

DELIMITATION DES TRAMES protocole synchrone orienté bit

Données à envoyer

0 1 1 0 1 1 1 1 1 1 1 0 1 0 1 1 1 1 1

Données transmises sur le support physique

01111110 0 1 1 0 1 1 1 1 1 0 1 1 0 1 0 1 1 1 1 1 0 01111110

Bits de transparence

Données stockées par le récepteur après retrait des bits de transparence

0 1 1 0 1 1 1 1 1 1 1 0 1 0 1 1 1 1 1

• Un mécanisme de transparence permet également de régler les problèmes d'apparition du fanion dans le bloc de données.

• Avantages : (1) indépendant du code utilisé – (2) trame de taille variable et longue

• Exemples : ISO HDLC, PPP

© Ahmed Mehaoua 2006 - page 11

CONTRÔLE D'ERREURS

Assurer la bonne réception de toutes les trames émises chez le destinataire

- Téléphonie : 10⁻³ bits
- vidéo non compressée: 10⁻⁴
- vidéo compressée : 10⁻⁶
- données informatiques : 10⁻⁹

3 phases : 1. détecter une erreur
2. localiser l'erreur dans la trame
3. corriger l'erreur

La protection peut s'appliquer à différents niveaux :

1. Au niveau bit ou caractère (bit de parité)
2. Au niveau d'une suite de bits : trame ou paquet, ...

Zone de contrôle d'erreurs est appelée parfois:

- CRC Cyclic Redundancy Check
- FCS Frame Check Sequence

© Ahmed Mehaoua 2006 - page 12

CODES DETECTEURS

Détection des erreurs et demande de retransmission des trames erronées.

Exemples :

- parité paire ou parité impaire
- numérotation de trames
- vérification de la longueur des trames

Parité longitudinale LRC (longitudinal Redundancy check) :

Pour chaque caractère, on fait la somme des bits à "1" et on ajoute un bit de redondance de parité qui peut prendre la valeur "0" ou "1" selon le type de parité utilisé.

Si le nombre total de bits à "1" (bit de parité inclus) est paire alors on a utilisé une parité paire, sinon on a utilisé une parité impaire.

On peut ajouter une Parité Verticale VRC (Vertical Redundancy check)

Exemple : donnée initiale codée sur 7 bits (ASCII) : "0011010"
parité paire : "00110101"
parité impaire : "00110100"

© Ahmed Mehaoua 2006 - page 13

CODES CORRECTEURS

Contrôle de parité transversale

1	0	0	1	1	0	0	1
0	1	1	0	0	1	0	1
1	0	0	1	1	0	1	0

parité LRC et VRC paire

0 1 1 0 0 1 1 0

Suite d'éléments binaires émis :
01100110 10011010 01100101 10011001

© Ahmed Mehaoua 2006 - page 14

AUTRES CODES DETECTEURS codes polynômiaux

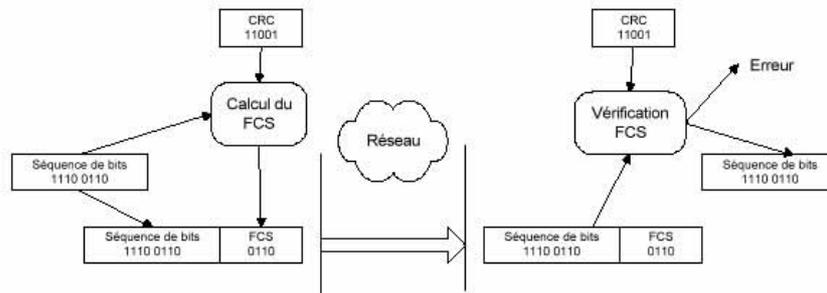
Détection des erreurs plus fiable, s'applique sur une suite de bits – moins gourmand en ressources

Exemples: codes polynômiaux :

CRC-12 = $x^{12} + x^{11} + x^3 + x^2 + x^1 + x^0$

CRC-16 = $x^{16} + x^{15} + x^2 + x^0$

CRC-CCITT = $x^{16} + x^{12} + x^5 + x^0$



© Ahmed Mehaoua 2006 - page 15

CONTRÔLE DE FLUX

Réguler le flux de données entre un émetteur et un récepteur

- Capacité de stockage
- Capacité de traitement

Plusieurs variantes de contrôle de flux :

- Protocole de type « envoyer et attendre » (Send and Wait)
 - Les données ne circulent que dans un sens
 - une seule trame est envoyée à la fois
 - Le récepteur informe l'émetteur de son état par un *acquittement*
- Protocoles avec fenêtre d'anticipation (Sliding Window)
 - Les données circulent dans les deux sens
 - plusieurs trames sont envoyées à la fois
 - Liste des numéros de séquence de trames = *fenêtre d'anticipation*

© Ahmed Mehaoua 2006 - page 16

CONTRÔLE DE FLUX Mécanisme « SEND & WAIT » SIMPLE et UTOPIQUE

Hypothèses :

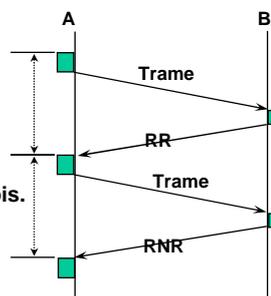
- Transmission de trames de données (I) dans un seul sens
- Canal de communication parfait (pas d'erreurs ni pertes)
- Taille de mémoires de tampon finie

Solution :

- Introduction de 2 trames de supervision (S), qui ne transportent aucune information utile et qui sont invisibles aux utilisateurs :
 - RR (Receiver Ready)
 - RNR (Receiver Not Ready)

2 variantes :

- Envoie d'une trame de supervision après chaque trame de données,
- Envoie d'une trame RNR ssi tampon plein, suivie d'une trame RR pour reprendre les envois.



© Ahmed Mehaoua 2006 - page 17

CONTRÔLE DE FLUX Mécanisme « SEND & WAIT » avec Mécanisme D'ACQUITTEMENT

Hypothèses :

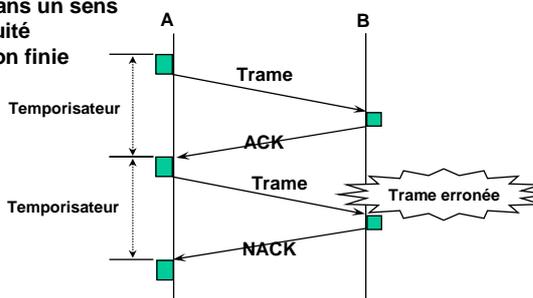
- Transmission de données dans un sens
- Canal de communication bruité
- Taille de mémoires de tampon finie

Problèmes:

- Trames perdues
- Trames erronées
- Duplication de trame

Solution :

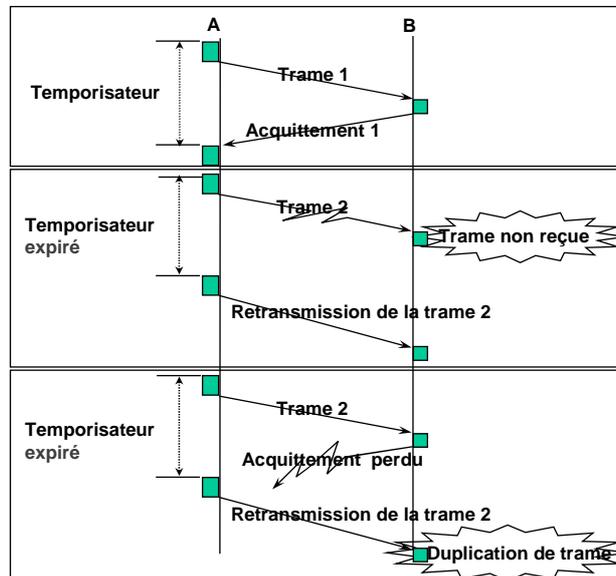
- Ajouter un processus d'acquittement positif ou négatif
- Utiliser un temporisateur ou Timer pour borner le délai de réception des ACK



ATTENTION : La fonction de Contrôle de Flux et de contrôle d'erreurs peuvent utiliser la même trame de supervision (par exemple RR et RNR)

© Ahmed Mehaoua 2006 - page 18

Problèmes des duplications de trames



© Ahmed Mehaoua 2006 - page 19

CONTRÔLE DE FLUX

Mécanisme de type « SEND & WAIT » avec NUMEROTATION des ACK

SOLUTION :

- Numérotation des trames modulo M (valeur 2, 8 ou 128)
- Ajout d'un champ N(S) dans l'en-tête des trames de données et de supervision
- Ajout de compteurs V(S) et V(R) dans les terminaux émetteurs et récepteurs
- Requièrre une initialisation de l'échange pour la négociation de la valeur du compteur (protocole en mode connecté)

PRINCIPE :

Emetteur

Emission d'une trame n

Attendre l'acquittement de la trame émise

Si acquittement de la trame est reçu

alors émission de la prochaine trame $n+1$

Récepteur

Réception d'une d'une trame n

Vérification de l'intégrité et de la non duplication de la trame

Si OK alors envoi d'un acquittement pour la trame n

© Ahmed Mehaoua 2006 - page 20

LE PIGGYBACKING

OBJECTIF : Réduire le trafic de trames de supervision (S)

PRINCIPE : Lors d'un dialogue bidirectionnel, les trames d'informations utiles (I) peuvent être utilisées pour faire des acquittements positifs et donc se substituer aux trames de supervision.

Chaque trame I doit alors posséder 2 champs de numérotation N(S) et N(R) pour assurer les acquittements.

REMARQUE 1: Les trames RNR, REJ et SREJ sont toujours transportées explicitement.

REMARQUE 2: Si une station n'a pas de trame I à transmettre, elle peut toujours utiliser explicitement des trames RR pour acquitter le trafic qu'elle reçoit.

© Ahmed Mehaoua 2006 - page 21

CONTRÔLE DE FLUX Mécanisme avec Fenêtre d'anticipation de taille N

OBJECTIF :

- Augmenter l'efficacité du dialogue
- Efficacité = Nb de bits envoyés / Temps total de l'échange

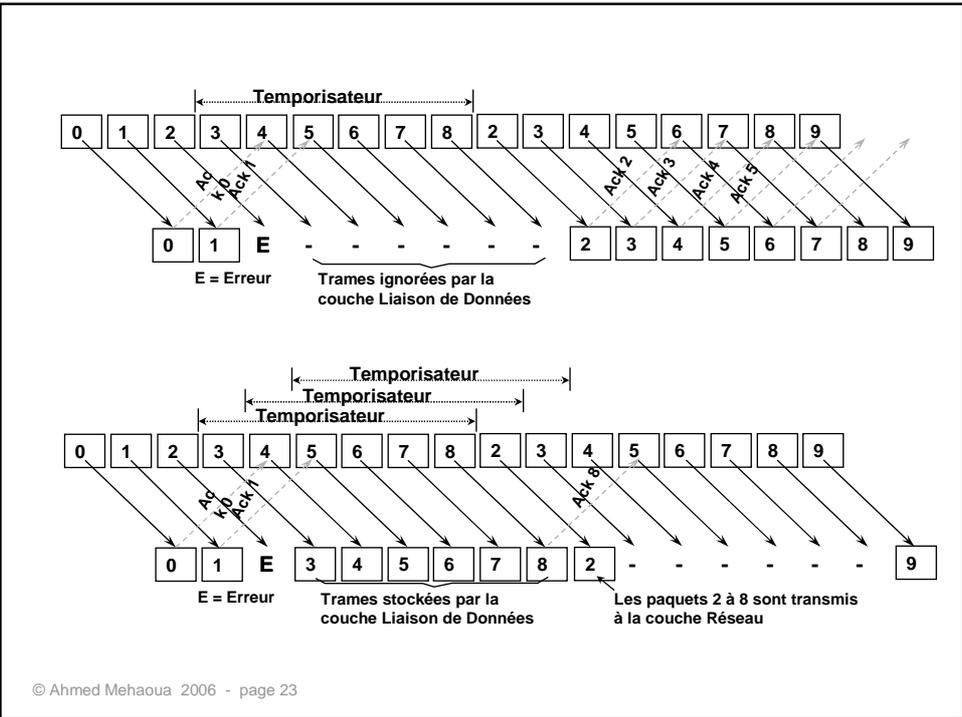
PRINCIPE :

- Emission de plusieurs trames à la suite sans attendre la réception d'un ACK
- Une trame de supervision peut acquitter un groupe de trames de données
- Nombre de trames émises avant ACK = N-1

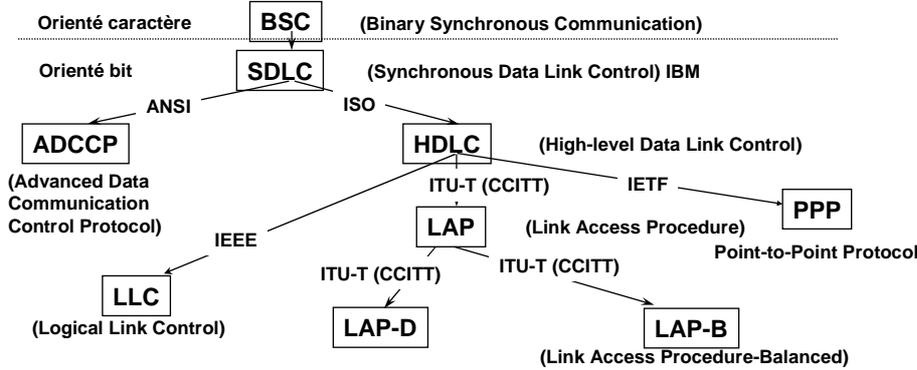
1. **RETRANSMISSION (GO-Back-N)** de toutes les trames à partir de la trame erronée ou perdue au moyen d'une trame de supervision REJ

2. **REJET SELECTIF (Selective Reject)** au moyen de la trame de supervision SREJ

© Ahmed Mehaoua 2006 - page 22



PANORAMA DES PROTOCOLES DE LIAISON DE DONNEES (2)



HDLC HIGH-LEVEL DATA LINK CONTROL

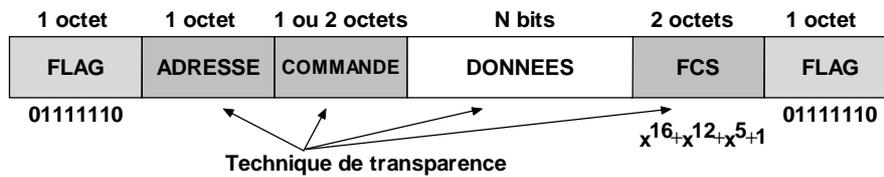
Protocole de référence normalisé par l'ISO.
Version très générale (LAP-B, LAP-D, LLC, PPP, LAP-X, ...),
Utilisé dans de nombreux réseaux : Transpac, Numéris, LAN, Internet,
GSM.

Caractéristiques:

- Transmission synchrone
- Orienté bit
- Liaisons point-à-points ou multi-points
- Full Duplex
- Mécanisme d'anticipation
 - fenêtre de 7 trames : HDLC et LAP-B
 - fenêtre de 127 trames : LAP-B étendu, PPP

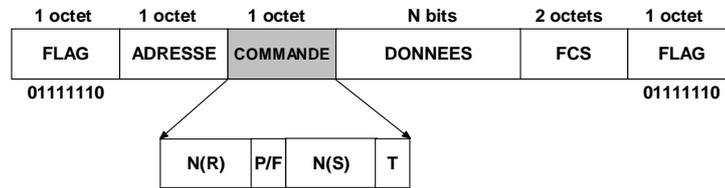
© Ahmed Mehaoua 2006 - page 25

HDLC FORMAT DE LA TRAME



© Ahmed Mehaoua 2006 - page 26

HDLC CHAMP COMMANDE



T (1 bit) : Indique le type de trame

N(S) et N(R) (6 bits) : Indique le numéro des trames émises et reçues

P/F (1 bit) : Demande de réponse immédiate à la suite de l'envoi d'une trame de commande

© Ahmed Mehaoua 2006 - page 27

HDLC TYPES DE TRAMES

3 types de trames circulent sur la liaison :

- **Trames I (Information)**
 - Transportent les données utilisateurs
 - Accusé de réception – Retransmission (Piggybacking)

- **Trames S (Supervision)**
 - Accusé de réception RR - RNR
 - Retransmission REJ - SREJ
 - Contrôle de flux RR - RNR

- **Trames U (Unnumbered)** SABM – UA - DISC
 - Gestion de la liaison (initialisation, libération, ...)

© Ahmed Mehaoua 2006 - page 28

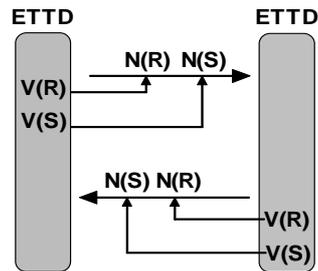
HDLC NUMEROTATION DE TRAMES

V(S) : numéro de la prochaine trame à envoyer (0 à 7)

V(R) : numéro de la prochaine trame attendue en réception (0 à 7)

N(S) : numéro de la trame

N(R) : acquittement des trames reçues de numéro strictement inférieur à N(S)



© Ahmed Mehaoua 2006 - page 29

HDLC TRAMES DE SUPERVISION

LAP-B :

RNR :

- Contrôle de flux : Incapable de recevoir de nouvelles trames I
- Acquittement des trames I reçues numérotées jusqu'à N(R)-1

RR :

- Contrôle de flux : Prêt à recevoir de nouvelles trames I
- Contrôle de flux : débloque un arrêt après un RNR
- Contrôle de flux : demande de l'état du terminal distant
- Acquittement des trames I reçues numérotées jusqu'à N(R)-1

REJ :

- Acquittement positif des trames I reçues numérotées jusqu'à N(R)-1
- Retransmission demandée des trames I de numéros \geq à N(R).

HDLC :

SREJ :

- Retransmission demandée de la trame I numérotée N(R).

© Ahmed Mehaoua 2006 - page 30

HDLC TRAMES DE GESTION

LAP- B :

- **SABM : SET ASYNCHRONOUS BALANCED MODE**
- Initialise la liaison en mode équilibré dans les deux sens de transmission

- **DISC : DISCONNECT**
- Demande de déconnexion

- **FRMR : FRAME REJECT**
- indication d'erreur fatale avec nécessité de réinitialiser la liaison

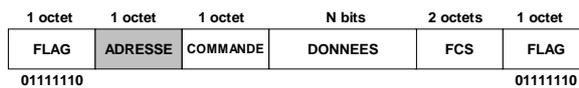
- **UA : UNNUMBERED ACKNOWLEDGEMENT**
- Acquiescement des trames U (SABM, DISC, FRMR, ...)

HDLC

- **SARM : SET ASYNCHRONOUS RESPONSE MODE**
- Intialise un sens uniquement de la liaison en mode normal

© Ahmed Mehaoua 2006 - page 31

HDLC CHAMP ADRESSE

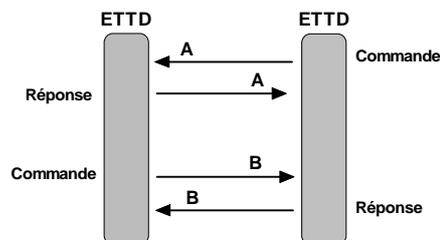


FONCTION de ce champ (Pb du FULL DUPLEX) :

IDENTIFIER le sens des émissions des trames de **COMMANDES**
et de **REPOSES** ainsi que leurs émetteurs.

2 ADRESSES :

Adresse A : 0000 0011
Adresse B : 0000 0001



© Ahmed Mehaoua 2006 - page 32

HDLC TIMERS ET PARAMETRES

TIMER T1 :

Durée maximale d'attente d'un acquittement à l'émission d'une trame.
L'expiration de T1 sans réception de ACK entraîne la retransmission de la première trame émise non acquittée.

N2 :

Nombre maximale de réémissions de la même trame I, avant de considérer la liaison hors service (N2=10).

TIMER T2 :

Durée maximale d'attente avant d'acquitter une trame reçue, au moyen d'une trame de supervision si aucune trame I disponible.

© Ahmed Mehaoua 2006 - page 33

LAP-D et PPP

LAP-D :

SIMILAIRE A LAP-B MAIS GESTION LIAISONS MULTIPPOINTS

- **MODE DIFFUSION DES TRAMES**
- **MODE SANS ACQUITTEMENT**
- **CHAMP ADRESSE 2 OCTETS**

PPP :

SIMILAIRE A LAP-B MAIS :

- **FANION SUR 2 OCTETS**
- **UN CHAMP DE 2 OCTETS POUR INDIQUER LE PROTOCOLE RESEAU**
- **UN CHAMP ADRESSE A "1111 1111"**
- **UN MODE SANS REPRISE SUR ERREURS (A LA CHARGE DE TCP)**

© Ahmed Mehaoua 2006 - page 34