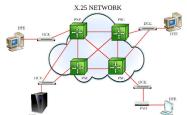




RÉSEAUX TÉLÉCOMS

X25



2A Sciences du Numérique – A . R . T

Julien Fasson – julien.fasson@enseeiht.fr
Remerciement au professeur André-Luc Beylot

1

2

PRÉSENTATION DU SUJET

○ Précédemment

- Cours de réseaux « non opéré » en 1A autour d'Internet
- Les réseaux locaux
 - À l'origine des réseaux privés
 - Grande mutation due ...

3

PRÉSENTATION DU SUJET

○ Précédemment

- Cours de réseaux « non opéré » en 1A autour d'Internet

PRÉSENTATION DU SUJET

○ Précédemment

- Cours de réseaux « non opéré » en 1A autour d'Internet
- Les réseaux locaux
 - À l'origine des réseaux privés
 - Grande mutation due ...
 - Hégémonie
 - Filaire: Ethernet
 - Sans-Fil : Wifi

○ Et le reste?

- Internet:
 - n'était pas grand-chose dans les réseaux avant les années 90 voire 2000.
 - Internet n'est pas une technologie de « réseau », il lui faut un support.
- Des réseaux pour offrir des services
 - Ici ce sera de la data

4

PLAN

Partie 1 – Vue d'ensemble

Réseau longue distance
Brin d'histoire
OSI et X25
Eléments du réseau

Partie 2 – HDLC

Modes de fonctionnement
Principaux mécanismes

Partie 3 – X.25-3

5

PARTIE 1 – VUE D'ENSEMBLE *LES RÉSEAUX LONGUES DISTANCES*

○ Transport de données informatiques

- dans les réseaux télécoms, tout est longue distance
 - sinon c'est un réseau local

○ Réseaux « publics » ou d'opérateurs

○ Distance Importante

○ Contrôle, Robustesse

○ Plusieurs Générations :

- **X.25**
 - Relayage de Trames (Frame Relay)
 - ATM

○ Coût d'utilisation des réseaux opérés importants

- Proposer de la QoS pour faire accepter le coût

6

PARTIE 1 – VUE D’ENSEMBLE CADRE

- X.25 propose des transmissions de données
 - à bas débit (quelques kbit/s)
 - dans des réseaux longue distance non fiables
- Points abordés:
 - Focus sur les mécanismes introduits pour la première fois (culture ingé réseaux/télécoms)
 - Survol des formats (du grand survol sauf si un point est utile pour comprendre les mécanismes)
- Pourquoi faire X25?
 - C'est français ma bonne dame!
 - C'est la base d'un réseau qui aurait pu « remplacer » Internet
 - Propose des mécanismes de circuits virtuels
 - Qui ne voudrait pas connaître le minitel rose?

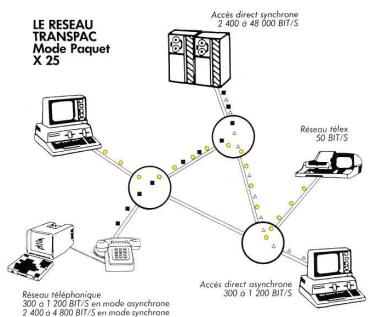
7

PARTIE 1 – VUE D’ENSEMBLE UN BRIN D’HISTOIRE

- Conseil de lecture rapide:
 - <https://www.zdnet.fr/blogs/infra-net/x25-c-est-fini-39852412.htm>
- 1971 à 1980 - Projet des PTT dirigé par Rémi Després
 - RCP Réseau de transmission de données à Commutation par Paquets
 - Notion de circuit virtuel
 - 1976 - Norme internationale du CCITT (avis X.25)
- 1978 – ouverture du réseau Transpac au public
 - ETEBAC - Échange télématique banque-clients
 - Minitel – avec le 3615 pour les serveurs privés
 - 1,29 F/min côté client
 - Côté serveur plusieurs centaines de connexions simultanées sur une seule connexion Transpac d'un débit de 256 kb/s !

8

PARTIE 1 – VUE D’ENSEMBLE UN BRIN D’HISTOIRE



9

PARTIE 1 – VUE D’ENSEMBLE UN BRIN D’HISTOIRE

- La chute face à IP
 - Rémi Després l'explique par un manque de vision et d'investissement de la DGT*
 - Succès de l'email et du web
- 2012
 - Arrêt du Minitel supplanté par Internet
- 2017
 - Orange arrête son dernier commutateur X25

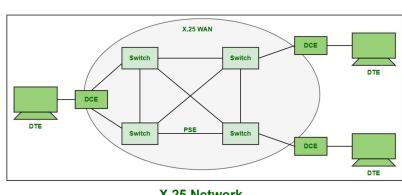


10

* <https://www.telecom-paris-alumni.fr/article/le-standard-mondial-x25-d-avant-internet-et-le-reseau-francais-transpac-20120720215569>

PARTIE 1 – VUE D’ENSEMBLE ÉLÉMENTS DU RÉSEAU

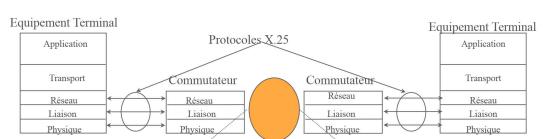
- DTE = Data Terminal Equipment
Équipement Terminal de Traitement de Donnée
- DCE = Data Circuit-Terminating Equipment
Digital Switch Elements



11

PARTIE 1 – VUE D’ENSEMBLE MODÈLE OSI

- X25 normalise les couches suivantes:
 - La couche réseau qui s'occupera d'acheminer les paquets entre les terminaux
 - La couche liaison de données qui fiabilisera chacune des liaisons de transmissions
 - Des couches physiques (dont on ne parlera pas)
- La partie haute des protocoles n'est pas dans le standard



12

*PSE = Packet Switching Exchange

PARTIE 1 – VUE D’ENSEMBLE CARACTÉRISTIQUE

- X25 a été créé pour des réseaux de faible qualité :
 - Support à faible débit et à taux d'erreur potentiellement élevé
 - Commutateurs à faible capacité et mémoire
 - Pannes possibles
- Solution **fiable** pour transporter des paquets en mode connecté
 - Fiabilisation de chaque liaison de transmission : LAP-B (High Data Link Control)
 - Fiabilisation de l'ensemble du réseau : X.25-3 (Packet Layer Protocol)

13

PARTIE 2 – HIGH DATA LINK CONTROL L’INCONTOURNABLE

- Norme internationale pour l'envoi de trames sur un support de communication
 - Base de très nombreux protocoles réseaux
 - Utilisation des mécanismes à fenêtre
 - Contrôle de flux
 - Reprise d'erreurs
 - Numérotations
 - ...
- Ca vous rappelle quelque chose?

14

PARTIE 2 – HIGH DATA LINK CONTROL CARACTÉRISTIQUES

- Caractéristiques :
 - Permet de gérer Liaisons point-à-points ou multi-points
- Modes de fonctionnement:
 - Les deux modes pour un même protocole = rare
 - **Sans connexion**: envoi de données **sans fiabilisation**
 - **Avec connexion**: envoi de données **avec fiabilisation** et contrôle de flux
 - En mode maître esclave : Mode normal de réponse (NRM)
 - Permet de gérer du multi-point;
 - Seul le maître peut ouvrir/fermer la connexion
 - Les esclaves ne peuvent parler que s'ils sont invités (**polling**)
 - En mode pair-à-pair : Mode asynchrone équilibré (ABM)
 - Point à point
 - Utilisé dans X25
 - Il existe d'autres modes mais peu/pas utilisés

15

PARTIE 2 – HIGH DATA LINK CONTROL FORMAT ET UTILITÉ

- Force du protocole = format simple!
- Mode asynchrone
 - DéTECTer le début et la fin d'un message
 - Utilisation d'un fanion/flag 01111110
 - Insertion de 0
- Adresse
 - Multipoint (que dans un sens)
 - Point à point, quel intérêt?
- Frame Control Sequence
 - code polynomial de degré 16
- Commande
 - vrai richesse d'HDLC
 - Type de trame

16

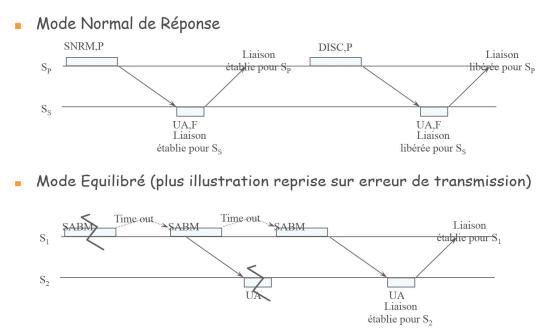
PARTIE 2 – HIGH DATA LINK CONTROL LE CHAMP COMMANDE

Types de trame		Champ Commande			
I	0	N(S)	P/F	N(R)	
S	1	0	Type	P/F	N(R)
U	1	1	M	M	P/F M M M

- Trois types de trames
 - Information (I) : envoi de données en mode connecté
 - Supervision (S) : contrôle de flux (par fenêtre d'anticipation) + reprise sur erreur
 - Non numérotée (Unnumbered) (U) : ouverture, fermeture de connexion, envoi de données sans connexion (UI)
- N(S): Numéro de la trame envoyée
- N(R): Numéro de la trame attendue
- P/F: Eléments binaires pour la gestion de la liaison
 - «P» invitation à émettre
 - «F» fin

17

PARTIE 2 – HIGH DATA LINK CONTROL GESTION DES CONNEXIONS



18

PARTIE 2 – HIGH DATA LINK CONTROL FIABILISATION

- Les trames (I) envoyées dans une connexion sont fiabilisées
 - Les trames trop courtes sont supprimées
 - Les trames dont le FCS est incorrectes sont supprimées
 - On ne lance la procédure de retransmission que
 - Lors de la réception d'une trame correcte qui porte un mauvais numéro
 - À l'expiration de la temporisation au niveau de l'émetteur
- Contrôle de flux : fenêtre d'anticipation (taille constante)
 - On ne peut (re)transmettre que des trames dont le numéro est dans la fenêtre
 - Le récepteur envoie des accusés de réception (cumulatif) qui font évoluer la fenêtre (coulissante/sautante).

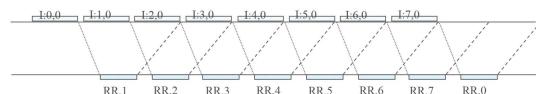
19

PARTIE 2 – HIGH DATA LINK CONTROL MÉCANISMES DE SUPERVISION – TRAME S

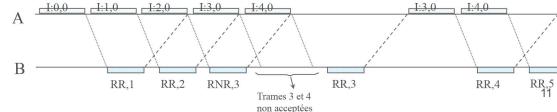
- Commandes codées sur 2 bits

RR (Receiver Ready)	REJ (Reject)
RNR (Receiver Not Ready)	SREJ (Selective Reject)

Commande RR : Sémantique RR,n = J'attends la trame n



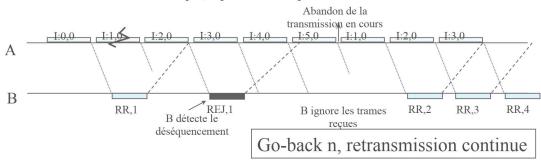
Commande RNR (contrôle de flux réactif) :
Sémantique RNR,n = à partir de la trame n, je suis débordé



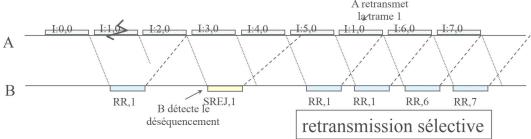
20

PARTIE 2 – HIGH DATA LINK CONTROL MÉCANISMES DE SUPERVISION – TRAME S

Commande REJ = Sémantique, reprends tout à partir de n



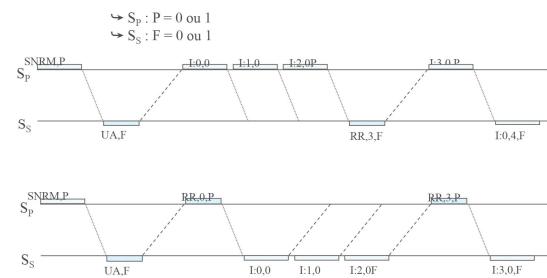
Commande SREJ = Sémantique, renvoie-moi la trame n



21

PARTIE 2 – HIGH DATA LINK CONTROL POLLING

- Soient deux stations S_p et S_s



22

PARTIE 2 – HIGH DATA LINK CONTROL LAP-B : LINXK ACCESS PROCEDURE-BALANCED

- Dans X25 c'est LAP-B le niveau 2!

Caractéristiques

- conforme HDLC
- Mode asynchrone équilibré (ABM)
- Transmissions d'octets
- Transmissions Fiables :
 - en mode connecté ;
 - Avec reprise sur erreur de type Retransmission continue (REJ) ;
 - Et contrôle de flux : Mécanisme à fenêtre d'anticipation.

23

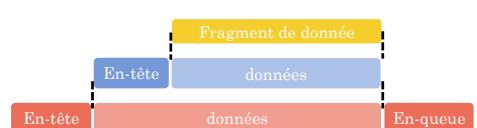
PARTIE 3 – X.25-3 PACKET LAYER PROTOCOL VUE D'ENSEMBLE

- Aussi dénommé PLP

Multiplexage de canaux logiques sur une liaison LAP-B

Caractéristiques

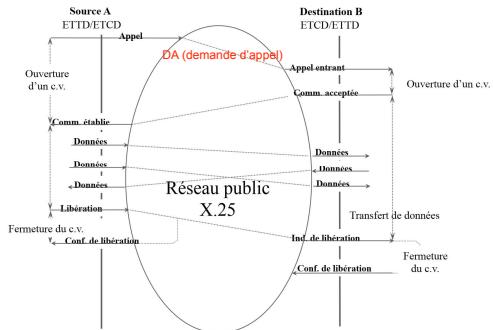
- Mode connecté (circuit virtuel)
 - Gestion de la connexion
- Typage des paquets
- Taille maximale des paquets d'environ 1000B



24

PARTIE 3 – X.25-3 PACKET LAYER PROTOCOL GESTION DE LA CONNEXION

- Utilisation du champ type de paquets (cf TD)



25

PARTIE 3 – X.25-3 PACKET LAYER PROTOCOL EXEMPLE DE PAQUET DE DEMANDE D'APPEL

- DA

Numéro de circuit = Groupe + Voie logique => 12 bits

Modulo 8	Modulo 128	N° bit d'un octet
8	0 0 0 1	Groupe
7	0 0 1 0	Voie logique / canal
6	0 0 0 0	Type de paquet
5	Longueur @ ETTD appelleur	Longueur @ ETTD appelé
4	Ind. de libération	@ d'un ETTD (appelant/appelé)
3	0 0	0 0 0 0
2	Longueur du champ de service complémentaire	
1	Services complémentaires (63 octets maximum)	
	Données d'appel (64 octets maximum)	

Débit demandé, taille de fenêtre

16 groupes de 256 canaux logiques

Equipement Terminal de Traitement de Données ETTD

26

PARTIE 3 – X.25-3 PACKET LAYER PROTOCOL ROUTAGE DANS X.25

- Distribué – bond par bond
- Protocole de routage échange des informations de topologie, d'encombrement et de pannes
- Le paquet d'appel marque le chemin
 - Seul moment où l'on consulte la table de routage avec les destinations
 - Etablissement du CV
 - On attribue successivement des étiquettes à la connexion
 - 1 CV = {voies logiques}

27

PARTIE 3 – X.25-3 PACKET LAYER PROTOCOL LES MODES DE CIRCUIT VIRTUEL

- Circuit Virtuel Permanent (CVP / PVC):

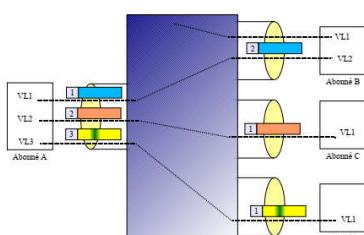
- Toujours établi et disponible => connexion permanente
- Équivalent d'un ligne louée
- Pas de gestion de la connexion

- Circuit Virtuel Commuté(CVC / SVC) :

- c'est le fonctionnement normal
- en trois phases :
 - établissement de la connexion sur demande de l'appelant,
 - transfert de données,
 - libération de la connexion.

28

PARTIE 3 – X.25-3 PACKET LAYER PROTOCOL EXEMPLE DE NUMÉROTATION SUR UN COMMUTATEUR



29

PARTIE 3 – X.25-3 PACKET LAYER PROTOCOL LE PAQUET DE DONNÉE

Modulo 8	Modulo 128	N° bit d'un octet
8	Q D 0 1	Groupe de la voie logique
7	Q D 1 0	Voie logique
6	P(r) M P(s) 0	
5	Données	

- Bit Q (Qualificateur de données) :

- 0 pour des messages de données
- 1 pour des messages de commande (paquets qualifiés)

- Bit D (Delivery - confirmation de remise) :

- 0 pour un accusé de réception local par le réseau
- 1 pour un accusé de réception de bout-en-bout

Accusé de réception de proche en proche

Accusé de réception de bout-en-bout (choix opérateurs)

- Bits P(r) et P(s) (contrôle de flux) :

- P(s) numéro du paquet envoyé
- P(r) numéro du prochain paquet attendu

30

PARTIE 3 – X.25-3 PACKET LAYER PROTOCOL
USAGE DE LA LIBÉRATION DE CONNEXION

○ Plusieurs cas:

- Fin d'une communication
- Pas de destinataire (inexistant/ne répond pas)
- Pas de ressource dans le réseau

○ Réservation de ressources

- Différences avec le circuit = débit fluctue par rapport à ce qui est demandé
- Utilisation de marge (ici 70% - 80% des capacités)

31

MOT DE LA FIN

○ Robuste

- Mais à un prix = la redondance!

32