

Partie 3: Réseaux Hauts Débits

1

Plan

- Principe de la couche RESEAU
- Le réseau TRANSPAC - X.25
- Le Réseau Frame Relay
- Le réseau ATM

2

Plan

La couche Réseau

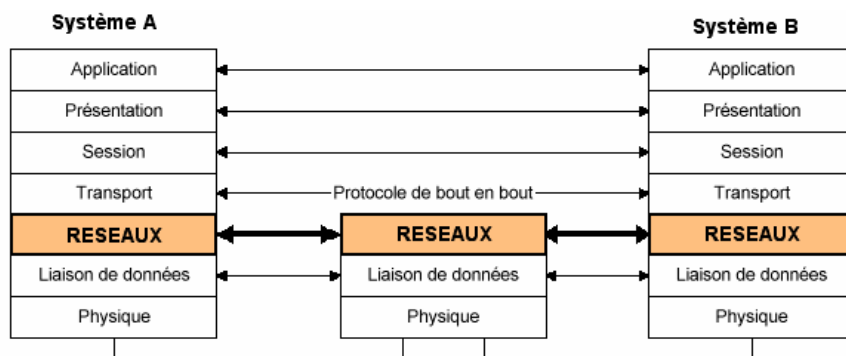
- Définition et Objectifs
- Fonctions
 - Adressage
 - Routage
 - Contrôle de flux / erreurs / congestion
 - multiplexage
 - segmentation / groupage des messages
 - gestion des connexions
 - interconnexion

3

Objectifs

- Acheminer (router) des données entre stations à travers un ou plusieurs réseaux à commutation.
- Assure à la couche Transport une indépendance vis-à-vis des problèmes de routage et de relais y compris dans le cas où plusieurs sous-réseaux sont utilisés.
- Unité de données : le paquet ou N-PDU

Rappel OSI



5

Interaction OSI

- La couche RESEAU s'appuie sur la couche LIAISON et peut lui dédier certaines fonctions (expl. Contrôle d'erreurs)
- Etroitement lié à la couche TRANSPORT

6

Caractéristiques

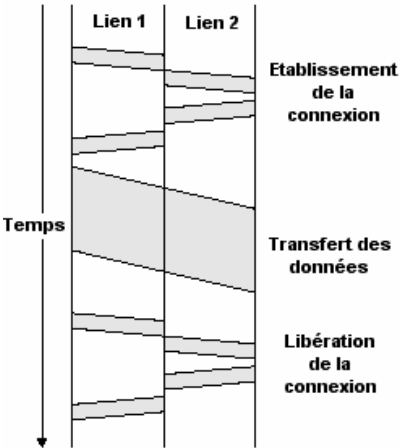
- Suivant le type de réseau, le service de la couche réseau peut être :
 - Fiable (sans perte, ni duplication, ni déséquencement)
 - Non fiable
- Les protocoles de la couche réseau peuvent fonctionner selon deux modes :
 - Mode non connecté
 - Mode connecté

7

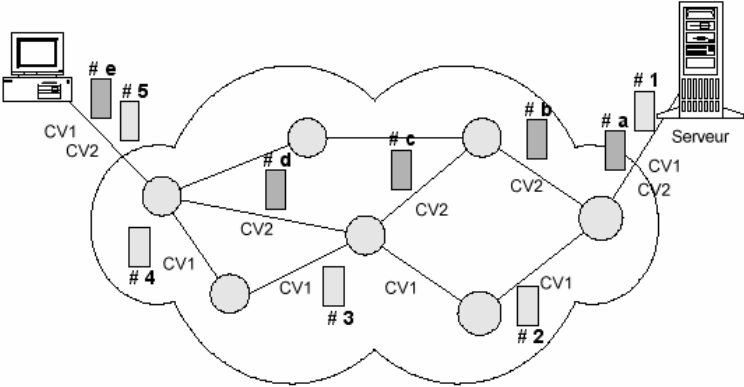
Mode Connecté

- Le mode connecté (Circuit Virtuel)
 - 3 phases :
 - Etablissement d'une connexion
 - transfert des données
 - Libération de la connexion
 - Service fiable
 - Complexe et chemin dédié
- Exemples de protocoles réseaux:
 - X.25.3 ou X.25 PLP (Packet Level Protocol), 8
RNIS.

Mode Connecté



Mode Connecté

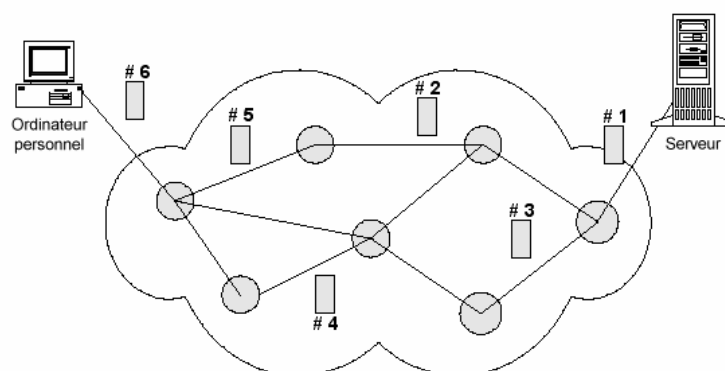


Mode Non Connecté

- Le mode Non connecté (Datagramme)
 - 1 seule phase : Transfert des données
 - Service non fiable
 - simple
 - plusieurs chemins possibles
- Exemples de protocoles réseaux:
 - IP, ISO CLNP (Connectionless Network Protocol).

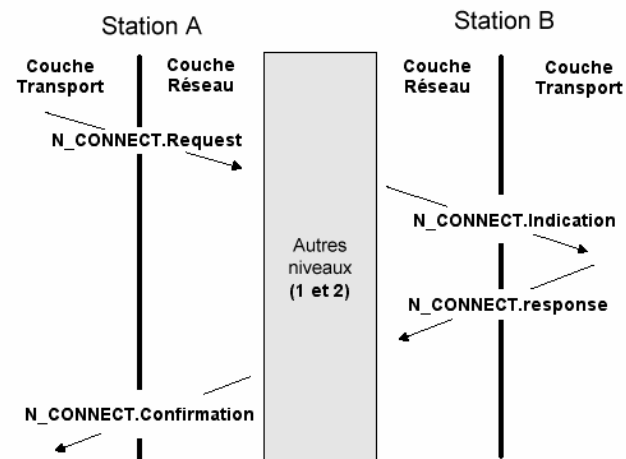
11

Mode Non Connecté



12

Primitives du Service Réseau



13

Primitives : Mode Non Connecté

- En mode Non connecté
 - N_UNIDATA.request
 - N_UNIDATA.indication
 - N_FACILITY.request
 - N_FACILITY.indication
 - N_REPORT.indication

14

Primitives : Mode Connecté

- N_CONNECT.indication
- N_CONNECT.response
- N_CONNECT.confirmation
- En mode Connecté:
 - N_DATA_CONNECT.request
 - N_DATA_CONNECT.indication
 - N_DATA_CONNECT.response
 - N_DATA_CONNECT.confirmation
 - N_EXPEDITED_DATA.request
 - N_EXPEDITED_DATA.indication
 - N_DISCONNECT.request
 - N_DISCONNECT.indication
 - N_RESET.request
 - N_RESET.indication
 - N_RESET.response
 - N_CONNECT.request
 - N_RESET.confirmation

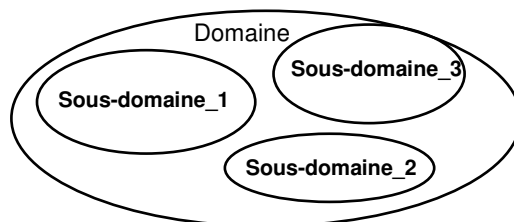
15

Adressage

- Permet l'identification non ambiguë d'un système.
 - Adressage PHYSIQUE / LOGIQUE
 - n° de téléphone, @ MAC, @ IP (plus simple)
 - @ email (plus puissant)
 - Adressage HIERARCHIQUE / ABSOLUE
 - n° de téléphone, @ postale, X.121 (routage simple)
 - n° INSEE, @ MAC (économie d'octets)

16

Adressage Hiérarchique



@ Hiérarchique d'une station

D	S_D	Station
---	-----	---------

17

Contrôle de Congestion vs Contrôle de flux

Contrôle de flux (préventif) \neq Contrôle de congestion
(réactif)

- Exemple 1 : Contrôle de flux
 - cas d'un réseau Gigabit Ethernet
 - transfert d'un fichier entre une station Fast Ethernet et une station Ethernet 10BaseT
- Exemple 2 : Contrôle de congestion
 - cas d'un réseau WAN avec des liens à 1 Mbps et 1000 stations connectées
 - Transfert de fichiers à 100 kbit/s par la moitié des stations (50 Mbit/s requis)

18

Contrôle de Congestion

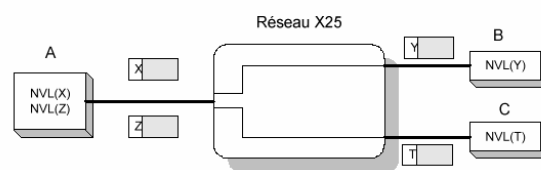
- Fonction pour éviter la dégradation des performances d'un réseau dû à la présence d'un trop grand nombre de paquet dans ce même réseaux.
 - Contrôle de congestion par notification
 - envoi de paquet d'engorgement pour prévenir la source de diminuer son émission lorsqu'une congestion est détectée dans un nœud
 - Contrôle de congestion par destruction de paquets
 - destruction des paquets arrivant dans un nœud congestionné et ne peuvent pas être stockés dans les tampons (ATM)
 - destruction des paquets résidant dans une file d'attente au delà d'un délai (IP)

Contrôle de Flux

- Contrôle de congestion par surallocation des ressources
 - utilisation de seuil de détection de surcharge
- Contrôle de flux par fenêtre / seuil d'entrée:
 - Applicable entre deux extrémités (processus utilisateur)
 - acquittement local des paquets entre la station et le réseau (X.25)
- Contrôle de flux par crédits
 - Option 1 : limitation du nombre de crédit utilisable dans le réseau
 - Option 2 : crédit dédiés pour chaque station

Multiplexage

- Plusieurs paquets peuvent être multiplexés sur une unique voie.



21

Segmentation / Groupage des messages

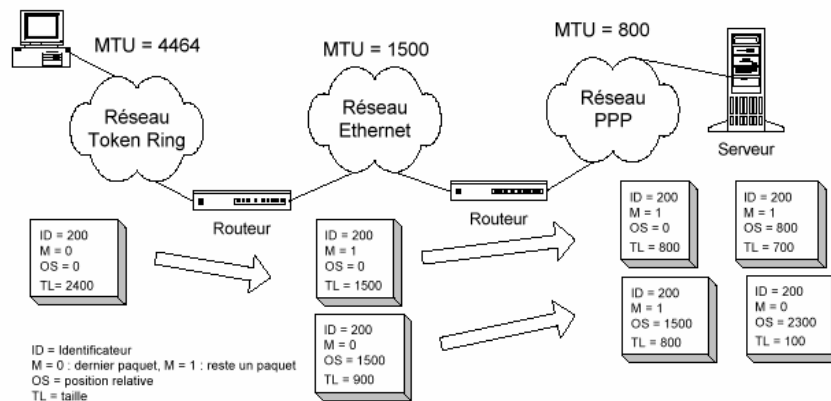
- Chaque réseau impose une taille maximale de paquet transisant à travers lui : Le MTU (Maximum Transmission Unit)
- **Fonction d'adaptation de la taille des messages aux différents réseaux traversés par :**

- **segmentation**
- **réassemblage**

Couche liaison de données	MTU (octets)
Token Ring, 16 Mbps	17 194
Token Ring, 4 Mbps	4 464
FDDI	4 352
Ethernet	1 500
IEEE 802.3/802.2	1 492
PPP	Variable (296 - 1000)

«

Segmentation / Groupage : Exemple



23

Gestion des connexions

- Fonction qui consiste à gérer :
 - l'établissement
 - le maintien
 - la réinitialisation
 - et la libération des connexions de niveau réseau

24

Les Réseaux X.25

Exemple de Transpac

25

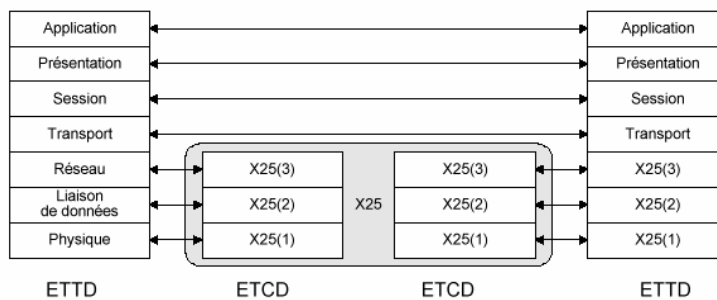
Objectif de X.25

- Protocoles pour l'accès aux réseaux téléinformatique public :
 - à commutation de paquets
 - en mode connecté (Circuit virtuel)
- Réseaux X.25 existants :
 - **Transpac en France**
 - **Datex-P en Allemagne**
 - **Datapac au Canada**
 - **Telenet et Tymnet aux Etats-Unis**

26

Architecture X.25

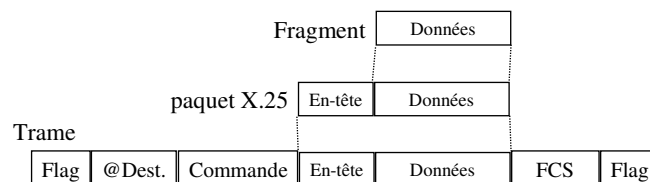
- Spécification des 3 premières couches de protocoles pour l'accès à un réseau public à commutation de paquet.



27

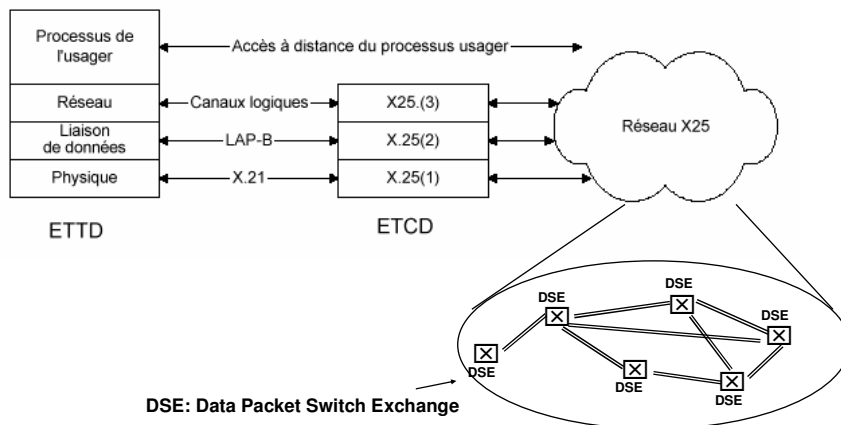
Architecture X.25 (2)

- Niveau physique : X.21 et X.21bis
- Niveau Liaison : LAP-B (HDLC)
- Niveau Réseau : X.25 PLP (Packet Level Protocol)
- Caractéristiques :
 - adressage hiérarchique sur 16 octets max. (OSI X.121)
 - paquet réseau de longueur maximale : 1000 octets
 - Débits d'accès : 300 bit/s à 2 Mbps



28

Architecture X.25 (3)



29

X.25.3 PLP - Format de paquet

Principalement 3 champs:

IGF

- XX01 paquets de données numérotés modulo 8
- XX10 paquets de données numérotés modulo 128

NVL (Numéro de voie logique)

- Groupe de la voie logique
- Voie logique

Type de paquet (2 octets pour la numérotation modulo 128)

Id. général du format (IGF)	Groupe de la voie logique
Voie logique	
Identificateur du type de paquet	

30

PRIMITIVES DU SERVICE RESEAU

Type de paquet	Zone d'identificateur du type de paquet							
	8	7	6	5	4	3	2	1
Paquet d'appel/Paquet entrant <u>Call requests/Incoming call</u>	0	0	0	0	1	0	1	1
Communication acceptée/Communication établie <u>Call accepted/Call connected</u>	0	0	0	0	1	1	1	1
Demande de libération/Indication de libération <u>Clear requests/ Clear indication</u>	0	0	0	1	0	0	1	1
Confirmation de libération <u>Clear confirmation</u>	0	0	0	1	0	1	1	1
Paquet de données <u>Data packet</u>	x	x	x	x	x	x	x	0
Demande d'interruption <u>Interrupt request</u>	0	0	1	0	0	0	1	1
Confirmation d'interruption <u>Interrupt confirmation</u>	0	0	1	0	0	1	1	1
Paquet RR <u>Receive Ready</u>	x	x	x	0	0	0	0	1

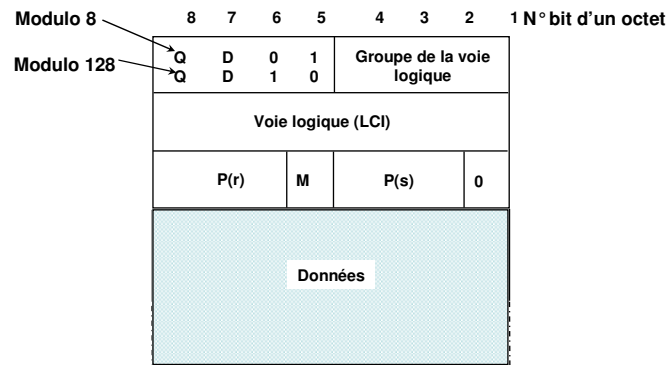
31

PRIMITIVES DU SERVICE RESEAU

Type de paquet	Zone d'identificateur du type de paquet							
	8	7	6	5	4	3	2	1
Paquet RNR <u>Receive Not Ready</u>	x	x	x	0	0	1	0	1
Paquet REJ <u>Reject</u>	x	x	x	0	1	0	0	1
Demande de réinitialisation/Indication de réinitialisation <u>Reset request/Reset indication</u>	0	0	0	1	1	0	1	1
Confirmation de réinitialisation <u>Reset confirmation</u>	0	0	0	1	1	1	1	1
Demande de reprise/Indication de reprise <u>Restart request/Restart indication</u>	1	1	1	1	1	1	0	1
Confirmation de reprise <u>Restart confirmation</u>	1	1	1	1	1	1	1	1
Paquet de diagnostic <u>Diagnostic</u>	1	1	1	1	0	0	0	1

32

X.25.3 PLP - Format de paquet (2)



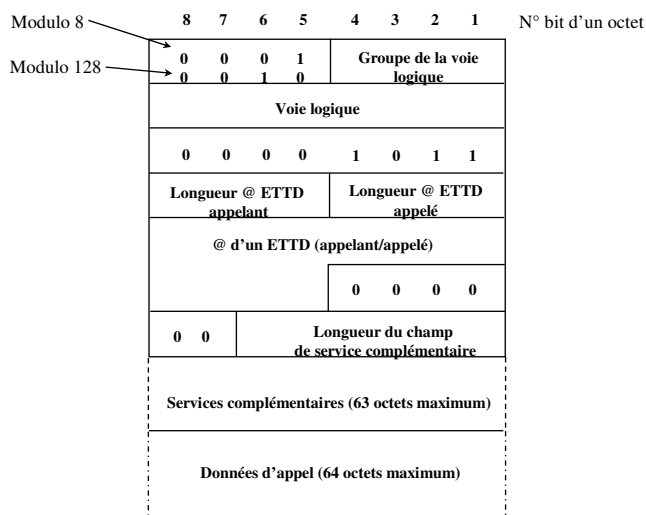
33

X.25.3 PLP - Format de paquet (3)

- **Bit Q (Qualificateur de données), ex X.29:**
 - 0 pour des messages de données
 - 1 pour des messages de commande (paquets qualifiés)
- **Bit D (Delivery - confirmation de remise):**
 - 0 pour un acquittement local par le réseau
 - 1 pour un acquittement de bout-en-bout
- **Bits P(r) et P(s) (contrôle de flux):**
 - P(s) numéro du paquet envoyé
 - P(r) numéro du prochain paquet attendu
- **Bit M (More data - données à suivre):**
 - 0 pour des paquets de message complet
 - 1 pour des paquets de messages intermédiaires
 - Plusieurs tailles de paquets possibles selon des réseaux:
 - 32, 64, 256 et 128 octets (taille standard)
 - Opérations de fragmentation/réassemblage avec le bit M

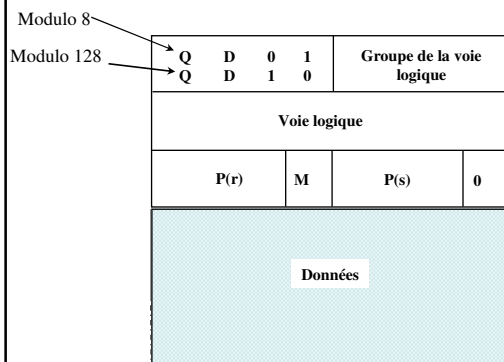
34

Format d'un paquet d'appel/appel entrant



35

Format d'un paquet de données



Bit Q (Qualificateur de données), ex X.29:

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

Bit D (Delivery - confirmation de remise):

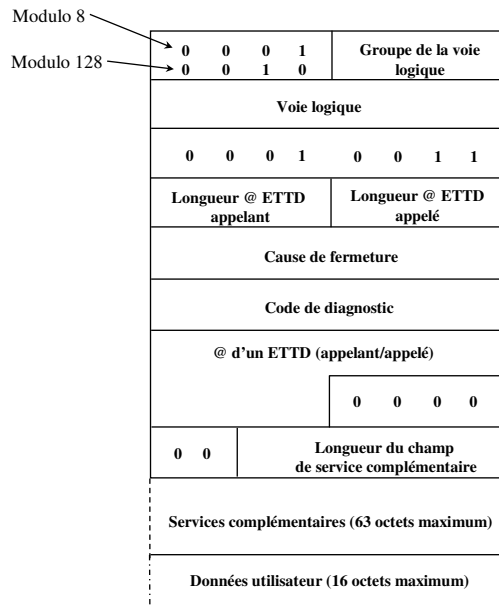
- 0 pour un acquittement local par le réseau
- 1 pour un acquittement de bout-en-bout

Bits P(r) et P(s) (contrôle de flux):

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

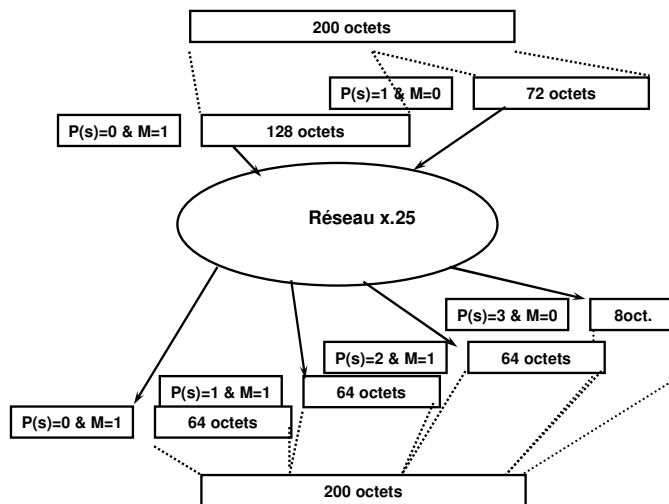
36

Format d'un paquet de demande de libération/indication de libération



37

X.25.3 PLP Fragmentation /Groupage



38

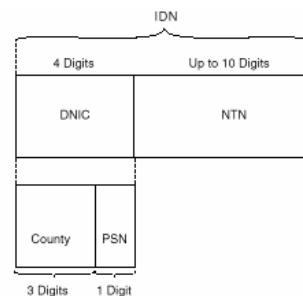
SVC/PVC

- 2 types de circuit virtuel coexistent dans X.25.3 :
 - CVC (Commuté)
 - **phase d'appel**
 - **transfert des paquets**
 - **libération de la connexion**
 - CVP (Permanent)
 - **configuration manuelle des connexions**
 - **une seule phase de transfert**

39

Adressage X.121

- Adresse hiérarchique X.121 sur aux maximum 14 chiffres
- utilisé par X.25 PLP pour établir les SVC lors de la phase d'appel.
- X.121 permet de prendre en compte :
 - le mode d'accès
 - le pays
 - le département
 - le réseau
 - l'abonné



- **IDN : International Data Number**
- **DNIC : Data Network Identification Code**
- **NTN : National Terminal Number**
- **PSN : Packet Switching Network**

40

X.25.2 LAP-B

- Mode équilibré de HDLC - SABM
- numérotation sur 3 bits des trames (0 à 7)
- mode connecté avec préservation de l'ordre des trames
- Pas de SREJ
- Contrôle de flux avec RNR et RR
- détection des pertes de trames I par n° de trame.
- Détection des pertes de trames U par timer TO.
 - Valeur de T0 fonction de la vitesse de la ligne
 - entre 100 ms et 1600 ms (48 - 2.4 Kbit/s)
- Demande de connexion (4 fois) puis abandons

41

X.25.1 - X.21

- Décrit le protocole/interface de niveau physique dans X.25 :
 - caractéristiques électrique, mécanique, fonctionnel pour la connexion entre ETTD et ETCD
 - point-à-point
 - débit jusqu'à 19.2 Kbps
 - synchrone
 - full duplex
 - codage NRZ
 - 4 principaux circuits (Transmission-Reception-
Control-Indication)₄₂

Modes d'accès X.25

- Accès direct synchrone
 - via LS : 256 kbit/s - 1920 Kbit/s
 - via RTC modem full duplex : 2400- 9600 bit/s
 - via RNIS canal D : 16 kbits/s
- Adapté aux échanges de données sur, fiables, sécurisés, à hauts débits.
 - Applications transactionnelles

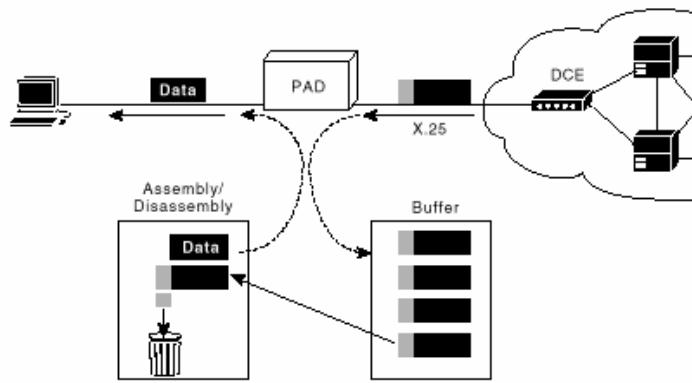
43

Modes d'Accès X.25

- Accès indirect Asynchrone
 - utilisation de PAD (Packet Assembler Disassembler)
 - via LS : 300 - 2400 bit/s
 - X.28 : protocole entre un terminal asynchrone et un PAD
 - X.29 : protocole entre un terminal synchrone et un PAD
 - via RNIS canal B
 - via telex : 50 bit/s
 - via RTC : modem V.21, V.22 et V.22bis
- Adapté aux terminaux informatiques

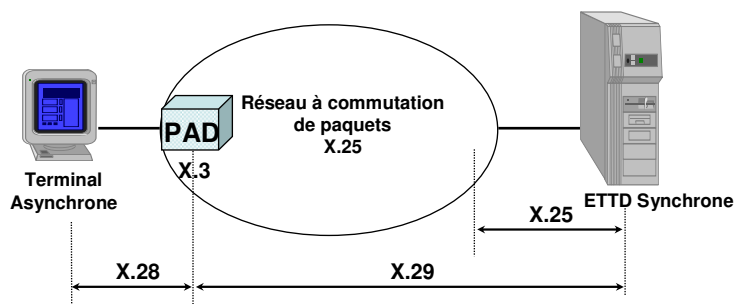
44

Le PAD



45

X.28 - X.29



46

TRANSPAC

- Mis en service en juin 1978
- Tarification aux volumes
 - exemple : accès LS 256 Kbit/s
 - **Mise en place : 16 KF**
 - **Abonnement mensuel : 9600 F**
 - **coût de transfert : 1Koctet / 5 centimes**
- En 1993, accès à 2 Mbit/s
- Dorsale à 34 Mbps
 - Commutateurs ASCEND

47

TRANSPAC (2)

- Sécurité par Réseaux Privés virtuels et GFA
- mise en place d'un système de supervision et de contrôle appelé CHRONO
- 1997 : X.25 sur ATM : dorsale à 155 Mbps
 - commutateurs Nortel PASSPORT

48

SERVICES TRANSPAC

- Interconnexion à près de 300 réseaux X.25 (170 pays) via Nœuds de transit international de commutation
- Sécurité par Réseaux Privés virtuels et GFA
- Interconnexion à Internet (pour ISP)
- Service de Messagerie électronique SMTP ou X.400
- Accès via GSM à 9600 bit/s
- Tend a être remplacé par Frame Relay⁴⁹



Les Réseaux à Relayage de Trames - Frame Relay -

Objectif de FR

- Réseaux WAN à hauts débits développés en 1980
 - à commutation de trames
 - en mode connecté (CVP, et CVC)
- Accroître des débits des réseaux X.25
- Interconnecter les Réseaux locaux
- Transfert de fichiers grand volume,
- Applications de CAO ou d'image,
- Multiplexage de voies basse vitesse en voies haute vitesse

51

Objectif de FR (2)

- Tenir compte des améliorations des supports
 - Simplifier les protocoles
- Maintenir un accès unique à X.25/FR
 - mais conversion de protocole à l'accès :
 - protocole interne XCM de niveau 3
 - protocole interne XFR de niveau 2 et 1
- Premiers réseaux FR opérationnels en 1990

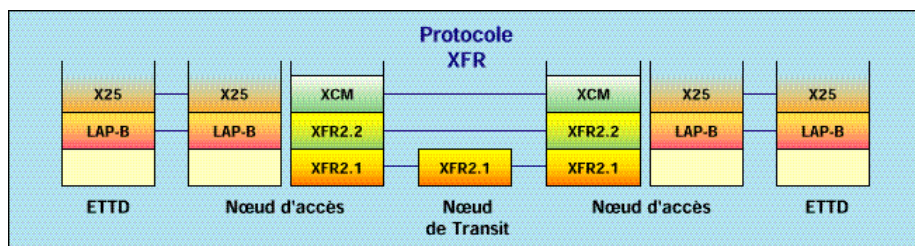
52

Caractéristiques de FR

- Tarification indépendante des volumes échangés mais sous la forme :
 - d'un prix de liaison d'accès
 - prix de la porte frame relay (débit d'accès)
 - type d'accès (local, national, international)
- Débits : Kbits à 44 Mbps
- Normalisation de l'interface d'accès à FR
- Différentes implémentations internes de FR possibles

53

Protocoles de FR



54

Differences FR / X.25

- Signalisation hors bande (Q.933 identique à RNIS)
- LAP-B allégé (core Q.922)
 - pas de correction d'erreurs
 - ni de retransmission
 - juste détection des erreurs
 - pas de fenêtre de contrôle de flux
- Contrôle d'admission et contrat de service

55

Mode d'accès à FR

- Interconnexion de LAN : via Routeur
- Transport de voix/données sensibles : via FRAD
 - débit minimum garanti CIR
 - débit moyen garanti durant 90 % du temps : SIR
 - Débit crête : EIR pour trames à haute priorité
 - disponibilité de 99.9 %
 - délai de transit de 40 ms en moyenne et 60 ms max. entre 2 points d'accès nationaux
 - garanti de re-établissement de connexion < 4 heures

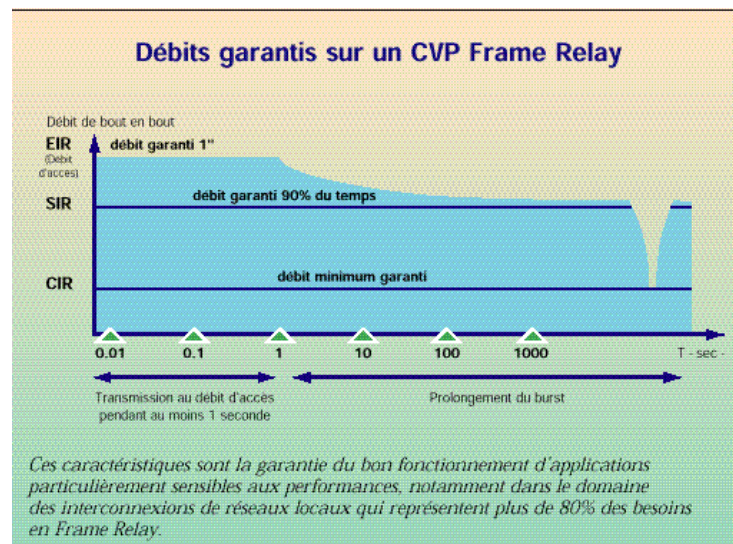
56

FRAD

- Le FRAD est un équipement autonome qui possède un ou plusieurs ports série et un attachement de réseau local. Il assure l'encapsulation des protocoles série (BSC, SNA, X.25...) et de réseau local (IP, IPX...) dans les trames Frame Relay.

57

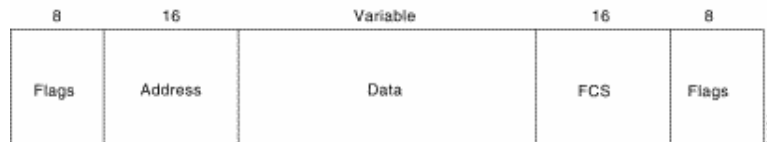
Débits garantis



58

Format Trame FR

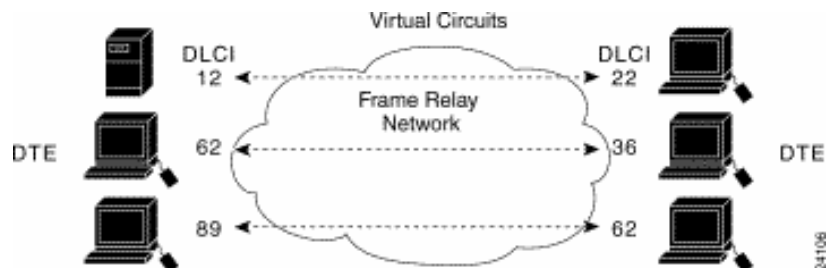
Field Length,
in Bytes



- **Flag : synchronisation : valeur 01111110**
- **Address (2 à 4 octets) :**
 - **DLCI (10-23 bits), 3bits (FECN, BECN, DE) - 3 bits taille adresse**
 - **le bit C/R (Commande/Réponse) transmis de bout en bout, afin d'identifier, si nécessaire, les trames de commande et de réponse.**
- **Data : 0 - 4096 octets max (256 octets fixes recommandés)**
- **FCS : CRC-16**

59

Circuit virtuel DLCI



60

Valeurs DLCI

Valeur DLCI			Fonction
Champ sur 2 octets	Champ sur 3 octets	Champ sur 4 octets	
0	0	0	Canal de gestion de l'interface locale (signalisation LMI) Contrôle l'intégrité de la liaison et l'établissement des connexions.
1 à 15	1 à 1023	1 à 131071	Usage réservé pour de futures améliorations
16 à 991	1024 à 63487	131071 à 8126463	Disponible pour les circuits virtuels, temporaires ou permanents
992 à 1007	63488 à 64511	8126464 à 8257535	Réservé pour la gestion du réseau FR
1008 à 1022	64512 à 65534	8257536 à 8388606	Usage réservé pour de futures améliorations
1023	65535	8388607	Réservé aux messages de gestion des couches supérieures et CLLM

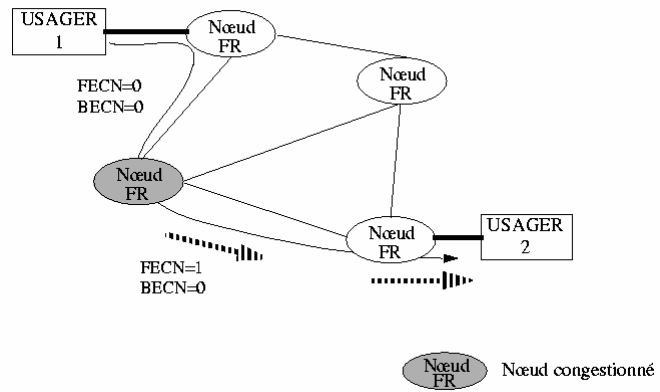
61

Contrôle de flux / congestion

- 3 mécanismes :
 - FECN : Forward-explicit congestion notification
 - BECN : Backward-explicit congestion notification
 - DE : Discard Eligibility

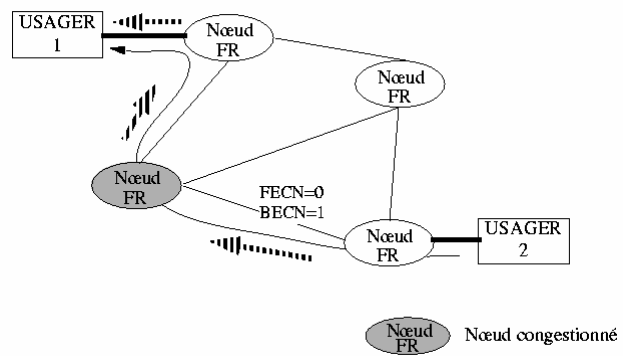
62

FECN



63

BECN



64

SERVICES FR

- En 1997 : FR 11 : voix sur FR
- Interconnexion à Internet (ISP)
- Interconnexion de LAN
- en 1999: FR sur ATM : débits à 155 Mbps

65



ATM Qualité de Service et Routage

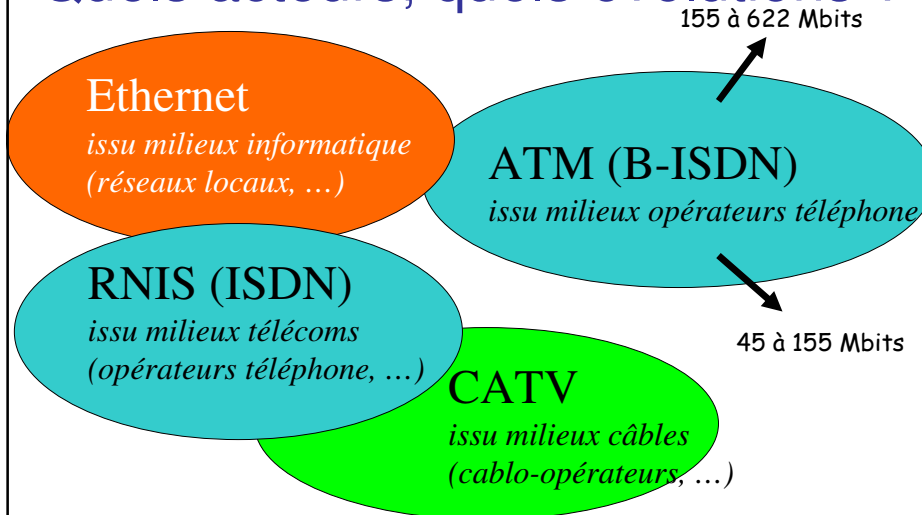
66

ATM : Plan

- 1 Généralités
- 2 QoS dans ATM
- 3 Routage dans ATM

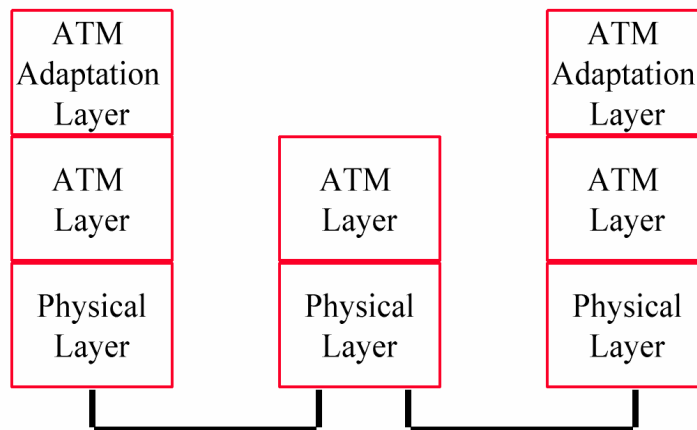
67

Quels acteurs, quels évolutions ?



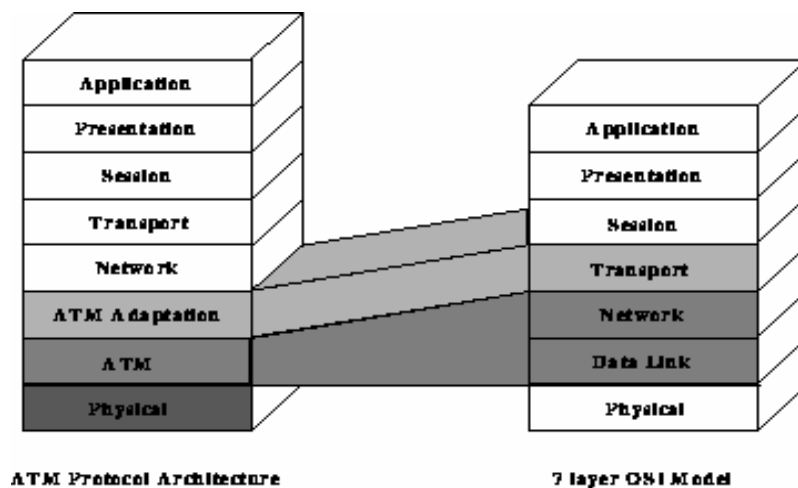
68

ATM LAYERS



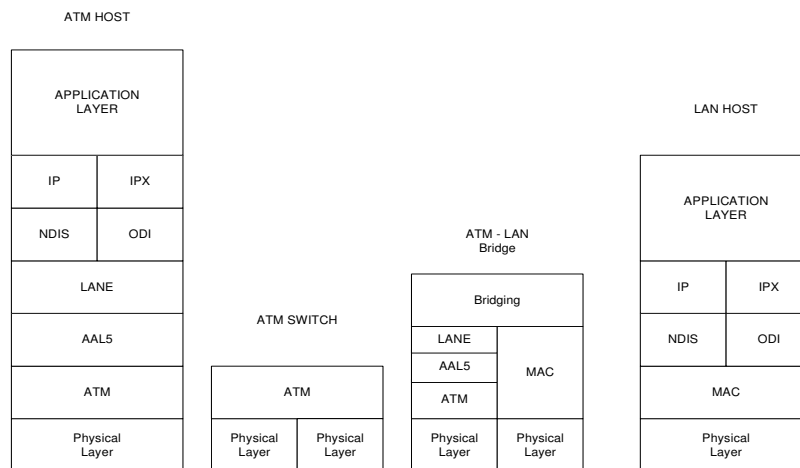
69

ATM LAYERS



70

ATM LAYERS



71

Normalisation et standards

- Mode de transfert adopté par l'ITU pour le B-ISDN
- ATM Forum
 - UNI
 - LANE
 - Interface commutateur-commutateur, routage: PNN1
- IETF: IP over ATM

72

Réseau de cellules

- Idée de base: transmettre toutes les données dans des petits paquets de taille fixe.
- Paquets: blocs de données avec de la Sig
- Petite taille des cellules
 - Moins de gaspillage de place
 - Optimisation du temps d'insertion des Cellules sur le support de transmission
 - Optimisation du délai de transmission

73

Réseau de cellules Horloges

- Dans un réseau numérique, les informations se présentent aux nœuds
 - sous forme cyclique → circuits
 - d'intervalle de temps → paquets
- l'émetteur fournit son horloge au nœud
 - synchrone
 - asynchrone

74

Principes D'ATM

- Liaisons physiques point à point et structure en étoile
- Flots de données → paquets de taille fixe
- Mode connecté (chemin virtuel) établit
 - Dynamiquement
 - Manuellement

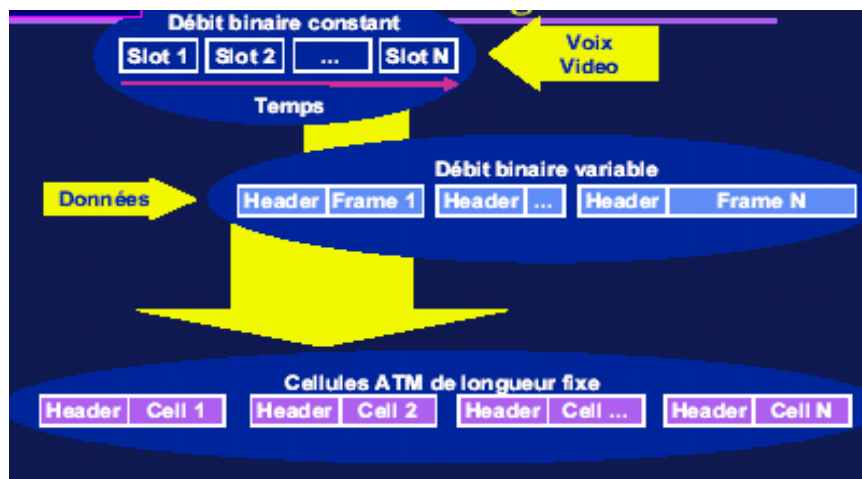
75

Principes d'ATM

- Les données suivent le même chemin
- Chaque connexion : QoS
- 2 couches principales
 - ATM
 - AAL (ATM AdaptationLayer)

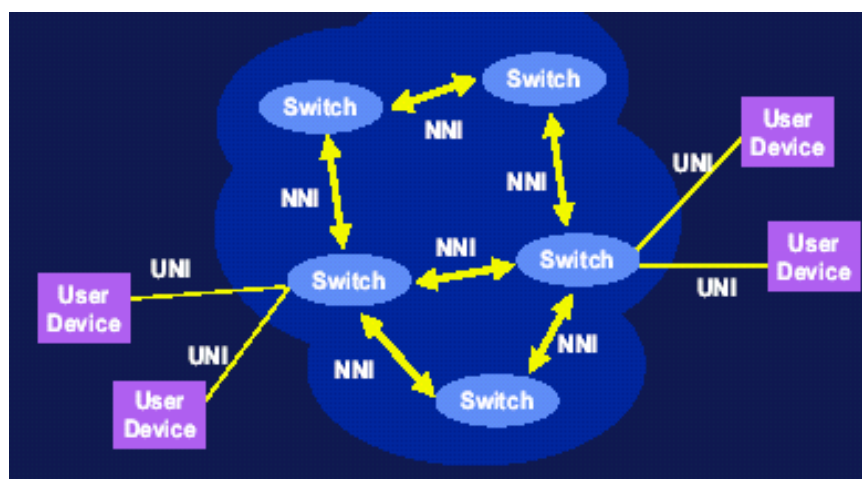
76

Principes d'ATM



77

Structure du réseau



78

Modèle ATM

- Trois niveaux
 - Physique → adaptation à la transmission
 - ATM → acheminement par multiplexage et commutation
 - AAL → adaptation à la structure des cellules
 - une AAL par type de trafic

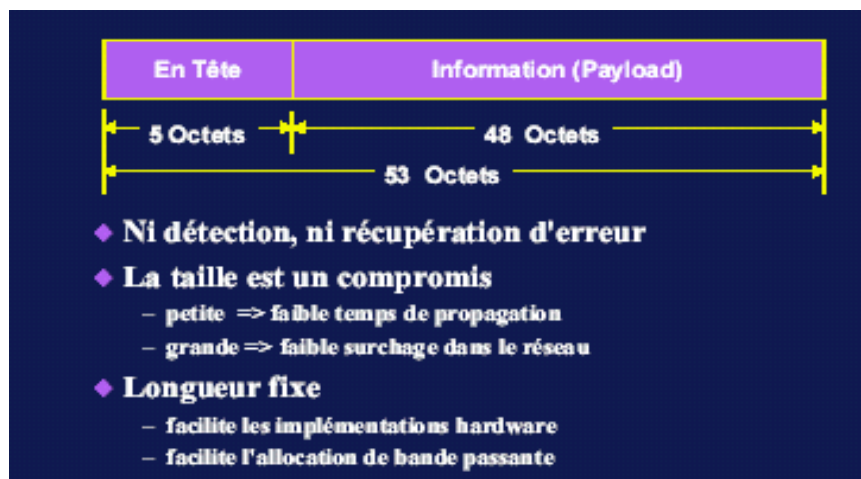
79

Couche Physique

- Assure le transport de cellules entre deux équipements ATM
- Deux sous-couches
 - PM : Physical Media
 - TC: Transmission Convergence
 - + Génération du HEC(Header Error Check)
 - + Contrôle du HEC
 - + Insertion de « cellules vides »

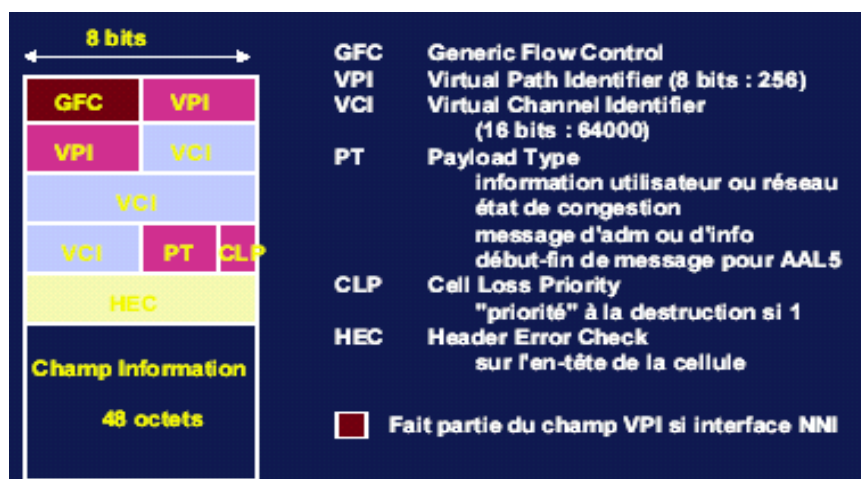
80

Couche ATM



81

Structure de la cellule



82

Couche ATM

- Indépendante de l'interface physique
- ATM est un service orienté connexion
- Fonctions:
 - Génération des en-têtes des cellules
 - Multiplexage et Démultiplexage
 - Aiguillage basé sur les champs VPI/VCI
 - Supervision

83

VP et VC



84

VP et VC

- VC(ATM): Virtual Channel
 - Peut être permanent PVC ou commuté SVC
- VP(ATM):Virtual Path
 - Peut être permanent ou commuté
 - VPI: Numéro de VP
- VP(X25): circuit virtuel permanent
- Commutateur ATM
 - VP Uniquement : brasseur
 - VC et VP: commutateur

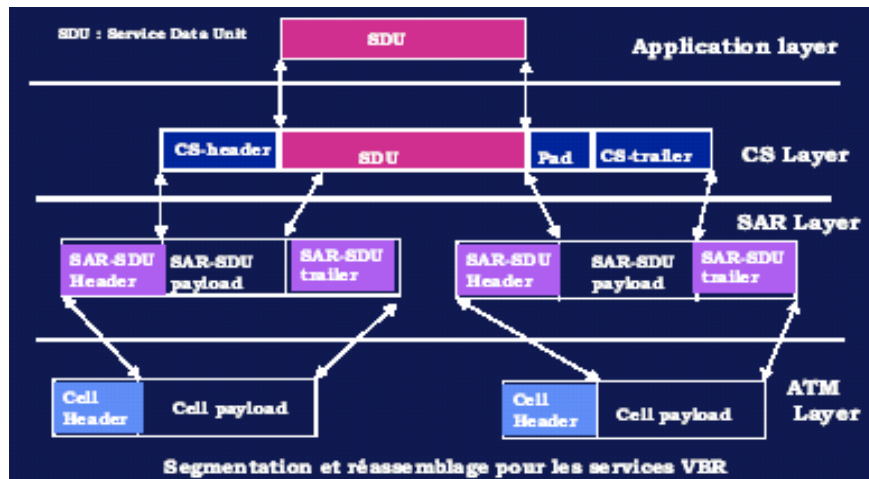
85

Couche AAL

- Interface avec les couches applicatives
- Fonctions:
 - Segmentation et réassemblage (SAR)
 - Convergence Sublayer) → dépendant du service requis (application)
 - Resynchronisation et filtrage de la gigue
 - Détection des erreurs (pas de correction), élimination des cellules dupliqués(donnée)

86

Couche AAL



87

AAL1 et 2

- AAL1 service de classe A
 - services en mode connecté,
 - synchronisation entre la source destination,
 - débit constant (CBR=voix),
- AAL2 service de classe B
 - services en mode connecté,
 - un débit non constant,
 - synchronisation entre la source destination (vidéo)

88

AAL 3/4

- AAL 3/4
 - transport de données en mode :
 - + connecté (service de classe C)
 - + non connecté (service de classe D)
 - service VBR
 - pas de synchronisation source/destination
 - réservé au trafics (tolérance de perte 0)
 - multiplexage des cellules
 - 44 octets de données utiles et 4 octets pour détecter les erreurs

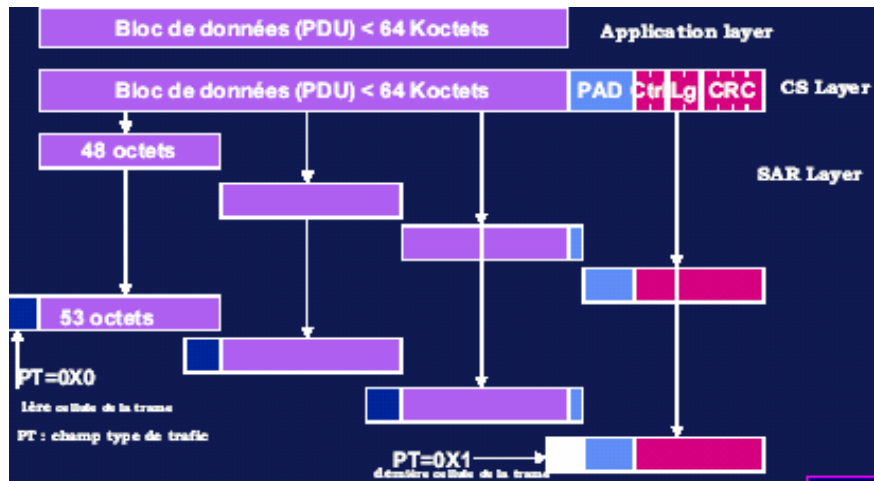
89

AAL 5

- AAL5: classe D (mode non connecté)
 - développé par l'industrie de l'informatique
 - services privilégiés (UBR/ABR)
- AAL3/4 simplifiée

90

La couche AAL5



91

QoS

- Les paramètres de qualité de service
- La caractérisation du trafic ATM
- Le contrat de trafic
- Les Classes de qualité de service
- Les contrôles nécessaires au réseau
 1. Contrôle préventif
 2. Contrôle réactif

92

QoS: les paramètres de QoS

erreurs tolérées

- CER (Cell Error Ratio)
- CLR (Cell Loss Ratio)
- CMR (Cell Misinsertion Rate)

délais tolérés

- CTD (Cell Transfer Delay)
- CDV (Cell Delay Variation)
- CDVT (Cell Delay Variation Tolerance)
- MCTD (Mean Cell Transfer Delay)

93

QoS: les paramètres de QoS

débits tolérés

- PCR (Peak Cell Rate)
- SCR (Sustainable Cell Rate)
- BT (Burst Tolerance)

94

QoS:La caractérisation du trafic ATM

- Hétérogénéité des trafics → une connaissance globale d'un ensemble de paramètres caractérisant le trafic
le paramètre peut être quantitatif (débit crête:PCR) ou qualitatif (tolérance aux burst:BT)
- Le descripteur de trafic ATM
Une liste générique des paramètres pour caractériser le trafic sur une connexion
- Le descripteur de trafic source
Un sous-ensemble des paramètres de trafic ATM utilisé lors de l'établissement de l'appel (PCR, SCR:débit moyen garanti, MBS et MCR)

95

QoS:La caractérisation du trafic ATM

- Le descripteur de trafic de connexion permet la spécification des caractéristiques de trafic d'une connexion à l'interface UNI
il est constitué des éléments suivants:
 - l'ensemble des paramètres du descripteur de trafic source
 - la tolérance à la gigue (CDVT)
 - la définition de conformité

96

QoS:Le contrat de trafic

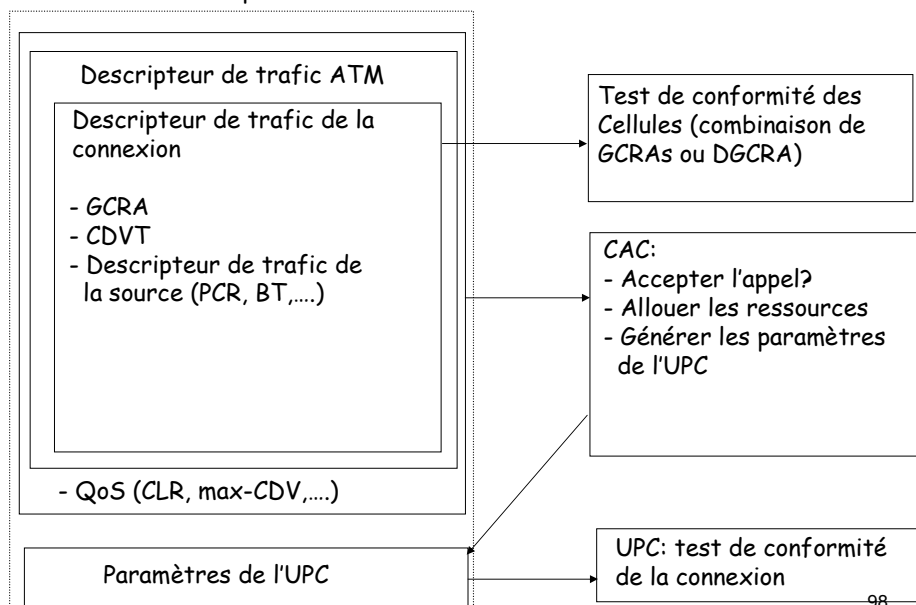
- Il spécifie les caractéristiques négociées d'une connexion ATM à l'interface UNI, il est composé des éléments suivants:
 - le descripteur de trafic de connexion
 - la classe de QoS demandée
 - la définition de conformité de connexion
- La conformité de cellules et de connexion un test est appliqué aux cellules au niveau de l'UNI par des algorithmes GCRA (Generic Cell Rate Algorithm)

97

QoS:Le contrat de trafic

Domaine des paramètres

Domaine fonctionnel



QoS: Les Classes de qualité de service

- Les premières classifications ont utilisé trois critères: le délai, la perte de cellules et les besoins de bande passante
- Les classes définies par l'ATM Forum
 - la classe de service à débit constant (CBR: Constant Bit Rate): une BP constante, un débit crête disponible (PCR) durant toute la durée de la connexion, applications temps réel (vidéoconférence, le téléphone, la radio,...)
 - la classe de service à débit variable temps réel (rt-VBR): temps réel, contraintes strictes en délai et variation de délai, toutes les applications CBR pour lesquelles l'utilisateur peut bénéficier d'un multiplexage statistique en envoyant ses données à un débit variable, PCR, un débit moyen garanti (SCR) et la taille max. du burst (MBS)

99

QoS: Les Classes de qualité de service

- la classe de service à débit variable non temps réel (nrt-VBR): les applications comme le traitement de transactions (bancaires, contrôle de processus) et l'interconnexion de réseaux à relais de trames, mêmes caractéristiques que nr-VBR mais avec aucune borne sur le délai de transfert
- la classe de service à débit non spécifié (UBR:Unspecified BR): toutes les applications non temps réel n'ayant aucune contrainte concernant le délai, et la variation de délai de transfert comme les vérifications de cartes de crédit, la messagerie de données et d'images (e-mail, telex, et le fax)

100

QoS: Les Classes de qualité de service

- la classe de service à débit disponible (ABR: Available BR): les applications qui peuvent supporter la variation de débit, toutes applications sensibles aux pertes et tolèrent les variations de délai de transfert, par exemple le service UBR qui demande certaine garantie de QoS, le RPC (Remote Procedure Call) et le service NFS.

l'utilisateur de l'ABR doit spécifier le PCR et le MCR (Minimum Cell Rate)

101

QoS: Les Classes de qualité de service

- Les classes définies par l'UIT-T
Il se base dans sa classification sur le délai, la synchronisation de la source et de la destination, ainsi que le type de trafic variable ou constant
- la classe de service à débit déterministe (DBR): équivalente au CBR avec les opérations telles que le marquage et le rejet sélectif des cellules avec $CLP=1$ ne sont pas appliquées
- la classe de service à débit statistique (SBR): est destinée à des applications dont certaines caractéristiques de trafic sont connues est équivalente au nrt-VBR, elle supporte le marquage et le rejet sélectif des cellules non essentielles, elle utilise le PCR et SCR

102

QoS: Les Classes de qualité de service

- la classe de service de transfert de blocs ATM (ABT: ATM Block Transfer capability): permet à la source de négocier l'augmentation ou la diminution de son débit, chaque bloc sera vu comme une connexion DBR caractérisée par un débit crête BCR(Block CR) constant pour toute la durée du bloc.

deux types de services ABT sont définis et ne diffèrent que par les instants de transmission de données

1. le service à transmission retardée ABT/DT (ABT with Delayed Transmission) et pendant toute la durée de vie de la connexion, le BCR de blocs ATM successifs est négocié dynamiquement avec le réseau. Il supporte les applications FTP, l'interconnexion de réseaux locaux

103

QoS: Les Classes de qualité de service

2. le service à transmission immédiate ABT/IT: l'utilisateur transmet les blocs ATM sans attendre d'accusé de réception, ainsi, les blocs risquent d'être rejetés par le réseaux si les ressources ne sont pas disponibles, il supporte des services temps réel qui ne peuvent pas attendre le résultat de la renégociation de leurs débits.

- le service ABR est équivalent au ABR proposé par l'ATM Forum

104

QoS: Les contrôles nécessaires au réseau

- Les fonctions génériques permettent de définir un cadre de travail pour la gestion et le contrôle de trafic et des encombrements dans les réseaux ATM.
afin d'éviter les conditions de congestion ou d'en limiter les effets, les fonctions dépendantes du contrôle de congestion sont déclenchées en cas de congestion et ont pour rôle d'en limiter la propagation.
Deux types de fonctions génériques:
les fonctions assurant le contrôle de flux et les fonctions assurant le contrôle de congestion

105

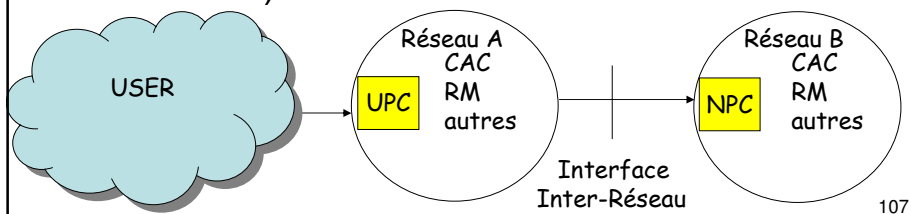
QoS: Les contrôles nécessaires au réseau

- Les fonctions du contrôle de flux
 - la gestion des ressources du réseau (Network Resource Management)
 - le contrôle d'admission (Connection Admission Control)
 - le contrôle de conformité (Usage/Network Parameter Control)
 - la gestion des priorités et le rejet sélectif des cellules (Priority Control and selective Cell Discarding)
 - la mise en forme des trafics (Traffic Shaping)
 - l'allocation rapide des ressources (Fast Resource Management)

106

QoS: Les contrôles nécessaires au réseau

- Les fonctions de contrôle de congestion
 - le rejet sélectif des cellules (Selective Cell Discarding)
 - la notification explicite des congestions vers l'avant (Explicit Forward Congestion Notification)



QoS: Les contrôles nécessaires au réseau

- La gestion des ressources (NRM)
 - repose sur la notion des connexions de conduits virtuel (VPC) car cette utilisation permet de :
 - simplifier le contrôle d'admission au réseau,
 - d'effectuer un contrôle de priorité en séparant les services en fonction de leur qualité de service,
 - de distribuer plus efficacement les messages OAM pour la mise en œuvre des schémas de gestion du trafic (par exemple distribuer un message unique à toutes les connexions de voies virtuelles composant une connexion VPC)
 - de regrouper les services usager de manière à simplifier les commandes de la fonction UPC/NPC a fin par exemple d'effectuer une surveillance globale

108

QoS: Les contrôles nécessaires au réseau

- L'allocation rapide des ressources FRM
deux versions proposées:
 - une version négociée avec transmission garantie, le protocole FRP/DT (Fast Reservation Protocol en mode Delayed Transmission)
 - une version avec Transmission Immédiate: le protocole FRP/IT.
 - ces deux versions s'appuient sur le débit crête d'une connexion ATM
 - FRP/DT permet à une source de diminuer ou d'augmenter son débit
 - FRP/IT utilisé pour les applications temps réel

109

QoS: Les contrôles nécessaires au réseau

- Le contrôle d'admission (CAC)
c'est un ensemble des actions exécutées par le réseau au moment de l'établissement d'une connexion, cette fonction contrôle l'accès au réseau et s'assure que les ressources suffisantes sont disponibles pour réaliser le service demandé en respectant les qualités de services désirées.
le CAC possède au moins les informations suivantes:
 - les descripteurs de trafic source,
 - la classe de QoS requiseces informations sont indiquées au moyen d'une procédure OAM appropriée
le CAC utilise ces informations pour déterminer:
 - si la connexion peut être acceptée ou non,
 - l'acheminement (routage) et l'attribution des ressources

110

QoS: Les contrôles nécessaires au réseau

- Le contrôle de conformité (UPC/NPC)
des actions prises par le réseau pour surveiller et gérer le trafic au niveau de l'accès de l'utilisateur, l'objectif est de protéger les ressources du réseau des intentions malveillantes des utilisateurs susceptibles d'affecter la qualité de service des autres connexions déjà établies.
le contrôle est assuré par des mécanismes de surveillance chargés de détecter toutes les violations du contrat et de prendre les mesures appropriées

111

QoS: Les contrôles nécessaires au réseau

- La gestion des priorités
un utilisateur peut générer différents flux de cellules en utilisant le bit CLP, l'intérêt est d'associer à chacun des flux une qualité de service différente
- La mise en forme ou conformation du trafic
c'est un mécanisme qui affecte les caractéristiques d'un flux de cellules d'une connexion de VC ou de VP pour modifier les caractéristiques du service.
des exemples de la mise en conformité: la réduction du débit cellulaire crête (peak cell rate reduction), la limitation de la longueur des rafales (burst length limiting), et la réduction de la gigue

112

QoS: Les contrôles nécessaires au réseau

- Le rejet sélectif de cellules (Selective Cell Discarding) un élément encombré du réseau peut rejeter sélectivement des cellules reconnues explicitement comme appartenant à une connexion ATM non-conforme
- La notification explicite des congestions vers la destination (EFCI)
utilisée pour éviter une situation d'encombrement et à effectuer des reprises après une congestion. Grâce au champ PT, une notification EFCI est envoyée par un élément réseau.

113

QoS: Les contrôles nécessaires au réseau

- Le Contrôle d'accès et les mécanismes de surveillance
ATM doivent accepter les services classiques à débit constant mais aussi les services à débit variable → une difficulté dans la caractérisation de ces services à débit variable et la réalisation de mécanismes de surveillance adaptés
- Les mécanismes de surveillance
la caractéristique principale d'un service est son débit cellulaire qui sera exprimé en nombre de cellules émises par la connexion sur un intervalle de temps.
Deux types de mécanismes de surveillance:
les mécanismes à fenêtre et les mécanismes au seau percé
« leaky bucket »

114

QoS: Les contrôles nécessaires au réseau

- Les mécanismes à fenêtre
une fenêtre est définie par deux paramètres:
une taille T (nombre entier de slots observés)
une limite L définissant le nombre maximum de cellules admises dans la fenêtre,
dès que la limite L est dépassée, les cellules suivantes visible dans la fenêtre d'observation courante sont déclarées en excès.
- La fenêtre sautante
permet de contrôler un débit cellulaire moyen de L/T ,
inconvenient avec les services On/Off la taille de la fenêtre doit être supérieure à la taille d'une rafale, ne contrôle pas les inter-arrivées de cellules

115

QoS: Les contrôles nécessaires au réseau

- La fenêtre TJW (Triggered Jumping Window)
avec la fenêtre sortante le démarrage d'une nouvelle fenêtre n'est synchronisé → TJW répond à ce problème par une nouvelle fenêtre ne sera armée qu'à l'arrivée d'une cellule et ne comptabilise pas les périodes de silence ayant débuté avant l'expiration de la fenêtre précédente
- La fenêtre glissante
la fenêtre glissante glisse de slot en slot contrairement à la fenêtre sautante qui glisse de T emplacements

116

QoS: Les contrôles nécessaires au réseau

- La fenêtre EWMA

moyenne mobile à pondération exponentielle, le flux de cellules est observé à travers une fenêtre sautante à l'intérieur de laquelle le nombre maximal de cellules admissibles varie au cours du temps, l'algorithme calcule une limite X_n^{\max} en fonction du nombre moyen d'arrivées de cellules X_n dans les fenêtres précédentes avec

X_n : le nombre de cellules comptabilisées dans la fenêtre de rang n

T: la taille de la fenêtre

α : un coefficient réel dépendant de la source

117

QoS: Les contrôles nécessaires au réseau

La suite S_n permet d'ajuster le nombre de cellules admissibles dans une fenêtre, sachant que S est le nombre minimal de cellules acceptées dans une fenêtre de taille T

$$\begin{cases} S_0 = 0 \\ S_n = \min \{S, \alpha S_{n-1} + (1 - \alpha) X_n\} \end{cases}$$

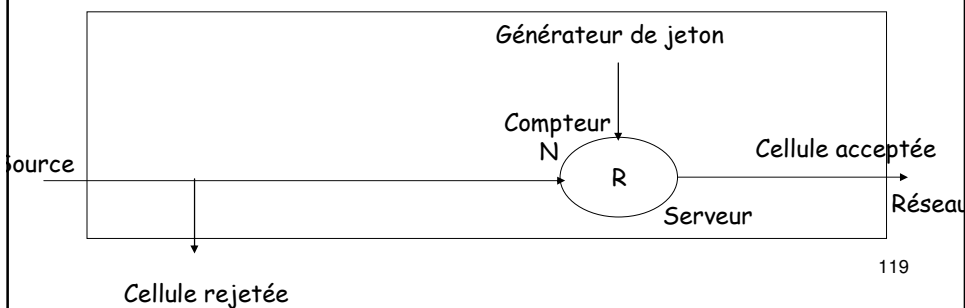
Le nombre maximal de cellules admissibles dans la n ième fenêtre est

$$X_n^{\max} = \frac{S - \alpha S_{n-1}}{1 - \alpha}$$

118

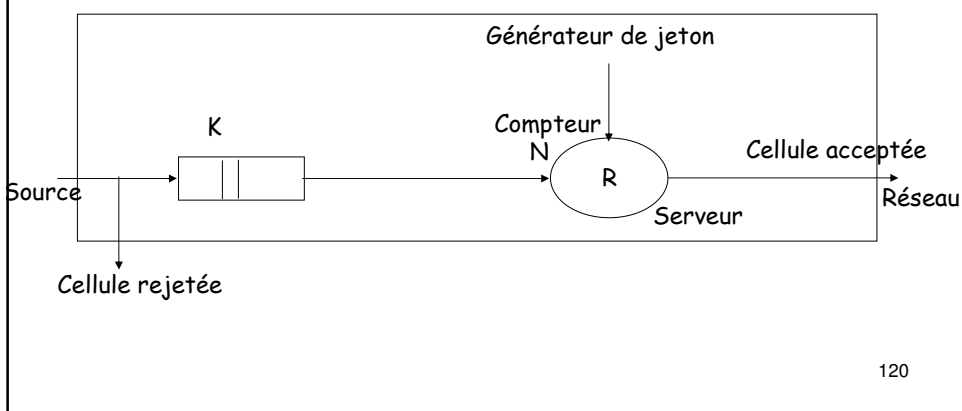
QoS: Les contrôles nécessaires au réseau

- Les mécanismes au seau percé (les leaky buckets) une autre voie de recherche pour la surveillance consiste à modifier le flux de cellules d'une connexion pour rendre conforme un service abusif ou pour transformer un service à débit variable en un service à débit quasi constant
- Le LB de J.Turner



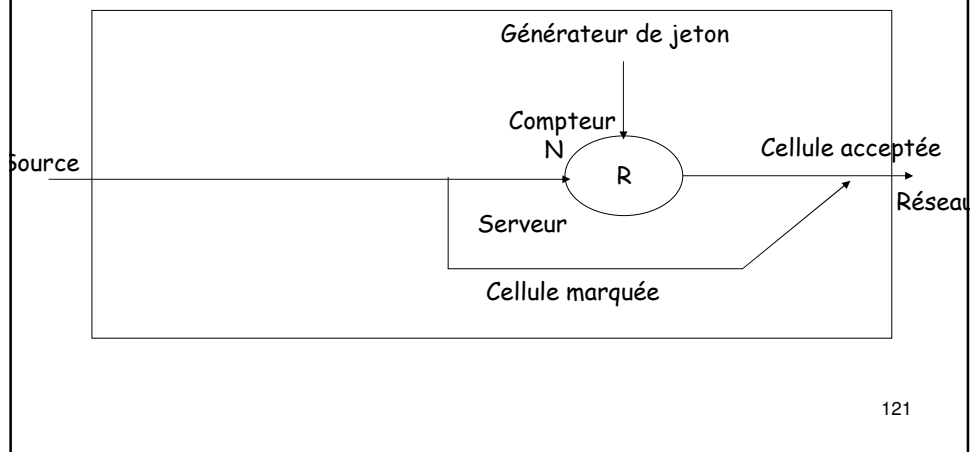
QoS: Les contrôles nécessaires au réseau

- Le LB avec tampon



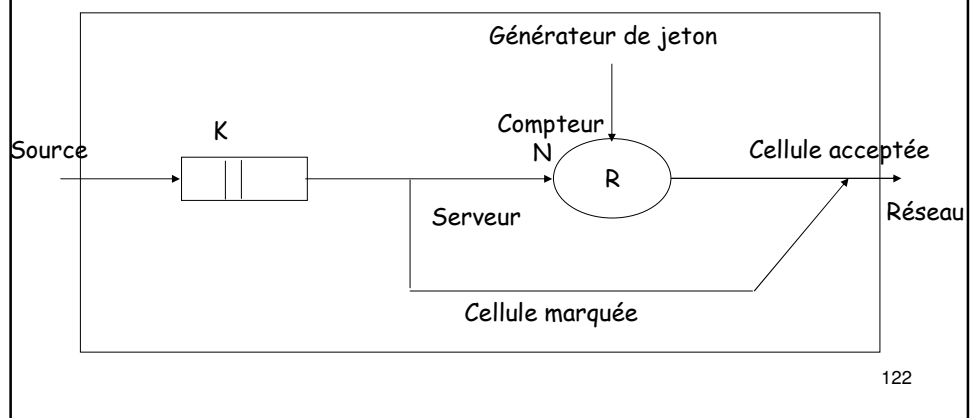
QoS: Les contrôles nécessaires au réseau

- Le LB virtuel



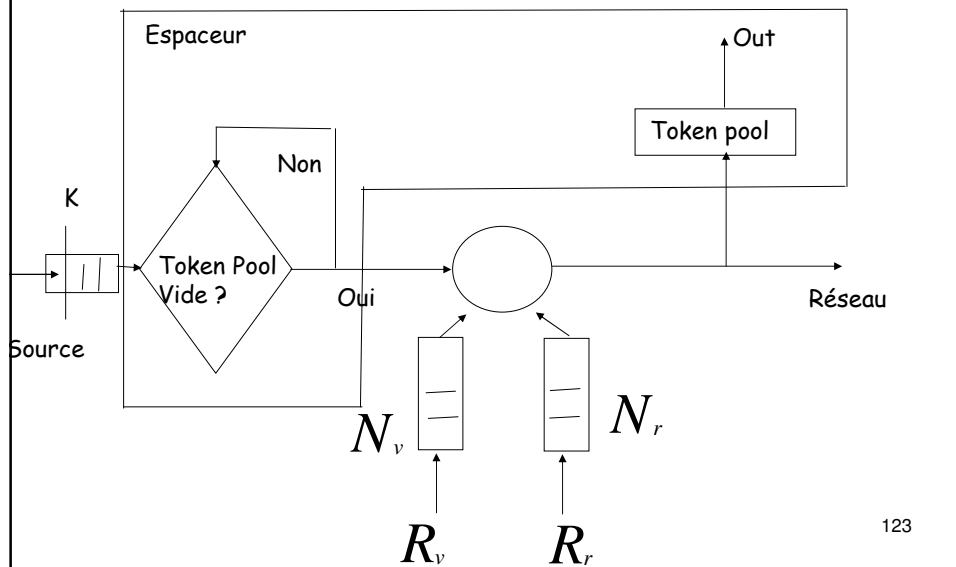
QoS: Les contrôles nécessaires au réseau

- Le LB de Chao



QoS: Les contrôles nécessaires au réseau

- Le LB Espaceur

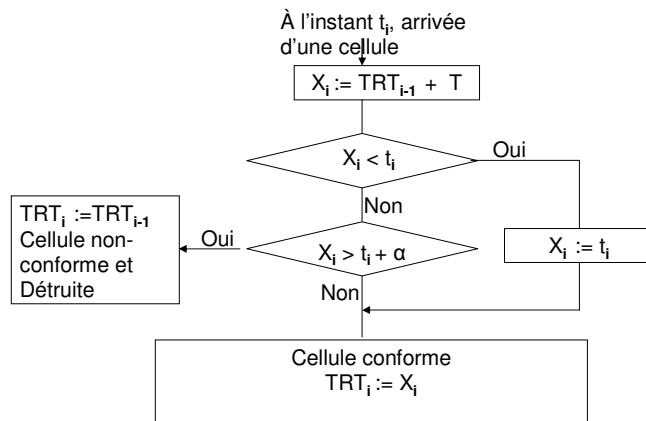


123

QoS: Les contrôles nécessaires au réseau

- Surveillance globale des connexions ATM
la surveillance du débit moyen et de la rafale maximale peuvent être assurés par un LB générique
- Surveillance du débit crête par un mécanisme
 - + un mécanisme à fenêtre
 - + un LB
- surveillance par le contrôleur espaceur
 - un débit crête est défini comme l'inverse de l'intervalle minimal entre deux cellules,
 - + capacité de détecter toute violation de la valeur des inter-arrivées de deux cellules consécutives d'une même connexion
 - + modification de la structure temporelle du flux de cellules pour le rendre conforme
 - + rejet des cellules trop en avance
 - + le contrôleur espaceur se base sur l'algorithme suivant:¹²⁴

QoS: Les contrôles nécessaires au réseau



125

QoS: Les contrôles nécessaires au réseau

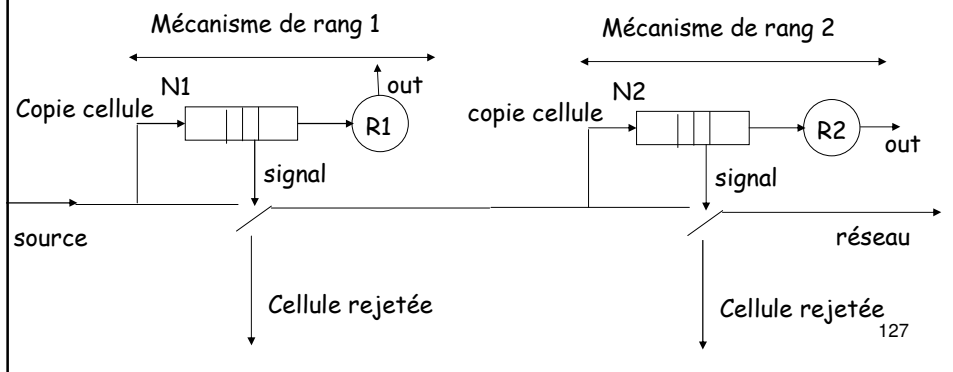
- L'algorithme de « contrôle-espacement » utilise deux paramètres :
 - T , la période d'émission crête ou d'espacement,
 - α , le paramètre de gigue (en microseconde).
- L'algorithme associe à chaque cellule ATM arrivant à la date t , deux variables :
 - + la première est notée **TRTi** (Theoretical Retransmission Time) et représente l'heure théorique de réémission de la i ème cellule. Si la cellule n'est pas rejetée, elle doit être idéalement réémise à cette heure.
 - + la seconde variable est **ARTi** (Actual Retransmission Time) elle donne l'heure réelle de réémission de la i ème cellule. ART correspond à la première heure libre de transmission d'une cellule après TRT. Comme il peut y avoir contention de réémission entre plusieurs connexions pour un TRT donné et comme les cellules sont émises sur un support partagé, ART peut donc différer de TRT.

126

QoS: Les contrôles nécessaires au réseau

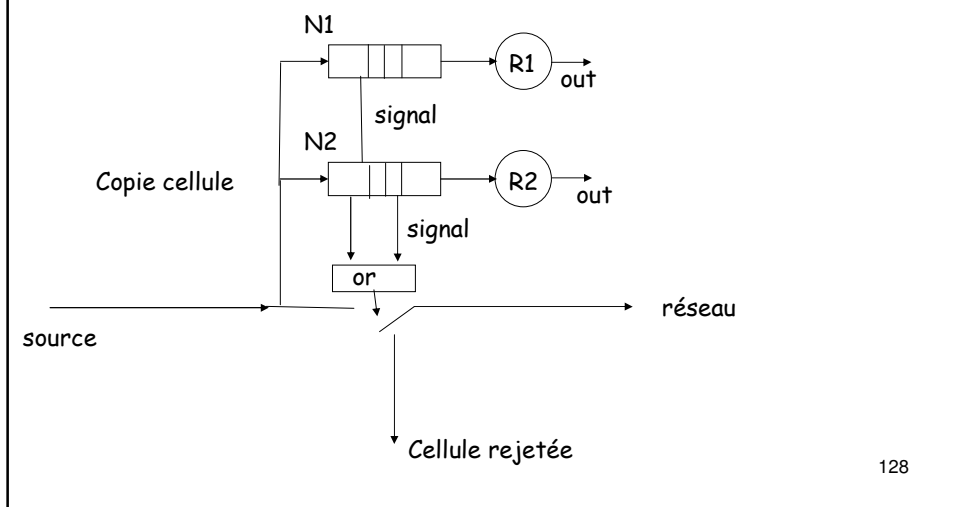
- La surveillance d'une connexion par plusieurs mécanismes

1. mécanisme en série



QoS: Les contrôles nécessaires au réseau

2. Mécanismes en parallèle



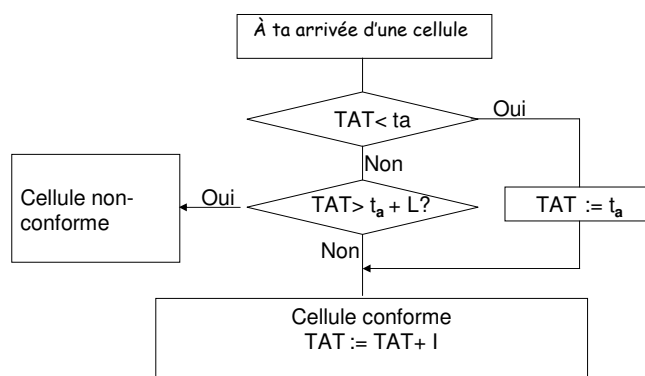
QoS: Les contrôles nécessaires au réseau

- Algorithmes de surveillance de débit cellulaire des connexions ATM, GCRA « Generic CellRate Algorithm » sont divisés en deux algorithmes
VSA: Virtual Scheduling Algorithm
CS-LB: Continuous State-Leaky Bucket

129

QoS: Les contrôles nécessaires au réseau

- VSA: Virtual Scheduling Algorithm



130

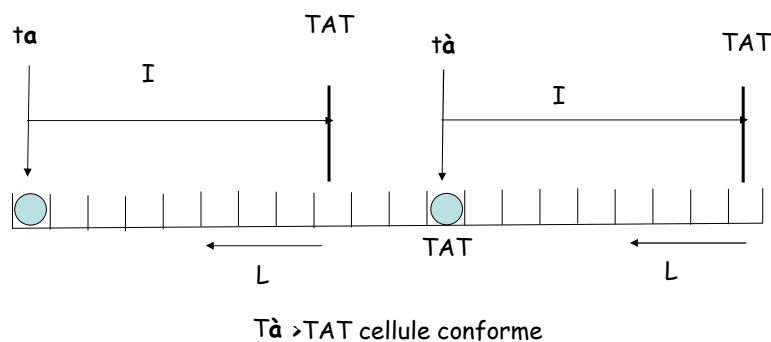
QoS: Les contrôles nécessaires au réseau

- VSA: Virtual Scheduling Algorithm
 - TAT (Theoretical Arrival Time): correspond à l'instant « normal » d'arrivée de la prochaine cellule
 - I : durée d'espacement des cellules (valeur de l'incrément)
 - L: la valeur limite
 - Si l'arrivée se situe après TAT- L, alors la cellule est conforme

131

QoS: Les contrôles nécessaires au réseau

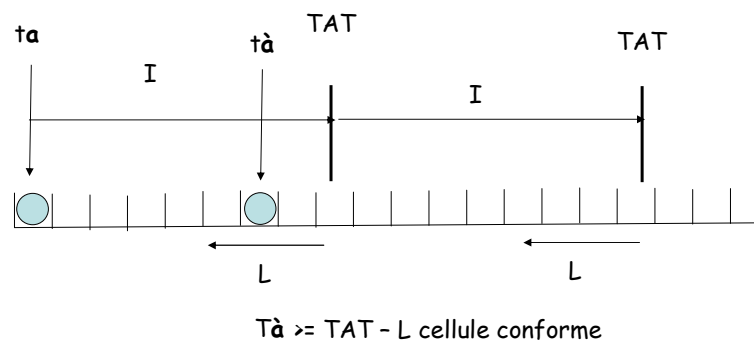
- La cellule arrive en retard



132

QoS: Les contrôles nécessaires au réseau

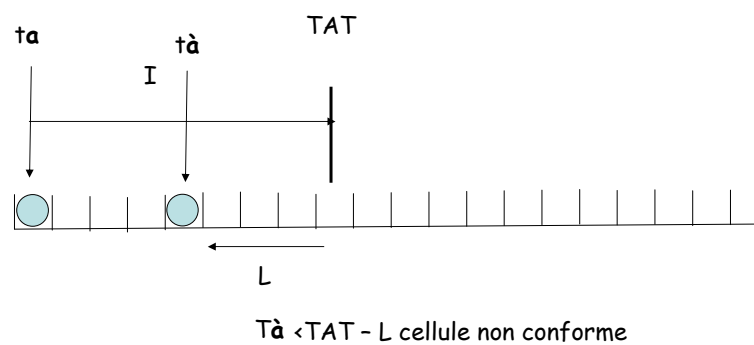
- La cellule arrive un peu en avance



133

QoS: Les contrôles nécessaires au réseau

- La cellule arrive très en avance



134

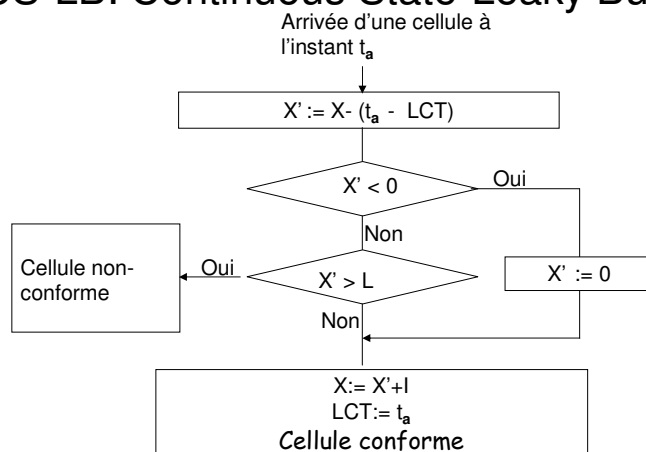
QoS: Les contrôles nécessaires au réseau

- CS-LB: Continuous State-Leaky Bucket
 - vu comme un seau ayant une capacité finie
 - la valeur réelle du contenu s'écoule à un taux continu de 1 par unité de temps et augmente de 1 à chaque arrivée d'une cellule conforme
 - la capacité max de LB est de $L+1$
 - à l'arrivée d'une nouvelle cellule
 - si le compteur est $< L \rightarrow$ cellule conforme
 - sinon cellule non-conforme
 - initialisation à l'instant d'arrivée t_a de la première cellule
 - $X=0$
 - $LCT= t_a$

135

QoS: Les contrôles nécessaires au réseau

- CS-LB: Continuous State-Leaky Bucket



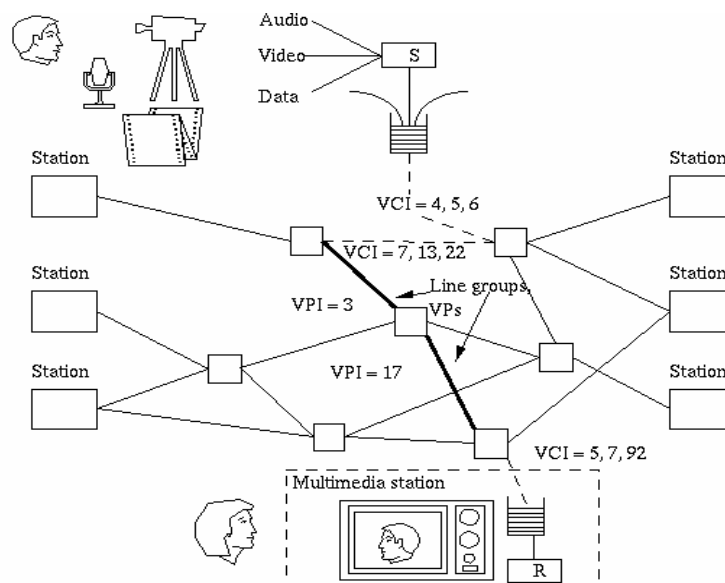
136

Routage des cellules ATM

- Routage de proche en proche
- Routage hiérarchique
 - VP: router un ensemble de cellules correspond à plusieurs connexions
 - VC: routage des cellules d'une connexion
- Chemin de routage définit au moment de la connexion
- L'information de routage est locale au commutateur
- Tables de commutateur: consultation et modification de la cellule

137

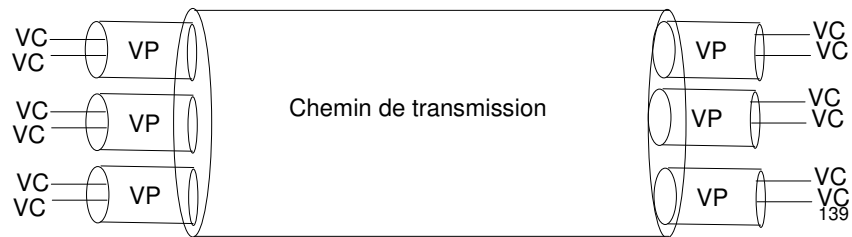
Circuit virtuel: illustration



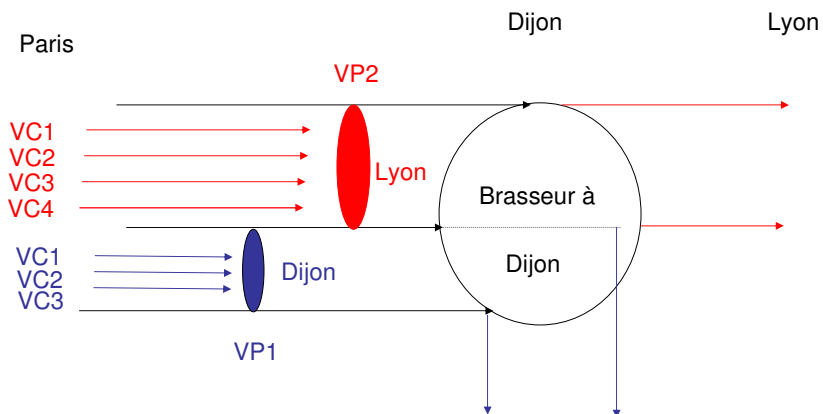
138

VP et VC

- Sur les liens entre deux équipements
- Le chemin de la couche physique peut être au niveau ATM:
 - en chemins virtuels (VP)
 - eux même décomposés en canaux virtuels (VC)
 - PVC: Permanent Virtual Channel
 - SVC: Switched Virtual Channel
 - 28 bits pour l'interface NNI, 24 bits pour UNI

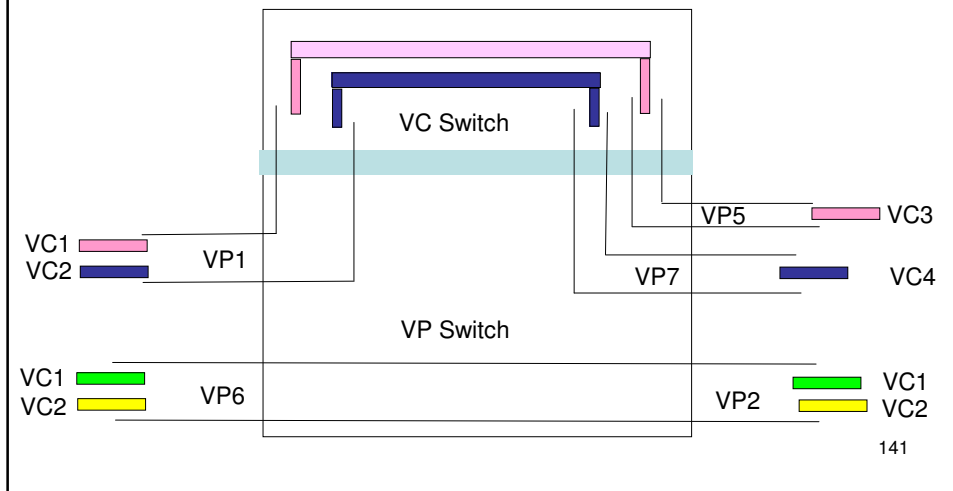


VP et VC: deux niveaux



140

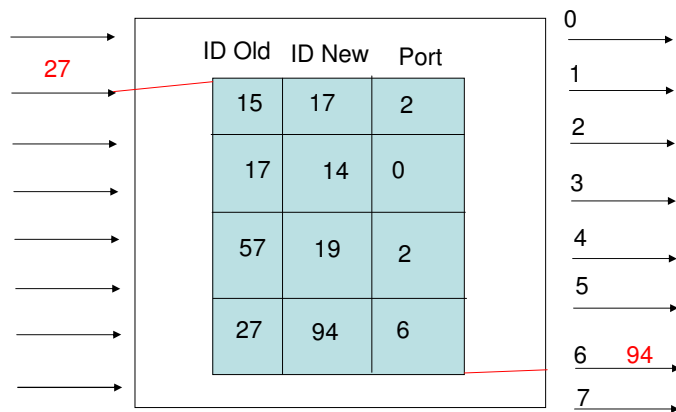
Routage dans ATM: commutateur de VPs et de VCs



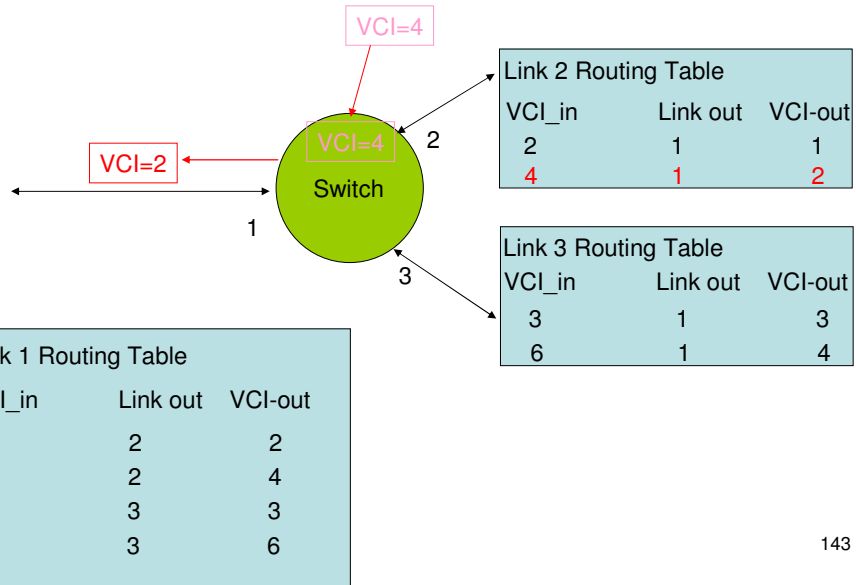
Routage des cellules

□ Routage de proche en proche

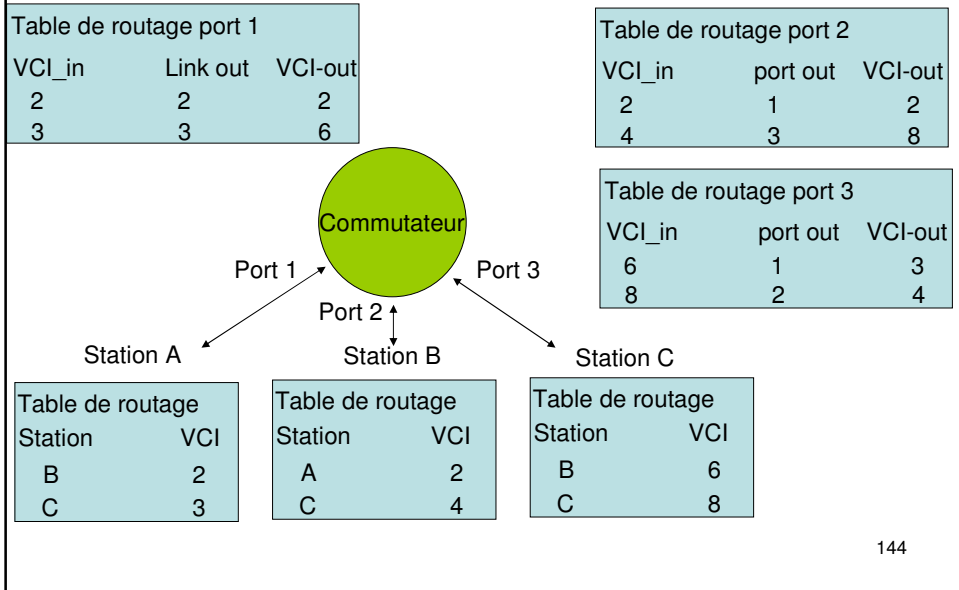
- en-tête de taille fixe qui contient un identificateur de sauts
- le commutateur doit gérer une table



Routage des cellules



Routage des cellules



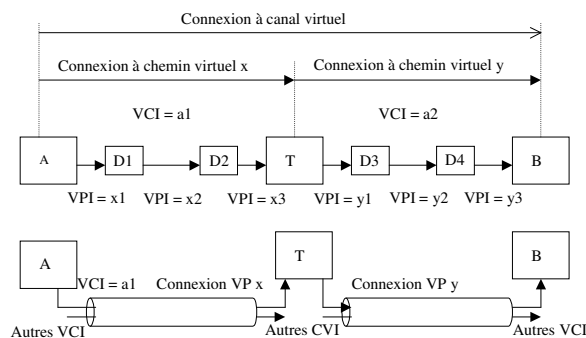
Mise à jour des tables de routage

- ❑ Manuelle : PVC (circuits permanents)
- ❑ Dynamique: SVC(circuits commutés)
 - on se met d'accord sur un VC pour « l'administrateur »: VC5
 - station A → commutateur (VC5): « je veux causer avec C »
 - commutateur → C (VC5): « A veut causer avec toi, Ok? »
 - C → switch (CV5): « Ok »
 - commutateur → A (VC5): «station C est d'accord pour la communication, vous causez sur VC3 »
 - commutateur → C (VC5): «vous causez avec A sur VC6 »
 - commutateur et stations mettent à jour leurs tables de routage
- ❑ Dynamique → Signalisation UNI V3.0

145

Exemples:ATM

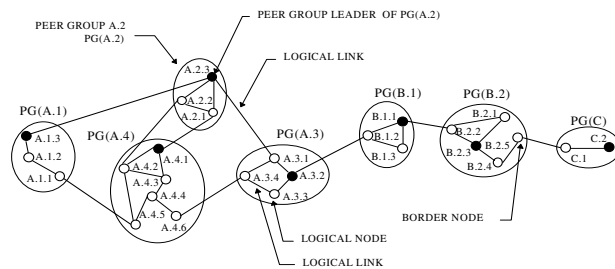
- ❑ Le routage concerne le transport de l'information d'un canal logique source vers un canal logique cible choisi
- ❑ Un canal logique ATM est caractérisé par une entrée /sortie physique désignée par un numéro de port, et d'un canal logique attaché à ce port (VPI/VCI)



146

Exemples:ATM

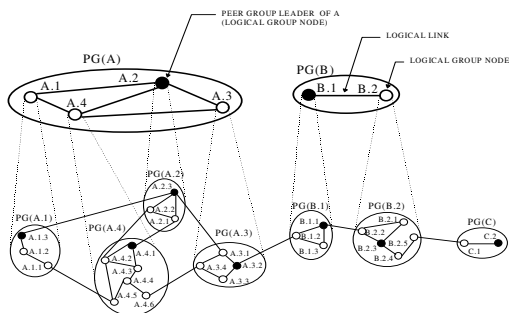
- ❑ Deux protocoles normalisés dans ATM IISP (Interim Inter Signalling Protocol) et PNNI (Private Network to Network)
- ❑ IISP----> routage statique et hop-by-hop
- ❑ PNNI----> routage à la source, dynamique et hiérarchique



147

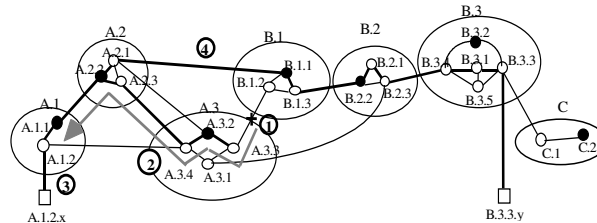
Exemples:ATM

- ❑ Routage est basé sur le stockage de l'information dans des liste(DTL : Designated Transit List « LIFO »)
- ❑ PNNI utilise deux techniques pour le routage
 - hello ----> PTSE (PNNI Topology state Element)
 - inondation ----> PTSP (PNNI Topology state Paquet)



148

Exemple :exécution de la procédure CrankBack



- On suppose que le lien entre A.3.3 et B.1.2 est bloqué et le lien A.3.1 et B.2.3 ne peut pas supporter la bande passante exigée par la connexion
- Chemins possibles : (A.1.2, A.1.1, A.2, A.3, B), (A.1.2, A.1.1, A.2, B), ou (A.1.2, A.3, B). Chemin choisi est (A.1.2, A.1.1, A.2, A.3, B)

149

Exécution de la procédure CrankBack

- L'arbre des DTLs construit dans une pile
 - DTL : A.1.2, A.1.1
 - DTL : A.1, A.2, A.3
 - DTL : A, B
 - A.1.2 stokes le message «SETUP», dans le cas routage alterné
 - A.1.2 transmet l'appel initial à son voisin A.1.1
 - A.1.1 examine le DTL du sommet de la pile qui pointe sur A.1
 - A.1.1 cherche la prochaine dans la pile A.2, il efface le sommet de la pile et avance le pointeur courant dans la pile
 - DTL : A.1, A.2, A.3
 - DTL : A, B
- Ce processus sera répété de la même manière «empilant/dépilant» jusqu'à l'arrivée à la destination B.3.3

150