

# Réseaux ATM

André-Luc BEYLOT

ENSEEIH

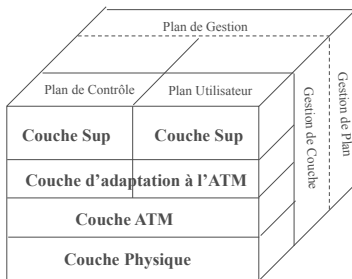
Département Télécommunications et Réseaux

## Historique

- De nouvelles applications avec des débits très hétérogènes
  - ◆ Voix
  - ◆ Données
  - ◆ Images fixes
  - ◆ Vidéo
- Améliorations des technologies :
  - ◆ fibres optiques
  - ◆ commutateurs
- Limitations des solutions existantes :
  - ◆ X.25 et Relayage de Trames
  - ◆ Solutions Circuits (téléphonie avec plusieurs débits)
  - ◆ Ethernet, TCP/IP ?

2

## Description Générale



- Plan Utilisateur : Données Utilisateurs
- Plan de Contrôle : Signalisation
- Plan de Gestion : surveillance du réseau

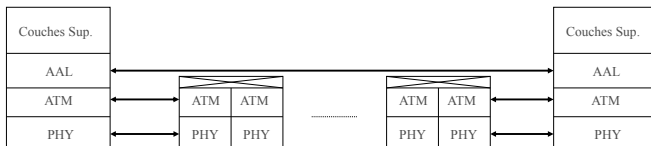
3

## Caractéristiques Générales

- Mode Connecté
- Peu de contrôle
  - ◆ d'erreur, de flux, de congestion
- Couches ATM et physique commune
- Mode paquets, de taille unique, petits
- Couche AAL dépendant (du type) de l'application
- Correspondance OSI - Modèle ITU
  - ◆ PHY <=> Couche 1
  - ◆ ATM <=> Couches 2 et 3
  - ◆ AAL <=> Couche 4

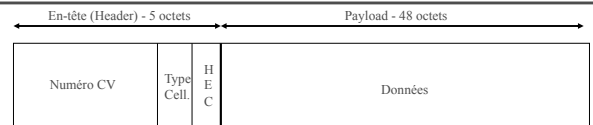
4

## Caractéristiques Générales



5

## Format Général de la cellule



- Cellule ATM = paquet de taille constante
- HEC = Header Error Control - Couche Physique
- Pas de contrôle d'erreur sur les données
- Longueur totale = 53 octets - Compromis (1989)
  - ◆ Européens : 32 octets (voix)
  - ◆ Américains : 64 octets (données)

6

## Fonctionnalités - AAL

Classe de Service	Classe A	Classe B	Classe C	Classe D
Contraintes Temporelles	oui	oui	non	non
Débit	constant	variable	variable	variable
Type Fonctionnement	Orienté connexion	Orienté connexion	Orienté connexion	Sans connexion
Exemples	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Circuit</li> <li>• Téléphonie</li> <li>• Visiophonie</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vidéo à débit variable</li> <li>• Parole avec compression</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Données en mode connecté Fichiers</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Données en mode non connecté - Messages</li> </ul>

- Synchronisation de bout en bout
- Protection contre les erreurs
- Segmentation et Réassemblage

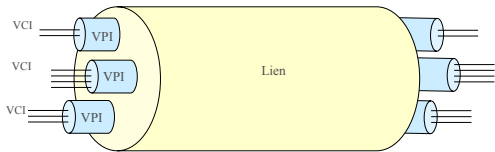
7

## Couche ATM

- **Mode Connecté :**
  - ◆ Fonctionnement par numéro de CV : à la mode X.25
  - ◆ 2 parties :
    - ✦ numéro de circuit virtuel (Virtual Channel)
    - ✦ numéro de conduit virtuel (Virtual Path)
    - ✦ multiplexage de circuits virtuels à l'intérieur de conduit virtuel
  - ◆ Cellule non numérotées => doit préserver l'ordre
- Traduction des étiquettes (à la mode X.25)
- Création/Extension d'en-tête
- Multiplexage/Démultiplexage des cellules

8

## Les deux niveaux de commutation



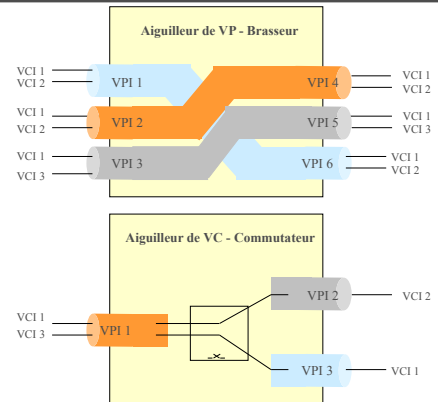
VCI - Virtual Channel Identifier  
VPI - Virtual Path Identifier

VCC - Connexion de Circuits Virtuels = {étiquettes VPI/VCI}  
VPC - Connexion de Conduits Virtuels = {étiquettes VPI}

Ces connexions sont permanentes ou commutées

9

## Les deux niveaux de commutation



10

## Les couches physiques pour l'ATM

## Couche Physique

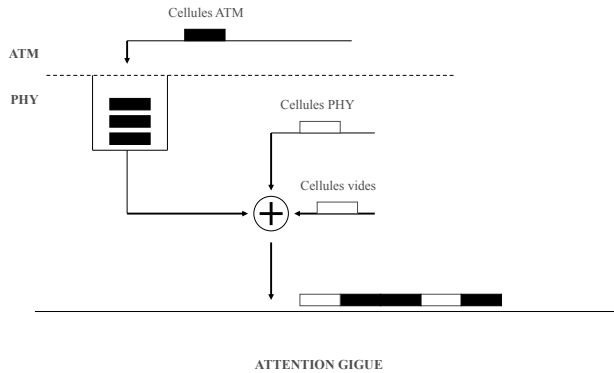
- ATM supporté par tout système de transmission
- Délimitation des cellules indépendante des synchro de transmissions
- Couche Physique découpée en 2
  - ✦ Convergence de Transmission
    - Découplage/délimitation des cellules
    - Création/Vérification HEC
    - Adaptation à la trame de transmission
    - Création/Récupération de Trame
  - ✦ Support Physique
    - Horloge binaire
    - Support physique

Lié à l'ATM

Lié au système de Transmission

12

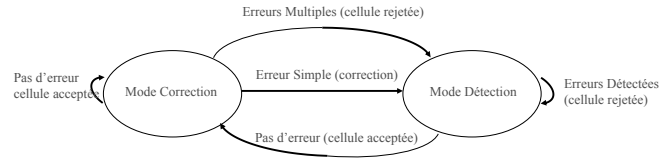
## Adaptation des débits : Justification Cellule



13

## Protection contre les erreurs

- Contrôle en-tête par HEC Code cyclique,  $x^8 + x^2 + x + 1$
- Détection d'erreurs multiples et corrige erreur simple



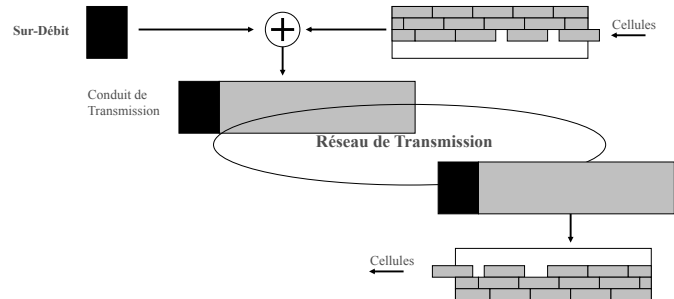
14

## Délimitation des Cellules

- Utilisation d'un fanion (type HDLC) : trop coûteux
- (Utilisation des pointeurs SDH :
  - ◆ trop lié à la SDH
  - ◆ s'adapte mal aux autres supports physiques)
- Utilisation du HEC :
  - ◆ recherche permanente du HEC
  - ◆ motif présent dans chaque cellule
  - ◆ indépendant du système de transmission - flux auto-cadré
  - ◆ Sécurité et robustesse améliorées par un embrouilleur (données embrouillées pour éviter la détection d'un faux HEC)

15

## Adaptation au conduit de transmission



- Conduit confié au réseau par interface normalisée
- Dirigé vers l'équipement ATM destinataire où les cellules sont extraites

16

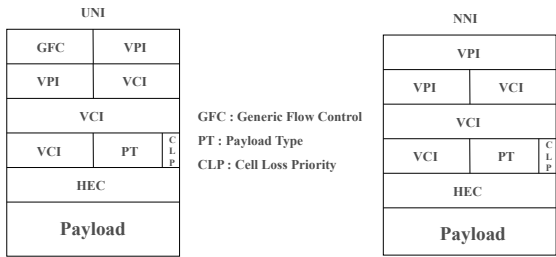
## La Couche ATM

## Connexions ATM

- Service ATM orienté connexion
  - ◆ Cnx de conduits virtuels = VPC (Virtual Path Connection)
  - ◆ Cnx de circuits virtuels = VCC (Virtual Channel Connection)
- Sur un VPC multiplexage de plusieurs VCC
- 2 niveaux de commutation
  - ◆ commutation de VPs = Brasseurs
  - ◆ commutation de VCs = Commutateurs
- Connexions de VP (mux bcp de VCCs - même origine/dest):
  - ◆ essentiellement (semi)permanente
  - ◆ établies par le plan de gestion
- Connexions de VC :
  - ◆ essentiellement commutées (SVC) - éventuellement PVC
  - ◆ établies par le plan de contrôle

18

# Format des Cellules ATM



- GFC : plusieurs configurations possibles au niveau B-NT2  
=> conflits possibles d'accès  
contrôle de flux sur la partie usager  
contrôle de la QoS

19

# Différents Types de Cellule

Cellules Utilisateur			
0	0	0	Cellule Utilisateur, pas de congestion
0	0	1	Cellule Utilisateur, pas de congestion
0	1	0	Cellule Utilisateur, congestion
0	1	1	Cellule Utilisateur, congestion
Cellules Réseau			
1	0	0	Cellule F5 - OAM (local)
1	0	1	Cellule F5 - OAM (bout en bout)
1	1	0	Cellule FRM - gestion de ressources rapide
1	1	1	Réservé

1er bit à 1 : cellule destinée au plan de maintenance  
OAM : Operation And Maintenance  
FRM : Fast Ressource Management  
F5 - OAM : attaché à un VCC  
Autres flux OAM F1, F2, F3 : couche physique  
F4 : attaché à un VPC, utilise un VCC particulier  
SAP de flux OAM + SAP de flux FRM : définis dans le plan de gestion

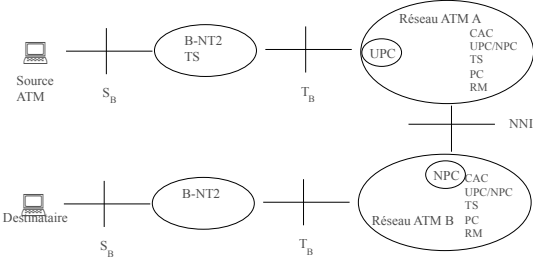
20

# Les différents types de flux

- Flux de Signalisation (VPI = 0, à l'UNI, à NNI par défaut)
  - ◆ Meta-Signalisation : VCI = 1
  - ◆ Diffusion (pas pour PVC) : VCI = 2
  - ◆ Point à Point : VCI = 5
- Flux de Gestion
  - ◆ ILMI : Interim Local Management Protocol (VCI=16, VPI=0)
    - ✦ gestion de l'interface UNI : adresses, configurations
    - ✦ la BD stocke : statistiques sur les niveaux PHY, ATM, VCC ...
    - ✦ repose sur SNMP
  - ◆ OAM
    - ✦ F1, F2, F3 réservés à la couche physique
    - ✦ F4 pour une cnx VPC : VCI = 3 (entre 2 noeuds), VCI = 4 entre extrémités
    - ✦ F5 pour une cnx VCC : PT = 4 (entre 2 nœuds), PT = 5 (entre extrémités)

21

# Contrôle ATM

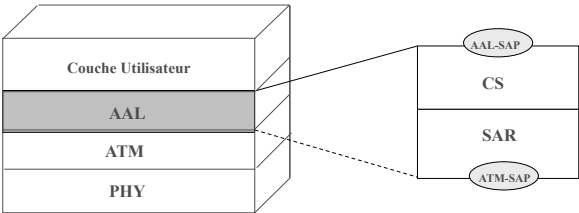


- CAC : Call Admission Control
- UPC/NPC : User/Network Parameter Control
- TS : Traffic Shaping
- PC : Priority Control
- RM : Resource Management

22

# Introduction

# Les Couches d'adaptation à l'ATM : AAL



SAR : Segmentation and Reassembly  
CS : Convergence Sublayer

24

# Fonctions AAL

- Segmentation et Réassemblage
- Convergence : fonctions spécifiques de l'application
  - ◆ Traitements des Erreurs
  - ◆ Absorption de la gigue
  - ◆ synchronisation de bout en bout

25

# Les différentes AAL

Classe de Service	Classe A	Classe B	Classe C	Classe D
Contraintes Temporelles	oui	oui	non	non
Débit	constant	variable	variable	variable
Type Fonctionnement	Orienté connexion	Orienté connexion	Orienté connexion	Sans connexion
AAL	AAL 1	AAL 2	AAL 3	AAL 4

AAL 4 : SMDS - Switched Multi-megabit Data Service

AAL 3 : Frame Relay, X.25

=> Peu de différences : fusion en une AAL 3/4

AAL 5 : Signalisation, IP ...

Découpage pour AAL-5 de CS en

CPCS (Common Part Convergence Sublayer)

SSCS (Service Specific Convergence Sublayer)

## AAL5 - SAR et CPCS

### ■ SAR AAL-5



### ■ CPCS AAL-5



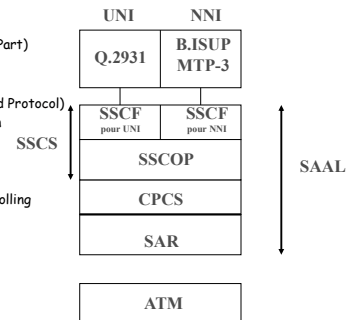
27

### ■ Signalisation ATM repose sur l'AAL5

- Q.2931, MTP-3 (Message Transfer Protocol), B-ISUP (Broadband Integrated Service User Part) proviennent du RNIS-BE

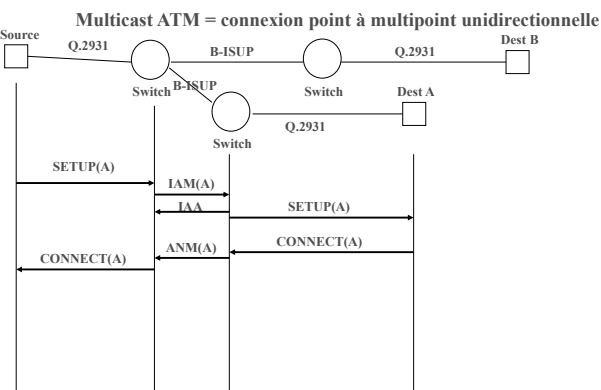
- SSCOP : Service Specific Connection Oriented Protocol
- SSCF : Service Specific Coordination Function

- SSCOP : un nouveau protocole de niveau 2 !  
Echange fiable des infos de signalisation.  
A la HDLC : connexion unidirectionnelle avec polling



28

## Q.2931 + B-ISUP

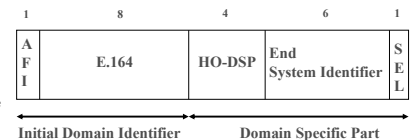


29

## Adressage ATM (ATM-Forum)

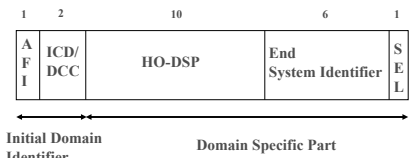
### ■ E.164 (cf. RNIS-BE)

AFI : Authority Format Identifier  
HO : High Order pour routage hiérarchique  
ESI : numéro de la machine, par exemple adresse MAC  
SEL : Selector (par exemple démultiplexer des entités logiques dans le même équipement)



### ■ NSAP ISO

DCC : Data Country Code  
ICD : International Code Designator



30

# PNNI : Routage dans les réseaux ATM

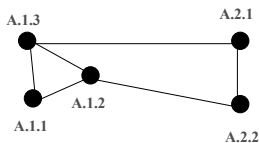
## Présentation Générale

- Routage :
  - ◆ Protocole à état de liaisons
  - ◆ Routage Hiérarchique, Agrégation
  - ◆ Routage QoS
- Acheminement
  - ◆ "routage" par la source
  - ◆ GCAC et CAC
  - ◆ "Crankback"
- Aiguillage

32

## Protocole à état de liaisons

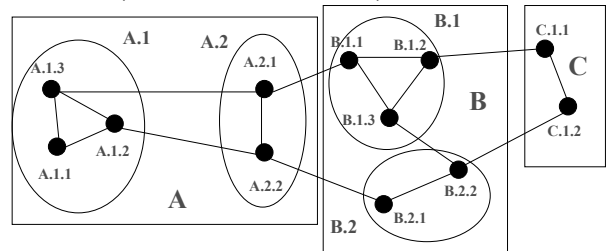
- Chaque nœud gère sa base de données topologique
- Il envoie des messages "HELLO"
  - ◆ découverte/connectivités
  - ◆ Etats des liens : périodiquement + chaque changement significatif
  - ◆ Inondation



33

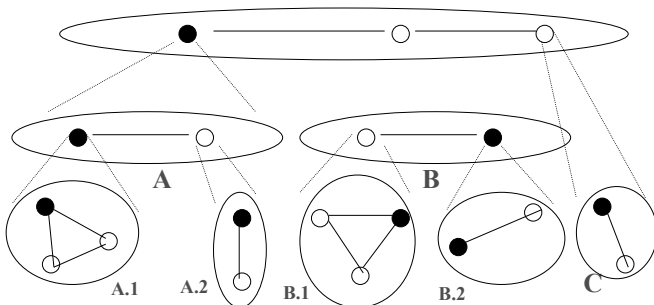
## Hiérarchisation - Adressage

- Plusieurs formats d'adresses
- 20 octets dont 13 de préfixe
- Hiérarchique : Peer Group (PG) avec un "Leader" (PGL)
- Limite hiérarchique sur n'importe quel élément binaire
  - ◆ Jusqu'à 104 niveaux hiérarchiques



34

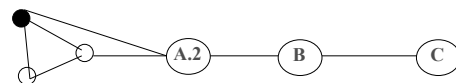
## Hiérarchie avec PNNI



35

## Hiérarchie PNNI

- PG : Les commutateurs d'un PG possèdent un préfixe d'adresse commun
- Rôle du PGL
  - ◆ Agrège les informations du PG
  - ◆ Distribue les informations agrégées aux autres PG
  - ◆ Les nœuds logiques d'un PG disposent des mêmes informations de routage (inondation)



Ex: Connaissances de A.1.1

36

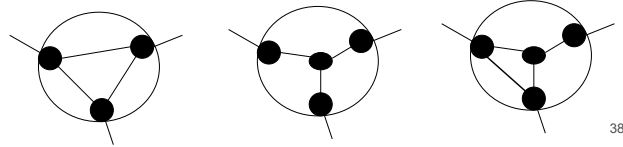
## PNNI State Element

- **Attributs : contraintes sur les éléments du chemin**
  - ◆ maxCR : Maximum Cell Rate
  - ◆ AvCR : Available Cell Rate
  - ◆ Possibilité de Multicast
  - ◆ Trafic en transit admis
- **Métriques : contraintes sur le chemin lui-même**
  - ◆ **Additives**
    - ✦ Cell Delay Variation
    - ✦ Max Cell Transfer Delay
    - ✦ Coût
  - ◆ **Multiplicatives**
    - ✦ Maximum Cell Loss Ratio

37

# Agrégation

- Informations d'accessibilité
  - ◆ Repose sur le plan d'adressage
- Informations topologiques : 1 domaine de routage =
  - ◆ 1 boîte noire
    - ✦ 1 nœud logique
    - ✦ représenté par un jeu de paramètres (délai, BW disponible)
  - ◆ 1 représentation plus complexe : 1 graphe hybride



38

## Remarques

- Les nœuds logiques ne correspondent pas aux nœuds réels mais une simple connectivité
- Compromis : précision / quantité d'informations
- Algorithmes de construction complexes
  - ◆ Ex: si l'on a plusieurs chemins débit min, moyen, max ?
- PNNI ne normalise que le format et les techniques d'échanges
- Grande latitude laissée pour le rafraichissement des informations de routage
- Techniques et Algorithmes d'agrégation non spécifiés

39

## Calcul de Routage

- Jusque là, les algorithmes de routage n'utilisaient qu'une métrique (cf. Nombre de bonds dans RIP)
- Problème classique de RO : Moore-Dijkstra, Bellman-Ford
- Ici : Routage Multicritère
  - ◆ Attributs : débit des liens, débit résiduel
  - ◆ Métriques : gigue, délai, coût, perte
- Dès qu'il y a plus d'une métrique : très difficile
- complexité polynomiale pour
  - ◆ 1 métrique
  - ◆ plusieurs attributs
- Dans la pratique :
  - ◆ Considérées comme indépendantes => l'une après l'autre
  - ◆ Attention l'ordre importe (en général coût en premier) <sup>40</sup>

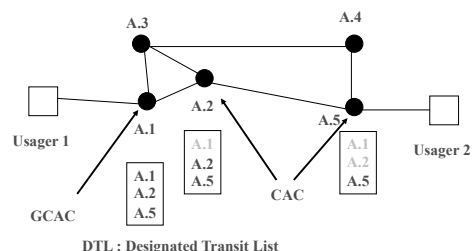
## Calcul des Tables

- En théorie : à la demande (très coûteux)
- Autre solution : Tables précalculées
  - ◆ Rafraîchissement régulier + Seuils
  - ◆ stockage de plusieurs tables (1 pour le délai, la bande passante ...)
  - ◆ OU stockage de plusieurs chemins en fonction de la destination
- Solution hybride
  - ◆ Tables précalculées
  - ◆ Si aucun chemin ne convient, on lance les calculs

41

## Acheminement

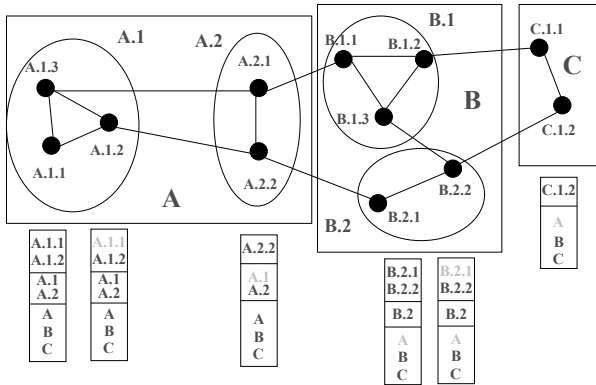
- "routage" par la source : évite les incohérences + boucles
- GCAC (Generic Connection Acceptance Control)



- GCAC + conservatrice que les CAC (solutions propriétaires)
- Qd nœud accepte l'appel, MAJ de la table de commutation

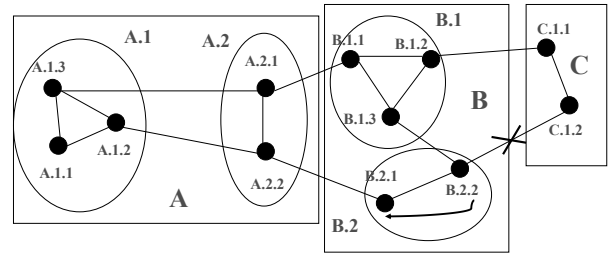
42

## Acheminement



43

## Acheminement - Crankback



- En cas de mauvaise estimation GCAC
  - ◆ Panne physique, informations obsolètes
  - ◆ Insuffisance des informations agrégées
- On revient au dernier nœud ayant calculé un DTL

44

# QoS, Trafic et Gestion des Ressources en ATM

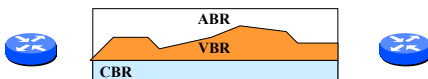
## Classes de Service (ATM Forum)

- Au départ, liées aux spécifications AAL
- ITU : capacités de transferts
- Beaucoup d'évolutions au cours des phases de normalisation
- CBR : Constant Bit Rate (DBR : Deterministic Bit Rate)
- VBR : Variable Bit Rate (SBR : Statistical Bit Rate)
  - ◆ VBR-rt : Temps Réel
  - ◆ VBR-nrt : Non Temps Réel
- ABR : Available Bit Rate
- GFR : Guaranteed Frame Rate
- UBR : Unspecified Bit Rate

46

## Garanties

	Garantie délai	Garantie gigue	Garantie débit	Garantie Perte	Indication congestion
CBR	oui	oui	oui	oui	non
VBR	oui	Oui/non	oui	oui	non
UBR	non	non	non	non	oui
ABR/GFR	non	non	Oui (minimum)	oui	oui



47

## Paramètres de Trafic/QoS

- Paramètres de Trafic
  - ◆ PCR : débit crête
  - ◆ CDVT : Cell Delay Variation Tolerance
  - ◆ SCR : Sustainable Cell Rate "débit moyen à long terme"
  - ◆ BT : Burst Tolerance - durée de rafale tolérée
  - ◆ MCR : Minimum Cell Rate
- Paramètres de QoS
  - ◆ CDV : Cell Delay Variation
  - ◆ maxCTD : Maximum Cell Transfer Delay
  - ◆ CLR : Cell Loss Ratio
  - ◆ CER : Cell Error Rate ( $< 4.10^{-6}$ )
  - ◆ SECBR : Severely Errored Cell Block Ratio ( $< 10^{-4}$ )
  - ◆ CMR : Cell Misinsertion Rate ( $< 1/\text{jour}$ )

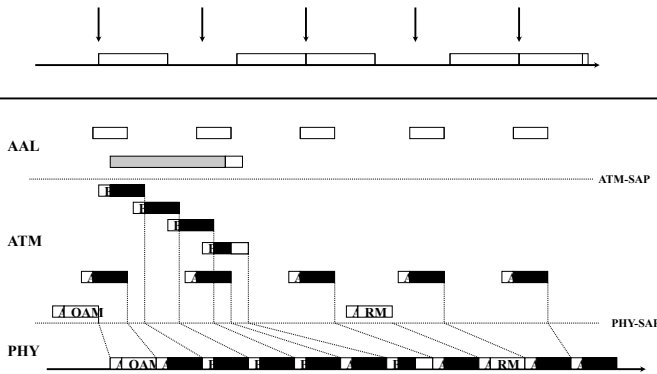
↑ négociables  
Non négociables  
↓

48



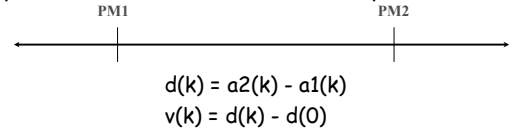
## Gigue d'insertion et de multiplexage

EX 1 : Affluent à 100 Mb/s multiplex ATM à 150 Mb/s



## CDV-1 point et 2 points

- CDV - 2 points = variation du délai entre 2 points de mesure



- CDV - 1 point = dérive par rapport à un échéancier théorique

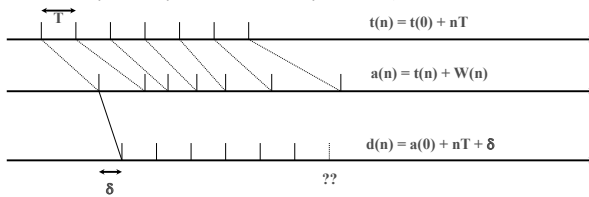
$$\gamma(k) = c(k) - a(k)$$

$$c(k+1) = \max(c(k), a(k)) + T$$

50

## Influence de la CDV - AAL1

- Service Isochrone.
- L'AAL1 tamponne pour délivrer périodiquement



- Dimensionnement AAL1 :
  - $\delta / \Pr[W(n) - W(0) > \delta]$  faible
  - K taille du tampon :  $d(n-K) \leq a(n)$  i.e.  $KT \geq W(n) - W(0) + \delta$

## GCRA - Generic Cell Rate Algorithm

- T : Temps entre 2 cellules,
- $\tau$  : gigue supportée / trafic réel conforme à l'intervalle d'émission T
- TAT(k) = Heure théorique d'arrivée cellule #k
- a(k) = Heure d'arrivée réelle cellule #k
- TAT(0) := a(0); TAT(1) := TAT(0) + T;

Pour tout k Faire

$\gamma(k) := TAT(k) - a(k)$ ;

Si  $\gamma(k) \leq \tau$  Alors

/\* Cellule Conforme \*/

$TAT(k+1) := \max(TAT(k), a(k)) + T$ ;

Sinon

/\* Cellule Non-conforme \*/

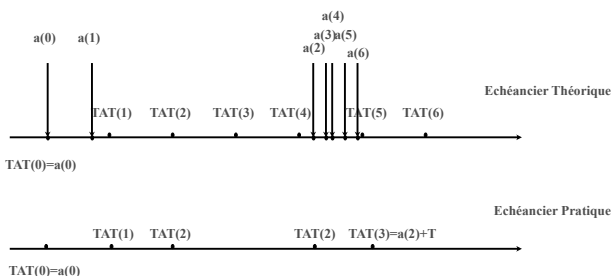
$TAT(k+1) := TAT(k)$ ;

fin

FinPour

52

## Illustration GCRA



53

## Boîte à outils des contrôles de trafic

- A l'échelle de temps du délai A/R
  - Allocation rapide de ressources (débit ABT, mémoire - Cellule RM)
  - Adaptation du débit d'émission ABR
  - EFCI, EBCI (indication de congestion avant/arrière), GFC
- A l'échelle de temps de la cellule ATM
  - Contrôler à l'accès au réseau les paramètres négociés - Usage Parameter Control - Network Parameter Control
  - Lisser le trafic selon le débit d'émission global négocié
  - Détruire les cellules de manière sélective
    - Cellules vitales et ordinaires AAL (bit CLP)
    - Violation Tagging (bit CLP), suspension de ressources

54