

Cours ATM

Jean-Luc Archimbaud, Jean-Paul Gautier

▶ **To cite this version:**

Jean-Luc Archimbaud, Jean-Paul Gautier. Cours ATM. Engineering school. Diverses villes françaises, 1997, pp.287. cel-00560184

HAL Id: cel-00560184
https://cel.hal.science/cel-00560184

Submitted on 27 Jan 2011

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

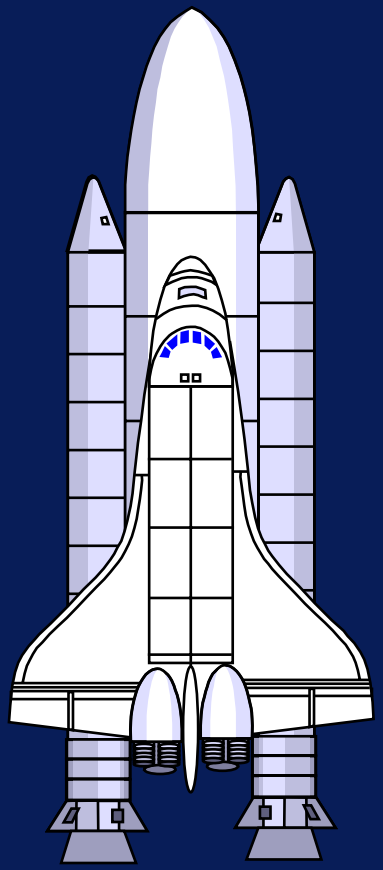
L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Cours ATM 11-12/1997

- Introduction - 12/1997 - J-L. Archimbaud & J-P. Gautier
- ATM - 10/1998 - J-P. Gautier
- UNI - 12/1997 - J-L. Archimbaud & J-P. Gautier
- NNI - 12/1997 - J-L. Archimbaud & J-P. Gautier
- LANE 1.0 - 12/1997 - J-L. Archimbaud & J-P. Gautier
- IP et ATM - 12/1997 - J-L. Archimbaud & J-P. Gautier
- MPOA - 12/1997 - J-L. Archimbaud & J-P. Gautier
- Design de réseaux - 12/1997 - J-L. Archimbaud & J-P. Gautier

Sophia-Antipolis

Réseaux Hauts-Débits



Comprendre ATM

Jean-Luc Archimbaud
Jean-Paul Gautier

Version 5.0 Novembre 1997

UREC

Comprendre ATM

- **Objectifs du cours**
  - Expliquer quelques principes
  - N'est pas un ouvrage de référence
  - Connaissances livresques
- **Orienté**
  - Réseaux locaux, métropolitains.
  - Transmission de données
  - IP

Comprendre ATM
Plan

- Introduction
  - Quelques caractéristiques des réseaux
  - L'existant en LAN
  - Nouvelles applications
  - Caractéristiques des applications
  - Objectifs d'ATM
- ATM
  - Origines - standardisation
  - Principes d'un réseau de cellules
  - Principes d'ATM
  - Le modèle
  - VP, VC, AAL
  - Commutateurs

Comprendre ATM
Plan

- UNI
  - UNI 3.1
    - » Signalisation
    - » Adressage
    - » QoS
    - » ILMI
  - UNI 4.0
    - » TM 4.0
- NNI
  - IISP, P-NNI

Comprendre ATM
Plan

- Interconnexion de réseaux : LAN emulation (LANE)
- IP (IETF) et ATM
  - Particularités de IP
  - Transport : solutions actuelles
  - RFC1483
  - RFC1577 5 Classical IP)
  - Autres RFCs (1626, 1755, Ipsilon, Tag switching)
  - Problèmes
  - Evolutions
    - NHRP
    - MARS
- MPOA (Multiprotocol Over ATM)
- Design de réseaux ATM

Introduction

- ATM : nouvelle technologie pour répondre à des nouvelles applications
- Pour comprendre les solutions proposées par ATM
  - Revoir les fonctionalités techniques des réseaux
  - Revoir les caractéristiques (besoins) des applications
- Anthony Alles (CISCO) : "Contrary to common misconceptions, ATM is a very complex technology, perhaps the most complex ever developed by the networking industry"

Introduction
Plan du chapitre

- Quelques caractéristiques des réseaux
- L'existant en LAN
- Nouvelles applications (sur nos réseaux)
- Traffic parameters, QoS parameters, Service Categories
- Objectifs d'ATM

Introduction
Quelques caractéristiques des réseaux

- **Débit possible : type de lien**
  Bande passante
  - **Partagée ou dédiée (étoile : hub ou switch ?)**
  - **Partagée : garantie ou pas**
- **Temps écoulé entre l'envoi et la réception**
  Temps de transit - Temps de latence
  - **Dépend de**
    - » **La distance (temps propagation du signal)**
    - » **La rapidité des éléments actifs sur le chemin**
    - » **La charge (files d'attente)**
  - **On le désire minimum et/ou constant**
- **Variation du temps de latence : jitter**

Introduction
Quelques caractéristiques des réseaux

- **Taux de pertes ou d'erreurs**
  Qualité du media (maintenant très bonne)
  Débordement des buffers (cause principale)
  Attention au découpage-assemblage qui peut augmenter le taux
- **Congestion : Contrôle de flux : Carrier sense, XON-XOFF, ICMP source quench, fenêtre X25**
- **Nombre d'octets sur le lien**
  (entre l'émetteur et le récepteur)
  - **622 Mbit/s sur 5000 Km : 1.3 Mbytes**
  - **Grande taille de fenêtre obligatoire**
  - **Les retransmissions écroulent les performances**
- **Différencier les types de trafic : actuellement uniquement un critère de priorité**

Introduction
Quelques caractéristiques des réseaux

- Mode sans connexion (datagramme - IP)
  - Informaticiens (USA)
  - Simple : économique
  - LAN et Internet
  - Ce type de réseau peut "s'écrouler"
- Mode avec connexion (CV ou VC - X25)
  - Téléphonistes
  - Réservation de ressources dans les commutateurs
    - » Garanties possibles (bande passante, ...); facturation, sécurité plus simples; administration plus complexe, coûteux
  - WAN
  - Signalisation : définit l'établissement de la connexion
  - Il faut prendre en compte le temps d'établissement de la connexion
- Débat trop théorique : ne tient pas assez compte des caractéristiques des applications existantes

Introduction
Quelques caractéristiques des réseaux

- **Diffusion : multicast et broadcast**
  - Sans multiplier le nombre de copies
  - Unidirectionnel : racine vers feuilles : distribution
  - Bidirectionnel : feuilles vers feuilles : multipoints
  - Plus simple en mode sans connexion

- **Gestion des retransmissions**
  - Réseau trop chargé ---> pertes ---> retransmissions ---> avalanche de retransmissions ---> blocage : algorithme adaptatif (TCP) sans effet sinusoïde
  - Ecroulement d'un réseau quand ? : un réseau peut bien marcher à 40 % de charge, plus du tout à 60 %

Introduction
Quelques caractéristiques des réseaux

Adressage

- **Mondial**
  - assez vaste : problème DECNET, IPv4
  - unicité : méthode de distribution
- **Routage doit être facile**
- **Découpage :**
  - Plat : IP avec NIC (routage difficile)
  - Matériel : MAC -IEEE avec constructeur (routage difficile, facilité de distribution)
  - Hiérarchique :
    Géopolitique : téléphone
    Opérateur - grande société
- **Distribution des adresses = pouvoir**

Introduction : l'existant en LAN Ethernet

- Bande passante partagée de 10 Mbit/s
- Pas de garantie de bande passante pour une station
- Collisions : probabiliste
  - Taux de perte de trames non quantifiable : augmente avec la charge
  - Temps de latence aléatoire
- Mode sans connexion
- Multicast et broadcast supportés
- Pas de gestion des retransmissions
- Pas de priorité

Introduction : l'existant en LAN FDDI

- Bande passante partagée de 100 Mbit/s
- Garantie de bande passante : possible
- Temps de latence déterminé : possible
- Différentes priorités : possible
- Mode sans connexion
- Multicast et broadcast supportés
- Pas de gestion des retransmissions

Introduction : l'existant en LAN IPv4 - Internet (WAN)

- "Best effort" :
  - Pas de bande passante réservée
  - Perte possible et pas quantifiable
  - Temps de latence imprévisible
- Mode sans connexion
- Multicast et broadcast possible mais actuellement difficile
- Types de trafic : champ TOS non utilisé
- Pas de gestion des retransmissions

Introduction : Nouvelles applications Téléphone - "son interactif"

- Entendre tous les mots
  - Débit constant garanti : 64 Kbit/s (---> 5 Kbit/s si compression)
  - Recevoir au même rythme que l'émission : temps de latence fixe : jitter < 400 ms sur stations
- Temps de latence faible :
  - dialogue possible (< 100-500 ms)
  - annulation d'echo (< 24 ms)
- Supporte des erreurs-pertes (bit error rate < 10-2)
- Retransmissions : inutiles
- Mode connecté bien adapté
- Exemple d'incompatibilité : téléphone et Ethernet

Introduction : Nouvelles applications Télévision

- Bande pasante
  - MPEG-II 5 Mbits/s
  - TVHD 30 Mbits/s
- Jitter < 100 ms
- Erreurs : bit error rate < 10-5
- Diffusion (multicast racine ---> feuilles)

Introduction
Traffic Parameters

- Une application génére un "profil" de trafic.
  - Exemple : bursty (l'aggrégation de trafic bursty est toujours bursty)
- ATM (Forum) veut supporter toutes les applications dans de bonnes conditions .

besoin de qualifier les trafics : Traffic parameters.

  - Les principaux :
    - » PCR : Peak Cell Rate (débit crête)
    - » SCR : Sustainable Cell Rate (débit moyen)
    - » MBS : Maximum Burst Size (lg max d'une rafale)
    - » MCR : Minimum Cell Rate (débit minimum)

Introduction
QoS Parameters

- Une application a besoin de certaines garanties du réseau : qualités de service-QoS (demandée à l'ouverture du CV), ...
- Le réseau offre une bande passante /CV
- ATM (forum) a défini des QoS Parameters.
  - Les principaux :
    - » CDV : Cell Delay Variation (variation delai de transmission)
    - » Max CTD : Maximum Cell Transfer Delay (délai de transmission max)
    - » CLR : Cell Loss Ratio (pourcentage de perte)
- Le réseau peut donner un retour aux applications : contrôle de flux

Introduction
Service Categories

- En mixant les demandes des applications et les services offerts par les réseaux ATM on peut définir des classes de service
- CBR (Constant Bit Rate) - DBR (Deterministic Bit Rate) :
  - Appli indique débit créte (PCR), demande des garanties sur pertes (CLR), delais (CDV et Max CTD), bande passante
  - Application : flux constant de données: temps réel, voix et video, émulation de circuit
- Real-Time Variable Bit Rate (rt-VBR) :
  - Appli indique débit crête (PCR), moyen (SCR), et taille max des rafales (MBS), demande des garanties sur pertes (CLR), delais (CDV et Max CTD), bande passante
  - Application : flux variable avec des contraintes de temps (delais de transit) : multiplexage statistique d'applications temps réel

Introduction
Service Categories

- **Non real time Variable Bit Rate (nrt-VBR) - Statistical Bit :**
  - **Idem rt-VBR dans garantie sur les delais de transit**
  - **Application : flux variable sans contrainte de temps : multiplexage statistique d'applications**
- **Available Bit Rate (ABR) - Resource exploitation, feedback control :**
  - **Appli indique débit crête (PCR), minimum (MCR) et demande des garanties sur pertes (CLR) et la bande passante. Elle attend du réseau un retour (contrôle de flot)**
  - **Utilisations : applications "best effort" qui utilise autant de bande passante que disponible : IP-LAN**
  - **Necessite contrôle de flux**

Introduction
Service Categories

- Unspecified Bit Rate (UBR) - Best effort, no guarantees
  - Appli indique débit crête et ne demande rien, pas de contrôle de flux : solution temporaire
- Classification des applications, choix (compréhension) des QoS à demander : difficle
- But : économiser les infrastructures : travail difficile pour les opérateurs
- Monde IP : "Pourquoi ne serait ce pas aux applications à s'adapter dynamiquement au réseau ?"

Introduction
Objectifs d'ATM

- Supporter tout type de communication (voix, vidéo, données) sur un même réseau
- Offrir le même service de bout en bout quels que soient les réseaux : LAN, MAN, WAN
- Fonctionner à très hauts débits : Gbits/s
- Garantir une qualité de service (bande passante, temps de latence, jitter, taux de perte, ...) à chaque utilisateur

Introduction
Objectifs d'ATM

- Utiliser les standards de couches physiques existants : Fibre optique (SONET, SDH), paire torsadée
- Convergence entre téléphonistes et informaticiens
- Choix pour le RNIS Large Bande (B-ISDN)
- Economique si largement répandu

ATM

- Origines - standardisation
- Principes d'un réseau de cellules
- Principes d'ATM
- Le modèle
- VP, VC, routage, AAL
- Commutateurs



Origines d'ATM

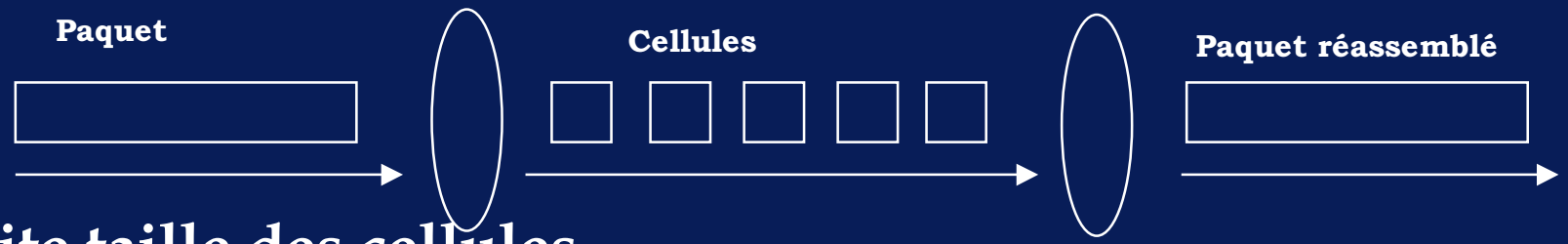
- Asynchronous Transfer Mode
- Commutation rapide par paquets.
  - la source et le réseau ne sont pas synchronisés
- Protocole développé au CNET (Lannion) à partir de 1982 sous le nom de ATD
    - ATD : Asynchronous Time Division
  - Démarche similaire chez ATT et chez d'autres opérateurs télécom
    - » Fast Packet Switching
  - Mieux utiliser les bandes passantes des liaisons internationales ...
  - Transporter un quelconque service indépendamment de ses caractéristiques.
    - » Intégrer les nouveaux trafics (rafales), supprimer les silences,

Normalisation et standards.

- **Mode de transfert adopté par l'ITU (ex CCITT) pour le B-ISDN**
  - » **B-ISDN : Broadband ISDN**
  - » **CCITT : Comité Consultatif International Télégraphique et Téléphone.**
  - » **ITU : International Communication Union**
- **ATM Forum**
  - **UNI, Traffic Management**
  - **LANE**
  - **Interface commutateur-commutateur, routage : PNNI**
  - **MPOA**
- **IETF : IP Over ATM**

Réseau de cellules

- Idée de base : transmettre toutes les données dans des petits paquets de taille fixe.
- Paquets : blocs de données avec des informations de contrôle placées dans un en-tête.

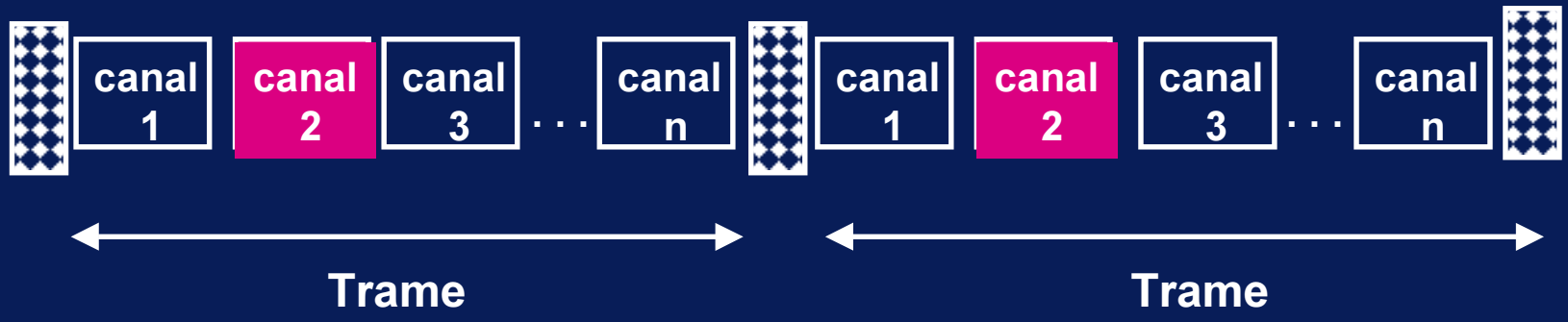


- Petite taille des cellules
  - Moins de gaspillage de place, les cellules sont toutes remplies par de l'information
  - Optimisation du temps d'insertion des cellules sur le support de transmission
  - Optimisation du délai de transmission , technique "store and forward" aussi performante que la technique "cut through"

Réseau de cellules
Horloges

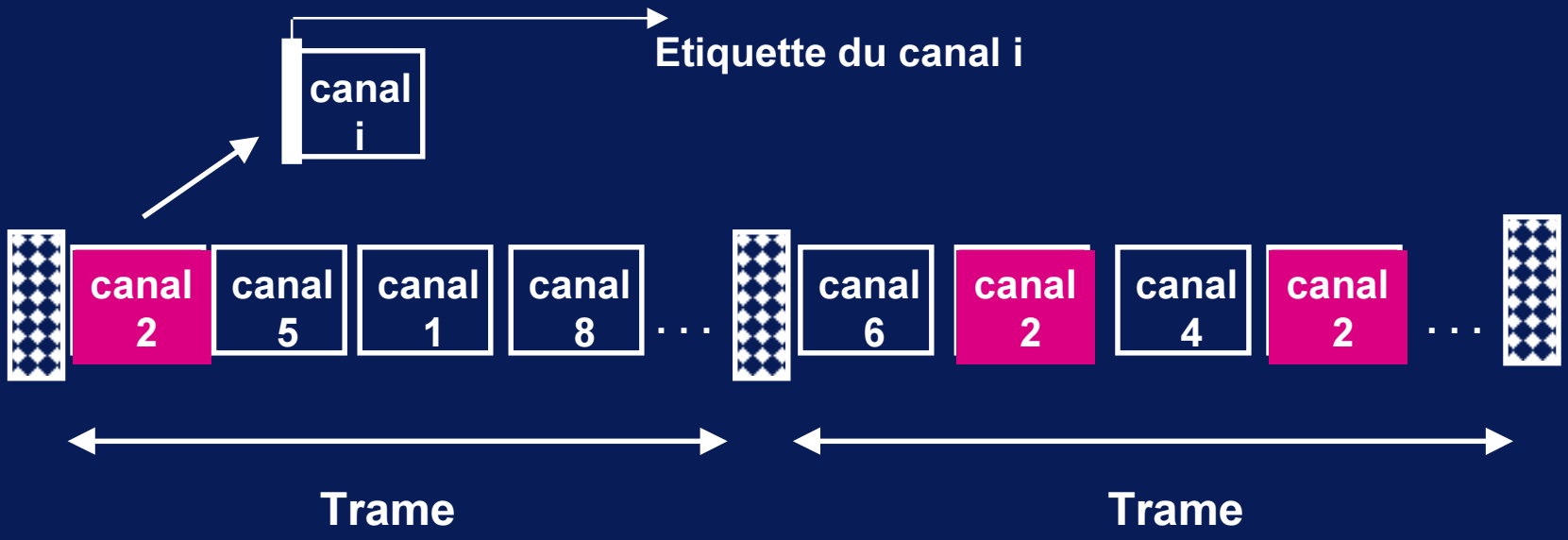
- Dans un réseau temporel numérique, les informations se présentent aux noeuds de commutation :
  - sous forme cyclique lorsqu'il s'agit de circuits
  - d'intervalles de temps pour les paquets
- Le système émetteur fournit son horloge au noeud de commutation:
  - synchrone
    - » les horloges ont la même fréquence.
  - plésiochrone
    - » même ryhme théorique, les horloges sont voisines mais pas synchrones.
  - asynchrone
    - » aucune relation entre les horloges.

Réseau de cellules
Multiplexage temporel synchrone



- Chaque élément (slot) numéroté n est réservé à un canal n
  - » un canal = une communication
  - – le temps est découpé en trames successives contigues et de durée constante
- Bande passante fixe.
- Délai constant lors de l'acheminement.
- Si silence dans la communication
  - – Elément "vide" = Gaspillage de la bande passante

Réseau de cellules
Multiplexage temporel asynchrone



- Plus de synchronisme entre les trames (trames acycliques)
- S'il n'y a pas d'assignation fixe de "slot" chaque unité d'information doit être étiquetée
- Il n'y a pas de "slot" vide
- Slot de longueur fixe (simple) ou variable (plus compliqué)
- Le commutateur a plus de travail

Réseau de cellules
Commutation

- **Plusieurs modes de transfert d'information adaptés à des services.**
  - **la principale caractéristique est la technique de commutation aux noeuds de communication.**
  - **de la plus simple à la plus complexe :**
    - » **commutation de circuit.**
    - » **commutation de circuit multidébit.**
    - » **commutation rapide de circuit.**
    - » **mode de transfert asynchrone.**
    - » **commuration rapide par paquet.**
    - » **relais de trame.**
    - » **commutation de trames.**
    - » **commutation par paquets.**

Réseau de cellules : Commutation synchrone

- **Commutation de circuit**
  - circuit établi pour la durée de la connexion.
  - transport des informations sur le principe TDM (STM)
    - » TDM : Time Division Multiplexing
    - » STM : Synchronous Transfer Mode
  - transfert avec une certaine fréquence de répétition :
    - » 8 bits toutes les 152 µs à 64 Kbps
    - » 1000 bits toutes les 125 µs à 8 Mbps
  - un seul débit binaire pour l'ensemble des services (même nombre de bits par tranche de temps).
- **Evolution :**
  - commutation de circuits multidébit (Multirate Circuit Switching).
  - commutation rapide de circuits (Fast Circuit Switching).

Réseau de cellules
Commutation synchrone

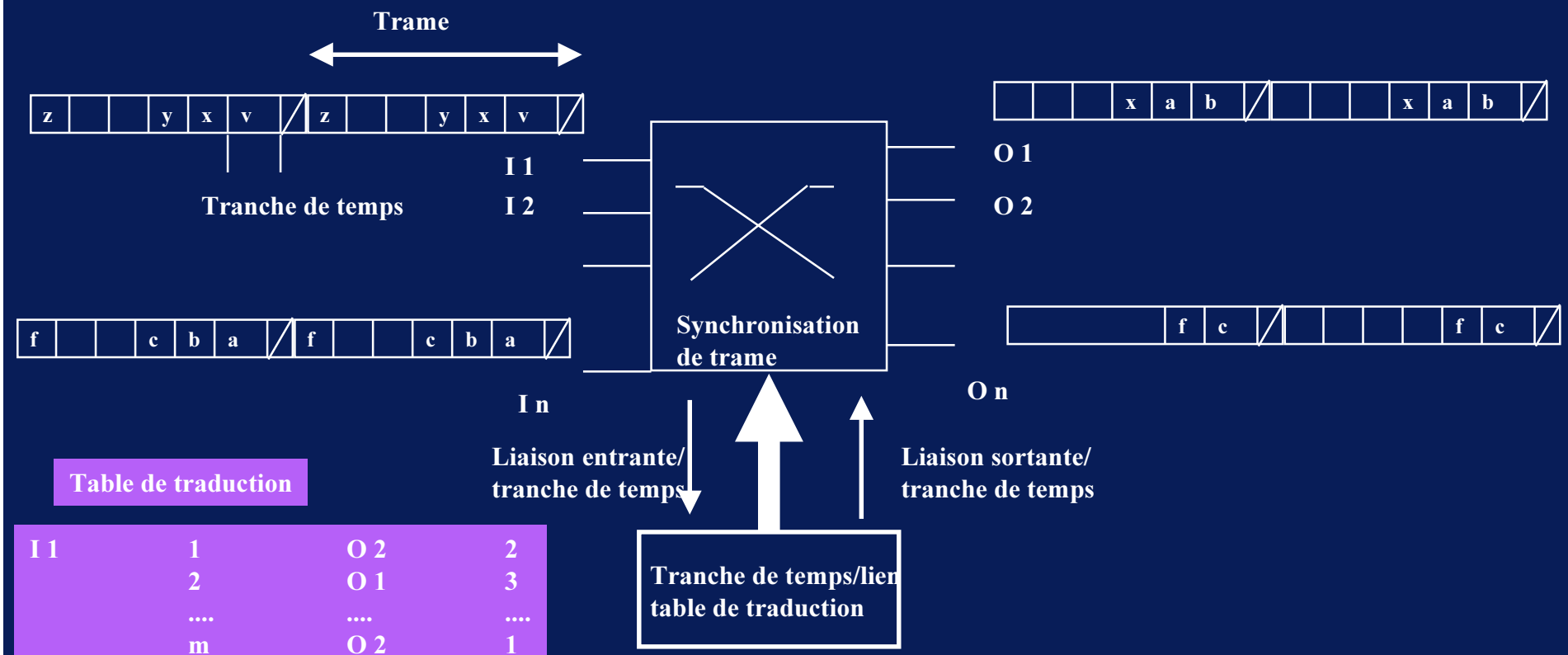


Table de traduction

I 1	1	O 2	2
	2	O 1	3
	....	....	....
	m	O 2	1
I n	1	O 1	2
	2	O 1	1
	....	...	...
	m	O n	2

Réseau de cellules
Commutation asynchrone

- **Commutation par paquets**
  - disparition du caractère cyclique d'arrivée et de départ des blocs d'information
  - en-tête utilisé pour le routage, la correction d'erreurs, le contrôle de flux, etc.
- **Trois modes d'acheminement des paquets dans le réseau :**
  - datagramme : mode non connecté
  - circuit virtuel : mode connecté, signalisation
  - auto-acheminement : source routing

Réseau de cellules
Commutation asynchrone

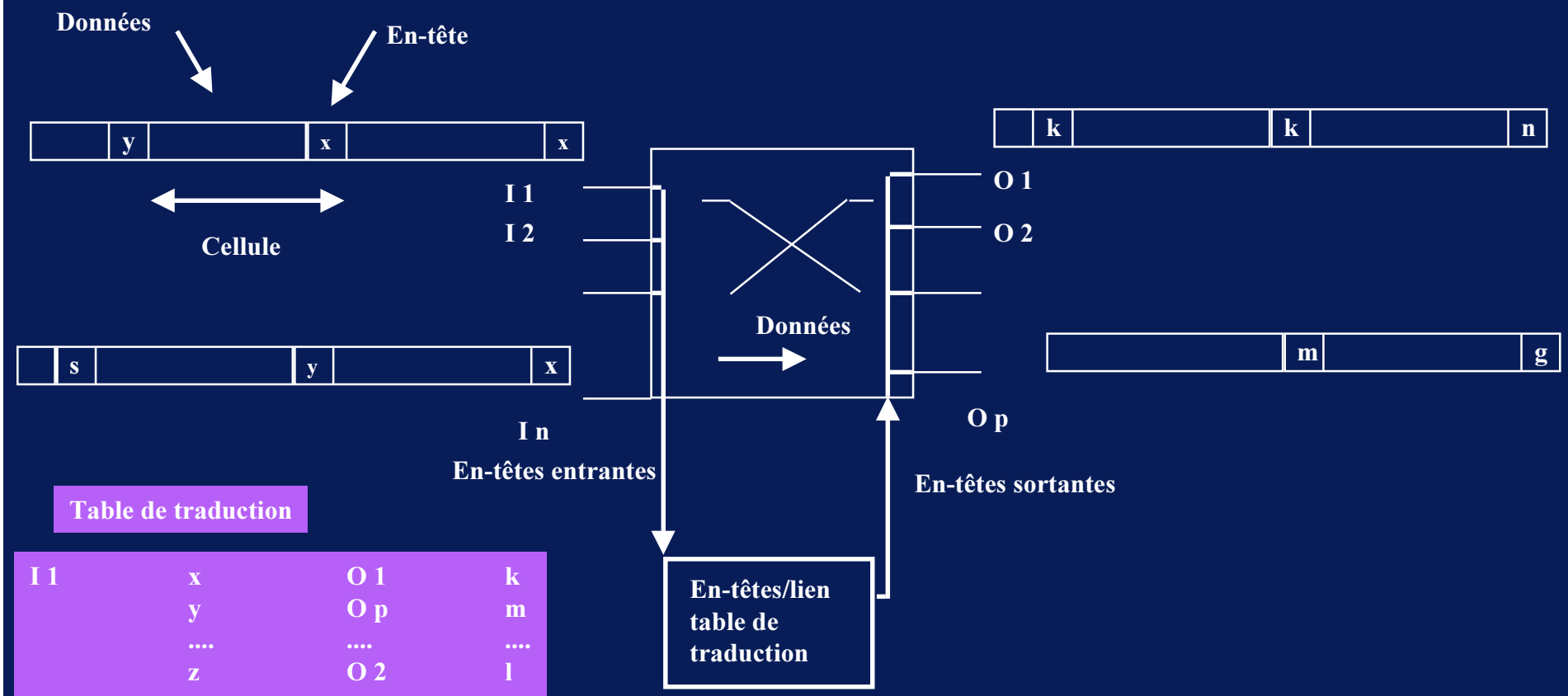
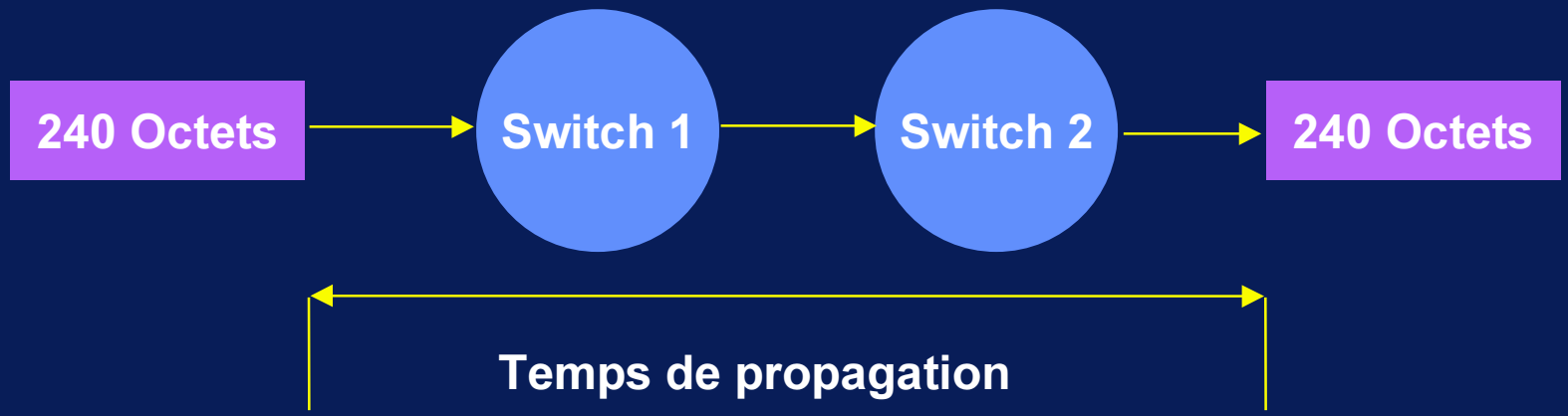


Table de traduction

I 1	x	O 1	k
	y	O p	m
	....	....	....
	z	O 2	l
I n	x	O 1	n
	y	O 1	i
	....	...	...
	s	O p	g

Réseau de cellules
Trame, cellule, temps de propagation

- **Exemple:**
  - Transmettre une trame de 240 octets à travers 2 commutateurs
- **Hypothèses :**
  - Lien à 240 bytes/sec
  - Commutateurs infiniment rapides
- **Calcul:**
  - Temps total de propagation



exemple du transfert de trame



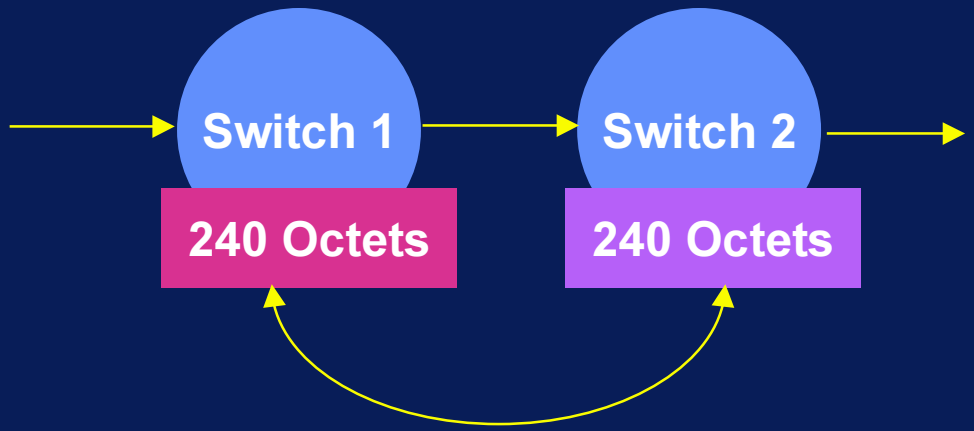
Temps écoulé = 0 seconde

exemple du transfert de trame



Temps écoulé = 1 seconde

exemple du transfert de trame



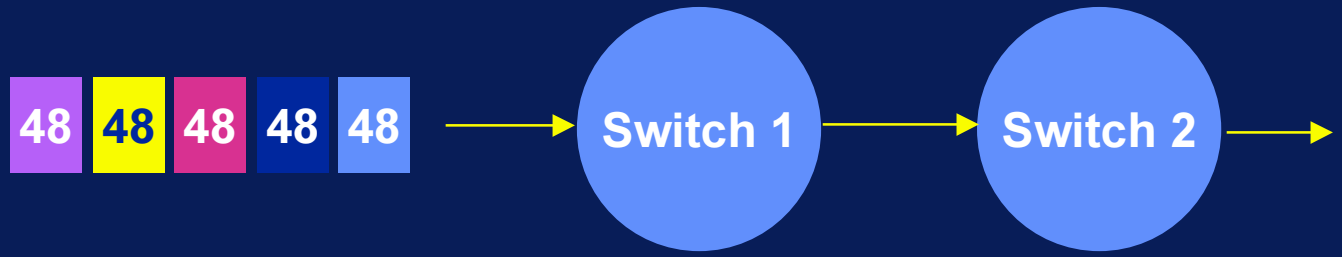
Temps écoulé = 2 secondes

exemple du transfert de trame



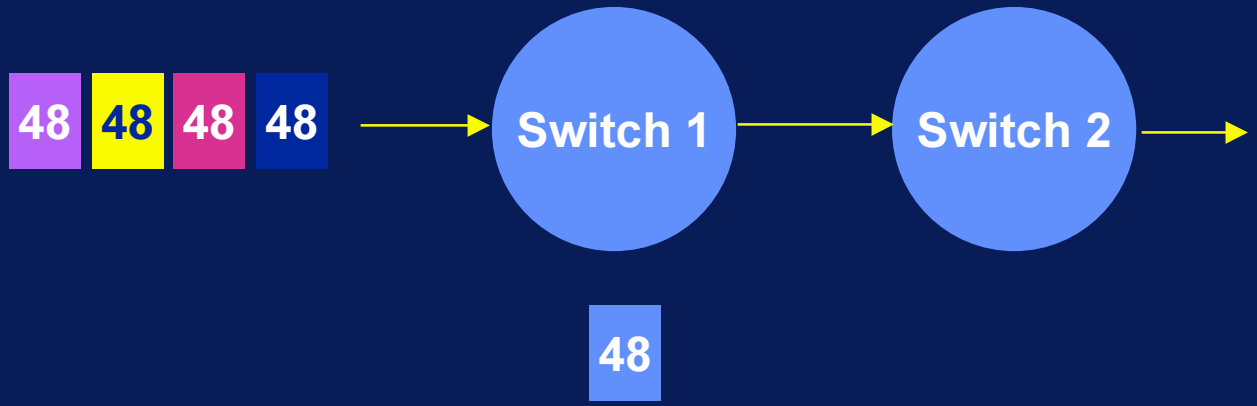
Temps écoulé = 3 secondes

exemple du transfert de cellule



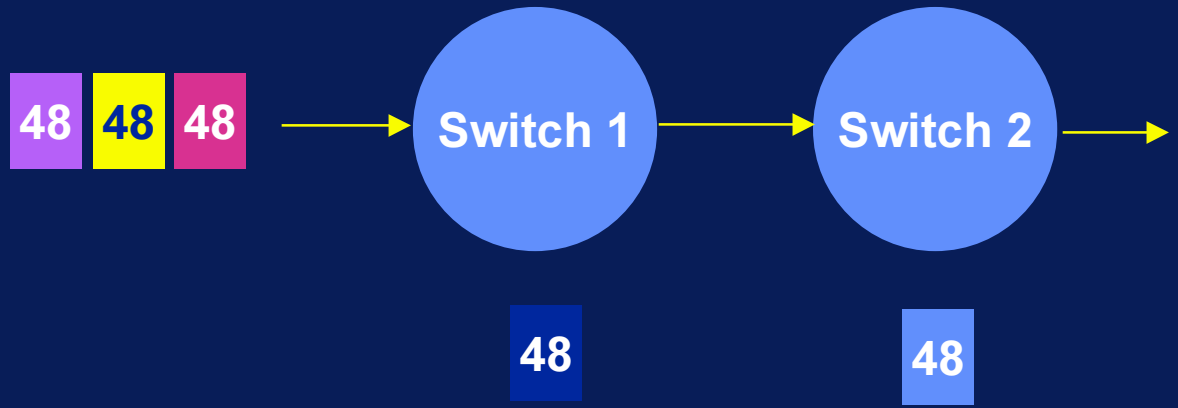
Temps écoulé = 0 seconde

exemple du transfert de cellule



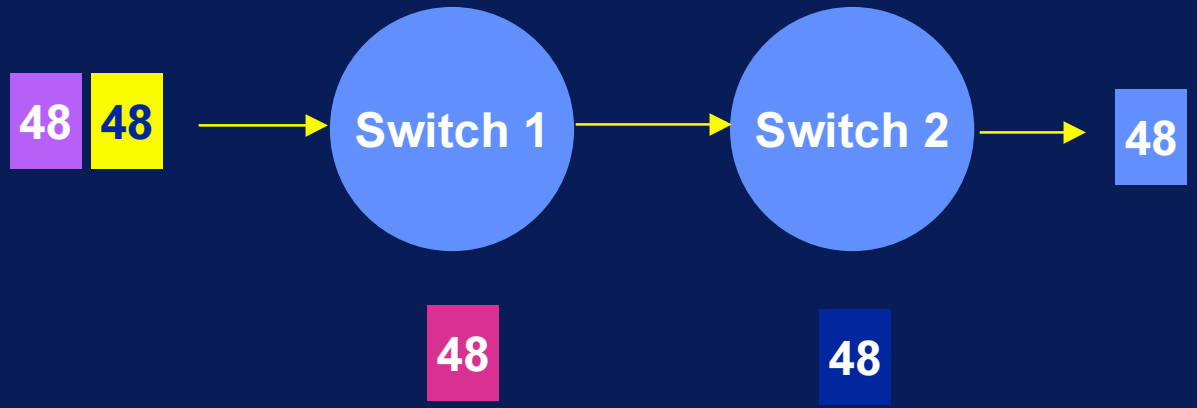
Temps écoulé = .2 seconde

exemple du transfert de cellule



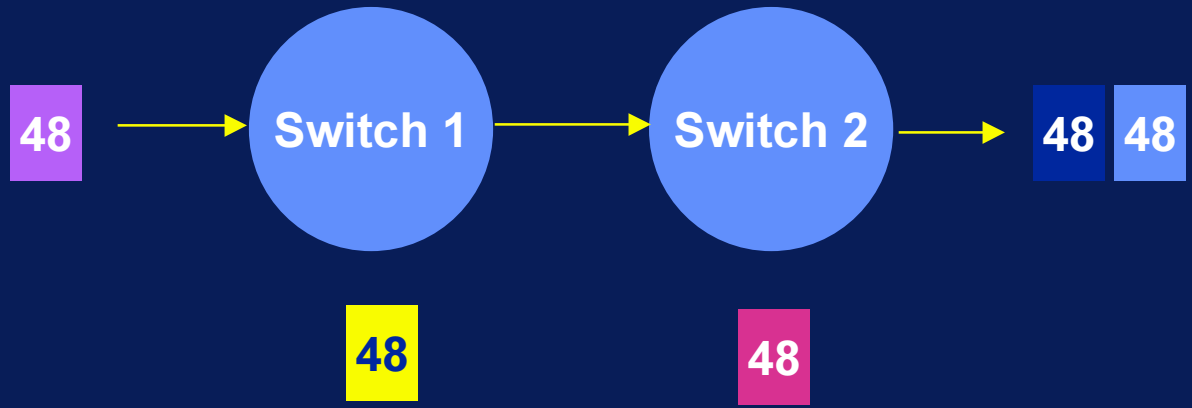
Temps écoulé = .4 seconde

exemple du transfert de cellule



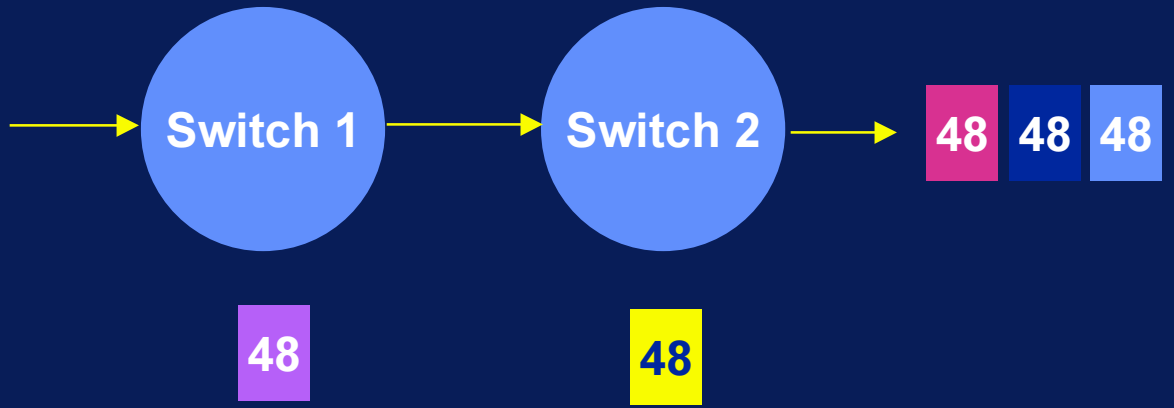
Temps écoulé = .6 seconde

exemple du transfert de cellule



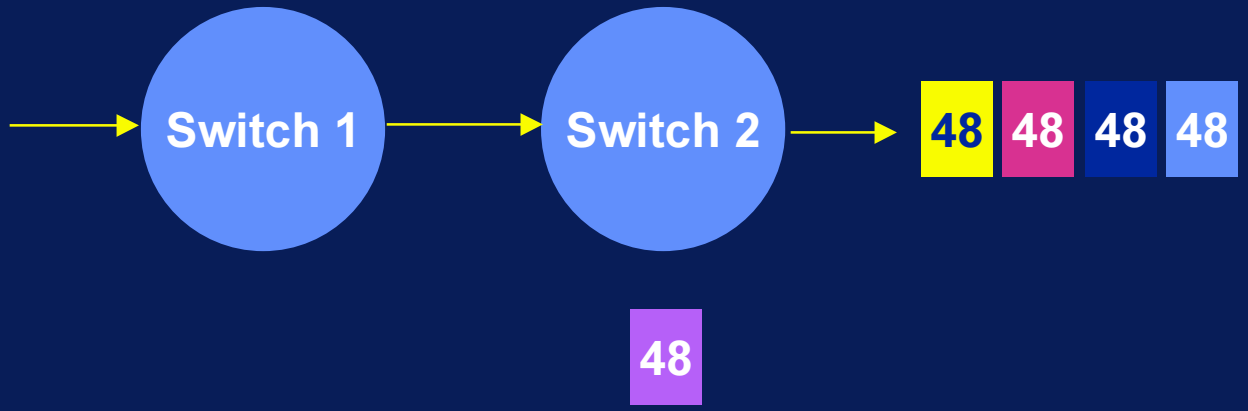
Temps écoulé = .8 seconde

exemple du transfert de cellule



Temps écoulé = 1.0 seconde

exemple du transfert de cellule



Temps écoulé = 1.2 seconde

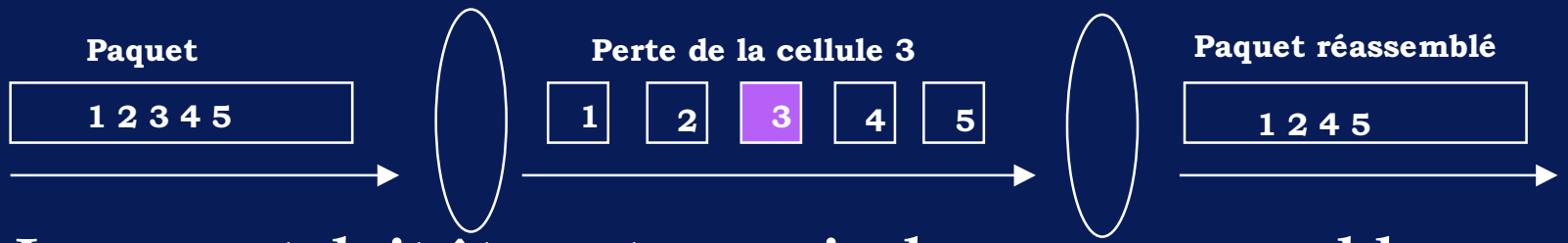
exemple du transfert de cellule



Temps écoulé = 1.4 seconde

Réseau de cellules
Fragmentation

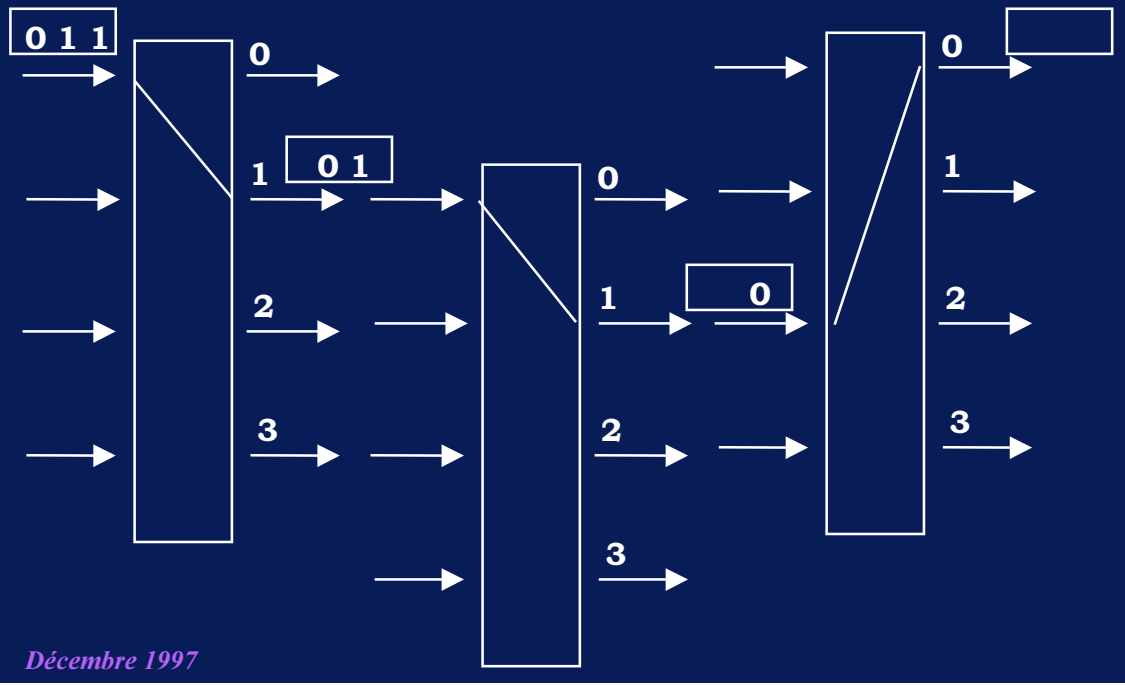
- Conçu sur l'hypothèse de non retransmission des cellules.



- Le paquet doit être retransmis dans son ensemble
  - si taux de perte important, le nouveau paquet peut à nouveau être une victime.
- Le réseau doit être à faible taux d'erreur et de perte de cellules
  - taux d'erreur de la fibre optique : 10 ** -12
- Utilisation de codes correcteurs d'erreurs simples (CRC) qui ont un coût: 10 bits pour ATM (2,5%).

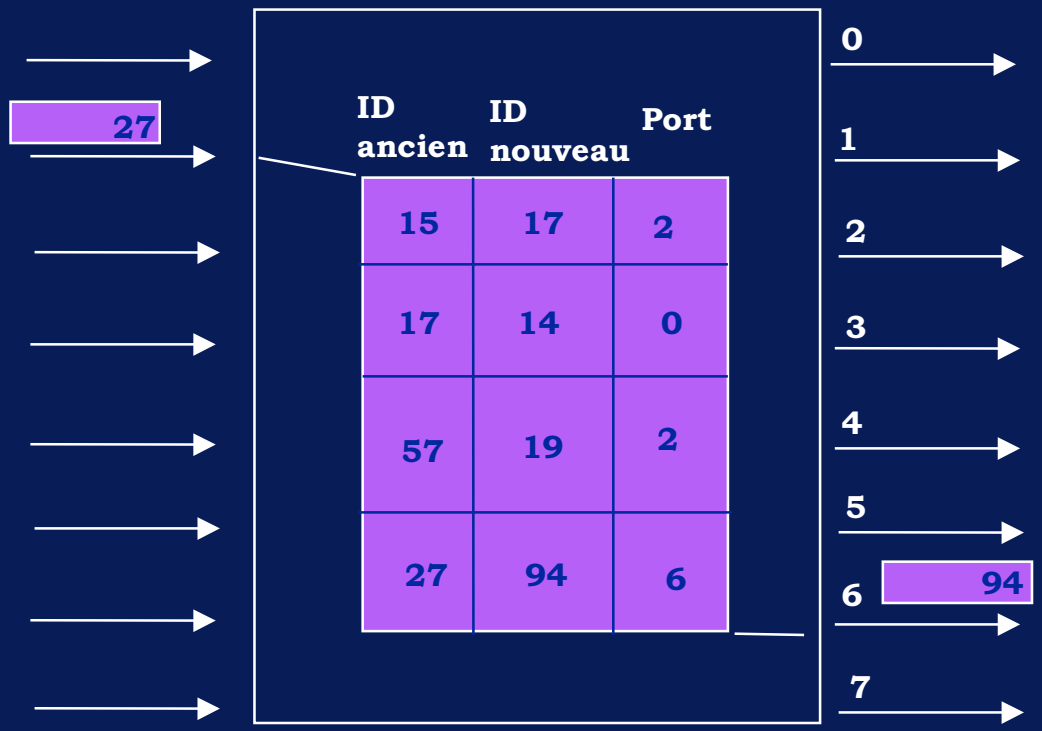
Réseau de cellules
Routage

- **Routage par la source**
  - L'ensemble de l'information de routage est ajouté en tête de chaque cellule.
  - Problème : limitation du nombre de noeud pour que l'en-tête ne devienne pas trop grande.



Réseau de cellules
Routage

- Routage de proche en proche
  - En-tête de taille fixe qui contient un identificateur de saut
  - Le commutateur doit gérer une table



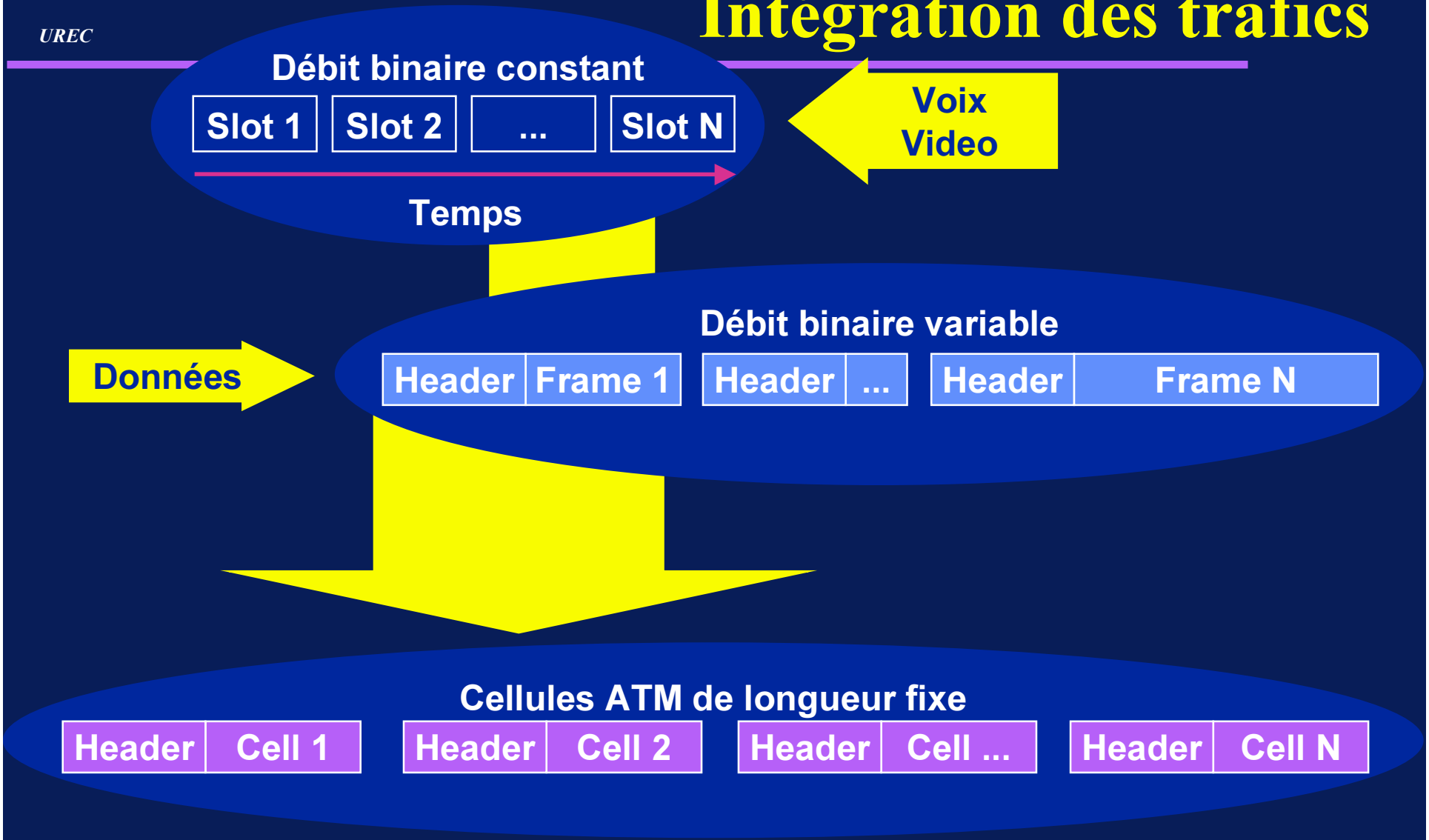
Principes d'ATM

- Liaisons physiques point à point et structure en étoile
  - noeud du réseau : commutateur-switch-brasseur
- Flots de données ---> paquets de taille fixe
  - cellules
- Mode connecté (chemin virtuel) établit
  - Dynamiquement
  - Manuellement (permanent ou semi-permanent)

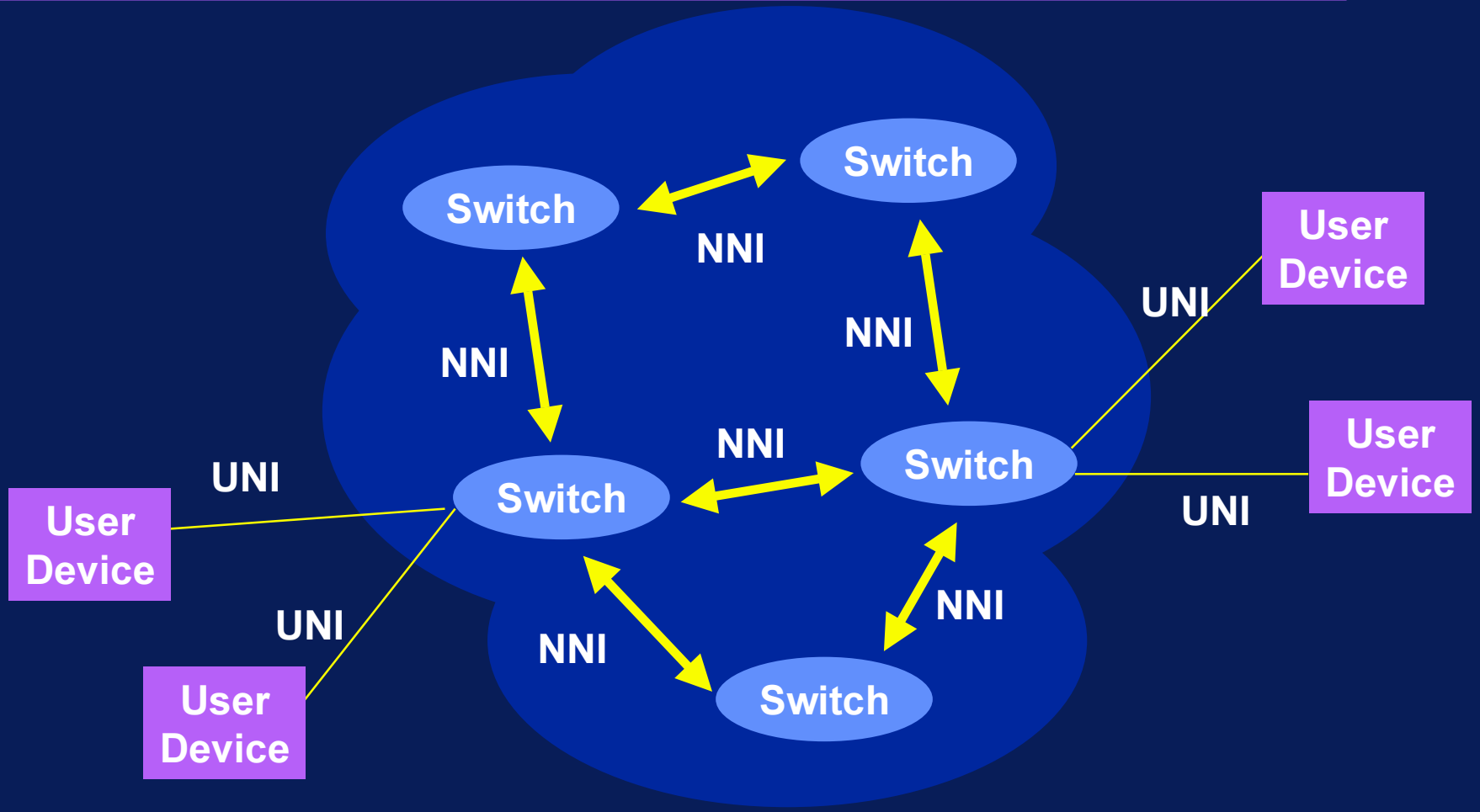
Principes d'ATM

- Lors d'une connexion les données suivent toujours le même chemin.
- Chaque connexion : qualité de service (QoS)
- 2 couches principales (équivalent OSI 2-3)
  - ATM
  - AAL (ATM Adaptation Layer)

Principes d'ATM
Intégration des trafics



Principes d'ATM
Structure du réseau

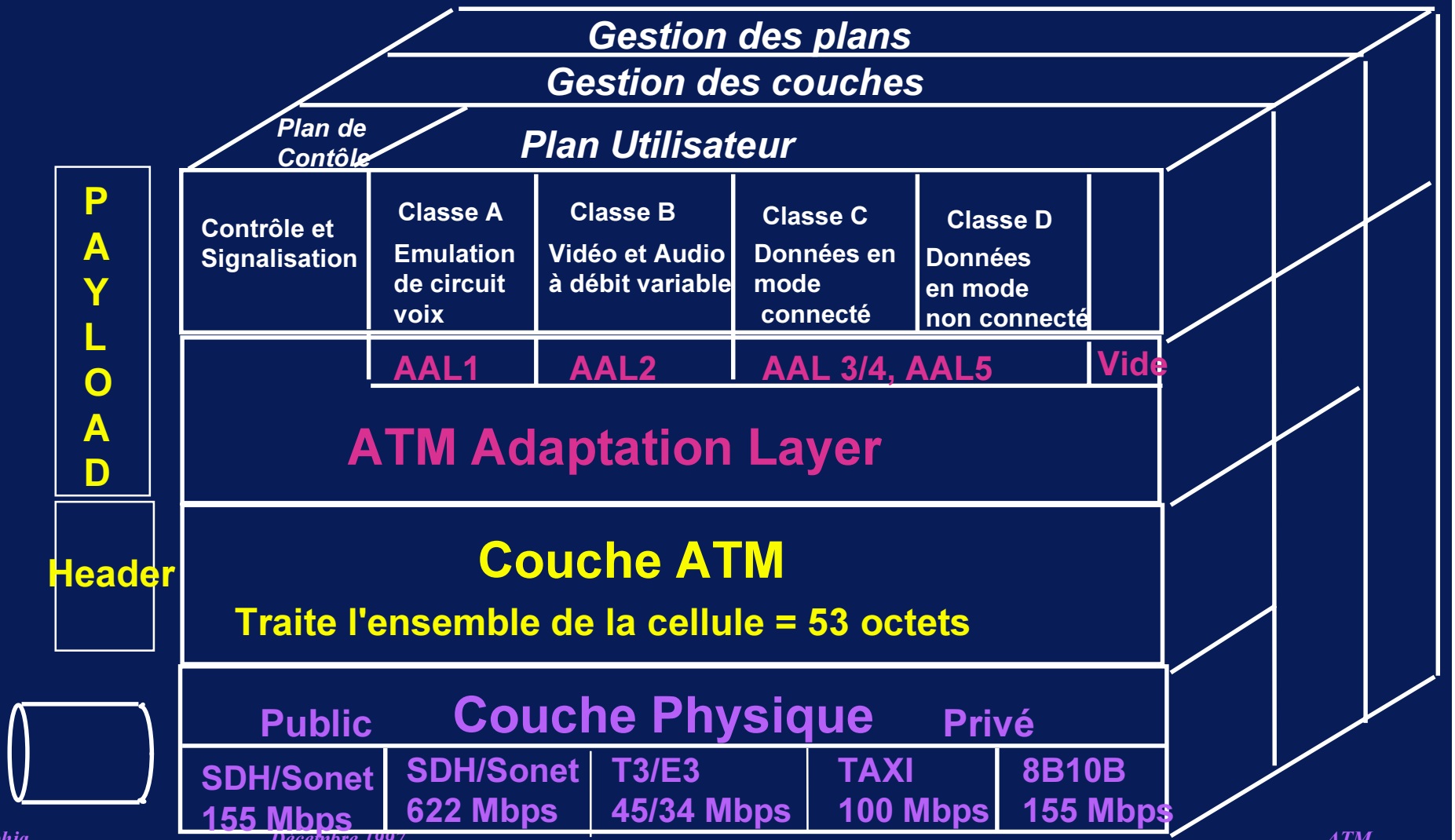


UNI : User Network Interface
NNI : Network Node Interface

Modèle ATM

- **Trois niveaux**
  - **Physique**
    - » **adaptation à l'environnement de transmission.**
  - **ATM**
    - » **acheminement des informations par multiplexage et commutation des cellules.**
  - **ALL : ATM Adaptation Layer**
    - » **adaptation des flux d'informations à la structure des cellules.**
    - » **une AAL par type de trafic**

Modèle ATM


Gestion des plans
Gestion des couches
Plan de Contôle
Plan Utilisateur
PAYLOAD
Header
Contrôle et Signalisation
Classe A
Emulation de circuit voix
Classe B
Vidéo et Audio à débit variable
Classe C
Données en mode connecté
Classe D
Données en mode non connecté
AAL1
AAL2
AAL 3/4, AAL5
Vide
ATM Adaptation Layer
Couche ATM
Traite l'ensemble de la cellule = 53 octets
Public
Couche Physique
Privé
SDH/Sonet 155 Mbps
SDH/Sonet 622 Mbps
T3/E3 45/34 Mbps
TAXI 100 Mbps
8B10B 155 Mbps

Couche physique

- Assure le transport de cellules entre deux équipements ATM
- Deux sous-couches
  - PM Physical Media
    - » transmission des bits en fonction du support physique (en particulier transformation électrique-optique)
  - TC Transmission Convergence
    - » Génération du HEC (Header Error Check) en émission
    - » Contrôle du HEC, des en-têtes en réception (Destruction si erreur non récupérable)
    - » Insertion de "cellules vides" quand il n'y a pas de trafic de la couche ATM

Couche Physique interfaces

- Deux méthodes :
  - Flot de cellules ATM transmis sur le lien physique.
    - » origine ATM Forum
  - Les cellules ATM sont transportées dans une trame SDH/SONET
    - » SDH : Hierarchie numérique synchrone G709
      - développée pour supporter le multiplexage de liaisons avec des débits binaires de plusieurs centaines de mégabits.
      - son but est de fournir un ensemble unique de standards de multiplexage pour les liaisons à hauts débits.
      - construit en bloc de 155.52 Mbps
      - nommage: STM-n
        - STM : Synchronous Transfer Module
    - » SONET : Synchronous Optical NETwork
      - équivalent americain de SDH.
      - construit en bloc de 51.84 Mbps
      - nommage: STS-n et OC-n
        - STS : Synchronous Transport Signal
        - OC : Optical Carrier

Couche physique interfaces

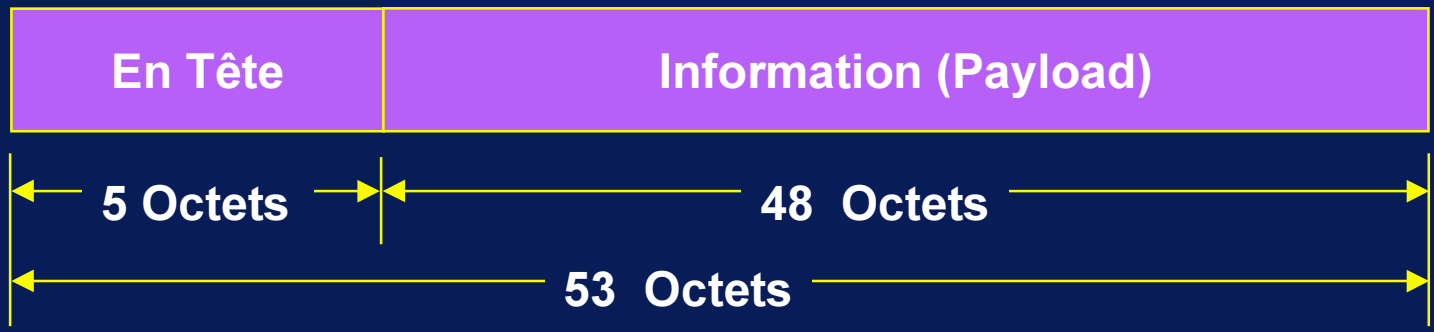
- Interfaces ATM Forum
  - DS3 44.736 Mbps
    - » réseau public sur des liens T3
  - TAXI (4B5B FO) 100 Mbps dérivée de FDDI
    - » fibre optique multimode
  - 8B10B FO 155 Mbps dérivée de FiberChannel
    - » fibre optique multimode
- ITU (CCITT), SONET sur fibre optique

Débits (Mbps)	Appellation SONET STS/OC	Appellation ITU STM
51,84	1	
155,52	3	1
622,08	12	4
1244,16	24	8
2488,32	48	16

Couche physique interface

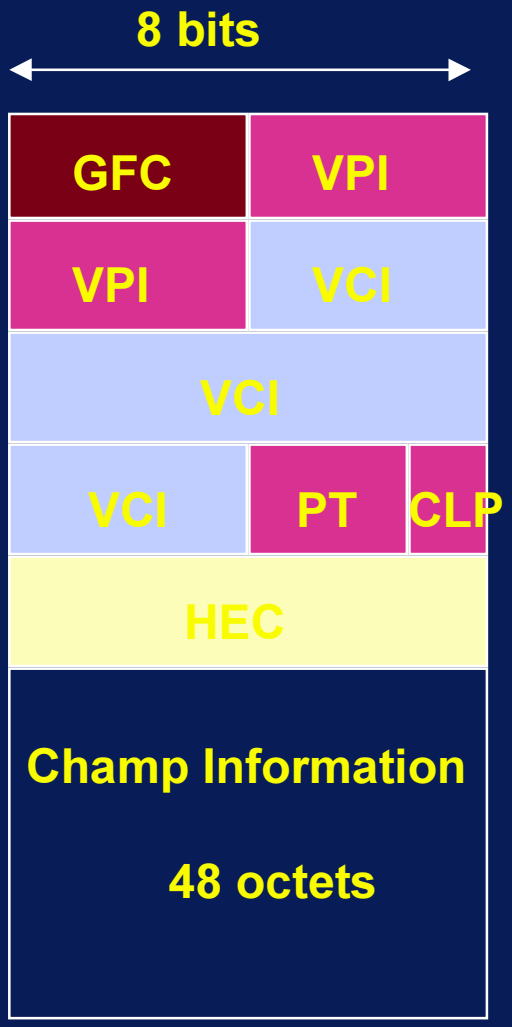
- Autres interfaces
  - 155 Mbps UTP-5
  - 52 Mbps UTP-3
  - 1.5 Mbps (T1)
  - 2 Mbps (E1)
  - 25 Mbps (débit proposé par IBM)

Couche ATM
la cellule



- Ni détection, ni récupération d'erreur
- La taille est un compromis
  - petite => faible temps de propagation
  - grande => faible surchage dans le réseau
- Longueur fixe
  - facilite les implémentations hardware
  - facilite l'allocation de bande passante

Couche ATM
structure de la cellule



GFC Generic Flow Control
VPI Virtual Path Identifier (8 bits : 256)
VCI Virtual Channel Identifier
(16 bits : 64000)
PT Payload Type
information utilisateur ou réseau
état de congestion
message d'adm ou d'info
début-fin de message pour AAL5
CLP Cell Loss Priority
"priorité" à la destruction si 1
HEC Header Error Check
sur l'en-tête de la cellule

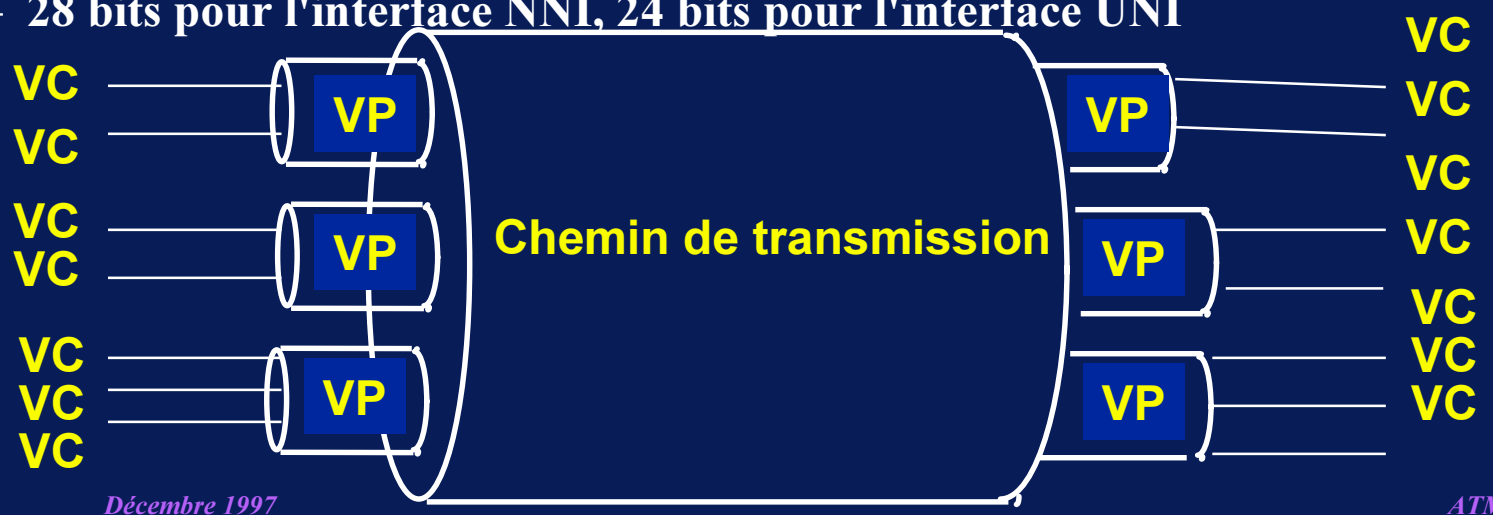
Fait partie du champ VPI si interface NNI

Couche ATM

- **Indépendante de l'interface physique.**
- **ATM est un service orienté connexion.**
  - **un chemin est établi avant de transmettre des données utilisateurs.**
- **Fonctions :**
  - **Génération des en-têtes des cellules.**
  - **Multiplexage et démultiplexage des cellules.**
  - **Aiguillage basé sur les champs VPI, VCI des cellules.**
  - **Supervision :**
    - » **s'assure que les débits sont dans les limites négociées lors de l'établissement de la connexion.**
    - » **met en oeuvre les actions correctives pour garantir la qualité de service.**

VP et VC

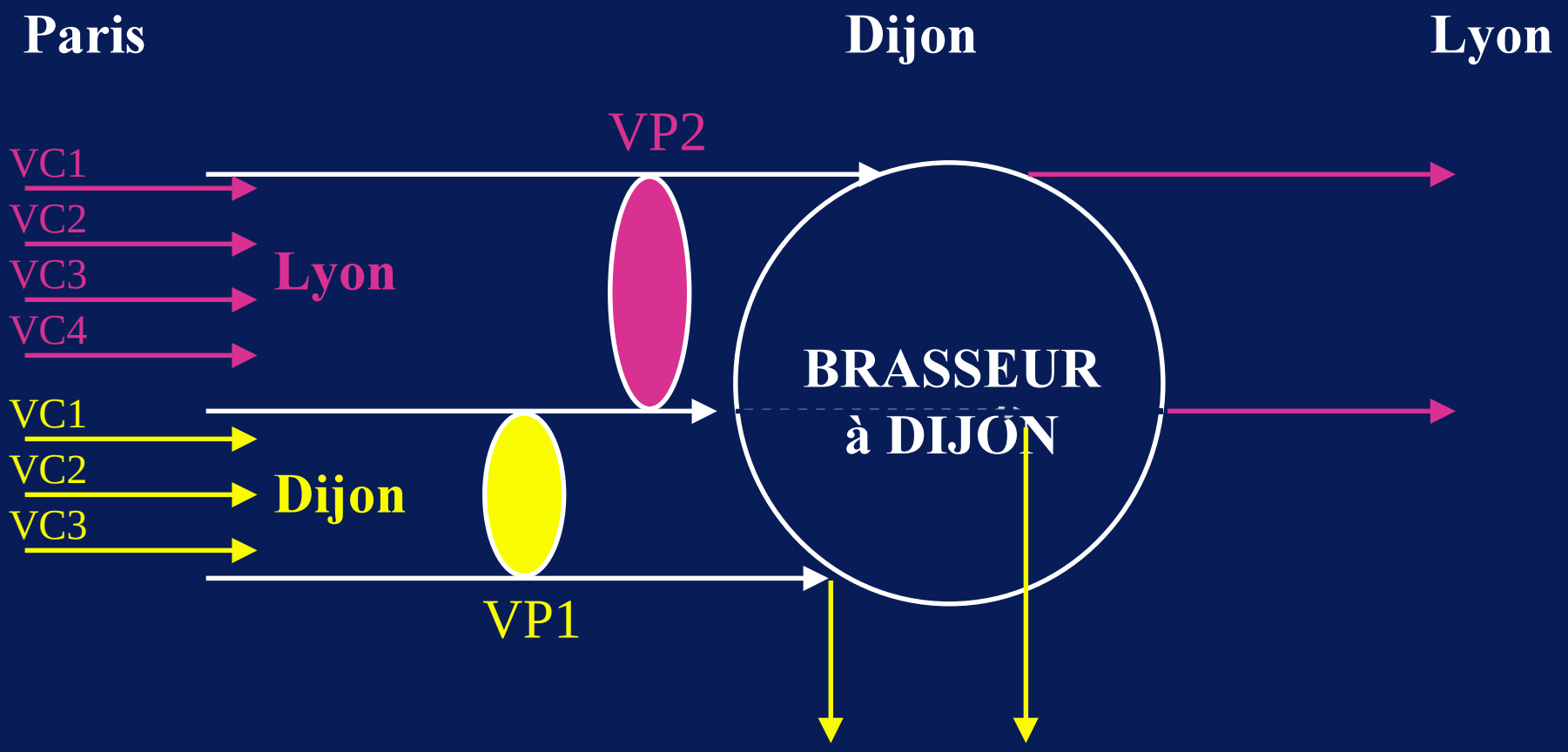
- Sur les liens entre deux équipements.
- Le chemin de transmission de la couche physique peut-être décomposé au niveau ATM :
  - en *Chemins Virtuels (Virtual Paths),*
  - eux mêmes décomposés en *Canaux Virtuels (Virtual Channels)*
    - » PVC : Permanent Virtual Channel
    - » SVC : Switched Virtual Channel
  - 28 bits pour l'interface NNI, 24 bits pour l'interface UNI



VP et VC
Vocabulaire ATM / X25

- VC (ATM) : Virtual Channel : Circuit virtuel
  - Peut être permanent PVC ou commuté SVC
  - VCI : Numéro de VC
- VP (ATM) : Virtual Path :
  - Peut être permanent ou commuté
  - VPI : Numéro de VP
- 1 VP (ATM) contient n VC (ATM)
- VP (X25) : circuit virtuel permanent
- Commutateur ATM
  - VP uniquement : brasseur
  - VC et VP : commutateur

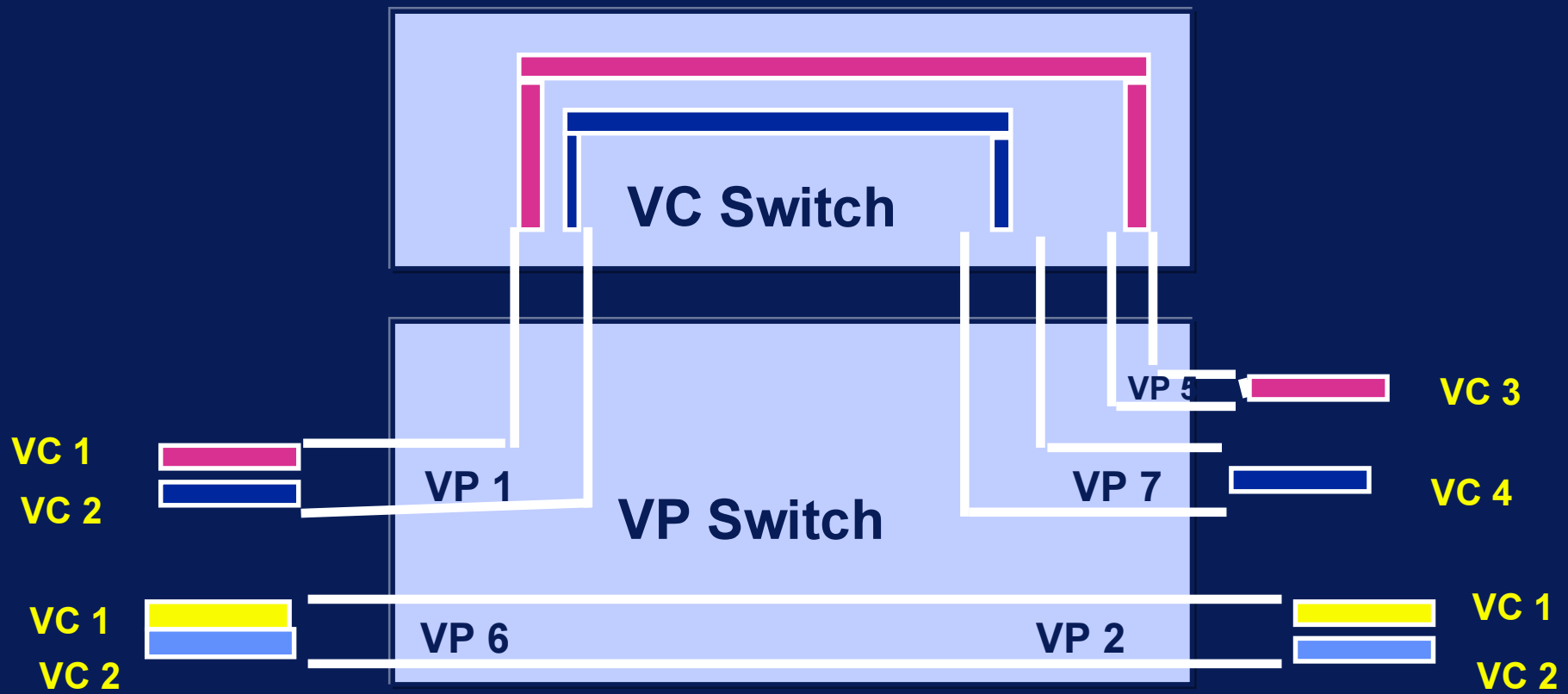
VP et VC : Pourquoi ces 2 niveaux ?



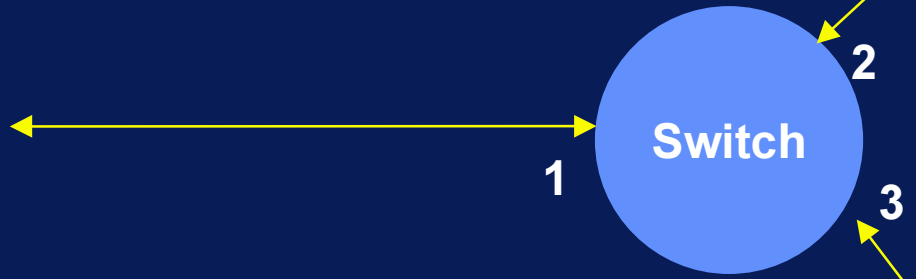
Routage des cellules ATM

- Routage de proche en proche
- Hiérarchie à deux niveaux
  - VP : router un ensemble de cellules correspondant 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 du commutateur : consultation et modification de la cellule

Routage des cellules ATM
Commutateur de VP et de VC



Routage des cellules ATM



Link 1 Routing Table

VCI-in	Link out	VCI-out
1	2	2
2	2	4
3	3	3
4	3	6

Link 2 Routing Table

VCI-in	Link out	VCI-out
2	1	1
4	1	2

Link 3 Routing Table

VCI-in	Link out	VCI-out
3	1	3
6	1	4

Routage des cellules ATM



Link 1 Routing Table

VCI-in	Link out	VCI-out
1	2	2
2	2	4
3	3	3
4	3	6

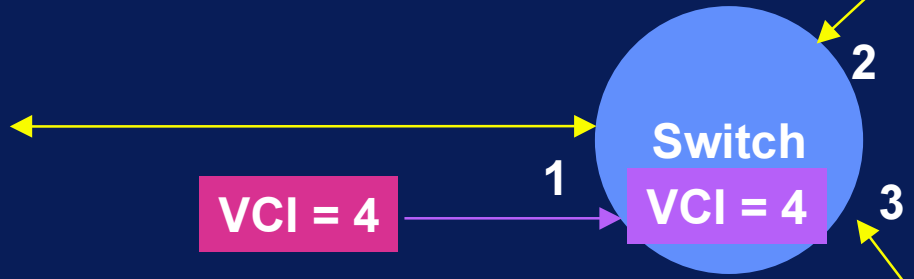
Link 2 Routing Table

VCI-in	Link out	VCI-out
2	1	1
4	1	2

Link 3 Routing Table

VCI-in	Link out	VCI-out
3	1	3
6	1	4

Routage des cellules ATM



Link 2 Routing Table

VCI-in	Link out	VCI-out
2	1	1
4	1	2

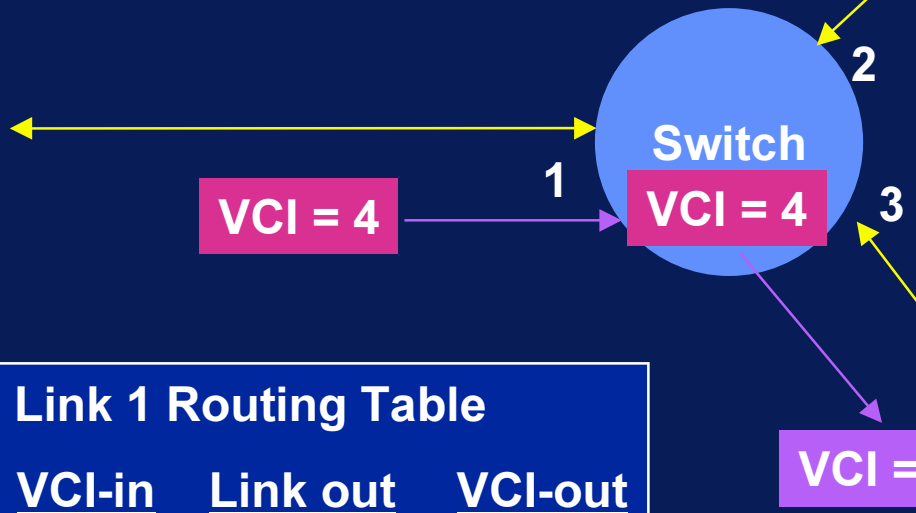
Link 3 Routing Table

VCI-in	Link out	VCI-out
3	1	3
6	1	4

Link 1 Routing Table

VCI-in	Link out	VCI-out
1	2	2
2	2	4
3	3	3
4	3	6

Routage des cellules ATM



Link 1 Routing Table

VCI-in	Link out	VCI-out
1	2	2
2	2	4
3	3	3
4	3	6

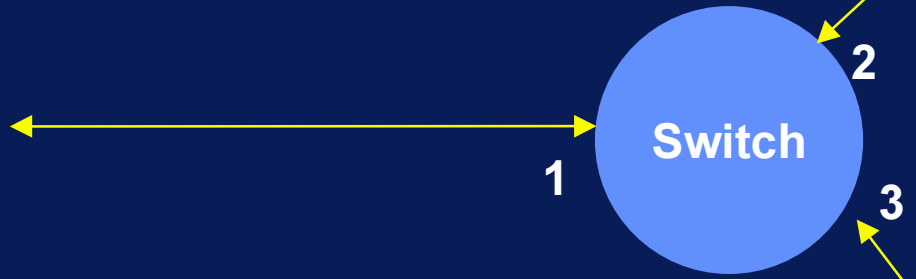
Link 2 Routing Table

VCI-in	Link out	VCI-out
2	1	1
4	1	2

Link 3 Routing Table

VCI-in	Link out	VCI-out
3	1	3
6	1	4

Routage des cellules ATM



Link 1 Routing Table

VCI-in	Link out	VCI-out
1	2	2
2	2	4
3	3	3
4	3	6

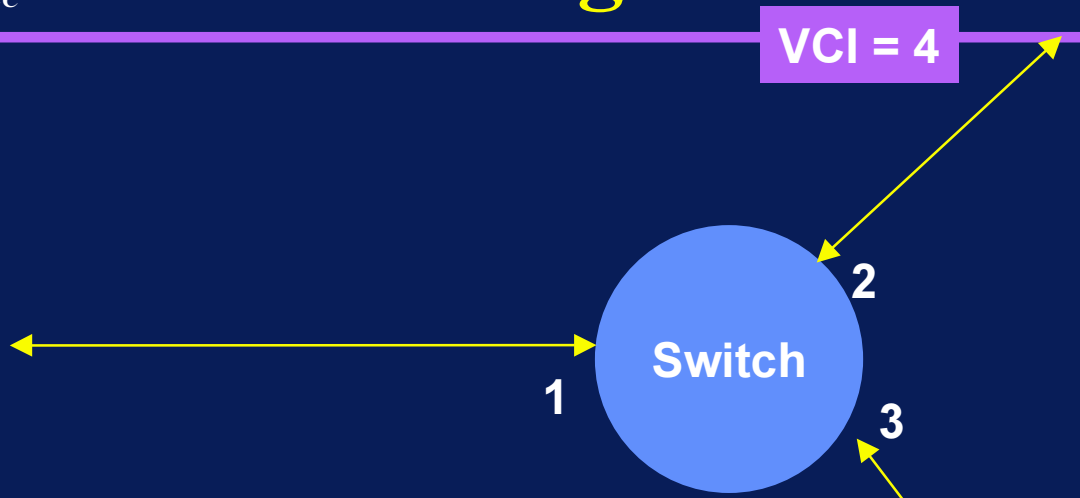
Link 2 Routing Table

VCI-in	Link out	VCI-out
2	1	1
4	1	2

Link 3 Routing Table

VCI-in	Link out	VCI-out
3	1	3
6	1	4

Routage des cellules ATM



Link 1 Routing Table

VCI-in	Link out	VCI-out
1	2	2
2	2	4
3	3	3
4	3	6

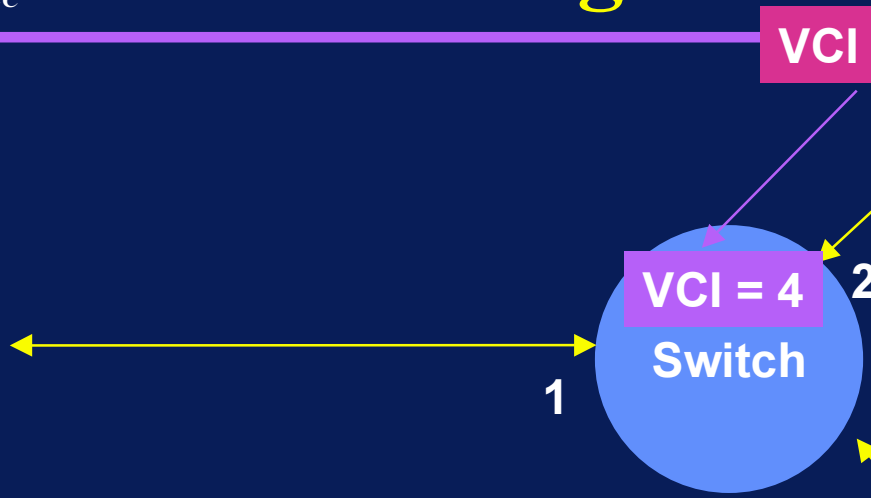
Link 2 Routing Table

VCI-in	Link out	VCI-out
2	1	1
4	1	2

Link 3 Routing Table

VCI-in	Link out	VCI-out
3	1	3
6	1	4

Routage des cellules ATM



Link 1 Routing Table

VCI-in	Link out	VCI-out
1	2	2
2	2	4
3	3	3
4	3	6

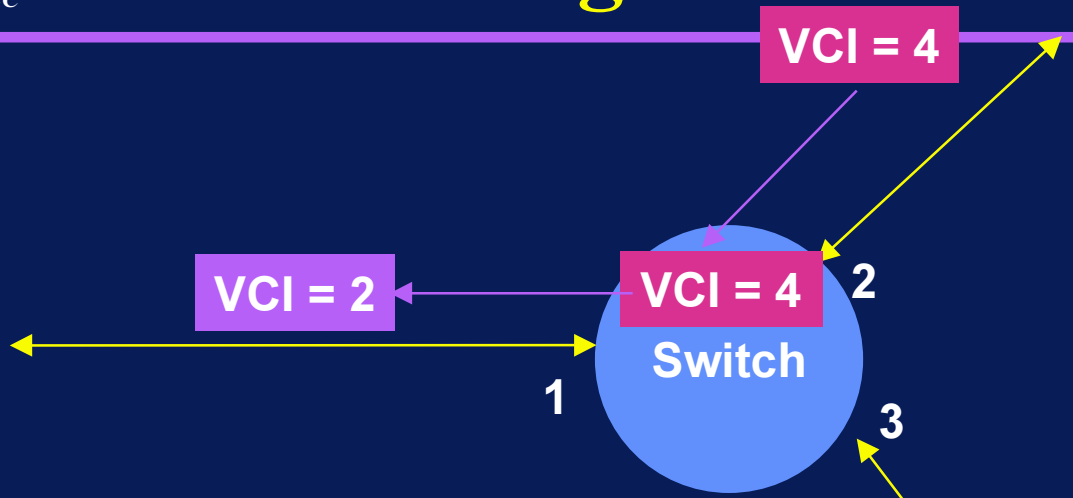
Link 2 Routing Table

VCI-in	Link out	VCI-out
2	1	1
4	1	2

Link 3 Routing Table

VCI-in	Link out	VCI-out
3	1	3
6	1	4

Routage des cellules ATM



Link 1 Routing Table

VCI-in	Link out	VCI-out
1	2	2
2	2	4
3	3	3
4	3	6

Link 2 Routing Table

VCI-in	Link out	VCI-out
2	1	1
4	1	2

Link 3 Routing Table

VCI-in	Link out	VCI-out
3	1	3
6	1	4

routage des cellules exemple de tables

Table de routage port 1

VCI-in	Port- out	VCI-out
2	2	2
3	3	6

Table de routage port 2

VCI-in	Port- out	VCI-out
2	1	2
4	3	8

Table de routage port 3

VCI-in	Port- out	VCI-out
6	1	3
8	2	4

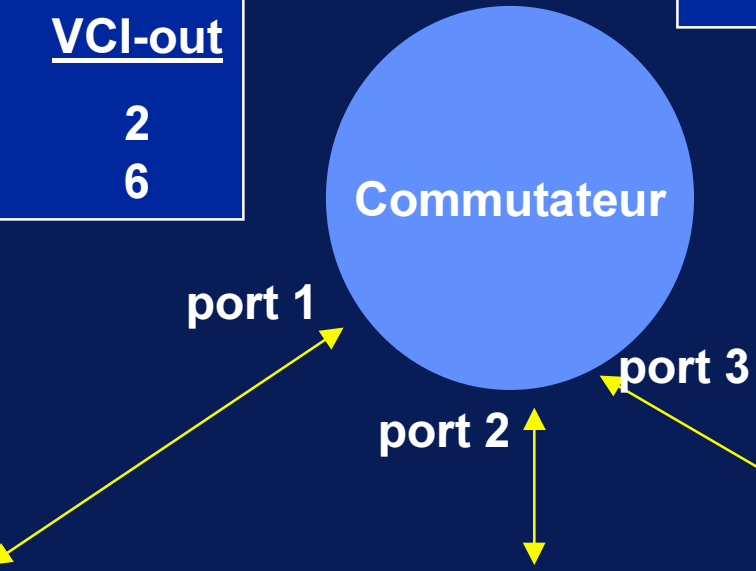


Table de routage

Station	VCI
B	2
C	3

Table de routage

Station	VCI
A	2
C	4

Table de routage

Station	VCI
A	6
B	8

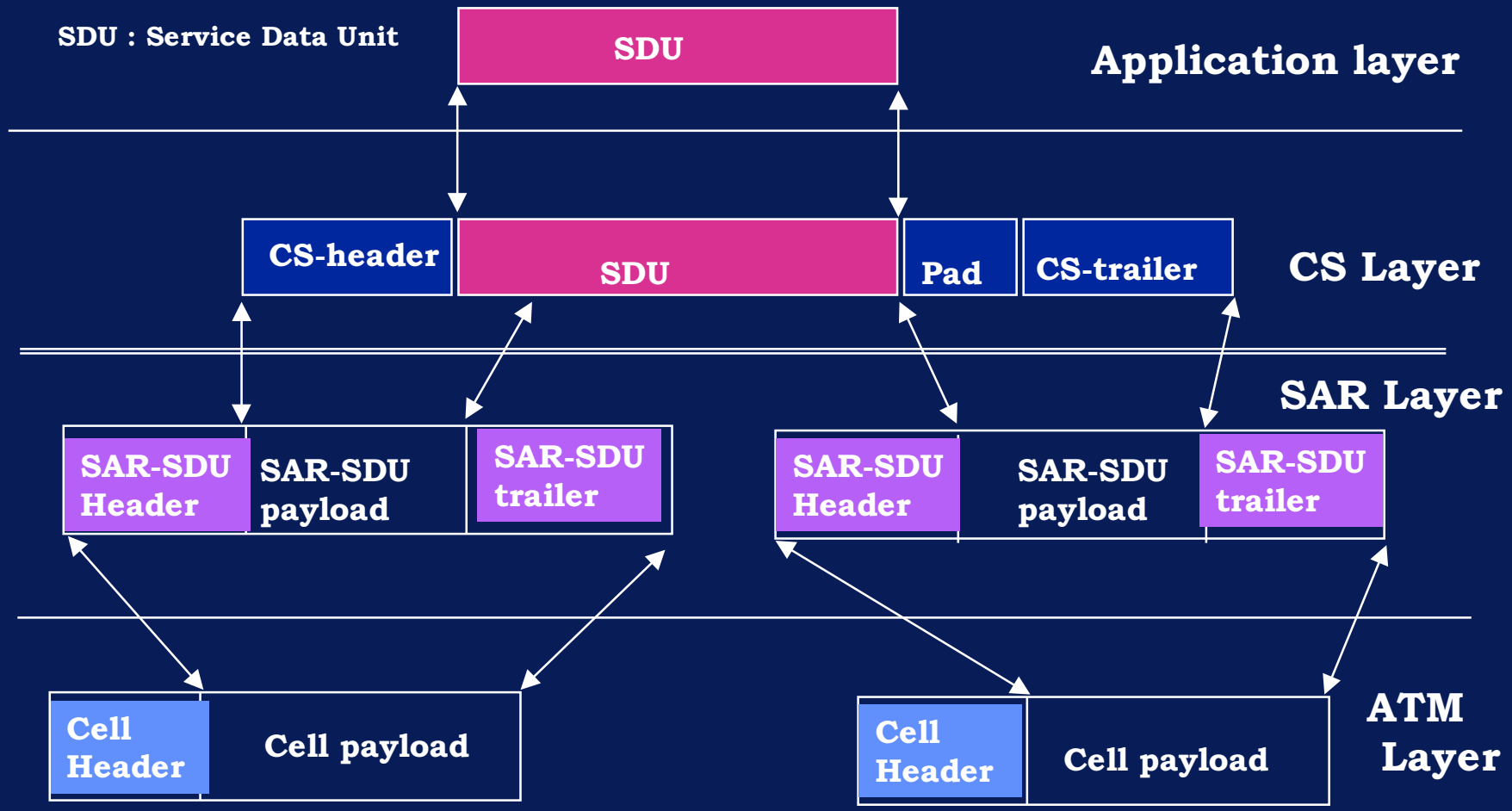
routage des cellules ATM
mise à jour des tables de routage

- Manuelle : PVC (circuits permanents)
- Dynamique : SVC (circuits commutés)
  - On se met d'accord sur un VC pour "l'administration" : 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 avec C, vous causerez sur VC3"
  - Commutateur ---> C (VC5) : "Vous causerez avec A sur VC6"
  - Commutateur et stations mettent à jour leur table de routage
- Dynamique ----> Signalisation UNI V3.0

Couche AAL

- **Interface avec les couches applicatives.**
  - Offre des fonctions additionnelles afin de rendre plus facile l'utilisation des services du réseau de cellules par les applications.
- **Fonctions :**
  - Segmentation et réassemblage (SAR)
    - » Découpage des données en blocs de 48 octets et le réassemblage
  - CS (Convergence Sublayer)
    - » Dépendant du service requis (application)
  - Resynchronisation et filtrage de la gigue de cellule
    - » Important pour la Voix et la Video
  - Détection des erreurs (mais pas correction), élimination des cellules dupliquées (Données)

Couche AAL



Segmentation et réassemblage pour les services VBR

AAL type 1, AAL type 2

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

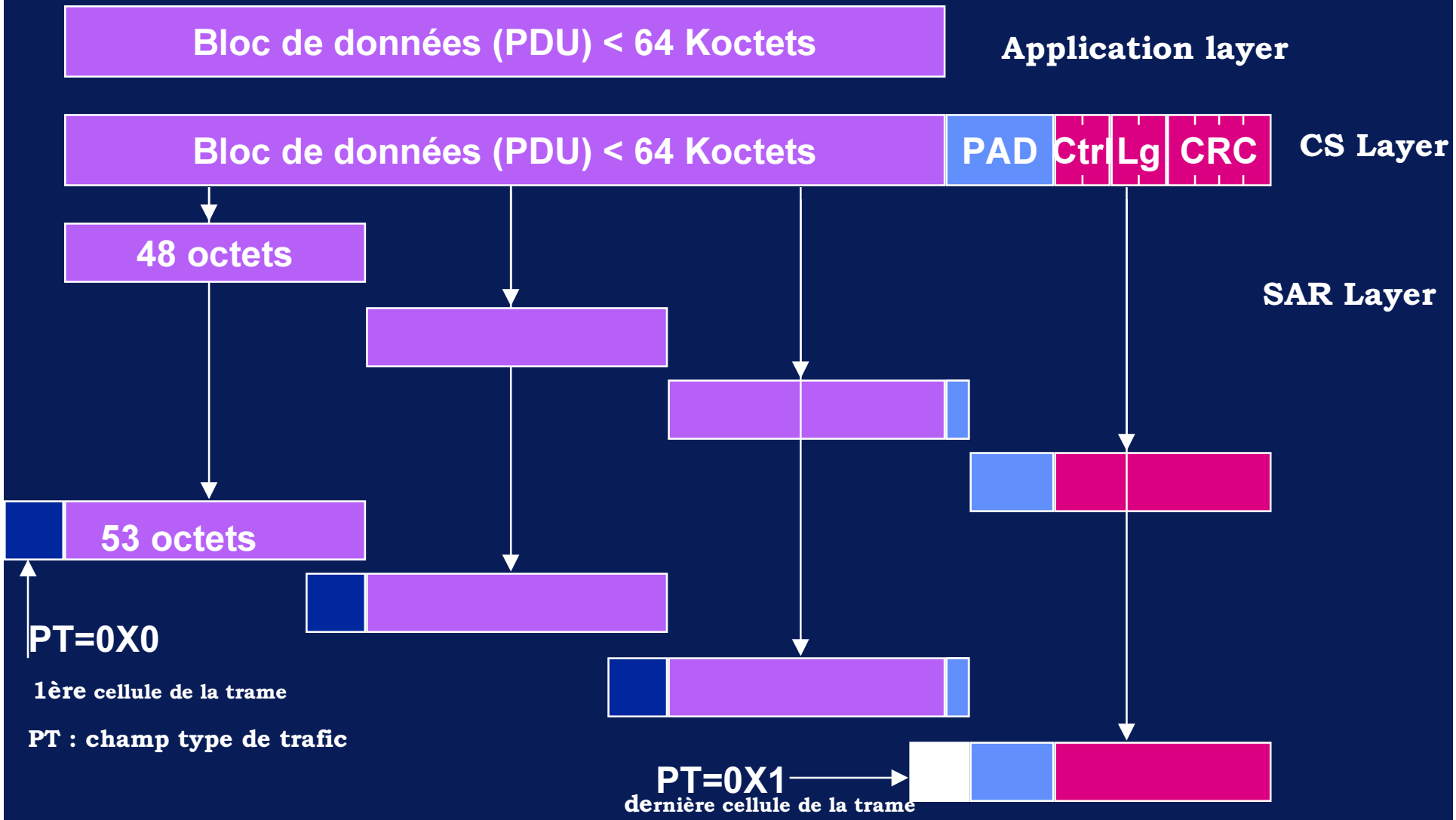
AAL type 3/4

- AAL 3/4 (CCITT I.363)
  - transport de données en mode :
    - » connecté (service de classe C).
    - » non connecté (service de classe D).
  - Service VBR (Variable Bit Rate).
  - Pas de synchronisation entre la source et la destination.
  - Réservé aux trafics qui ne tolèrent pas de perte de cellules.
  - Multiplexage des cellules possibles.
  - 44 octets de données utiles par cellules.
  - 4 octets sont réservés à un mécanisme de détection d'erreur sophistiqué.
  - L'utilisation de cette AAL sera limitée
    - » IEEE 802.6 : DQDB
    - » SMDS
      - Switched MultimégabitData Service (CBDS en Europe).

ALL type 5

- AAL5 : service de classe D (mode non connecté)
  - développé par l'industrie de l'informatique.
  - services privilégiés :
    - » UBR Unspecified Bit Rate
    - » ABR Available Bit Rate (UNI 4.0)
- AAL3/4 simplifiée.
- SEAL : Simple and Efficient Adaptation Layer.
  - Moins d'en-têtes et de temps de traitement.
  - Minimiser le temps de traitement par les ordinateurs.
  - Définir une interface AAL aussi proche que possible des interfaces de transmission.
  - Pas de multiplexage des cellules.

La couche AAL 5



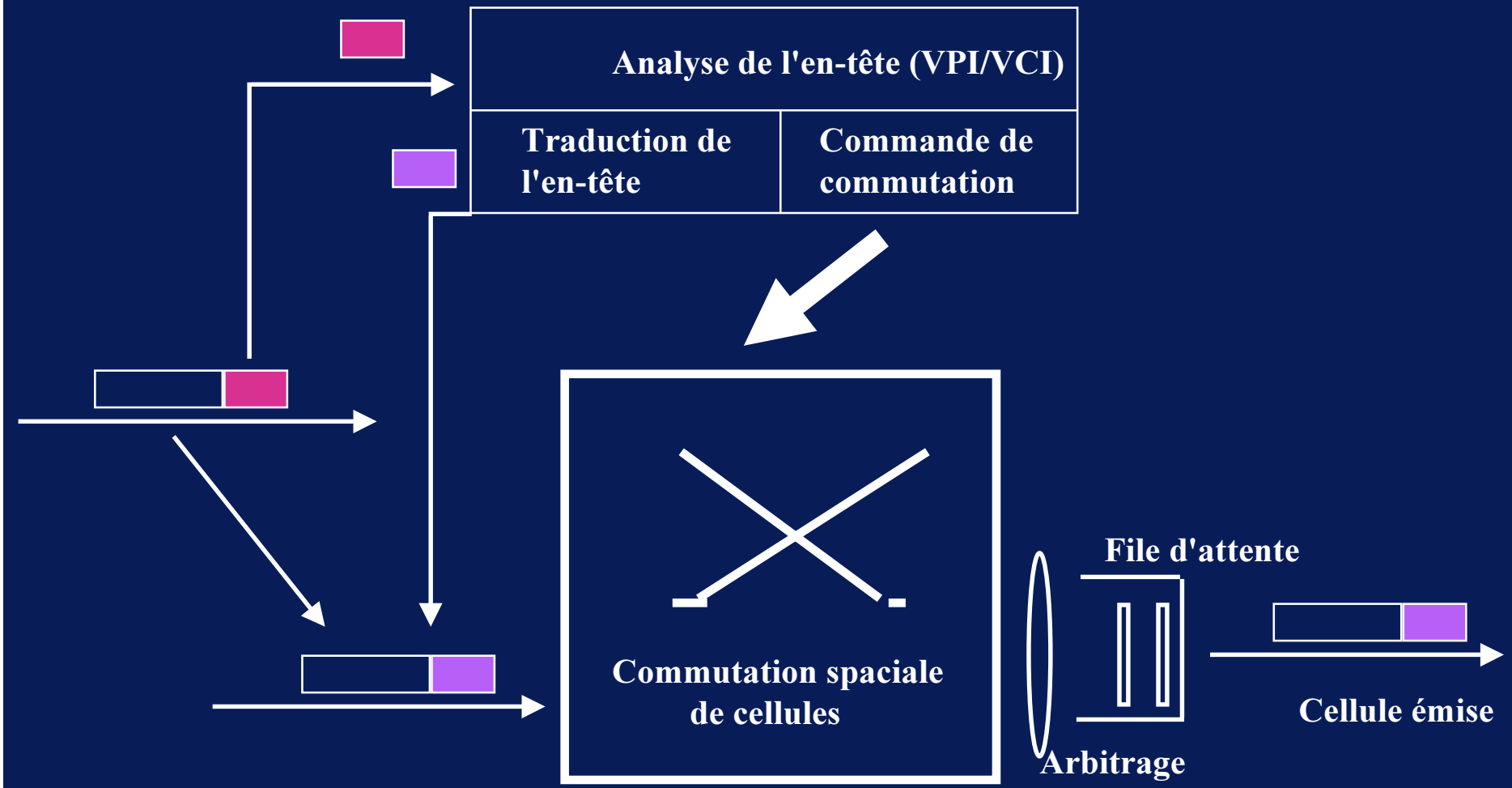
Services et couches AAL

- Téléphone ---> AAL1
- Transferts de données IP
  - AAL5
  - CBDS/SMDS ou Frame Relay ---> AAL 3/4
- Video ---> AAL5 ou AAL1

Commutateurs ATM
Principes généraux

- **Généralités**
  - caractéristiques
  - files d'attentes
- **Exemples**
  - Commutateurs TDM
  - Commutateurs Crossbar
  - Commutateurs Batch Banyan

Commutateur ATM
Fonctions



Le travail du commutateur est de router les cellules sur les liaisons

Commutateur ATM
Caractéristiques

- **Traitement de tous les services ATM caractérisés par :**
  - **débit binaire**
    - » **n Kbps : télécontrôle**
    - » **n Mbps, n> 150; TVHD, Data**
  - **comportement dans le temps**
    - » **débit constant, variable**
  - **transparence sémantique**
    - » **taux de perte de cellules**
    - » **taux d'erreurs binaires**
  - **transparence temporelle**
    - » **délai**
    - » **dérive sur le délai**
- **Duplication sur n voies**
  - **information d'une source vers N destinations**
  - **ex : messagerie, vidéobibliothèque ..**

Commutateur ATM
Caractéristiques : Performances

- **Capacité,taux d'erreur binaire**
  - technologie et dimensionnement du système
    - » CMOS, ECL
- **Blocage des connexions**
  - blocage : probabilité de trouver une quantité de ressources insuffisante entre l'entrée et la sortie du commutateur
    - » 2 cellules ou plus sont en compétition pour accéder à une même ressourc
    - » la qualité des connexions existantes et de la nouvelle n'est plus garantie.
  - commutateurs sans connexion interne = non bloquant
    - » si les ressources à l'entrée et à la sortie du commutateur sont suffisantes => aucun blocage interne.
  - commutateurs avec les ressources affectées pour chaque nouvelle connexion = bloquant

Commutateur ATM
Caractéristiques : Performances

- **Probalité de perte/insertion de cellules**
  - **grand nombre de cellules destinées à une même file de sortie => perte de cellules**
    - » **valeurs entre 10**-8 et 10**-11**
  - **mauvais acheminement à l'intérieur du commutateur => cellule sur une mauvaise voie logique.**
- **Le commutateur ne doit pas modifier l'ordre des cellules à l'intérieur d'un VCI.**
- **Délai de commutation**
  - **entre 10 et 100 µs avec une dérive de 100 µs ou moins.**

Commutateur ATM
Files d'attente

- **Problème :**
  - deux cellules arrivent à deux entrées du commutateur et sont dirigées vers la même sortie pendant le même temps cellule
- **Solutions**
  - Mise en file d'attente d'entrée
    - » chaque entrée possède une mémoire tampon
      => une logique d'arbitrage décide que la file d'attente peut être desservie
      - arbitrage simple : tour de rôle
        complexe : prise en compte du remplissage de la mémoire tampon.
  - Mise ne file d'attente de sortie
    - » des cellules peuvent être commutées vers la même sortie, mais une seule cellule ne peut être émise pendant un temps cellule
      => file d'attente de sortie
    - » chaque sortie possède une mémoire tampon
    - » les N entrées peuvent envoyer simultanément des cellules vers une même sortie => pas de perte de cellules si le transfert s'effectue à la vitesse de N x vitesse d'entrée.

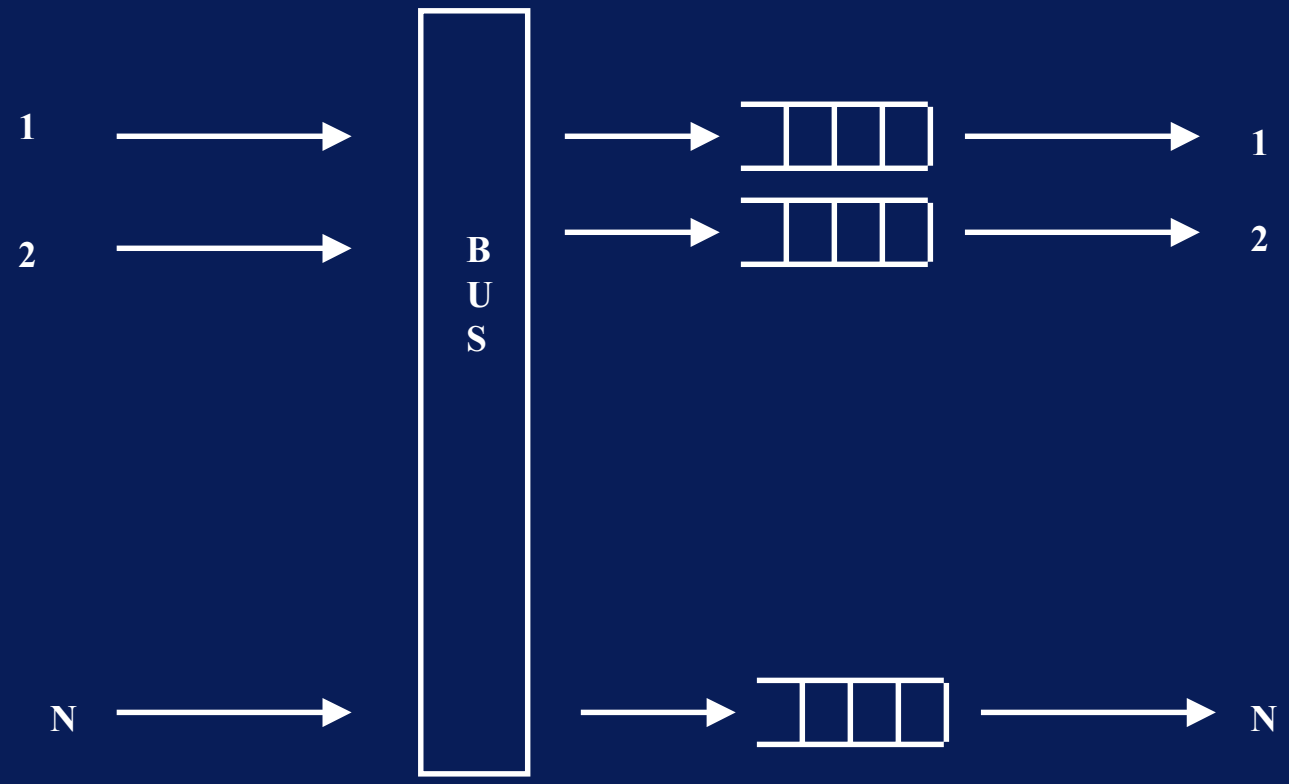
Commutateur ATM
Files d'attente

- Mise en file d'attente centrale
  - » les mémoires tampons sont partagées entre la totalité des entrées et des sorties
    => chaque cellule est stockée dans la file d'attente.
  - » chaque sortie sélectionne les cellules qui lui sont destinées selon une règle FIFO
    => mémoire centrale à adressage aléatoire

Commutateur ATM
Files d'attente

- **Mise en oeuvre**
  - Trois paramètres ont un impact sur la complexité des différents systèmes de mise en file d'attente :
    - » Taille de la file
      - dépend des performances requises et du principe retenu.
    - » Vitesse de la mémoire
      - le temps d'accès dépend du principe retenu, du nombre d'entrées et de la vitesse des liens entrants et sortants.
    - » Contrôle de la mémoire
      - FIFO : simple
      - file d'attente centrale : fonction de gestion dynamique.
  - Le choix dépend
    - » de la technologie des puces (CMOS, ECL),
    - » de la largeur des matrices de la puce,
    - » de la vitesse de fonctionnement du sytème (45, 155, 622 Mbps),
    - » de la taille du module de commutation de base (2x2 .. 32x32)

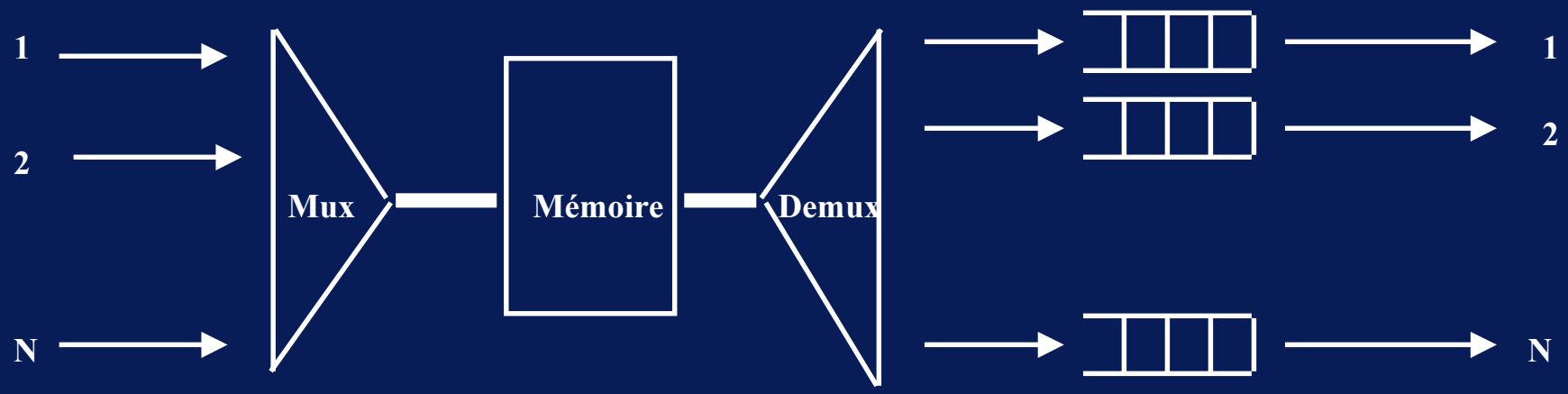
Commutateur ATM
TDM : Bus partagé



Files d'attente en sortie

TDM : Time Division Multiplexing

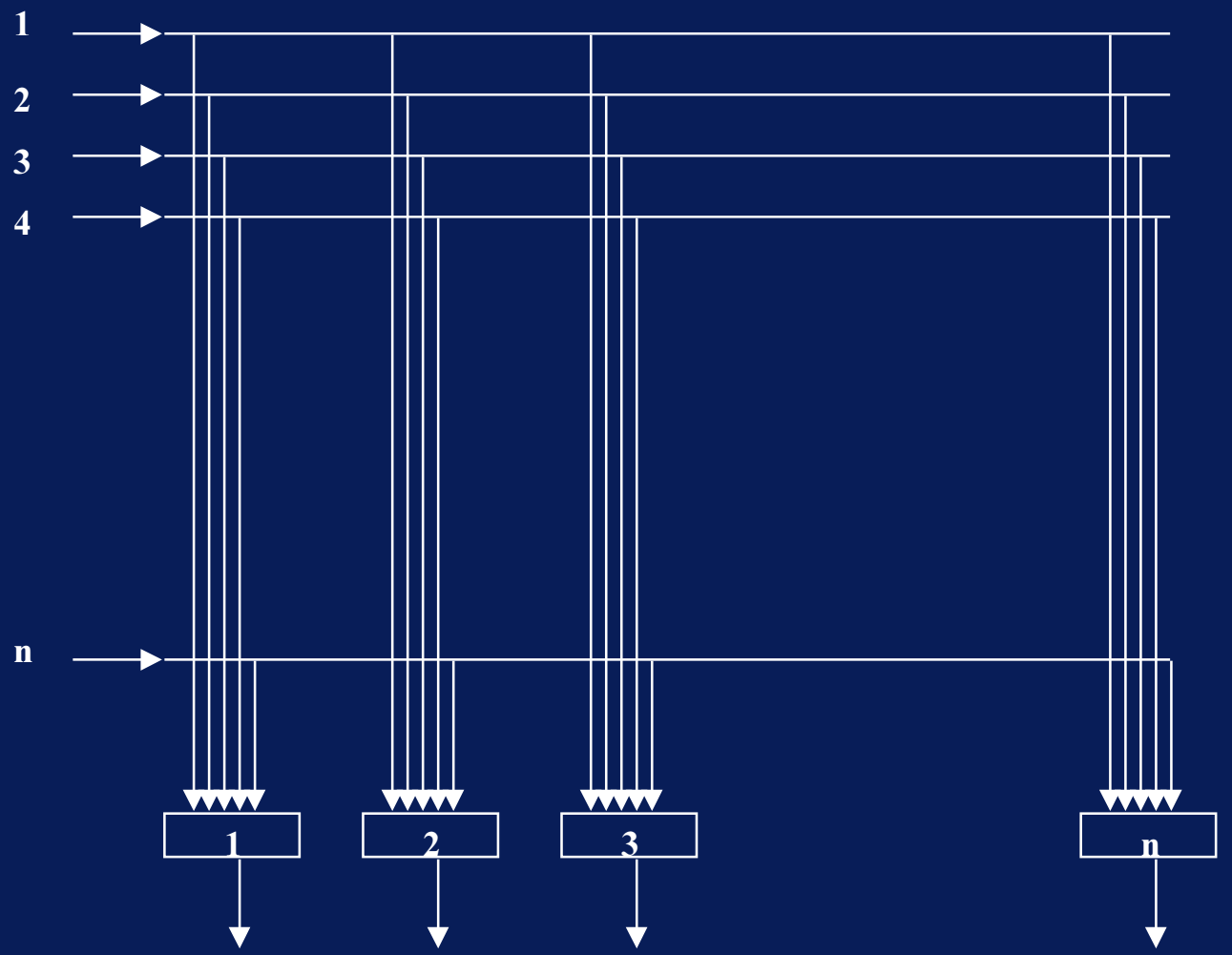
Commutateur ATM
TDM : Mémoire partagée



Files d'attente en sortie

TDM : Time Division Multiplexing

Commutateur ATM
Architecture Crossbar



Chaque port d'entrée
relié
à un port de sortie

Pas de blocage :
- aux ports d'entrée
- dans le commutateur

Uniquement
aux ports de sortie

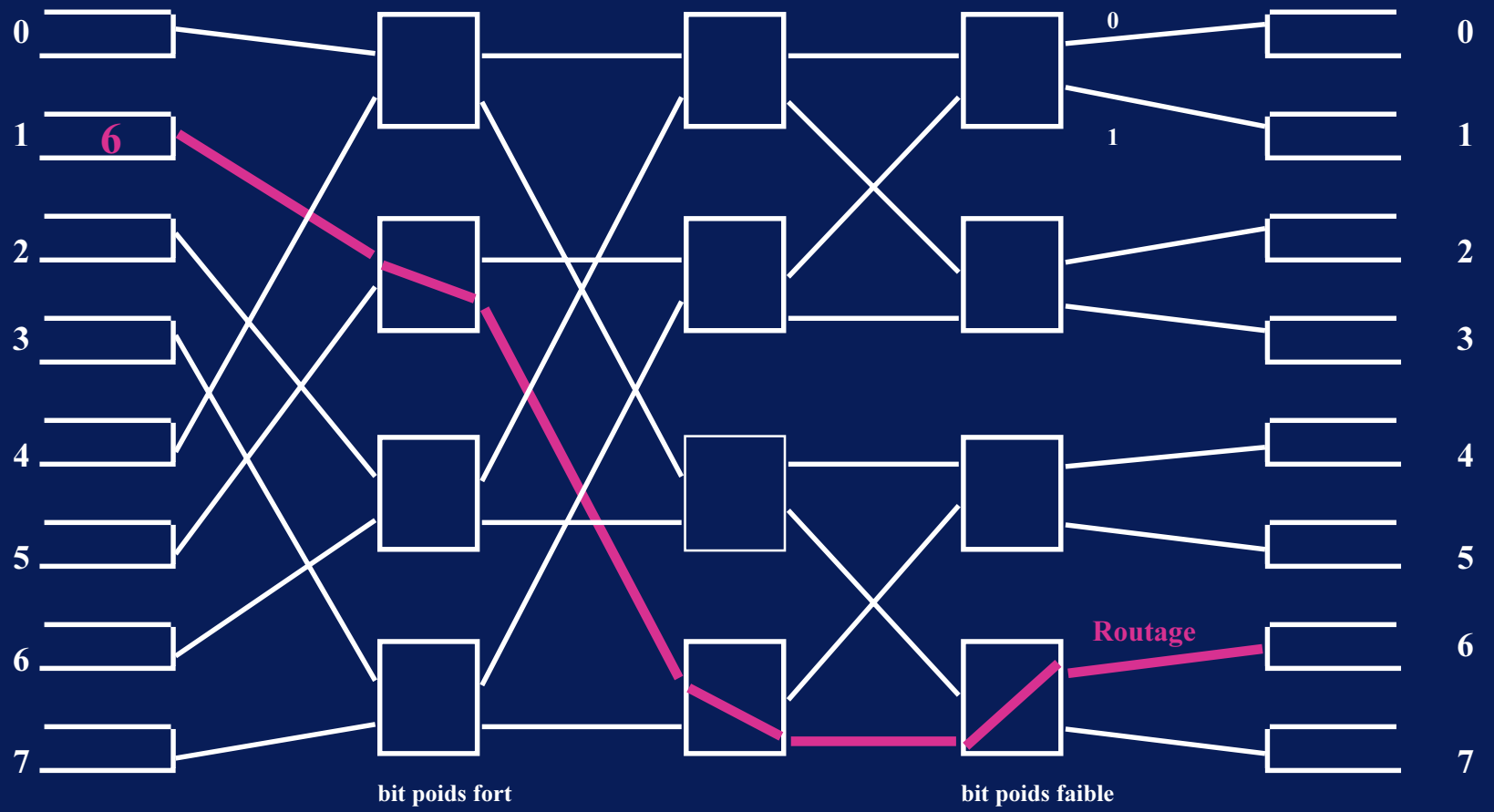
Commutateur ATM Architecture Crossbar

- La complexité réside dans les ports de sortie :
  - logique de reconnaissance des cellules destinées à la sortie
  - logique de traitements des surchages de trafic
    - » N entrées vers une même sortie;
- Il nécessite beaucoup d'electronique dans chaque port de sortie (en N2) => coût élevé.
- Bonnes performances en blocage
- Supporte facilement la diffusion multiple
- Problème des commutateurs conçus sur ce modèle :
  - la faisabilité repose sur l'hypothèse que les arrivées de cellules ne sont pas liées ou ne sont pas en corrélation => ce n'est pas le cas du transfert de données.
  - grande probabilité de longues files d'attente => mémoire tampon importante.

Commutateur ATM
Architecture Batcher-Banyan

- **Deux composants**
  - **un commutateur routeur banyan**
  - **un réseau de tri Batcher**

Commutateur ATM
Architecture Banyan



Commutateur 8 x 8

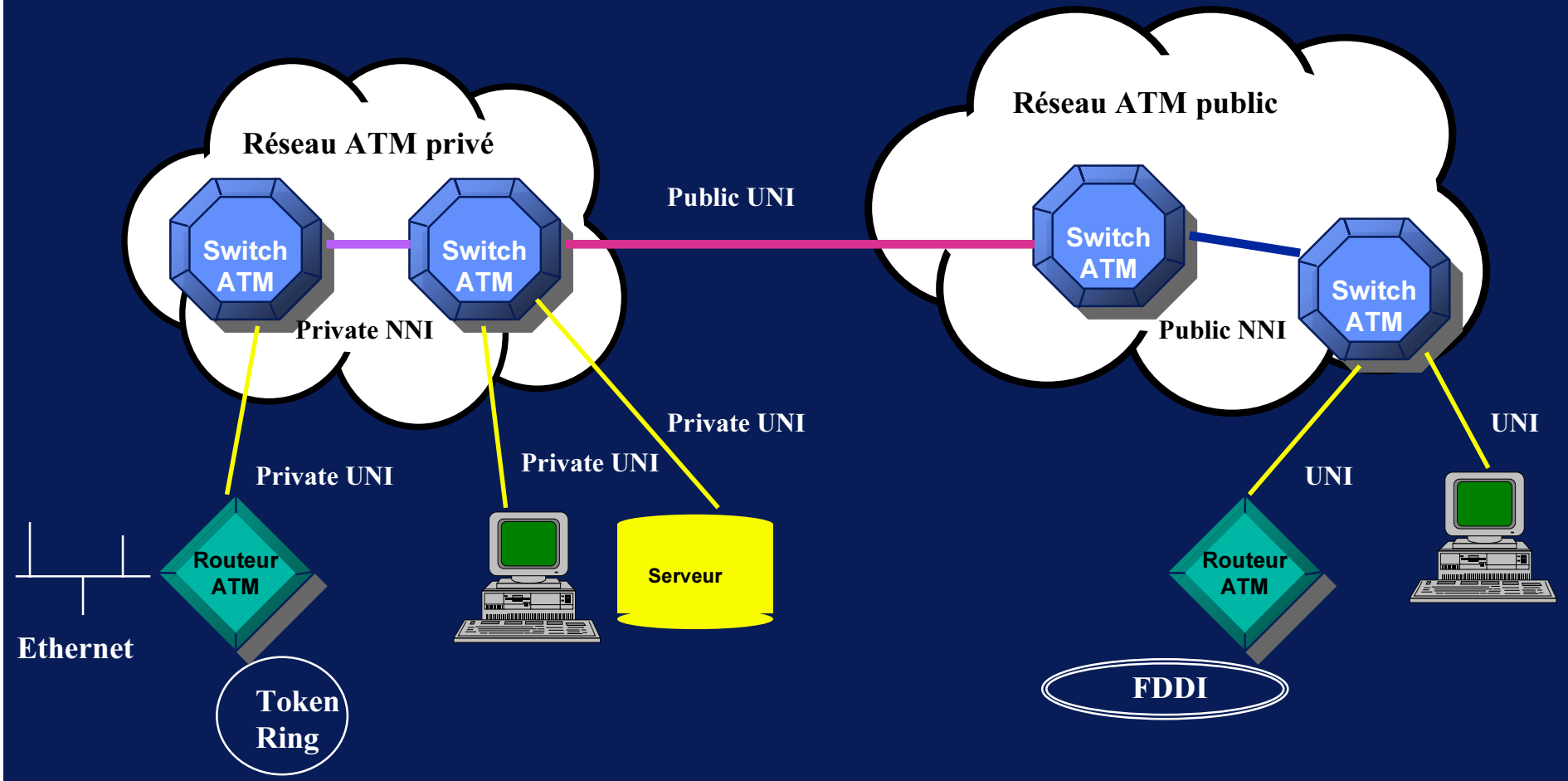
Commutateur ATM
Architecture Batcher-Banyan

- **réseaux de tri Batcher**
  - K. E. Batcher en 1968 : version câblée d'un algorithme de tri-fusion.
  - utilisation pour construire des commutateurs non bloquants.
- **principes du commutateur**
  - on trie les cellules en entrée
  - on recherche les cellules multiples à destination de la même adresse
  - choix d'une cellule à passer au commutateur banyan pour chaque destination

Bibliographie

- Asynchronous Transfer Mode (Martin De Prycker)
  éditions Ellis Horwood
- Les réseaux gigabit (Craig Partridge)
  éditions Addison-Wesley
- Comprendre ATM (ouvrage collectif de Bay Networks)
  éditions Addison-Wesley

ATM : Les interfaces réseaux



UNI : User Network Interface
NNI : Network Node Interface
(Network to Network Interface)

Public UNI entre commutateur prive et commutateur public : ces commutateurs n'échangent pas d'information de type NNI

UNI User Network Interface

between	Endpoint equipment	Private ATM network	Public ATM network
Endpoint equipment	Private UNI	Private UNI	Public UNI
Private ATM network	Private UNI	Private NNI	Public UNI
Public ATM network	Public UNI	Public UNI	B-ICI

- Les configurations de références des éléments réseaux
- Le protocole est valide pour "Private UNI et "Public UNI"

B-ICI : Broadband Intercarrier Interface (ATM Forum)

UNI *User Network Interface* Normalisation

- **UNI 3.0**
  - Première norme de cette interface
- **UNI 3.1**
  - La dernière version complètement définie de l'UNI.
  - Corrige quelques bugs de UNI 3.0
  - Nouvelles recommandations de l'ITU :
    - » I.610, Q.2100, Q.2110, Q.2130, Q.2931
- **La principale différence avec UNI 3.0**
  - Le protocole au niveau de la couche liaison pour les paquets de signalisation est SSCOP défini dans Q2931.
  - Le protocole de même niveau pour UNI 3.0 est Q.SAAL issu d'un ancien draft Q93B

Les 2 protocoles ne sont pas inter-opérables

UNI *User Network Interface* Normalisation

- **UNI 4.0**
  - **Plus de document unique.**
  - **En cours de spécification.**
  - **TM 4.0 : Traffic Management (normalisé Mai 96)**
    - » **Nouvelles classes de services**
    - » **Nouvelles possibilités pour la signalisation**
      - **multicast, mais cela n'est pas clair.**
    - » **La QoS est négociable**
      - **à l'établissement de la connexion**
      - **au cours de la connexion.**
    - » **Contrôle de flux ABR**
    - » **Destruction au niveau du paquet**

UNI *User Network Interface* Objectifs

- **Spécifier les interfaces utilisées entre**
  - **les équipements ATM utilisateur et les équipements ATM du réseau privé,**
  - **les équipements ATM utilisateur et l'équipement d'un réseau ATM public,**
  - **un équipement ATM d'un réseau privé et l'équipement d'un réseau ATM public.**
- **Définir les standards pour :**
  - **Les interfaces physiques.**
  - **Les services de la couche ATM pour l'ensemble des interfaces physiques**
    - » **contrat de trafic**
  - **Interim Local Management Interface (ILMI)**
  - **La signalisation**

UNI 3.1 Signalisation

- S'inspire du RNIS en s'adaptant aux informations de type vidéo, voix et données.
  - sous-ensemble du protocole Q.2931.
  - extension pour la prise en compte de sessions de type point-multipoint.
- Jeu de règles définissant comment les extrémités émétrices et réceptrices d'une voie virtuelle négocient les caractéristiques de la connexion avec le réseau ATM.
  - établissement , rupture(dialogue) de circuits uni-directionnels, bi-directionnels, point à multipoint,
  - Le format des paramètres comme la qualité de service (QoS).

UNI 3.1 Signalisation Fonctions de base

- Etablissement de circuits virtuels associés aux communications entre utilisateurs de façon dynamique
  - SVC : Switched Virtual Channel
- Connexions
  - point à point : ensemble de VC ou de VP
    - » la signalisation actuelle ne supporte que les VC
  - point à multipoint :
    - une liaison ATM (Root link) sert de racine, quand le noeud racine envoie des informations toutes les autres noeuds reçoivent une copie des informations.
    - arbre de diffusion unidirectionnel
      - les feuilles ne causent pas entre elles,
      - pas de messages feuilles vers racine
    - mécanisme
      - établissement d'une connexion point à point entre la racine et une feuille
      - d'autres feuilles peuvent çetre ajoutées par des requêtes "add party" de la racine.

UNI 3.1 Signalisation Fonctions de base

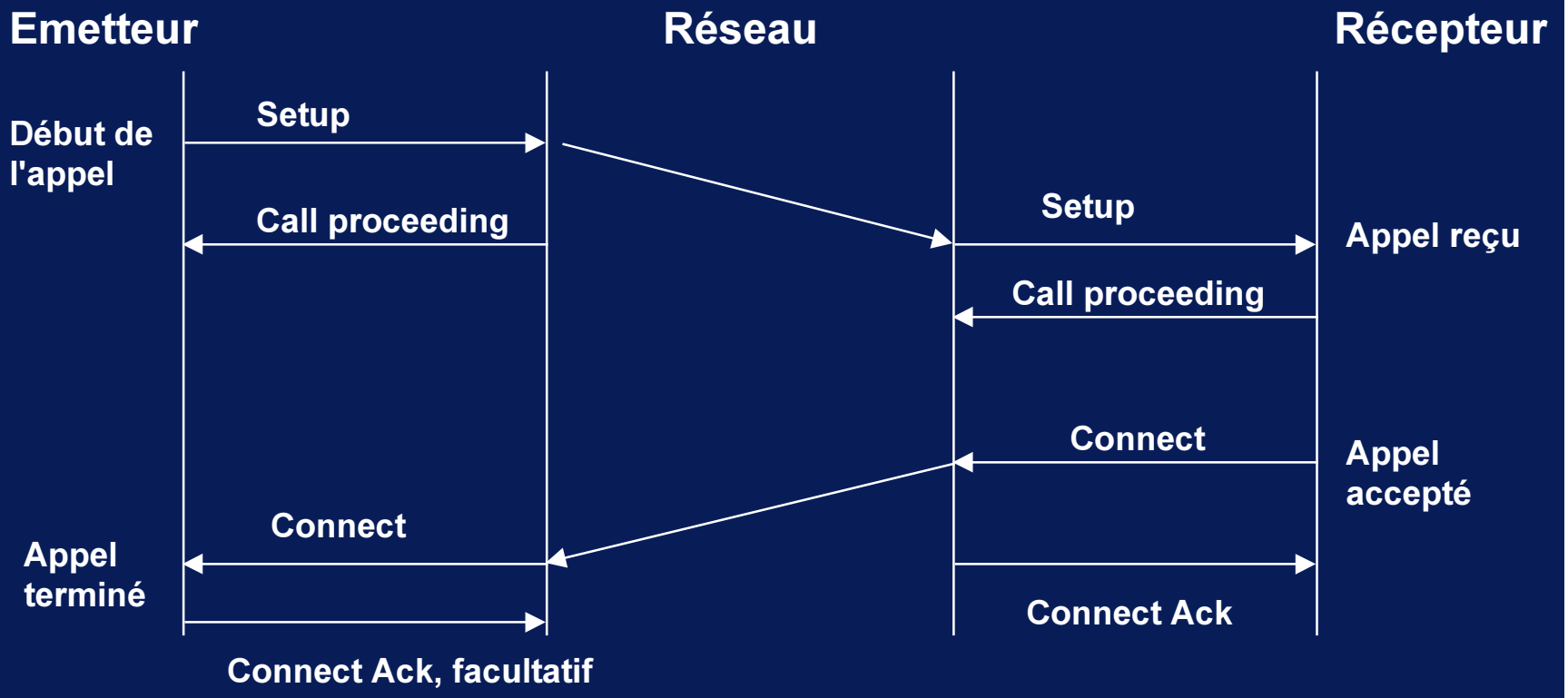
- Demande de bande passante symétrique où asymétrique pour une connexion bidirectionnelle
- Une seule connexion par appel
  - » point à point ou point à multipoint
- Fonctions de signalisation via :
  - » des messages,
  - » des éléments d'informations,
  - » des procédures.
- Support des classes de services de ATM :
  - X : service orienté connexion dans lequel l'AAL, la classe de trafic (VBR, CBR) et les contraintes de temps sont définies par l'utilisateur.
    - i.e. transparentes pour le réseau.
    - l'utilisateur donne juste la bande passante et la classe de QoS.
  - A : service orienté connexion, CBR
  - C : service orienté connexion, VBR

  La classe D n'est pas directement supportée par la signalisation (via classe X ou C)

UNI 3.1 Signalisation Fonctions de base

- Support des paramètres de signalisation
  - pas de négociation , ex : QoS, débit, entre les utilisateurs et le réseau
  - l'émetteur choisi des paramètres, le récepteur accepte ou pas.
- Assignation de VPI/VCI
- Un seul canal défini statiquement pour tous les messages de signalisation
  - VPI = 0 VCI = 5
- Recouvrement d'erreurs
- Format d'adresses afin de disposer d'un identificateur unique des extrémités.
- Un mécanisme d'échange d'informations d'adresse pour l'enregistrement d'unsytème d'extrémité auprès d'un commutateur.
- Identification de paramètres de bout en bout
  - type d'AAL (1, 3-4, 5)
  - méthode de multiplexage de protocole (LLC vs VC)
  - protocole encapsulé pour VC-based multiplexing

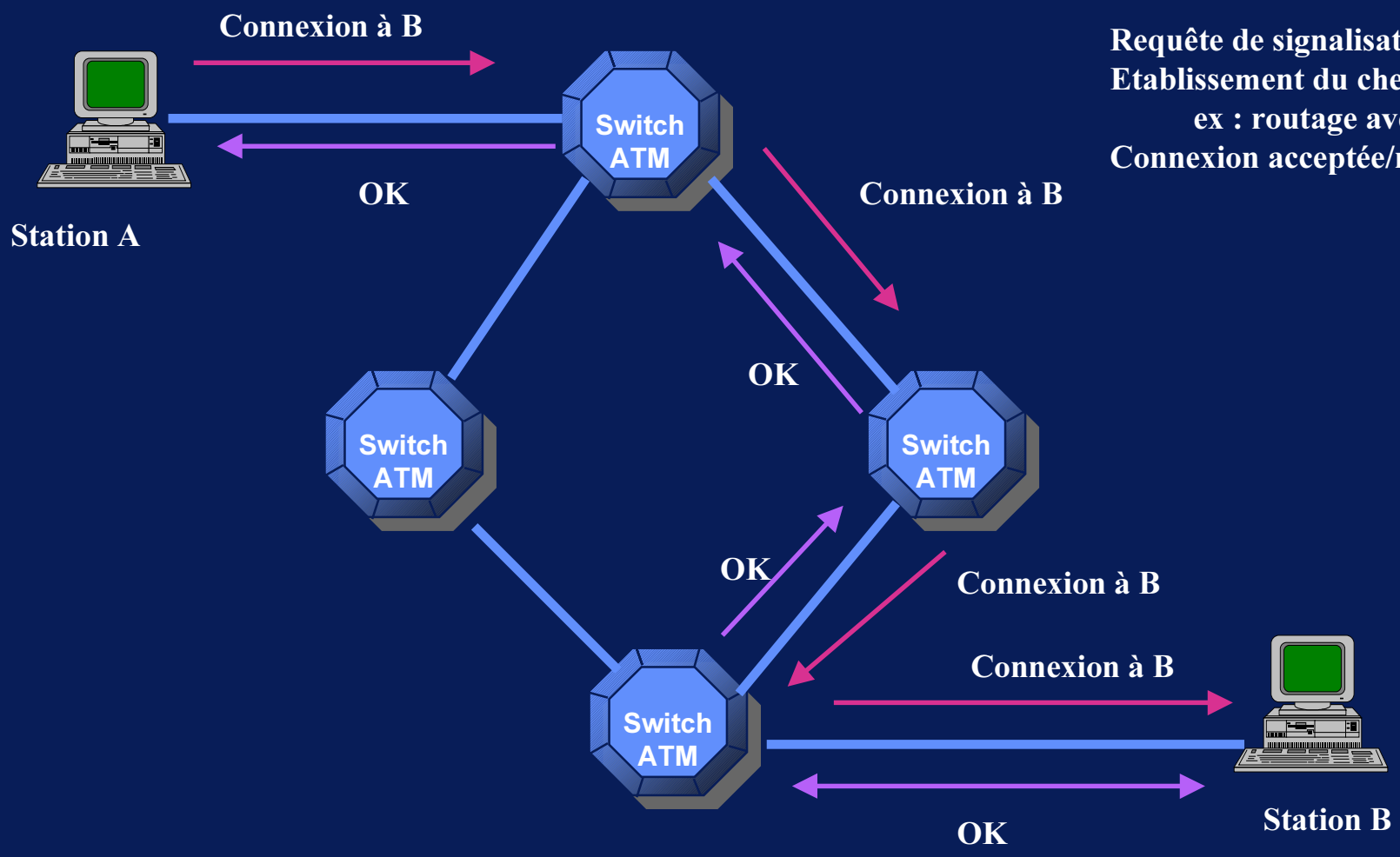
UNI 3.1 Signalisation
Etablissement d'une connexion



Setup : type ALL, MTU, QoS, adresse du récepteur
Call proceeding : accuse réception du setup, VPI/VCI

On ne peut envoyer des données avant d'avoir reçu un message Connect

UNI 3.1 Signalisation : Etablissement d'une connexion



UNI 3.1 Signalisation
Fin de connexion

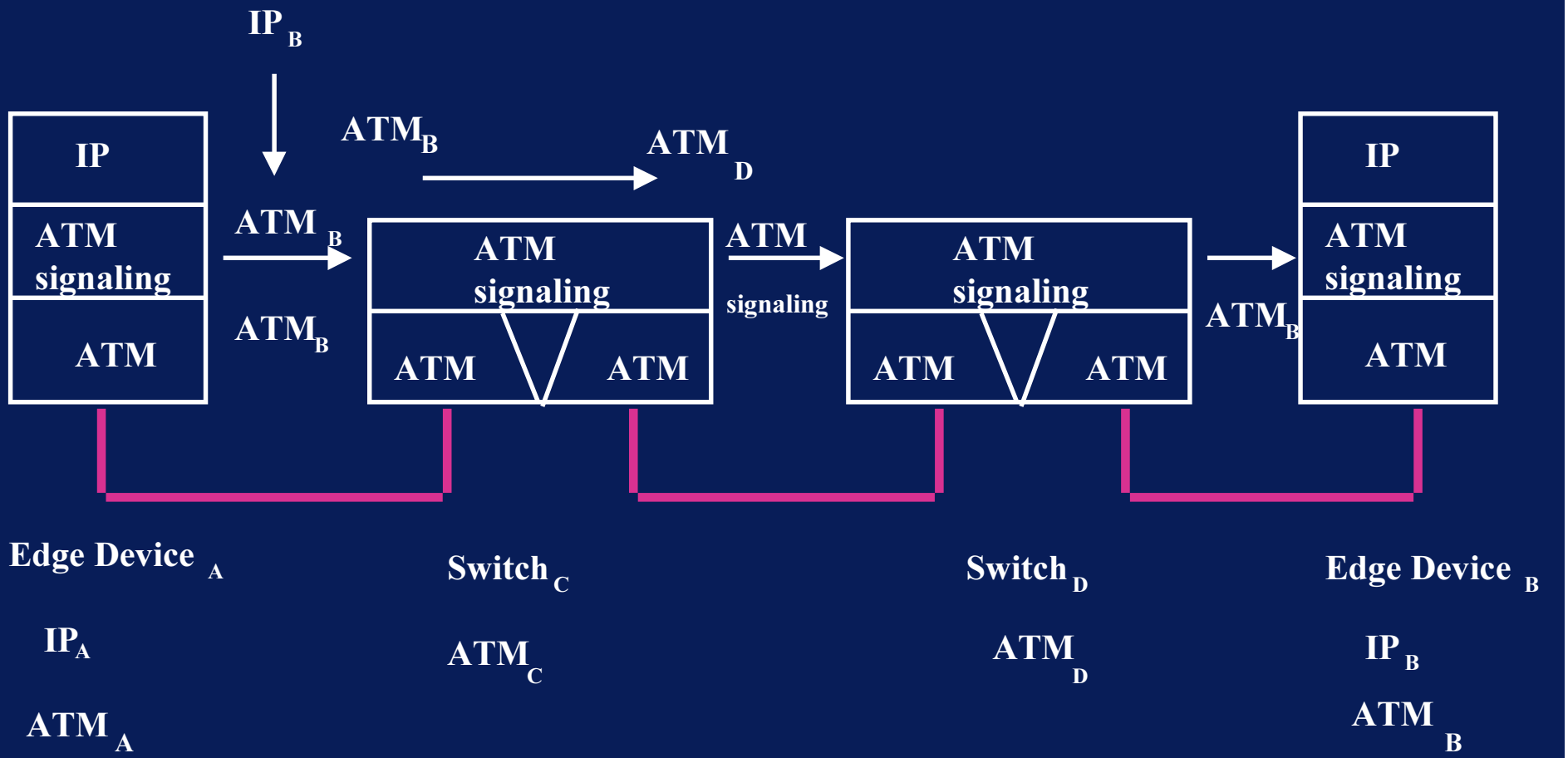
- Le message RELEASE envoyé par l'utilisateur au réseau ou le réseau lui-même pour indiquer
  - que la connexion va se terminer
  - le circuit virtuel doit être détruit.
- La circuit virtuel est détruit après réception du message RELEASE COMPLETE

  Une connexion n'est pas rétablie en cas de coupure du réseau.

UNI 3.1 Signalisation Adressage ATM

- Nécessité pour la signalisation de s'appuyer sur un mécanisme d'adressage pour identifier la source et la destination.
  - Pour la mise en oeuvre de SVC, on identifie les équipements par une adresse ATM.
- Formats d'adresses :
  - Indépendance vis à vis des protocoles des couches supérieures.
  - Plan d'adressage facile à administrer.
  - Construction d'une structure d'adresse évolutive.
  - Inclure de l'information topologique pour réduire le complexité du routage ATM.
  - Identification unique des ressources.
  - Possibilité d'interconnexion public/privé en utilisant les techniques existantes appropriées.
- Associé à la structure d'adresse, il est nécessaire de disposer d'un protocole de routage.

UNI 3.1 Signalisation
Adressage ATM : le modèle



UNI 3.1 Signalisation Adresse ATM

- **Réseaux Privés**
  - **Format OSI NSAP (ISO 8348, CCITT X.213)**
    - » **Deux parties :**
      - **IDI : Initial Domain Identifier**
      - **DSP: Domain Specific Part**
  - **Trois identificateurs de domaine (IDI) sont spécifiés donc trois formats d'adresses**
    - » **DCC ATM Format**
      - **Data Country Code, identifie le pays dans lequel l'adresse est enregistrée**
    - » **ICD ATM Format**
      - **International Code Designator, identifie une organisation internationale**
    - » **E164 ATM Format**
      - **Numéros ISDN, utilisés par les opérateurs.**
  - **L'adresse ATM a toujours une longueur de 20 octets.**
  - **Les trois formats doivent pouvoir être reconnus dans un réseau privé.**

UNI 3.1 Signalisation
Adresse ATM : les formats

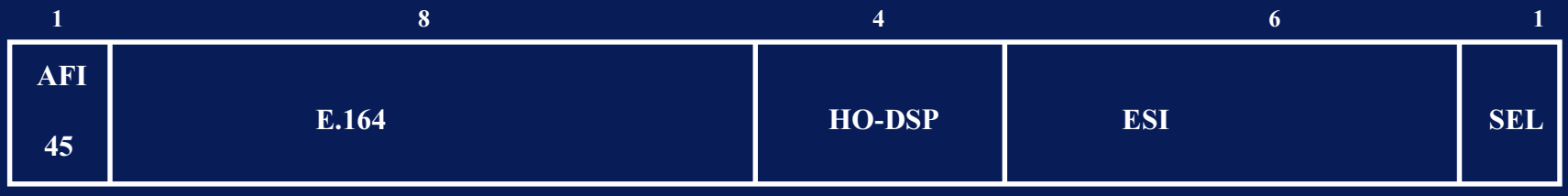
UREC



DCC ATM Format



ICD ATM Format



E.164 ATM Format

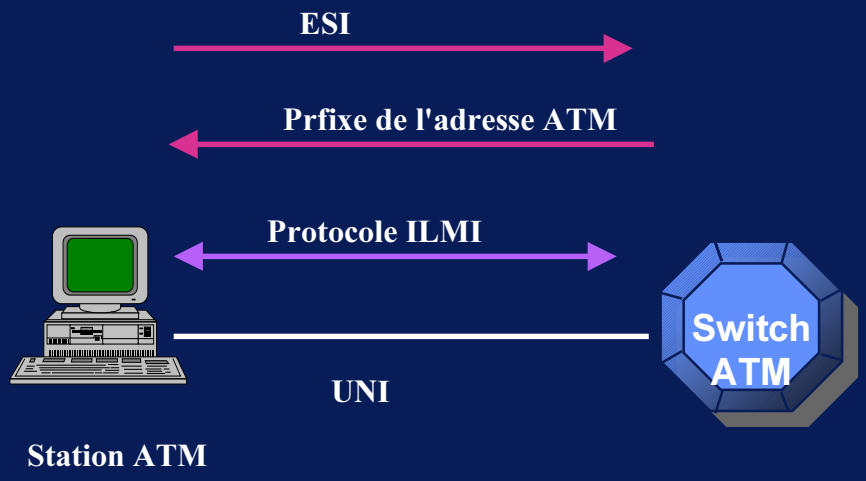
AFI : Identificteur de l'autorité et du format

HO-DSP : High Order Domain Specific Part, utilisé pour supporter des protocoles de routages hiérarchiques.

ESI : End System Identifier, en fait la MAC adress

UNI 3.1 Signalisation
Adresse ATM : configuration,

- Le champ ESI est une adresse Mac de 48 bits
  - administration de l'IEEE
  - identifie l'interface ATM
- La configuration des adresses ATM est facilitée par l'utilisation de ILMI (ATM Forum)



Pour l'échange des mesages voir le chapitre ILMI

UNI 3.1 Signalisation
Adresse ATM : réseaux publics

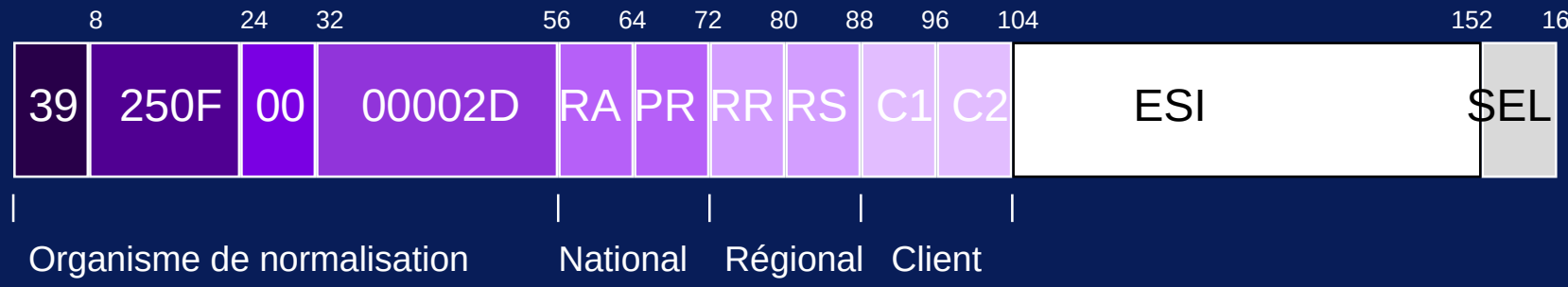
- **Public UNI, trois possibilités :**
  - **Adresse de type E.164.**
  - **Adresse de type réseau privé dans les 3 formats.**
  - **Les deux types.**

UNI 3.1 Signalisation Adresse ATM

- Exemples d'utilisation des adresses
  - LAN Emulation : Identification des ressources.
  - Routage ATM PNNI
    - » utilisation du préfixe
    - » développement du réseau
    - » enregistrement des adresses avec ILMI
- Nécessité de mettre en oeuvre une politique d'adressage au niveau des organismes, voir des pays

Adressage ATM Renater

- Pour les réseaux expérimentaux et opérationels
  - Mirihade : Multimédia, Inforoutes et Réseaux Informatiques à Hauts Débits
  - EFRA : Expérience Francillienne des réseaux ATM
  - Campus CNRS/UNSA de Nice Sophia-Antipolis
- Plan d'adressage suivant les travaux du groupe GTR2 adressage
  - Groupe de Travail pour Renater 2

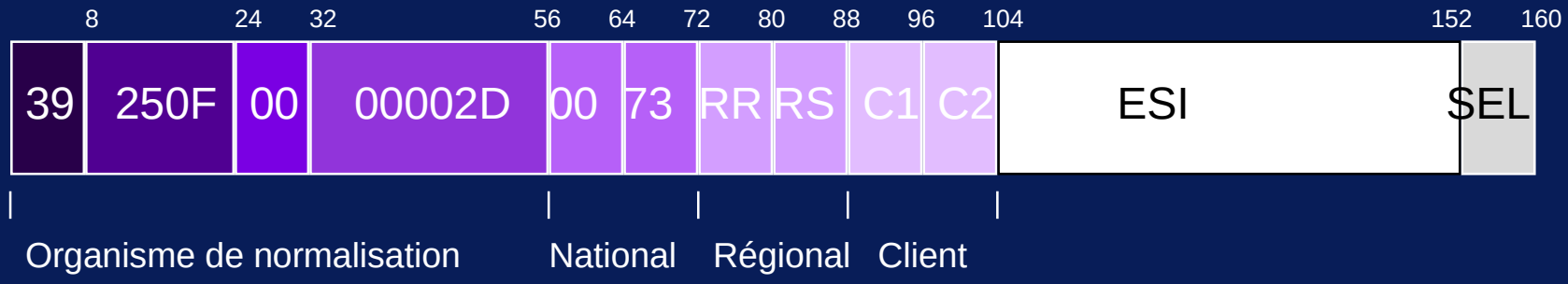


Adressage ATM Renater
Hypothèses de travail

- » X = 39.250F.00.00002D (niveau 56)
- » RA : 00
  - 01 pour un réseau thématique
- » PR : point d'accès plaque régionale (NIR)
  - Noeud Interconnexion Renater
  - Table définie par le GIP Renater
    - valeurs isuues de la table mais choisies par nous.
    - Jussieu 2D — Orsay 2E — Sophia-Nice 73
      Crihan 55 — Toulouse 50

– Au niveau National (niveau 72)

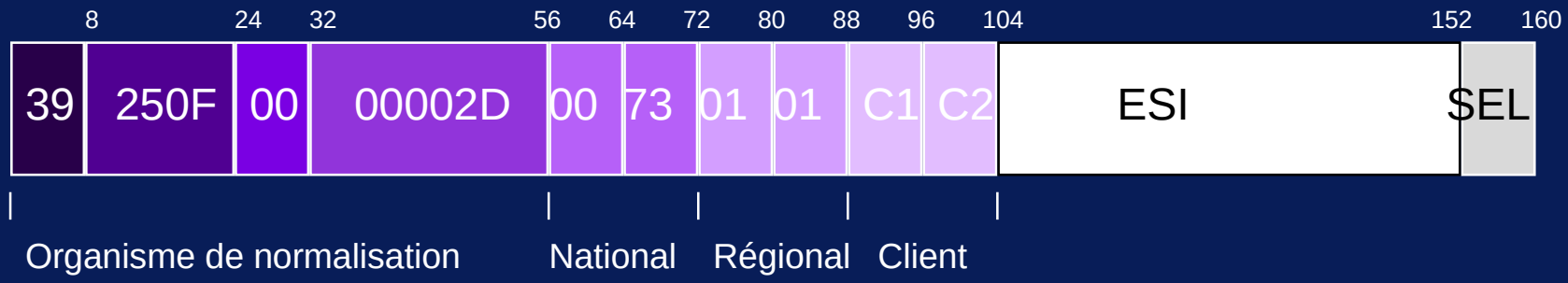
- » Jussieu J = X.00.2D — Orsay R = X.00.2E
- » Crihan C = X.00.55 — Toulouse T = X.00.50
- » Sophia-Nice S = X.00.73



Adressage ATM Renater Sophia-Nice

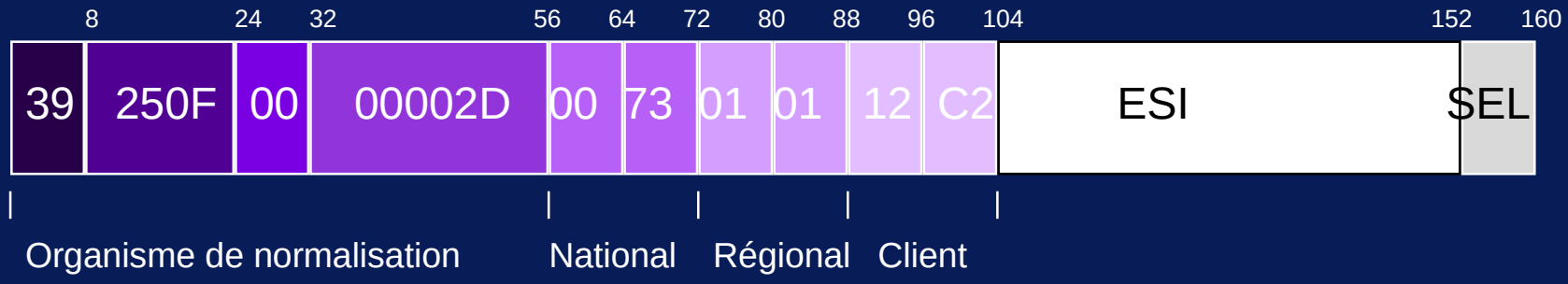
- RR : 01 pour tous
  - » recherche publique CNRS/Université/CEA/Inserm
- RS : client, ex : UNSA/CNRS 01, INRIA 02,...

- **Au niveau Régional (niveau 88)**
  - UNSA/CNRS S.01.01
  - INRIA S.01.02



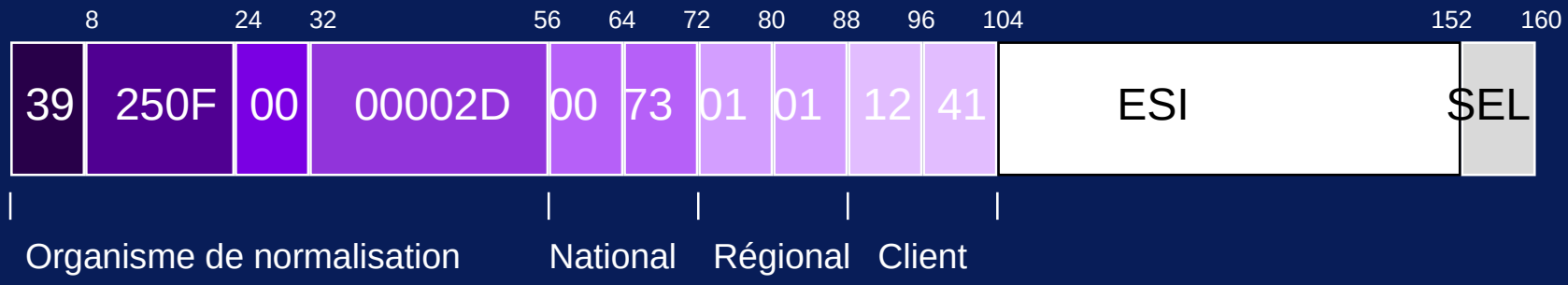
Adressage ATM Renater campus UNSA/CNRS

- **Niveau local**
  - **4 bits pour le site (niveau 92)**
    - » **Sophia 1 S.01.01.10**
    - » **Nice 2 S.01.01.20**
  - **4 bits pour les commutateurs du "backbone" (niveau 96)**
    - » **commutateur CNRS Sophia 1 S.01.01.11**
    - » **commutateur FT Sophia 2 S.01.01.12**
    - » **commutateur FT Nice 1 S.01.01.21**
    - » **commutateur UNSA Nice 2 S.01.01.22**



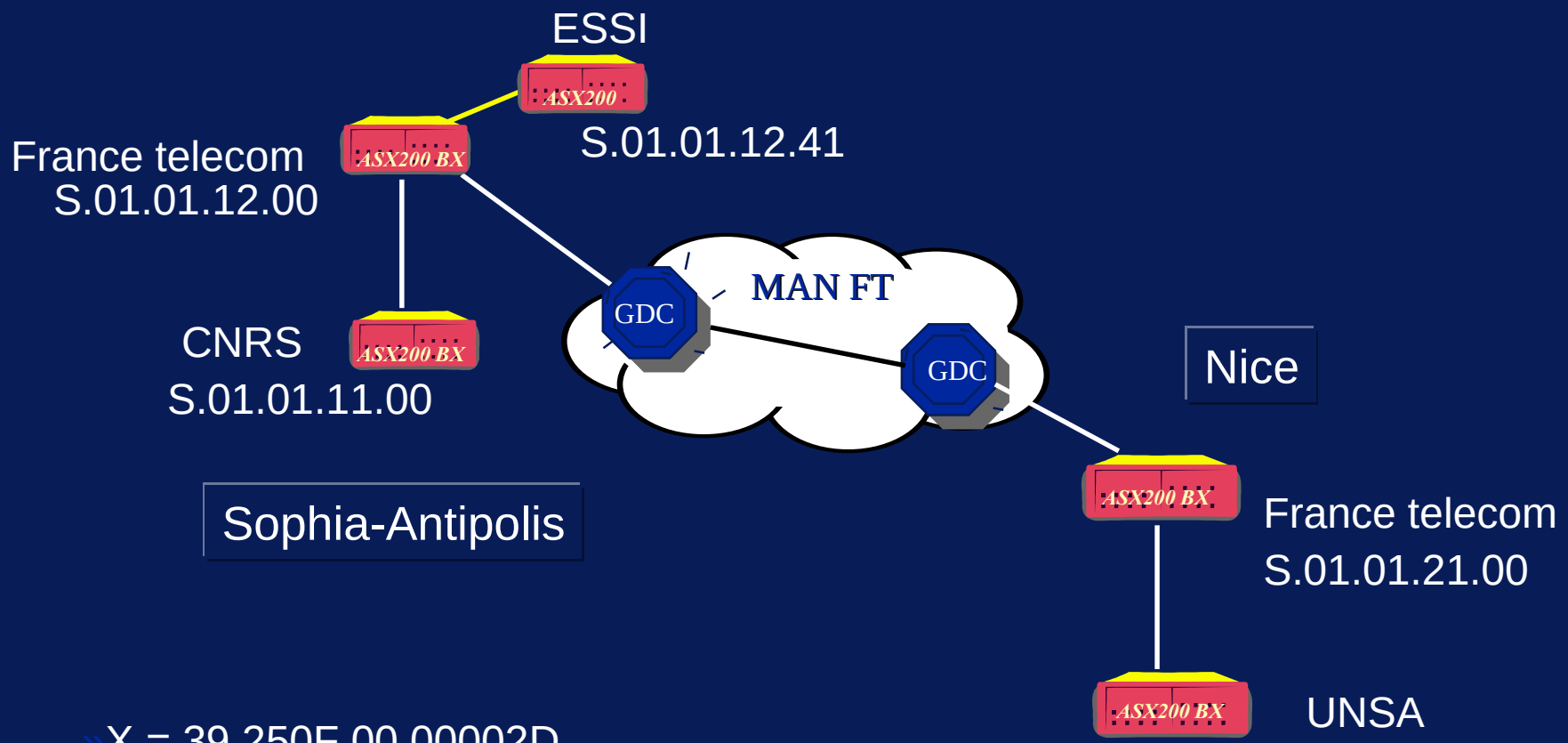
Adressage ATM Renater campus UNSA/CNRS

- **Au niveau de l'unité**
  - **4 bits identifiant l'unité (niveau 100)**
    - » **ESSI (Sophia)** **4** **S.01.01.12 .40**
    - » **Obs. de Nice** **5** **S.01.01.21 .50**
  - **4 bits pour les commutateurs de l'unité**
    - » **ESSI** **1** **S.01.01.12 .41**
    - » **Obs. de Nice** **1** **S.01.01.21 .51**



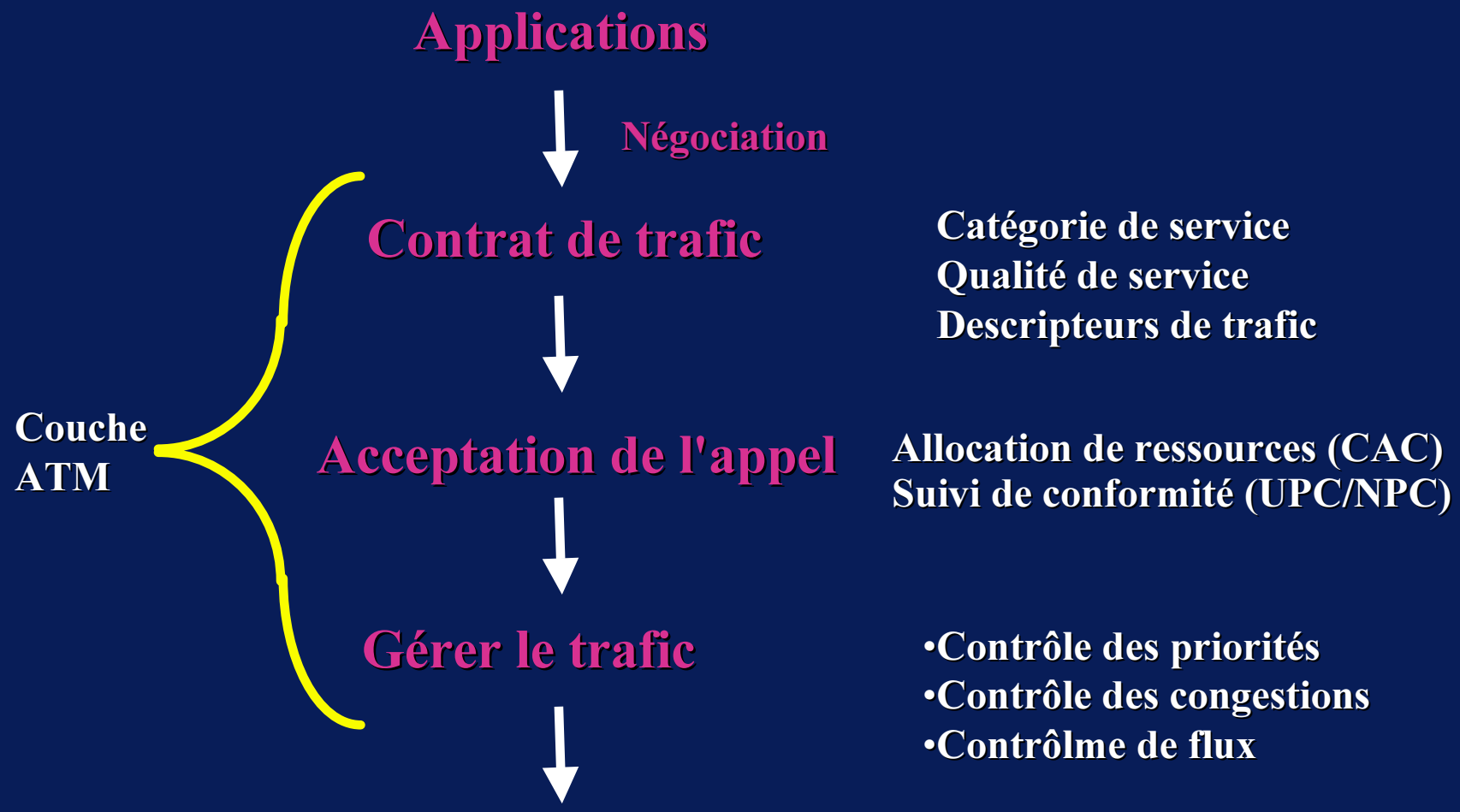
Adressage ATM Renater campus UNSA/CNRS

Adresses ATM des commutateurs ATM



- X = 39.250F.00.00002D
- S = X.00.73

UNI 3.1 Gestion des connexions Différents composants



UNI 3.1 Contrat de trafic

- Spécifie les caractéristiques le la connexion au niveau de la couche ATM
  - Descripteur de trafic de la connexion (Connection Traffic Descriptor)
    - » Descripteur du trafic de la source 5Source Traffic Descriptor)
      - Débit (bit/s)
        - moyen garanti par le réseau (Sustainable Cell Rate).
        - crête (Peak Cell Rate Rate)
      - Durée et fréquence des émissions en débit crête : envoi de données en rafales
        - paramètre MBS (Maximum Burst Size)
    - » Tolérance sur le temps de transit (Cell Delay Variation Tolerance)
      - dû aux fonctions de la couche ATM (ex : multiplexage) qui peuvent causer une dégradation du trafic des connexions.
    - » Conformité des cellules (Conformance Definition)
      - application du "Generic Cell rate Algorithm" (GCRA)
        - définition de la relation entre PCR et CDVT, SCR et "Burst Tolerance"
        - pour chaque cellule qui arrive le GCRA détermine si elle est conforme au contrat de trafic (utimisation du Leaky Bucket)
  - Classe de QoS désirée.

UNI 3.1 Qualité de service (QoS)

- Un réseau ATM désire garantir une certaine qualité de service :
  - Débit
  - Taux d'erreurs et de pertes de cellules
  - Délais de transmission
- La qualité de service est spécifiée à l'ouverture du circuit virtuel.
  - elle n'est pas négociable avec UNI3.1
    - » à l'ouverture d'une connexion
    - » au cours de la connexion

UNI 3.1 QoS
Les paramètres de performance

- Taux de cellules en erreur (Cell Error Ratio)
- Taux de blocs de cellules en erreur (Severely-Errored cell Block ratio).
  - bloc : N cellules
  - bloc en erreur si plus de M cellules sont en erreurs, perdues, égarées (mauvais chemin).
- Taux de perte de cellules (Cell Loss ratio).
- Taux de cellules égarées (Cell Misinsertion Rate).
- Temps de transit (Cell Transfer Delay).
- Temps de transit moyen (Mean Cell Transfer Delay).
- Tolérance sur le temps de transit (Cell Delay Variation).

UNI 3.1 QoS
Dégradations de performances

- L'utilisateur peut sous-estimer :
  - involontairement ses besoins de connexion.
  - volontairement ses besoins pour payer moins.
- Débit de la plus petite liaison sur le chemin trop faible,
- Taux d'occupation des liens,
- Mauvais supports physiques (erreurs aléatoires)
- Architecture des commutateurs
  - Bloquante, non bloquante
  - Faible taille ou mauvaise gestion des buffers dans les commutateurs,
- Délai de propagation
  - Distances et nombre de commutateurs traversés
- Pannes : port, commutateur, lien

UNI 3.1 QoS
Dégradations de performances

Attribute	CER	CLR	CMR	MCTD	CDV
Propagation Delay				X	
Media Errors Statistics	X	X	X		
Switch Architecture		X		X	X
Buffer Capacity		X		X	X
Mumber of Tandem Nodes	X	X	X	X	X
Traffic Load		X	X	X	X
Failures		X			
Resources Allocation		X		X	X

CER Cell Error Ratio

CLR Cell Loss Ratio

CMR Cell Misinsertion Rate

MCTD Mean Cell Transfer Delay

CDV Cell Delay Variation

UNI 3.1 QoS Classes

- Les classes de QoS vont permettre de définir des paramètres de performances pour les services ATM de classe A,B,C,D

- Une classe peut :
  - avoir des paramètres de performance spécifiés
    - » Specified QoS class.
    - » Au plus 2 paramètres Taux de perte de cellules.
      - exemple : Cell Delay Transfer, Cell Delay Variation, Cell Loss Ratio pour les cellules marquées CLP=0, Cell Loss Ratio pour lrs cellules marquées CLP=1.
  - ne pas avoir de paramètres spécifiés
    - » Unspecified Qos Class.

UNI 3.1 QoS Classes

- Le fournisseur du service ATM (opérateur) doit définir un jeu de valeurs des paramètres de performances pour les classes de QoS.

- Classe 1 : QoS pour les services ATM de classe A
  - Emulation de circuit, Video CBR
- Classe 2 : QoS pour les services ATM de classe B
  - VBR Audio et Video
- Classe 3 : QoS pour les services ATM de classe C
  - Transfert de données orientés connexion.
    - » Frame Relay
- Classe 4 : QoS pour les services ATM de classe D
  - Transfert de données en mode non connecté.
    - » IP, SMDS

UNI 3.1 QoS Classes

- Classe non spécifiée (Classe 0)
  - trafic de type UBR (Unspecified Bit Rate)
  - pas d'objectif pour les paramètres de performances.
  - l'opérateur peut spécifier des valeurs, celles ci peuvent ne pas être constantes au cours de la connexion.
  - Les services utilisants cette classe doivent spécifiés explicitement les paramètres de trafic.
  - ex : "best effort service"
    - » L'utilisateur sélecte "Best Effort Capability", "Unspecified Qos class", et un seul paramètre "Cell Peak Rate"

UNI 3.1 Fonctions de la couche ATM

- *Celles qui doivent être supportées à l'UNI.*
- **Multiplexage de différentes connexions avec QoS différentes.**
- **"Cell rate decoupling"**
  - **ajout de cellules non assignées à un flot, transformant un flot discontinu de cellules en un flot continu**
    - **utilisé pour les couches physiques telles que SONET, DS3, interfaces codées 8B/10B**
- **Distinction des cellules basée sur des valeurs prédéfinies de l'en-tête**
  - **cellules non assignées, méta-signaling, broadcast,**
  - **signalisation point à point**
  - **cellules OAM (Operation And Management)**

UNI 3.1 Fonctions de la couche ATM

- Distinction des cellules sur le champ "Payload Type" (PT)
  - 000 cellule de données, pas de congestion, SDU-type = 0
  - 001 cellule de données, pas congestion, SDU-type = 1
  - 010 cellule de données, congestion, SDU-type = 0
  - 011 cellule de données, congestion, SDU-type = 1
  - 100 cellule OAM de segment (entre 2 comutateurs) pour un flot F5
  - 101 cellule OAM de bout en bout pour un flot F5
  - 110 réservé pour le futur
  - 111 réservé pour le futur
- Indicateur CLP et écartement sélectif des cellules
  - bit CLP = 0 Haute priorité
  - bit CLP = 1 Faible priorité
- "Trafic shaping" (optionnel, algorithme non spécifié)

UNI 3.1 Fonctions de la couche ATM Management (M-Plane)

Functions	Parameters
Fault Management	
Alarm surveillance (VP)	*OAM cells*
Connectivity Verification (VP,VC)	*OAM cells*
Invalid VPI/VCI detection	*VPI/VCI*

- **Au niveau ATM, les flots OAM**
  - **F4 management sur sur un segment ou de bout en bout au niveau des VP utilisant les VCI 3 et 4.**
  - **F5 management dur un segement ou de bout en bout au niveau des VC utilisant le champ Payload Type pour s'identifier. Les champs VPI/VCI sont ceux des cellules de données.**

UNI 3.1 Contrôle du trafic Mécanismes de gestion

- L'acceptation de l'ouverture d'une connexion
  - le réseau peut ou non assurer le service demandé.
- Le lissage du trafic ("traffic shaping")
  - L'équipement du client fait le nécessaire pour se conformer aux caractéristiques annoncées.
    - » Exemple : le routeur peut différer l'émission de certaines cellules lors d'un "burst"
- Le "contrôle" ("traffic policing")
  - discipliner un flot
  - se conformer aux caractéristiques négociées.
    - » Exemple : le commutateur d'entrée jette les cellules "en infraction"
- La facturation

UNI 3.1 Contrôle du trafic L'admission dans le réseau

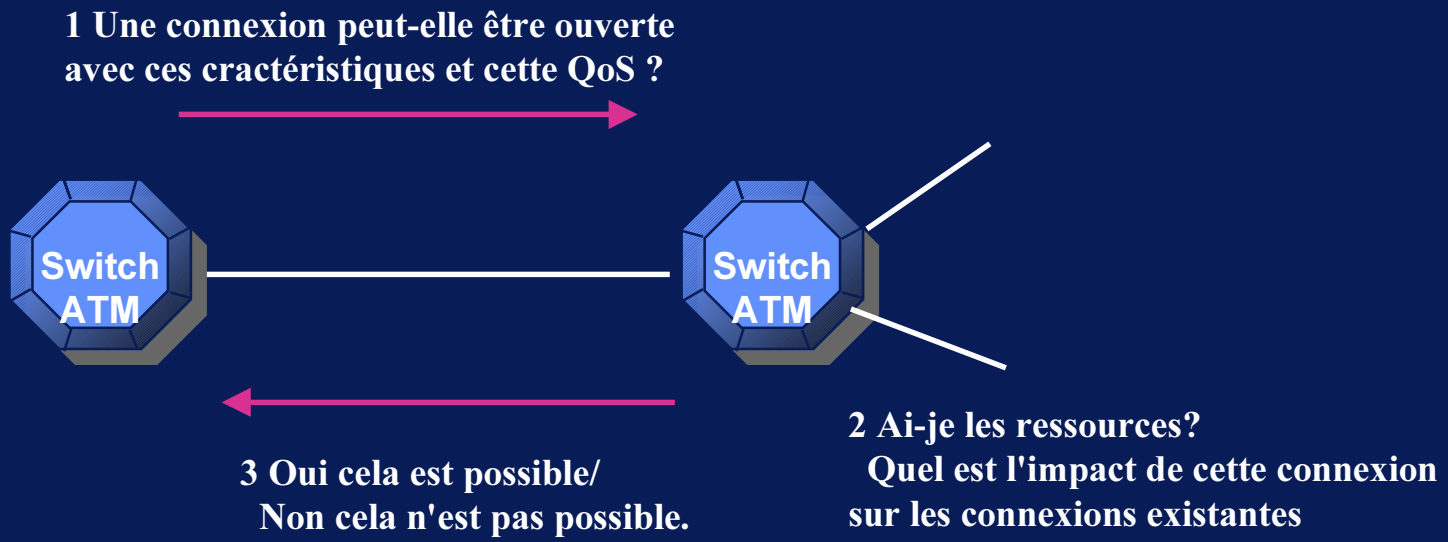
- **Deux questions :**
  - Comment déterminer la bande passante requise par une nouvelle connexion.
  - Comment assurer que la QoS offerte aux connexions existantes ne sera pas dégradée.
- **Toute technique censée répondre à ces questions doit :**
  - Faire le travail en temps réel.
  - Optimiser l'utilisation des ressources du réseau.

UNI 3.1 Contrôle du trafic L'admission dans le réseau

- A partir d'un modèle théorique du réseau ATM
  - un ensemble de files d'attente connectées de la manière déterminée par le réseau.
  - un lien de transmission est défini comme un serveur.
  - il y a un buffer de taille finie associée à chaque serveur pour stocker les cellules qui arrivent plus vite qu'elles ne peuvent être transmises.
    - » ex : plus d'une connexion active sur un lien avec de multiples connexions multiplexées.
- Il a été développé des algorithmes:
  - Gaussian Approximation.
  - Fast Buffer reservation
  - Flow Approximation to Cell Loss Rate

UNI 3.1 Contrôle du trafic L'admission dans le réseau : CAC

- Connection Admission Control
- Le commutateur examine les conséquences de la requête sur les connexions établies.
- Le protocole de routage des VC doit :
  - assurer que la requête d'ouverture est acheminée vers le destinataire,
  - avec la plus grande probabilité de stisfaire aux paramètres de trafic et à la QoS.

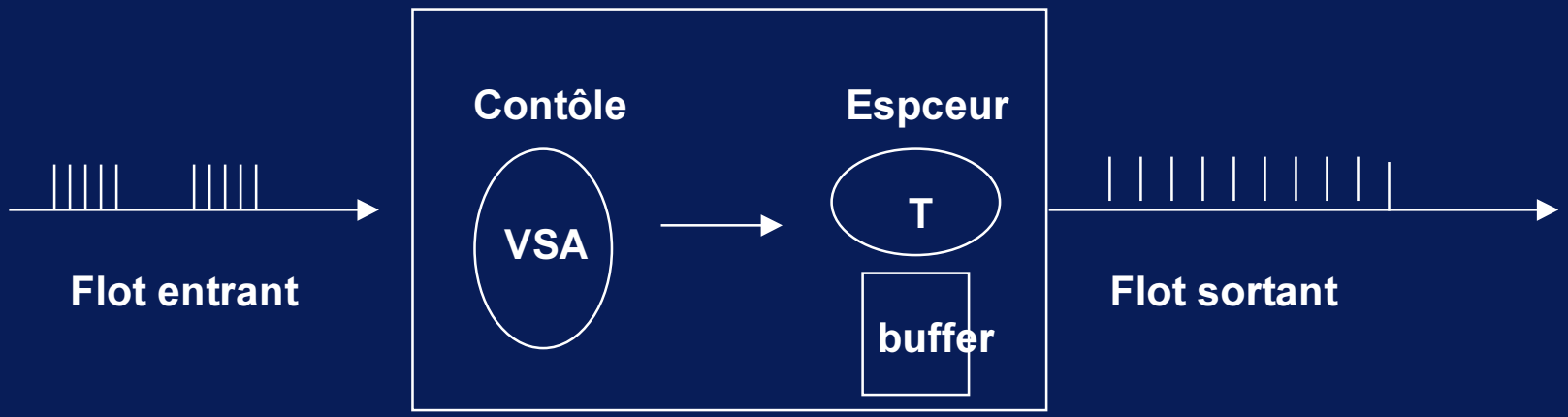


UNI 3.1 Contrôle du trafic
Lissage du trafic

- Le contrôle du trafic basé sur le débit crête se révèle insuffisant pour les trafics en rafales.
  - notamment sur des liens à différents débits nominaux.
- Le lissage du trafic au niveau du réseau est indispensable.
  - Expérience LARA 1 (1994)
  - Expérience EDF-CNET dans ATM Pilot Lannion Rennes Paris.
- La mise en place d'un équipement "Contrôleur-Espaceur" est une solution
  - boite noire sur le réseau.
  - carte dans un commutateur.

UNI 3.1 Contrôle du trafic
Lissage du traffic

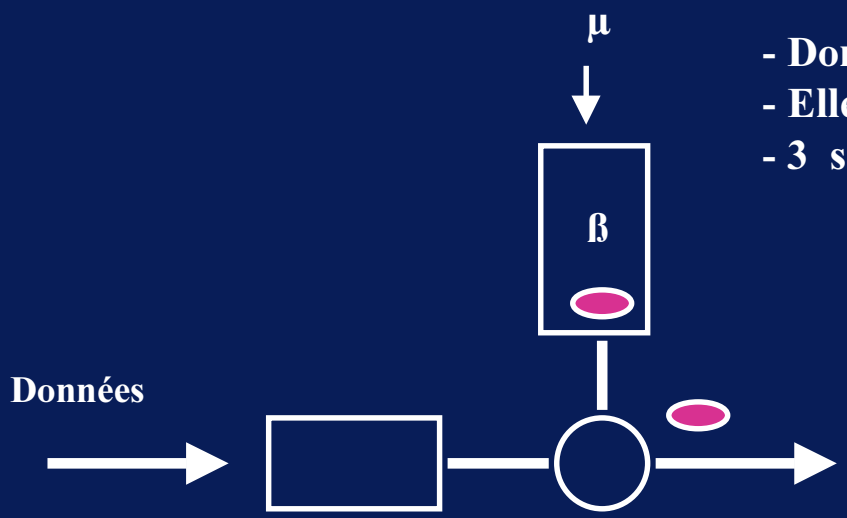
Représentation fonctionnelle du Contrôleur-Espaceur



Agit sur chaque connexion ATM
Contrôle avec Virtual Scheduling Algorithm (UNI 3.0) Peak Emission Interval, CDV
Espaceur en accord avec le débit crête

UNI 3.1 Contrôle du trafic
Lissage et "police"

- **Seau à jeton, variante du seau à fuite (Leaky Bucket).**



- Données envoyées en raffales de taille *b* < ß
- Elles sont placées dans un tampon.
- 3 scénarios :

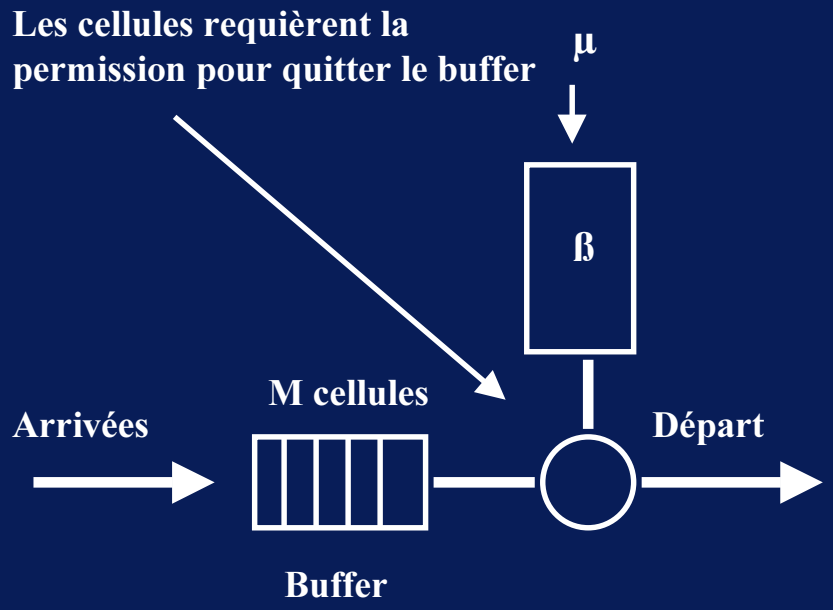
1. Le seau à jeton est plein => les données sont envoyées,
   b jetons sont enlevés du seau

2. Le seau à jetons est vide => Les données doivent attendre
   que *b* jetons s'écoulent dans le seau, ensuite il y a envoi

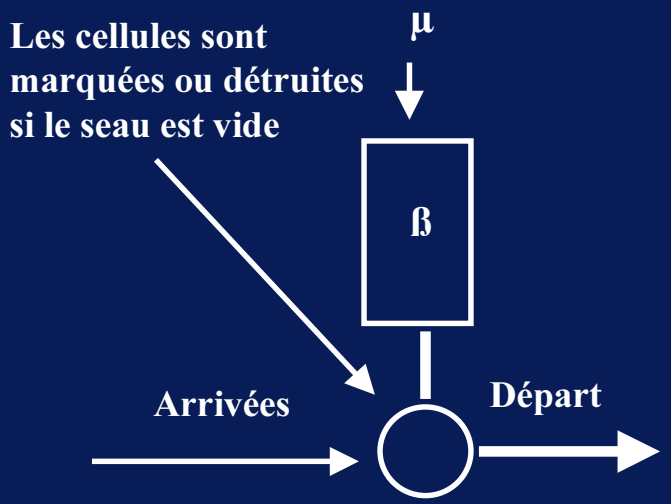
3. Le seau est partiellement rempli avec B jetons.
   Si *b* < B les données sont envoyées, sinon il faut attendre l'arrivée de *b*-B jetons.

Le seau laisse passer les rafales mais il les borne.

UNI 3.1 Contrôle du trafic
Leaky Bucket : modèles



Leaky Bucket bufferisé



Leaky Bucket non bufferisé

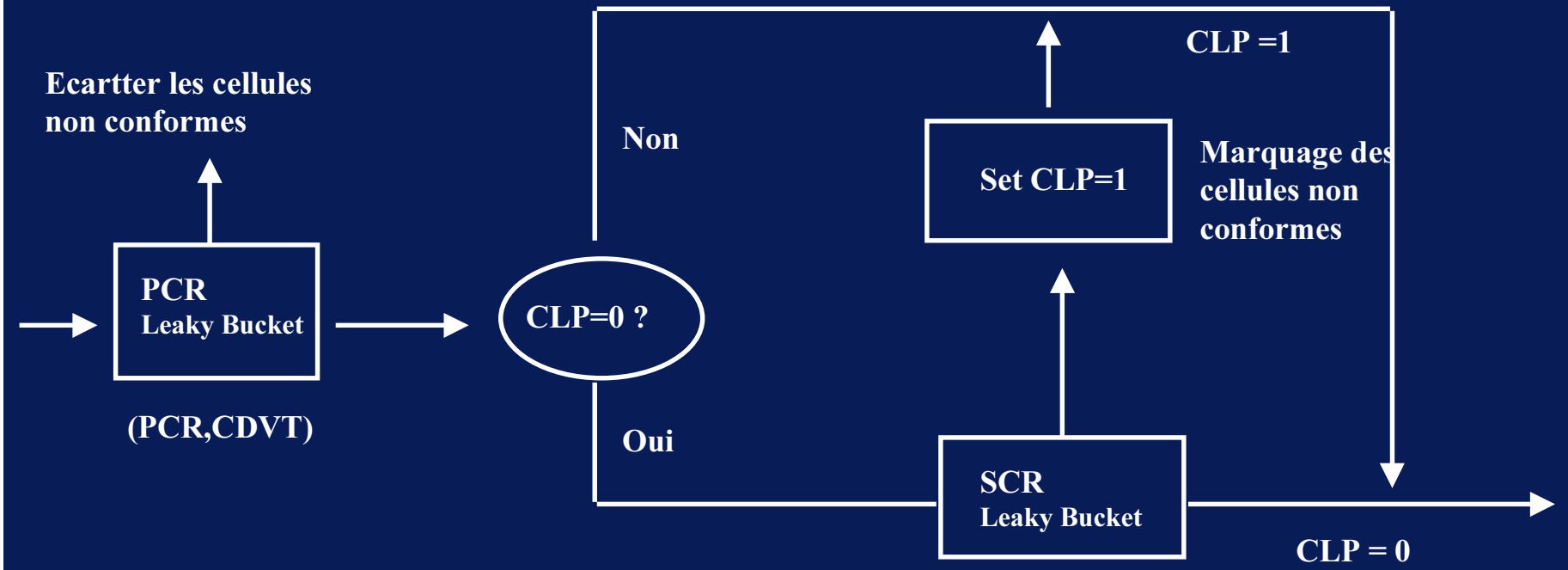
modèle pour le Generic Cell Rate Algorithme (GCRA)

UNI 3.1 Contrôle du trafic
Le contrôle

- **Les actions**
  - **Détruire les cellules en infraction.**
  - **Retarder les cellules en infraction dans une file de telle manière que le départ de la file soit conforme au contrat négocié à l'établissement.**
  - **Marquer les cellules en infraction de telle manière que le réseau les traite d'une maniére différente des autres en cas de congestion.**
  - **Contrôler le trafic en informant la source qui commence à ne plus respecter son contrat.**
- **Les paramètres à contrôler sont ceux qui caractérisent la source, débit créte, débit moyen, la durée des périodes actives.**

UNI 3.1 Contrôle du trafic
Le contrôle, algorithmes

- Ecarter, marquer les cellules -> Leaky Bucket



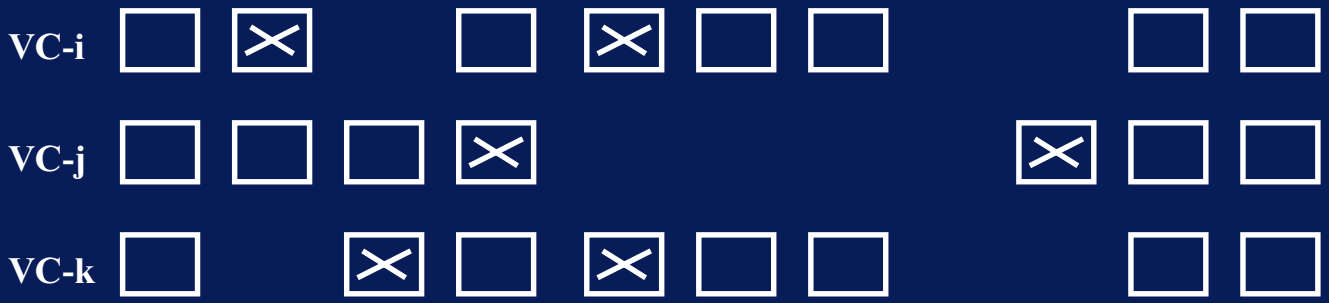
PCR	Peak Cell Tate
CDVT	Cell delay Variation Tolerance
SCR	Sustainable Cell Rate
BT	Burst tolerance

Pour améliorer l'efficacité : leaky bucket du 2eme ordre

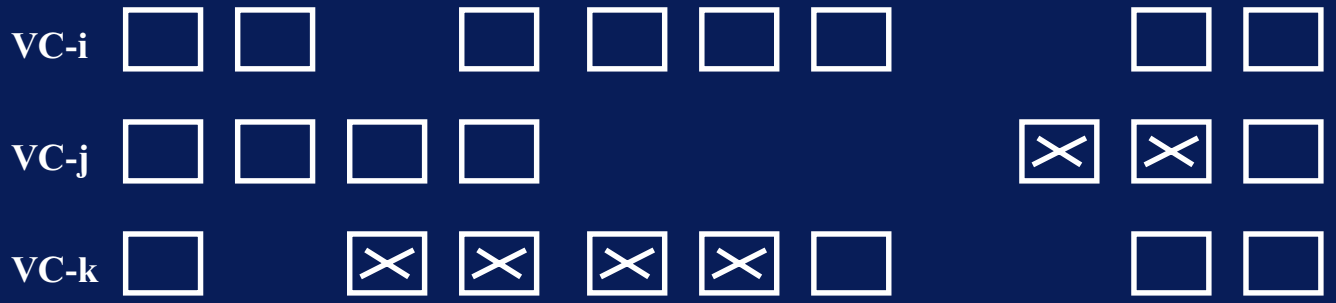
UNI 3.1 Contrôle du trafic
Le contrôle, algorithmes

- **Ecarter les cellules de façon sélective**

Simple destruction de cellules



Destruction des cellules d'un même paquet : Packet level Discard



UNI 3.1 Contrôle du trafic
Le contrôle, algorithmes

- **Mécanismes de contrôle de la congestion du réseau.**
  - **Rate-Based Flow Control**
    - » **Les sources sont averties si un noeud intermédiaire détecte la congestion :**
      - **Explicit Backward Congestion Notification (EBCN)**
      - **Explicit Forward Congestion Notification (EFCN)**
        - **méthode retenue par l'ATM Forum**
  - **Credit-Based Flow Control**
    - » **La source recoit un crédit du destinataire pour le VC à intervalles réguliers**
    - » **Chaque cellule émise décrémente de 1 le crédit pour le VC**

UNI 3.1 ILMI

- Interim Local Management Interface
  - Mini administration en attendant mieux
- Où : UNI privée ou publique
  - Network : commutateurs privés, publics
  - User : stations: de travail, routeurs, ponts, ...
- Buts :
  - Echange d'informations sur les configurations, l'état
  - Echange d'adresses
- Principes :
  - Protocole : SNMP
  - MIB ATM ILMI
  - Agent particulier : UME (UNI Management Entity)

UNI 3.1 ILMI protocole SNMP

- VPI=0 ; VCI=16
  - par défaut. Peut être configuré autrement .
- Encapsulation : AAL5 (obligatoire)
  - AAL3/4 en option
  - Pas IP
- CLP (Cell Loss Priority) = 0
- Trafic ILMI < 1% de la bande passante du lien
- Format des messages : SNMPv1 (RFC1157)
- Communauté : "ILMI"
- Traps : coldStart, enterpriseSpecific
- Coté commutateur : envoi requête chaque 5 s
  - Si 4 requêtes sans réponse : ligne déclarée "down"

UNI 3.1 ILMI
Utilité

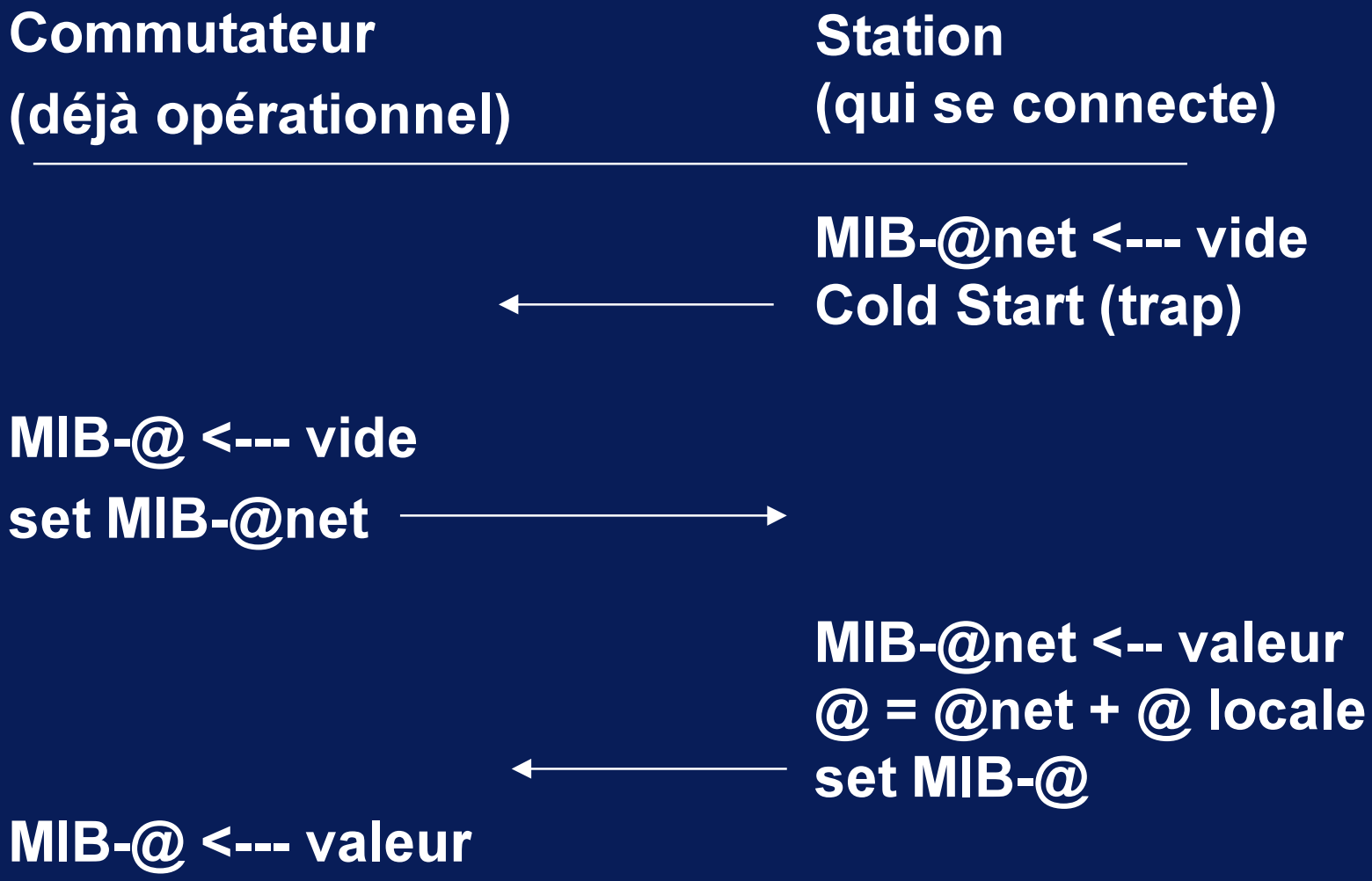
- Auto-apprentissage des adresses
  - entre un commutateur et les stations connectées
- Possibilité d'avoir plusieurs adresses
- Détection des connexions/déconnexions
- Etat des liaisons, des circuits, ...
- Statistiques
- Extentions :
  - adressage de groupe, NNI links

UNI 3.1 ILMI
Address registration

- Echanges d'adresses :
  - UNI privée : obligatoire
  - UNI publique : optionnelle
- Partie réseau de l'@ (Network prefix)
  - Fournie par le commutateur
  - Dans la MIB de la station
- Partie locale de l'@ (ESI)
  - ESI (End System Identifier) - @ MAC
  - Fournie par la station
  - Dans la MIB du commutateur

UNI 3.1 ILMI
Address registration

(exemple de dialogue)



UNI 3.1 ILMI
ATM ILMI MIB

- 1.3.6.1.4.1.353
  - 1 ISO, 3 Org, 6 DOD, 1 Internet, 4 Private, 1 Enterprise
  - 353 ATM Forum
- Groupe "Physical Layer"
  - Type de transmission : SONET STS-3c, DS3, 100 Mbit/s, 155 Mbit/s
  - Type de media : Coaxial, FO monomode, FO multimode, UTP, STP
- Groupe "ATM Layer"
  - Type d'UNI : publique ou privée
  - Nb de VP et VC : maximum supportés, configurés
- Groupe "ATM Layer Statistics"
  - Nb de cellules reçues, jetées, transmises

UNI 3.1 ILMI
ATM ILMI MIB

- Groupe "VP Connection"
  - Pour chaque VPI : Transmit and Receive Traffic Descriptor and QoS Class
- Groupe "VC Connection"
  - Pour chaque VCI : Transmit and Receive Traffic Descriptor and QoS Class
- Groupe "Network Prefix"
  - Parties réseau des adresses ATM
  - Dans la MIB de la station
  - Valeurs et status (valide ou non)
- Groupe "Address"
  - Adresses complètes ATM : net prefix + ESI
  - Dans la MIB du commutateur
  - Valeurs et status (valide ou non)

UNI 4.0 QoS
Cinq classes de services

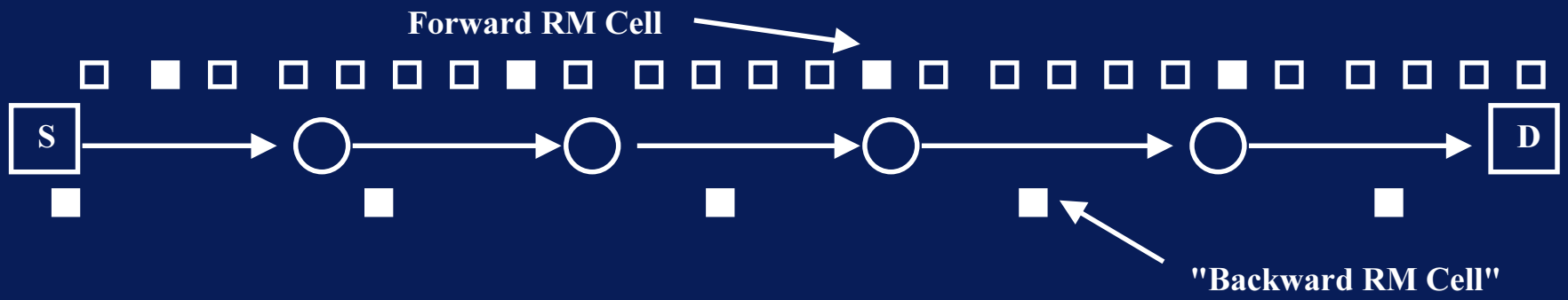
- CBR : Continuous Bit Rate
- VBR(RT) : Variable Bit Rate-Real Time
  - Synchronisation entre les différents acteurs de la connexion : Video compressée.
- VBR(NRT) : Variable Bit Rate-Non Real Time
  - » Pas de relation temporelle, mais une qualité de service (bande passante, temps de latence dans le réseau) est nécessaire.
  - » exemple : Frame Relay, applications X-windows, ..
  - » actuellement controversée au sein de l'ATM Forum
- UBR : Unspecified Bit Rate
  - » aucune garantie de service.
  - » il est important que les commutateurs ATM dans un environnement client/serveur :
    - implémentent des mécanismes de contrôle de congestion (même propriétaires).
    - possèdent des buffers adéquates.

UNI 4.0 QoS
Cinq classes

- ABR : Available Bit Rate
  - service d'accès à la bande passante disponible
    - » combine le service "best effort" et le service garanti
    - » indépendant de la distance : LAN, MAN, WAN
  - supporte les débits variables comme VBR(NRT).
  - ne fournit aucune garantie sur la bande passante allouée.
    - » un débit minimal peut être garanti, MCR (Minimum Cell Rate) mais sa nature exacte n'est pas encore bien définie.
  - service "best effort" avec des mécanismes de contrôle de flux pour:
    - » augmenter la bande passante allouée s'il n'y a pas de congestion
    - » diminuer la bande passante allouée s'il y a congestion.
    - » Rate Base Flow contrôle
  - ABR semble être idéal pour transporter du trafic LAN sur des réseaux ATM
    - » ex : LAN Emulation

TM 4.0 "Rate Base Flow Control" mécanisme de base

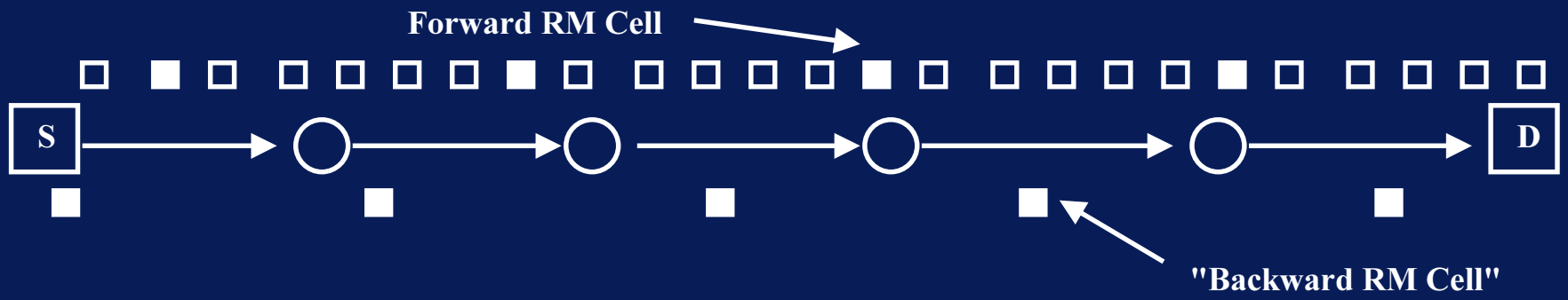
UREC



- La source du trafic S envoie une cellule "Resource Management (RM) à intervalles réguliers : "forward RM Cell"
- Chaque cellule RM est renvoyée par la destination D
  - génération d'un flux de retour de cellules RM : Backward RM Cells
- Une cellule RM contient les informations :
  - DIRECTION : forward ou backward
  - CONGESTION INDICATOR (CI)
    - » CI = 0 pas de congestio
    - » CI = 1 congestion
  - NO INCREASE (NI), NI = 1 pas d'autorisation d'augmenter le débit

TM 4.0 "Rate Base Flow Control" mécanisme de base

UREC

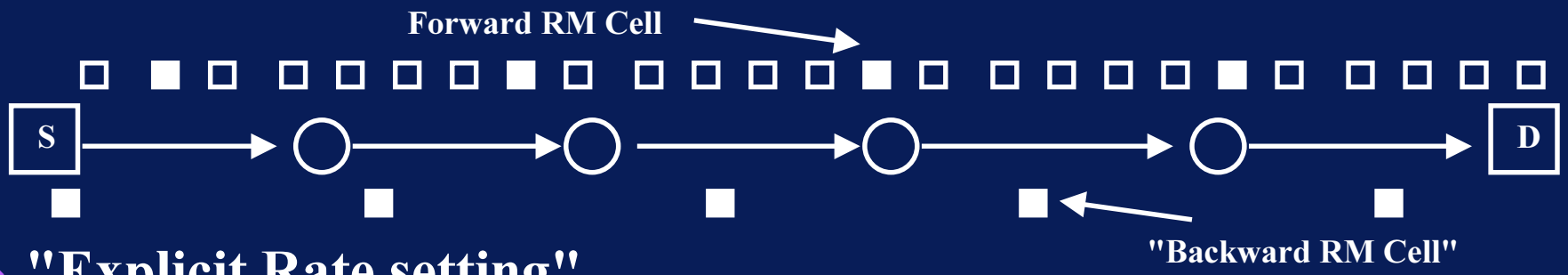


- Le bit "Explicit Forward Congestion Indication "(EFCI) des cellelues de données est utilisé pour transporter l'indication de congestion vers D.
- CI est mis à 1 dans une cellule RM de retour si EFCI = 1 dans la dernière cellule de données reçue.
- D ou les commutateurs intermédiares peuvent mettre CI = 1 ou NI = 1 dans les cellules RM de retour s'il y a un état de congestion dans le flot de S vers D

TM 4.0 "Rate Base Flow Control" mécanisme de base

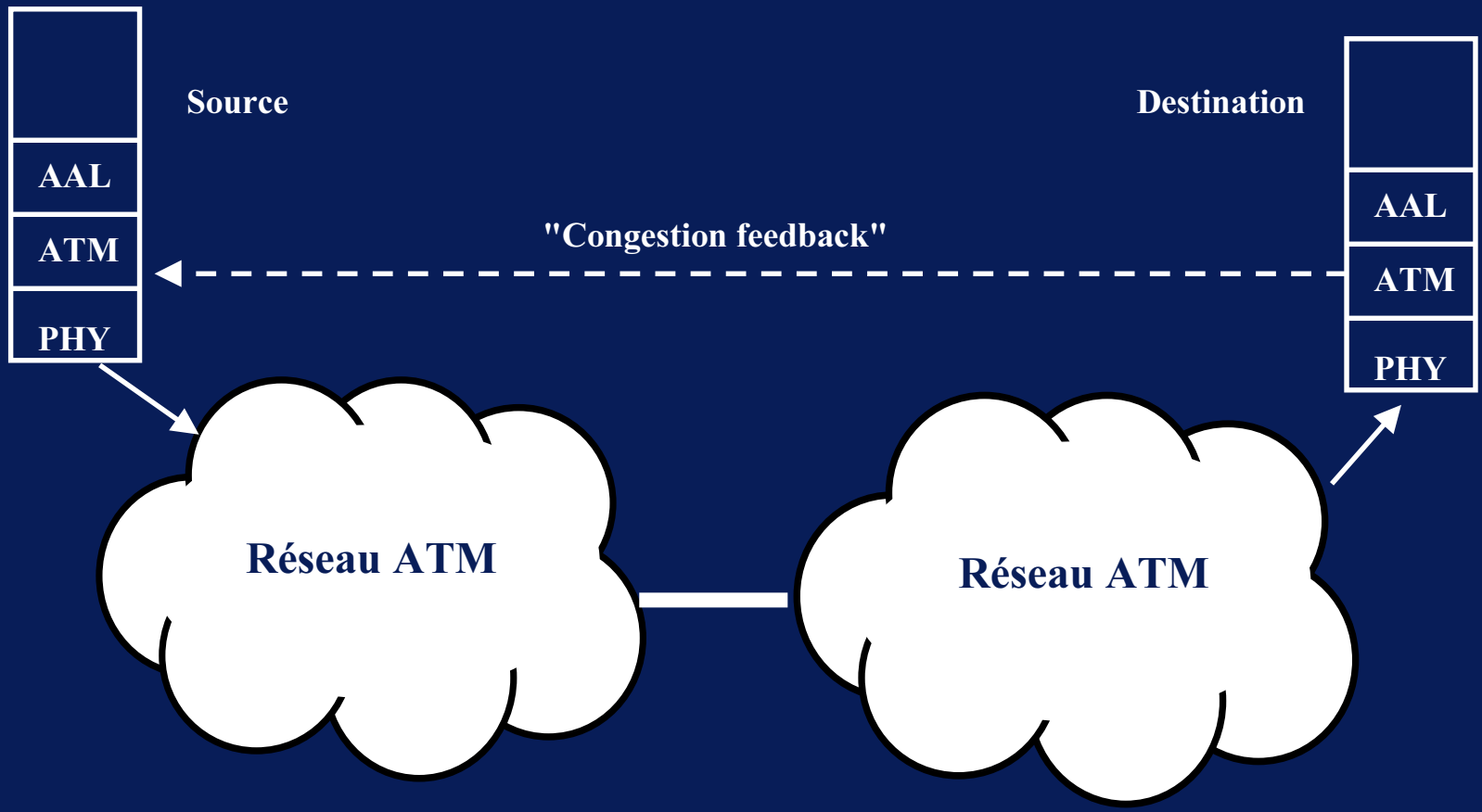
- **Ajustement du débit à la source**
  - La connexion commence à un débit initial (ICR) établi lors de l'initialisation dont la valeur est comprise entre le "Minimum Cell Rate" (MCR et le "Peak Cell Rate" (PCR).
  - Après réception d'une celluleeRM en retour, la source peut :
    - » diminuer son débit si CI =1
    - » augmenter son débit si CI = 0 et NI = 0
    - » maintenir son débit si CI = 0 et NI = 1
  - L'augmentation et la diminution sont une fraction du débit actuel.
  - Quand au cours de la connexion la source se tait, le débit autorisé (ACR) est ramené au débit initial (ICR).

TM4.0 "Rate Base Flow Control" mécanisme élaboré

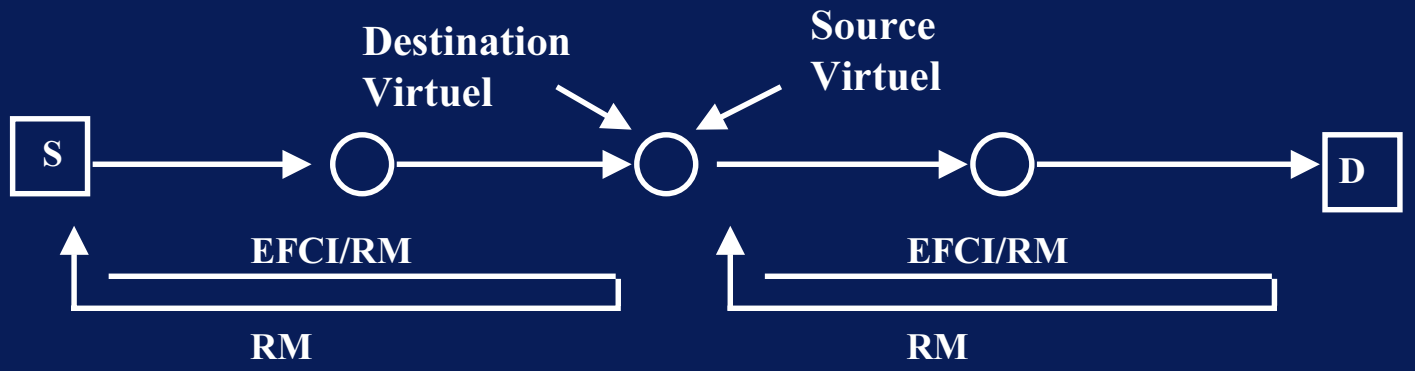


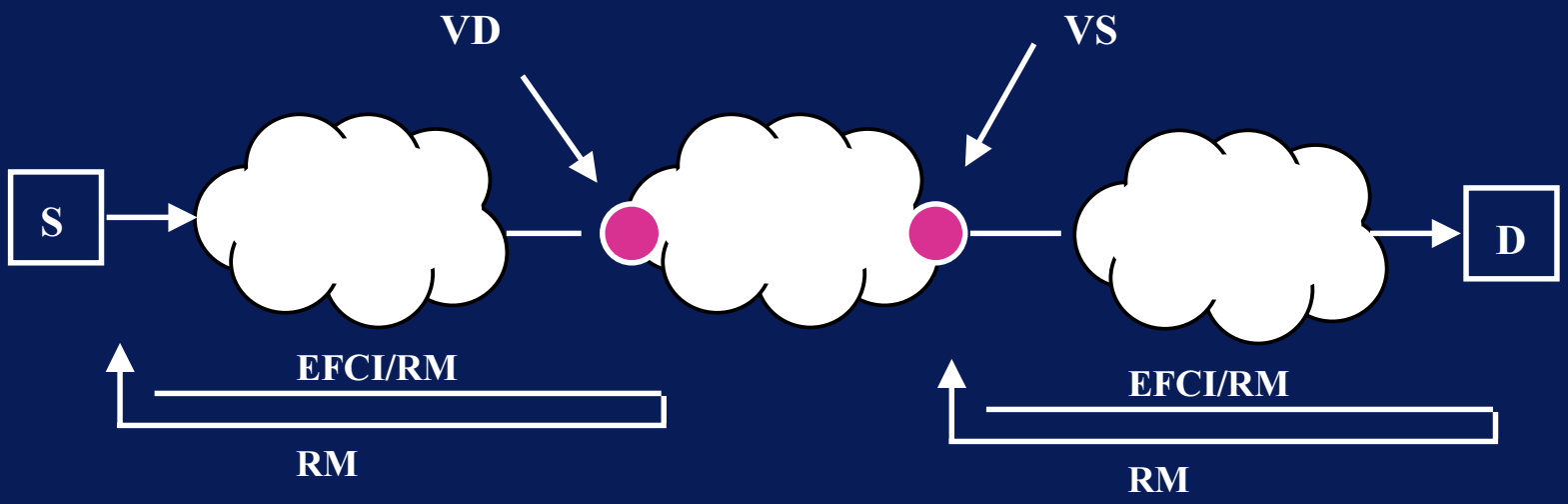
- "Explicit Rate setting"
  - La cellule RM envoyée par la source contient une information supplémentaire :
    - » EXPLICIT RATE (ER) initialisée au débit crête (PCR).
  - ER peut-être diminuée par des réseaux intermédiaires quand les cellules RM font leur boucle dans le réseau.
  - La source prend comme débit autorisé (ACR) le minimum de l'ACR actuel et de l'ER reçue dans la dernière cellule RM.
  - ER peut-être utilisée par des réseaux intermédiares (WAN, MAN) pour diminuer le débit d'une source s'ils sont dans des états transitoires.
- "Current Cell Rate notification"
  - Les cellules RM contiennent cette indicateur de CCR pour information aux différents réseaux intermédiaires. Utilisée pour assurer une meilleure attribution de débit sur des liens avec congestion

TM 4.0 "Rate Base Flow Control" Contrôle de bout en bout

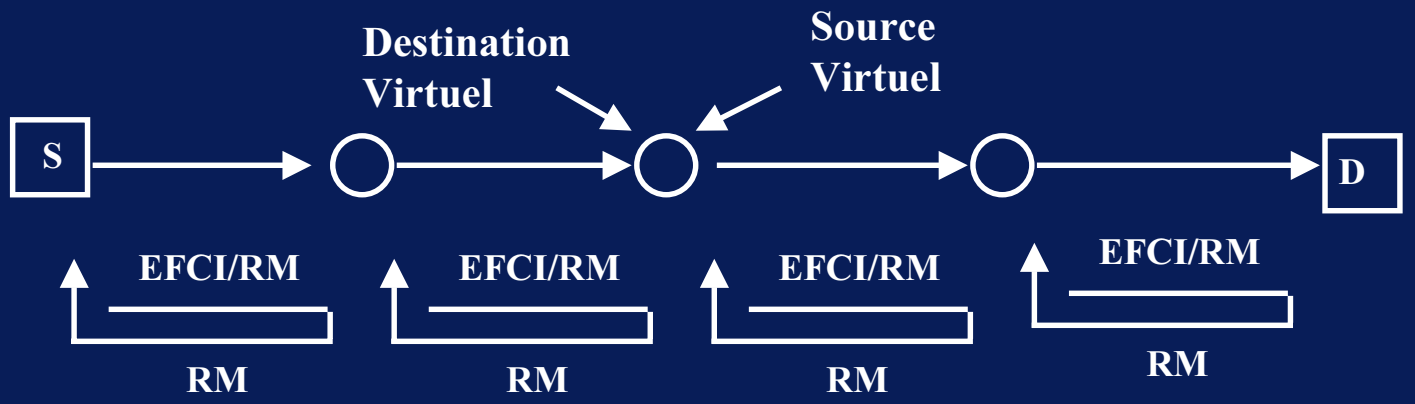


TM 4.0 "Rate Base Flow Control"
Contrôle segment par segment





TM 4.0 "Rate Base Flow Control" Contrôle lien par lien



TM 4.0
ABR et les équipements

- **Commutateurs**
  - Bit EFCI positionné sans comptabilité par VC
    - » logique simple, pas de cellules RM, pas de mémoire supplémentaire
  - Bit EFCI positionné et comptabilité par VC
    - » logique plus complex, pas de cellules RM, mémoire supplémentaire.
  - "Explicit Rate support"
    - » gestion complexe, cellules RM, calcul du débit explicite (ER), mémoire supplémentaire.
- **Adapteurs**
  - Nécessite de nouvelles fonctions de gestion
    - » lissage du trafic par VC
  - Plus de logique pour calculer les débits, incluant la prise en compte de la congestion locale, et générer les cellules RM.
  - Plus de mémoire pour gérer les paramètres ABR par port et par VC.

PNNI
Private Network-to-Network Interface

Private Network Node Interface

- But :
  - Définir des protocoles NNI dans un réseau privé qui utilise des adresses ATM au format NSAP.
  - Résoudre le problème d'établissement et de routage des SVC sur un réseau ATM hétérogène tout en conservant la Qualité de Service.
- PNNI doit être aux réseaux ATM ce que des protocoles de routages tels OSPF, IGRP sont aux réseaux actuels.
- Protocole ATM Forum : spécifications 1er trimestre 1996.
  - PNNI Phase 1
  - Evolution vers PNNI Phase 2
    - » UNI 4.0, ABR, Multicast
- Actuellement il y a une phase PNNI Phase 0
  - Interim Interswith Signaling Protocol (IISP).

PNNI Phase 1
Caractéristiques générales

- **Gère l'établissement de SVC.**
  - entre commutateurs d'origines différentes, utilise UNI 3.1
- **Résoud le problème complexe du routage.**
  - tout en garantissant la qualité de service.
- **Est une solution évolutive.**
  - Pour naviguer dans un réseau complexe sans que chaque commutateur maintienne une carte du réseau.
  - Les commutateurs doivent être capables d'apprendre tout où partie de la topologie du réseau.
- **S'accomode des protocoles propriétaires.**
  - On ne sacrifie pas la valeur ajoutée des protocoles propriétaires (protocoles NNI).
- **Requiert un minimum de configuration manuelle.**
  - utilise les procédures de configuration et de routage automatiques des protocoles propiétaires.
  - les commutateurs doivent apprendre pour déterminer le meilleur chemin.

PNNI Phase 1
Deux composantes

- **Signalisation pour acheminer les requêtes de connexion ATM dans le réseau ente la source et la destination qui sont UNI.**
  - **La requête UNI est transformée en signalisation NNI au premier commutateur.**
  - **le dernier commutateur regénère la signalisation UNI pour le destinataire.**
  - **La signalisation P-NNI en cours de développement est une extension de la signalisation UNI.**
    - » **utilisation du VC 5**
    - » **Le VP dépend du type de lien, physique, virtuel**
- **Protocole de routage de circuits virtuels**
  - **routage des requêtes de signalisation.**
  - **la route ainsi défini est utiliséé pour le transfert de données.**

PNNI Phase 1
Qualité de service (QoS)

- La complexité de PNNI :
  - meilleure prise en compte de l'évolution du réseau.
  - supporter une QoS à travers le routage.
- Pour garantir une Qualité de Service, le réseau doit allouer des ressources aux SVC quand ils sont établis.
- PNNI dispose d'un jeu de métriques important pour rendre compte des possibilités et des capacités des liens.
  - ex : débit constant (CBR), variable (VBR), disponible (ABR)
- Ces métriques sont utilisées pour éliminer les liens qui ne peuvent garantir la bande passante, la QoS lors de l'évaluation du routage.
- Protocole de type "link state" comme OSPF

PNNI Phase 1
QoS : Les métriques

- **Attributs non additifs utilisés pour déterminer si un lien, un noeud du réseau supportent la QoS semandée.**
  - » **Débit en cellules disponible par classe de trafic.**
  - » **"Cell Rate Margin"**
    - **différence entre la bande passante effectivement allouée à chaque classe de trafic et le débit garanti par le réseau.**
  - » **Variance factor**

- **Attributs additifs utilisés pour déterminer si un chemin supporte la QoS demandée.**
  - » **Temps de transit maximun par classe de trafic.**
  - » **Tolérance maximum sur le temps de transit par classe de trafic.**
  - » **Taux de perte maximum de cellules marquées CLP=0 pour les classes CBR et VBR.**
  - » **Poids donné au lien par l'administrateur.**

PNNI Phase 1 Routage

- La connaissance est acquise par la transmission de paquets PTSP entre les noeuds du réseau.
  - PTSP : PNNI Topology State Packet.
  - Utilisation du VP 0 et du VC 18.
  - Ces paquets contiennent des éléments de topologie, PTSE
    - » PNNI Topology State Element.
- "Source Routing"
  - le chemin est défini par le premier noeud qui insère le chemin de routage dans la requête de signalisation.
    - » détermination basée sur la connaissance de l'état du réseau et de la QoS demandée.
    - » les noeuds intermédiaires se contentent de faire du contôle d'admission (CAC) avant d'expédier la requête.
  - ce choix a été fait car il est difficile de faire de la QoS avec du routage de type IP
    - » chaque noeud devrait faire du contrôle d'admission, évaluer la QoS sur tout le réseau pour déterminer le prochain noeud.

PNNI Phase 1
Modèle hiérarchique

- **Prise en compte**
  - des petits réseaux de quelques commutateurs
  - du futur "Internet ATM" de millions de commutateurs.
- **Neccessité :**
  - d'une organisation hiérarchique du réseau.
    - » 13 premiers octets de l'adresse NSAP
  - d'une récapitulation des informations d'accessibilité entre les niveaux de la hiérarchie
- **Le modèle**
  - décrit comment chaque niveau opère,
  - comment les noeuds d'un niveau sont vus du niveau supérieur,
  - comment l'information est échangée entre les niveaux.

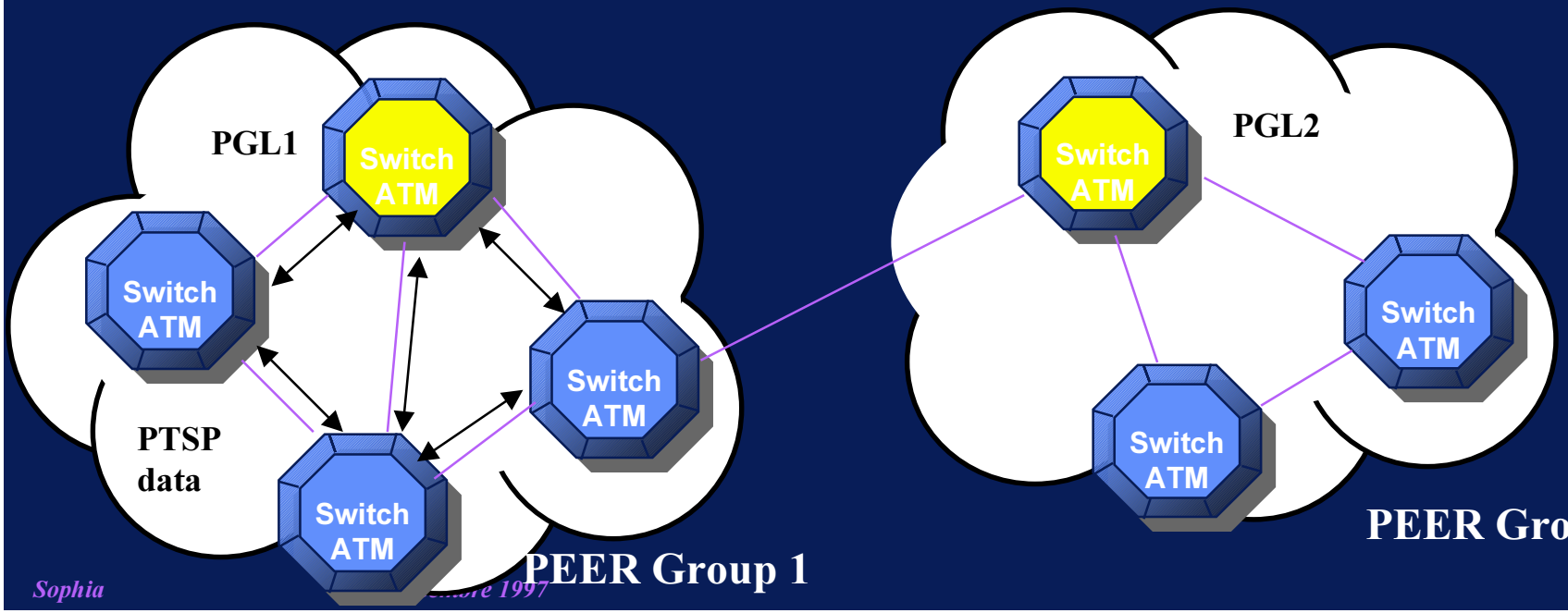
PNNI Phase 1
Modèle hiérarchique

- **Chaque commutateur possède :**
  - **des informations détaillées sur son réseau local.**
  - **des informations résumées sur les réseaux distants.**

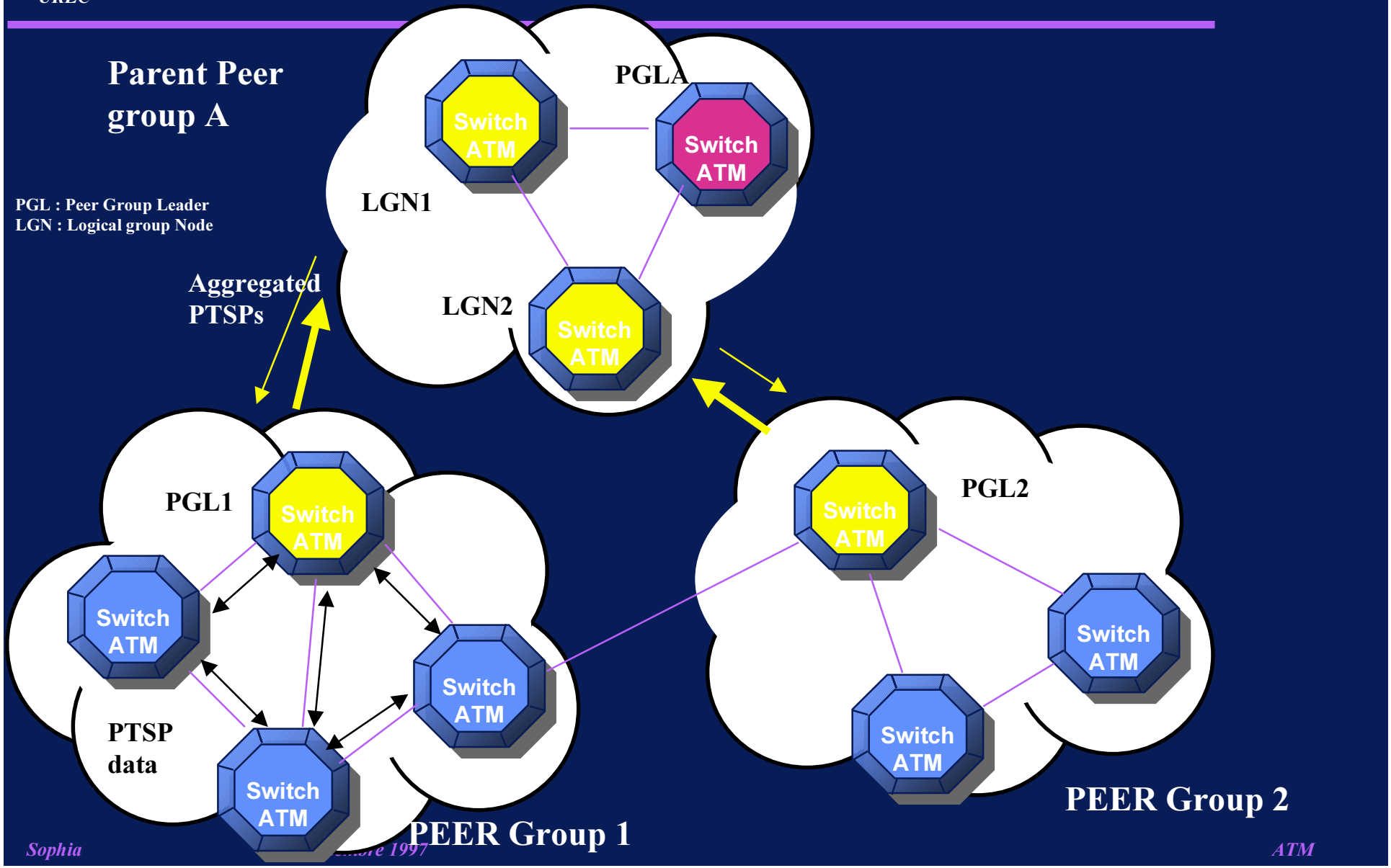
- **Un grand réseau de commutateurs ATM est organisé en domaines appelés "peer groups"**
  - **un "leader" est élu dans chaque groupe**
    - » **celui qui a l'adresse ATM la plus petite**
  - **les "leader" forment à leur tour un "peer group".**
    - » **informations sur les ressources atteignables dans leur "peer group"**
    - » **servent de relais pour obtenir de l'information sur les groupes de hiérarchie supérieure.**

PNNI Phase 1
Modèle hiérarchique

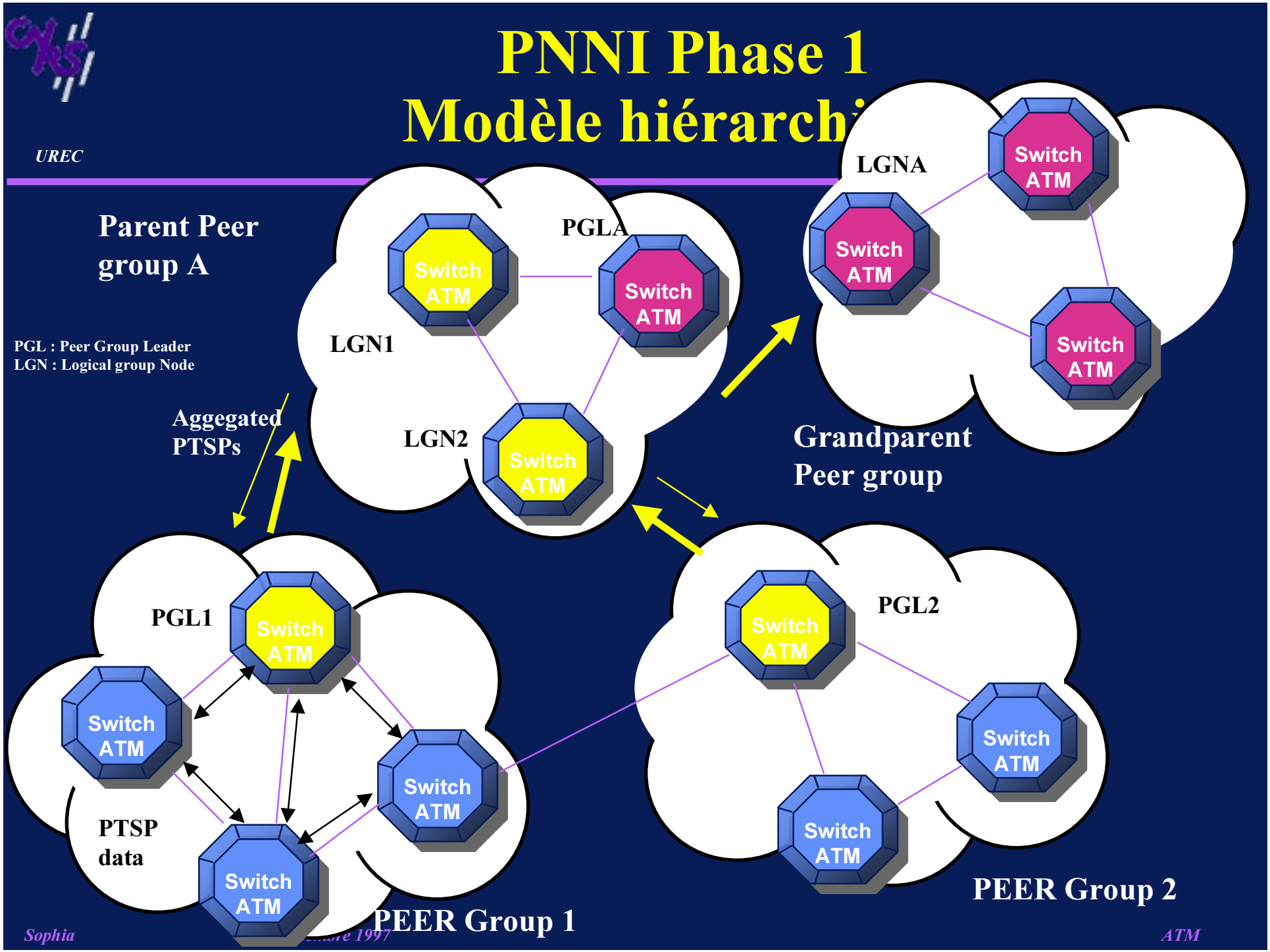
PGL : Peer Group Leader
LGN : Logical group Node



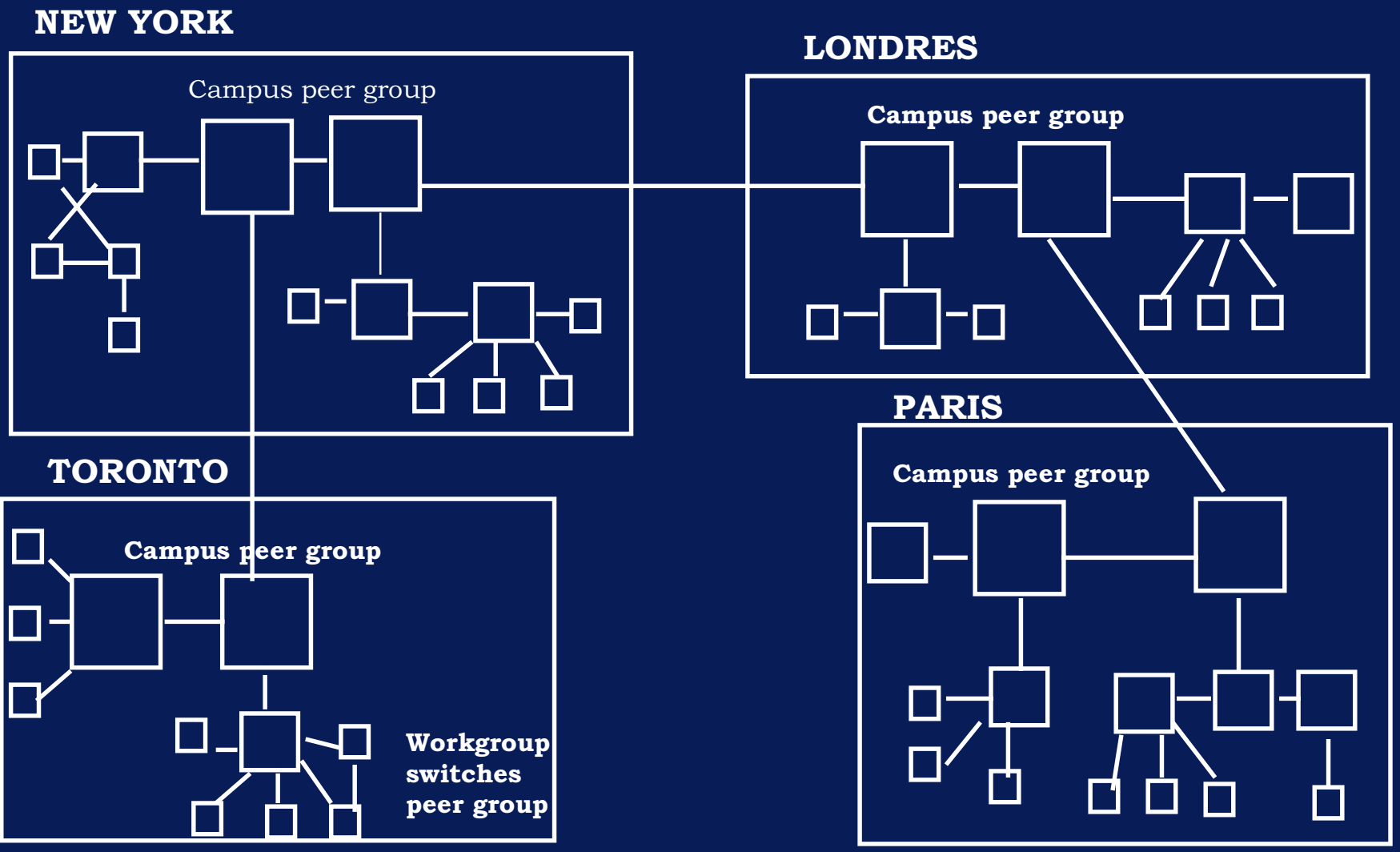
PNNI Phase 1
Modèle hiérarchique



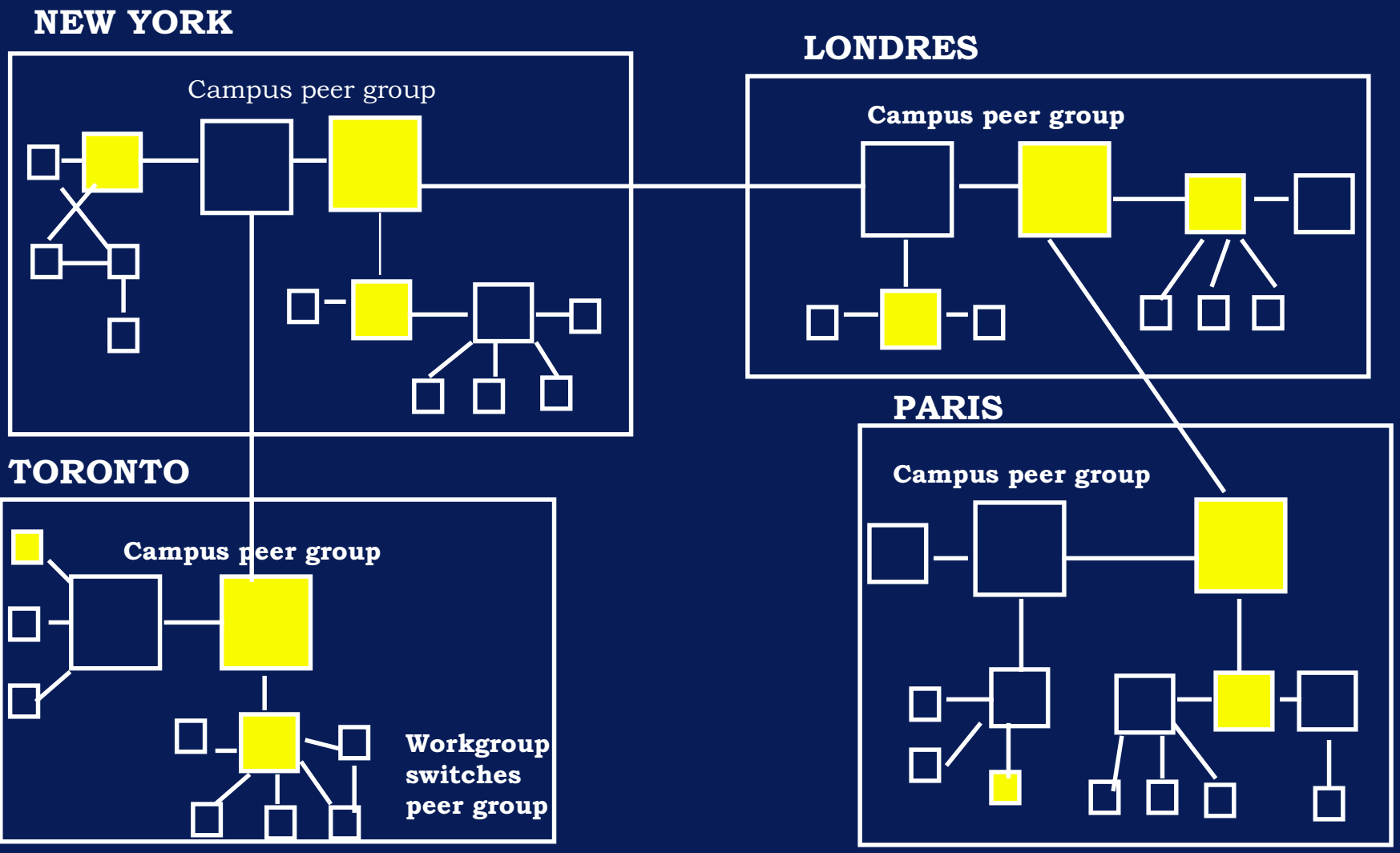
PNNI Phase 1
Modèle hiérarchi



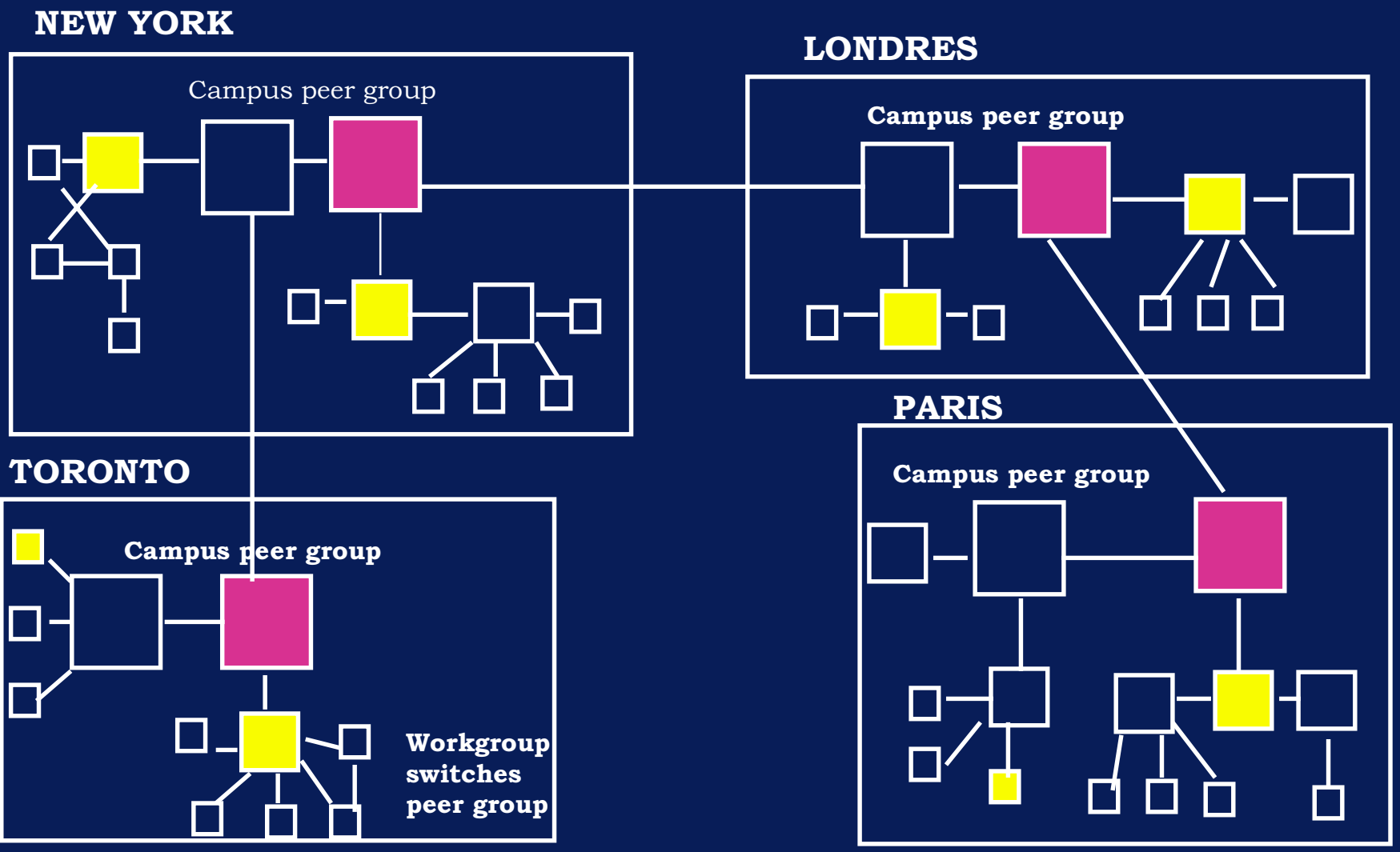
PNNI Phase 1
Exemple



PNNI Phase 1 Exemple



PNNI Phase 1
Exemple



IISP
Interim Inter-Switch Signaling Protocol

- **Sans PNNI, pas de possibilité de construire des réseaux ATM multi-constructeurs.**
- **Cisco a proposé un protocole pour permettre cette interopérabilité**
  - **PNNI Phase 0 => IISP**
  - **Approuvé par l'ATM Forum**
- **Essentiellement un protocole de signalisation entre commutateurs.**
  - **bâti sur UNI3.0/3.1**
  - **avec des noeuds qui jouent arbitrairement le rôle d'interface utilisateur ou réseau sur des liens commutateurs à commutateurs particuliers (liens IISP)**
  - **pas de routage basée sur la QoS (QoS based routing)**

IISP
Interim Inter-Switch Signaling Protocol

- Les requêtes de signalisation sont routées entre commutateurs en utilisant des tables de préfixes d'adresses dans chaque commutateurs
  - pas besoin de protocole de routage de VC.
  - ces tables sont construites avec les préfixes d'adresses accessibles sur chaque port.
  - la configuration manuelle limite la taille des réseaux.
- Quand une requête arrive, le commutateur cherche le port de sortie par comparaison du préfixe de la destination avec la table.
  - le plus long préfixe est choisi.
- IISP n'est pas compatible avec PNNI Phase 1
  - utilisation de UNI et non de NNI.
  - nécessité de mettre à niveau les commutateurs.

Interconnexion avec les WAN ATM

- PNNI, a fortiori IISP ne parlent pas d'interconnexion de réseaux ATM à travers des réseaux ATM publics.
  - sur les WAN, pas de services SVC.
  - les WAN ne supporteront pas les SVC à travers l'interface "Public UNI".
- Une méthode doit être touvée pour assurer au moins que la signalisation entre 2 réseaux ATM privés soit transportée même si le réseau public n'utilise pas la signalisation

=> Permanent Virtual Path (PVP) tunneling

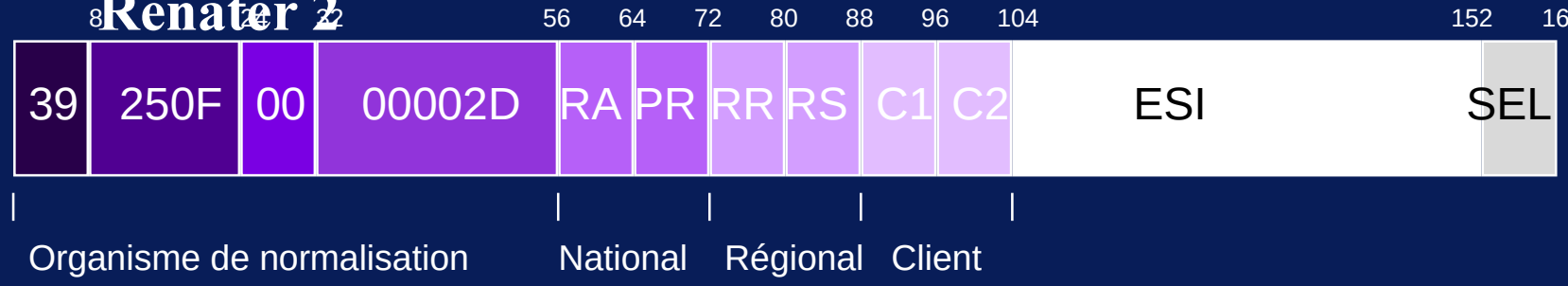
Interconnexion avec WAN ATM PVP tunneling

- **Actuellement :**
  - La signalisation utilise le couple VPI 0, VCI 5 dans les réseaux privés,
  - Le commutateur d'entrée sur le réseau public fait transiter la signalisation sur le VCI 5 par exemple dans le VP attribué à la connexion entre les 2 sites.
  - La signalisation est transportée de façon transpararente à travers le réseau public.
  - A la sortie du réseau public, le mécanisme inverse est mis en route.
- **Comment cette interconnexion se réalisera t-elle avec PNNI Phase 1 ?**
  - des solutions ont été proposées qui utiliseront le champ sous-adresse défini dans la signalisation UNI 3.0
    - l'adresse NSAP de la source est translatée dans ce champ et remplacée par l'adresse E.164 du commutateur d'entrée du réseau public.

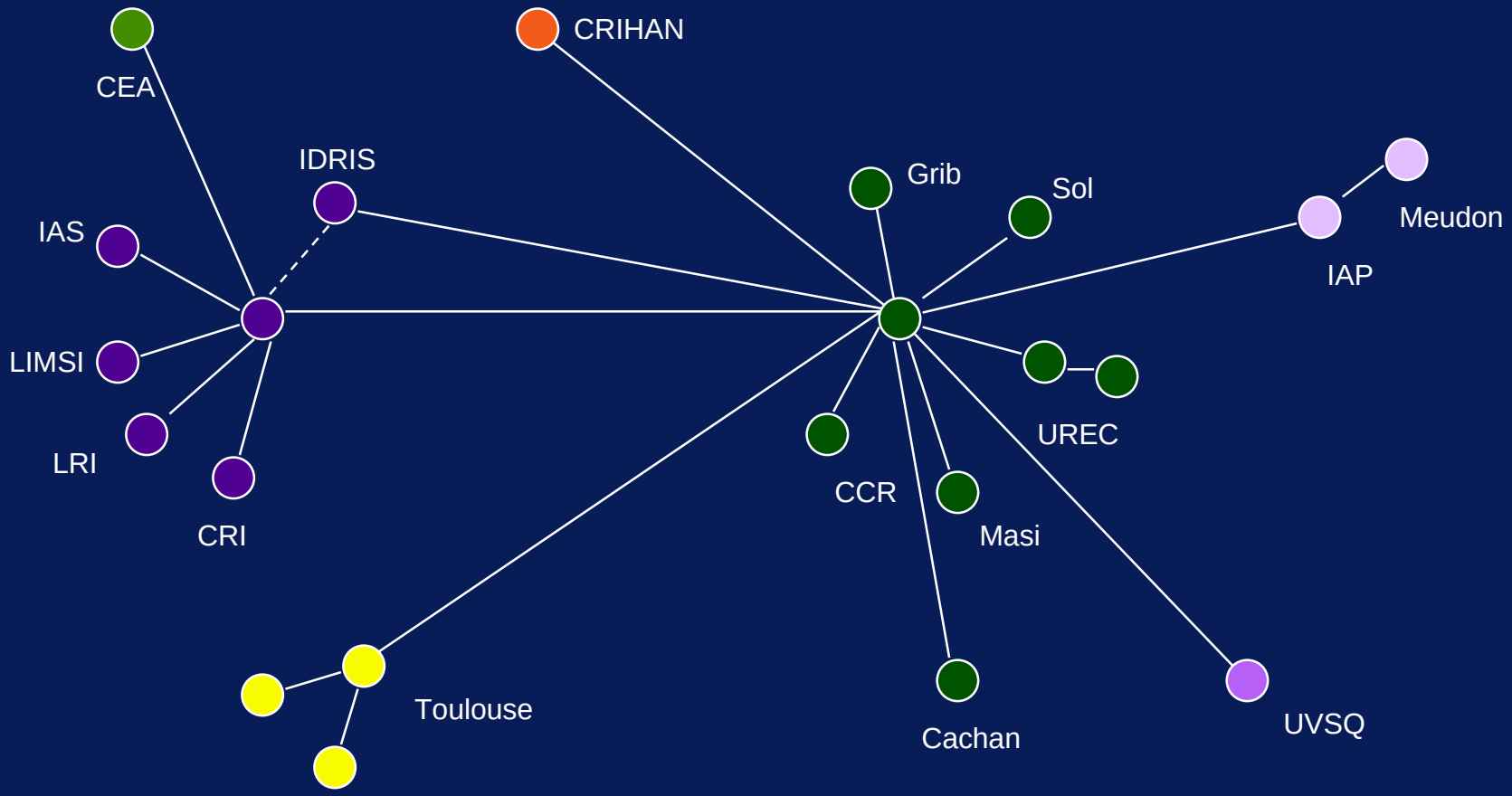
Application
Un projet métropolitain EFRA

- **Expérimentation Francillienne de réseau ATM**
  - **sur projets scientifiques**
- **Réseau *Métropolitain***
  - **certains projets ont des composantes nationales => liaisons WAN ATM**
- **Plan d'adressage suivant les travaux du groupe GTR2**

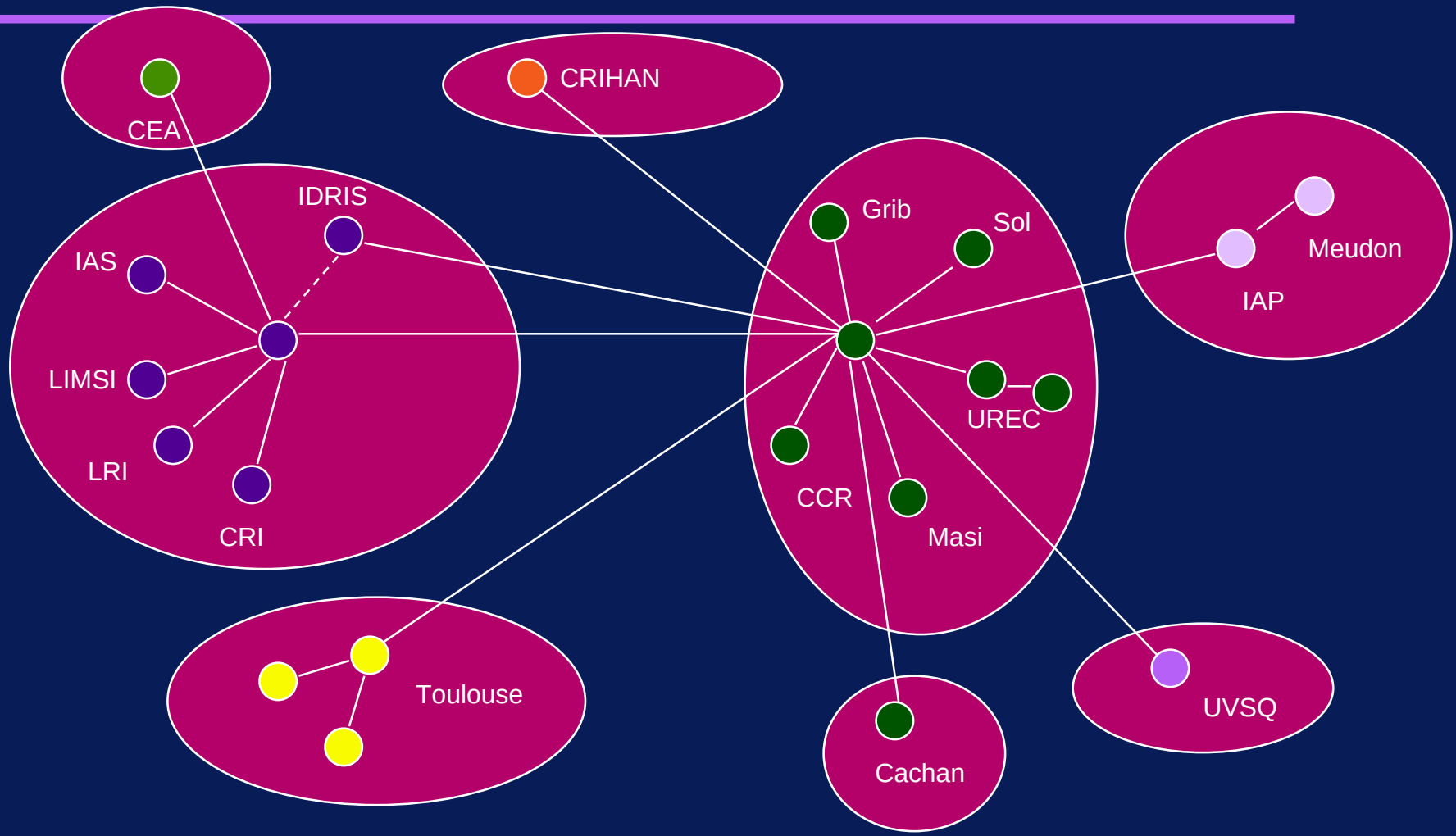
  Groupe de Travail adressage, routage ATM pour Renater 2



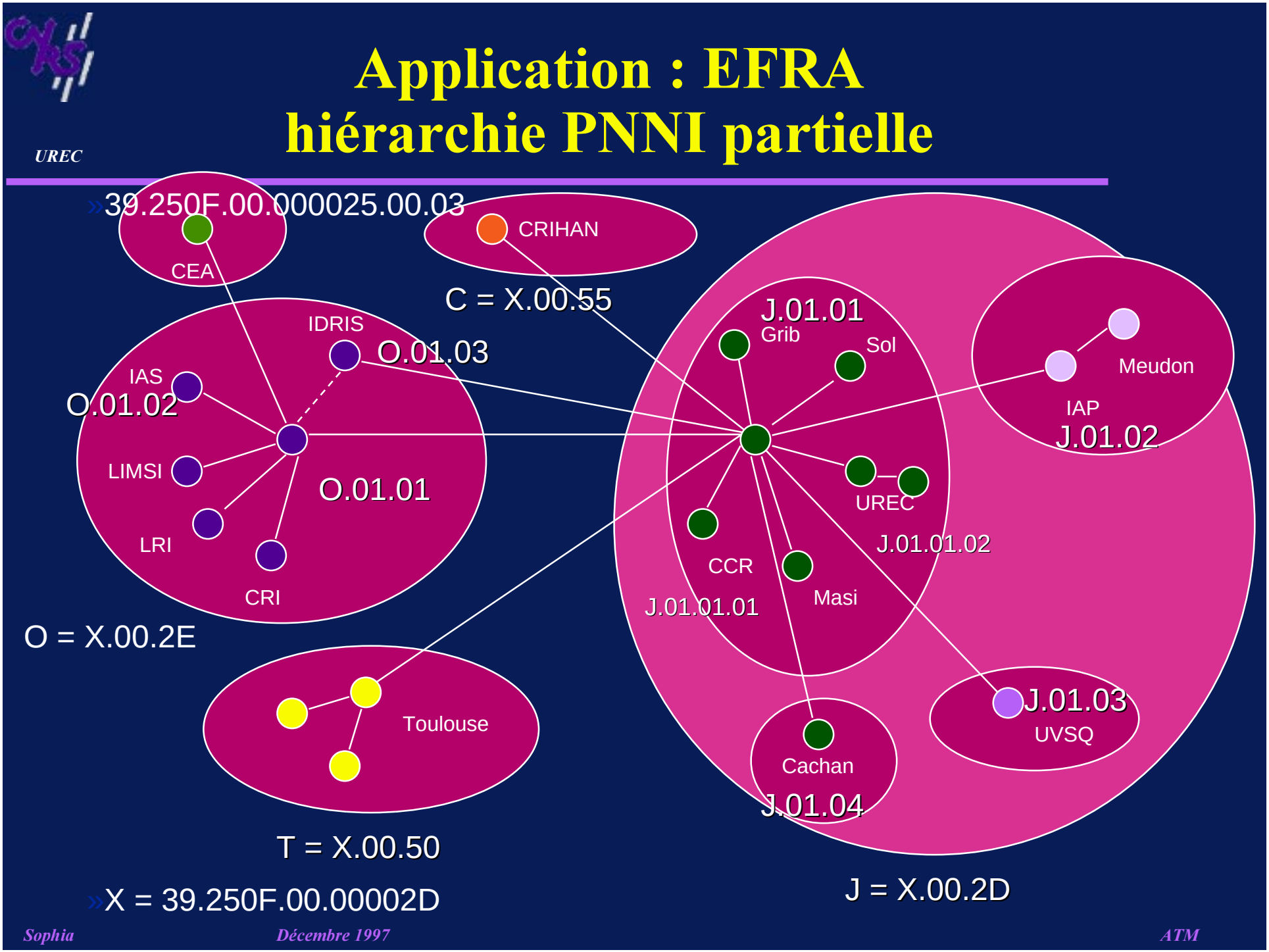
Application : EFRA
Topologie



Application : EFRA hiérarchie PNNI partielle



Application : EFRA hiérarchie PNNI partielle



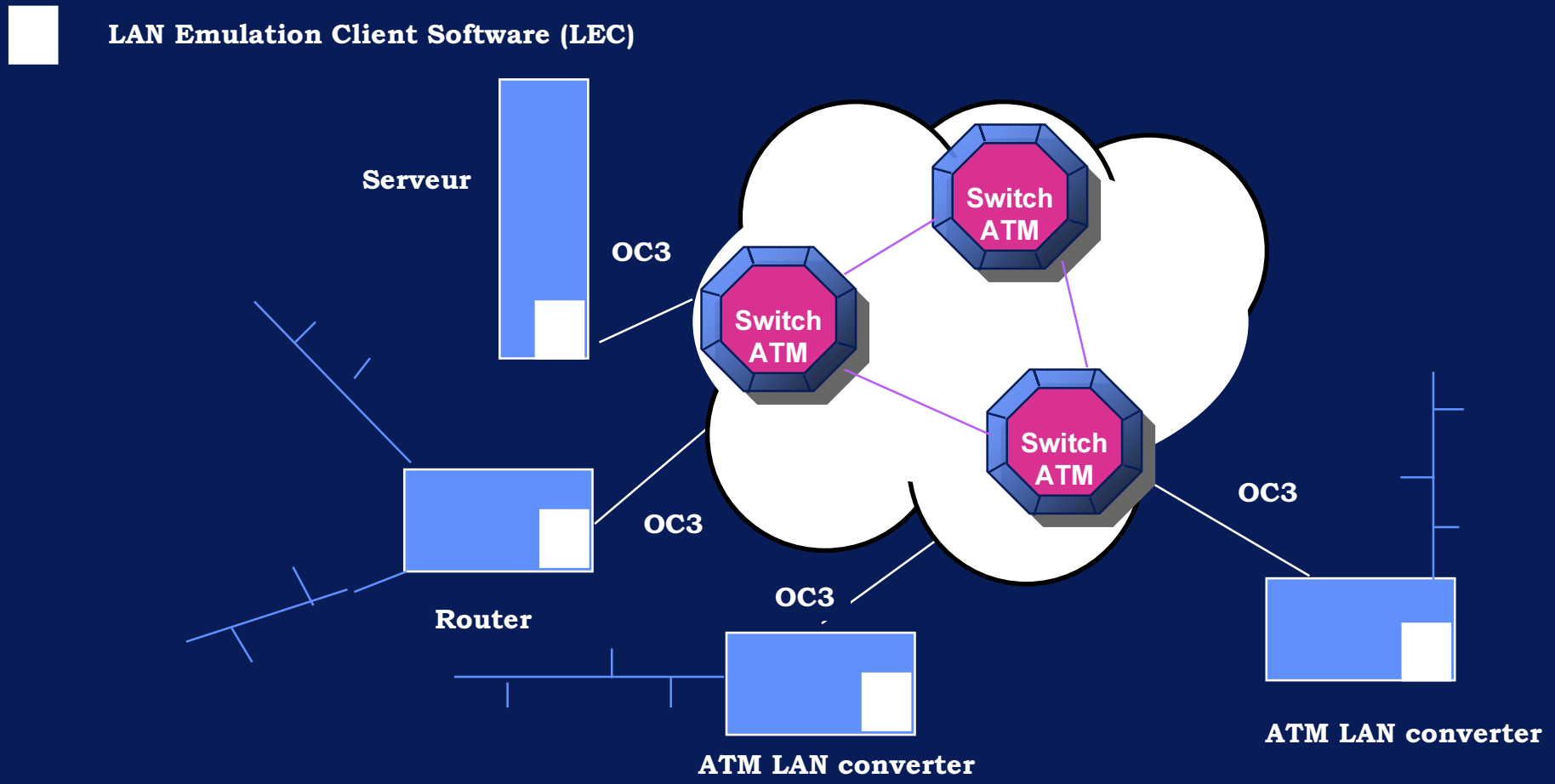
Protocoles existants et ATM

- **Deux manières de transporter les protocoles existants au niveau 3 du modèle OSI :**
  - **mode natif**
    - » **correspondance adresse IP et adresse ATM**
    - » **mécanisme de résolution d'adresses (couche réseau).**
  - **mode émulé**
    - » **émulation d'un LAN actuel au-dessus d'ATM**
    - » **mécanisme de niveau 2 (couche liaison).**

LAN Emulation

- LAN Emulation User to Network Interface : L-UNI.
- Standard de l'ATM Forum.
  - LANE Phase 1 (LANE 1.0) : début 1995.
- Permettre à des réseaux Ethernet, Token Ring de communiquer au-dessus de réseaux ATM sans modifier les applications existantes et les infrastructures.
- Définit également comment des serveurs connectés à un réseau ATM communiquent avec des ressources sur des réseaux LAN habituels.
- C'est une manière de rendre invisible les commutateurs ATM aux réseaux LAN (Eth, TR).

LANE 1.0
Topologie physique



- LEC : logiciel utilisé pour établir les connexions au backbone ATM
- Un "LAN-to ATM converter" accepte les paquets LAN, les modifient pour transport sur ATM.

LANE 1.0
Service ATM

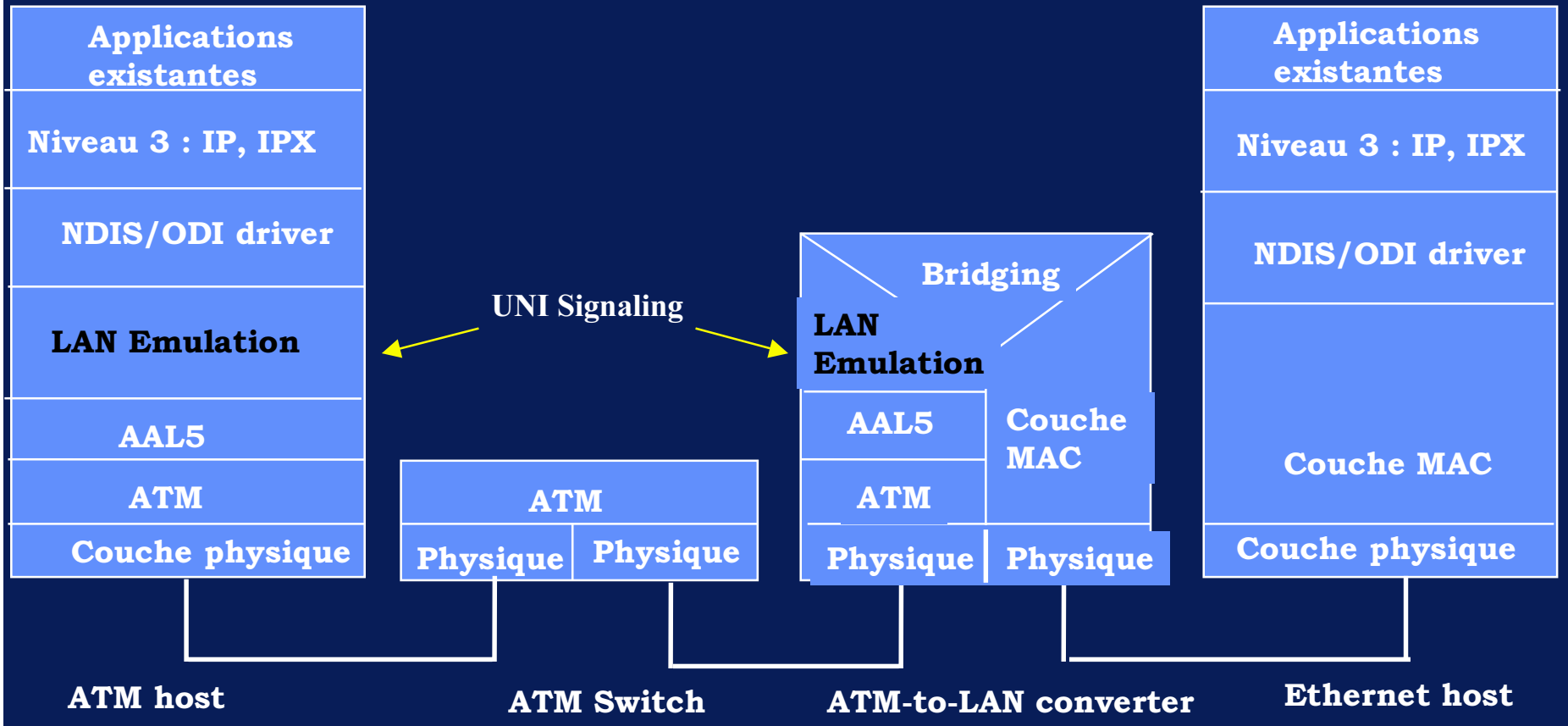
- Permet à une station sur un réseau traditionnel de se connecter à un équipement (serveur, routeur) :
  - d'un réseau de même type.
  - d'un réseau ATM.
- Les réseaux émulés doivent être du même type pour dialoguer directement :
  - Ethernet
  - Token Ring
  - FDDI, les trames FDDI doivent être converties en trames Ethernet ou Token Ring.
- Des routeurs sont utilisés pour interconnecter des réseaux émulés de nature différente.
- Le protocole n'intervient pas directement sur les commutateurs ATM.
  - utilise uniquement les procédures de signalisation ATM

LANE 1.0 Equipements

- Cartes d'interfaces ATM
  - ATM Network Interface cards (NIC)
    - » implémentation du protocole LANE
    - » l'interface au réseau ATM
    - » doit présenter l'interface de service du LAN comme sur la station du réseau LAN
      - ex TCP/IP
- Routeurs, commutateurs LAN
  - ces équipements, avec les stations ATM, fournissent un service de LAN virtuel.
  - ils sont connectés au réseau LAN et au réseau ATM.
    - » ex : commutateurs Ethernet avec un port ATM.
      routeur Athernet avec un port ATM.

LANE 1.0
Protocole couche liaison.

- Complètement indépendant des protocoles et des applications des couches supérieures



NDIS : Network Device Interface Spécification
ODI : Open data-link interface

LANE 1.0
Deux composantes principales

- **LAN Emulation Client : LEC**
  - une tâche importante : la résolution d'adresse
    - » mapping des adresses MAC en adresses ATM
  - Un LEC par réseau émulé sur l'équipement
    - une station connectée à plusieurs ELAN (Emulated LAN) doit avoir un LEC par ELAN.

- **LAN Emulation Service**
  - » logiciels sur trois serveurs logiques :
    - Configuration Server : LECS
    - LAN Emulation server : LES.
    - Broadcast and Unknown Server : BUS.

LANE 1.0
Serveurs logiques

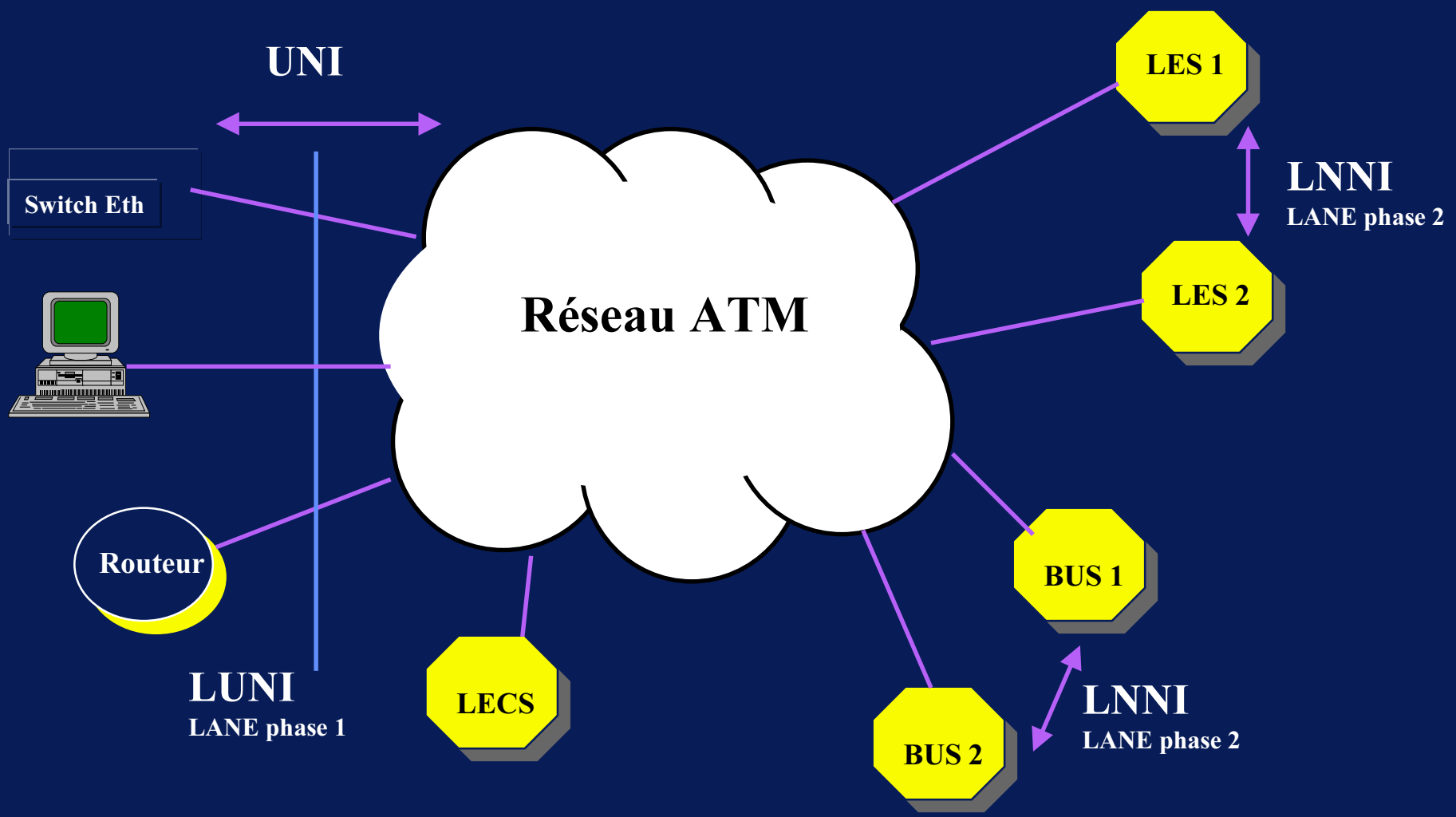
- Le protocole LANE définit les opérations pour un seul réseau émulé (ELAN).

- Trois fonctions
  - La fonction de base du protocole :
    Résolution d'adresses MAC en adresses ATM
    - » Le LAN emulation server (LES) est le pivot du système.
      - Utilisation de LE-ARP (LAN Emulation Address Resolution Protocol).
  - Transfert de données entre 2 stations (unicast)
  - Transfert de données d'une station vers plusieurs (broadcast, multicast)

LANE 1.0
Serveurs logiques

- **LAN Emulation Configuration Server (LECS)**
  - » assigne les clients aux différents ELAN en les dirigenat vers le LES correspondant au ELAN.
  - » 1 LECS par domaine administratif qui sert tous les ELAN du domaine
- **LAN Emulation server (LES)**
  - » 1 LES par ELAN,
  - » chaque LES a une adresse ATM unique,
  - » implémente les fonctions de contrôle.
- **Broadcast and Unknown server (BUS)**
  - » serveur multicast, trafic des destinations inconnues, broadcast dans un ELAN particulier
  - » chaque LEC est associé à un BUS, mais il peut y avoir plusieurs BUS dans un ELAN qui communiquent entre eux par des protocoles propriétaires.
  - » une adresse ATM unique identifie le BUS.

LANE 1.0
Les interfaces



LANE 1.0
Activité sur un LAN émulé

- **Initialisation.**
  - Recherche du LECS
  - Configuration par le LECS
  - Enregistrement aupres du LES
  - Enregistrement auprès du BUS
- **Etablissement de connexions.**

LANE 1.0
Initialisation

- Trouver l'adresse ATM du LECS qui gère le réseau distant afin de pouvoir établir des connexions ATM.
  - Utilisation de ILMI pour trouver l'adresse ATM du LECS.
    - Interim Local Management Interface de l'ATM Forum.
  - Donnée manuelle.
  - Adresse par défaut (Well known address).
- En cas d'échec il y a des procédures pour tenter de trouver un chemin vers le LES.
  - Utiliser la connexion VPI=0, VCI=17 vers le LECS.
- Le LECS est configuré par l'administrateur du réseau.

LANE 1.0
Initialisation

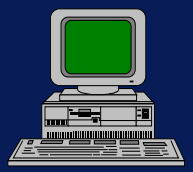
- **Configuration par le LECS**
  - » Détermine le type de LAN émulé que l'on veut rejoindre.
  - » Détermine le MTU pour ce LAN.
  - » Le nom du LAN émulé
  - » L'adresse ATM du LES
- **Le LEC doit s'enregistrer auprès du LES**
  - » Création d'une liaison avec le LES pour rejoindre le LAN émulé.
  - » ATM adresse, MAC adresse, type de réseau, MTU, nom du réseau.
  - » Acceptation ou refus de la requête du LEC demandeur.
- **Etablissement d'une liaison avec le BUS qui enregistre le LEC demandeur.**

LANE 1.0
Connexions de contrôle

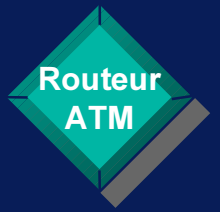
2 LEC pour appartenir à ELAN one



LEC



LEC

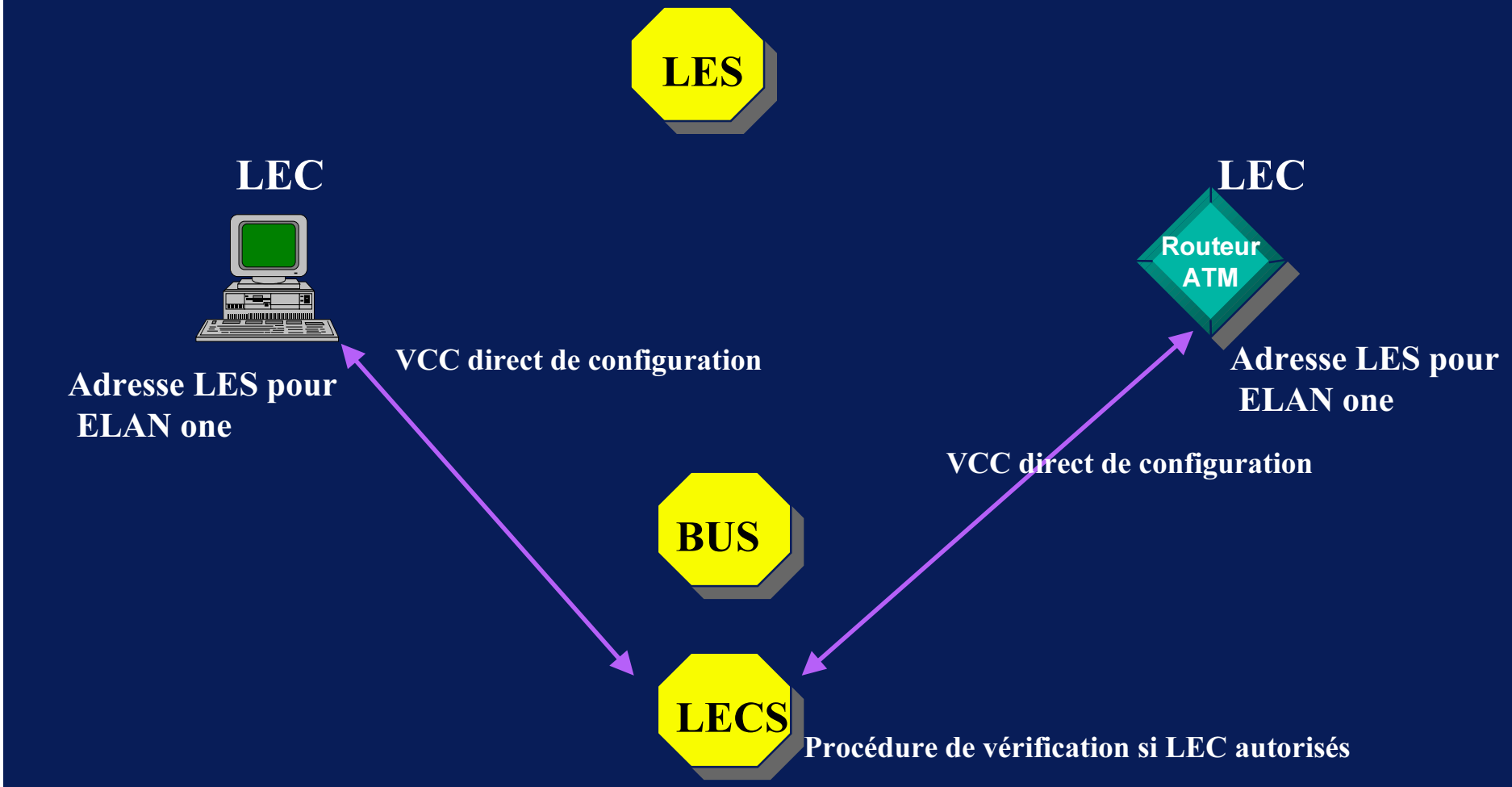


Adresse ATM LECS ?
ILMI => OK

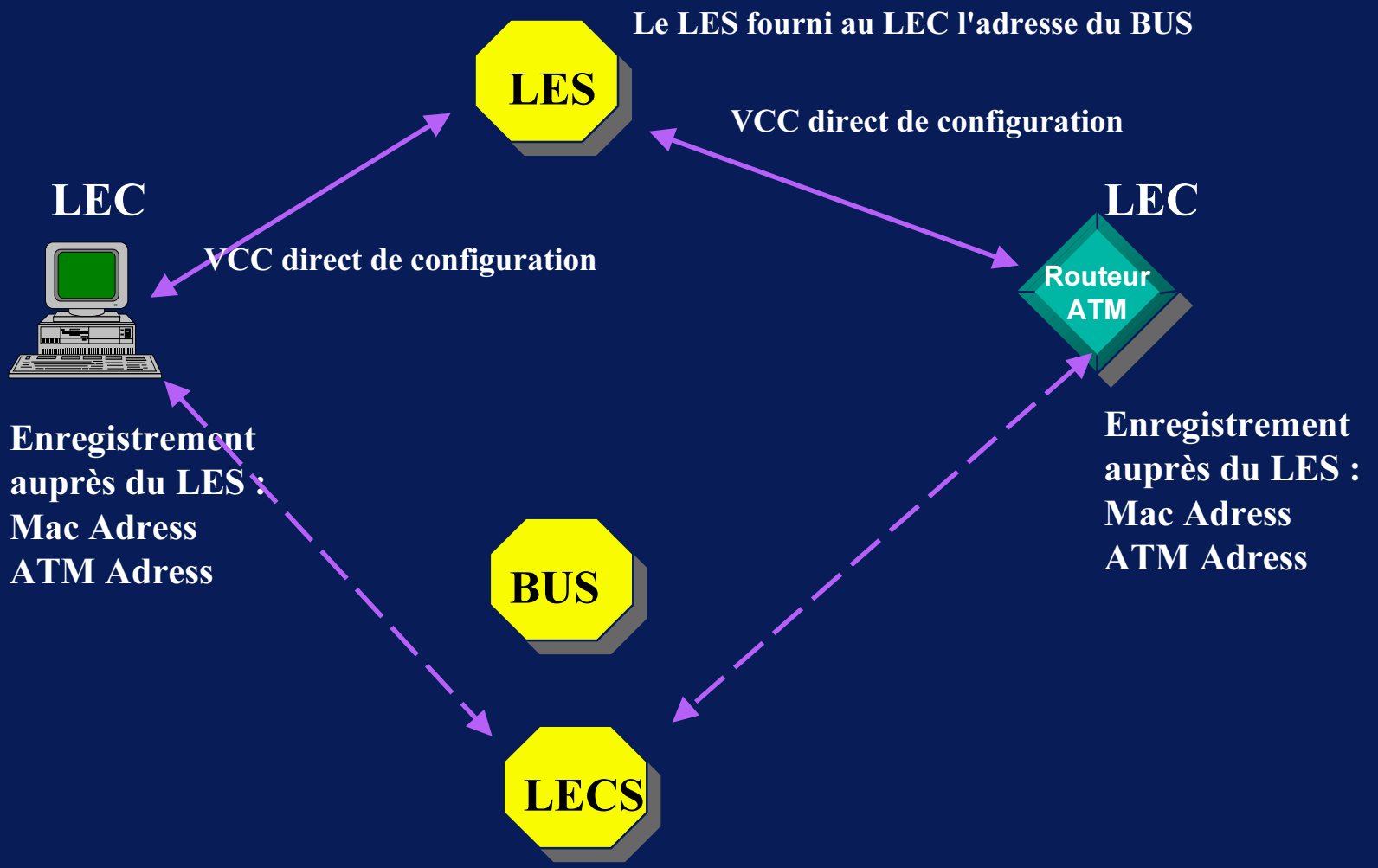




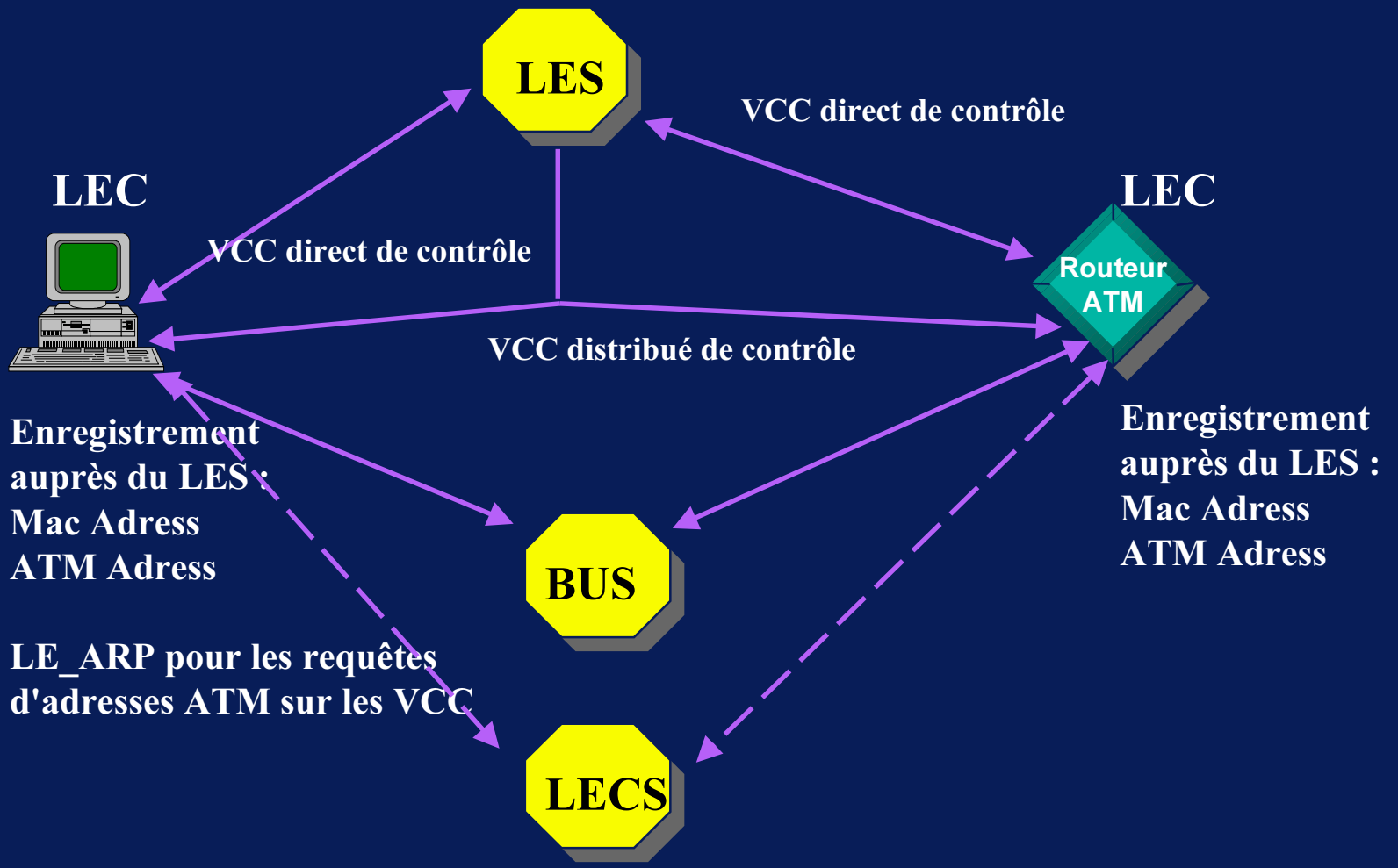
LANE 1.0
Connexions de contrôle



LANE 1.0
Connexions de contrôle



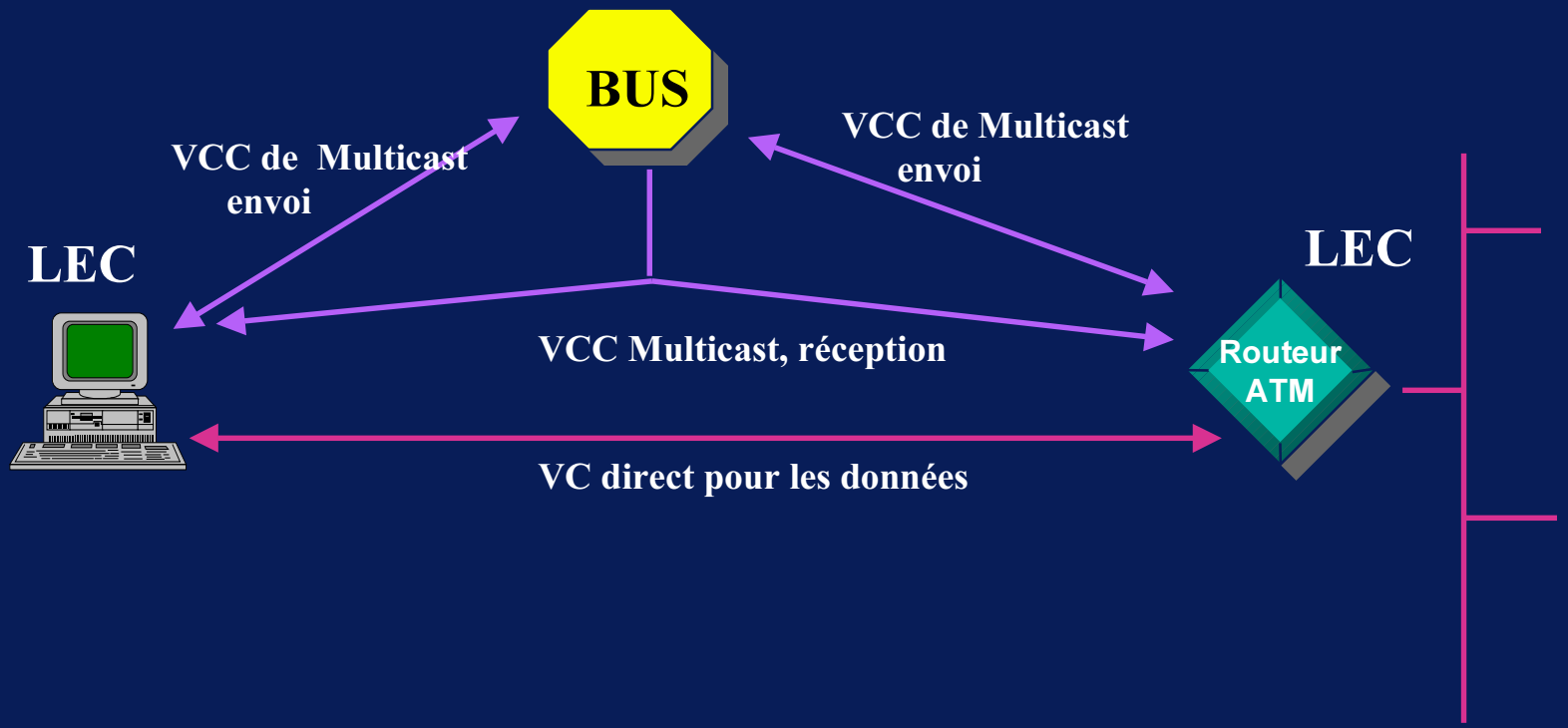
LANE 1.0
Connexions de contrôle



LANE 1.0
Mode opératoire

- Le LEC est apte à envoyer des données vers une station du LAN émulé :
  - Réception d'une trame Ethernet (Token Ring)
    - » Si l'adresse ATM du réseau distant est connue (mapping MAC-ATM) :
      - si trame multicast alors envoi au BUS
      - sinon il envoie la trame au destinataire après ouverture d'un SVC.
        - sur inactivité, la connexion est fermée au bout de 20' par défaut.
    - » Si l'adresse ATM du destinataire n'est pas connue, le LEC envoie une requête LE-ARP au LAN emulation serveur.
      - Les entrées du cache du LEC sont valides pour une durée configurable, 5' par défaut.
    - » Parallèlement, la requête est envoyé au BUS qui envoie des messages de broadcast pour trouver l'adresse ATM du réseau visé.
    - » Après réponse positive il y établissement d'une connexion.

LANE
Connexions de transferts de données



IP (IETF) et ATM

- Particularités de IP
- Transport : solutions actuelles
- RFC1483
- RFC1577
- Autres RFCs (1626, 1755, Ipsilon,MPLS)
- Problèmes
- Evolutions
  - NHRP
  - MARS



Particularités de IP

- ATM'96 à San Jose : les applications IP sont et seront les principales applications utilisées sur ATM
- Mode non connecté IP / mode connecté ATM
  - Bonne gestion des ouverture-fermeture de CV ATM
- Fonction ARP : @ IP ---> @ ATM
- Routage
  - Routeur : passage obligé d'un sous-réseau IP (LIS) à un autre
  - Next hop uniquement
- Multicast
- MTU

Transport IP / ATM solutions actuelles

- ATM = réseau de LS
  - 1 VP ATM entre chaque couple de routeurs IP
- ATM = réseau Ethernet
  - LANE
  - Transparent pour IP
- RFC1483 et 1577

Transport IP / ATM RFC 1483

- Multiprotocol Encapsulation over ATM Adaptation Layer 5 (Juillet 93)
- Décrit deux méthodes pour transporter du trafic en mode non connecté sur un réseau ATM
- Interconnexion niveau 2 ou 3 avec AAL5
  - Protocol Data Units (PDU) "routés"
    - » niveau 3 comme IP
  - Protocol Data Units (PDU) "pontés"
    - » niveau 2 comme Ethernet

Transport IP / ATM RFC 1483
2 Possibilités d'encapsulation

- VC Based Multiplexing : pas d'en-tête
  - Si besoin de multiplexer plusieurs protocoles, il faut ouvrir un VC par protocole
- LLC/SNAP
  - En-tête ajouté en début de PDU (cf AAL5)
    - » IEEE802.2 LLC header (3octets)
    - » SubNetwork Attachment Point (SNAP), IEEE802.1
  - IP : AA-AA-03-00-00-00-08-00
    - » LLC :AA-AA-03 (3 octets)
    - » SNAP : 00-00-00-08-00 (5 octets)
  - Ethernet : AA-AA-03-00-80-C2-00-0(1 ou 0)-07-00-00
  - FDDI : AA-AA-03-00-80- C2-00-0(4 ou 0)-0A-00-00
- Choix méthode
  - Configuration manuelle (PVC)
  - Protocole de signalisation (SVC)

Transport IP / ATM RFC 1577

- Classical IP and ARP over ATM (janv 94)
- Comment faire passer du trafic IP sur ATM en respectant les principes IP (sans modification fondamentale)
- Limité au protocole IP
- Transmission sur AAL5 :
  - de datagrammes IP
  - de requêtes de résolution d'adresses ATM (ATMARP protocole proche de ARP, RFC 826)
  - de requêtes de résolution inverse (InATMARP)
  - de réponses aux requêtes ATMARP et InATMARP
- Pas de support de broadcast ou multicast IP

Transport IP / ATM RFC 1577

- Les adresses ATM doivent être conformes à celles définies dans UNI 3.0 (voir signalisation:adresses)
- Le réseau ATM autorise les SVC suivant UNI3.0
- Un MTU (Maximum transmission Unit) unique pour tous les VC dans un Logical IP Subnetwork
- Encapsulation LLC/SNAP
  - ARP : AA-AA-03-00-00-00-08-06

Transport IP / ATM RFC 1577

- Un réseau ATM = 1 sous-réseau IP
  - LIS : Logical IP Subnetwork
  - Comprend plusieurs stations et routeurs
  - Communication entre les stations en ATM "directe" (chaque VC connecte directement 2 équipements du même LIS)
- Un réseau ATM = n sous-réseaux IP (n LIS)
  - Le trafic entre les sous-réseaux est routé par au moins un routeur
  - Ce routeur IP :
    - » peut avoir plusieurs coupleurs ATM

    ou

    - » un coupleur avec plusieurs @ ATM
  - Entre 2 stations dans des LIS différents
    - » 2 VC ATM : station 1-routeur et routeur-station2



Transport IP / ATM RFC 1577 Résolution d'adresse

UREC

- Un seul serveur ARP dans chaque LIS
  - Configuré pour se reconnaitre serveur ARP du LIS
  - Avec une adresse IP par sous-réseau logique qu'il gère
- Le serveur n'établit jamais de connexions
- C'est le client qui initialise la procédure
  - utilisation d'un VC point à point
  - chaque client est configuré avec l'adresse ATM du serveur ARP
- Utilisation de datagrammes IP similaires au ARP classique

Transport IP / ATM RFC 1577
Modes opératoires du serveur

- **Enregistrement d'un client**
  - Etablissement d'une connexion ATM (VC) par le client
  - Envoi de la requête InATMARP au client
  - Réponse du client à la requête InATMARP
  - Ajout ou mise à jour des informations de la table ARP du serveur
- **Réponse du serveur à une requête ATMARP**
  - Si l'information est dans la table, réponse positive
  - Sinon envoie d'une réponse négative à la requête
- **Validité d'information dans sa table ARP : 20 mn**
  - Quand un client se manifeste (ATMARP ...) note que le client est encore en vie et remet à zéro ce compteur
  - Si VC ouvert avec client envoie un InATMARP avant suppression de l'entrée dans la table

Transport IP / ATM RFC 1577
Modes opératoires du client

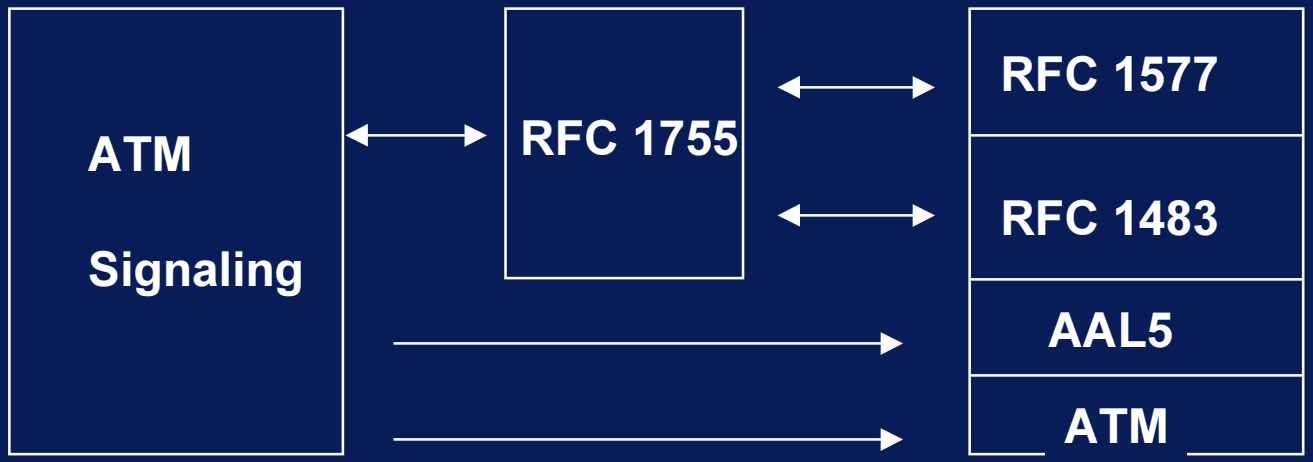
- A sa connexion sur le réseau : ouverture de la connexion VC vers le serveur ARP
- Réponse aux requêtes InATMARP
- Rafraichissement de l'info dans le serveur régulièrement (< 20 mn)
- Envoi de paquets ARP_REQUEST au serveur quand besoin
- Gestion de sa table ARP
  - validité d'une information : 15 mn

Transport IP / ATM RFC 1626

- Default IP MTU (Maximum Transmission Unit) for use over ATM AAL5 (Mai 94)
- MTU défaut = 9180 octets
- La taille du MTU peut-être négociée si on utilise les SVC

Transport IP / ATM RFC 1755

- ATM Signaling Support for IP over ATM (Fév 95)
- Définit comment utiliser UNI 3.1 (échanges au moment de l'ouverture, fermeture d'une connexion ...) pour "Classical IP over ATM"(RFC1577) et RFC1483
- AAL5 et encapsulation LLC/SNAP



Transport IP / ATM RFC 1755
Gestion des VC

- Une station peut ouvrir plusieurs VC avec une autre station IP (une station doit supporter cette possibilité)
- Une station peut être configurée pour n'accepter qu'un VC ouvert avec une autre. Dans ce cas, si les 2 stations ouvrent le VC "en même temps"(collision) : rejet des ouvertures et ré-essai après un temps d'attente aléatoire (algorithme similaire à Ethernet)
- Un VC peut être partagé avec d'autres protocoles
- N'importe laquelle des stations peut fermer le VC
- Un VC doit rester ouvert au moins 1 mn (recommandé)
- Un VC doit être fermé après inactivité de 20 mn (recommandé en private, obligatoire en public UNI)

Transport IP / ATM RFC 1755 Signalisation

Quelques IEs (Information Elements) lors de l'ouverture du VC :

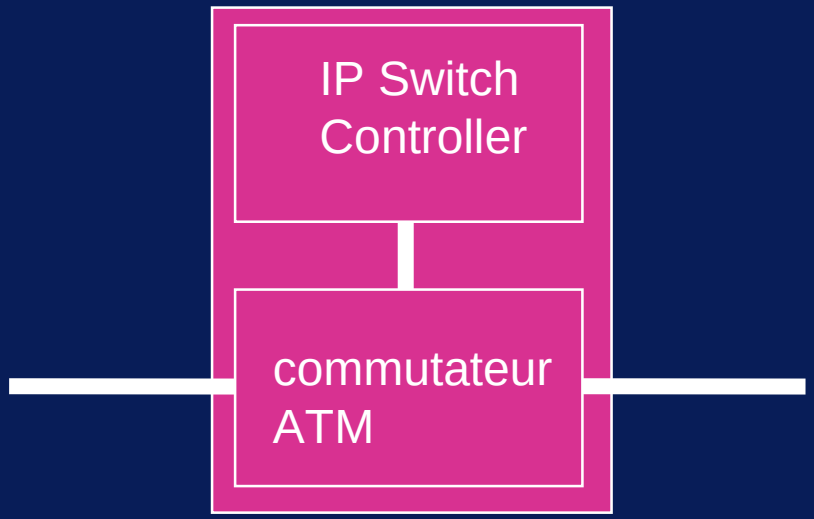
- AAL_parameters :
  - aal_type : 5
- Broadband Low Layer Information :
  - layer_2 : 12 (lan_llc)
  - layer_3 : 204 (IP) si le VC ne sert qu'à IP
- Traffic_descriptor (recommandé, si le réseau ne le permet pas d'autres solutions sont décrites)
  - fwd_peak_cell_rate : débit de la liaison
  - bkw_peak_cell_rate : débit de la liaison
  - best_effort_indication
- QoS_parameter (recommandé) : 0 (unspecified)

Transport IP / ATM RFC 1755

- Adresses routeur IP avec une seule carte ATM :
  - NSAP : utiliser le champs SEL
  - E164 : utiliser plusieurs adresses E164
- Si rejet de l'ouverture de VC (avec code d'erreur UNI 3.1 "unassigned number", "no route to destination", "user busy", ...), une erreur remonte à la couche IP : Host Unreachable (si appelé est une station) ou Network Unreachable (si appelé est un routeur)
- Si erreur UNI 3.1 "call rejected", "user rejects call with CLIB", ... la station peut réessayer d'ouvrir la connexion

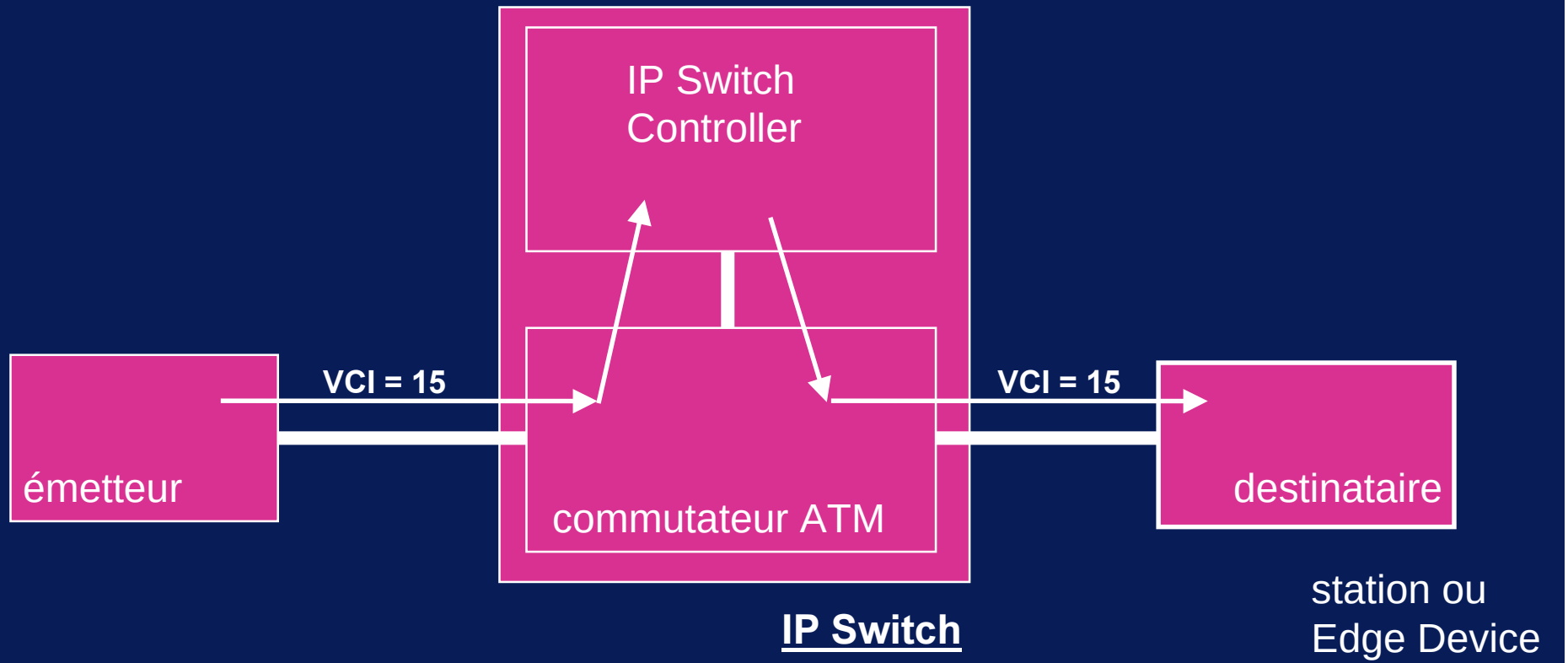
IP Switching d'Ipsilon

- association d'un routeur IP et d'un commutateur ATM
- détection du trafic "flot" et du trafic "à courte durée de vie"
- trafic "flot" commuté
- trafic "courte vie" routé

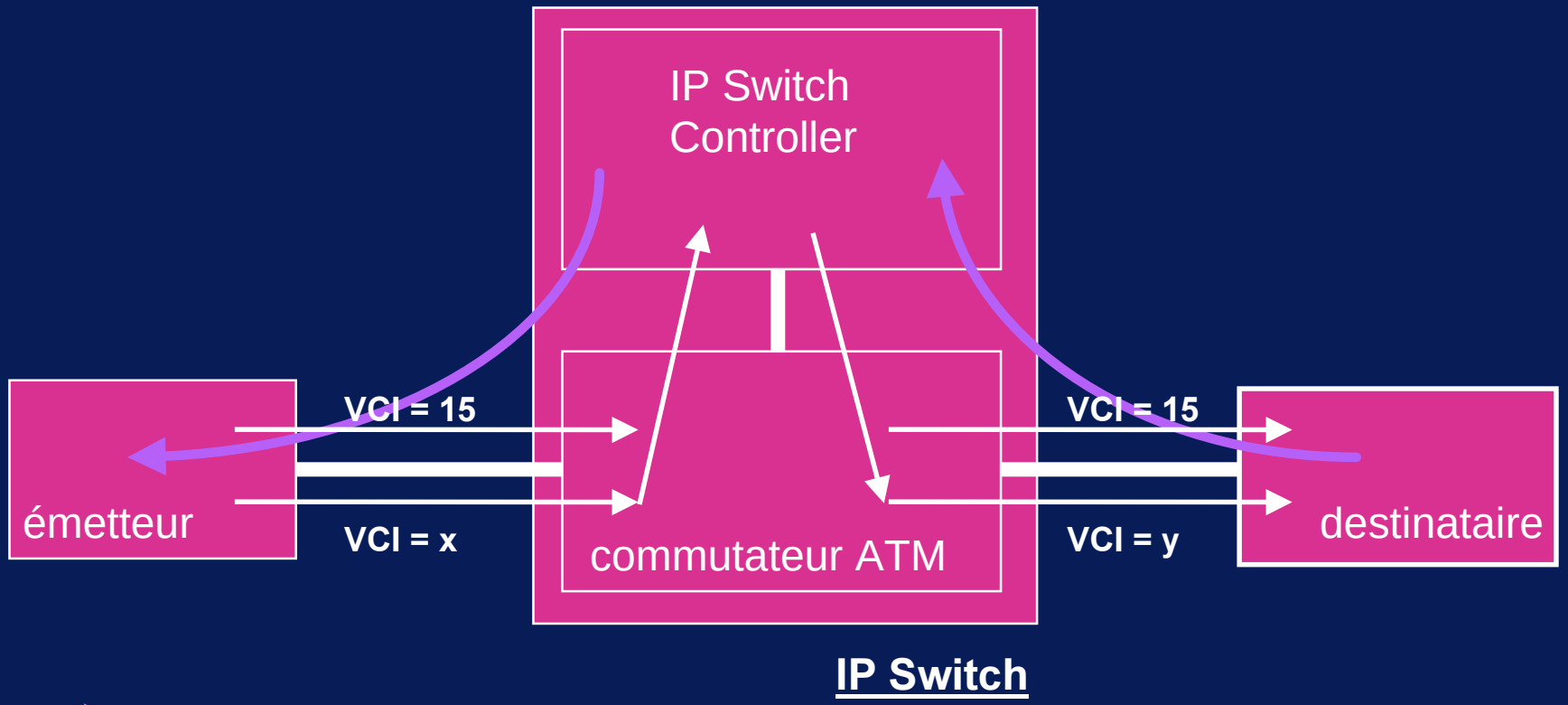


IP Switch

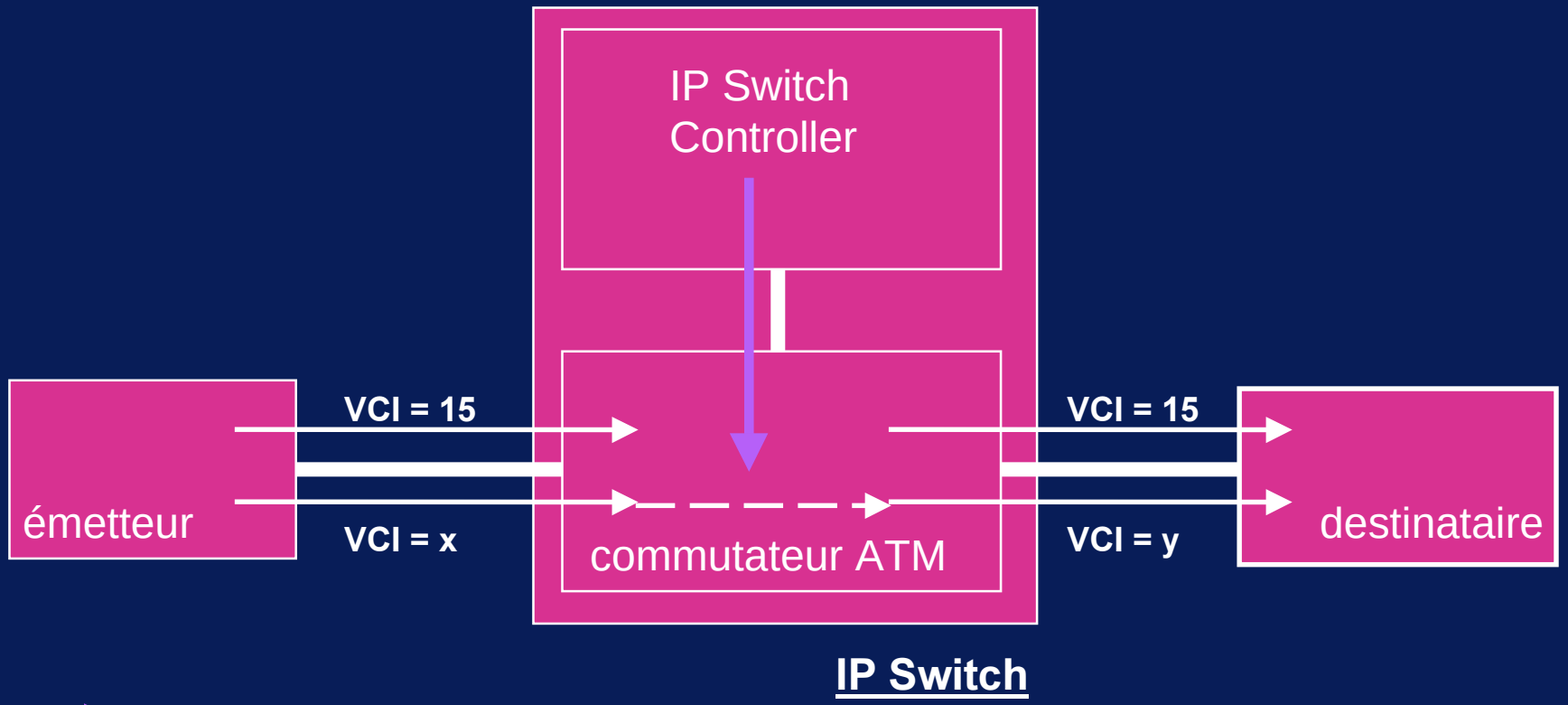
IP Switching d'Ipsilon



IP Switching d'Ipsilon

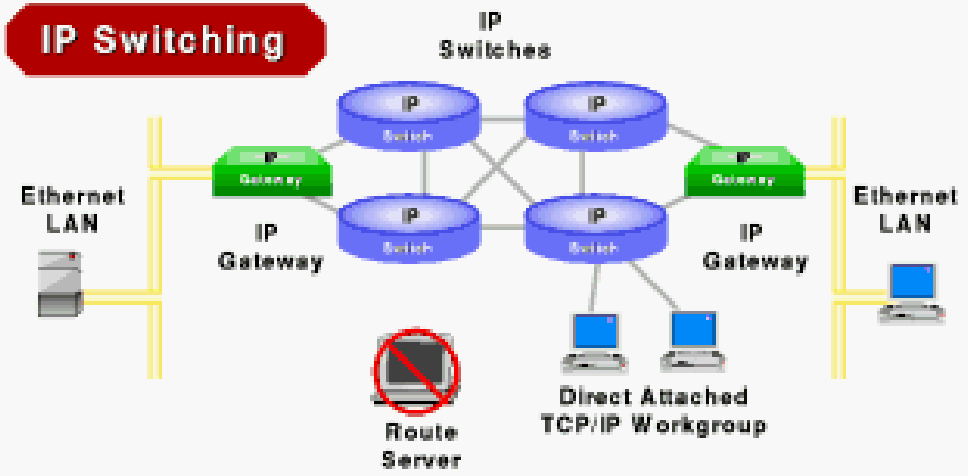


IP Switching d'Ipsilon

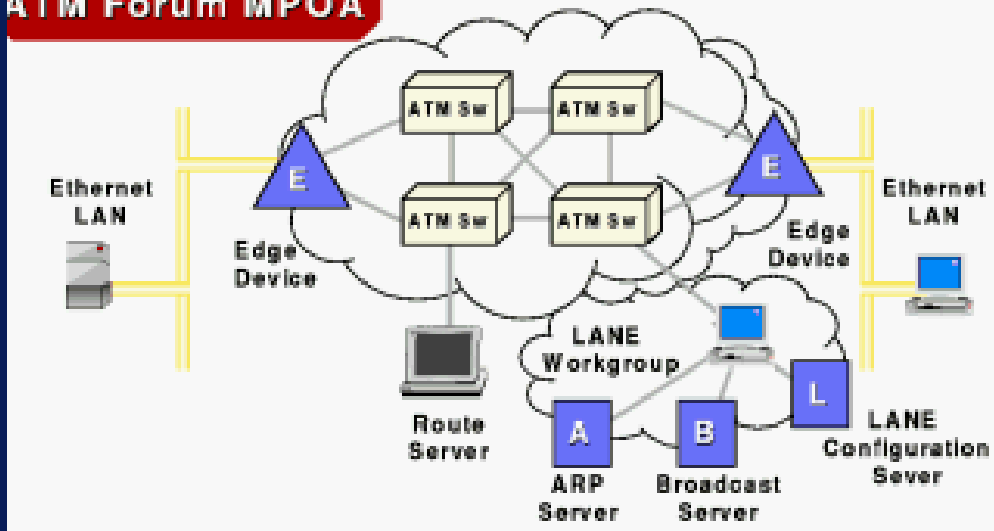


Avoiding the Unnecessary Complexity of the ATM Forum MPOA

IP Switching



ATM Forum MPOA



Ipsilon Advantages

- No ATM cloud, all IP protocols
- No duplication of routing functionality
- No centralized route server
- No complex, untested protocols
- Complete end-to-end IP mgt
- MPOA implementations are vendor-dependent
- Scalable

IPSILON

Autres RFCs : Ipsilon

- RFCs d'information
- Produit Ipsilon : IP Swith (www.ipsilon.com)
  - Routeur qui devient switch ATM / Flot IP
  - Performance routage IP x 5 et prix bas
  - Ipsilon : standarts ATM Forum trop complexes
- RFC1953 : Ipsilon Flow Management Protocol Specification for IPv4
  - Noeud ATM ---> Noeud ATM adjacent : attache un flot IP a un VPI-VCI, en supprimant les en-tête IP-TCP
  - Flot : datagrammes ayant les mêmes adresses d'origine et de destination, idem + mêmes numéros de port origine et destination.
- RFC1954 : Transmission of Flow Labelled IPv4 on ATM Data Links Ipsilon
  - Comment encapsuler la partie data des datagrammes IP d'un flot dans les PDU ATM

Autres RFCs : Ipsilon

- RFC1987 : Ipsilon's General Swith Management Protocol Specification (GSMP)
- Messages ALL-5 LLC/SNAP VPI=0, VCI=15
- Station de contrôle ---> Switches
  - Administration des connexions entre les ports du switch : établir, détruire, modifier, vérifier
  - Administration des ports : mettre en service, arréter, mettre en boucle, réinitialiser
  - Statistiques : activité récente des VC, des ports, compteur d'erreurs, ...
  - Configuration : pour obtenir les caractéristiques et fonctionalités du switch (hard, version du soft, état des liaisons, numéros de VP et VC utilisables, ...)
- Switch ---> Station de contrôle
  - alarme : port up/down, ...

MultiProtocol Label Switching

- Cette solution consiste à associer une route de niveau 3 à un chemin établi au niveau 2 : cette association est matérialisée par un label ou tag associé au paquet à transmettre
- Un travail de création de tables associant les labels aux chemins de niveau 2 est effectué à priori dans tout le réseau de routeurs et commutateurs
- Le routeur d'entrée du réseau affecte le label au paquet en fonction de la route qu'il doit emprunter
- Les routeurs et commutateurs traversés ensuite ne font que commuter en fonction du label trouvé dans le paquet, cette fonction pouvant être réalisée par des processeurs spécialisés

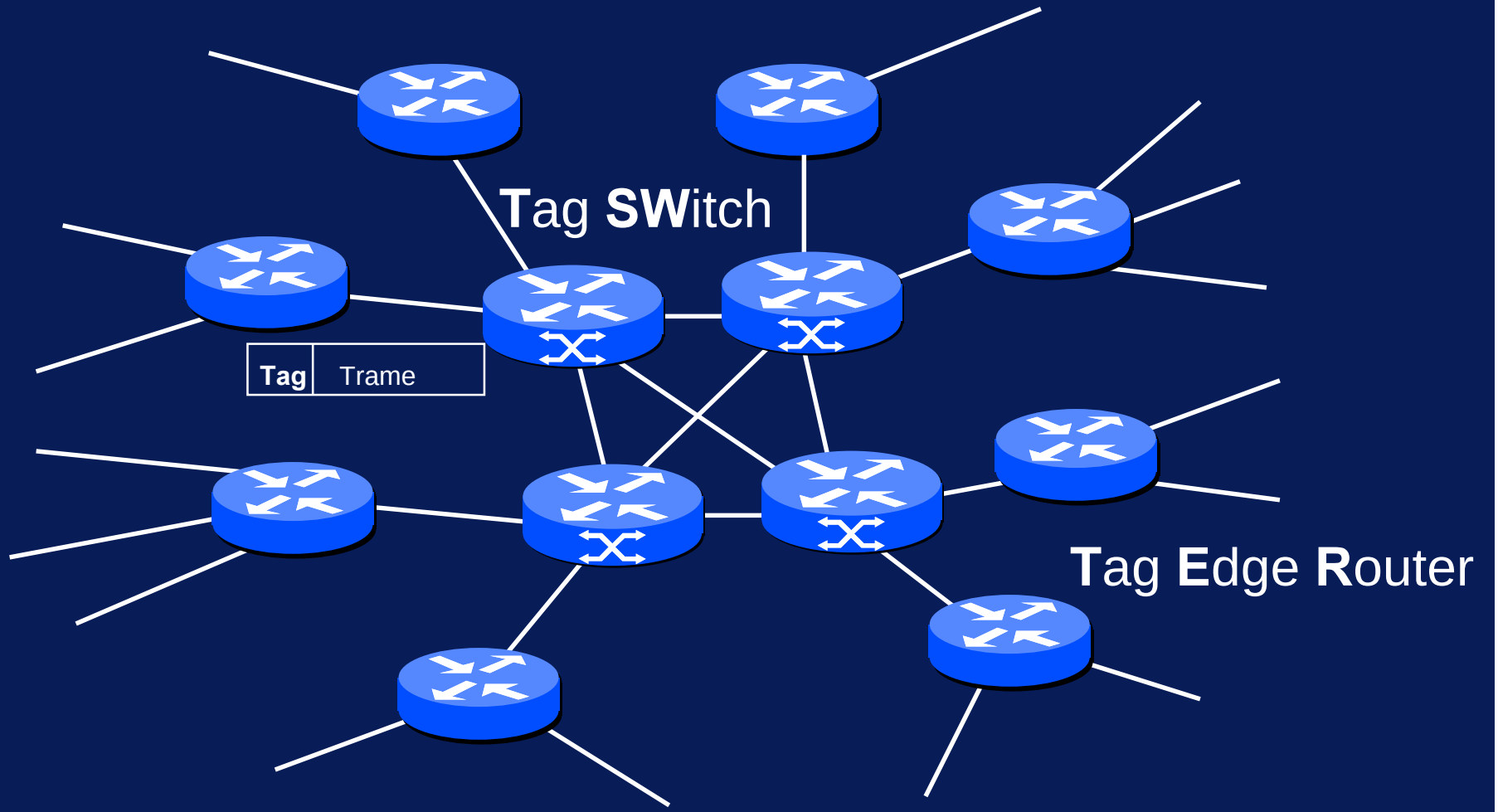
MultiProtocol Label Switching

- **Labels :**
  - le label peut être mis dans un header rajouté à la trame
  - il peut être constitué d'un numéro de circuit virtuel ATM
  - il peut occuper un champ particulier de la trame (IPv6)
- **Chemins de niveau 2 :**
  - un chemin par route depuis chaque routeur (Tag Switching de Cisco)
  - un chemin par routeur de sortie du réseau, commun à toutes les routes accessibles par ce routeur (ARIS d'IBM)

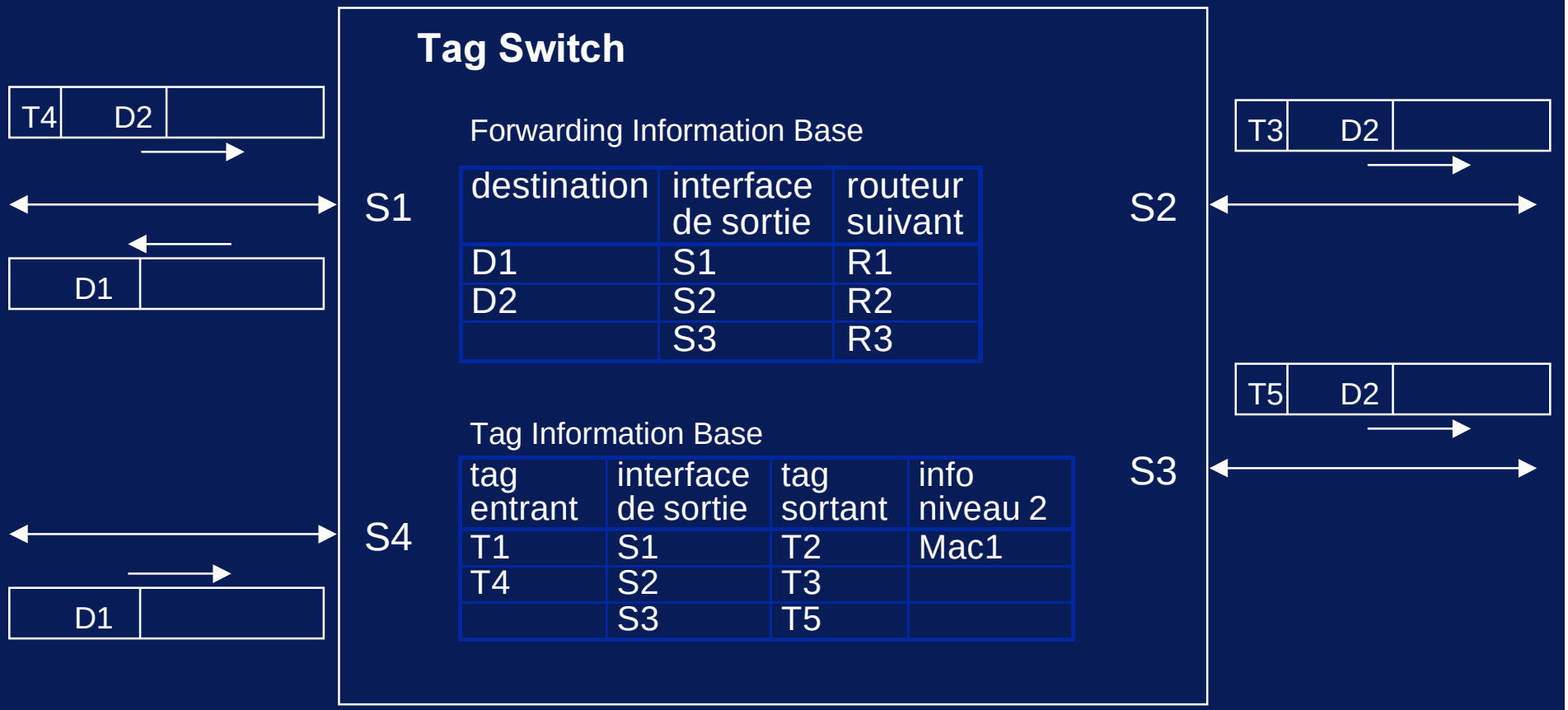
Tag Switching de Cisco

- Tag Switching propose de rajouter des étiquettes (Tags) à tous les paquets devant traverser un réseau
- des tables de routage sont construites dans les Tag Edge routeurs et dans les Tag Switches, elles associent un tag à chaque route
- les Tag edge routeurs analysent l'en-tête des paquets et leur collent un tag en fonction de leur route
- à chaque saut entre deux Tag Switches est associé un tag, les Tag Switches commutent les paquets en fonction du tag "entrant" et remplacent celui-ci par le tag "sortant"

Tag Switching de Cisco



Tag Switching de Cisco



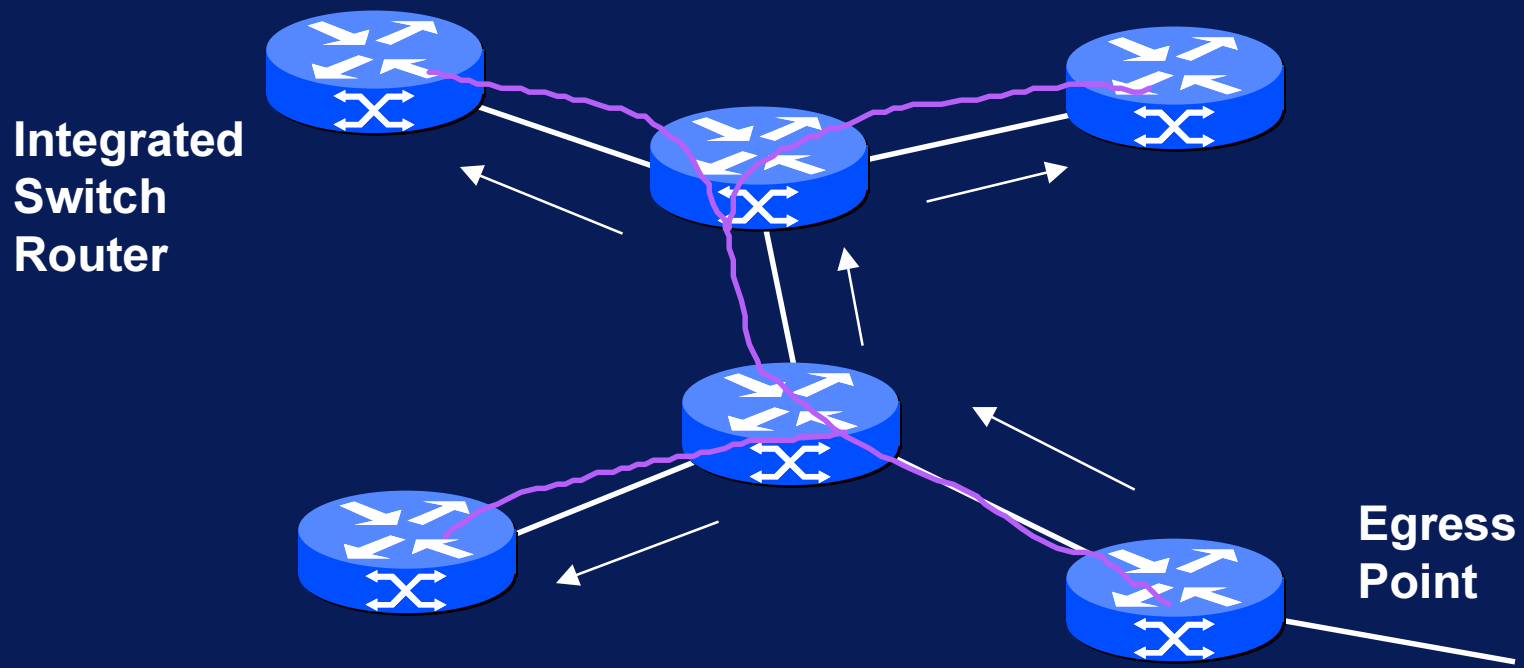
Tag Switching de Cisco

- où met-on le tag ?
  - dans un header supplémentaire entre H2 et H3
  - dans le header 2 (VPI/VCI par ex)
  - dans le header 3 (Flow label de IPv6 par ex)
- à quoi peut être associé le tag ?
  - à un groupe de routes (préfixe)
  - à un flot
  - à un arbre multicast

ARIS d'IBM

- Aggregate Route-based IP Switching
- ARIS fonctionne entre des Integrated Switch Router, qui comportent une fonctionalité de routeur et une fonctionalité de commutation atm associées
- l'établissement des circuits virtuels est basé sur le routage vers les Egress Points, points de sortie du réseau
- chaque Egress Point est à l'origine de la création d'un arbre de CVs convergeant vers lui depuis tout point d'entrée dans le réseau ; le protocole d'établissement fonctionne comme pour Reverse Path Multicast

ARIS d'IBM



MultiProtocol Label Switching

Solution	MPLS
Schéma théorique	les routeurs créent des chemins commutés associés aux routes qu'ils connaissent
Avantages	la commutation se fait sur un label court par un circuit spécialisé
Inconvénients	protocole spécifique pour la diffusion des chemins et labels ; activité de création de chemins à priori
Routage	adapté aux réseaux importants (Wan, Man)
Débits	adapté aux débits élevés
Qualité de service	RSVP
Disponibilité	standardisation prévue pour 98
Coût	?
Exemples	projeté par IBM, Cisco

Problèmes IP sur ATM

- Perte d'une cellule ---> perte du datagramme
- IP trafic ABR (Best effort) ---> nécessité de lissage, contrôle de flux
- Pas de SVC au catalogue de FT
- Lacunes de RFC1577 :
  - Un seul serveur ARP (adresse codée "en dur" dans les stations)
  - Pas de broadcast ou multicast IP
  - Passage par un routeur pour communiquer entre 2 LIS
- QoS / RSVP
- Pas de multicast-broadcast en natif dans ATM

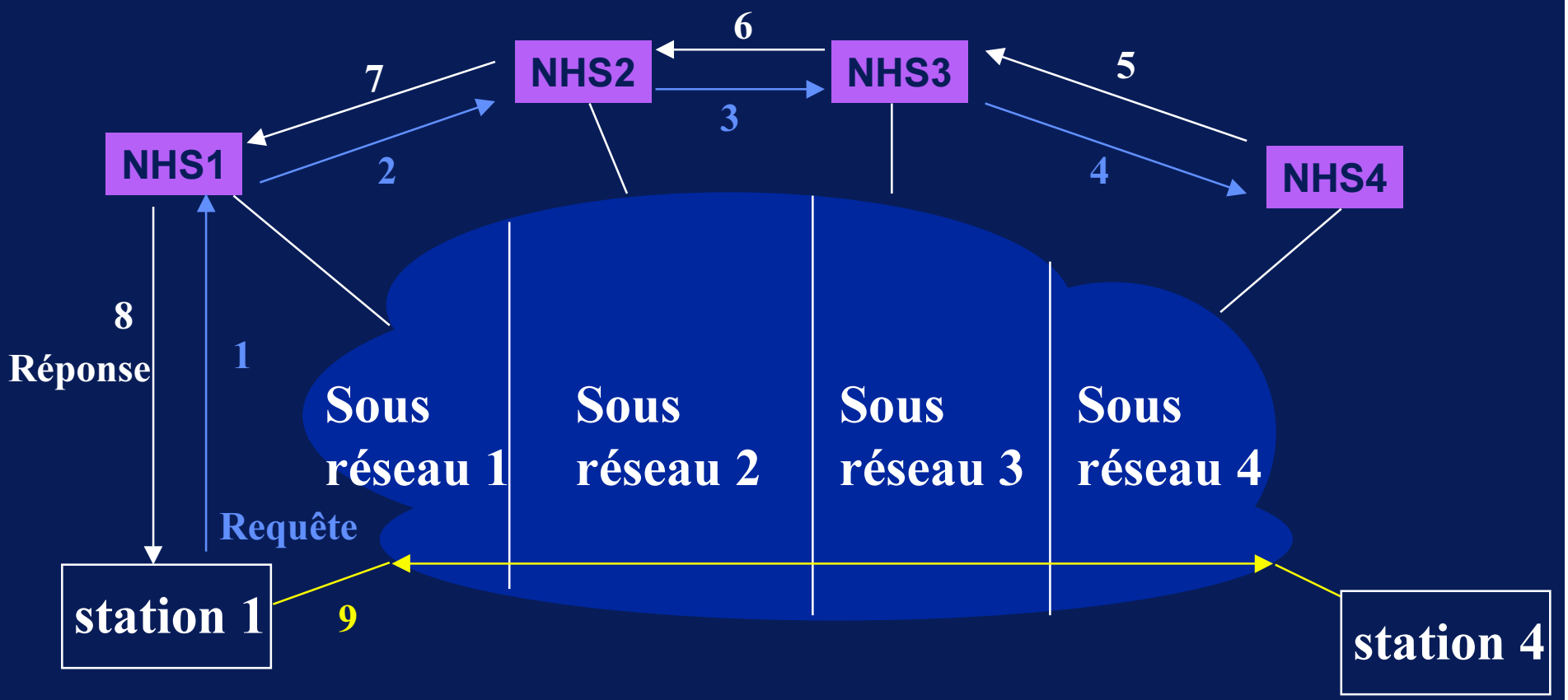
Evolutions : NHRP

- Pour résoudre le problème de classical IP : Communication entre 2 LIS via un routeur
- Solution IETF (ROLC Routing Over Large Clouds WG) : NBMA (Non Broadcast Multiple Access) Next Hop Routing Protocol (draft-ietf-rolc-nhrp-09.txt)
- Un réseau (ATM) = n sous-réseaux IP
- ARP server ---> NHS Next Hop Server
- 1 sous-réseau IP : 1 NHS (config simple)
- Requêtes NHRP : directement encapsulées dans ATM

Evolutions : NHRP

- **Station :**
  - Connaît son (ses) NHS (config manuelle, ...)
  - Connexion : se déclare à son (ses) NHS
- **NHS :**
  - Table @ IP - @ ATM
  - @ des autres NHS appris :
    - » statiquement (manuel)
    - » protocole de routage"classique"
- **Requête ARP :**
  - Station ---> NHS
  - Si l'adresse non connue le NHS interroge un autre NHS ...

Evolutions : NHRP



Evolutions : NHRP

- Nombreuses fonctionnalités :
  - La station peut envoyer son paquet vers un "default router" classique en même temps que la requête NHRP ARP
  - Les NHS gèrent des caches pour les adresses "extérieures"
  - Route record (équivalent de traceroute)
- Un routeur devrait toujours être NHS
- Non résolu :
  - Multicast et broadcast
  - Autoconfiguration
- Cohabitation stations NHRP et non NHRP : possible

Evolutions : MARS

- Multicast Address Resolution Server
- Sert un cluster de stations
- La diffusion peut être assurée par :
  - Un réseau multicast de stations
  - Un serveur multicast
- Equivalent d'un serveur ARP
  - Table des membres des groupes multicast

Evolutions : MARS
Modes opératoires

- Client (pour envoyer ou recevoir) : ouvre une connexion avec le serveur MARS et indique qu'il veut communiquer avec un groupe multicast
- Serveur MARS répond au client :
  - Si pas de station enregistrée dans le groupe : silence
  - Sinon : envoie la carte des serveurs multicast pour le groupe ou la liste des stations membres du groupe
- Client : ouvre une connexion point-multipoint (avec les stations) ou point à point avec le serveur multicast et envoie ses datagrammes
- Serveur multicast :
  - S'enregistre auprès du serveur MARS indiquant quels groupes multicast il sert
  - Reçoit la liste des stations des groupes multicast

UREC

Interconnexion de réseaux
MPOA

- ***MultiProtocol Over ATM***
  - Groupe de travail de l'ATM Forum
- Accélérer le développement des protocoles en mode natif sans perturber l'existant
  - améliorer l'existant
  - d'autres protocoles que IP
- Construit sur les standards de l'ATM Forum et de l'IETF

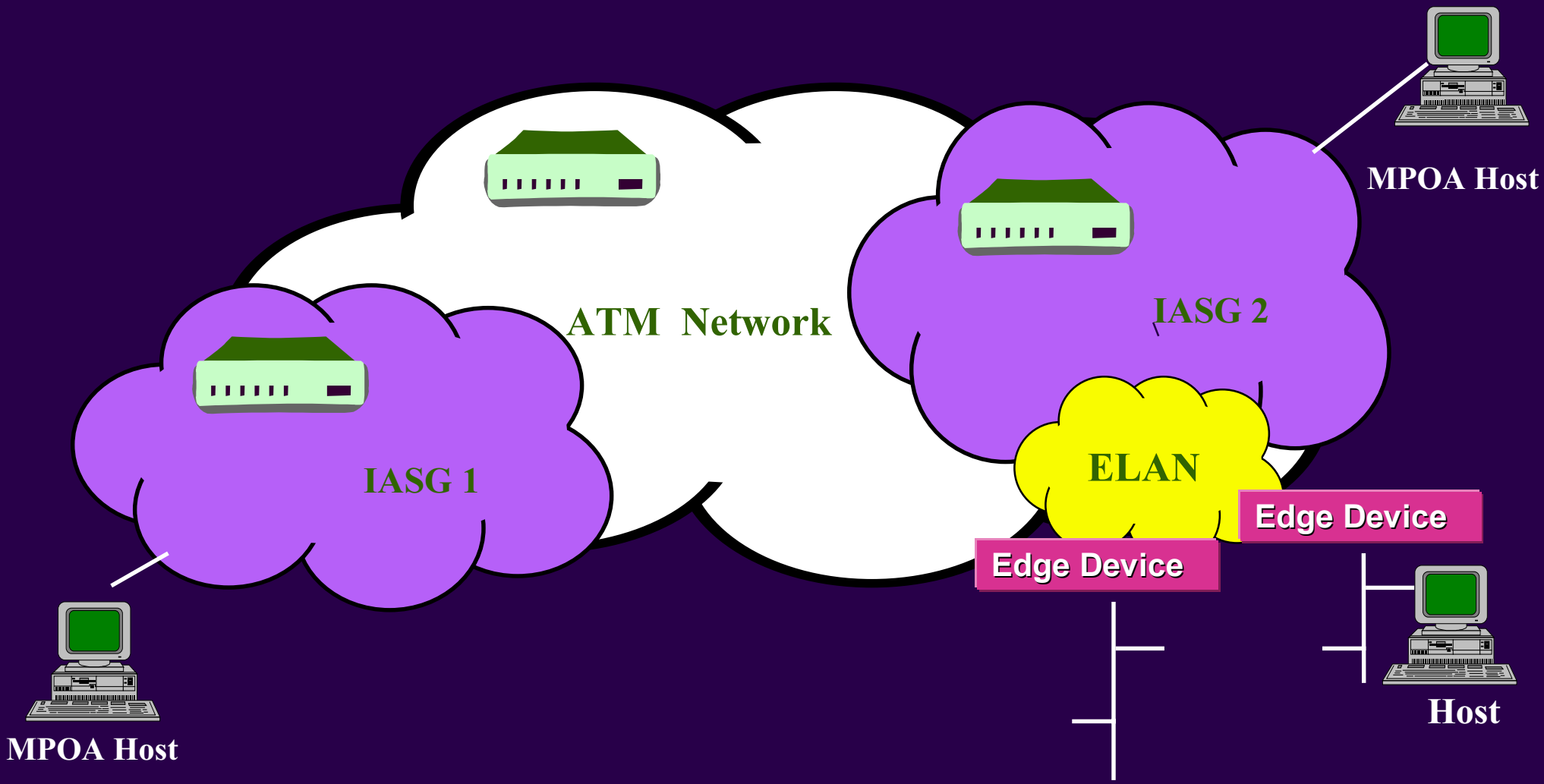
UREC

Interconnexion de réseaux MPOA

- **Grande idée novatrice**
  Séparer commutation et routage pour les protocoles de niveau 3
  - **accroître les performances du réseau.**
  - **réduire les coûts.**
- **Service de base : fournir une connectivité de bout en bout entre réseaux différents à travers des commutateurs ATM**
  - **des stations sont attachées aux commutateurs**
  - **des stations sont connectées à des réseaux traditionnels.**
- **Les éléments logiques de la solution sont des serveurs MPOA et des clients MPOA.**
  - **un équipement peut assurer plusieurs fonctions serveurs.**
  - **les flots d'informations entre ces composants utilisent des SVC avec l'encapsulation LLC/SNAP (RFC 1483).**

UREC

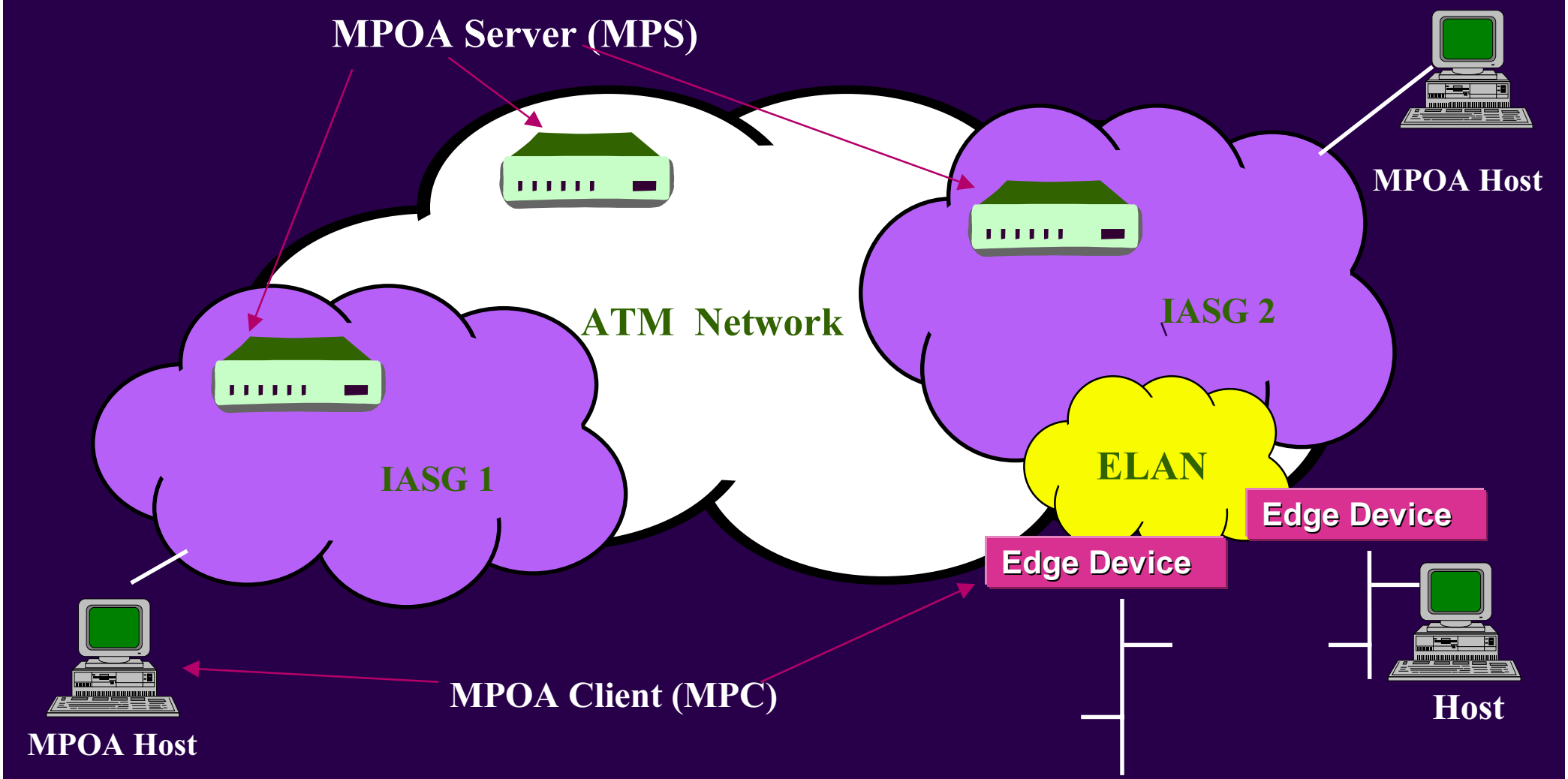
Interconnexion de réseaux MPOA



IASG : Internetwork Adress Sub Group

UREC

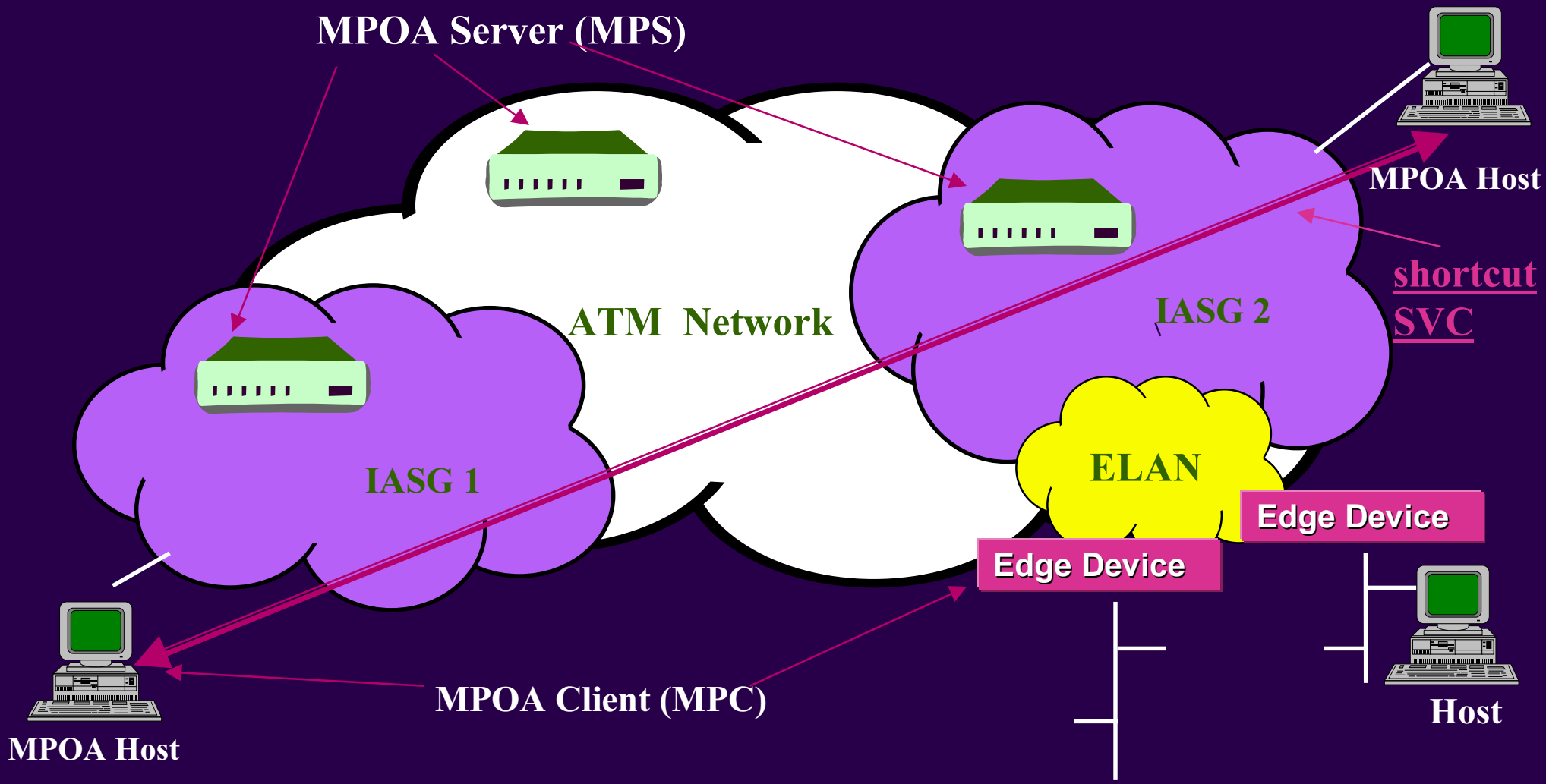
Interconnexion de réseaux MPOA



IASG : Internetwork Adress Sub Group

UREC

Interconnexion de réseaux MPOA



IASG : Internetwork Adress Sub Group

UREC

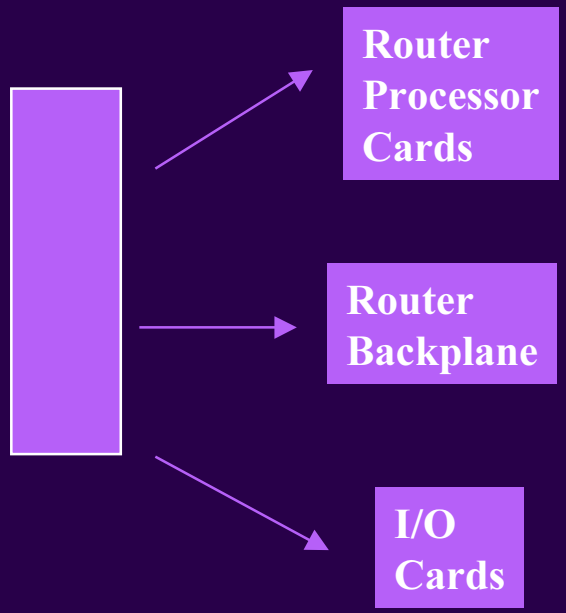
Interconnexion de réseaux MPOA

- Nouvelle vision des réseaux virtuels (VLAN)
  - Spécifications, vote final de l'ATM Forum, mise en oeuvre en 1997.
- VLAN actuels basés sur LANE (niveau 2)
  - routeur obligatoire pour l'interconnexion de VLAN.
  - pas de QoS.
- Commutation sur les adresses réseaux (niveau 3) et des attributs des couches supérieures.
  - minimisation du nombre de routeurs pour des communications entre VLANs
  - QoS d'ATM possible, les commutateurs interprètent et traitent les en-têtes des paquets.
    - » ex RSVP :Ressource Reservation Protocol for IP
- MPOA est bâti sur LANE, NHRP.
  - Mars doit être intégré.

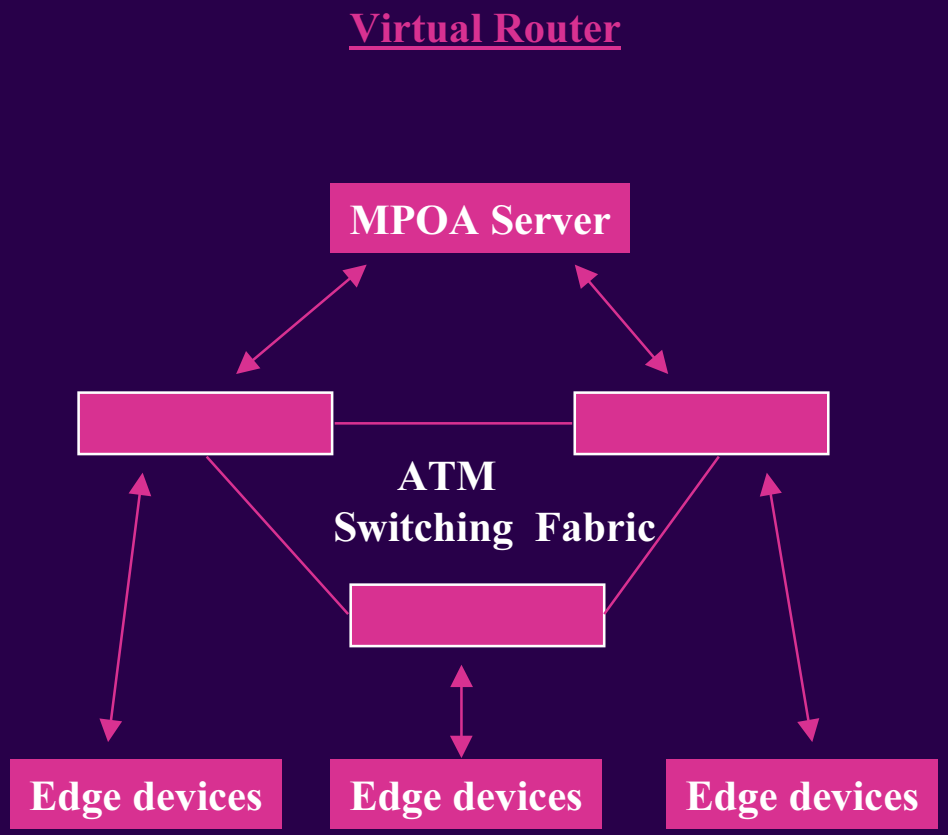
UREC

Interconnexion de réseaux MPOA "Virtual Router"

Routeur traditionnel



Interconnexion de réseaux MPOA "Virtual Router"

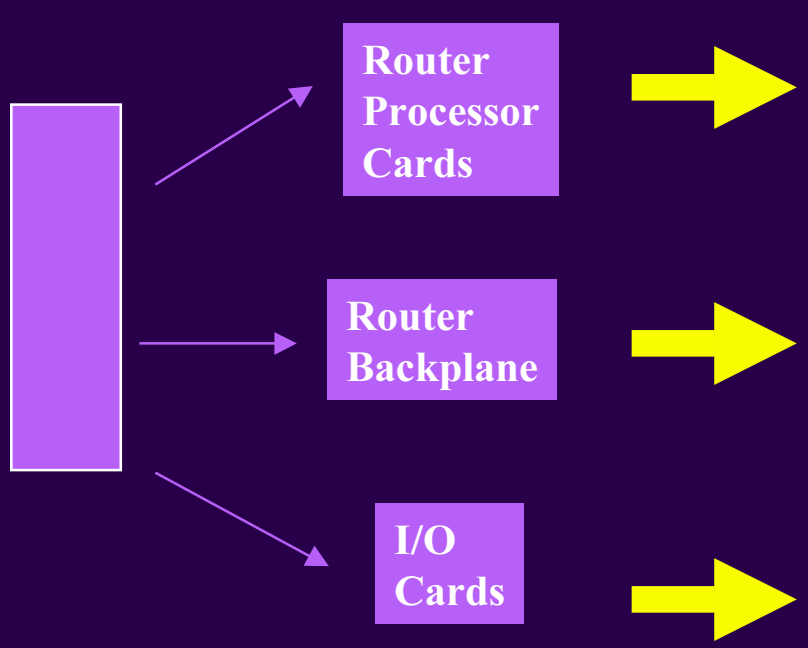


UREC

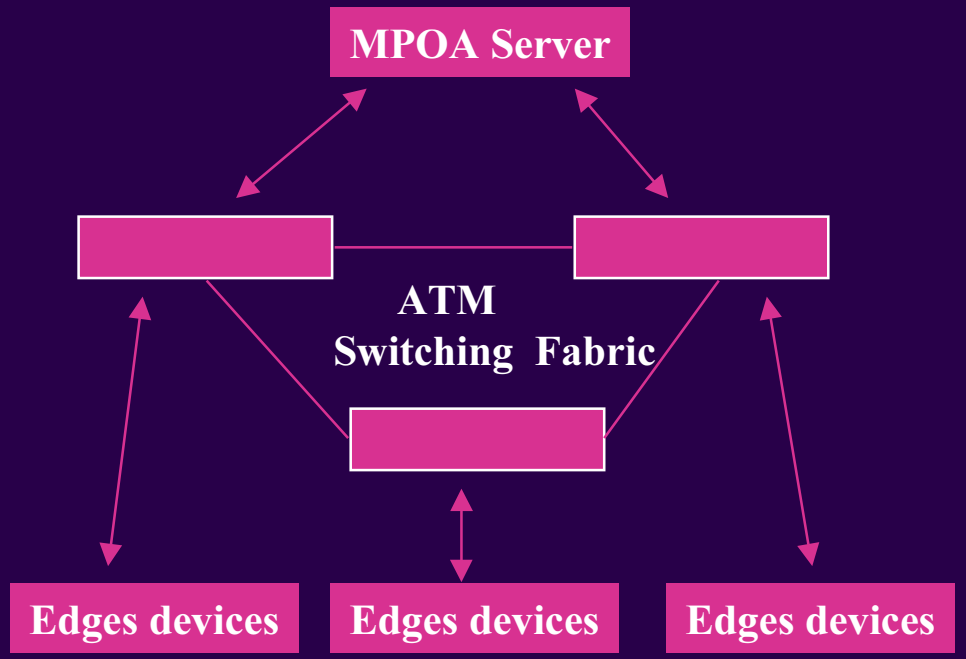
Interconnexion de réseaux MPOA "Virtual Router"

MPOA Router : Collection of functions that allow the mapping of network layer subnets to ATM
Informations : local network layer, MAC-layer, ATM address, routing tables

Routeur traditionnel



Virtual Router



Forwards packet between legacy LAN segmentsand ATM interfaces based on the destination network layer addressand MAC adress

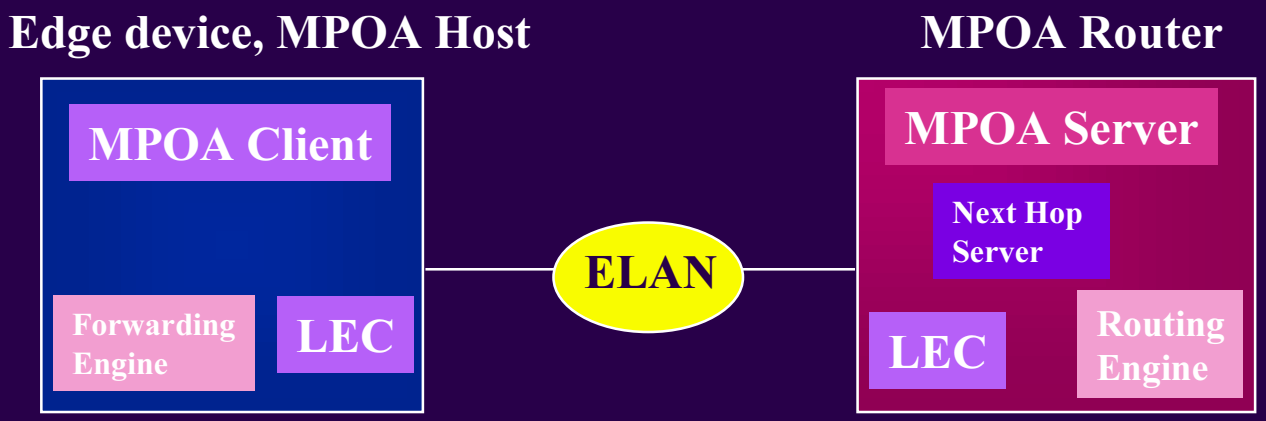
UREC

Interconnexion de réseaux MPOA "Virtual Router"

- Un ensemble de "MPOA servers" et de "MPOA Clients" constitue un *routeur virtuel*
  - centralisation du processus de traitement du routage.
  - un protocole de distribution de routes vers les commutateurs de niveau 3 qui effectuent la commutation.
    - » les "routes servers" supportent les protocoles de routage, fonction résolution d'adresses couche 3 / couche ATM.

- Architecture de MPOA : Equipements
  - » commutateurs ATM
  - » routeurs
  - » commutateurs de niveau 3 (Edge Device)
    - accès LAN et/ou WAN
  - » stations ATM

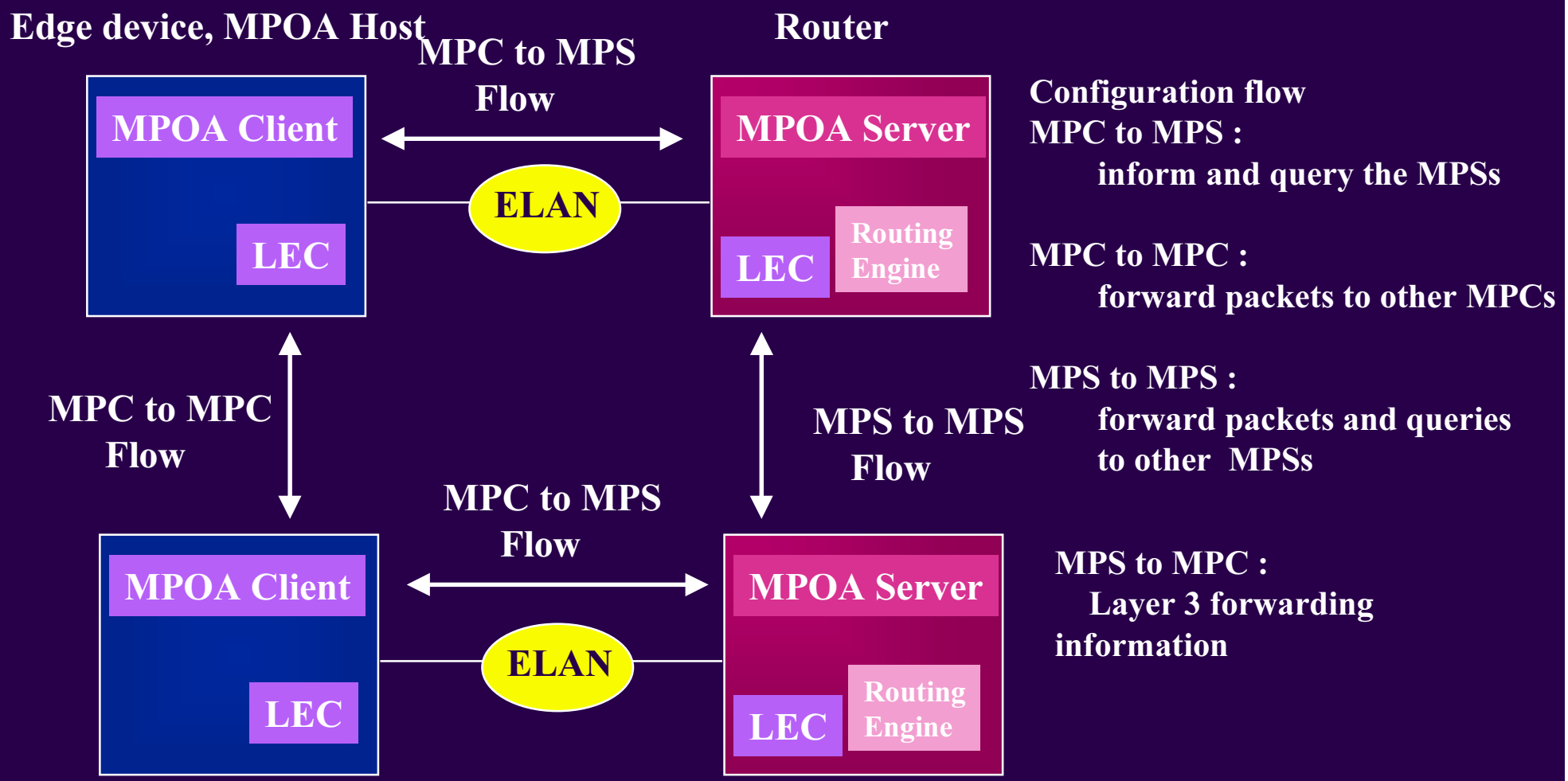
Interconnexion de réseaux MPOA "Virtual Router"



- Services MPOA
  - Configuration
  - Découverte : connaissance des autres et de leurs fonctions.
  - Trouver un destinataire : pour création de VC direct (shortcut).
  - Transfert de données en utilisant un chemin différent du chemin par défaut qui passerait par les MPS (shortcut).

UREC

Interconnexion de réseaux MPOA "Virtual Router"



Configuration flow
MPC to MPS :
inform and query the MPSs

MPC to MPC :
forward packets to other MPCs

MPS to MPS :
forward packets and queries to other MPSs

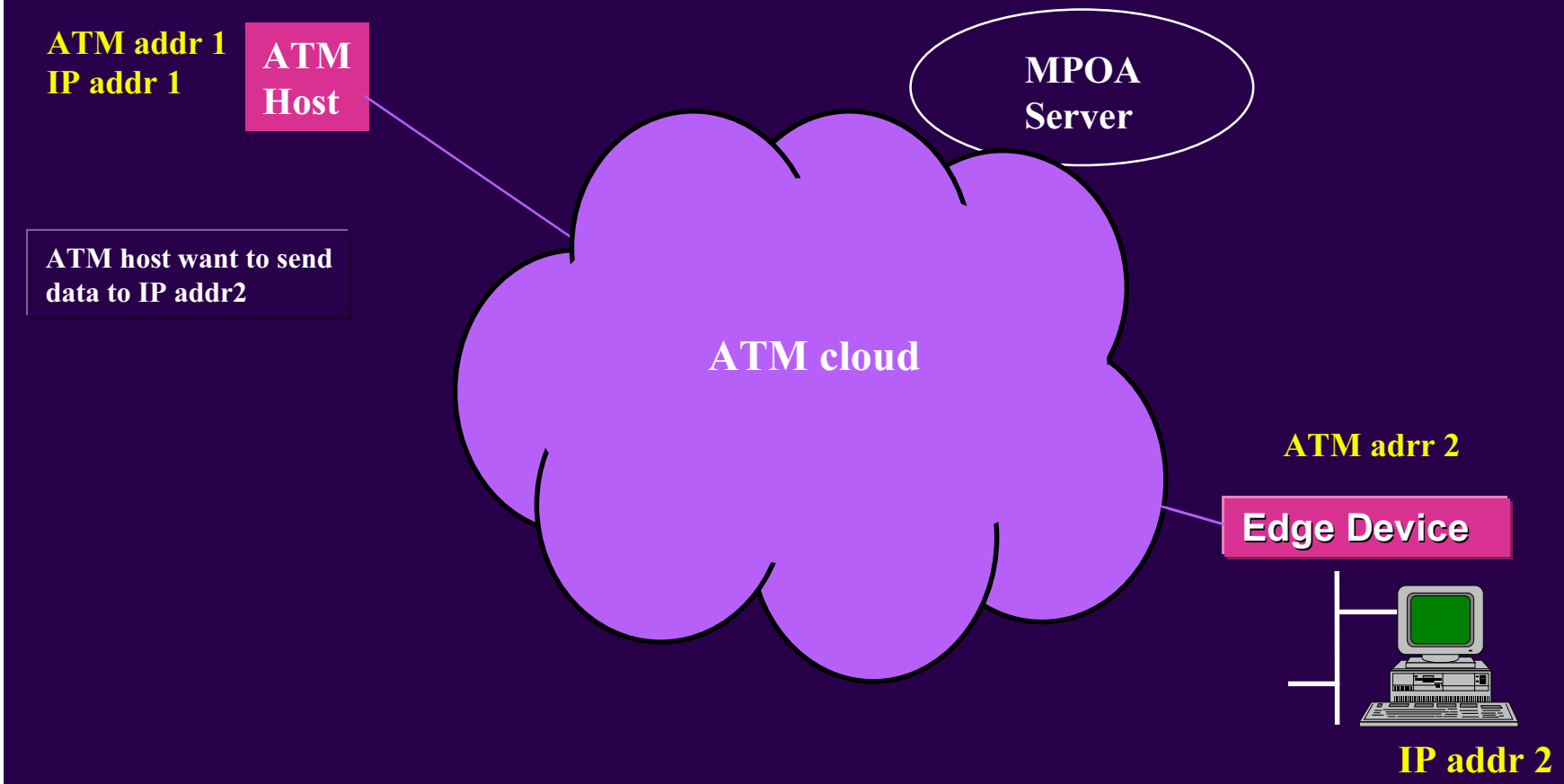
MPS to MPC :
Layer 3 forwarding information

UREC

Interconnexion de réseaux MPOA "Virtual Router"

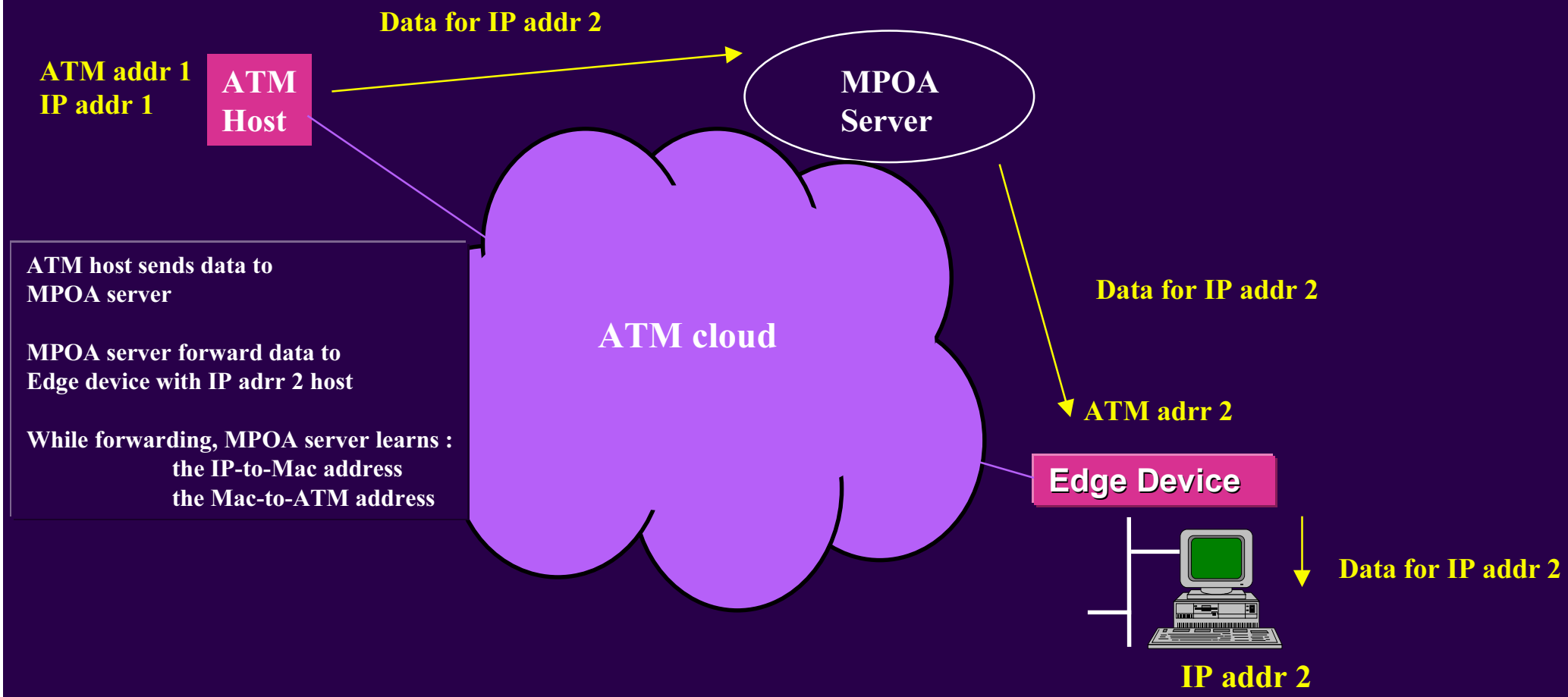
- **MPOA Client MPC**
  - *C'est le point d'entrée et de sortie pour le trafic utilisant les "shortcuts" inter-réseaux*
  - **Regarde les flux de trafic,**
  - **Envoie des requêtes à son serveur MPS pour recueillir des informations sur le destinataire ,**
  - **Cherche à établir un "shortcut "avec lui.**
  - **Stocke les informations dans un "cache"**
- **MPOA Server MPS**
  - *composant logique du routeur MPOA*
  - **Fournit des informations de "forwarding" au MPC,**
  - **Est en interaction avec le serveur NHRP et le processus de routagepour identifier un chemin représenté par l'adresse ATM et l'encapsulation de niveau 2.**

Interconnexion de réseaux MPOA "Virtual Router"

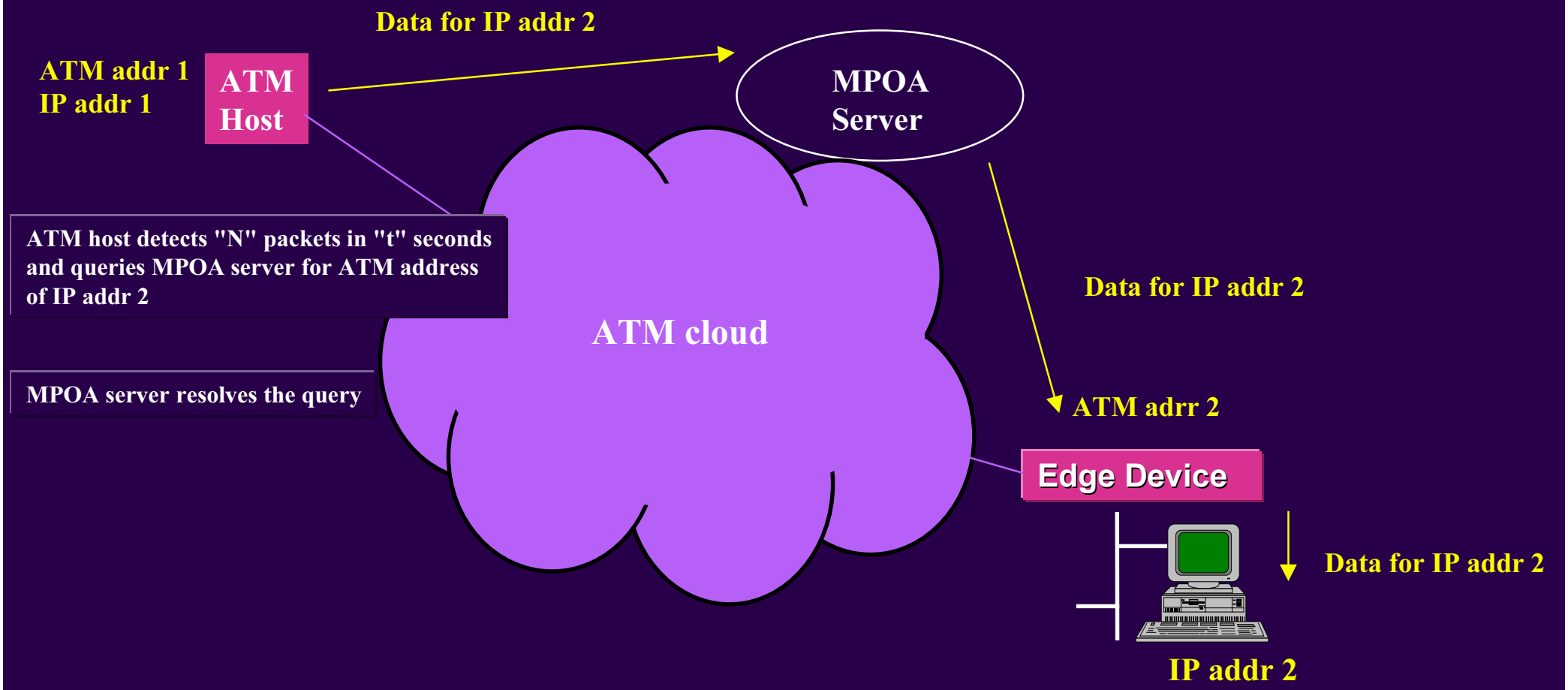


UREC

Interconnexion de réseaux MPOA "Virtual Router"

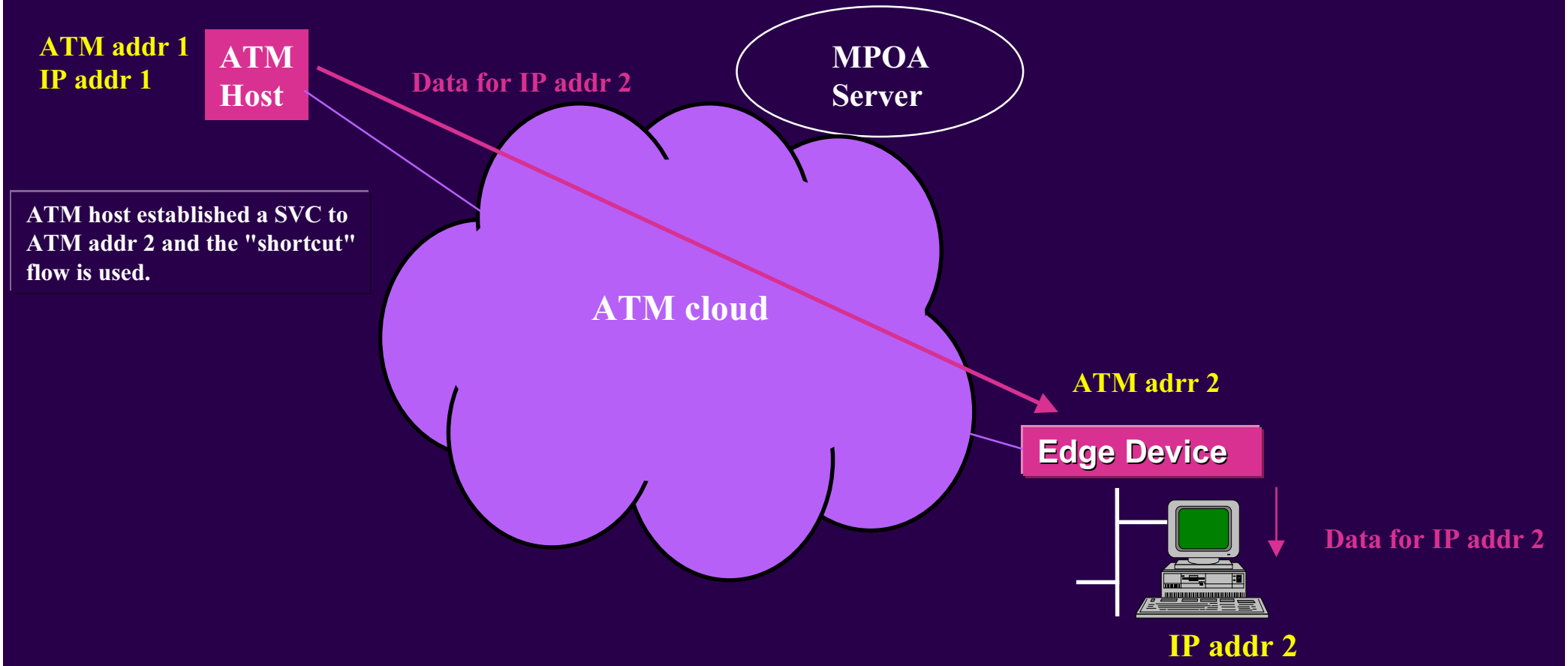


Interconnexion de réseaux MPOA "Virtual Router"



UREC

Interconnexion de réseaux MPOA "Virtual Router"



Solutions ATM

- L'investissement en réseau a été important : on ne peut pas jeter l'existant
- D'autres solutions nouvelles (100baseT, ...) existent et sont en cours d'installation
- Aujourd'hui les réseaux sont IP et les applications utilisent les interfaces de programmation IP pas les interfaces de programmation ATM
- ---> ATM doit utiliser l'existant et cohabiter
- Différentes stratégies existent pour intégrer ATM dans les réseaux actuels
- Besoins : bande passante, économie, multiservice, QoS (?)

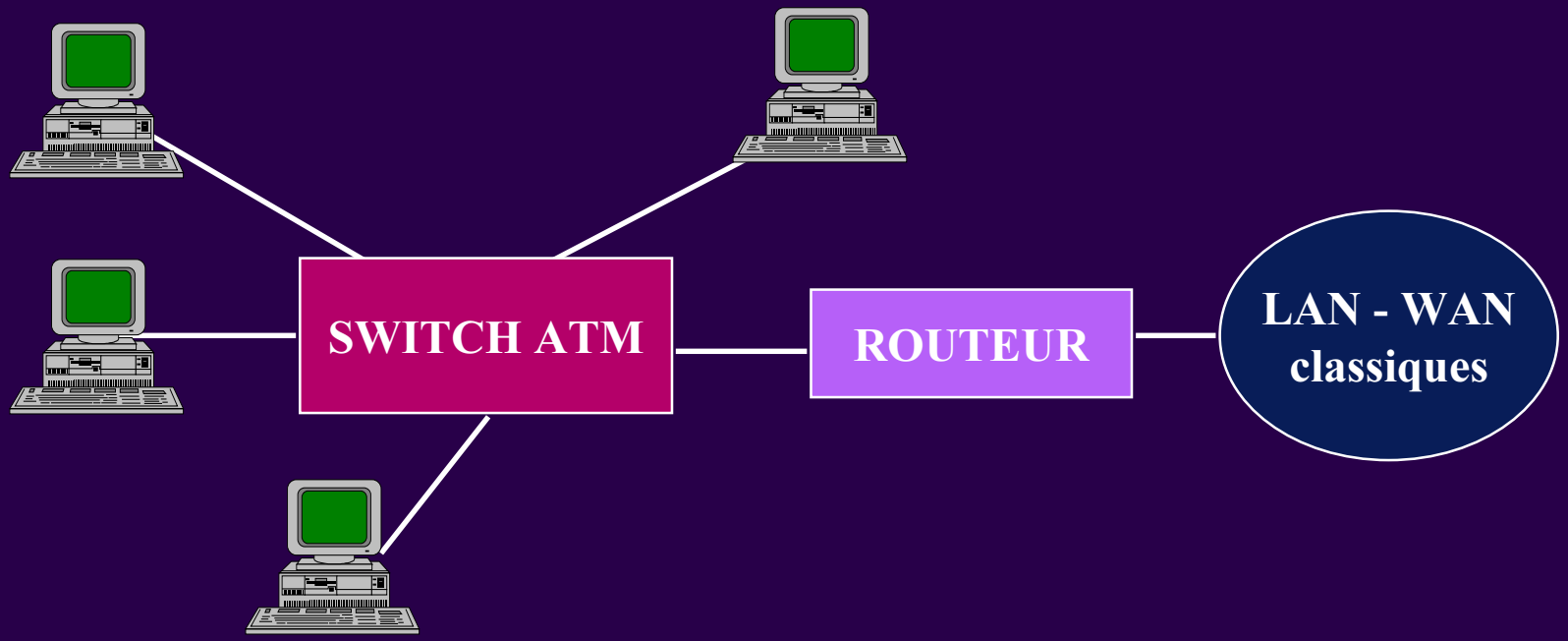
UREC

Les différentes architectures
Généralités

- Workgroup ATM (LAN)
- Réseau de routeurs connectés en ATM (WAN)
- LANE (Campus)
- Classical IP (Campus)
- De type MPOA
- Mixage

UREC

Workgroup ATM LAN



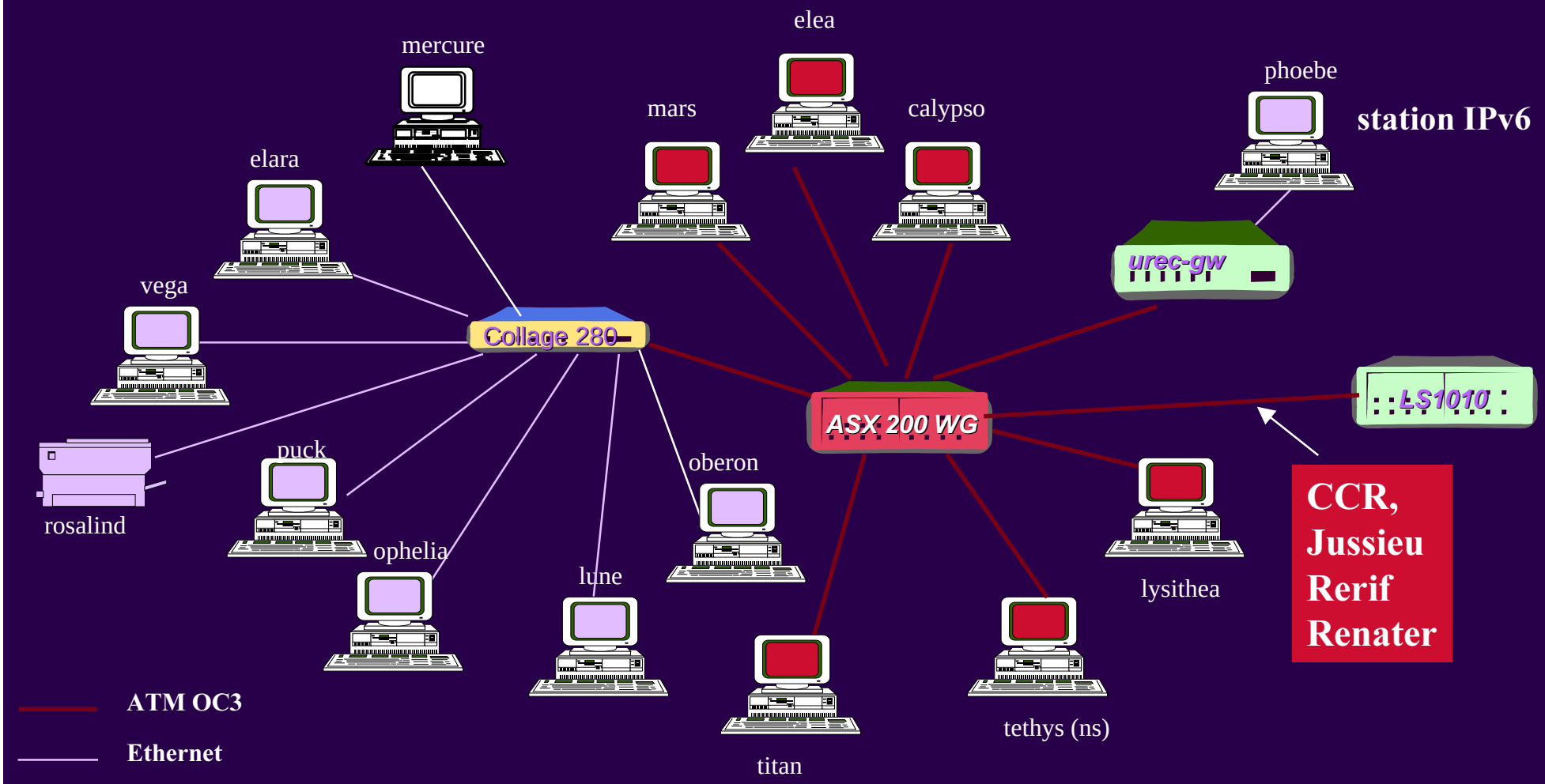
Workgroup ATM LAN

- Pour avoir de la bande passante entre un parc de stations et/ou pour certaines applications avec des contraintes fortes (temps réel, ...)
- Connexions possibles
  - ATM natives,
  - protocoles propriétaires,
  - classical IP.
- Apports
  - Bande passante
  - QoS
- Problème
  - Plus coûteux que des solutions à base d'Eth 100 M ou de commutation Eth

Architecture Réseau local UREC.

- **Intégration ATM et Ethernet : Q4 96**
  - **acquisition d'équipements 155 Mbps, 25 Mbps**
    - » **après des tests à travers de prêts :**
      - **cartes , "edge device", commutateurs.**
  - **réseau bâti sur LANE 1.0 pour l'ensemble.**
  - **réseau Classical Ip pour les stations Sun.**
  - **raccordement au réseau de Jussieu**
    - » **voir Mirihade.**

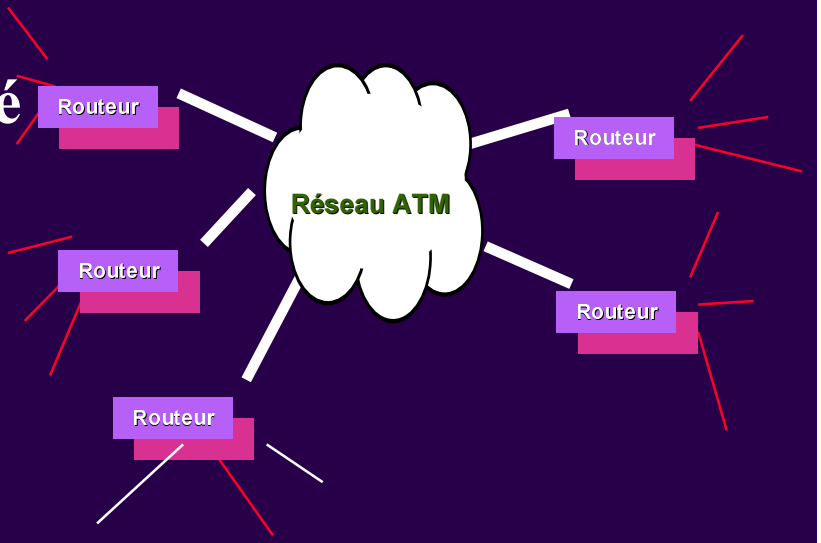
Architecture Réseau local UREC



UREC

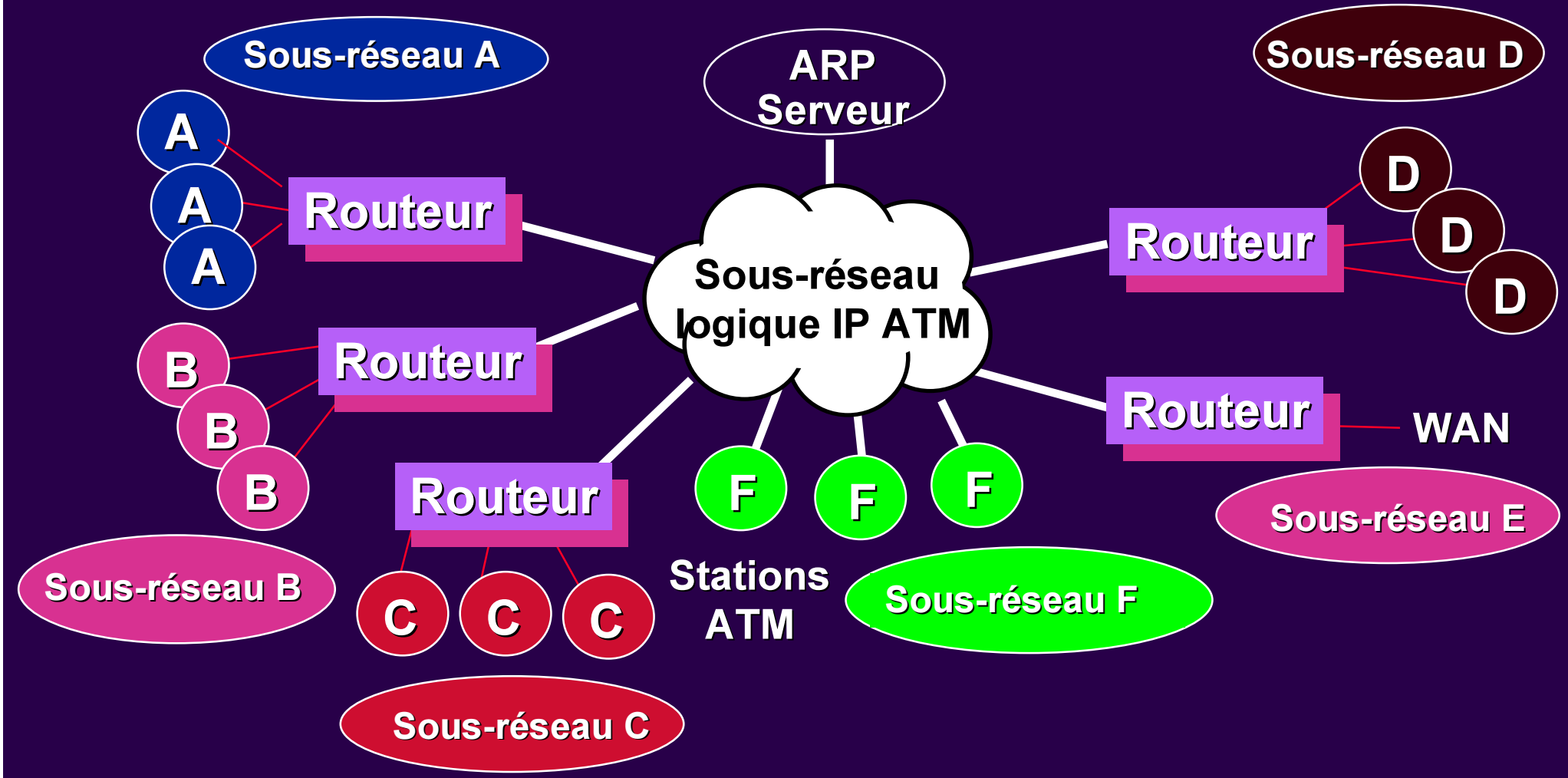
Réseau de routeurs connectés en ATM

- Routeurs ATM dans un réseau maillé
  - PVC suffisants
  - Encapsulation LLC/SNAP (RFC 1483)
- Equivalent d'un ensemble de LS
- Apports
  - Performances du réseau fédérateur
  - Possibilité de toutes les bandes passantes possibles sur WAN
- Problèmes
  - Aucune station connectée au réseau ATM : pas de QoS pour les applications
  - Goulot d'étranglement au niveau des routeurs
  - Aucun dynamisme : sur-dimensionner
  - Les routeurs doivent faire du "traffic shaping"



UREC

Classical IP Campus

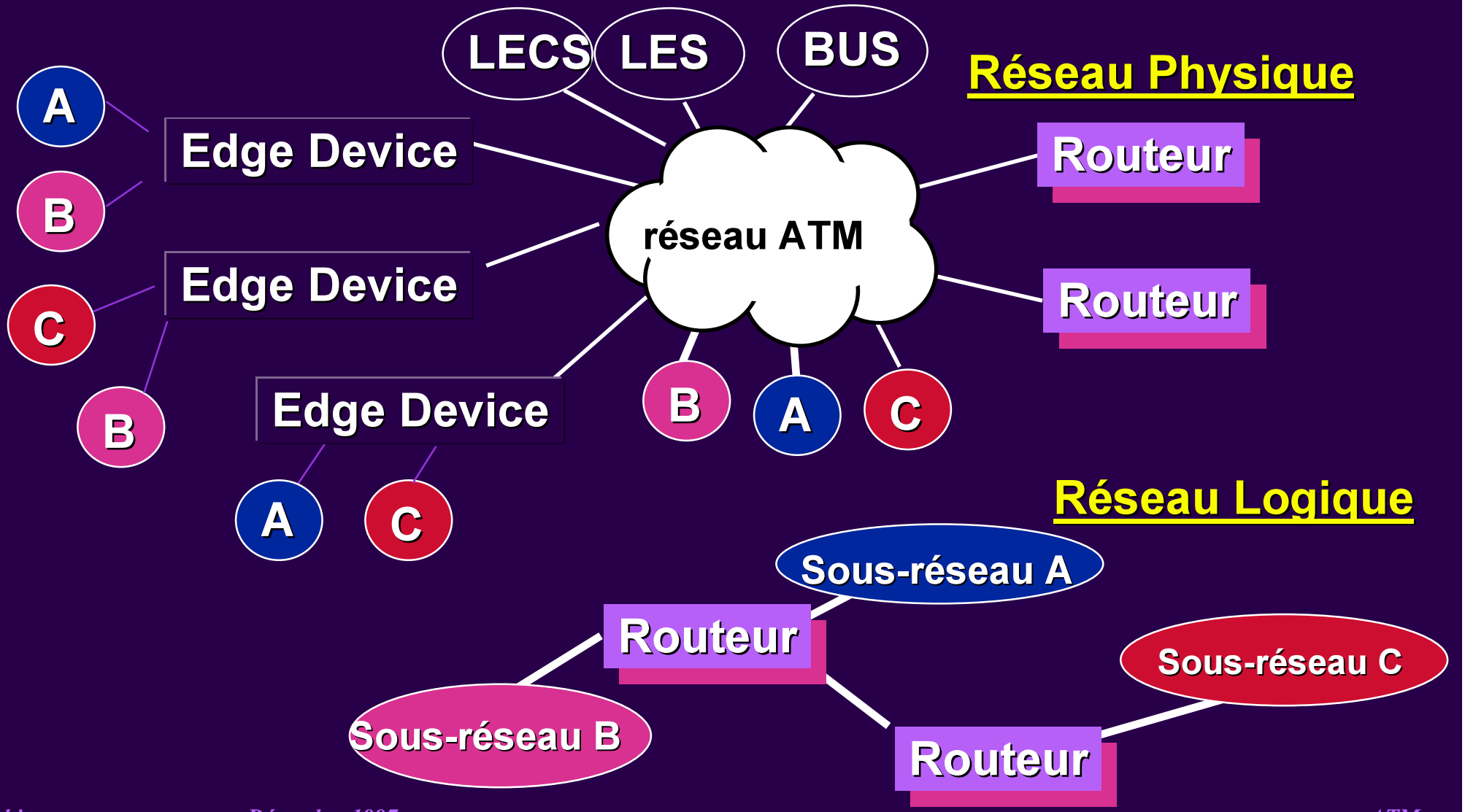


Classical IP Campus

- Ne circule sur ATM que du trafic IP (RFC 1577)
- Apports
  - Plus grande efficacité au niveau du protocole IP
  - MTU flexible
  - Simple et conforme au modèle IP
- Problèmes
  - Des routeurs sont toujours nécessaires pour interconnecter des sous-réseaux ATM : goulots d'étranglement
  - Pas de connexion ATM native entre stations
  - Coût de connexion des réseaux existants élevé
  - Pas de mécanisme de broadcast ou multicast
  - Limité à IP

UREC

LANE
Campus

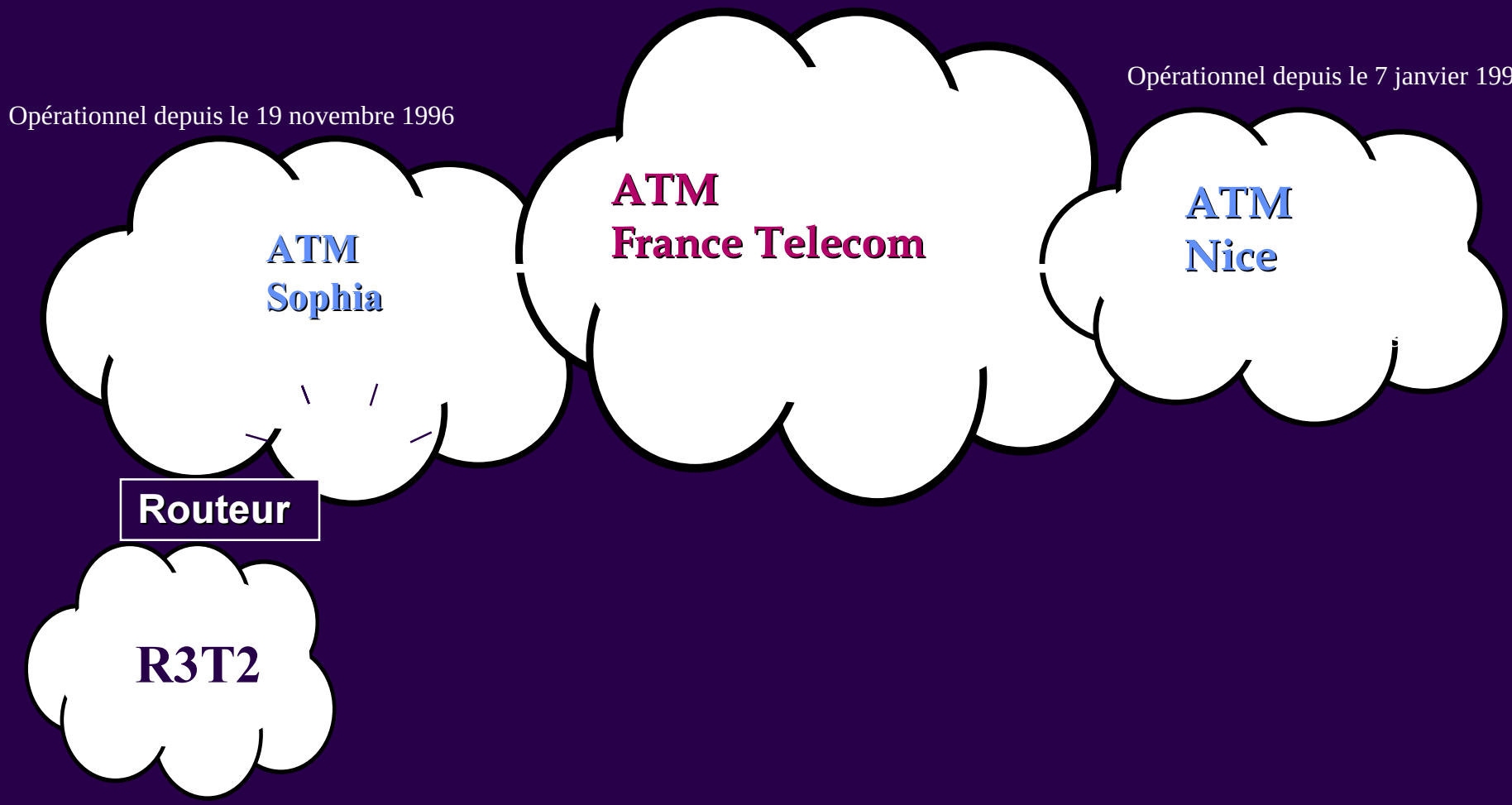


LANE
Campus

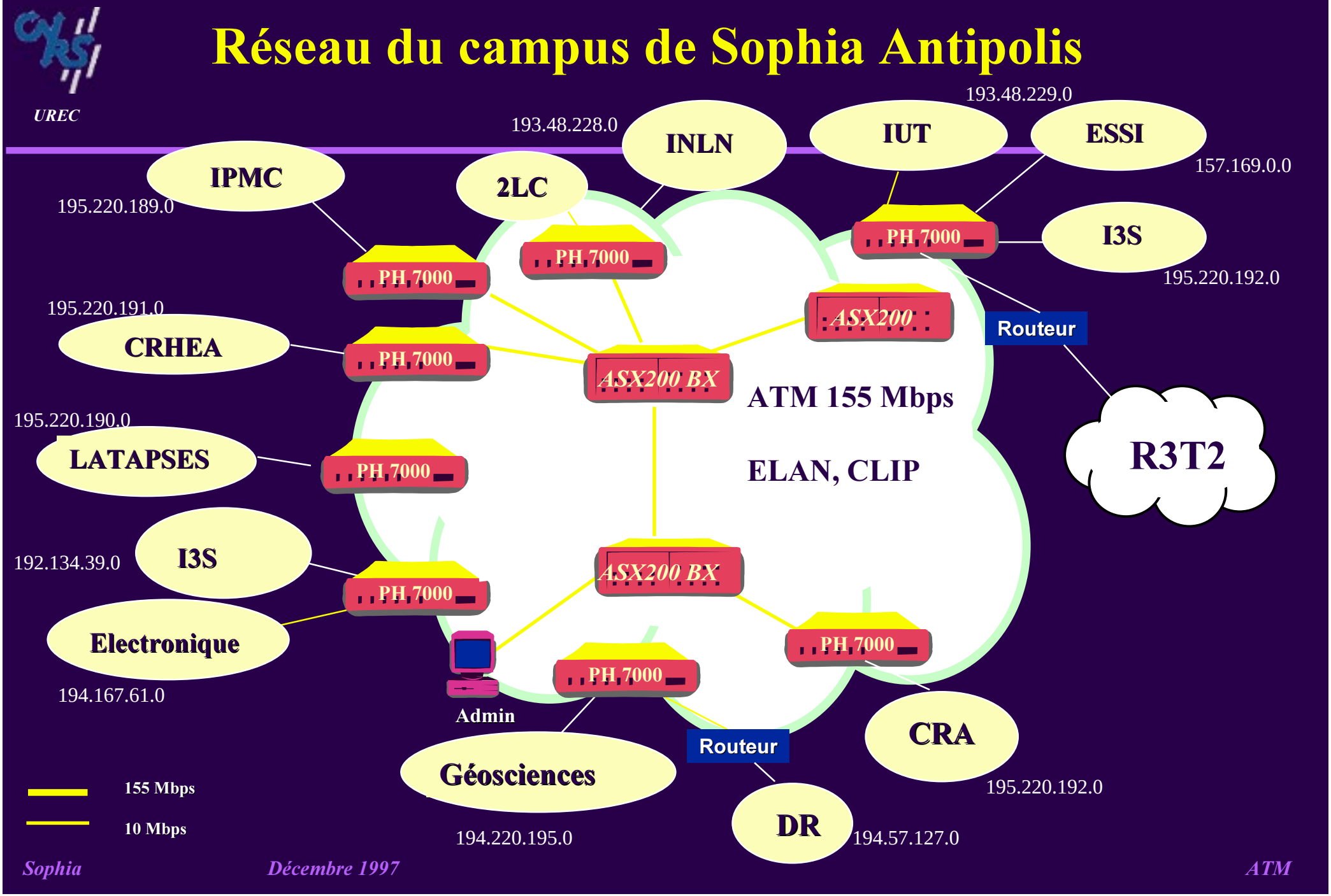
- ATM est un backbone de niveau 2 équivalent à n segments Eth ou TR, avec une possibilité de plusieurs réseaux logiques de niveau 2
- Apports :
  - Permet aux réseaux Ethernet et Token Ring d'utiliser une infrastructure ATM sans modification sur les stations
  - Cartes et "ponts" aisés à construire : rapidement sur le marché
  - Connexions de stations directement sur ATM mais pas de QoS
  - Broadcast-multicast possible
- Problèmes :
  - Le routeur est incontournable entre différents sous-réseaux IP
  - Performances médiocres : goulots d'étranglement, temps de latence important, ajout de "broadcast", surcharge due au protocole
  - Le MTU est limité à celui du réseau Ethernet
- Solution provisoire ?

UREC

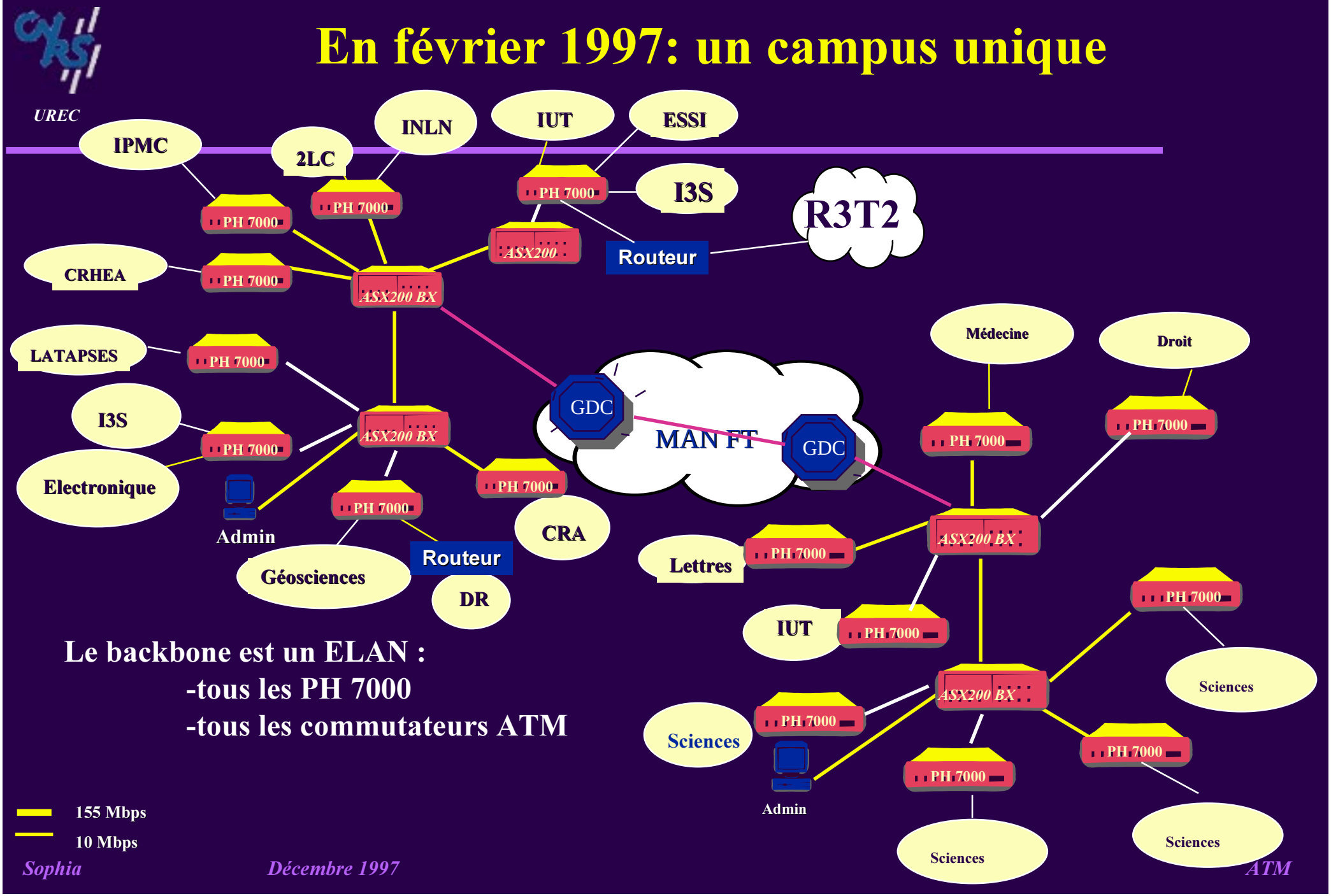
Réseau des campus CNRS/UNSA Sophia-Antipolis Nice



Réseau du campus de Sophia Antipolis



En février 1997: un campus unique

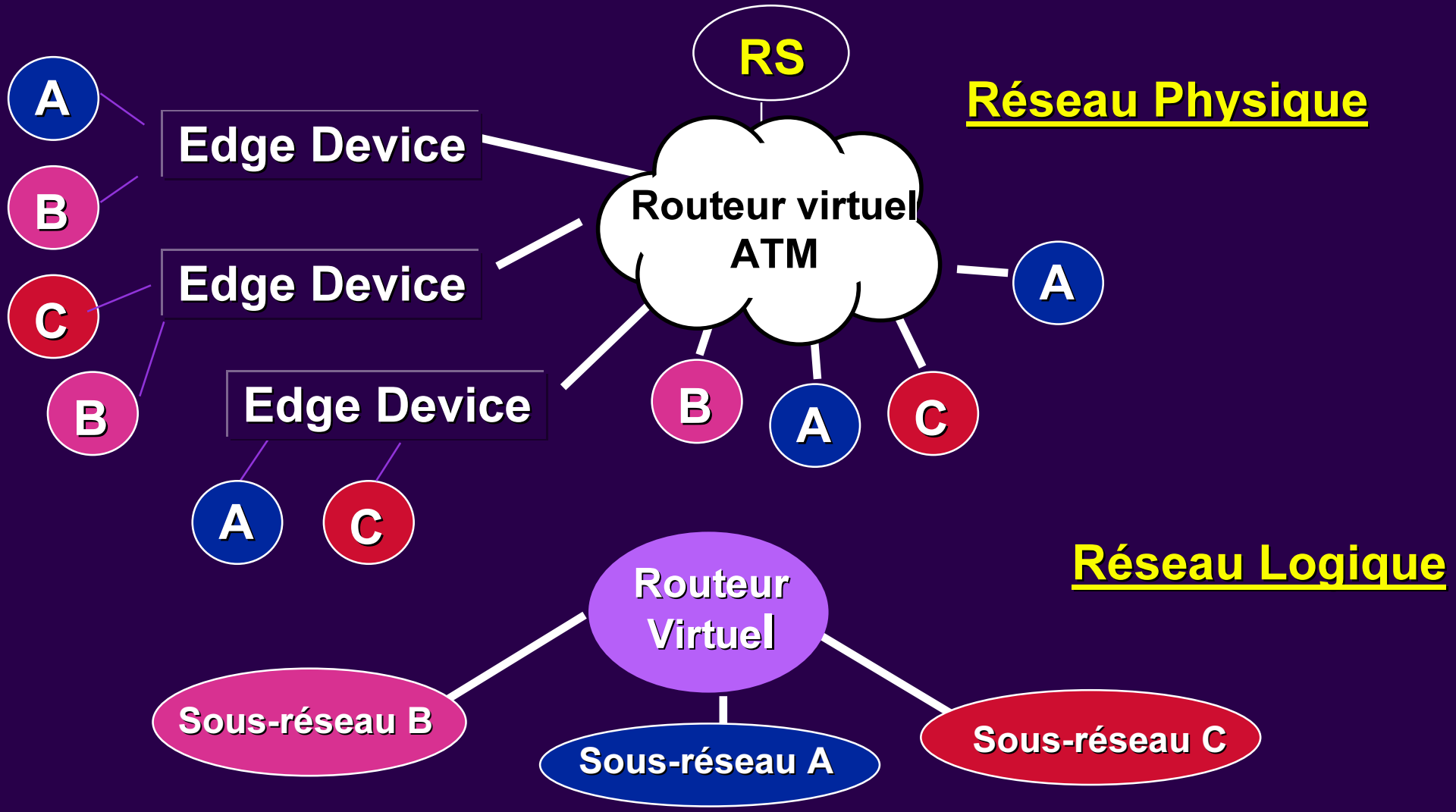


Le backbone est un ELAN :

-tous les PH 7000

-tous les commutateurs ATM

Solution de type MPOA



Solution de type MPOA

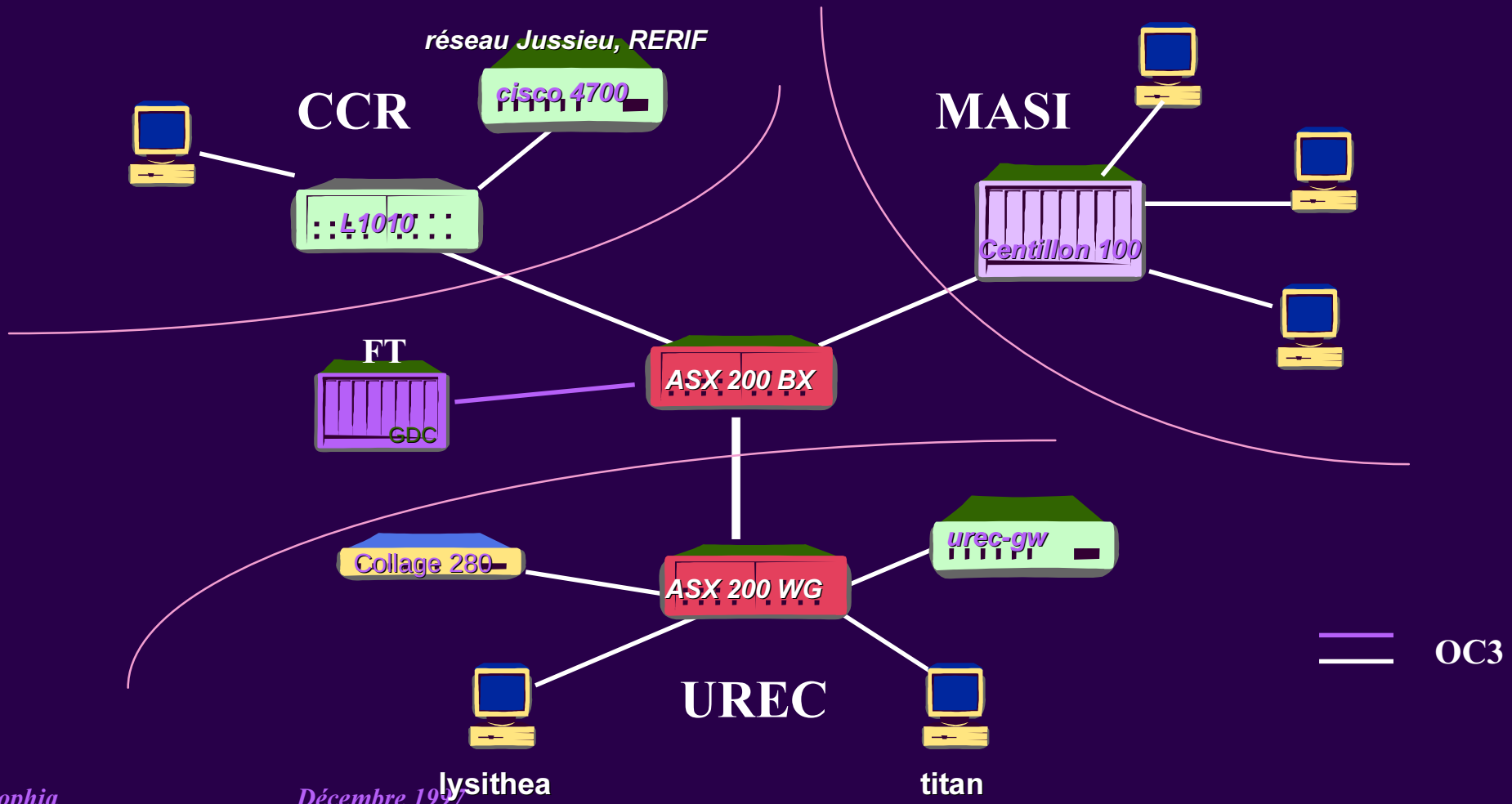
- **Objectifs**
  - Standards ATM Forum MPOA - IETF évolution de NHRP
  - Routage et commutation où cela est nécessaire : fonctions distribuées (et transparentes)
  - Les équipements offrent les services de pont/routeur multiprotocoles
  - Permet des connexions directes entre sous-réseaux ATM et IP sans goulot d'étranglement du aux routeur
  - Necessité de serveur de routes, serveur ARP et broadcast-multicast
- **Jusqu'à présent solution propriétaire**
  - Newbridge qui évolue vers la norme.
- **Fin 1997/début 1998, solutions normalisées Fore, Xylan, Cisco ...**
- **Certains edge devices cumulent des fonctions et se rapprochent ainsi du modèle : switch Eth + LANE + routeur IP**

Mixage

- **Un seul réseau ATM peut véhiculer et connecter :**
  - **Voix et Video sur AAL1 et des VP statiques**
  - **VP = LS pour connecter des routeurs**
  - **Plusieurs réseaux IP en classical IP**
  - **Plusieurs reseaux de niveau 2 en LANE**
- **Problèmes :**
  - **Est-ce économique ?**
  - **Qui sait faire en exploitation et en environnement hétérogène ?**

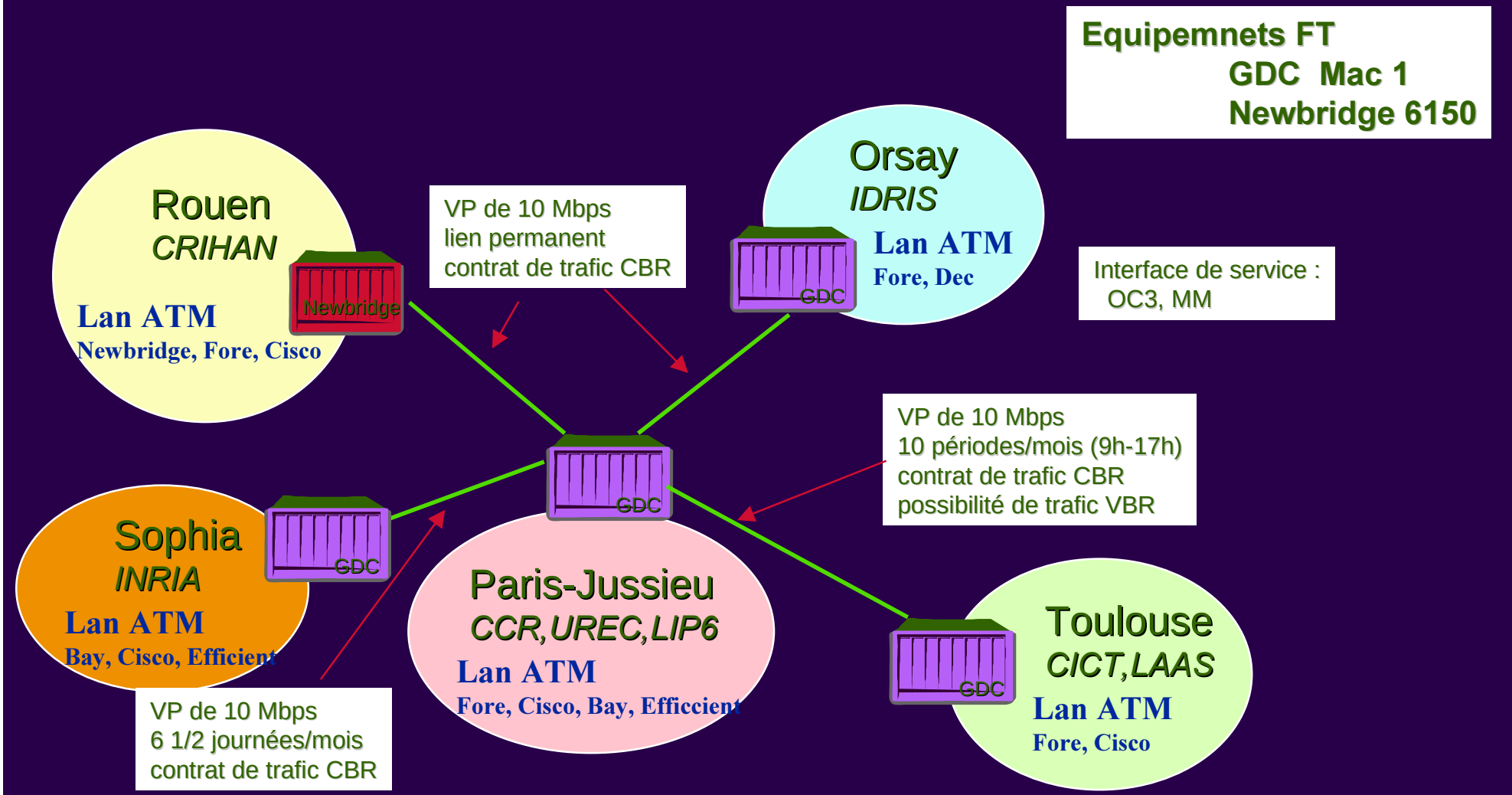
Architecture type réseau campus Jussieu

Backbone mis en oeuvre dans le cadre de Mirihade



UREC

Réseau WAN Mirihade



Conclusions ?

- ATM n'est plus vu comme LA solution unique mais va être utilisé là où c'est rentable.
- ATM a néanmoins les fonctionnalités pour être la base commune de tous les types de réseaux. Est-ce théorique ?
- RFC 1577 et LANE étaient annoncés comme des solutions temporaires mais MPOA, NHRP, API ATM normalisés sont annoncés.
- Les problèmes cruciaux d'ATM sont certainement plus le contrôle de flux et le lissage que les modèles d'interconnexion.
- Actuellement il est certainement préférable d'être :
  - encore mono-constructeur
  - si l'on choisit des solutions propriétaires, de s'assurer qu'elles évolueront vers les solutions normalisées