

Une brève introduction à ATM

Chaput Emmanuel

2016-2017



Notes :

Plan I

- 1 Introduction
- 2 Architecture
- 3 La couche physique
- 4 La couche ATM
- 5 ATM et la qualité de service
- 6 La couche AAL
- 7 La signalisation

Notes :

Plan II

- 8 L'adressage ATM
- 9 Le routage dans ATM : PNNI
- 10 OAM : exploitation et maintenance
- 11 Architecture des commutateurs ATM
- 12 IP sur ATM
- 13 Références bibliographiques

Notes :

Introduction

Introduction

- Quelle intégration ?
- Principes de base

Chaput Emmanuel

Une brève introductionàATM

2016-20174 / 226

Notes :

Introduction

Introduction

- Principe de RNIS : l'intégration des services
- Pourquoi ne pas pousser l'intégration dans le réseau d'acheminement ?
- Un seul réseau pour transporter tous les média
 - Voix type RTC
 - Données en mode paquet
 - Télévision
 - ...
- RNIS-LB (Large Bande)
- Technologie adaptée
 - ATM (*Asynchronous Transfert Mode*)

Chaput Emmanuel

Une brève introductionàATM

2016-20175 / 226

Notes :

Introduction

Quelle intégration ?

Quelle intégration ?

- Quelle intégration ?
- Principes de base

Chaput Emmanuel

Une brève introductionàATM

2016-20176 / 226

Notes :

Quelle intégration ? L'état des lieux

Dans les années 80

- Évolutions des supports de communication
 - Débits sans cesse croissants
 - Taux de pertes de plus en plus faibles
- Évolutions des technologies de communication
 - Réseaux paquets
 - Réseaux circuits
 - Réseaux de diffusion
- Évolutions des besoins applicatifs
 - Intégration des équipements
 - Besoin de convergence des services

Notes :

Les réseaux de données dans les années 80

- Ethernet
 - LAN sur câble coaxial à 10 Mbit/s
 - Méthode d'accès aléatoire
- Token Ring
 - LAN sur cuivre à 4 Mbit/s puis 16 Mbit/s en 1989
 - Méthode d'accès déterministe
- Niveau paquet
 - Sans connexion : IP
 - Avec connexion : X.25
- Caractéristiques
 - Bonne utilisation des liens (multiplexage temporel asynchrone)
 - Aucune garantie sur le temps de traversée (files d'attente)
 - Faible (voir aucune) garantie de QoS

Notes :

Les réseaux télécom dans les années 80

- Entièrement numérisés
 - Peuvent véhiculer des données numériques
 - Seul reste l'accès
- Mauvaise utilisation des liens
 - Pour communications sporadiques
 - Débit souvent trop important, parfois trop faible
- Garanties fermes de QoS
 - Temps de traversée faible
 - Gigue quasi nulle
 - Débit constant

Notes :

Besoins applicatifs variés

- Données “classiques”
 - Aucune perte/erreur tolérable
 - Débit variable
 - Temps de transit et gigue quelconques
- Voix (téléphonie)
 - Quelques pertes tolérables
 - Débit constant (faible)
 - Temps de transit faible et gigue minime
- Voix compressée
 - Idem, mais débit variable et très faible
- Diffusion vidéo
 - Quelques pertes tolérables
 - Débit variable (élevé)
 - Temps de traversé modéré, gigue faible
 - Capacité de diffusion
- Visio-conférence, télétravail, jeux, ...

Notes :

Objectifs d'ATM

- Permettre l'intégration d'applications aussi variées sur un seul réseau
 - Voix, données, ...
- Garantir un niveau de qualité de service aux applications
 - Pertes, gigue, ...
- Utiliser des infrastructures de communication existantes
 - PDH, SDH, ...
- Couvrir toutes les échelles
 - LAN, MAN, WAN, ...

Notes :

Principes de base

- 1 Introduction
 - Quelle intégration ?
 - Principes de base

Notes :

Principes de base

- ATM = *Asynchronous Transfert Mode*
 - Commutation en mode de transfert asynchrone
 - Par opposition à STM qui eût été une évolution de PDH
- Fondé sur la notion de cellule
 - Taille constante
 - Petite taille (48 octets de payload + 5 d'en-tête)
- Mode connecté
 - Signalisation d'établissement des circuits virtuels
 - Mécanismes de qualité de service
- Peu de contrôle
 - Pas de contrôle d'erreur
 - Pas de contrôle de flux
 - Prévention de la congestion par contrat

Notes :

Type de réseau

- Commutation de paquets en mode circuit virtuel
 - Les cellules sont des paquets
 - Les services sont en mode connecté
- Séparation claire entre routage et commutation
 - Les cellules sont commutées en fonction de l'identifiant de la connexion à laquelle elles appartiennent
 - Les connexions sont mises en place sur un chemin déterminé par un algorithme de routage du plan de contrôle
- A comparer à Frame Relay
 - C'en est une évolution cohérente

Notes :

Les connexions ATM

- Deux niveaux de granularité
 - **VPC** *Virtual Path Connection* ou conduit virtuel
 - **VCC** *Virtual Channel Connection* ou voie virtuelle
- Un conduit virtuel peut multiplexer plusieurs voies virtuelles
 - Deux niveaux d'identifiants (dans le réseau !)
 - **VCI** *Virtual Channel Identifier*
 - **VPI** *Virtual Path Identifier*
 - Deux niveaux d'aiguillage
 - Commutateur au niveau des VCC
 - Brasseur au niveau des VPC
- Une connexion virtuelle est unidirectionnelle
 - Mais "Quand une valeur VPI/VCI est associée à une connexion, la même valeur est attribuée dans les deux sens de transmission."
[35]

Notes :

Les services

- Service en mode connecté
 - Canaux virtuels (*Virtual Channel* ou VC)
 - Équivalent à un circuit virtuel
- Canaux virtuels permanents
 - *Permanent Virtual Channel* ou PVC
 - Établis dans le plan de gestion
 - Aucune résilience
- Canaux virtuels commutés
 - *Switched Virtual Channel* ou SVC
 - Nécessité d'une signalisation
 - Mise en œuvre dans le plan de contrôle

Notes :

Caractérisation des trafics

Notion de contrat de trafic entre l'utilisateur et le réseau

- Les caractéristiques d'un trafic soumis au réseau sont décrites par des paramètres
 - Débit
 - Taille des rafales
 - Des mécanismes vérifient la conformité du trafic à ces paramètres
- Les exigences d'une application sont également décrites dans des paramètres
 - Taux de perte
 - Gigue
 - Le réseau s'engage à les respecter

Notes :

Établissement des VC

- À l'interface usager/réseau (UNI)
- Négociation de paramètres de trafic et de qualité de service
 - Débit
 - Gigue
 - Taux de perte
- Surveillance du trafic
 - Conformité au contrat
- Mise en place des VC
 - Manuellement (PVC)
 - Par signalisation, voir méta-signalisation
- Respect de l'ordre des cellules dans chaque VC

Notes :

Standardisation/normalisation

- Premiers travaux au CNET à Lannion en 1982
 - *Asynchronous Time Division*
- Adopté par l'ITU-T (CCITT à l'époque) comme technologie pour le B-ISDN
- Normalisation dans le même contexte que RNIS
 - À partir du début des années 1990
 - Essentiellement dans la série I
 - I.1xy concepts, vocabulaire, ...
 - I.2xy services, QoS
 - I.3xy architecture, ATM, AAL, gestion de trafic, ...
 - I.4xy interfaces
 - I.5xy interconnexion
 - I.6xy maintenance, administration
- Création de l'ATM Forum
 - Par des industriels du marché (opérateurs, équipementiers, ...)
 - Face à la lenteur de la normalisation

Notes :

Architecture

- ② **Architecture**
 - Architecture du réseau
 - Interface usager réseau, configuration de référence
 - Architecture protocolaire

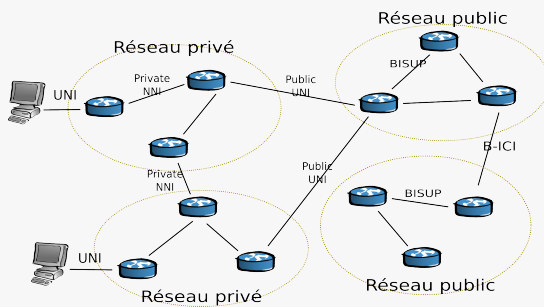
Notes :

Architecture du réseau

- ② **Architecture**
 - **Architecture du réseau**
 - Interface usager réseau, configuration de référence
 - Architecture protocolaire

Notes :

Architecture du réseau



- Liens point à point uniquement
- Réseau maillé hiérarchique
- Diverses interactions, diverses interfaces

Notes :

Les interfaces

- Interface entre un utilisateur et un réseau privé
 - *Private User Network Interface* ou UNI
 - Entre un utilisateur final (poste de travail) et un réseau privé
- Interface entre un réseau public et un réseau privé
 - *Public User Network Interface*
- Interface entre réseaux privés
 - *Private Network Network Interface* ou PNNI
 - Spécifié par l'ATM Forum [5]
 - Interconnexion entre commutateurs ATM dans un réseau ou entre réseaux privés
- Interface entre équipements au sein d'un réseau public
 - B-ISDN ISUP
- Interface entre réseaux publics
 - B-ISDN *Inter Carrier Interface* ou B-ICI

Notes :

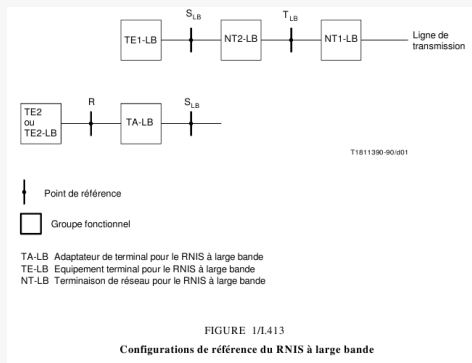
Interface usager réseau, configuration de référence

2 Architecture

- Architecture du réseau
- Interface usager réseau, configuration de référence
- Architecture protocolaire

Notes :

Interface usager réseau, configuration de référence



- Extrait de [20], équivalent à RNIS bande étroite [21]

Notes :

Caractéristiques de base

[20] propose des caractéristiques d'interfaces

- À 155,520 Mbit/s
 - Fondée sur des cellules en T_{LB} ou en S_{LS}
 - Fondée sur SDH
- À 622,080 Mbit/s
 - Fondée sur des cellules en T_{LB} ou en S_{LS}
 - Fondée sur SDH
- Une seule interface en T_{LB} pour NT1-LB
- Interfaces S_{LB} et T_{LB} éventuellement confondues
 - Similitudes nécessaires
- NT2-LB peut fournir une interface S en plus de l'interface S_{LB}
 - Terminals RNIS

Notes :

Architecture protocolaire

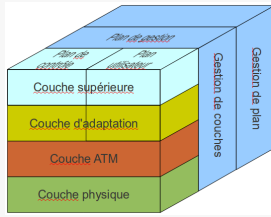


Architecture

- Architecture du réseau
- Interface usager réseau, configuration de référence
- Architecture protocolaire

Notes :

Architecture en couches et en plans



- Défini dans [19]
- Le plan utilisateur véhicule les données des utilisateurs finals
- Le plan de contrôle achemine la signalisation
- Le plan de gestion assure la surveillance du réseau
 - Gestion des fonctions spécifiques à chaque couche
 - Gestion de la coordination d'ensemble

Notes :

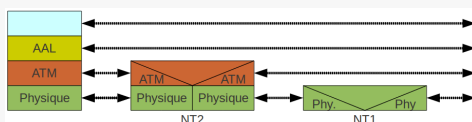
Fonctions des différentes couches

[19] définit ainsi les fonctions des différentes (sous-)couches

- AAL décomposée en deux sous-couches
 - CS sous-couche de convergence
 - SAR sous-couche de segmentation et réassemblage
- ATM contrôle générique de flux, génération/extraction d'entête de cellule, traduction des VPI/VCI, multiplexage/démultiplexage
- Couche Physique décomposée en deux sous-couches
 - TC sous-couche de convergence de transmission
 - SAR sous-couche de support physique

Notes :

Application à l'interface usager réseau



- Fonctions de la NT1
 - Terminaison de transmission de ligne
 - Traitement d'interface de transmission
 - Exploitation et maintenance
 - ...
- Fonctions de la NT2
 - Multiplexage
 - Exploitation et maintenance
 - Signalisation
 - Commutation
 - ...

Notes :

La couche physique



La couche physique

- La sous-couche TC
- La sous-couche PMD

Notes :

La couche physique

Service de base [19]

- Traduction des cellules en un flot binaire
- Acheminement de la séquence binaire
- Reconstitution des cellules

Subdivisée en deux sous-couches

- Sous-couche dépendante du support (*Physical Medium-Dependent* ou MPD)
 - Spécification des éléments physiques
 - Transmission sur paire torsadée
 - Transmission sur SDH
 - ...
 - Synchronisation
- Sous-couche de convergence (*Transmission Convergence* ou TC)
 - Délimitation des cellules, adaptation à la trame
 - Contrôle d'erreur sur l'entête
 - Adaptation du débit, encapsulation

Notes :

La sous-couche TC

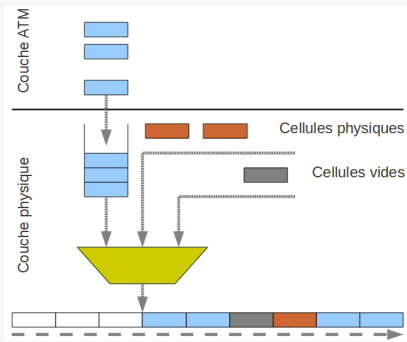


La couche physique

- La sous-couche TC
- La sous-couche PMD

Notes :

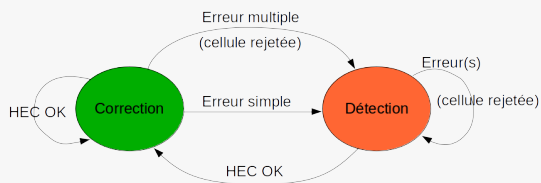
Adaptation du débit



Notes :

Détection d'erreur sur l'entête

- Code cyclique protégeant l'entête des trames ATM [50]
 - *Header Error Correction* (HEC)
 - Polynôme $X^8 + X^2 + X + 1$
- Capacité de détecter une erreur ou d'en détecter plusieurs
- Reste en mode correction en cas d'erreur isolée
- Passe en mode détection sinon



Notes :

Délimitation des cellules

Comment délimiter les cellules ?

- Utilisation d'une séquence spécifique
 - Par exemple du type fanion HDLC
 - Trop coûteux
- Utilisation des fonctionnalités de la couche physique
 - Par exemple pointeur SDH
 - Trop spécifique
- Recherche permanente du HEC
 - Vérifié et présent dans chaque cellule
 - Indépendant du système (flux "auto-cadré")
 - Robustesse accrue par un embrouilleur sur les données de sorte à minimiser les risques d'un faux HEC [50]

Notes :

La couche physique

La sous-couche PMD

La sous-couche PMD

3

La couche physique

- La sous-couche TC
- La sous-couche PMD

Chaput Emmanuel

Une brève introductionàATM

2016-2017

37 / 226

Notes :

La couche physique

La sous-couche PMD

La sous-couche PMD

Les cellules peuvent être

- Encapsulées dans des trames de la couche physique
 - PDH, SDH, satellite (DVB-S), DSL, ...
- Directement sur le support
 - ATM natif ou ATM *Cell Based*

Chaput Emmanuel

Une brève introductionàATM

2016-2017

38 / 226

Notes :

La couche ATM

La couche ATM

4

La couche ATM

- Introduction
- Les services
- La cellule
- Les connexions
- La commutation

Chaput Emmanuel

Une brève introductionàATM

2016-2017

39 / 226

Notes :

La couche ATM

Introduction

Introduction

4

La couche ATM

● Introduction

● Les services

● La cellule

● Les connexions

● La commutation

Chaput Emmanuel

Une brève introductionàATM

2016-2017

40 / 226

Notes :

La couche ATM

Introduction

La couche ATM

Fonctions décrites dans [19] :

● Multiplexage et démultiplexage de cellules

● Combiner les cellules de VP et VC différents en un flux de cellules composite

● Extraire les cellules d'un flux composite pour les acheminer vers le bon VP ou VC

● Traduction des identifiants VPI/VCI

● Depuis la valeur de la cellule entrante vers une valeur sortante

● Génération/extraction de l'en-tête

● À l'émission et à la réception

● Par exemple correspondance entre un SAPI et les VPI/VCi

● Contrôle de flux générique

● Information acheminée dans des cellules créées à la couche ATM

● Les fonctions d'OAM sont décrites dans [37]

Décrite dans [36]

Chaput Emmanuel

Une brève introductionàATM

2016-2017

41 / 226

Notes :

La couche ATM

Les services

Les services

4

La couche ATM

● Introduction

● Les services

● La cellule

● Les connexions

● La commutation

Chaput Emmanuel

Une brève introductionàATM

2016-2017

42 / 226

Notes :

La couche ATM

Les services

Les services

- Primitives offertes à la couche supérieure (AAL)
 - ATM-DATA.demande pour émettre
 - Indication d'encombrement
 - Priorité de perte
 - Indication d'utilisateur à utilisateur
 - ATM-DATA.indication en cas de réception
 - Indication d'encombrement
 - Priorité de perte
 - Indication d'utilisateur à utilisateur
- Primitives utilisées de la couche inférieure (physique)
 - PHY-DATA.demande
 - PHY-DATA.indication
- Primitives échangées avec l'entité de gestion (ATM Management)
 - ATMM-DATA.demande
 - ATMM-DATA.indication
 - ATMM-GFC.demande
 - ATMM-GFC.indication

Chaput Emmanuel

Une brève introductionàATM

2016-2017

43 / 226

Notes :

La couche ATM

La cellule

La cellule

- La couche ATM
 - Introduction
 - Les services
 - La cellule
 - Les connexions
 - La commutation

Chaput Emmanuel

Une brève introductionàATM

2016-2017

44 / 226

Notes :

La couche ATM

La cellule

La cellule ATM

- Choix d'une taille fixe
 - Traitement simplifié
 - Risque de bourrage
- Choix d'une taille faible
 - Faible impact sur les délais (construction, traitement)
 - Multiplexage plus efficace
 - Surcharge importante
- Choix d'une taille de 48
 - Les américains souhaitaient 64
 - Les européens voulaient 32 (annulation d'écho inutile)

Chaput Emmanuel

Une brève introductionàATM

2016-2017

45 / 226

Notes :

Le champ CLP

- Un utilisateur peut demander une classe de qualité de service avec deux niveaux de priorité [54]
 - Sélection du niveau avec le bit CLP
- Objectif en termes de taux de perte
 - Pour les cellules non marquées ($CLP = 0$)
 - Pour l'ensemble des cellules ($CLP = 0 + 1$)
- Lié à la gestion du trafic
 - Priorité face à la perte
 - En cas de congestion

Notes :

Les connexions

- La couche ATM
 - Introduction
 - Les services
 - La cellule
 - Les connexions
 - La commutation

Notes :

Les connexions

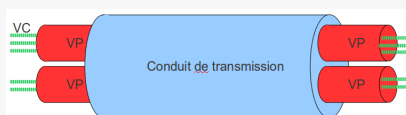
La norme I.311 [29] définit deux concepts

Virtual Channel (voie virtuelle)

“Terme générique utilisé pour décrire une possibilité de communication unidirectionnelle pour le transport des cellules ATM.”

Virtual Path (conduit virtuel)

“Terme générique utilisé pour décrire un faisceau de liaisons de voies virtuelles : toutes les liaisons de voies virtuelles d'un faisceau ont les mêmes extrémités.”



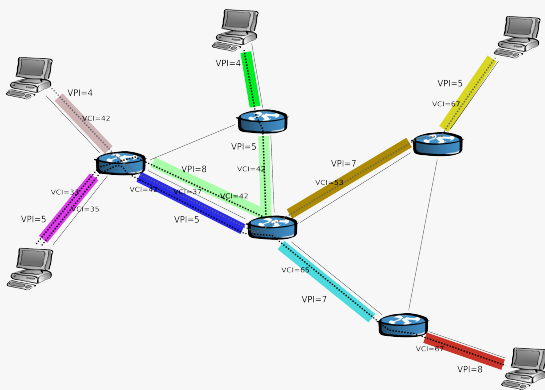
Notes :

Les identifiants

- Conduits virtuels identifiés par VPI
 - 8 bits à l'UNI
 - 12 bits à la NNI
- Voies virtuelles d'un VP identifiées par VCI
 - 16 bits
- Signification d'un VPI sur un lien uniquement
 - Entre deux équipements en vis-à-vis (brasseur, hôte, ...)
- Signification d'un VCI sur un lien ou un VP
 - Entre les équipements d'extrémités du conduit virtuel
 - Éventuellement au travers de brasseurs

Notes :

Les identifiants



Notes :

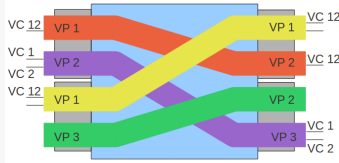
La commutation

- 4 La couche ATM
 - Introduction
 - Les services
 - La cellule
 - Les connexions
 - La commutation

Notes :

Brasseur

“Les fonctions d'acheminement des voies virtuelles sont exécutées dans un commutateur/brasseur de voies virtuelles.” [29]

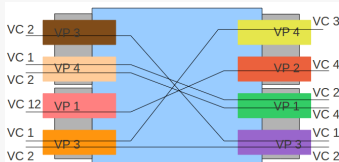


Un brasseur

- Aiguille les cellules en fonction
 - De la voie d'entrée
 - De l'identifiant de chemin virtuel (VPI)
- Modifie dans l'en-tête des cellules
 - L'identifiant de chemin virtuel (VPI)

Notes :

Commutateur



Un commutateur

- Aiguille les cellules en fonction
 - De la voie d'entrée
 - De l'identifiant de chemin virtuel (VPI)
 - De l'identifiant de voie virtuelle (VCI)
- Modifie dans l'en-tête des cellules
 - L'identifiant de chemin virtuel (VPI)
 - L'identifiant de voie virtuelle (VCI)



Notes :

Plan

- 5 ATM et la qualité de service
 - Introduction
 - Les paramètres de trafic
 - Les paramètres de qualité de service
 - Les différents types de trafic
 - Le respect des contrats
 - Le contrôle d'admission

Notes :

Introduction

5 ATM et la qualité de service

- Introduction
 - Les paramètres de trafic
 - Les paramètres de qualité de service
 - Les différents types de trafic
 - Le respect des contrats
 - Le contrôle d'admission

Notes :

Introduction

- Qu'entend-on par qualité de service ?
 - Définir un certain nombre de métriques caractérisant le service
 - Négocier entre l'application et le réseau des valeurs pour ces métriques
 - Le service sera alors déclaré conforme ou non en fonction du respect de ces valeurs
- Quelles métriques ?
 - Caractérisation du trafic
 - Débit
 - ...
 - Caractérisation du service
 - Perte
 - Temps de traversée
 - ...
- Pourquoi un tel besoin ?
 - Certaines applications exigent des garanties
 - Les réseaux à file d'attente ne garantissent rien *a priori*

Notes :

Introduction

- Caractéristiques fortes d'ATM
 - Réseau asynchrone
 - Commutation de cellules en mode circuit virtuel
 - Respect des contraintes imposées par les contrats de trafic
- ATM est donc un réseau à file d'attente qui doit assurer une qualité de service déterminée
- Quels moyens mettre en œuvre pour cela ? [54]
 - Caractérisation des trafics
 - Connaître leur impact sur le réseau
 - Gestion des ressources
 - Attribution de ressources aux flux pour les isoler
 - Contrôle d'admission (CAC)
 - Pour refuser les flux si on ne peut plus assurer la qualité de service
 - Surveillance et contrôle des trafics (UPC et NPC)
 - Régulation du trafic
 - Contrôle des priorités

Notes :

Notions de classes de service

- ATM, technologie support du B-ISDN
 - Doit permettre le déploiement de multiples services (voix, données, ...)
- Les applications ont des besoins très variés
 - Taux de perte
 - Débit
 - Gigue
- Nécessité d'outils permettant de spécifier ces besoins ?
 - Spécifications simples (mise en œuvre à haut débit)
 - Éventail limité
 - Évolutivité
- Définition d'un ensemble de paramètres
- Composition d'un petit nombre de classes de service

Notes :

Une spécification structurée

Trois niveaux de spécifications

- Classes de service
 - Nommées ATC (ATM *Transfert Capacity*) par l'ITU-T [54] [47]
- Caractérisation des trafic
 - Paramètres de trafic dépendants de la classe de trafic choisie
- Spécification des besoins
 - Paramètres de qualité de service

Caractéristiques échangées lors de l'établissement de SVC

- Véhiculées dans les messages Q.2931 (ainsi que l'AAL souhaitée)
- Connexion acceptée ou non par le CAC
- Informations utilisées pour réserver des ressources

Notes :

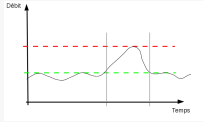
Les paramètres de trafic

- 5 ATM et la qualité de service
 - Introduction
 - Les paramètres de trafic
 - Les paramètres de qualité de service
 - Les différents types de trafic
 - Le respect des contrats
 - Le contrôle d'admission

Notes :

La définition du débit

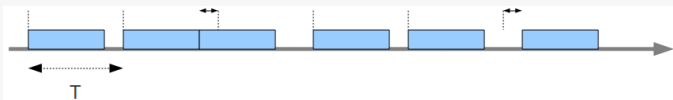
- Comment définir (et mesurer) un débit ?
 - Durée de la fenêtre de mesure
 - Fenêtre glissante/sautante
 - Compromis entre pertinence et implantation
 - Variations au sein de la fenêtre ?
- Deux niveaux de débit
 - Un débit moyen
 - Mesuré sur du "long terme"
 - Un débit crête
 - Sensiblement supérieur au débit moyen
 - Mesuré sur une échelle plus courte



Notes :

Le débit crête

- Rythme cellule crête ou *Peak Cell Rate* (PCR)
- Équivalent à un débit crête
- Associé à une variation tolérable
 - CDVT (*Cell Delay Variation Tolerance*)
 - Gigue acceptable
 - Liée au terminal (multiplexage) plus qu'à l'application



Notes :

Le débit moyen

- Le rythme cellule soutenu ou *Sustained Cell Rate*
- Borne supérieure sur le débit moyen
- Débit moyen calculé sur une fenêtre relativement courte (1 seconde)
- Associé à une variation tolérable
 - MBS (*Maximum Burst Size*)
 - Longueur maximale d'une rafale (cellules accolées)
 - Appelé IBT (*Intrinsic Burst Tolerance*) dans la terminologie ITU-T

Notes :

Les paramètres de qualité de service

- 5 ATM et la qualité de service
 - Introduction
 - Les paramètres de trafic
 - **Les paramètres de qualité de service**
 - Les différents types de trafic
 - Le respect des contrats
 - Le contrôle d'admission

Notes :

Les paramètres de qualité de service

- Une application peut également spécifier des paramètres de qualité de service attendue
- Le taux de perte cellule
 - *Cell Loss Rate* ou CLR
 - Assez simple et dimensionnant
- Le temps d'acheminement
 - *Cell Transfer Delay* ou CTD
 - Valeur maximale, valeur minimale
- Gigue
 - (*Peak to peak*) *Cell Delay Variation* ou CDV

Notes :

Les différents types de trafic

- 5 ATM et la qualité de service
 - Introduction
 - Les paramètres de trafic
 - Les paramètres de qualité de service
 - **Les différents types de trafic**
 - La classe de service CBR
 - La classe de service RT-VBR
 - La classe de service NRT-VBR
 - La classe de service ABR
 - La classe de service UBR
 - La classe de service GFR
 - Résumé des classes de service
 - Le respect des contrats
 - Le contrôle d'admission

Notes :

La classe de service CBR

- *Constant Bit Rate* (CBR, terminologie ATM-Forum) ou *Deterministic Bit Rate* (DBR pour l'ITU-T)
- Classe de service correspondant à des applications temps-réel à débit constant
 - Transmission vidéo
 - Téléphonie
- Service de type émulation de circuit
- Paramètres
 - De trafic : PCR et CDVT
 - De qualité de service : CLR, Peak-to-Peak CDV, et max CTD

Notes :

La classe de service RT-VBR

- *Real Time Variable Bit Rate* (RT-VBR, terminologie ATM-Forum) ou *Statistical Bit Rate* (SBR pour l'ITU-T)
- Service dédié à des applications temps-réel produisant un trafic à débit variable
 - Transmission vidéo compressée
 - Voix compressée à débit variable
 - Gain en multiplexage temporel statistique
- Paramètres
 - De trafic : PCR et CDVT, SCR et MBS
 - De qualité de service : CLR, Peak-to-Peak CDV, et max CTD

Notes :

La classe de service NRT-VBR

- *Non Real Time Variable Bit Rate* (NRT-VBR, terminologie ATM-Forum)
- Service dédié à des applications non temps-réel produisant un trafic à débit variable
 - Transfert de fichier
 - Service d'envoi de données
- Paramètres
 - De trafic : PCR et CDVT, SCR et MBS
 - De qualité de service : CLR

Notes :

La classe de service ABR

- Fournir un service simple d'usage
 - Sans paramètre complexe
 - Comme un réseau local
 - Pour les applications capables de s'adapter aux ressources disponibles
- Une plage de débit est spécifiée
- Une rétroaction du réseau permet à l'application cliente de s'adapter
- Paramètres
 - De trafic : PCR et CDVT, MCR (*Minimum Cell Rate*)
 - De qualité de service : CLR

Notes :

L'adaptation de la classe de service ABR

Comment le réseau demande aux sources ABR de s'adapter ?

- Les sources ABR émettent régulièrement (1/32) des cellules RM (*Resource Management*, champ $PTI=110$) [54]
- Mode binaire
 - Un commutateur peut marquer le champ FECN (dans le bit PTI)
 - Le récepteur positionne le bit CI (*Congestion Indication*) d'une cellule RM de retour
 - Le marquage peut également se faire dans les cellules RM (aller ou retour) dans les bits CI (*Congestion Indication*) ou NI (*No Increase*)
- Mode explicite
 - Un commutateur peut modifier dans une cellule RM le champ ER (*Explicit Cell Rate*) si le débit qu'il peut accorder (en sens inverse) est plus faible
 - Le récepteur de la cellule RM reçoit donc le min des débits accordés

Notes :

La classe de service UBR

- *Unspecified Bit Rate* ou débit non spécifié
- Service de type *Best Effort*, c'est-à-dire sans garantie
- Paramètres
 - De trafic : PCR et CDVT, mais sans garantie
 - De qualité de service : DMCR (*Desirable Minimum Cell Rate*), mais sans garantie

Notes :

La classe de service GFR

- *Guaranteed Frame Rate* ou débit trame garanti
- Fondé sur la notion de trame
- Pour des applications non temps-réel avec un débit minimal nécessitant un taux de perte faible
- Conformité vérifiée au niveau d'une trame (F-GCRA)
- Pas de rétro-action du réseau, à l'application de s'adapter
- Paramètres
 - De trafic : PCR, MCR, MBS et MFS
 - De qualité de service : CLR

Notes :

Résumé des classes de service

Classe	Paramètres flux	Paramètres QoS
CBR	PCR/CDVT	CLR/CDV CTD
RT-VBR	PCR/CDVT SCR/MBS	CLR/CDV CTD
NRT-VBR	PCR/CDVT SCR/MBS	CLR
ABR	PCR/CDVT MCR	CLR
UBR	PCR/CDVT	DMCR
GFR	PCR MCR MBS MFS	CLR

Notes :

Le respect des contrats

5 ATM et la qualité de service

- Introduction
- Les paramètres de trafic
- Les paramètres de qualité de service
- Les différents types de trafic
- **Le respect des contrats**
- Le contrôle d'admission

Notes :

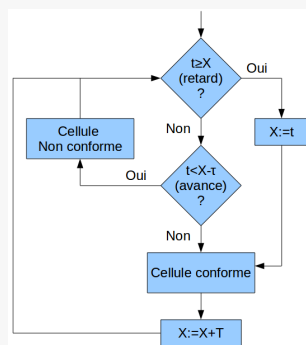
Le respect des contrats

- Comment s'assurer que l'utilisateur respecte sa part du contrat ?
- À l'interface UNI, mettre en place du *policing* (UPC *User Parameter Control*)
- Application d'un algorithme permettant de détecter les cellules hors profil (non conformes)
- Mise en place d'actions sur les cellules, voir sur les connexions fautives

Notes :

Modélisation de la gigue

- Algorithme $GCRA(T, \tau)$
- T est la durée entre deux cellules
- τ est une tolérance sur T
- Algorithme appliqué à chaque cellule
 - t date d'arrivée réelle de la cellule
 - X est la date prévue
 - Initialement $X = t_0$ (date d'arrivée de la première cellule)



Notes :

Application au débit crête

- Le GCRA est appliqué pour vérifier la conformité aux paramètres définissant le débit crête
 - $T = 1/PCR$
 - $\tau = CDVT$

Un exemple

- $T = 10, \tau = 15$
- Dates d'arrivée à l'UNI
 - 0, 12, 23, 30, 36, 42, 47, 53
- Quelles sont les cellules conformes ?

Notes :

Application au débit soutenu

- Le GCRA est également appliqué débit soutenu
 - $T_s = 1/SCR$
 - $\tau_s = (MBS - 1) \times (T_s - T) + CDVT$
- Il faut en effet tolérer les bursts (contrôlés par le $GCRA(T, \tau)$)
- Nombre de cellules à tolérer
 - $MBS - 1$ (la première cellule d'un burst est conforme, par définition)
- Avance tolérable pour une cellule dans un burst
 - $T_s - T$ (différence avec l'inter-arrivée hors burst)

Notes :

La gestion du bit CLP

Lors de la vérification du respect du contrat

- Doit-on traiter conjointement les cellules $CLP = 0$ et $CLP = 1$?
- La mise en œuvre des GCRA et la garantie de taux de perte peuvent s'appliquer de différentes façons
- Une cellule $CLP = 0$ non conforme peut être
 - Détruite à l'UNI par l'UPC
 - Déclassée en $CLP = 1$ (*Tagging*)

	VBR.1	VBR.2	VBR.3	UBR.1	UBR.2
PCR/CDVT	CLP=0+1	CLP=0+1	CLP=0+1	-	-
SCR/MBS	CLP=0+1	CLP=0	CLP=0	-	-
Tagging	Non	Non	Oui	non	oui

Notes :

La gestion du bit CLP

Lors de la saturation d'un commutateur, que faire ?

Détruire en priorité les cellules non conformes
Efficace en termes d'utilisation du réseau

- Inefficace en terme de débit utilisateur
 - Un taux de perte cellule "faible" peut entraîner un taux de perte message dramatique
 - ATM ne connaît pas la structure du contenu
- Utilisation du bit AAL5, mis à 1 par l'AAL5 pour repérer une trame et la détruire intégralement ou pas
- Introduction du service GFR

Notes :

Le contrôle d'admission

5 ATM et la qualité de service

- Introduction
- Les paramètres de trafic
- Les paramètres de qualité de service
- Les différents types de trafic
- Le respect des contrats
- Le contrôle d'admission

Notes :

Contrôle de congestion préventif

- Lors de l'établissement d'un SVC
 - L'appelant envoie un message Q.2931 d'établissement de circuit virtuel à son commutateur de raccordement
 - Un message B-ISUP est routé au travers du réseau ATM jusqu'au commutateur de raccordement de l'appelé
 - L'appelé reçoit un message Q.2931 de demande d'établissement de SVC et y répond
 - Si tout se passe correctement, le SVC est établi
- Que se passe-t-il sur les commutateurs impliqués ?
 - Le routage permet de déterminer le chemin (voir le cours correspondant)
 - La signalisation permet d'établir le SVC (voir le cours correspondant)
 - Les ressources nécessaires doivent être présentes et, le cas échéant, réservées
- Nécessité d'une entité de contrôle d'admission

Notes :

Le contrôle d'admission

Call Admission Control (CAC)

- Mécanisme chargé d'accepter ou non une demande d'établissement de connexion
 - Algorithme fondé sur
 - L'état des ressources (fonctions des connexions déjà acceptées)
 - Les paramètres du flux et de qualité de service associés à la demande
 - En cas d'acceptation
 - La demande poursuit son chemin
 - Les ressources sont attribuées
 - La conformité sera vérifiée durant la connexion (UPC/NPC)
 - En cas de refus
 - Un message est renvoyé en direction de la source
 - Un autre chemin peut être cherché

Notes :

Le contrôle d'admission

Quel algorithme pour le CAC ?

- Fondé sur le débit crête ?
 - Accepter tant que la somme des débits crête est inférieure au débit du lien
 - Efficace pour garantir la qualité de service
 - Peu efficace pour la gestion du réseau
- Possibilité de "sur-booking"
 - Fondée sur la supposition que les bursts des différentes connexions ne sont pas synchrones
 - Utilisation plus efficace du réseau
 - Moins de garantie (risque de débordement, ou de délai)
- Et les autres paramètres ?
- Non normalisé
- Problème difficile

Notes :

La couche AAL

- 6 La couche AAL
 - Introduction
 - La couche d'adaptation AAL-1
 - La couche d'adaptation AAL-2
 - La couche d'adaptation AAL-3/4
 - La couche d'adaptation AAL-5

Notes :

Introduction

- 6 La couche AAL
 - Introduction
 - La couche d'adaptation AAL-1
 - La couche d'adaptation AAL-2
 - La couche d'adaptation AAL-3/4
 - La couche d'adaptation AAL-5

Notes :

Introduction

Rôle de la couche d'AAL (ATM *Adaptation Layer*)

- Adapter le service fourni par le réseau ATM aux différents besoins des applications
- Régler les difficultés liées à ATM (fragmentation)
- Les AAL sont décrites dans [30, 48, 27, 28]
- Décomposées en sous-couches

Notes :

Les types de service

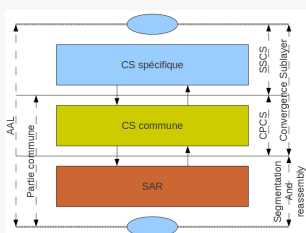
- Différents types de services définis en fonction de quelques caractéristiques
- Objectif : définir quelques AAL correspondantes

Classe	A	B	C	D
Synchronisme	Oui	Oui	Non	Non
Débit constant	Oui	Non	Non	Non
Mode connecté	Oui	Oui	Oui	Non

- Fin des années 80
- Les AAL actuelles n'y correspondent plus

Notes :

Décomposition en sous-couches



- Les AALs se décomposent en sous-couches
 - Sous-couche de convergence
 - Partie commune
 - Partie spécifique
 - Sous-couche segmentation et réassemblage
- Pas de point d'accès au service ni primitives de service

Notes :

Décomposition en sous-couches

- Sous-couche segmentation et réassemblage
 - Conversion d'une AAL-SDU vers/depuis une CS-PDU
 - Conversion d'une CS-PDU vers/depuis une SAR-SDU
 - Conversion d'une SAR-SDU vers/depuis n SAR-PDU
 - Conversion d'une SAR-PDU vers/depuis une ATM-SDU
- Sous-couche de convergence
 - Fonctions spécifiques à l'application
 - Synchronisation de bout en bout
 - Gestion de la gigue, des erreurs

Notes :

La couche d'adaptation AAL-1

- ⑥ La couche AAL
 - Introduction
 - La couche d'adaptation AAL-1
 - La sous-couche SAR
 - La couche d'adaptation AAL-2
 - La couche d'adaptation AAL-3/4
 - La couche d'adaptation AAL-5

Notes :

La couche d'adaptation AAL-1

- Adaptée aux trafics CBR [30]
 - Orienté connexion
 - Service de type liaison louée
 - Desserte d'un PABX, ...
 - E1 (2 Mbit/s), E3 (34 Mbit/s), SDH, n.64 Kbit/s, ...
- Services fournis
 - Transfert d'unités de service à débit constant et restitution au même débit
 - Transfert d'informations de référence de temps
 - Transfert d'informations de structure

Notes :

Format de la SAR-PDU



- SN *Sequence Number*
 - CSI *Convergence Sublayer Information*
 - SNC *Sequence Number Counter*
- SNP *Sequence Number Protection*
 - CRC sur l'entête ($X^3 + X + 1$)
 - EPC *Even Parity Check* sur le CRC
- Utilisation du bit CSI
 - Cellules paires
 - Information de structuration (type de CS par exemple)
 - Cellules impaires
 - Transmission du SRTS

Notes :

Synchronisation

Synchronous Residual TimeStamp ou SRTS

- Valeur sur 4 bits codée sur 4 cellules (bit CSI d'une cellule sur deux (cellules impaires))
- Dérive d'horloge par rapport au réseau
- Permet un asservissement explicite de l'horloge du récepteur
- Facultative (méthode adaptative sinon)

Notes :

Structuration

Dans une cellule paire, si le bit CSI est positionné

- Un champ d'*offset* est présent après l'entête
 - Donne la longueur des données (7 bits)
 - Cellule *Pformat*
- Longueur potentiellement supérieure à 46
 - Impact sur plusieurs cellules (paires et impaire)
 - Chaînage possible
 - Padding dans la dernière

Notes :

La couche d'adaptation AAL-2

6 La couche AAL

- Introduction
- La couche d'adaptation AAL-1
- **La couche d'adaptation AAL-2**
 - Introduction
 - La sous-couche CPS
 - La sous-couche SSCS
 - La signalisation
- La couche d'adaptation AAL-3/4
- La couche d'adaptation AAL-5

Notes :

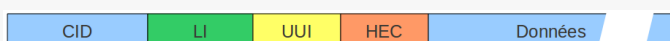
La couche d'adaptation AAL-2

- “*Transmission de paquets à faible débit, courts et de longueur variable dans des applications sensibles au retard*” [48]
- Initialement prévue pour les applications de classe B
- Redéfinie pour permettre en particulier le transport de la parole compressée
 - Débits très faibles (10 Kbits/s voir moins)
 - Taille variable (compression)
 - Sensible au délai
 - Bourrage ou délai ?
- Multiplexage de plusieurs flux
- Pas de sous-couche SAR

Notes :

La sous-couche CPS

- Les paquets échangés (échantillons de CODECS bas débit) peuvent être de petite taille
 - Définition d'une PDU spécifique appelée paquet [48]



CID Channel Identifier

- Permet de multiplexer 248 canaux AAL2

LI Length Indicator

- Longueur du paquet

UUI USER TO USER INDICATION

- Transport d'informations relatives à la SSCS

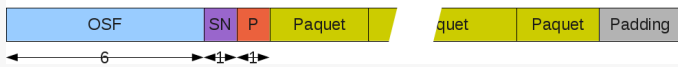
HEC Header Error Control

- Comme dans ATM

Notes :

La sous-couche CPS

- Plusieurs paquets peuvent être acheminés dans une cellule
- Pour minimiser le bourrage, définition d'une CPS-PDU



OSF *OffSet Field* donne la position du premier paquet complet

SN *Serial Number* numérote (modulo 2) les PDU

P *Parity* paire sur le premier octet

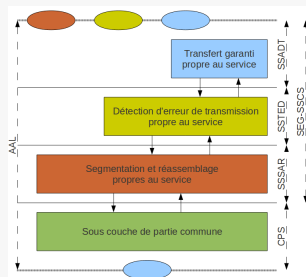
Padding si nécessaire

Notes :

La sous-couche SSCS propre au service de segmentation et réassemblage

Permet de prendre en charge une taille de paquet supérieure. [31]

- **SSADT** *SS Assured Data Transfer* service de transfert assuré (SSCOP)
- **SSTED** *SS Transmission Error Detection* détection d'erreur similaire à l'AAL5
- **SSSAR** *SS Segmentation And Reassembly* messages de 64Ko vers PDU de 45



Notes :

La sous-couche SSCS pour les services à bande étroite

“Elle spécifie les formats de paquets et les procédures pour les types suivants d'information” [44]

- Codage de signaux vocaux
- Descripteurs d'insertion de silence
- Informations numériques mode circuit
- Chiffres composés (tonalités multifréquences)
- Alarmes
- Régulation du débit
- ...

Notes :

La signalisation

- Nécessité d'une signalisation pour établir les connexions AAL2
- Extension de la signalisation ATM ?
 - Lourd (tout doit être étendu pour une AAL)
 - La dynamique n'est pas la même
 - Comment mettre en place des connexions AAL2 sur des PVC ATM ?
 - Par exemple le RAN des réseaux cellulaires
- Définition d'un nouveau protocole
 - Différents profils (*capability sets*) [33, 45, 52]
 - Adressage, routage, ...

Notes :

La couche d'adaptation AAL-3/4

- 6 La couche AAL
 - Introduction
 - La couche d'adaptation AAL-1
 - La couche d'adaptation AAL-2
 - La couche d'adaptation AAL-3/4
 - La sous-couche SAR
 - La sous-couche CPCS
 - La couche d'adaptation AAL-5

Notes :

La couche d'adaptation AAL-3/4

- Transfert non garanti de trames de données utilisateur [27]
 - Service en mode message ou en mode continu
 - Transfert garanti prévu mais non spécifié
- Multiplexage de plusieurs connexions utilisateur
- Préservation de l'ordre pour chaque connexion utilisateur
- Détection d'erreur
- Sous-couche de convergence divisée en deux parties (vrai pour l'AAL 5 également)
 - SSCS Service Specific Convergence Sublayer
 - CPCS Common Part Convergence Sublayer
- La SSCS est facultative
 - Elle fournit une correspondance entre des primitives de service équivalentes de la couche AAL et de la sous-couche CPCS
- Fusion de l'AAL-3 prévue pour les protocoles orientés connexion avec l'AAL-4 prévue pour les protocoles sans connexion

Notes :

La couche d'adaptation AAL-3/4

- Service fourni : transfert d'AAL-SDU entre AAL-SAPS associés à une qualité de service requise
- Transfert possible vers plusieurs AAL-SAPS en mode non garanti (point à multipoint)
- Primitives de service
 - Envoie de données
[AAL-UNITDATA.Demande](#) Requête de transmission
[AAL-UNITDATA.Indication](#) Notification de réception
 - Abandon
[AAL-U-Abort.Demande](#) Requête d'abandon par l'utilisateur
[AAL-U-Abort.Indication](#) Notification d'abandon par l'utilisateur
[AAL-P-Abort.Indication](#) Notification d'abandon nécessaire

Notes :

La sous-couche SAR

- Échange avec la sous-couche CS des SAR-SDUS
- Dialogue au travers de SAR-PDU véhiculant jusqu'à 44 octets de données



[ST](#) *Segment Type*
[SN](#) *Sequence number*
[MID](#) *Multiplexing Identification*
[LI](#) *Length Indication*
[CRC](#) *Cyclic Redundancy Check*

Notes :

La sous-couche SAR, identification des segments

- Typage assuré par le champ ST
 - [BOM \(10\)](#) *Beginnig Of Message*
 - [COM \(00\)](#) *Continuation Of Message*
 - [EOM \(01\)](#) *End Of Message*
 - [SSM \(11\)](#) *Single Segment Message*
- Numérotation des SAR-PDU par le champ SN
 - Numérotation à MID donnée
 - Numérotation sur une SAR-SDU
 - Numérotation de 0 à 15

Notes :

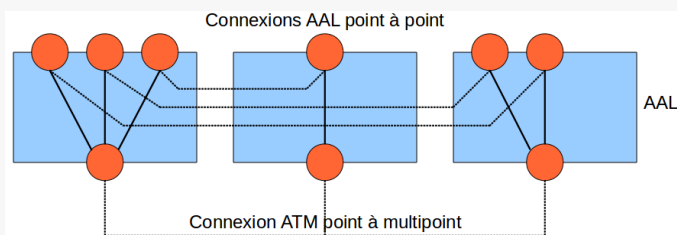
La sous-couche SAR, taille et protection des segments

- Taille donnée par le champ LI
 - 44 pour BOM et COM
 - 4 à 44 ou 63 pour EOM
 - 8 à 44 pour SSM
- Contrôle assuré par le champ CRC
 - Toute la SAR-PDU considérée comme un polynôme
 - Reste modulo $X^{10} + X^9 + X^5 + X^4 + X + 1$
- Taille 63 utilisée pour signaler l'abandon d'une SAR-SDU

Notes :

La sous-couche SAR, multiplexage

- Assuré par le champ MID
 - Permet d'identifier les SAR-PDUS d'une même SAR-SDU
 - Permet l'entrelacement des SAR-PDUS
- Sur une base utilisateur à utilisateur
- Vue par ATM comme une connexion unique



Notes :

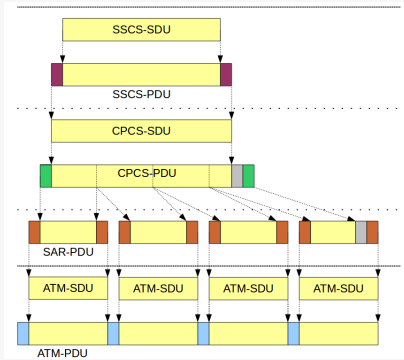
La sous-couche CPCS



- CPI** *Common Part Indicator* permet la gestion de couche telle que l'allocation des MID , la maintenance (non spécifiée)
- Btag** *Beginning Tag* permet de vérifier une CPCS-PDU
- BAsize** *Buffer Allocation Size* donne une indication sur la taille de buffer nécessaire (taille de la PDU en mode message)
- AL** *Alignment* permet d'aligner l'en-queue sur 32 bits
- Etag** *End Tag* doit être égal au $Btag$
- Length** Longueur de la charge utile

Notes :

Mécanismes d'encapsulation



Notes :

La couche d'adaptation AAL-5

6 La couche AAL

- Introduction
- La couche d'adaptation AAL-1
- La couche d'adaptation AAL-2
- La couche d'adaptation AAL-3/4
- **La couche d'adaptation AAL-5**
 - La sous-couche CPCS
 - La sous-couche SAR

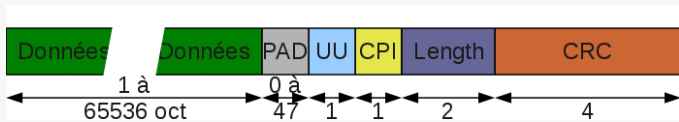
Notes :

La couche d'adaptation AAL-5

- Assez similaire à l'AAL 3/4
- Plus simple
 - C'est le but
- Même découpe en sous-couche
 - *Service Specific Convergence Sublayer* facultative
 - *Common Part Convergence Sublayer*
 - *Segmentation And Reassembly*
- Mêmes modes
- Mêmes primitives de service
 - Quelques paramètres supplémentaires
 - Priorité de perte
 - Indicateur d'encombrement
 - Indication d'utilisateur à utilisateur

Notes :

La sous-couche CPCS



PAD *Padding* bourrage de 0 à 47 octets pour un total multiple de 48

CPCS-UU *User to User indication*

CPI *Common Part Identifier* non spécifié

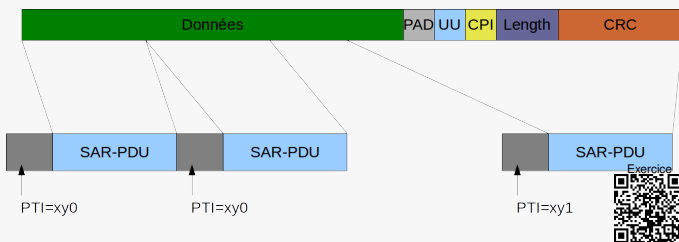
Length longueur de la CPCS-PDU

CRC pour détecter les erreurs binaires dans la CPS-PDU

Notes :

La sous-couche SAR

- Découpe de chaque CPCS-PDU en tronçon de 48 octets
- Transmission directe dans une cellule ATM
- Utilisation du paramètre de service *ATM-user-toATM-user indication* d'ATM pour indiquer la fin d'une SAR-SDU



Notes :

La signalisation

7 La signalisation

- Introduction
- La couche SAAL
- Le protocole SSCOP
- Le protocole Q.2931

Notes :

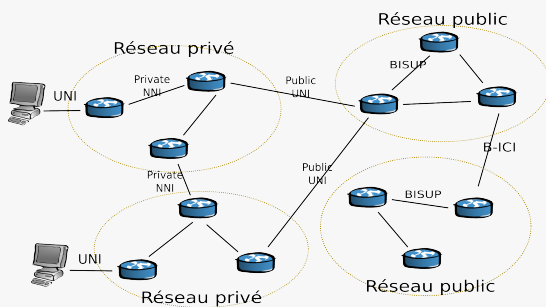
Introduction

La signalisation

- Introduction
- La couche SAAL
- Le protocole SSCOP
- Le protocole Q.2931

Notes :

Les interfaces



- Piles protocolaires fonction de l'interface

Notes :

Les interfaces (1/2)

- Interface entre un utilisateur et un réseau privé
 - *Private User Network Interface* ou UNI
 - Entre un utilisateur final (poste de travail) et un réseau privé
 - Spécifiée par l'ITU-T [20] et l'ATM Forum [10]
 - Signalisation spécifiée par l'ITU-T [26] et l'ATM Forum [9]
 - Établissement/terminaison de connexions
- Interface entre un réseau public et un réseau privé
 - *Public User Network Interface*
 - Équivalente à l'interface privée
 - Mise en place de connexions
 - Pas de routage

Notes :

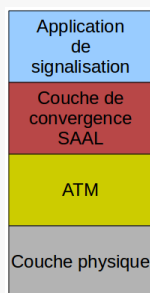
Les interfaces (2/2)

- Interface entre réseaux privés
 - *Private Network Network Interface* ou PNNI
 - Spécifié par l'ATM Forum [5]
 - Interconnexion entre commutateurs ATM dans un réseau ou entre réseaux privés
 - Signalisation proche de l'UNI (quelques IES supplémentaires : DTL, Crankback, ...)
 - Échange d'informations de routage
- Interface entre équipements au sein d'un réseau public
 - B-ISDN ISUP
 - Spécification de la NNI par l'ITU-T [40, 41, 43, 42]
 - Très SS7, ressemblant à ISUP
 - Proche de UNI (message IAM au lieu de SETUP, ...)
- Interface entre réseaux publics
 - B-ISDN *Inter Carrier Interface* ou B-ICI
 - Spécifiée par l'ATM Forum [4]
 - Comparable à PNNI, pas de routage
 - Mêmes couches physiques plus DS3 et E3

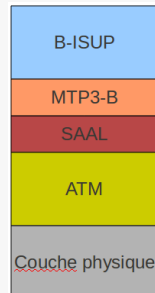
Notes :

La pile protocolaire

A l'interface UNI (et PNNI)



A l'interface B-ISUP



Notes :

Rôle de la signalisation

- Permettre la mise en place des connexions ATM
- Signalisation véhiculée dans le plan de contrôle
 - Pile protocolaire spécifique
 - Ajout d'un protocole fiable (SSCOP)
- La signalisation peut être
 - Associée (VC dans le même VP que la voie signalée, VCI de signalisation 5)
 - Non associée (VPI/VCI de signalisation 0/5)
- Comment mettre en place les connexions de signalisation ?
 - Par de la méta-signalisation
 - VPI/VCI = x/1

Notes :

La couche SAAL

7 La signalisation

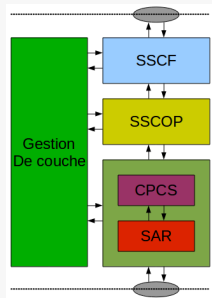
- Introduction
- La couche SAAL
- Le protocole SSCOP
- Le protocole Q.2931

Notes :

La couche SAAL

Elle a pour but de fournir les fonctions nécessaires de la couche AAL pour la prise en charge d'une application de signalisation [24]

- Offre un service en mode message
- Fournit un service garanti et un service non garanti
- C'est une AAL-5
- Seule la SSCS est spécifique (!)
 - Fonctions de coordination spécifiques au service (SSCF)
 - Interface UNI [23]
 - Interface NNI [25]
 - SSCOP [22]



Notes :

Le protocole SSCOP

7 La signalisation

- Introduction
- La couche SAAL
- Le protocole SSCOP
- Le protocole Q.2931

Notes :

Le protocole SSCOP

Service Specific Connection Oriented Protocol [22]

- Établissement et terminaison de connexions entre entités homologues
- Échange de messages ordonnés entre les entités
- Reprise sur erreur, retransmission sélective, contrôle de flux
- À comparer à MTP2 pour SS7 ou LAP-D pour Q.921
- Possibilité de transmission hors connexion
- Normalisé en 1994
- Les deux sens de communication sont assurés par la superposition de deux mécanismes indépendants (pas de *piggy-backing*)

Notes :

Les primitives de service

Principales "primitives de services" (pas de point d'accès) offertes à la sous-couche SSCF

AA-ESTABLISH pour établir une connexion

- Demande et Confirmation pour l'appelant
- Indication et Réponse pour l'appelé

AA-RELEASE pour terminer une connexion

- Demande et Confirmation pour le demandeur
- Indication pour l'homologue

AA-DATA pour envoyer un message en mode connecté

- Demande pour l'émetteur
- Indication pour le destinataire

AA-UNITDA pour envoyer des données non numérotées

- Demande pour l'émetteur
- Indication pour le destinataire

Notes :

Les trames SSCOP

Établissement	BGN	Demande de connexion
	BGAK	Accusé de réception de BGN
	BGREJ	Demande de connexion
Terminaison	END	Demande de déconnexion
	ENDAK	Accusé de réception de END
Resynchronisation	RS	Demande de resynchronisation
	RSAL	Accusé de réception de RE
Reprise sur erreur	ER	Erreur protocolaire
	ERAK	Accusé de réception de ER
Envoi de données	SD	Données en séquence
	POLL	Demande d'échange d'état
	STAT	Réponse état récepteur
	USTAT	État récepteur
Données non num.	UD	Données non numérotées
Gestion	MD	Données de gestion

Notes :

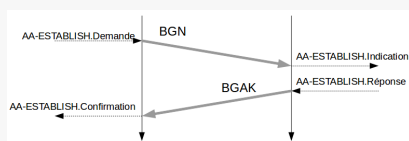
Principes de base de SSCOP

- Format des trame simple mais variable (15 trames, 15 formats !)
- Identification des SD dans un N(S) sur trois octets
 - Numérotation modulo 2^{24}
- Accusé de réception des trames de données numérotées
 - Par un message STAT, en réponse à un POLL
 - Par un message USTAT spontané
- Demande de retransmission (reprise sur erreur)
 - Message USTAT
- Demande d'état du récepteur par un message POLL
 - Dôté d'un numéro de séquence N(PS)
 - Réponse par un message STAT doté du même numéro
- Taille de fenêtre (contrôle de flux)
 - Véhiculée dans les messages BGN, BGAk, RS, RSAk, ER, ERAk, STAT et USTAT

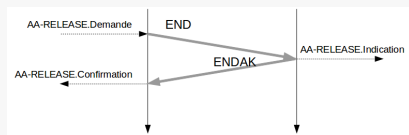
Notes :

Établissement/terminaison de connexion

- Mise en place d'une connexion



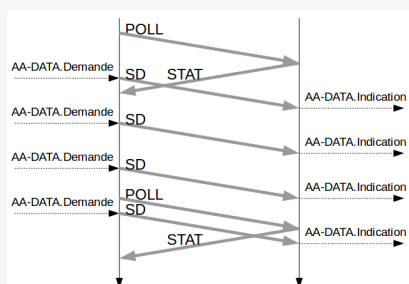
- Terminaison d'une connexion



Notes :

Demande d'état du récepteur

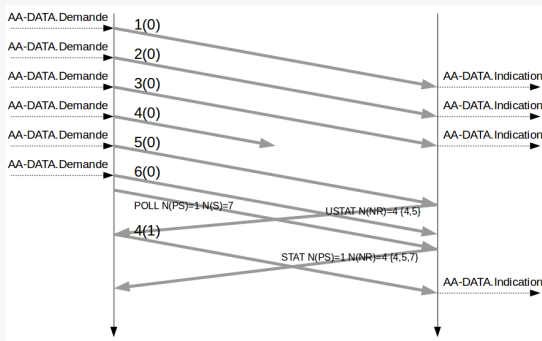
- Polling régulier indépendant des données



Notes :

Reprise sur erreur

- Numéro de séquence de polling non inclus dans les données



Notes :

Le protocole Q.2931

La signalisation

- Introduction
- La couche SAAL
- Le protocole SSCOP
- Le protocole Q.2931
 - Format des messages
 - Les messages Q.2931
 - Les éléments d'informations
 - Un exemple

Notes :

Discr.	0	lg	Référence	Type	Longueur	Informations
--------	---	----	-----------	------	----------	--------------

Discr. Discriminateur de protocole (9 pour Q.2931)

lg Longueur de la référence d'appel

Référence Référence d'appel (premier bit (fanion) à 0 pour l'émetteur)

Type Type du message

Longueur Longueur du message

Informations Éléments d'information

Notes :

Les messages Q.2931

Différents types de messages sont définis

- Messages de commande d'appel
 - Applicables pour la commande d'appel ou de connexion RNIS-LB
- Messages pour le RNIS
 - Messages complémentaires ou modifiés
 - Permettent la prise en charge de services en mode circuit à 64 Kbit/s du RNIS
- Messages utilisés avec la référence d'appel globale
 - C'est-à-dire s'appliquant à toutes les références d'appel associées à la voie virtuelle de signalisation appropriée
 - Message de réinitialisation et confirmation

Notes :

Les messages de commande d'appel

- Établissement d'appel
 - SETUP** demande d'établissement d'appel
 - ALERTING** signifie que l'alerte du demandé a été déclenchée
 - CALL PROCEEDING** établissement de l'appel initialisé
 - CONNECT** signifie que le demandé accepte la communication
 - CONNECT ACKNOWLEDGE** attribution de l'appel à l'utilisateur par le réseau
- Libération d'appel
 - RELEASE** demande de libération
 - RELEASE COMPLETE** libération faite
- Divers
 - NOTIFY** fournit une information relative à un appel
 - STATUS** signale des conditions d'erreur
 - STATUS ENQUIRY** sollicite un STATUS

Notes :

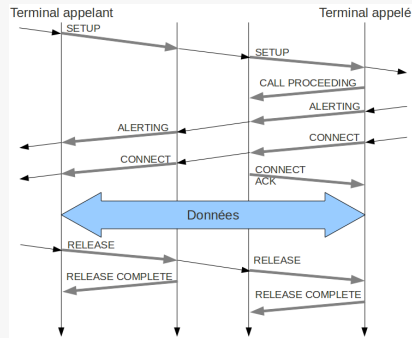
Les éléments d'informations

Quelques exemples

- Paramètres de couche d'adaptation ATM (AAL)
 - Type d'AAL, de SSCS
 - Débit CBR pour l'AAL 1, ...
- Descripteur de trafic ATM
 - Débit cellule dans chaque sens
- Information de couche supérieure large bande (*Broadband High Layer Information* ou B-HLI)
 - Utilisée par l'entité appelée pour vérifier la compatibilité
- Délai de transit
 - De bout en bout acceptable
- Numéro de l'appelé
 - Plan de numérotation
 - Adresse
- Identificateur de connexion
 - VPI/VCI

Notes :

Un exemple



Notes :

L'adressage ATM

- 8 L'adressage ATM
- Introduction
 - Les adresses E.164
 - Les adresses AESA

Notes :

Introduction

- 8 L'adressage ATM
- Introduction
 - Les adresses E.164
 - Les adresses AESA

Notes :

L'adressage ATM

Introduction

L'adressage ATM

Deux types d'adresses utilisables avec ATM [46]

- Adresses AESA (ATM *End System Address*)
 - Autre nom : OSI NSAP (*Network Service Access Point*)
 - Dans un réseau privé (et public ?)
 - Définies par l'ATM Forum
- Adresse E.164 [51]
 - Adressage RNIS ...
 - Dans un réseau public
 - Définies par l'ITU-T

Utilisées lors de la phase d'établissement d'une connexion

Chaput Emmanuel

Une brève introductionàATM

2016-2017

145 / 226

Notes :

L'adressage ATM

Les adresses E.164

Les adresses E.164

8

L'adressage ATM

- Introduction
- Les adresses E.164
- Les adresses AESA

Chaput Emmanuel

Une brève introductionàATM

2016-2017

146 / 226

Notes :

L'adressage ATM

Les adresses E.164

Les adresses E.164

- 16 chiffres DCB sur 4 bits/chiffre (8 octets)
- Le plan de numérotage E.164 définit 4 structures de numéro international
 - Pour les zones géographiques
 - Pour les services mondiaux
 - Pour les Réseaux
 - Pour les groupes de pays
- Pour ATM, [46] recommande les structures 1 et 3

E.164 pour les zones géographiques

CC

NDC

SN

1 à 3

1 à 15 - longueur(cc)

E.164 pour les réseaux

CC

IC

SN

3

1 à 4

1 à 12 - longueur(ic)

CC = Country Code, NDC = National Destination Code, SN = Subscriber Number, IC = Identification Code

Chaput Emmanuel

Une brève introductionàATM

2016-2017

147 / 226

Notes :

L'adressage ATM

Les adresses AESA

Les adresses AESA

8

L'adressage ATM

● Introduction

● Les adresses E.164

● Les adresses AESA

Chaput Emmanuel

Une brève introductionàATM

2016-2017

148 / 226

Notes :

L'adressage ATM

Les adresses AESA

Les adresses AESA

● Format sur 20 octets

● Fondé sur le format NSAP [49]

AFI

IDI

HO-DSP

ESI

SEL

←

IDP

DSP

→

IDP

DSP

IDP

DSP

AFI

IDI

HO-DSP

ESI

SEL

Initial Domain Part

identifie l'autorité d'allocation

Authority and Format Identifier

(1 octet) identifie l'autorité et le type d'adresse

Initial Domain Identifier

identifie l'autorité d'allocation et format du DSP

Domain Specific Part

identification propre au domaine

High Order DSP

format dépendant de l'IDI

End System Indicator

(6 octets) adresses IEEE du système terminal

Selector

(1 octet) usage interne

Chaput Emmanuel

Une brève introductionàATM

2016-2017

149 / 226

Notes :

L'adressage ATM

Les adresses AESA

Les types d'adresses AESA

Différents formats ont été définis, distingués par la valeur du champ AFI

● Les adresses AESA IND

● Les adresses AESA E.164

● Les adresses AESA ICD

● Les adresses AESA IOTA

● Les adresses AESA DCC

● Les adresses AESA locales

● Voir plus loin

● Voir plus loin

● Comparables aux adresses IND

● Gérées par l'ISO

● Sous-ensemble de ICD

● Introduit au Royaume Uni

● Comparables aux adresses IND

● Gestion par pays (IDI = préfixe national)

● Dans les réseaux privés uniquement

● Pas d'IDI

Chaput Emmanuel

Une brève introductionàATM

2016-2017

150 / 226

Notes :

Les adresses AESA IND

- Méthode proposée par l'ITU-T aux fournisseurs de service ATM (ASP)
- AFI = 76



ASP IND *ASP Identifier* identifie le fournisseur sur trois octets (*dixit la norme !*)

- Attribué par l'ITU

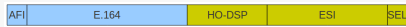
HO-DSP sur 10 octets géré par le fournisseur

ESI/SEL sur 7 octets pour l'utilisateur final

Notes :

Les adresses AESA E.164

- Permet d'encapsuler des adresses E.164 dans un format AESA
- AFI = 45



E.164 adresse sur 8 octets du fournisseur

HO-DSP sur 4 octets géré par le fournisseur

ESI/SEL sur 7 octets pour l'utilisateur final

Notes :

Le routage dans ATM : PNNI

- 9 **Le routage dans ATM : PNNI**
 - Introduction
 - Protocole à état des liaisons
 - Protocole à routage hiérarchique
 - Établissement d'une connexion

Notes :

Le routage dans ATM : PNNI

Introduction

introduction

9

Le routage dans ATM : PNNI

● Introduction

● Protocole à état des liaisons

● Protocole à routage hiérarchique

● Établissement d'une connexion

Chaput Emmanuel

Une brève introductionàATM

2016-2017

154 / 226

Notes :

Le routage dans ATM : PNNI

Introduction

Le protocole PNNI

Comment déterminer le chemin par lequel doit passer une connexion ATM ?

- Identification des terminaux de façon unique
 - Adresse ATM
- Protocole d'échange d'informations décrivant la topologie du réseau
 - Protocole PNNI (*Private Network-to-Network Interface*)
 - Défini par l'ATM Forum dans UNI 4.0
- Application d'un algorithme de choix d'un chemin dans cette topologie
 - Interaction avec la signalisation (établissement de circuits virtuels)
 - Routage à qualité de service

Chaput Emmanuel

Une brève introductionàATM

2016-2017

155 / 226

Notes :

Le routage dans ATM : PNNI

Protocole à état des liaisons

Protocole à état des liaisons

9

Le routage dans ATM : PNNI

● Introduction

● Protocole à état des liaisons

● Protocole à routage hiérarchique

● Établissement d'une connexion

Chaput Emmanuel

Une brève introductionàATM

2016-2017

156 / 226

Notes :

Un protocole à état des liaisons

Principe

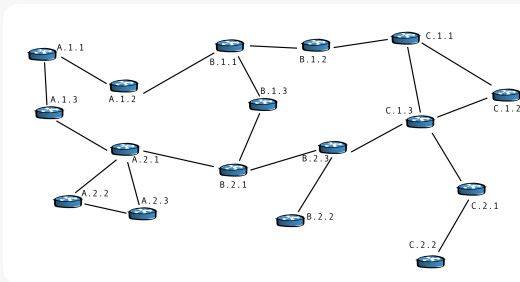
Chaque routeur construit une base de données représentant la topologie du réseau.
Grâce à cette base de données, il peut calculer les chemins recherchés.

Comment construire une telle base de données ?

- Connaître ses voisins
 - Protocole *Hello*
 - Dialogue au travers de toutes les interfaces configurées
- Échanger les informations d'accessibilité dont chacun dispose
 - On envoie à tous ses voisins la topologie connue
 - On reçoit symétriquement leurs informations
- La base de données se met à jour de façon cohérente de proche en proche

Notes :

Le protocole *Hello*



- Les routeurs découvrent les interfaces actives
- Ils échangent leurs informations entre voisins (uniquement A.1.1 et A.1.3 pour l'illustration)
- L'information se propage dans le réseau

Notes :

Protocole à routage hiérarchique

9 Le routage dans ATM : PNNI

- Introduction
- Protocole à état des liaisons
- **Protocole à routage hiérarchique**
- Établissement d'une connexion

Notes :

Routage hiérarchique

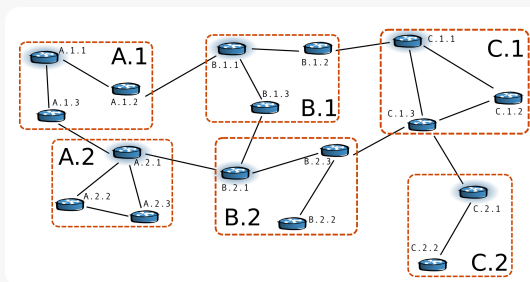
Problème de passage à l'échelle

Les volumes échangés par un protocole à état des liaisons sont rédhibitoires dans des grands réseaux

- Réseau ATM partitionner en *groupes* (*Peer Groups*)
 - Ensemble de routeurs
 - Doté d'un *Peer Group Leader* (PGL)
 - Élu grâce au protocole *Hello*
- Utilisation de la souplesse des adresses ATM
 - Tous les éléments d'un groupe (et les systèmes desservis) partagent le même préfixe
- Cette découpe peut se répéter à plusieurs niveaux
 - Adressage et routage hiérarchiques
 - 104 niveaux maximum théoriques (13 octets disponibles)

Notes :

Constitution des groupes



- Grâce au protocole *Hello*, les voisins échangent également leurs identifiants de groupe
- Ils constituent ainsi les groupes
- Le protocole permet également l'élection du PGL

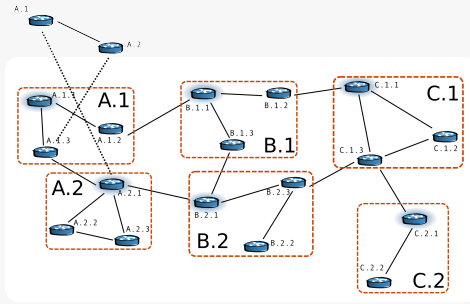
Notes :

Construction des liens logiques

- Lorsque deux nœuds de frontière (entre deux groupes) dialoguent par le protocole *Hello*
 - Ils savent qu'ils n'appartiennent pas au même groupe
 - Ils échangent leurs identifiants de groupe
 - Ils découvrent ainsi des *Uplinks* vers les nœuds logiques de niveau supérieur
- Ces *uplinks* sont utilisés par les nœuds logiques de niveaux supérieurs (implantés dans les PGL)
 - Construction de liens logiques
- L'architecture du niveau hiérarchique se construit ainsi
- À l'apparition des liens logiques, les nœuds logiques concernés utilisent le protocole *Hello*

Notes :

Mise en place des liens logiques



- Les routeurs de frontière annoncent leur groupe à leurs voisins
- Ils découvrent alors des UPLINKS
- Ils propagent l'information jusqu'au PGL qui définit un lien logique

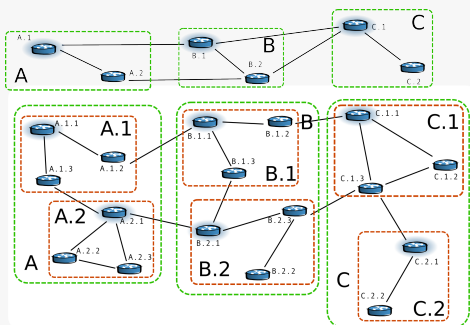
Notes :

Gestion des groupes

- Un groupe est constitué
 - De nœuds logiques ...
 - Au niveau le plus bas, ce sont les commutateurs
 - ... reliés entre eux par des liens logiques
 - Au niveau le plus bas, les liens physiques
 - Mais aussi des VPC
- Le PGL (leader de groupe) représente le groupe au niveau supérieur
 - Il se comporte comme un nœud logique
 - Il transmet une information résumée
 - Il utilise la même adresse qu'au niveau inférieur mais avec un SEL différent
- Deux nœuds logiques reliés par un lien logique utilisent en permanence le protocole *Hello* sur ce lien

Notes :

Construction des groupes de plus haut niveau



- La topologie du niveau supérieur se dessine ainsi
- Des groupes peuvent alors être constitués
- Des groupe leaders sont élus dans ces groupes

Notes :

Échange d'information de topologie

- Lors de l'échange de messages *Hello*
 - Deux routeurs voisins savent qu'ils appartiennent au même groupe ou non
 - Ils échangent leur *Peer Group IDs*
 - C'est par exemple un préfixe d'adresse ATM
- Échanges de PTSES (PNNI *Topology State Elements*)
 - Adresses des terminaux desservis
 - Identifiant du lien
- Les PTSES sont échangés dans des PTSP (PNNI *Topology State Packets*)
 - Acquités
- Communication au travers du PNNI *Routing Control Channel* (RCC)

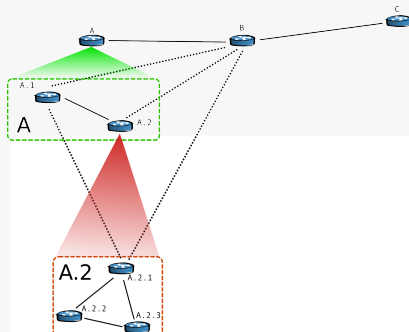
Notes :

Échange d'informations agrégées

- Utilisation d'adresses agrégées (ou résumées)
 - Permettent de minimiser les volumes échangés
- Un préfixe d'adresses joignables (*reachable address prefix*) peut décrire un grand nombre de postes
- L'agrégation se poursuit dans la hiérarchie
 - De bas en haut
- Nécessité d'un plan d'adressage cohérent
 - Pour permettre une agrégation efficace

Notes :

Vision du réseau par un nœud



- Vue partagée par les nœuds d'un même groupe
- Chaque nœud connaît la topologie des groupes qui le contiennent

Notes :

Établissement d'une connexion

9 Le routage dans ATM : PNNI

- Introduction
- Protocole à état des liaisons
- Protocole à routage hiérarchique
- Établissement d'une connexion
 - Calcul des routes
 - Mise en place du chemin
 - Mécanisme de *crankback*

Notes :

Établissement d'une connexion

- Choix du chemin
 - Application d'un algorithme
 - Fondé sur la base de données décrivant la topologie
 - Mis en œuvre à la source
- Mise en place de la connexion
 - De proche en proche dans le réseau
 - Selon le chemin choisi par la source
- Et si les ressources ne sont plus disponibles ?
 - Mécanisme de *crankback*

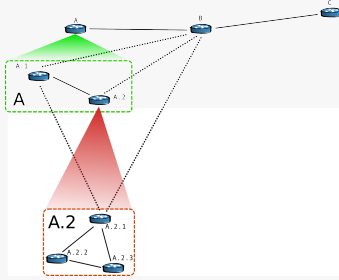
Notes :

Routage par la source

- C'est la source qui détermine le chemin
 - En fonction des paramètres de QoS et de trafic fournis par l'utilisateur
 - En fonction de sa vision de la topologie et de l'état du réseau
- Avantage d'un calcul par la source
 - Décision cohérente (pas de boucle) sur des données cohérentes
 - Charge de calcul sur un seul routeur
 - Décision optimale vis à vis de la topologie connue
- Route transmise dans le message de demande de connexion
 - *Designated Transit List* (DTL)

Notes :

Exemple de recherche de route



- Une station desservie par A.2.3 souhaite établir une connexion avec une station reliée à C.2.2
- A.2.3 va déterminer un chemin au travers de sa vision du réseau

Notes :

Routage partiel par la source

- PNNI fait du routage hiérarchique
- La source n'a donc pas une vision précise de l'ensemble du réseau
- Certaines portions du chemin ne sont pas détaillées
 - Abstraites par des liens logiques entre des nœuds logiques
- Les nœuds d'entrée sur ces portions ont la charge de déterminer le chemin plus précisément
 - Uniquement sur la portion abstraite
 - Le (sous) chemin doit être conforme au chemin global

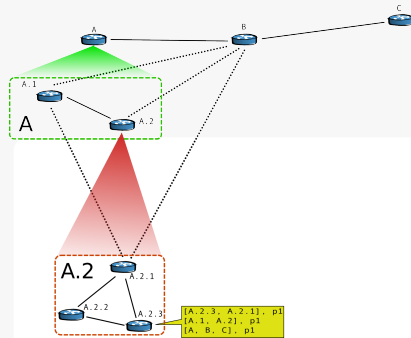
Notes :

Transmission de la route

- La route choisie par la source est transmise avec le message de demande de connexion
- La route complète est exprimée comme une séquence de DTLs
- Une DTL décrit un chemin complet au sein d'un groupe
 - Depuis le point de départ (ou d'entrée dans le groupe)
 - Jusqu'à la destination (ou la sortie du groupe)
 - Sous la forme d'une liste d'adresses
 - Doté d'un "pointeur" permettant de déterminer la progression
- Évolution de la séquence de DTLs au cours de l'acheminement du message de demande de connexion
 - Le pointeur de la DTL active progresse à chaque pas
 - La DTL active change à la traversée d'un *uplink*
 - Une nouvelle DTL doit être créée lors de l'entrée dans un nouveau groupe

Notes :

Exemple d'établissement de connexion



- A.2.3 détermine une route
- Il envoie un message BISUP SETUP avec la route calculée
- A.2.1 est la dernière étape de la PTL de plus haut niveau, elle la supprime et fait passer

Notes :

Mise en place du chemin

Application du mécanisme de CAC

- Au fur et à mesure de la progression du message de demande
- Sur chaque commutateur concerné
- Le long du chemin calculé par la source

Problème

L'algorithme du CAC ne peut être normalisé.
Comment la source peut-elle alors calculer un chemin acceptable en termes de QoS ?

Introduction d'un mécanisme générique

- *Generic Connection Admission Control* ou GCAC
- Évaluation (plus conservatrice) du résultat que fournira un CAC
- Utilisé par la source pour choisir la route

Notes :

Que faire en cas d'échec ?

- Le chemin trouvé par la source peut ne pas être utilisable
 - La topologie du réseau a changé
 - Les ressources ne sont plus disponibles
 - Le GCAC a mal évalué le résultat d'un CAC
- Le retour en arrière est alors possible
 - Mécanisme de *crankback*
 - On remonte jusqu'au dernier nœud qui a calculé une partie du chemin
 - On libère les ressources en "remontant" le chemin
 - Le calcul reprend avec un autre chemin

Notes :

OAM : exploitation et maintenance

10 OAM : exploitation et maintenance

- Introduction
- Les niveaux F1, F2 et F3
- Les flux F4 et F5

Notes :

Introduction

10 OAM : exploitation et maintenance

- Introduction
- Les niveaux F1, F2 et F3
- Les flux F4 et F5

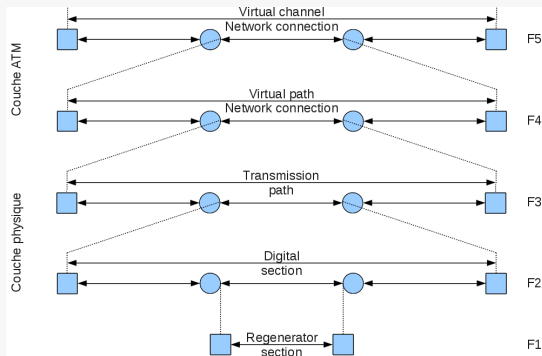
Notes :

Introduction

- *Operation And Maintenance* [37]
- Surveillance du réseau
 - Détection de défaut (interruption momentanée)
 - Détection de dérangement (interruption définitive)
- Observation des performances
- Signalement des dysfonctionnements
- Protection [34]
- Effectué par la gestion de couches
- Cinq niveaux de gestion
 - Facultatifs (fonctions assurées par le niveau supérieur)

Notes :

Les niveaux hiérarchiques



Notes :

Les niveaux F1, F2 et F3

10 OAM : exploitation et maintenance

- Introduction
- **Les niveaux F1, F2 et F3**
- Les flux F4 et F5

Notes :

Les niveaux F1, F2 et F3

- Dédiés à la couche physique
 - Format différent en fonction de cette dernière
- ATM sur SDH [56, 55]
 - Les flux F1 et F2 sont dans le SOH
 - Le flux F3 est dans le POH
- ATM Cell-based [50, 39, 38]
 - Insertion de cellules spécifiques pour F1, F3
 - Rôle de F2 assuré par F3
- ATM sur PDH [17, 53, 32]
 - Mécanismes équivalents définis dans l'overhead (eg CRC)

Notes :

Les flux F4 et F5

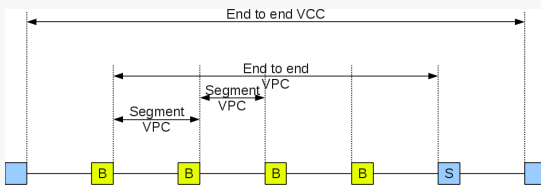
10 OAM : exploitation et maintenance

- Introduction
- Les niveaux F1, F2 et F3
- Les flux F4 et F5

Notes :

Les flux F4 et F5

- De bout en bout ou sur un segment
 - Un ou plusieurs segments le long du chemin
- Flux F4 de bout en bout / sur un segment
 - VCI = 4 / 3
- Flux F5 de bout en bout / sur un segment
 - PTI = 101 / 100



Notes :

Les fonctions d'OAM

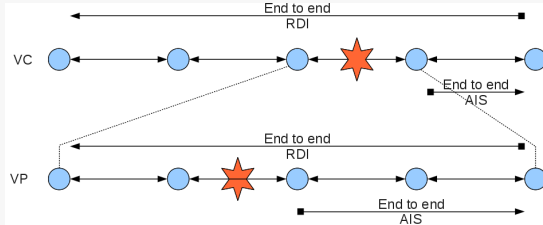
OAM function	Main application
AIS	For reporting defect indications in the forward direction
RDI	For reporting remote defect indications in the backward direction
CC	For continuously monitoring continuity
LB	For on-demand connectivity monitoring For fault localization For pre-service connectivity verification
FPM	For estimating performance in the forward direction
Backward reporting	For reporting performance estimations in the backward direction
Activation/deactivation	For activating/deactivating PM and CC
System management	For use by end-systems only
APS	For carrying protection switching protocol information

FIGURE – Table 3 de [37]

Notes :

L'AIS/RDI de bout en bout

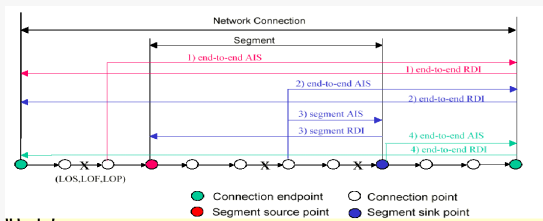
- AIS (*Alarm Indication Signal*)
 - Signale, en aval, une panne sur un lien
 - Information remontée des couches basses
 - Peut être de bout en bout ou de segment
 - Peut être sur un VP ou sur un VC
- RDI (*Remote Defect Indication*)
 - Rapporte, en amont, la situation de panne



Notes :

L'AIS/RDI sur un segment

- Complète l'AIS/RDI de bout en bout
- Optionnel (pas toujours de segment)



Notes :

Le continuity check

- Transmission régulière de cellules CC
 - 1 par seconde
 - De bout en bout ou sur un segment
- En cas d'absence de ces cellules
 - Pendant 3 secondes
 - Déclaration d'une panne
 - Transmission d'un AIS
- Une terminaison de segment ne rajoute pas d'AIS de bout en bout
 - Si elle en fait transiter
 - Éviter la surcharge

Notes :

Les cellules de rebouclage

- Comparable au `ping` IP
 - Une cellule est émise depuis une source vers un point de rebouclage
 - Ce dernier répond en envoyant une réponse en retour
- Plusieurs portées
 - Segment
 - De bout en bout
- Permet de tester la connectivité

Notes :

Le *Performance Monitoring*

- Mesure de performances
 - Sur un VP ou un VC
 - Sur un segment
- Insertion de cellules de surveillance
- Surveillance de blocs de cellules utilisateur
 - Tailles de blocs de 128, 256, ... 32768 cellules
- Procédures d'activation/désactivation

Notes :

11 Architecture des commutateurs ATM

- Introduction
- Commutation temporelle
- Commutation spatiale

Notes :

Introduction

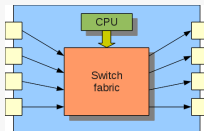
11 Architecture des commutateurs ATM

- Introduction
- Commutation temporelle
- Commutation spatiale

Notes :

Introduction

- Caractéristique principale : l'architecture interne
 - *Switch Fabric*
 - Files d'attente
- Deux grandes familles de commutation
 - Commutation spatiale
 - *Space division switch*
 - Plusieurs cellules commutées en même temps
 - Par des chemins différents
 - Commutation temporelle
 - *Time division switch*
 - Toutes les cellules passent par un même point
 - Chacune leur tour



Notes :

Position des files d'attente

La position des files d'attente dans l'architecture est une caractéristique fondamentale

- Files d'attente en entrée
 - Nécessaires si la *switch fabric* n'est pas assez rapide
 - Problème du *Head Of Line Blocking*
- Files d'attente en sortie
 - Nécessaires si le débit de commutation est supérieur au débit des liens de sortie
 - Il faut des mémoires très rapides, ou plusieurs buffer par sortie
- À l'intérieur de la *switch fabric*
 - Souplesse dans le fonctionnement de cette dernière
 - Impact (variabilité) sur son temps de traversée
 - Problème du *Head Of Line Blocking*

Notes :

Files d'attente en entrée

- Problème du *Head Of Line Blocking*
 - Si la cellule en tête doit attendre pour être traitée
 - Disponibilité de la *switch fabric*
 - Les cellules situées derrière elle doivent attendre
 - Même si leur chemin est disponible
- Contournement du problème
 - Stratégie non FIFO
 - Accélération de la *switch fabric*

Notes :

Commutation temporelle

11 Architecture des commutateurs ATM

- Introduction
- Commutation temporelle
- Commutation spatiale

Notes :

Commutation temporelle

- Commutateurs à mémoire partagée
 - Toutes les cellules sont placées dans une mémoire commune
 - Le débit de cette mémoire doit être supérieur à la somme des débits entrants
 - Les cellules forment un flot unique
- Commutateurs à média partagé
 - Toutes les cellules passent par un bus commun
 - Le débit de ce bus doit être supérieur à la somme des débits entrants
 - Les cellules forment un flot unique

Notes :

Commutation spatiale

11 Architecture des commutateurs ATM

- Introduction
- Commutation temporelle
- Commutation spatiale

Notes :

Commutation spatiale

- Fondée par exemple sur des MINs
 - *Multistage Interconnexion Networks*
 - Interconnexion d'éléments de commutation

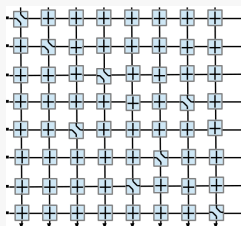


- Plusieurs chemins existent
 - Les cellules ne forment pas un flot unique
- Plusieurs cellules peuvent être traitées simultanément sans interférer
 - Entrées différentes
 - Sorties différentes

Notes :

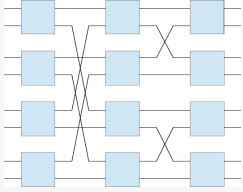
Commutation spatiale : les crossbar

- Une grille d'interconnexion entrée/sortie
 - Un cross point par couple d'entrée/sortie
 - Coût en N^2
- Chaque cross point a deux états possibles
 - Croisé (*cross*)
 - Droit (*bar*)
- Un seul chemin possible depuis une entrée vers une sortie
- Risques de blocage (interne) donc files d'attente
 - En entrée (besoin d'arbitrage)
 - Aux croisements (lourd)



Notes :

Commutation spatiale : les banyan



- Première proposition en 1973 [13]
- Interconnexion d'éléments 2x2
 - Passant ou croisé
 - $\frac{N}{2} \cdot \log_2(N)$ éléments
- Un seul chemin possible par destination
 - Débit maximal plus faible qu'un crossbar
- Blocage possible (interne et externe)
 - Buffer en entrée
 - Buffer dans le cœur
 - Plusieurs banyan en parallèle

Notes :

Commutation spatiale : les architectures à N^2 chemins

- Toutes les architectures précédentes présentent des risques de blocage
 - Mémoires
 - Délais variables
 - Risque de pertes
- Des architectures sont possibles pour l'éviter
 - Nécessité de N^2 chemins *distincts*
 - Blocage en sortie
- knockout switch [62]
 - Sur chaque interface de sortie, des filtres puis un concentrateur sélectionnent les cellules à bufferiser
 - Très efficace mais très complexe
- Un arbre cross bar
 - Pour chaque entrée, un arbre d'éléments 1x2

Notes :

IP sur ATM

12 IP sur ATM

- Introduction
- Encapsulation de paquets sur ATM
- LAN emulation
- Classical IP
- La route vers MPLS

Notes :

Introduction

12 IP sur ATM

- Introduction
 - Encapsulation de paquets sur ATM
 - LAN emulation
 - Classical IP
 - La route vers MPLS

Notes :

Introduction

- Utilisation de IP sur ATM
 - Profiter des applications IP
 - Utiliser une infrastructure ATM
- Interconnexion de réseaux locaux
 - Avec ATM
 - Au travers d'ATM
- Difficultés
 - Différences fondamentales
 - Mode connecté/non connecté
 - Adressage
 - Qualité de service
 - Transition entre technologies

Notes :

IP sur ATM : quelles pistes ?

- Les propositions de l'IETF
 - Comment acheminer IP sur un réseau tel qu'ATM ?
 - Sur des réseaux locaux
 - Classical IP [57], MARS (multicast) [2]
 - Sur des réseaux longue distance
 - NHRP [58]
 - MPLS
- Les propositions de l'ATM forum
 - Comment acheminer un réseau tel qu'IP sur ATM ?
 - Sur des réseaux locaux
 - LAN Emulation
 - Sur des réseaux longue distance
 - MPOA

Notes :

Encapsulation de paquets sur ATM

12 IP sur ATM

- Introduction
- **Encapsulation de paquets sur ATM**
- LAN emulation
- Classical IP
- La route vers MPLS

Notes :

Encapsulation de paquets sur ATM

- Utilisation d'un SVC ATM pour acheminer des paquets (ou trames)
- Utilisation de l'AAL5
- Encapsulation selon RFC 1483 [16, 15]
 - *LLC encapsulation* permet de multiplexer plusieurs protocoles
 - *VC Multiplexing* utilise un VPI/VC1 pour un protocole ; les données sont transmises telles quelles (avec les adresses si nécessaire)
- Utilisation de PPP également possible
 - PPP over AAL5 [14]
 - Utilisation des outils de PPP
- Permet par exemple de relier deux LAN
 - Au travers de pont LAN natif - LAN/ATM
 - Pas de routage
 - Pas de desserte directe (*ie* ATM) des équipements

Notes :

LAN emulation

12 IP sur ATM

- Introduction
- Encapsulation de paquets sur ATM
- **LAN emulation**
- Classical IP
- La route vers MPLS

Notes :

LAN emulation

- Emulation de réseau local
 - Fournir un service équivalent à un réseau local type IEEE 802 (par exemple .3 ou .5)
 - Unicast, broadcast, multicast, ...
 - Plusieurs réseaux peuvent être émulés simultanément
 - Permet d'introduire ATM sans conséquences sur les utilisateurs
 - Transition en douceur vers ATM
 - Utilisation de SVC et/ou PVC
 - Interconnexion (cœur de réseau)
 - Implanté sur des ponts
 - Réseau local
 - Implanté sur les machines d'extrémité
- Standardisation ATM-Forum
 - LE v1.0 (1995), v2.0 (1997) [6]
 - Interface LUNI (LANE *user Network Interface*)

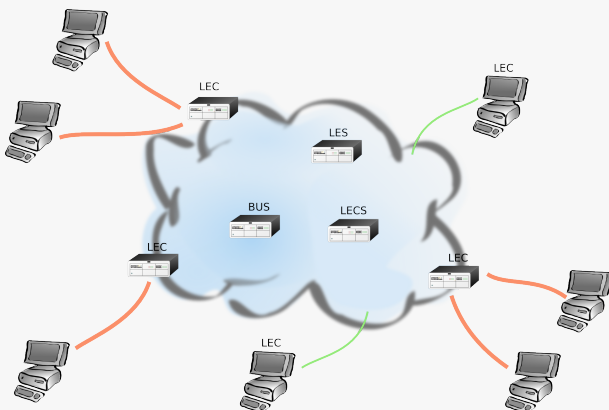
Notes :

LAN Emulation : architecture

- Le client (LEC : LAN *Emulation Client*)
 - Dessert un ou plusieurs clients
 - Caractérisé par une adresse ATM
- Le serveur (LES : LAN *Emulation Server*)
 - Enregistrement des clients
 - Assure la correspondance d'adresses MAC - ATM
 - Un par LAN émulé
- Le serveur multipoint (BUS : *Broadcast and Unknown Server*)
 - Assure la diffusion, le multicast
 - Au moins un par LAN émulé
- Le serveur de configuration (LECS : LAN *Emulation Configuration and Server*)
 - Assure la mise à jour et la configuration des clients (leur permet de trouver leur LANE)
 - Optionnel
- Les serveurs peuvent être colocalisés dans un même équipement

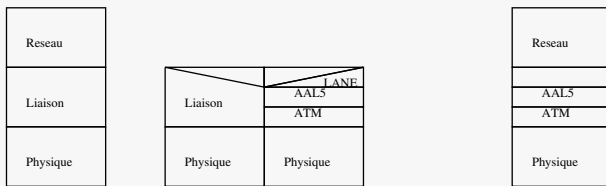
Notes :

LAN Emulation : architecture



Notes :

Architecture protocolaire



- Encapsulation *via* l'AAL5
- Pontage des LECs vers le LAN natif

Notes :

Arrivée d'un LEC

- Le LEC s'adresse au serveur (LES)
 - Par une adresse réservée
 - Par un PVC dédié (VPI=0, VCI=17)
 - Par ILMI (voir plus loin)
- Il échange avec lui des informations de configuration
 - Ses adresses MAC
 - L'adresse du LES
 - Le type de LAN, la taille de trame, ...
- Il rejoint le LAN en communiquant avec le LES
 - Echange `join request`/`join reponse`

Notes :

Principes

A veut communiquer avec B en point à point

- L'entité IP de A envoie une requête ARP
 - Elle est transmise au BUS puis à tous les LECs
 - Ces derniers en profitent pour apprendre, comme des ponts
- Le LEC de A demande au LES l'adresse ATM du LEC de B
 - LE_ARP
- Le LES fournit cette adresse
- Le LEC de A établit une connexion ATM avec celui de B
- Les données peuvent être transférées par cette connexion

Notes :

Diffusion sur le réseau local

- Elle est assurée par le BUS
 - *Broadcast and Unknown Server*
- Ce dernier reçoit les trames au travers d'une connexion
- Il les transmet au travers d'une connexion ATM multicast
- Technique de style "*hub and spoke*"
- Permet d'éviter le maillage totale
 - Une autre solution, mais pas *scalable*

Notes :

Classical IP

12 IP sur ATM

- Introduction
- Encapsulation de paquets sur ATM
- LAN emulation
- **Classical IP**
- La route vers MPLS

Notes :

Classical IP : introduction

- Utilisation d'ATM comme remplaçant d'un LAN classique
 - Notion de LIS (*Logical IP Subnet*)
- Un LIS équivaut donc à un réseau local
 - Même adresse de réseau
 - Routage entre LIS
- Toute communication au sein d'un LIS se fait au travers d'une connexion
 - Maillage total potentiel

Notes :

Classical IP : les principes

- Encapsulation
 - Au travers de AAL5 [16, 15]
 - LLC encapsulation
 - Utilisation de IEEE 802.2 pour multiplexer sur un VC
 - VC multiplexing
 - Un VC par protocole
- Correspondance d'adresses
 - ATMARP [57]
 - Connexion à l'initiative du client du LIS qui s'enregistre auprès du serveur ATMARP
 - Le client doit implanter InATMARP
 - Le client doit implanter ATMARP s'il utilise un SVC
 - Adresse du serveur ATMARP obtenu par ILM1 [11] [12]
- MTU par défaut 9180 [57]

Notes :

La route vers MPLS

12 IP sur ATM

- Introduction
- Encapsulation de paquets sur ATM
- LAN emulation
- Classical IP
- La route vers MPLS

Notes :

NBMA Next Hop Resolution Protocol (NHRP)

- CLIP ne va pas plus loin qu'un routeur IP
 - Un LIS est un réseau local
 - Un paquet IP peut traverser un réseau ATM en progressant de routeurs en routeurs
 - On ne profite pas des performances d'ATM
 - On ne profite pas du routage ATM
- NBMA Next Hop Resolution Protocol (NHRP) [58, 3]
 - A l'origine *Next Hop Resolution Protocol*
 - Fournir l'adresse de l'interface du prochain équipement vers une destination
 - Cela peut être l'adresse d'un routeur, ...
 - ou l'adresse du destinataire, ...
 - ou l'adresse (par exemple ATM) d'un intermédiaire

Notes :

NBMA Next Hop Resolution Protocol (NHRP)

- Extension d'un protocole à la ARP
 - Trouver l'adresse (dans le NBMA) du point "le plus proche" en direction de la destination
 - Utilise le routage IP
 - Commutation dans le NBMA
- La machine source est un client NHRP
 - NHC
 - S'enregistre auprès du serveur
 - Envoie une requête au serveur (NHC) pour trouver une destination
- Le serveur
 - Tente de résoudre l'adresse lui-même (équivalent à un ARP centralisé)
 - En cas d'échec, il utilise le routage IP pour faire suivre la requête
- Questions en suspens
 - Et si un routeur fait suivre la requête sur un réseau disjoint ?
 - Comment garantir la cohérence ?
 - Quel passage à l'échelle ?

Notes :

Commutation ATM et routage IP

- Il est tentant de généraliser NHRP
 - Utiliser IP pour le routage
 - Profiter d'ATM pour la commutation
- Proposition de Ipsilon en 1996
 - IP switching
 - General Switch Management Protocol (GSMP) [60]
 - Permet de contrôler un switch ATM
 - Lui faire établir/rompre des connexions ATM
 - Ipsilon Flow Management Protocol (IFMP) [59]
 - Permet d'échanger des informations mettant en relation un VPI/VCI et un trafic IP
 - Il est ainsi possible à des routeurs de dialoguer afin de construire automatiquement des SVC au travers desquels sont commutés des paquets IP
- Proposition concurrente de Cisco (*Tag Switching* et TDP)

Notes :

Introduction de MPOA

- *MultiProtocol Over ATM* par l'ATM Forum (version 1.0 en 1997) [7, 8]
- Intégration de NHRP et LANE
- Principes
 - Les clients MPOA (MPC) établissent des connexions ATM directes entre eux
 - L'adresse ATM du MPC cible est déterminée en interrogeant le serveur MPOA (le MPC)
 - La demande d'adresse est routée et se propage au travers de NHRP
- Les données circulent ensuite au travers de la connexion *via* une encapsulation LLC/SNAP (et éventuellement une étiquette)

Notes :

Introduction de MPLS

- *Multiprotocol Label Switching* [61]
- Dans un réseau MPLS, un *label* est associé à un paquet IP
 - Il est commuté dans le réseau sur la seule base de cet identifiant
 - Ce sera par exemple un VPI/VCI ATM
 - Signification de proche en proche
- Les paquets partageant le même label suivent donc le même chemin
 - *Label Switched Path LSP*
 - Il peut être construit dynamiquement
 - Grâce au routage
 - À l'aide d'un protocole d'échange de label (par exemple LDP à l'origine [1])

Notes :

Références bibliographiques

- [1] L. Andersson, P. Doolan, N. Feldman, A. Fredette, and B. Thomas.
LDP Specification.
Technical Report 3036, Internet Engineering Task Force, January 2001.
Obsoleted by RFC 5036.
- [2] G. Armitage.
Support for Multicast over UNI 3.0/3.1 based ATM Networks.
Technical Report 2022, Internet Engineering Task Force (IETF), November 1996.
- [3] D. Cansever.
NHRP Protocol Applicability Statement.
Technical Report 2333, April 1998.
- [4] The ATM Forum Technical Committee.
Bisdn inter carrier interface (b-ici) specification version 2.0 (integrated).

Notes :

Références bibliographiques

- Technical Report Version 2.0, ATM Forum, December 1995.
- [5] The ATM Forum Technical Committee.
Private network-network interface specification version 1.0 (pnni 1.0).
Technical Report Version 1.0, ATM Forum, March 1996.
- [6] The ATM Forum Technical Committee.
Lan emulation over atm, version 2 luni specifications.
Technical Report Version 2, ATM Forum, July 1997.
- [7] The ATM Forum Technical Committee.
Multi-protocol over atm.
Technical Report Version 1.0, ATM Forum, July 1997.
- [8] The ATM Forum Technical Committee.
Multi-protocol over atm.
Technical Report Version 1.1, ATM Forum, May 1999.
- [9] The ATM Forum Technical Committee.

Notes :

Atm user-network interface (uni) signalling specification version 4.1.

Technical Report Version 4.1, ATM Forum, April 2002.

[10] The ATM Forum Technical Committee.

Atm user-network interface (uni) specification.

Technical Report Version 4.1, ATM Forum, November 2002.

[11] M. Davison.

ILMI-Based Server Discovery for ATMARP.

Technical Report 2601, Internet Engineering Task Force, June 1999.

[12] ATM Forum.

Integrated local management interface (ilmi) specification.

Technical Report Version 4.0, ATM Forum, September 1996.

[13] L. Rodney Goke and G. J. Lipovski.

Banyan networks for partitioning multiprocessor systems.

SIGARCH Comput. Archit. News, 2(4) :21–28, December 1973.

Notes :

[14] G. Gross, M. Kaycee, A. Li, A. Malis, and J. Stephens.

PPP Over AAL5.

Technical Report 2364, July 1998.

[15] D. Grossman and J. Heinanen.

Multiprotocol Encapsulation over ATM Adaptation Layer 5.

Technical Report 2684, Internet Engineering Task Force, September 1999.

[16] Juha Heinanen.

Multiprotocol Encapsulation over ATM Adaptation Layer 5.

Technical Report 1483, IETF, July 1993.

Obsoleted by RFC 2684.

[17] ITU-T.

Digital hierarchy bit rates.

Technical Report G.702, International Telecommunication Union, Geneva, November 1988.

[18] ITU-T.

Notes :

B-isdn user-network interface - physical layer specification.

Technical Report I.432, International Telecommunication Union, Geneva, April 1991.

[19] ITU-T.

I.321 : B-isdn protocol reference model and its application.

Technical Report I.321, International Telecommunication Union, Geneva, April 1991.

[20] ITU-T.

I.413 : B-isdn user-network interface.

Technical Report I.413, International Telecommunication Union, Geneva, March 1993.

[21] ITU-T.

Isdn user-network interfaces - reference configurations.

Technical Report I.411, International Telecommunication Union, Geneva, March 1993.

[22] ITU-T.

Notes :

B-isdn atm adaptation layer - service specific connection oriented protocol (sscop).

Technical Report Q.2110, International Telecommunication Union, Geneva, July 1994.

[23] ITU-T.

B-isdn signalling atm adaptation layer - service specific coordination function for support of signalling at the user-network interface (sscf at uni).

Technical Report Q.2130, International Telecommunication Union, Geneva, July 1994.

[24] ITU-T.

B-isdn signalling atm adaptation layer (saal) - overview description.

Technical Report Q.2100, International Telecommunication Union, Geneva, July 1994.

[25] ITU-T.

Notes :

B-isdn atm adaptation layer - service specific coordination function for signalling at the network node interface (sscf at nni).

Q.2140, International Telecommunication Union, Geneva, February 1995.

[26] ITU-T.

Digital subscriber signalling system no. 2 - user-network interface (uni) layer 3 specification for basic call/connection control.

Technical Report Q.2931, International Telecommunication Union, Geneva, February 1995.

[27] ITU-T.

B-isdn atm adaptation layer specification : Type 3/4 aal.

Technical Report I.363.3, International Telecommunication Union, Geneva, August 1996.

[28] ITU-T.

B-isdn atm adaptation layer specification : Type 5 aal.

Technical report, International Telecommunication Union, 1996.

Notes :

[29] ITU-T.

B-isdn general network aspects.

Technical Report I.311, International Telecommunication Union, Geneva, August 1996.

[30] ITU-T.

I.363.1 : B-isdn atm adaptation layer specification : Type 1 aal.

Technical Report I.363.1, International Telecommunication Union, Geneva, August 1996.

[31] ITU-T.

Segmentation and reassembly service specific convergence sublayer for the aal type 2.

Technical Report I.366.1, International Telecommunication Union, Geneva, June 1998.

[32] ITU-T.

Transport of sdh elements on pdh networks - frame and multiplexing structures.

Notes :

Technical Report G.832, International Telecommunication Union, Geneva, October 1998.

[33] ITU-T.

Aal type 2 signalling protocol (capability set 1).

Technical Report Q.2630.1, International Telecommunication Union, Geneva, December 1999.

[34] ITU-T.

Atm protection switching.

Technical Report I.630, International Telecommunication Union, Geneva, February 1999.

[35] ITU-T.

B-isdn asynchronous transfer mode functional characteristics.

Technical Report I.150, International Telecommunication Union, Geneva, February 1999.

[36] ITU-T.

B-isdn atm layer specification.

Notes :

Technical Report I.361, International Telecommunication Union, Geneva, February 1999.

[37] ITU-T.

B-isdn operation and maintenance principles and functions.

Technical Report I.610, International Telecommunication Union, Geneva, February 1999.

[38] ITU-T.

B-isdn user-network interface - physical layer specification : 1544 kbit/s and 2048 kbit/s operation.

Technical Report I.432.3, International Telecommunication Union, Geneva, February 1999.

[39] ITU-T.

B-isdn user-network interface - physical layer specification : 155 520 kbit/s and 622 080 kbit/s operation.

Technical Report I.432.2, International Telecommunication Union, Geneva, February 1999.

Notes :

[40] ITU-T.

Functional description of the b-isdn user part (b-isup) of signalling system no. 7.

Technical Report Q.2761, International Telecommunication Union, Geneva, December 1999.

[41] ITU-T.

General functions of messages and signals of the b-isdn user part (b-isup) of signalling system no. 7.

Technical Report Q.2762, International Telecommunication Union, Geneva, December 1999.

[42] ITU-T.

Signalling system no. 7 b-isdn user part (b-isup) - basic call procedures.

Technical Report Q.2764, International Telecommunication Union, Geneva, December 1999.

[43] ITU-T.

Notes :

Signalling system no. 7 b-isdn user part (b-isup) - formats and codes.

Technical Report Q.2763, International Telecommunication Union, Geneva, December 1999.

[44] ITU-T.

Aal type 2 service specific convergence sublayer for narrow-band services.

Technical Report I.366.2, International Telecommunication Union, Geneva, November 2000.

[45] ITU-T.

Aal type 2 signalling protocol (capability set 2).

Technical Report Q.2630.2, International Telecommunication Union, Geneva, December 2000.

[46] ITU-T.

B-isdn addressing.

Technical Report E.191, International Telecommunication Union, Geneva, March 2000.

Notes :

[47] ITU-T.

B-isdn atm layer cell transfer performance.

Technical Report I.356, International Telecommunication Union, Geneva, March 2000.

[48] ITU-T.

I.363.2 : B-isdn atm adaptation layer specification : Type 2 aal.

Technical Report I.363.2, International Telecommunication Union, Geneva, November 2000.

[49] ITU-T.

Information technology - open systems interconnection - network service definition.

Technical Report X.213, International Telecommunication Union, Geneva, October 2001.

[50] ITU-T.

B-isdn user-network interface - physical layer specification : General characteristics.

Notes :

Technical Report I.432.1, International Telecommunication Union, Geneva, February 2002.

[51] ITU-T.

The international public telecommunication numbering plan.

Technical Report E.164, International Telecommunication Union, Geneva, May 2002.

[52] ITU-T.

Aal type 2 signalling protocol (capability set 3).

Technical Report Q.2630.3, International Telecommunication Union, Geneva, October 2003.

[53] ITU-T.

Atm cell mapping into plesiochronous digital hierarchy (pdh).

Technical Report G.804, International Telecommunication Union, Geneva, June 2004.

[54] ITU-T.

Traffic control and congestion control in b-isdn.

Notes :

Technical Report I.371, International Telecommunication Union, Geneva, March 2004.

- [55] ITU-T.
Characteristics of synchronous digital hierarchy (sdh) equipment functional blocks.
Technical Report G.783, International Telecommunication Union, Geneva, March 2006.
- [56] ITU-T.
Network node interface for the synchronous digital hierarchy (sdh).
Technical Report G.707, International Telecommunication Union, Geneva, January 2007.
- [57] M. Laubach and J. Halpern.
Classical IP and ARP over ATM.
Technical Report 2225, IETF, April 1998.
Updated by RFC 5494.

Notes :

- [58] J. Luciani, D. Katz, D. Piscitello, B. Cole, and N. Doraswamy.
NBMA Next Hop Resolution Protocol (NHRP).
Technical Report 2332, IETF, April 1998.
- [59] P. Newman, W. Edwards, R. Hinden, E. Hoffman, F. Ching Liaw, T. Lyon, and G. Minshall.
Ipsilon Flow Management Protocol Specification for IPv4 Version 1.0.
Technical Report 1953, May 1996.
- [60] P. Newman, W. Edwards, R. Hinden, E. Hoffman, F. Ching Liaw, T. Lyon, and G. Minshall.
Ipsilon's General Switch Management Protocol Specification Version 2.0.
Technical Report 2297, March 1998.
- [61] E. Rosen, A. Viswanathan, and R. Callon.
RFC 3031 : Multiprotocol label switching architecture.
Standards track, IETF, January 2001.

Notes :

- [62] Y.-S. Yeh, M.G. Hluchyj, and A. Acampora.
The knockout switch : A simple, modular architecture for high-performance packet switching.
Selected Areas in Communications, IEEE Journal on, 5(8) :1274–1283, 1987.

Notes :
