

LES RESEAUX ATM

A) Introduction

La technologie ATM (*Asynchronous Transfert Mode*), est une technologie récente, qui permet l'accès au réseau haut débit. Elle réalise la transmission des données mais aussi de la voix et de la vidéo, en garantissant une bande passante minimale à chaque connexion, notion de qualité de service. Un des autres intérêts de la technologie ATM est qu'elle peut s'appliquer au domaine des LAN, HSLAN, MAN et WAN.

1) présentation générale

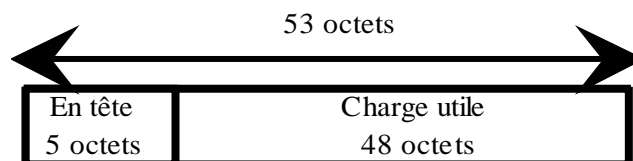
La technologie ATM fut développée par le CENT, centre d'étude de France Télécom afin d'améliorer le transport de données sur le réseau public, mais en plus des organismes tel que l'ATM Forum à fait que cette technologie puisse s'appliquer aussi LAN et au WAN, public ou privé.

ATM permet donc une exploitation plus efficace des liaisons WAN des opérateurs, en raison d'un véritable multiplexage dynamique lors de la transmission. Ce qui évite de laisser le support inoccupé pendant un certain laps de temps et donc d'engendrer un coup supplémentaire des transmissions.

Avec ATM il est donc possible de transporter tous les trafics, et cela sur toutes les distances envisageables, de quelque dizaine de mètres à plusieurs dizaines de milliers de kilomètres et quel que soit le type de média (paires torsadées, fibre optique et le sans fil). En plus le débit peut être complètement variable.

2) Les cellules ATM

Les cellules ATM sont de longueurs fixes ce qui facilite le multiplexage, où autrement dit la commutation de celle-ci. Grâce à cette longueur fixe les systèmes de commutation se sont plus logiciels mais matériels, ce qui permet d'obtenir des vitesses de commutation de plusieurs centaines de Méga bits.



La taille d'une cellule ATM a été fixée à 53 octets ce qui permet d'améliorer le multiplexage des données sur la voix (qui fut le critère déterminant pour la taille) tout en n'en minimisant les conséquences. En réduisant la taille des cellules on réduit aussi le temps de traitement de celle-ci.

Cette taille ne devait pas être inférieure afin que le rapport entre la charge utile et l'en-tête soit suffisant.

C'est ainsi qu'en limitant les longueurs des files d'attente sur les éléments de commutation que l'on va pouvoir obtenir un débit pratiquement constant avec une gigue (décalage temporel entre des cellules de même source) pratiquement nulle.

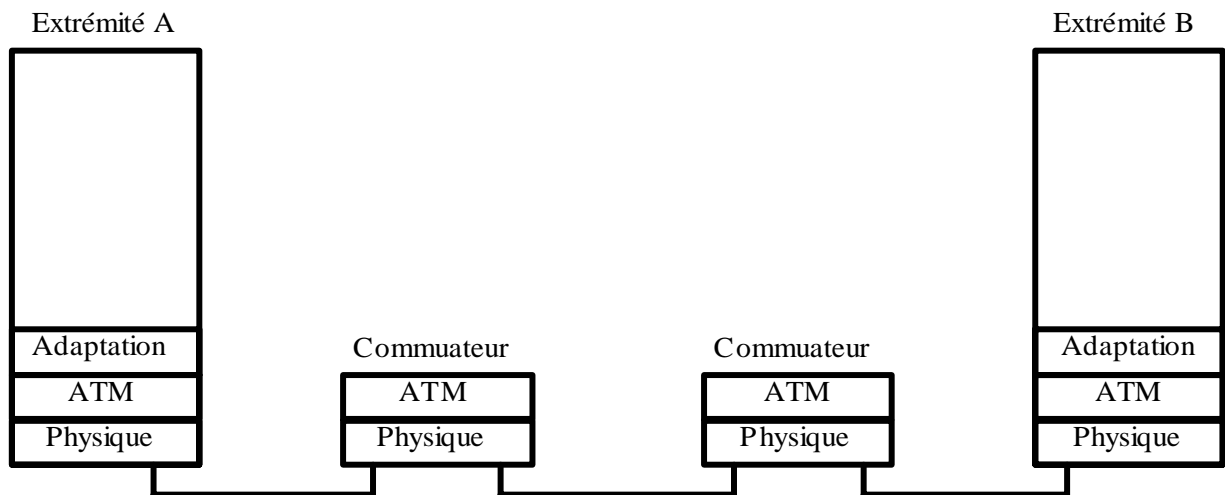
3) Les liaisons

Les liaisons gérables par la technologie ATM sont de deux types, les liaisons point à point et les liaisons point à multipoint. A la différence des réseaux locaux tel que Ethernet ou Token-Ring, le réseau ATM est dit orienté connexion, à chaque demande de transmission un circuit virtuel est établi répondant à la qualité de service souhaité, ce circuit virtuel peut être permanent ou pas.

4) Les couches ATM

Les couches ATM sont au nombre de trois:

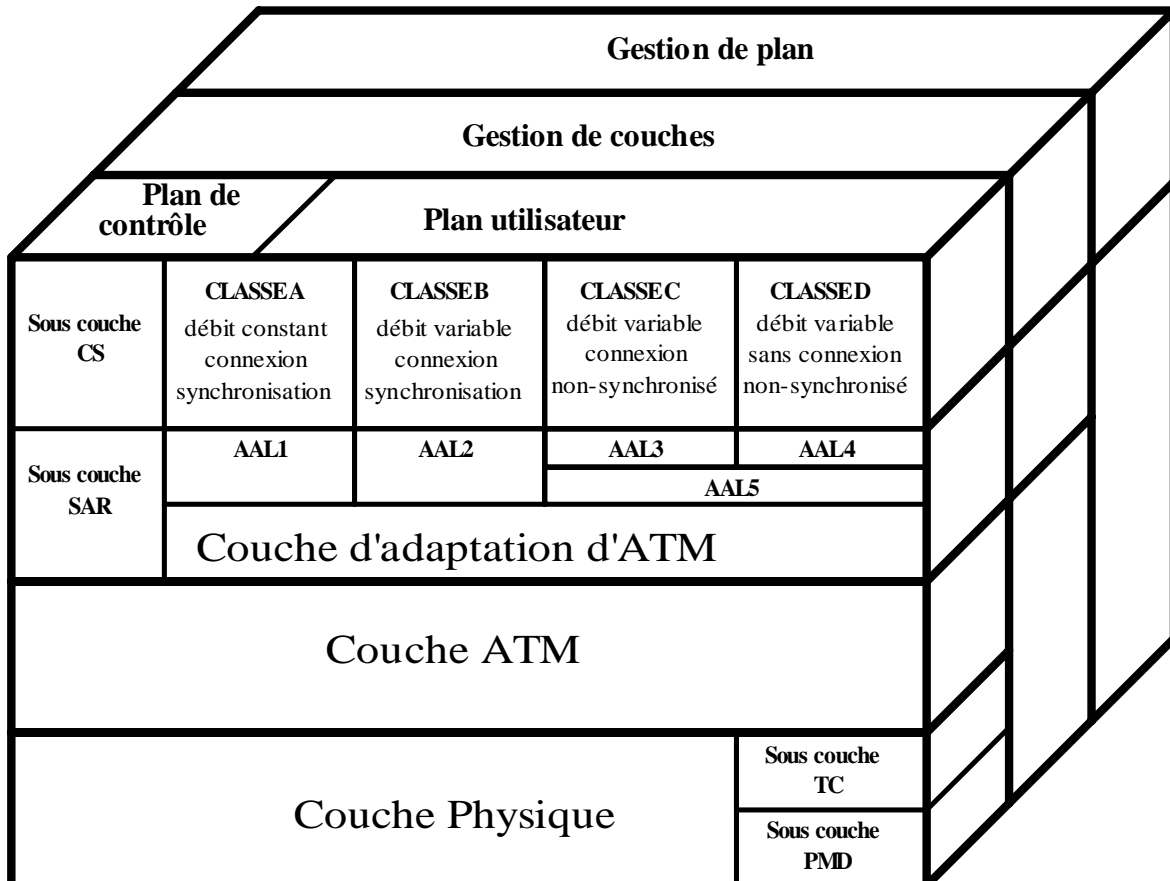
- La couche Physique, qui permet l'adaptation des cellules au système de transport physique utilisé.
- La couche ATM qui permet d'effectuer la commutation et le multiplexage des cellules.
- La couche AAL (*ATM Adaptation Layer*), qui permet d'adapter les unités de données des protocoles supérieurs à la couche ATM.



B) La technologie de L'ATM

1) Le modèle de l'ATM

La technologie ATM est décrite à l'aide d'un modèle relativement élaboré, qui comprend trois couches horizontales correspondant au trois premiers niveaux OSI, et trois plans verticaux successifs qui traite des différents aspects d'ATM.



a) Les différents plans du modèle

Le plan utilisateur correspond à la fonction d'acheminement offert par ATM à un protocole ou applicatif de niveau supérieur.

Le plan de contrôle ou de commande correspond au mécanisme interne à ATM, tels que la signalisation nécessaire à l'établissement, au maintien, et à la libération de la connexion.

Les plans gestion permettent la gestion des performances, qui permet au plan utilisateur d'offrir les différents services requis. Il utilise des cellules spécifiques (OAM Cells, *Operation And Maintenance Cells*).

b) Les différentes couches

La couche physique est chargée de fournir à la couche ATM un service de transport des cellules, elle est décomposée en deux sous couches:

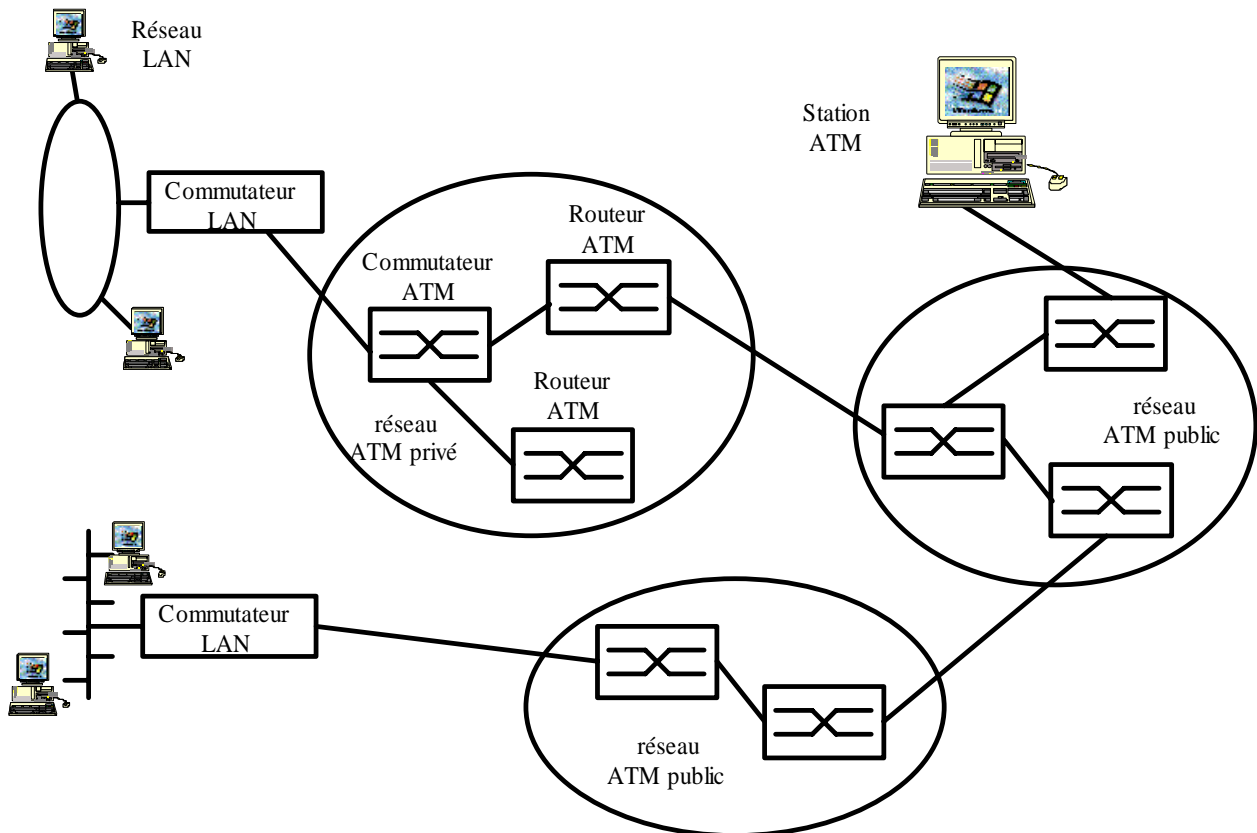
- la sous-couche TC (*Transmission Convergence*) assure l'adaptation des débits, le contrôle des données, et la délimitation des cellules.
- La sous couche PM (*Physical Medium*) fournis l'accès au support physique et gère les mécanismes de synchronisation.

La couche ATM assure les fonctions de multiplexage et de démultiplexage des cellules, la génération est l'extraction des en-têtes, l'acheminement (la commutation) des cellules.

La couche AAL garantit aux applications utilisateur la qualité de service requise par l'application. Cinq types d'AAL ont été définis, ils sont divisés en deux sous couches:

- la sous couche SAR (*Segmentation And Reassembly sublayer*), elle segmente et réassemble les cellules pour les couches supérieures.
- la sous couche CS (*Convergence Sublayer*) elle assure la synchronisation des horloges entre l'application et le système de transmission.

1) Les composants constituant ATM



a) La carte d'interface de réseau ATM

Une carte d'interface de réseau ATM relie une station LAN à un commutateur ATM. L'interface ATM convertit les données générées par la station en cellules qui sont transmises à un commutateur ATM LAN et convertit les cellules reçues de ce commutateur en un format de données manipulable par la station.

b) Le commutateur LAN

Un commutateur LAN assure l'interconnexion entre les réseaux locaux classique tel que Ethernet ou Token-Ring et le réseau ATM. Il supporte au moins deux types de d'interface, une interface ATM et une interface LAN.

Le commutateur LAN fonctionne à la fois comme un commutateur et comme un convertisseur de protocole.

c) Le commutateur ATM

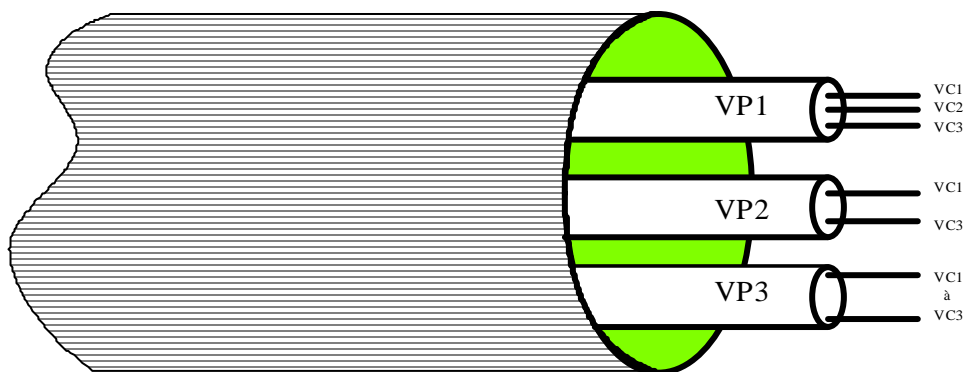
Un commutateur ATM est commutateur multiport où chaque port est connecté à un équipement ATM. Il constitue l'infrastructure de base d'un réseau ATM. L'interconnexion des commutateurs ATM permet de constituer le réseau ATM.

Il permet de router les cellules d'un port d'entrée vers un port de sortie.

1) L'adressage dans les réseaux ATM

Le réseau ATM utilise en interne un adressage identifiant les voies virtuelles. Afin d'assurer des performances optimales de commutation, ATM met en œuvre en interne une technique d'adressage à deux niveaux :

- VCI (*Virtual Chanel Identifier*),
- VPI (*Virtual Path Identifier*).



a) Le VCI

Le premier niveau identifie la voie virtuelle, le VCI. Le VCI est une connexion semi-permanente ou établie à chaque appel.

b) Le VPI

Le second niveau regroupe un ensemble de conduits virtuels ayant la même destination (commutateur intermédiaire) en un faisceau virtuel, le VPI. Le VPI est une connexion semi-permanente contrôlée par le réseau.

Les VPI permettent d'alléger les tables d'acheminement des commutateurs puisque que chaque canal virtuel n'à plus besoin d'être routé, mais c'est le conduit virtuel qui est routé. Ceci permet une plus grande rapidité de traitement des adresses, et une réduction des tables d'acheminement. Certains commutateurs ne routent que les VPI ils sont nommés brasseur.

4) La cellule ATM

a) Interface réseau

On distingue deux familles de trames, qui dépende du type d'interface réseau utilisé.

Interface réseau UNI (User to Network Interface)

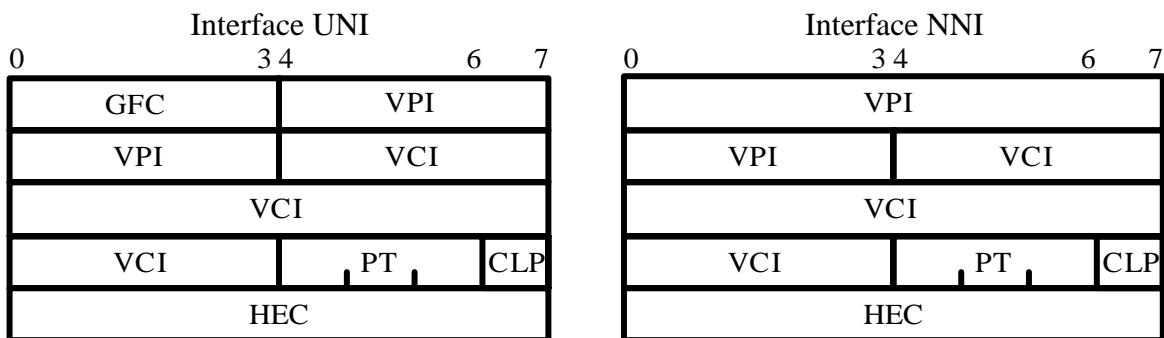
L'UNI est l'interface entre un équipement terminal privé et un commutateur ATM, il est plus précisément nommé UNI privé. La connexion d'un réseau privé ATM à un réseau public est également nommé UNI, mais UNI public.

Interface réseau NNI (Network to Node Interface)

Le NNI est une interface entre deux commutateurs publics. Deux types de NNI existent, le NNI privé qui décrit l'interface commutateur local d'une entreprise, et le NNI public qui décrit l'interface entre les commutateurs des réseaux publics ATM comme ceux des opérateurs.

b) La cellule ATM

Deux types de cellules existent selon le type d'interface.



Le champ GFC (Generic Flow Control)

Le champ GFC n'est utilisé que pour les cellules UNI, ces quatre bits sont constitue une extension du champ VPI pour les cellules NNI.

Lors de la transmission usager – réseau (UNI) ce champ permet le contrôle du flux. Deux modes de contrôle sont disponibles:

- Le mode non contrôlé, qui est mode de fonctionnement par défaut, dans ce cas le champ est mis à zéro, l'ATM Forum recommande de mettre tous les bits à 1.
- Le mode contrôlé, le GFC devrait assurer le partage équitable de l'accès au réseau aux différentes stations dans une configuration point à multipoint. En mode point à point, le GFC devrait permettre de régler le problème de conflit d'accès (résolution de contention) et d'assurer le contrôle de flux.

Le champ PT (Payload Type)

Deux types de données transitent sur le réseau:

- Les données d'origine utilisateurs.
- Les données interne au réseau (signalisation, maintenance, ...)

Le champ PT indique donc le type de charge contenue dans le champ de données.

| Type Bit 4 | | EFCI Bit 3 | | User Bits 2 | |
|------------|---|------------|---|-------------|---|
| 0 | Flux d'origine Usager | 0 | Bit EFCI (<i>Explicit Forward Congestion Indication</i>), pas de congestion | 0, 1 | A disposition de l'application, peut être utilisé par la couche d'adaptation pour Indique la fin de la segmentation des données. Dernier segment = 1 |
| | | 1 | La cellule à traverser au moins un nœud congestionné | | |
| 1 | Flux d'origine réseau (cellules réseau) | 0 | Flux de maintenance | 0 | De section (entre nœuds) |
| | | | Cellule OAM | 1 | De bout en Bout |
| | | 1 | Gestion des ressources | 0 | Réseau |
| | | | Cellules RM | 1 | Réservé |

Le bit CLP (Cell Loss Priority)

Ce bit permet la gestion de la congestion. Le bit CLP de préférence à l'écartement indique les cellules à éliminer en priorité lors d'un état de congestion.

Le positionnement de ce bit est de la responsabilité de la source, à 1 il indique que la cellule à une priorité basse, et à 0 il indique une cellule de priorité haute.

Le bit CLP permet de spécifier, sur une même connexion, des flux différents. Il peut, par exemple, être utilisé dans les transferts de vidéo compressée:

- Les informations essentielles sont émises avec le bit CLP à 0.
- Les informations secondaires sont émises avec le bit CLP à 1.

Le champ HEC (Header Error Control)

Le champ HEC assure la détection d'erreur et la correction simple, mais que sur l'en-tête de la cellule. En cas d'erreur non corrigé (supérieur à un bit) la cellule est éliminés.

Le champ HEC assure la fonction de cadrage des cellules. L'ATM n'utilisant aucun fanion pour délimiter les cellules, et celle-ci ayant une longueur fixe et une fréquence de récurrence élevée, il suffit de se positionner correctement sur un octet pour reconnaître les limites des cellules.

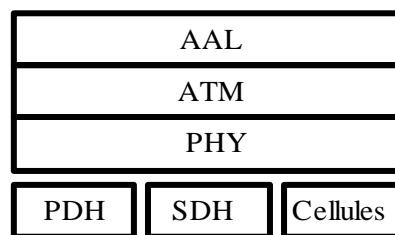
C) Fonctionnement des couches

1) La couche Physique

a) Généralités

L'ATM est une technique de multiplexage synchrone, trois modes de fonctionnement ont été définis:

- Le mode PDH (*Plesiochronous Digital Hierarchy*) c'est un mode tramé temporel qui utilise les infrastructures existantes.
- Le mode SDH (*Synchronous Digital Hierarchy*) ou mode tramé synchrone, prochainement le seul utilisé.
- Le mode cellule, où les cellules sont transmises directement sur le support. Mode utilisé dans les infrastructures privées ou réseaux locaux.



L'adaptation des cellules ATM au réseau de transmission est réalisée par la sous couche TC (*Transmission convergence*). La sous couche P (*Physical medium*) assure la transmission des bits sur le support.

b) La sous couche TC

La sous couche TC assure:

- L'adaptation des débits.
- Le contrôle des erreurs.
- La délimitation des cellules (synchronisation).
- L'adaptation des cellules au système de transmission.

L'adaptation des débits

L'adaptation des débits entre la source et le système de transmission est effectuée par l'insertion ou l'extraction de cellules vide, cette fonction est réalisée par chaque commutateur ATM.

Le contrôle d'erreurs

La fiabilisation des supports de transmission autorise l'allègement de contrôle d'erreurs. Mais il faut éviter d'acheminer des cellules erronées. La validité des informations de routages est vérifiée par chaque commutateur, qui adopte les comportements suivants selon les résultats du test.

| | |
|---------------------------|-------------------------------|
| Pas d'erreur | Cellule transmise |
| Erreur de 1 bit | Cellule corrigée et transmise |
| Erreur supérieure à 1 bit | Cellule détruite |

La délimitation des cellules

ATM n'utilise pas de fanion. C'est la détection du champ HEC qui permet la synchronisation. Les commutateurs calculent l'HEC, en mode de recherche. Dès que 32 bits correspondent aux règles de détermination de l'HEC, le commutateur se met en mode de présynchronisation, et contrôle que la loi est vérifiée tous les 53 octets, si c'est le cas il se synchronise.

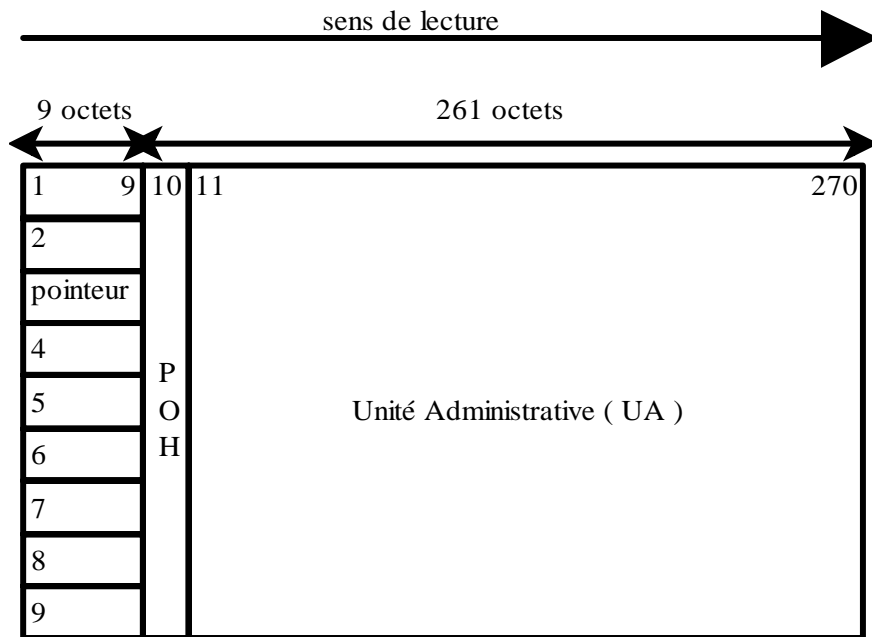
c) La sous couche PM

La couche PM est chargée de la transmission et de la réception du flot de bits sur le support. Il réalise les fonctions suivantes:

- Le codage.
- l'alignement.
- la synchronisation bit.
- l'adaptation électrique et photoélectrique au support.

Adaptation au système SDH ou SONET (Synchronous Optical NETWORK)

La SDH utilise un format de trame de base obtenu par entrelacement d'octet nommé conteneur. Il est composé de trois zones.



La zone de charge utile est constituée de des parties UA et POH. POH contient les informations spécifiques à la gestion du conduit transporté. Ce qui donne une charge utile de 2340 octets.

La zone pointeur permet la gestion des lignes de transmission et indique le début de la charge utile.

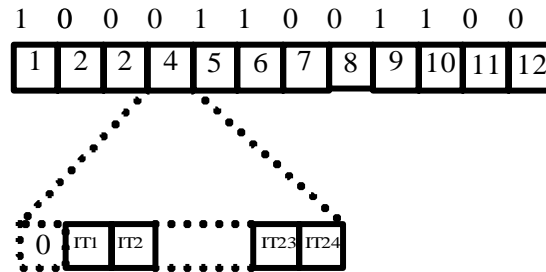
Cette trame à un débit de 155,52 Mbits/s, pour un débit utile de 144,76 Mbits/s. Le débit offert pour la couche ATM est de 135,63 Mbits/s.

L'intérêt de ce système est la compatibilité entre le système européen et américain.

Adaptation au système PDH

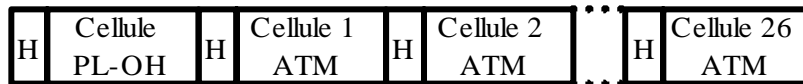
Les réseaux PDH constituent la majorité des infrastructures de transmission, mais ils ne sont pas définis de manière identique aux Etats-Unis et en Europe.

La trame de base est composée de 24 IT de 8 bits soit un débit nominal de 1,536 Mbits/s. Puis une multitrame regroupe 12 trames de base qui sont précédé de 1 bit de signalisation. Ces 12 bits forment le mot binaire suivant: 100011001100.



Le mode tramé ATM 155

L'ATM 155 Mbits/s en mode tramé a été défini pour fonctionner sur une fibre optique multimode et sur de la paire torsadée catégorie 5; Le codage est du type 8B/10B. La trame est constituée de 27 cellules dont une est réservée à la signalisation, cellule PL-OH (*Physical Layer Over Head*). Les 5 octets d'en-tête (H sur la figure) ATM de la cellule PL-OH sont remplacé par 5 symboles permettant la synchronisation du décodage.



Adaptation dans le mode Cellule

Différentes spécifications ont été définies pour le fonctionnement en mode cellule, mais ils utilisent toute le codage de type nB/mB.

L'ATM 25

Défini par l'ATM Forum il permet la connexion de station de travail multimédia, et fonctionne sur paires torsadées d'une longueur maximale de 100m. Le codage est du type 4B/5B, et le débit nominal est de 25,6 Mbits/s.

L'ATM 100

L'ATM 100 Mbits/s à été défini pour fonctionner au-dessus du réseau FDDI dont il utilise le codage. Cette interface n'est guère utilisée.

Les débits normalisés à l'interface UNI

| Accès réseau | Débit binaire Mbits/s | Support | Distance en mètre | Type d'UNI |
|--------------------|--------------------------|------------------|----------------------|-----------------|
| Accès plésiochrone | | | | |
| E1 | 2,048 | Paires torsadées | | Publique |
| T1 | 1,544 | Paires torsadées | | Publique |
| nT1 | n . 1,544 | Paires torsadées | | Publique |
| nE1 | n . 2,048 | Paires torsadées | | Publique |
| Accès mode cellule | | | | |
| ATM 25 | 25,6 | UTP cat 3 & 5 | 100 | Privée |
| ATM 155 | 155,52 | Fibre multimode | 2000 | Privée |
| | | Paires STP | 100 | Privée |
| Accès synchrone | | | | |
| STS1 | 51,48 | Fibre monomode | 15000 | Publique |
| | | UTP cat 3 & 5 | 100 | Privée |
| | 155,52 | Fibre optique | 15000 | Publique, privé |
| | | Coaxial | 150 | Privé |
| | 622,08 | Fibre monomode | 15000 | Publique, privé |

2) La couche ATM

a) Généralités

La couche ATM est chargé de:

- L'acheminement des cellules dans le réseau.
- L'ajout et du retrait des en-têtes.
- Le contrôle de flux (GFC), à l'interface utilisateur, UNI.
- L'adaptation du débit, insertion et retrait de cellules vides.
- Le contrôle d'admission en fonction de la qualité de service requise.
- Le lissage de trafic.

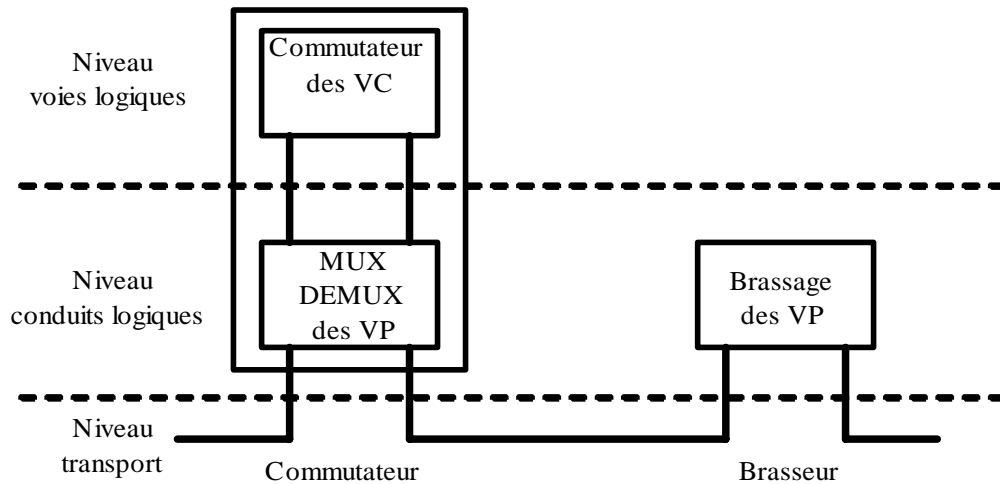
b) La fonction d'acheminement

Préalablement à tout transfert de données, ATM établit une voie virtuelle entre les deux systèmes d'extrémité. La voie virtuel VCC (*Virtual Chanel Connection*) résulte de la concaténation des circuits virtuels.

ATM introduit deux niveau de commutation, les permettant la commutation des circuits virtuels (VCI), et l'autre réalisant la commutation des conduits virtuels (VPI). La commutation d'une cellule ATM s'effectue à l'aide de deux identifiant (étiquettes), le VCI et le VPI qui sont présent dans l'en-tête de la cellule.

Cette approche permet de distinguer trois niveaux:

- Le niveau voie logique mettant en relation deux utilisateurs d'extrémité.
- Le conduit associant un ensemble de voies virtuelles à brasser identiquement entre deux brasseurs.
- Le niveau transport pouvant être constitué de simples liaisons spécialisées entre commutateurs, ou utilisant une infrastructure de transport de type PDH ou SDH.



Le premier étage du commutateur effectue un démultiplexage des circuits virtuels entrant et un multiplexage des circuits virtuels (VC) sortant afin de recréer de nouveaux conduits virtuels (VP). Alors que le second étage commute les différents circuit virtuel.

La commutation des circuits virtuels est effectuée à l'aide d'une table de commutation qui indique selon les valeurs des VPI et VCI de chaque voie entrante le port de sortie correspondant. Le commutateur avant d'envoyé la cellule en modifie les valeurs de VCI et VPI pou le prochain commutateur afin que celle ci puisse être acheminée jusqu'à son destinataire.

Exemple de commutateur:

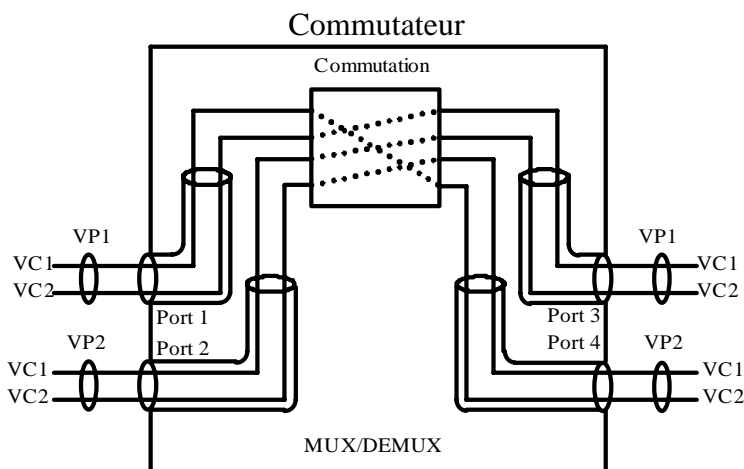


Table de commutation

| Entrée | | Sortie | |
|--------|-----------|--------|-----------|
| Port | VCI / VPI | Port | VCI / VPI |
| 1 | 1 / 1 | 4 | 2 / 2 |
| 1 | 2 / 1 | 3 | 1 / 1 |
| 2 | 1 / 2 | 3 | 2 / 1 |
| 2 | 2 / 2 | 4 | 1 / 2 |

Un certain nombre de circuits virtuels, les 32 premiers VCI, sont toujours réservés, car ils véhiculent des cellules de signalisation, de contrôle ou d'administration.

| VCI | Type de cellules |
|-------|-------------------------|
| 0 | Pas de données présente |
| 1 & 2 | Définis par l'ITU |
| 3 & 4 | OAM F4 |
| 5 | Signalisation UNI |
| 6 | Cellule RM |
| 18 | P-NNI |

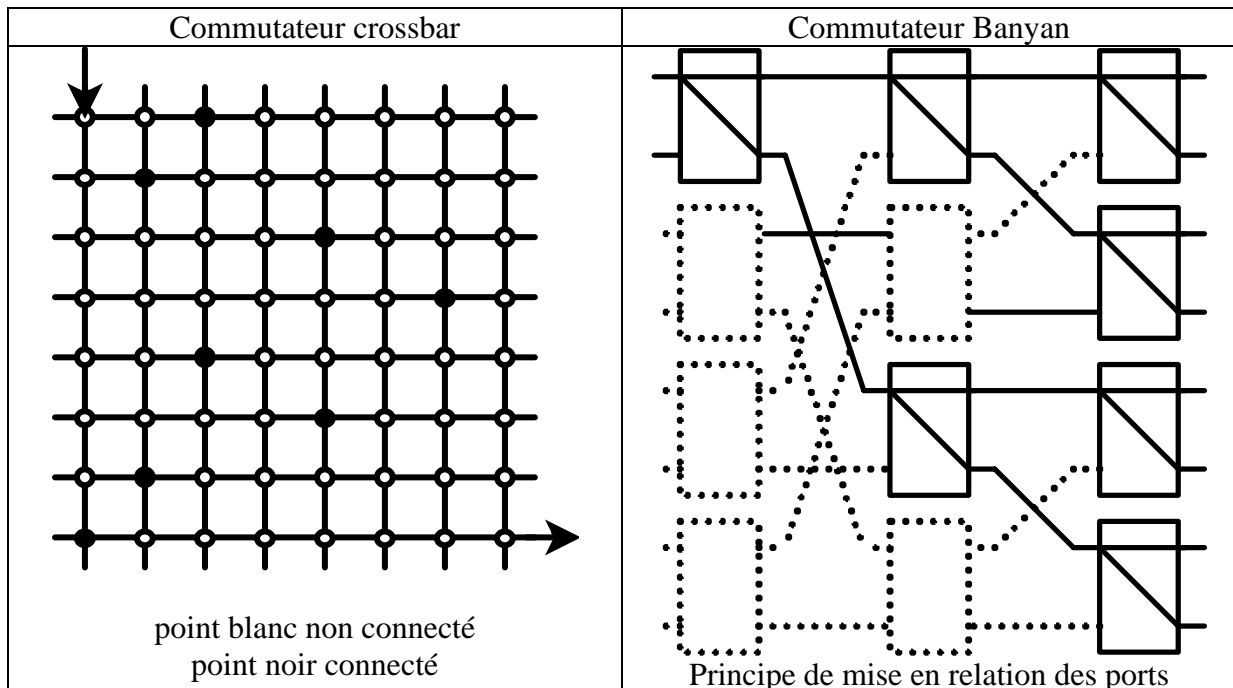
Principe des commutateurs

Le commutateur met en relation un port de d'entrée et un port de sortie selon le principe décrit précédemment.

Il existe deux familles de commutateurs:

- Les commutateurs temporels qui mette en relation un intervalle de temps d'un circuit d'entrée avec un intervalle de temps d'un circuit de sortie.
- Les commutateurs spatiaux établissent la relation entre un circuit d'entrée et un circuit de sortie.

Exemple de type de commutateurs spatiaux:



c) Le contrôle de flux de congestion

Un réseau ATM est un réseau de files d'attente, il peut donc être soumis à la congestion. Trois mécanismes sont mis en œuvre pour prévenir ou guérir la congestion:

- L'élection de cellules à détruire.
- Le contrôle d'admission d'une connexion.
- Le contrôle du débit à la source.

L'élection de cellules à détruire

L'élection de la cellule à détruire en priorité en cas de congestion se fait à l'aide du bit CLP. Ce bit peut être positionné à 1 par la source ou par tout commutateur si le flux, sur le circuit virtuel dépasse le débit autorisé. Cette mise à 1 indique les cellule à écarter en priorité.

Le contrôle d'admission d'une connexion

Le contrôle d'admission d'une nouvelle connexion dans le réseau, CAC (*Connection Admission Call*), consiste à n'accepter une nouvelle connexion que si celle-ci peut être satisfaite en terme de qualité de service requise sans préjudicier les connexions établis.

L'ATM définit cinq classe de service.

| Service | Nom | Caractéristique | Application types |
|----------------|------------------------------------|--|---|
| CBR | Constant Bit Rate | Débit constant Flux isochrone | Voix, vidéo non compressées |
| VBR-rt | Variable Bit Rate real time | Débit variable Flux isochrone | Applications audio et vidéo compressées |
| VBR-nrt | Variable Bit Rate non real time | Débit variable mais prévisible | Application du type transactionnel |
| ABR | Available Bit Rat | Débit sporadique sans contrainte temporelle | Interconnexion de réseaux locaux |
| UBR | Unspecified Bit Rate | Trafic non spécifié | Messagerie, sauvegarde à distance |

Les contrats de service

Lors de l'admission d'une connexion l'élément émetteur demandera une des classes de service qui correspond à un contrat de service fixé entre les deux éléments. Celui-ci est défini en terme de qualité de service et de paramètres de trafic.

| |
|---|
| Qualité de service |
| CTD durée maximal garanti pour le transfert bout en bout d'une cellule. |
| CDV borne maximale des variations de temps de transfert des cellules. |
| CLR taux de perte maximale des cellules |

| |
|--|
| Paramètre de trafic |
| MBS définit la taille maximal des rafales admissible par le réseau |
| PCR débit maximal soumis par la source |
| SCR débit moyen soumis par le réseau |
| MCR débit minimal garanti par le réseau |

Ce contrôle de flux ainsi que le contrôle de congestion est effectué à l'aide de cellule RM (Ressource Management) qui peuvent être insérées dans le flux de données par tout commutateur actif.

Le contrôle de débit de la source

Le contrôle du débit de la source définit 3 niveaux:

- Le trafic est conforme au contrat de service et les cellules sont transmises.
- Le trafic est supérieur au contrat de service et les cellules sont marquées, le bit CLP passe à 1.
- Le trafic est supérieur au contrat de service et le réseau est en état de congestion ou le trafic est très supérieur au contrat de service alors les cellules sont détruites.

3) la couche AAL

a) Généralité

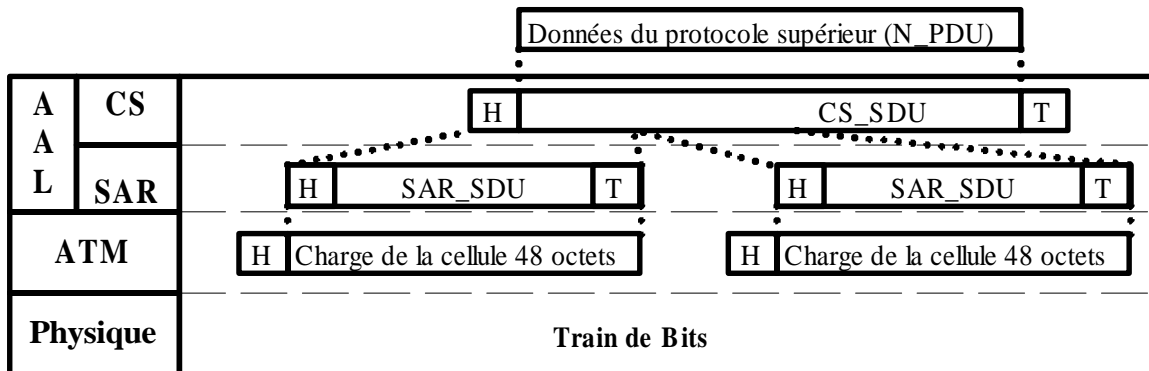
La technologie ATM est transparente aux données transportées. Il faut donc réaliser pour chaque application une adaptation spécifique, c'est le rôle de la couche ATM. Cinq type d'adaptations spécifiques ont été définis:

| | AAL Type 1 | AAL Type 2 | AAL Type 3/4 | AAL Type 5 |
|---------------------|---|---------------------------------|---|---|
| Relation temporelle | Elevée | | Faible | |
| Débit | Constant | Variable | | |
| Mode de connexion | Connecté | | Connecté ou non | Connecté |
| Exemple | Emulation de circuit voix et vidéo à débit constant | Vidéo à débit variable (MPEG) | Transactionnel Transfert de fichiers | Interconnexion de réseaux locaux (simplification de LALL 3/4) |

b) structure de la couche AAL

La couche AAL ;est décomposée en deux sous couche

- La sous couche SAR (*Segmentation And rassembley*) qui assure la segmentation et le réassemblage des données de la couche supérieure en cellules de 48 octets, et elle permet la compensation des délai de transmission, la récupération de l'horloge, ainsi que la détection des pertes de cellules ou leur insertion.
- La sous couche CS (*Convergence Sublayer*) assure la transparence entre les applications est le mode de transfert ATM. Elle permet le multiplexage des connexions, la reprise des erreurs, la compensation de la gigue des cellules.

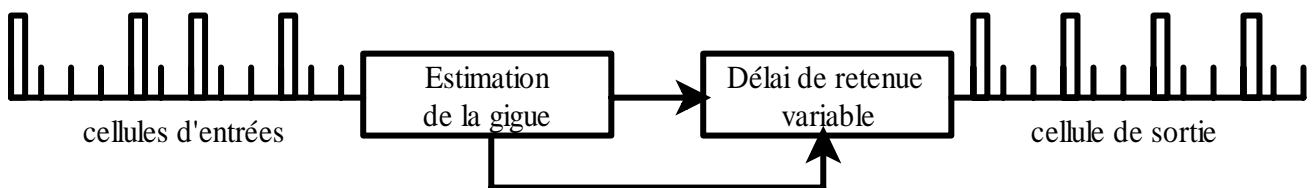


c) Les différentes AAL

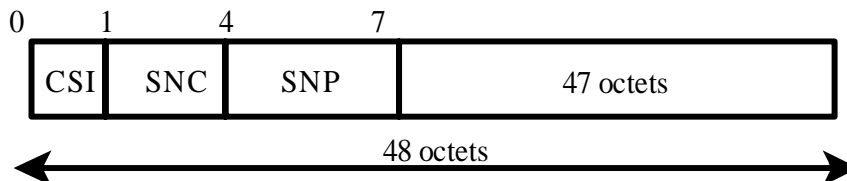
La couche AAL1

La couche AAL1 permet le transport de données isochrone et offre un service à débit constant. Elle n'assure que des fonctions minimales de segmentation et de réassemblage, de récupération de la gigue de cellules et de l'horloge.

Principe de la récupération de la gigue:



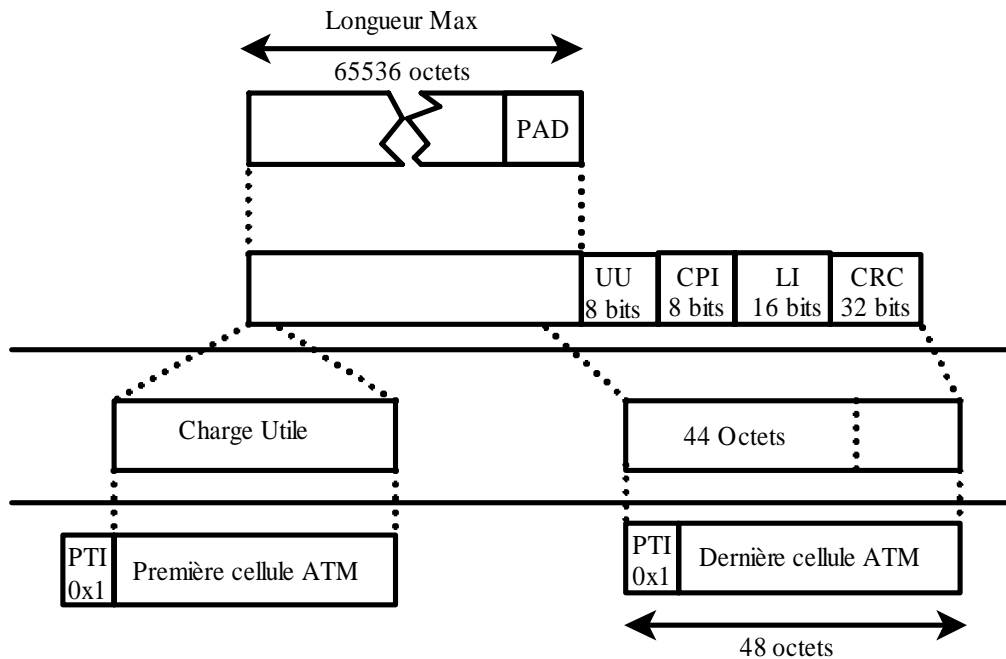
La perte ou l'insertion de cellules est garantie par le champ SNC protégé par le champ SNP, qui utilise 8 bits de la partie utile de la cellule ATM. Ce qui donne l'unité de donnée de la couche AAL1 suivante.



La couche AAL5

La couche AAL5 est prévu pour fonctionner avec et sans connexion. Elle à été développée pour simplifier les couches AAL3/4. Aucune contrainte temporel n'est exigé mais un contrôle de flux et une reprise sur erreur peuvent être utilisés.

Son en tête est réduite afin de limiter le traitement requis par les équipements d'extrémités. Cette simplification permet de concevoir des équipement réseaux n'exigeant pas de puissance de calcul trop importante et ainsi réduit le délais de traitement.



Le champ UU indique le début, la suite, et la fin du bloc de données.

Le champ CPI permet l'alignement des suffixes.

Le Champ LI indique la longueur des données utiles.

Le champ PTI indique le dernier fragment.

Le mode sans connexion

Ce mode nécessite de masquer les phases de connexion et d'émuler un service de diffusion. Ce mode peut être utilisé par les couches ALL4/5.

Le réseau virtuel sans connexion est constitué de commutateurs ATM offrant les service dits sans connexion (CLS, *Connection Less Server*) auxquels les utilisateurs sont reliés via un circuit virtuel permanent.

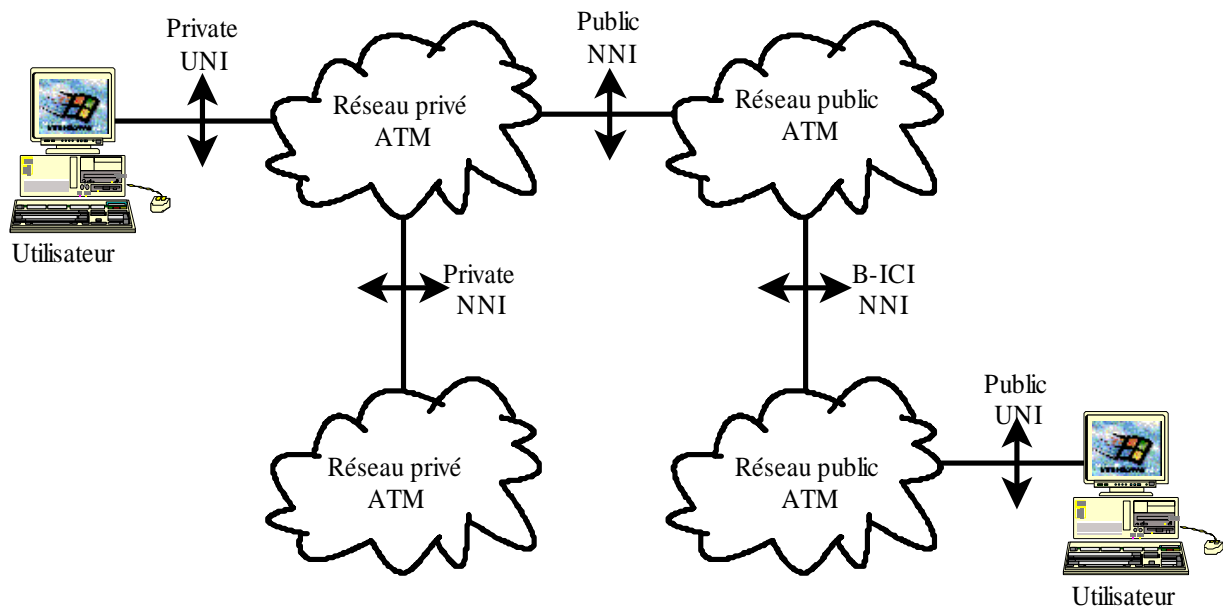
D) La signalisation et le routage

1) Généralité

La signalisation comprend toutes les opérations nécessaires à l'établissement, au maintien et à la libération d'une connexion virtuelle commutée, *SVC (Switched Virtual Chanel)*).

La signalisation ATM est relativement complexe car elle doit tenir compte plusieurs élément comme la qualité de service, en plus elle diffère selon que l'on se situe sur l'interface usager d'un réseau public ou privé.

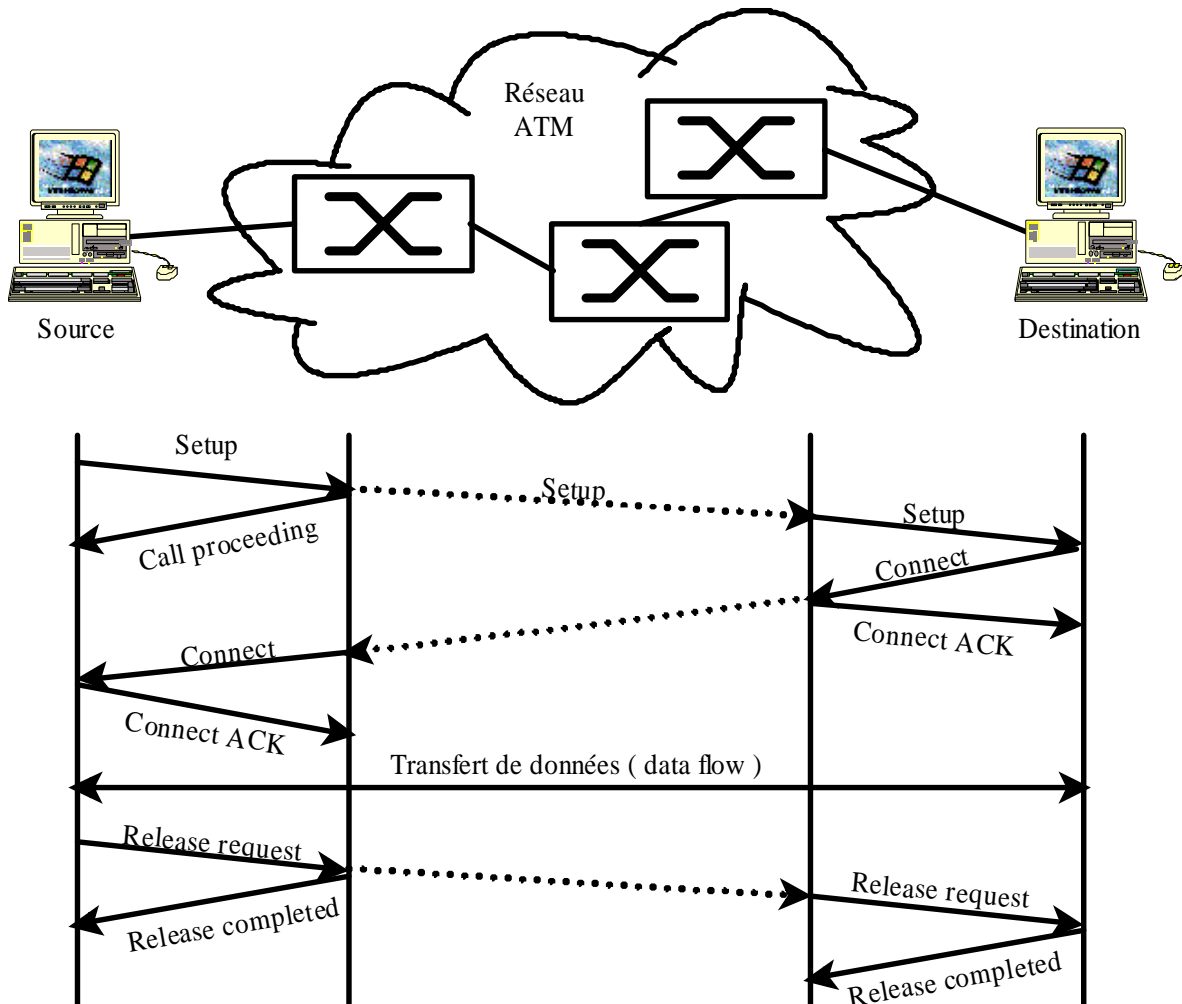
Les interfaces de signalisation.



L'interface privée NNI, PNNI (*Private Network to Network Interface*), intègre la signalisation nécessaire à l'établissement du SVC et un protocole de routage dynamique.

2) établissement d'un circuit virtuel

En mode commuté, l'établissement d'un SVC, est préalable à l'envoi de données. Le message SETUP est émis par l'appelant et comporte tous les éléments nécessaires à l'établissement de la connexion. Il est composé de plusieurs cellule ATM émises sur le VPI/VCI réservé 0/5. Ce qui donne le diagramme des messages d'établissement suivant.



Le message SETUP est acheminé par le réseau qui détermine le meilleur chemin en fonction de la qualité de service requise. Le message CALL PROCEEDING indique à l'émetteur que sa demande est pris en compte par le commutateur d'accès. Le message est acquitté par CONNECT qui fixe le couple VPI/VCI.

3) Le routage PNNI

Le PNNI (Private Network to Network Interface) est protocole de routage, il permet d'établir au sein d'un réseau ATM un circuit virtuel répondant à la qualité de service désirée. Pour cela chaque commutateur doit avoir connaissance de la topologie du réseau et des caractéristiques du trafic disponible sur les différents commutateurs.

Pour éviter des échanges d'informations prohibitives le PNNI segment le réseau en groupe de commutateurs hiérarchisés, les Peer group.

Dans chaque Peer group un maître est désigné. Les autres commutateurs informent le maître sur leurs états et reçoivent en échange des informations sur l'état des autres commutateurs du Peer group. Chaque maître appartient à un autre Peer group d'un niveau supérieur dans lequel il existe aussi un maître. Donc chaque commutateur dispose d'une cartographie du réseau.

4) L'adressage dans le réseau ATM

On distingue deux types d'adresse physique dans le réseau ATM:

- l'adresse publique,
- l'adresse privée.

a) L'adresse publique

L'adresse publique est au format E164 de l'UIT, 15 chiffres.

b) L'adresse privée

L'adresse privée peut être de deux formats, soit NSAP ou une extension du E164.

| | | | | |
|----------------|------------------------------------|--------------------------|-----------------|----------------|
| AFI 1 octet | IDI 2 octets | DSP 17 octets | | |
| 39 | DCC | Adresse réseau | ESI 6 octets | SEL 1 octet |
| 47 | IDC | Adresse réseau | ESI 6 octets | SEL 1 octet |
| 45 | Adresse E164 codé NSAP 8 octets | sous adresse 4 octets | ESI 6 octets | SEL 1 octet |

Le champ AFI indique le format de l'adresse.

| AFI | Type d'adresse | Autorité d'enregistrement |
|-----|--|----------------------------|
| 39 | DCC (<i>Data Country Code</i>) | ISO 3166 |
| 47 | IDC (<i>International Designator Code</i>) | British Standard Institute |
| 45 | E164 format ATM | |

Le champ IDI spécifie le domaine d'adressage alors que le champ DSP indique l'adresse effective terminale.

E) Les réseaux locaux ATM

1) Généralité

Le monde d'ATM et des réseaux locaux est totalement différent. Les applications, les protocoles (TCP/IP) utilisés par les réseaux locaux ne peuvent pas fonctionner sous ATM. De plus ATM est orienté connexion alors que les réseaux locaux utilisent un mode non connecté et la diffusion générale.

L'utilisation d'ATM dans les réseaux locaux, avec toutes ses potentialités, et sans un coup excessif, n'est envisageable que si l'on masque aux applications existantes la technologie ATM.

Deux problèmes sont à résoudre, la diffusion des messages, et l'utilisation des piles protocolaire (TCP/IP).

a) Aspect mode non connecté

L'émulation d'un service sans connexion peut être obtenue en spécialisant un ou des nœuds du réseau dans la diffusion des messages, le serveur sans connexion.

Les serveurs sans connexion sont reliés entre eux par des circuits virtuels permanents. La station qui envoie son message à un de ces serveurs voit celui-ci diffusé sur tout le réseau.

b) Aspect protocolaire

Les réseaux locaux utilisent principalement le protocole IP. La communication entre deux stations d'un réseau local s'effectue par la mise en correspondance d'une adresse IP et d'une adresse MAC (ARP). Pour résoudre ce problème d'adressage IP/ATM deux solutions existent:

- L'IETF (*Internet Engineering Task Force*) propose une pile IP particulière qui effectue la mise en relation de l'adresse IP et de l'adresse ATM (Classical IP and ARP over ATM).
- L'ATM Forum préconise l'insertion entre le service ATM et la pile IP traditionnelle, d'une couche chargée d'émuler les services d'un réseau local (LAN Emulation). Elle permet la mise en relation de l'adresse MAC et de l'adresse ATM.

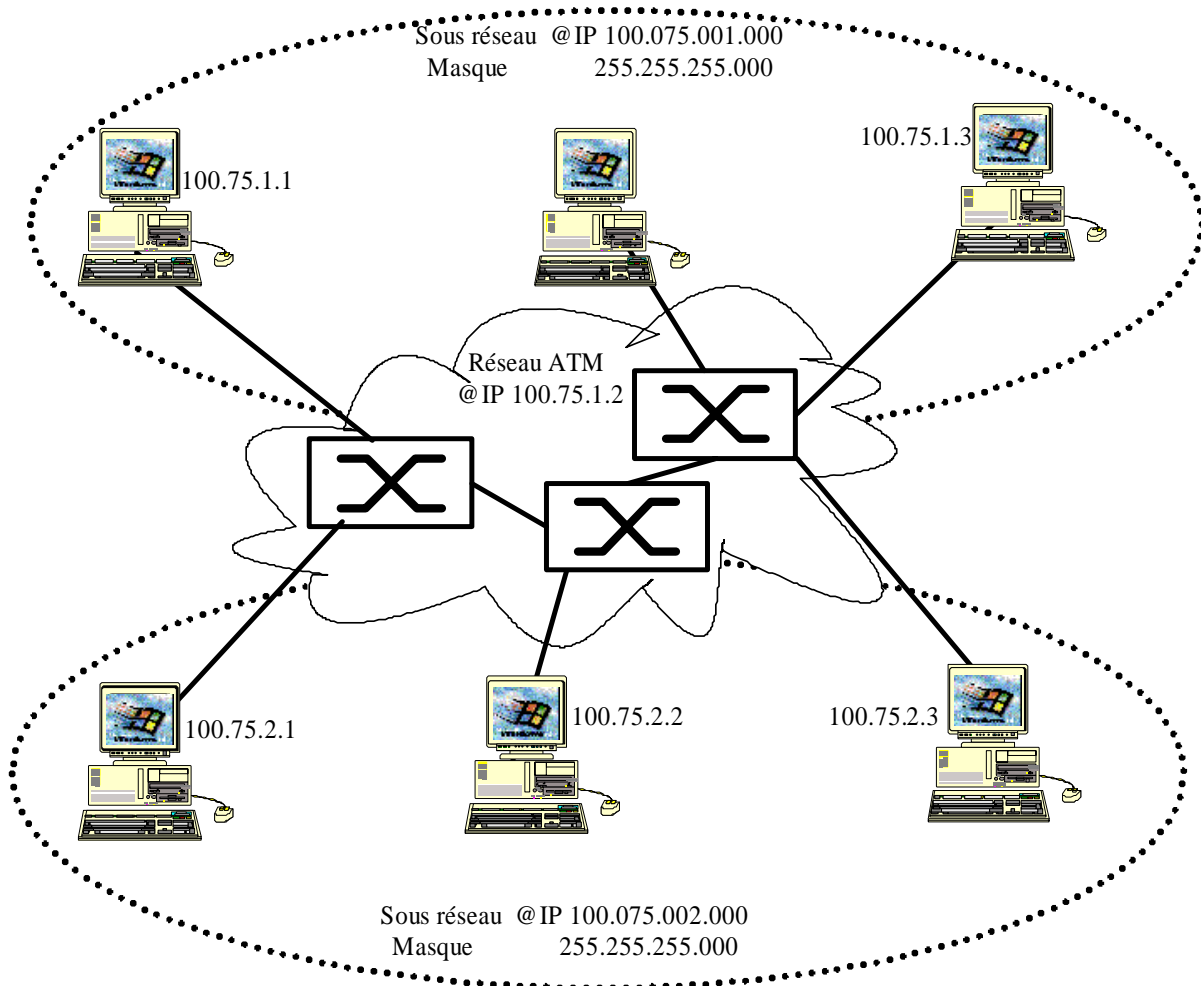
La compatibilité complète de l'implémentation d'IP sur ATM est l'avantage majeur de ces deux solutions, mais :

- seules deux machines du même réseau logique peuvent bénéficier de la garantie de service ATM.
- tous les paquets partagent le même circuit virtuel, ce qui ne permet pas de garantir un flux et une qualité de service spécifique.

2) Classical IP ou IP over ATM

a) Principes généraux

Classical IP définit un réseau IP comme un sous réseau logique, LIS (*Logical IP Subnetwork*), manière similaire à un réseau IP classic. Un ensemble de machines connectées à un réseau ATM partage le même préfixe IP.



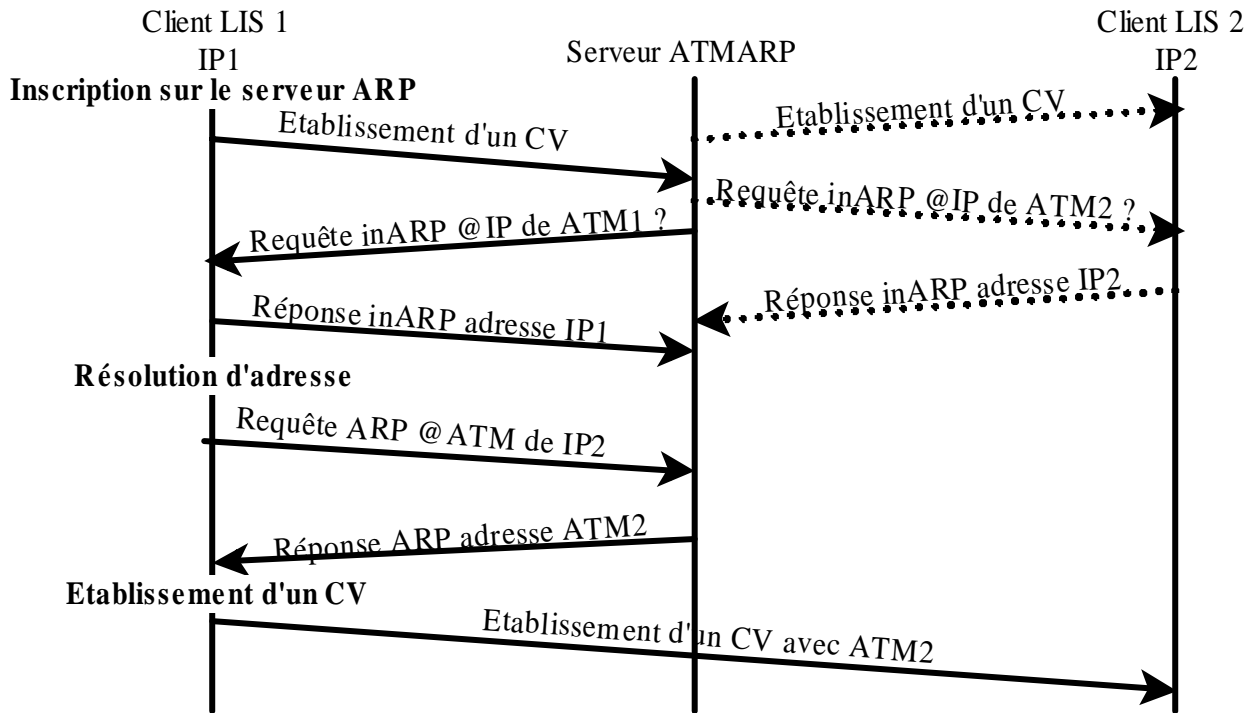
@ = adresse.

Les stations d'un même réseau communiquent directement entre elles après avoir établi un circuit virtuel. Les stations de deux sous réseaux communiquent via un routeur.

b) Communication intra LIS

Pour la communication de deux stations d'un même sous réseau, chaque station doit connaître les adresses IP et ATM du destinataire. La fonction de mise en correspondance de l'adresse IP et ATM est effectuée par un serveur d'adresse, le ATMARP (*ATM Adress Resolution Protocol*), se situant dans chaque sous réseau LIS.

A la configuration d'un client LIS celui ci est informé de l'adresse ATM du serveur ATMARP. Le client LIS établit un circuit virtuel avec le serveur ATMARP. Ce dernier émet une requête vers cette station afin d'apprendre son adresse IP. Le serveur ATMARP met alors à jour son cache ARP.



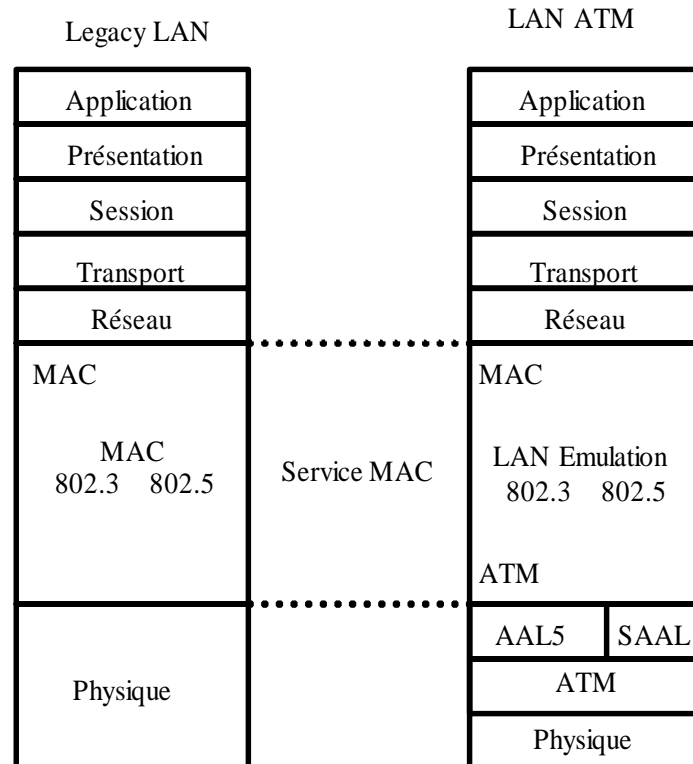
c) Communication inter LIS

La communication inter LIS transit par un ou plusieurs routeurs qui constituent un goulet d'étranglement. La station source établit un circuit virtuel avec le routeur et ce dernier à son tour établit un circuit avec la station destinataire ou un autre routeur.

3) Lan Emulation

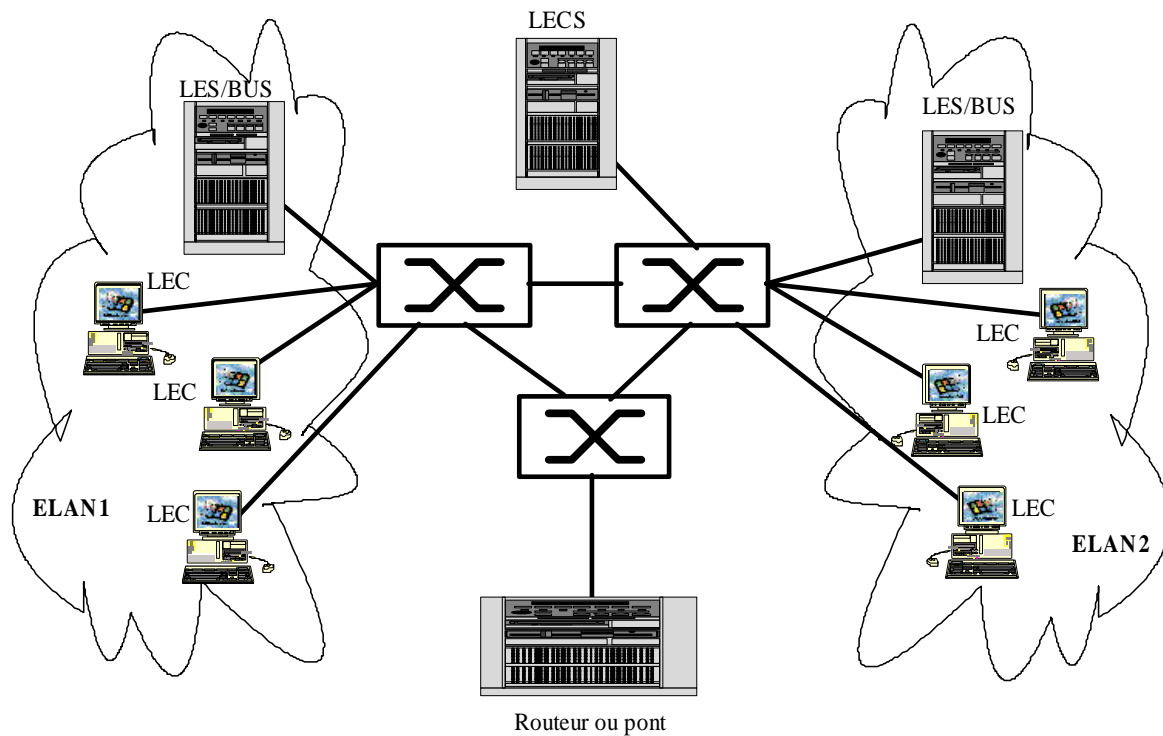
a) Généralité

Classical IP ne peut prendre en compte le trafic multicast ou broadcast. Pour prendre en compte ces messages il faut que les applications voie l'ATM comme un réseau local, au même titre que Ethernet ou Token Ring. C'est ce que réalise le LAN ATM en introduisant une couche spécifique, émulant vis à vis des protocoles supérieure les fonctions d'un LAN traditionnel.



L'interface LAN Emulation fournis un service non connecté aux couches supérieures et un service connecté aux couches ATM. Cette interface à donc deux adresses une adresse MAC vue des couches supérieures et une adresse ATM vues du réseau ATM.

Le LEC (*LAN Emulation Client*) peut être configuré pour émettre des trames 802.3 ou 802.5 sur le réseau émulé, le ELAN (*Emulated LAN*). Chaque LEC entretient un cache ARP qui effectue la correspondance entre les adresses ATM et MAC des stations connues.

b) Les composants d'un LAN ATM

Les différents services d'un ELAN sont offerts par:

- Le LES (*LAN Emulation Server*) assure la mise en relation d'une adresse MAC avec une adresse ATM. Cette fonction est généralement localisée dans un commutateur ATM.
- Le BUS (*Broadcast and Unknown Server*) il permet la diffusion des trames MAC multicast et broadcast. Si le LAN est émulé en Token Ring émule l'anneau en assurant le passage de la trame.
- Le LECS (*LAN Emulation Configuration Server*) fournis un service d'autoconfiguration en affectant le LEC à un ELAN et en lui fournissant l'adresse du LESS.

c) Fonctionnement des ELAN

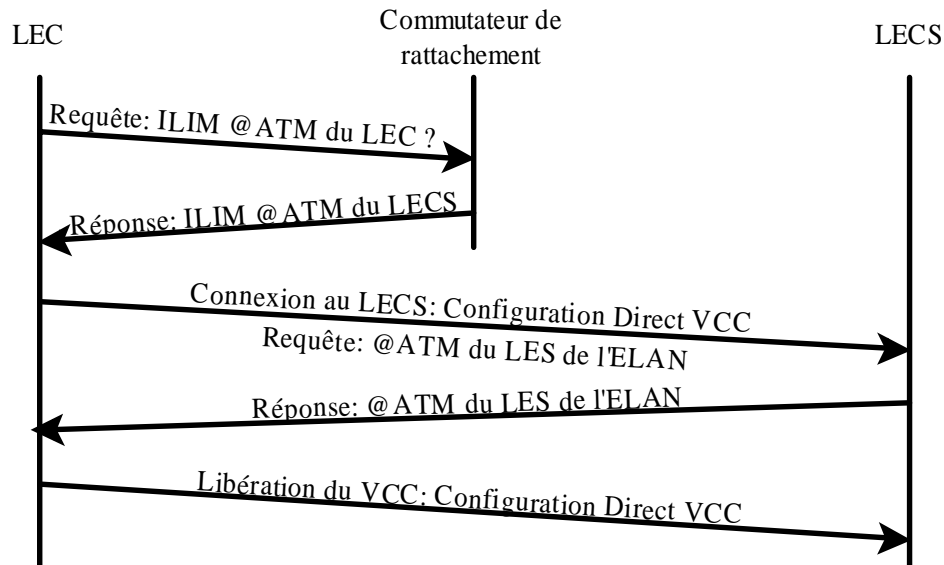
Pour transférer des données entre deux clients il faut établir une connexion. Pour cela le LEC à besoin de sa propre adresse ATM, de l'identifiant de son ELAN, et de l'adresse ATM du destinataire.

Initialisation du LEC et enregistrement auprès du LES

Lors de l'initialisation, le LEC obtient l'adresse ATM de son LES auprès du LECS, trois méthodes son possible:

- La diffusion d'une requête de recherche de LES protocole ILIM.
- La connexion directe à une adresse réservée définie par défaut.
- L'utilisation d'un circuit virtuel prédéfini et figé à l'adresse VPI=0VCI =17.

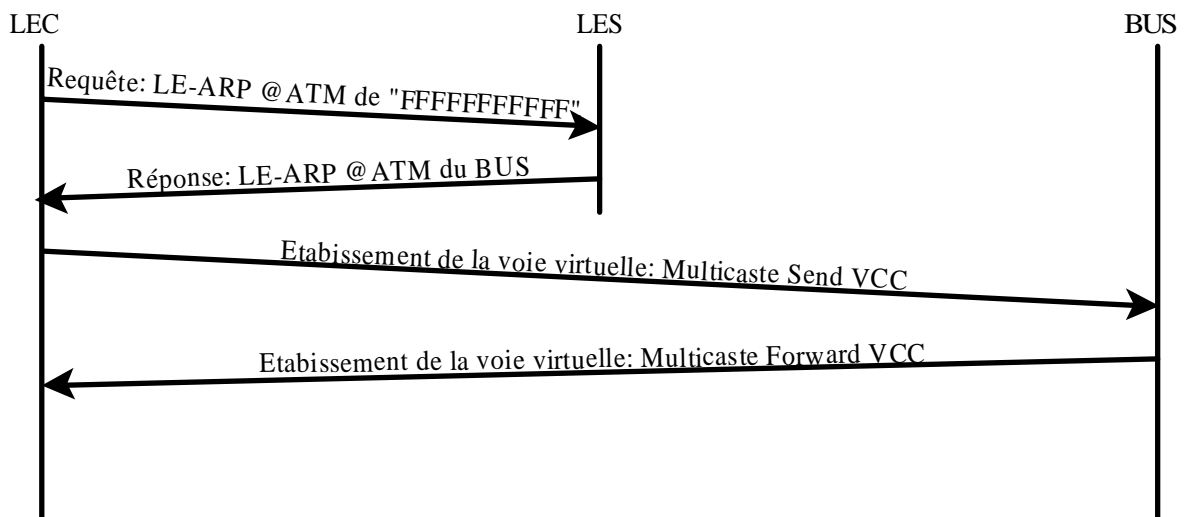
Une fois l'adresse obtenue le LEC établit avec le LECS une connexion bidirectionnelle appelée Configuration directe VCC.



Une fois l'adresse LES connue celui-ci indique au LEC le type de réseau émulé, la taille des trames, et lui attribue un identifiant. Alors le LEC s'enregistre auprès du LES en lui fournissant son adresse MAC. Le LES ouvre une connexion unidirectionnelle multipoint à point avec le LEC.

Connexion au BUS

Pour se connecter au serveur de diffusion BUS, le LEC doit d'abord en obtenir l'adresse auprès du LES. Une fois l'adresse obtenue le LEC ouvre une connexion point à multipoint avec le BUS qui en fait de même avec le LEC.

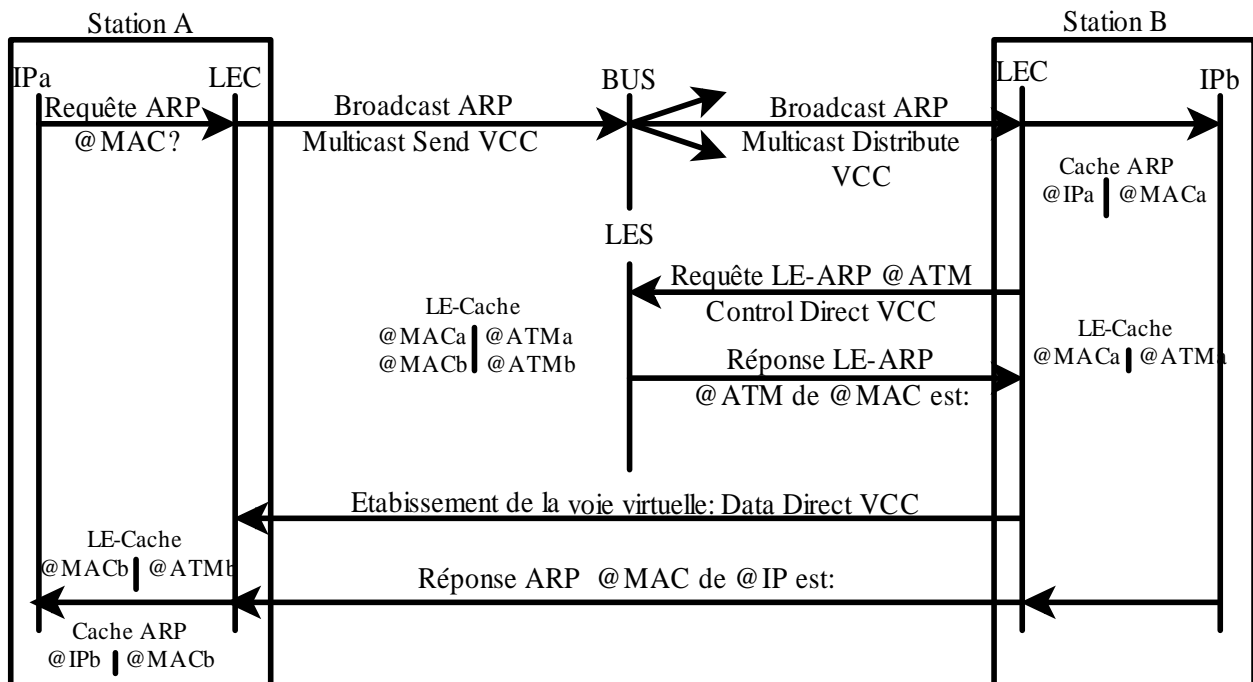


Synthèse des VCC ouverts

- *Configuration direct VCC*, connexion bidirectionnelle ouverte par le LEC avec le LECS pour obtenir l'adresse de son LES.
- *Control direct VCC*, Connexion bidirectionnelle point à point avec le LES.
- *Control distribute VCC*, connexion unidirectionnelle point à multipoint entre le LES et le LEC, recherche d'adresse ATM du LEC.
- *Multicast Send VCC*, connexion bidirectionnelle point à point entre le LEC et le BUS, transmission des messages à diffusion du LEC vers le BUS.
- *Multicast Forward VCC*, connexion unidirectionnelle en point à multipoint utilisée par le BUS pour diffuser les messages.

d) Résolution de l'adresse IP/MAC sur un ELAN

Le procédé reste le même que dans un réseau local classic.



Imaginons la complexité du trafic si une station doit se connecter à un serveur de nom pour obtenir une adresse IP.

e) LAN Emulation 2

LAN Emulation préserve les applications existantes, car indépendant des protocoles, il fonctionne avec NETBios, IPX, IP... Cependant, la première version LAN Emulation présente quelques inconvénients.

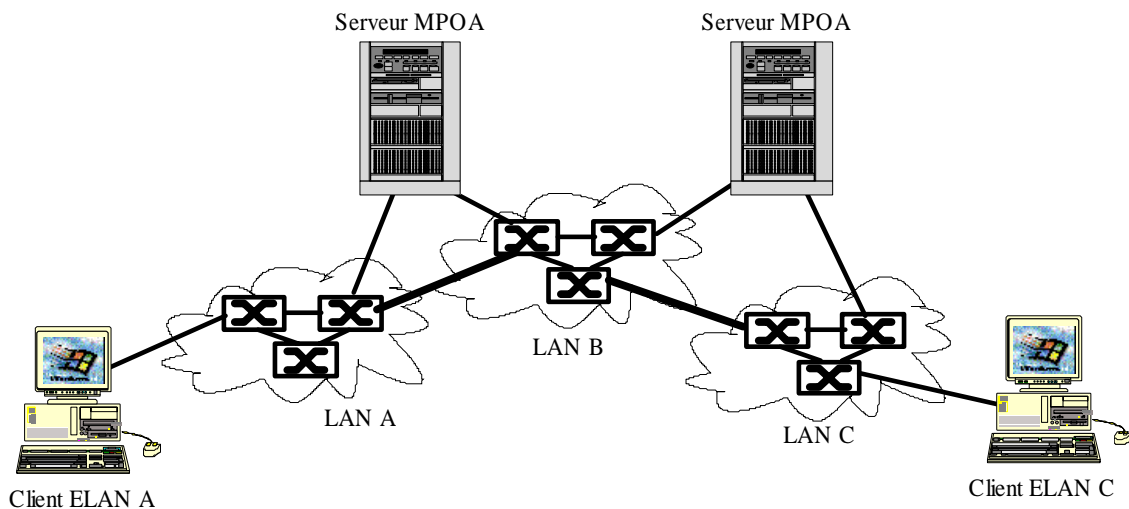
LAN Emulation permet de gérer le trafic UBR et ABR, et permet la gestion de la congestion. Lors de la destruction d'une cellule toute la trame, 32 cellules pour Ethernet, devait être ré émise ce qui entraînait une congestion plus importante. Le système EPD détruit toutes les cellules d'une trame, ce qui permet de libérer le réseau, sauf la dernière.

3) Interconnexion de réseaux LAN (MPOA)

a) Principe

MPOA (*MultiProtocole Over ATM*) à été défini par l'ATM pour permette aux protocoles de niveau 3 d'exploiter les possibilités d'ATM, débit qualité de service.

MPOA autorise une communication directe entre deux systèmes d'extrémité, n'appartenant pas au même réseau logique virtuel sans passer par un routeur. Dans la technique LAN traditionnelle, tout le flux de données transite par le routeur. Avec la technique MPOA, une fois le flux identifié (@IP source / @IP destination), un circuit virtuel commuté est établi entre les deux équipements d'extrémités.



Les avantages de MPOA est d'assurer une connectivité des réseaux au niveau 3, et d'établir des connexions ATM directes de type unicast, multicast, et broadcast.

b) Fonctionnement du MPOA

Le MPOA fonctionne selon le modèle client / serveur, il comporte deux éléments:

- Le client, MPOA Client (MPC), élément logiciel résident dans l'équipement terminal ou le commutateur de bordure.
- Le serveur; MPOA Serveur (MPS), est une extension logicielle résidente dans les routeurs inter-réseaux..

Dans l'architecture MPOA la communication s'établit comme suit:

- Le client MPOA de la machine source identifie un flux (succession de datagrammes avec la même destination). Il consulte alors la table en mémoire cache pour vérifier s'il existe déjà un circuit virtuel vers cette destination. Si ce n'est pas le cas, il adresse une requête MPS pour obtenir l'adresse ATM de la destination.
- Si le MPS ne dispose pas de cette adresse dans sa table, il interroge les autres MPS selon une procédure NHRP pour résoudre l'adresse ATM.
- Ayant obtenu l'adresse ATM du destinataire, le MPC source établit un circuit virtuel directement avec ce dernier.
- Le flux IP est alors transmis directement sur le circuit selon l'encapsulation RFC 1483.