

Wide Area Network

1	PRINCIPES GENERAUX.....	2
1.1	DÉFINITION DU WAN.....	2
1.2	SOLUTIONS DISPONIBLES.....	2
1.3	CARACTÉRISTIQUES DES RÉSEAUX DE PAQUETS.....	3
1.3.1	<i>Datagramme</i>	4
1.3.2	<i>Circuit virtuel</i>	4
1.3.3	<i>Comparaison datagramme - circuit virtuel</i>	4
2	TRANSFIX.....	5
2.1	HISTORIQUE.....	5
2.2	CARACTÉRISTIQUES.....	5
2.3	TARIFS.....	5
3	TRANSPAC.....	6
3.1	HISTORIQUE.....	6
3.2	ARCHITECTURE, PERFORMANCES.....	6
3.3	ACCÈS AU RÉSEAU.....	6
3.4	TARIFICATIONS.....	6
4	RELAIS DE TRAMES.....	7
4.1	PRINCIPES.....	7
4.2	SERVICES DU RELAIS DE TRAMES.....	8
4.3	STRUCTURE DE LA TRAME.....	8
4.4	CONTRÔLE DE CONGESTION.....	8
4.5	SIGNALISATION DU RELAIS DE TRAMES.....	9
4.6	RELAIS DE TRAMES SUR TRANSPAC.....	9
5	ATM.....	12
5.1	PRINCIPES.....	12
5.1.1	<i>Historique</i>	12
5.1.2	<i>Cellule</i>	13
5.1.3	<i>Congestion</i>	14
5.1.4	<i>Classes de service</i>	14
5.1.5	<i>Modèle</i>	14
5.1.6	<i>Paramètres de performance</i>	15
5.2	ATM DANS LES RÉSEAUX LOCAUX.....	15
5.3	AUTRES PROTOCOLES.....	16
5.4	ATM CHEZ FRANCE TÉLÉCOM.....	17
5.5	AVENIR D'ATM.....	17
6	TENDANCES.....	18
7	DOCUMENTATION.....	18

1 PRINCIPES GENERAUX

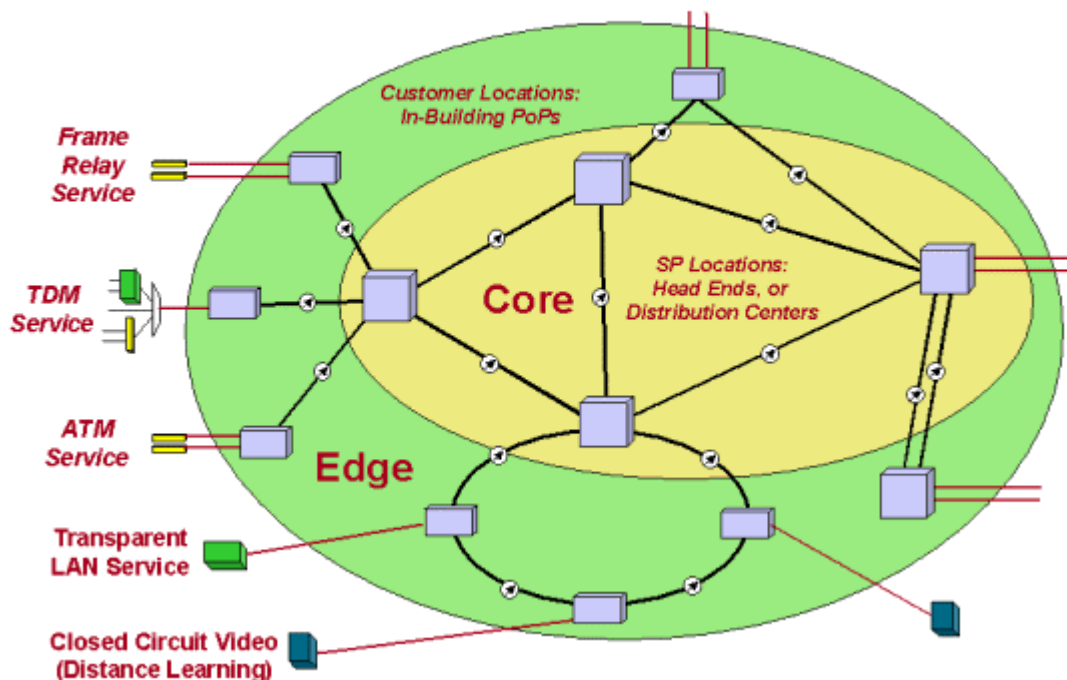
1.1 Définition du WAN

Contrairement au LAN (*Local Area Network*) et au MAN (*Metropolitan Area Network*), le WAN (*Wide Area Network*) utilise des infrastructures publiques ou d'opérateurs. En effet les distances de raccordement des sites sont telles qu'un câblage privé n'est plus envisageable et le recours à une infrastructure mutualiste devient nécessaire.

Pour une entreprise, plusieurs solutions peuvent être envisagées selon :

- La situation géographique (solutions disponibles...),
- Le nombre de sites à raccorder,
- Les débits nécessaires,
- Les volumes échangés,
- Les durées de connexions nécessaires,
- La sécurité contre les coupures (fiabilité),
- La confidentialité,
- Les applications.

Modèle Réseau WAN



1.2 Solutions disponibles

Les opérateurs disposent d'infrastructures numériques haut débit maillées à base d'ATM ou de SMDH ou SONET et peuvent bâtir sur celles-ci des réseaux pour leurs clients. Les réseaux téléphoniques et Internet utilisent déjà ces infrastructures. Les difficultés concernent

le raccordement final de l'abonné et la création d'une offre adaptée tant du point de vue des coûts que de la qualité de service ou de la sécurité.

Pour le raccordement final les opérateurs historiques peuvent utiliser la paire de cuivre (xDSL...), les autres pourront recourir à la boucle locale radio (BLR), au câble ou louer une solution auprès de l'opérateur historique.

- ❑ Réseaux à commutation de circuits (RTC, RNIS) : abonnement faible, couverture générale, prix selon durée, temps d'établissement élevé, débits limités.
- ❑ Réseaux à commutation de paquets (Transpac, Relais de trames, ATM, Internet) : raccordement final souvent coûteux, qualité de service et temps d'acheminement variables selon la solution, coût au volume le plus souvent.
- ❑ Liaisons permanentes (TRANSFIX..) : coût élevé, sécurité, temps d'établissement nul.

Type	Débits	Avantages	Inconvénients
RTC	Selon modem (33k)	Couverture totale, abonnement réduit	Débit faible, coût à la durée, temps d'établissement
RNIS	64k..2M	Couverture totale, abonnement réduit	Coût à la durée et au nombre de canaux.
TRANSFIX	64K..34M	Couverture, qualité	Prix
TRANSPAC	10K..2M	Couverture, qualité, coût au volume	Prix très élevé
Relais de trame	64k..	Qualité, coût plus faible que Transfix	Coût
ATM	2M	Débits, délais	Réservé aux très gros consommateurs.
xDSL	512k..8M	Prix, disponibilité	Limité à 4km (raccordement final seulement)
Câble	512k..	Prix	Couverture réduite, raccordement final
BLR	256k..7M	Débit, prix	Zone restreinte
Satellite	512k..	Couverture	Prix

Certaines études prévoient pour le raccordement final 60% vers l'xDSL et le reste vers la boucle locale radio (coût BLR inférieur de 20 à 30% aux LS)

1.3 Caractéristiques des réseaux de paquets

L'interconnexion de matériels informatiques divers via des réseaux publics nécessite des techniques particulières. Les réseaux commutés classiques sont facturés à la durée et ne sont pas compatibles économiquement avec beaucoup d'applications informatiques.

Les systèmes informatiques ont des débits instantanés élevés et un taux de silence important (30..99%). La création de réseaux avec des artères partagées devient nécessaire. Les données seront transmises par paquets, multiplexés et routés, dans le réseau. La facturation pourra être forfaitaire ou au volume.

1.3.1 Datagramme

Tous les paquets d'un message (d'une communication) sont indépendants :

- Chemins éventuellement différents, le routage est dynamique (plus rapide) selon l'encombrement des liens du réseau.
- Excellent rendement des liaisons.
- Pour l'efficacité et la simplicité des nœuds et du réseau, en cas d'engorgement dans un nœud les paquets sont détruits.

Inconvénients :

- Perte de paquets possible.
- Séquencement (ordre des paquets) non respecté.
- Réseau non transparent aux applications à moins d'installations complexes aux extrémités.

1.3.2 Circuit virtuel

En début de communication entre deux extrémités, un paquet d'appel définit le chemin (optimum à ce moment) qui sera ensuite utilisé par tous les paquets de la communication. On crée ainsi un **Circuit Virtuel**. Ce type de réseau est plus simple à sécuriser (confidentialité).

- Séquencement respecté.
- Circuit bilatéral (asservissement possible).
- Multivoie possible (plusieurs CV sur un même accès physique = n° de voie logique).
- Contrôle de flux automatique grâce au fenêtrage de l'émission des paquets (pas d'engorgement). Un contrôle de flux par signalisation est déconseillé car cette signalisation risque d'aggraver les engorgements (avalanches).
- Pas de paquets perdus.
- Le circuit virtuel, normalement commuté, peut être permanent.
- Réseau facilement transparent aux applications.

Inconvénients :

- Augmentation des délais en cas d'augmentation du trafic sur un des liens empruntés.
- Surdimensionnements des liens nécessaire.
- Rendement médiocre en cas de petites quantités d'informations à transmettre lors d'une communication (établissement/rupture du CV, ...).

1.3.3 Comparaison datagramme - circuit virtuel

Le **Datagramme** sera très efficace lorsque les paquets transmis sont effectivement indépendants (plusieurs destinataires ...).

Le **Circuit Virtuel** sera préférable lorsqu'il s'agira d'une véritable transaction, c'est à dire d'une véritable communication assez longue entre deux entités. La transparence du réseau est naturelle.

2 TRANSFIX

2.1 Historique

Les seules liaisons permanentes et réservées à l'usage exclusif de l'abonné que peuvent offrir les opérateurs aux entreprises sont issues de leur réseau de télécommunication. Initialement, celui-ci était entièrement analogique et seules des liaisons de ce type étaient possibles. Les débits dépendaient alors des modems utilisés.

- ❑ **Liaison en bande de base** : On reliait deux sites proches par une liaison métallique continue obtenue à partir du câblage capillaire du réseau téléphonique. Ce type de liaison a disparu du catalogue vers 1990.
- ❑ **LS (Liaison spécialisée)** : Ces liaisons analogiques (300..3400Hz) étaient réalisées à partir du réseau téléphonique analogique, on pouvait relier deux sites distants en permanence. La tarification était fonction de la distance. Ces liaisons pouvaient être des LS 2 fils (idem téléphone), LS 4 fils de qualité normale ou LS 4 fils de qualité supérieure. Ces liaisons sont en cours d'abandon par une tarification dissuasive.
- ❑ **TRANSFIX** : C'est une offre de liaison louées point à point numérique de bout en bout basée sur le réseau numérique de l'opérateur.

2.2 Caractéristiques

Débits : de 2,4kbit/s à 155 Mbit/s (64kbit/s étant l'unité de base).

Couverture : Nationale

Tarification : Selon la distance (à vol d'oiseau) et le débit.

Disponibilité, temps de rétablissement : selon le contrat souscrit.

Interfaces : V24/V28 jusqu'à 19,2K, X24/V11 de 64k à 2M, G703 à partir de 512k.

2.3 Tarifs

Prix HT en Euros au 1/1/2001 hors remises

Frais d'accès au service par extrémité

Débits	2,4-4,8 9,6-19,2 64-128 kbit/s	256 kbit/s	1920 1984 2048 kbit/s
Montant (H.T.)	609,80	1067,14	2286,74

Abonnement mensuel pour une durée minimale d'abonnement de 12 mois

Par liaison louée, en fonction du débit et de la distance « d » en kilomètres indivisibles.

Débits/distance	1 à 10 km	11 à 50 km	51 à 300 km	Plus de 300 km
2,4-4,8-9,6 kbit/s	134,31 + 16,16 d	237,97 + 5,79 d	481,89 + 0,91 d	619,10 + 0,46 d
19,2 kbit/s	245,60 + 12,96 d	337,06 + 3,81 d	481,89 + 0,91 d	619,10 + 0,46 d
64 kbit/s	208,86 + 10,82 d	285,08 + 3,20 d	409,33 + 0,72 d	500,80 + 0,41 d
128 kbit/s	250,63 + 12,99 d	342,10 + 3,84 d	491,19 + 0,86 d	600,95 + 0,49 d
256 kbit/s	521,71 + 27,10 d	712,70 + 8,00 d	1023,31 + 1,79 d	1251,99 + 1,03 d
1920-1984 kbit/s	605,22 + 50,00 d	895,64 + 20,96 d	1494,00 + 8,99 d	2792,87 + 4,66 d
2048 kbit/s	533,57 + 45,73 d	752,72 + 23,82 d	1494,00 + 8,99 d	2792,87 + 4,66 d

3 TRANSPAC

3.1 Historique

Réseau au protocole X25 en perte de vitesse et non proposé par les nouveaux opérateurs. Étude au CNET en 1974, ouverture commerciale en 1978. Bien adapté au **transactionnel** à assez faible volume.

La société Transpac (filiale de France Télécom) s'est spécialisée dans les offres de réseaux de données pour les entreprises.

3.2 Architecture, performances

Réseau initialement très maillé, actuellement structure hiérarchisée.

Transit paquet < 200 ms et établissement d'un CV < 1s dans 95% des cas.

Fenêtre trame F et fenêtre paquet W négociables (F = 8..10 conseillé et W=2 par défaut).

Débits < 2Mbit/s (très hauts débits impossibles)

3.3 Accès au réseau

2 types d'ETTD possibles :

ETTD-P (paquet) : E/S de paquets X25 (synchrone)

ETTD-C (caractère) : doivent accéder à un PAD

Accès par liaisons permanentes

Liaisons de type LS (analogique) via modem ou TRANSFIX d'ETTD-P

Accès par réseaux commutés

EBS-SBS (Entrée/Sortie Banalisée Synchrone) : RTC ou RNIS

Le vidéotex est particulier car l'appelant se connecte sur un PAV (Point d'Accès Vidéotex) de France Télécom et c'est le PAV qui est relié à TRANSPAC. Le sens d'appel est unique.

Accès par canal D du RNIS

Possible depuis 1992, le canal D du RNIS sert à véhiculer la signalisation CCITT n°7 du RNIS selon le protocole X25. L'interconnexion avec TRANSPAC est possible moyennant un abonnement plus faible car les équipements nécessaires pour TRANSPAC sont en effet réduits (pas de liaison permanente et moins d'équipements).

Le volume transporté sera par contre facturé par les deux réseaux : TRANSPAC (volume émis) **et** France Télécom (volume émis et reçu), le coût en sera donc plus élevé.

Cette solution à été choisie par *La Française des jeux (13800 accès)* et par *Le PMU (8000 accès)*.

3.4 Tarifications

Composé d'un abonnement (selon type et débit) avec frais de mise en service, des circuits virtuels (à la durée ou forfait : coût souvent négligeable) et du volume (au Kilo-octet avec réduction pour les forts volumes).

Abonnement**accès directs :**

à partir de 1630 F/mois selon débit.

380 F par liaison logique permanente 9600 bit/s sur D-RNIS

accès indirects :

Coût d'accès au réseau (RTC/RNIS) + coût d'accès à la porte (facturé à l'appelé si appelant inconnu)

Volume : 0,048 F/k octet émis

Pour l'accès via D-RNIS, le coût supplémentaire est de 0,052 F/ko émis et reçu au bénéfice de France Télécom, facturé à l'utilisateur de cet accès.

Réduction horaire et réduction au volume.

4 RELAIS DE TRAMES**4.1 Principes**

Contrairement au X25, le relais de trames est dépourvu de tout mécanisme de contrôle d'erreurs, les couches supérieures des extrémités devront s'en charger. Les temps de transit seront donc réduits (20ms au lieu de 200ms en X25) et le débit pourra être plus élevé (2..34 Mbit/s). Les trames invalides seront simplement rejetées (perdues).

Cette technique permet d'absorber les pics de trafic sans avoir à surdimensionner l'ensemble du réseau d'entreprise. Elle est parfaitement adaptée à l'interconnexion de réseaux locaux (Intranet...) et permet de garantir une bande passante aux applications.

Pour les débits élevés (>45Mbit/s) le délai augmente et devient incompatible avec certaines applications (voix...) on préférera alors l'ATM.

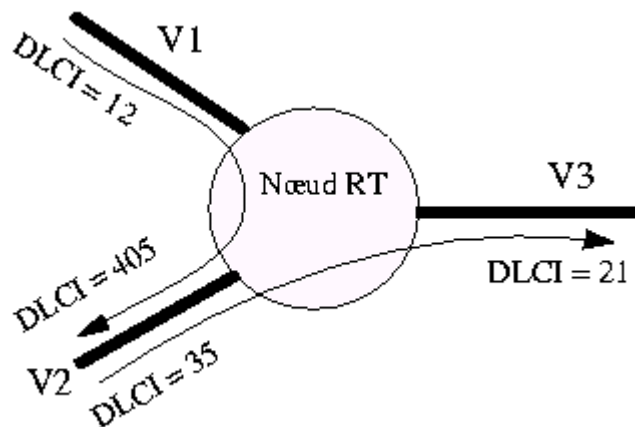
Le relais de trames assure le transport des autres protocoles (IP, IPX, X25, SNA...) par simple encapsulation. Les équipements sont raccordés au réseau par des FRAD (*Frame Relay Access Device*) chargés de l'encapsulation, l'interface physique est généralement de type X21.

Deux services sont possibles : CVP (*Circuit Virtuel Permanent*), le seul proposé actuellement, et CVC (*Circuit Virtuel Commuté*).

Sur les CVP, un DLCI (*Data Link Connection Identifier*) permet l'acheminement des trames sur le réseau, sa valeur n'a qu'une signification locale et peut changer entre les 2 points d'accès (ce n'est pas une adresse).

La réalisation du réseau relais de trames peut varier d'un opérateur à un autre, seule l'interface Usager/Réseau est normalisée.

Un nœud achemine les données reçues sur l'une de ses entrées vers l'une de ses sorties en fonction d'un identifiant de connexion (DLCI). Pour cela, il utilise une table de correspondance (table de commutation) entre ces trois paramètres.

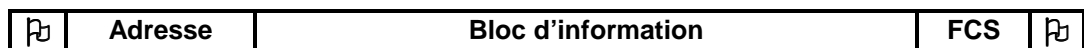


4.2 Services du relais de trames

- Transport transparent (seul le champ adresse et le CRC peuvent être modifiés par le réseau).
- Maintien de l'ordre de transmission des trames (CVP).
- Traitement des congestions par notification.
- Multiplexage sur une liaison de données de plusieurs communications.

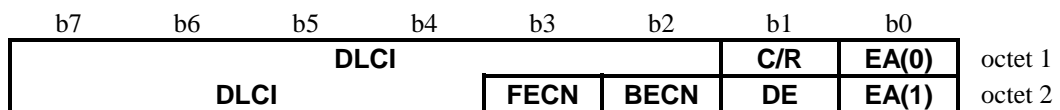
4.3 Structure de la trame

Trame "Frame relay" :



F : Fanion HDLC (01111110)
 Adresse : 2 octets (DLCI ...)
 Bloc info : 1..4096 octets, nombre entier d'octets.
 FCS : contrôle de validité, 2 octets ($x^{16}+x^{12}+x^5+1$)

Champ adresse "Frame relay" (2 octets) :



DLCI : "Data Link Connection Identifier", connexion logique (10 bits : 0..1023)
 C/R , EA : Commande/Réponse (0 car inutilisé en FR) et Extension Adresse (id X25)
 FECN : "Forward Explicit Congestion Notification".
 BECN : "Backward Explicit Congestion Notification".
 DE : "Discard Eligibility", trame à éliminer si congestion.

DLCI 0 : Protocole CVP (signalisation),
 DLCI 16..991 : CVP relais de trames,
 DLCI 1023 : CLLM et gestion des couches supérieures.
 DLCI autres : Réservés.

4.4 Contrôle de congestion

Techniques utilisables :

- Mise à "1" de FECN dans les trames qui passent par le nœud congestionné, le récepteur positionne alors BECN pour indiquer à l'émetteur l'état de congestion du réseau et demander à l'extrémité concernée de ralentir son débit (aucun contrôle si pas de trames vers l'émetteur !).
- Message "CLLM" (*consolited Link Layer Management*) sur le DLCI=1023, permet à un nœud congestionné d'alerter ses voisins et de proche en proche les différents émetteurs...
- Aucun contrôle, la régulation de trafic se fait sur les couches supérieures : TCP/IP réduit la fenêtre lorsqu'il y a des trames perdues par exemple...

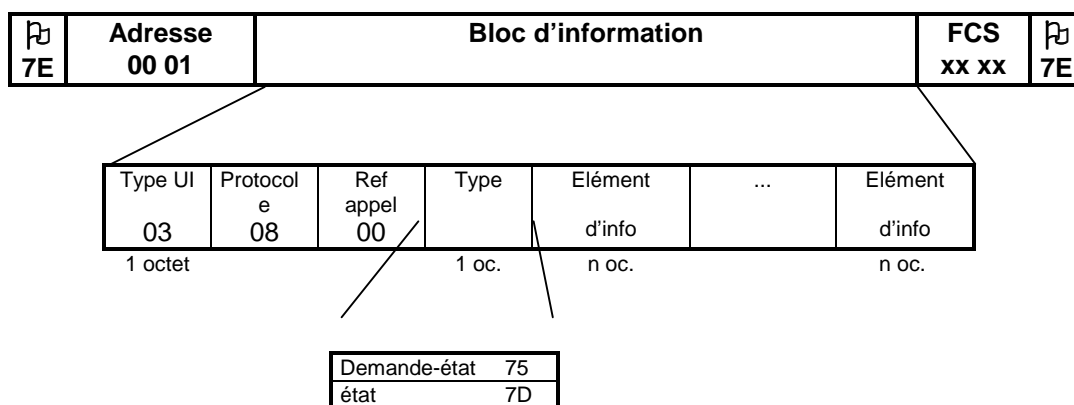
En cas de congestion, l'ordre des opérations effectuées si nécessaire est le suivant :

1. positionnement des bits FECN et BECN,
2. écartement des trames possédant DE=1,
3. écartement de toutes les trames.

4.5 Signalisation du relais de trames

La signalisation, dérivée de celle du RNIS, est en dehors de la bande réservée aux données : elle utilise le DLCI 0 et les trames sont de type « demande d'état » ou « état ». Périodiquement (10s typ) l'ETTD envoie un message « demande - état » au réseau. La signalisation assure la gestion de l'interface ETTD-ETCD pour détecter les dégradations ou indisponibilités des connexions, basculer vers un chemin de secours, éviter l'usage d'un CVP inopérant...

Trame signalisation Q933 ou T1.617:



4.6 Relais de trames sur TRANSPAC

La technologie X25 est appelée à décroître fortement (voire à disparaître après l'an 2000) car elle est incapable de répondre aux besoins de hauts débits.

Pour l'interconnexion de réseaux locaux à hauts débits TRANSPAC propose des accès "Frame Relay" (relais de trames) en attendant la fourniture d'accès ATM dont le décollage n'est prévu qu'après 2000.

Il s'appuie sur une infrastructure constituée de commutateurs ATM partageant des artères de débits allant jusqu'à 2,5 Gbit/s. Il peut se prolonger à l'international (50 pays).

Caractéristiques générales :

- 600 clients et 17000 accès 1999 via 150 points de raccordements répartis sur le territoire. 170 pop (*point of presence*) chez Cegetel.
- Trames de type HDLC-LAPD (RNIS Q922). La commutation se fait au niveau 2, sur circuit virtuel permanent, en utilisant le champ adresse des trames (DLCI).
- Pas de contrôle d'erreur ni de contrôle de flux entre les nœuds intermédiaires.
- Avertissement des extrémités en cas d'embouteillage (congestion).
- Bien adapté à l'interconnexion de LAN (80% des utilisations du service).

- CIR de 64kbit/s à 2Mbit/s, jusqu'à 8 Mbit/s en France (34Mbit/s en test, 45Mbit/s max. possible).
- Tarification forfaitaire selon le débit (environ 30% inférieur à une solution Transfix).

Performances générales :

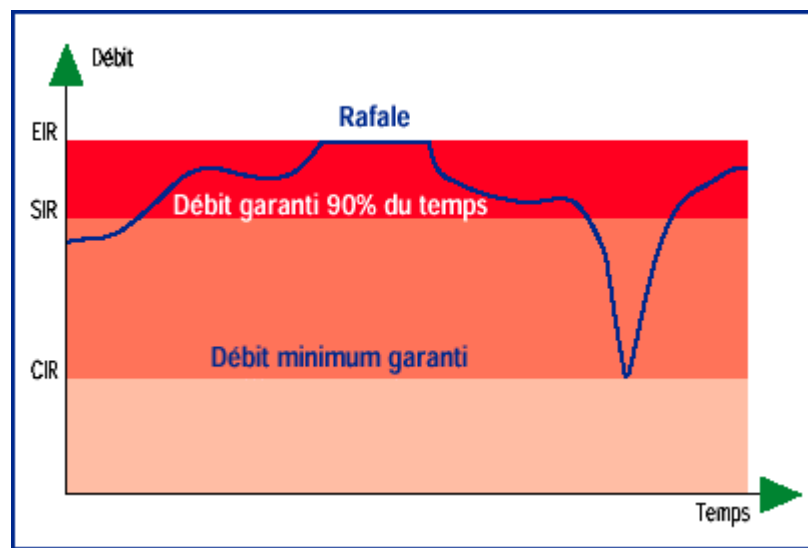
Disponibilité du service supérieure à 99,99%

Délais de transit inférieur 50 ms.

Taux d'erreur trame observé inférieur à 10^{-8} .

Taux de délivrance (*DDR Data Delivery Rate*) : 99,6% en moyenne.

Débits garantis :



- CIR (Committed Information Rate)

C'est le débit minimum garanti d'un CVP que le réseau peut assurer dans des conditions normales (98% des heures chargées). C'est un paramètre d'abonnement. Le CIR ne peut dépasser 75% du débit d'accès et en cas de surréservation ($\Sigma \text{CIR} > \text{accès}$) le CIR ne pourra être disponible au même moment pour tous les CVP.

- EIR (Excess Information Rate)

C'est le débit maximum sur un CVP, les données de l'utilisateur peuvent circuler en rafales à ce débit évitant ainsi un contrôle de flux trop contraignant. L'EIR ne peut dépasser le débit d'accès.

Pour des CIR de 4k à 64k, l'EIR vaut $4 \times \text{CIR}$ (EIR de 16k à 256kbit/s).

- SIR (Sustainable Information Rate)

Transpac définit ce débit garanti comme étant le débit que le réseau pourra assurer sur un CVP pendant 90% du temps (le taux de délivrance des trames (DDR) sera de 100% pendant 90% des heures chargées et dans les 10% du temps restant TRANSPAC estime possible d'atteindre un DDR de 80%). Le SIR ne peut dépasser l'EIR.

- BC (Burst Committed) et BE (Burst Excess)

Les données peuvent être transmises au débit maximum de la liaison d'accès pendant une seconde (Burst). On peut donc en déduire la taille des rafales (en octets) :

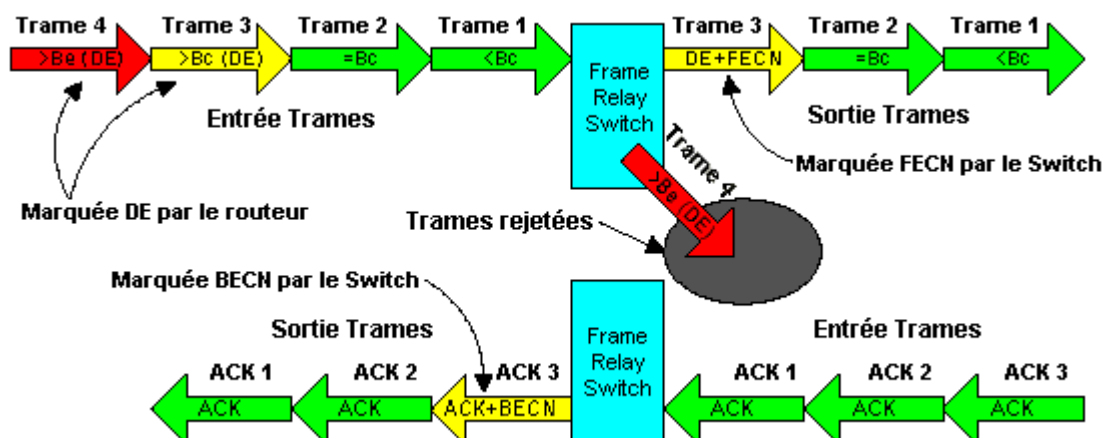
BC = Nombre d'octets au débit CIR pendant 1 seconde.

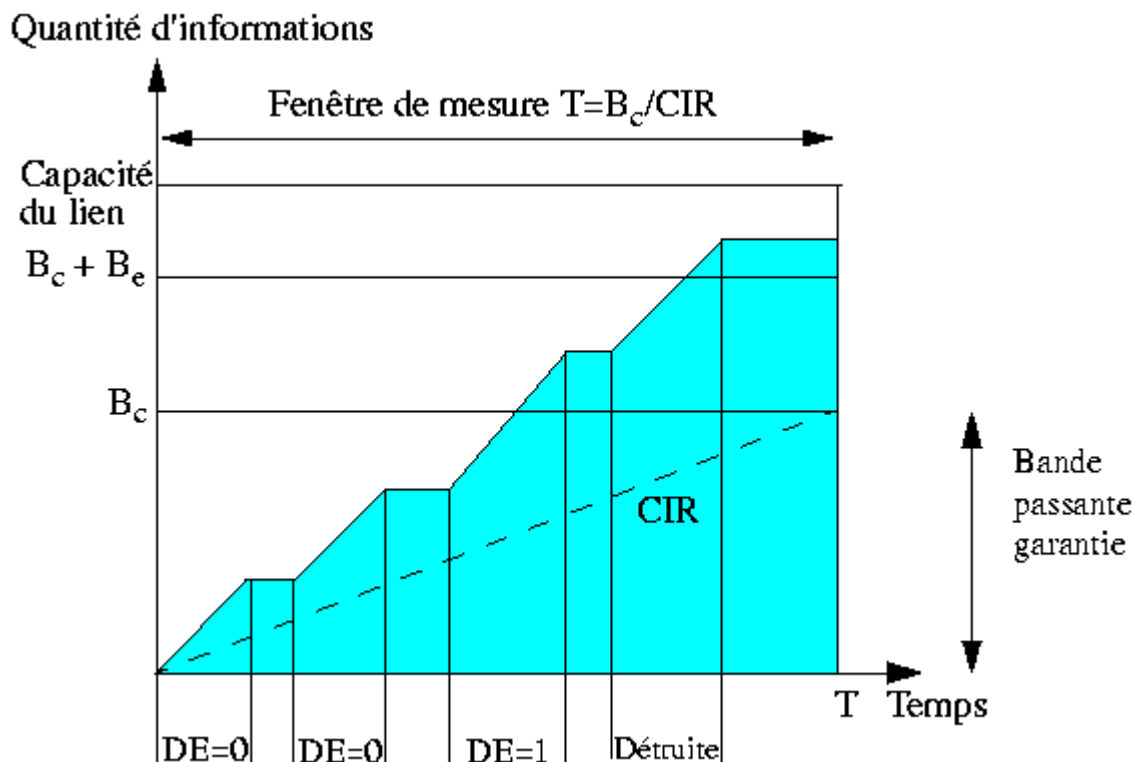
BE = Nombre d'octets en excès de BC pendant 1 seconde. Il dépend du débit (EIR-CIR)

- Résumé des valeurs TRANSPAC

CIR (kbit/s)	EIR _{max.} (kbit/s)	BC (octets)	BE (octets)
4	16	500	1500
8	32	1000	3000
16	64	2000	6000
32	128	4000	12000
48	192	6000	18000
64	256	8000	24000
128	384	16000	32000
256	512	32000	32000
384	768	48000	48000
512	1024	64000	64000
768	1280	92000	64000
1024	1536	128000	64000

Tant que la quantité d'informations mesurée pendant l'intervalle de temps T reste inférieure à Bc, les trames sont transmises sans être marquées, le bit DE reste donc à 0 (à l'origine les trames sont transmises avec DE=0). Si cette quantité est comprise entre Bc et Bc + Be, les trames sont marquées avec un bit DE à 1. Toutefois, dans un premier temps, ces trames seront transmises ; elles seront détruites en priorité si elles transitent dans un nœud proche de la saturation. Ceci permettra à l'utilisateur de transmettre en excès si tous les utilisateurs n'envoient pas des données simultanément, ce qui représente un avantage considérable par rapport à des mécanismes stricts de contrôle de flux. Enfin, si la quantité d'informations émise, pendant T, excède Bc + Be, les trames en excès sont immédiatement détruite par le premier nœud d'accès.





5 ATM

5.1 Principes

ATM : Asynchronous Transfer Mode

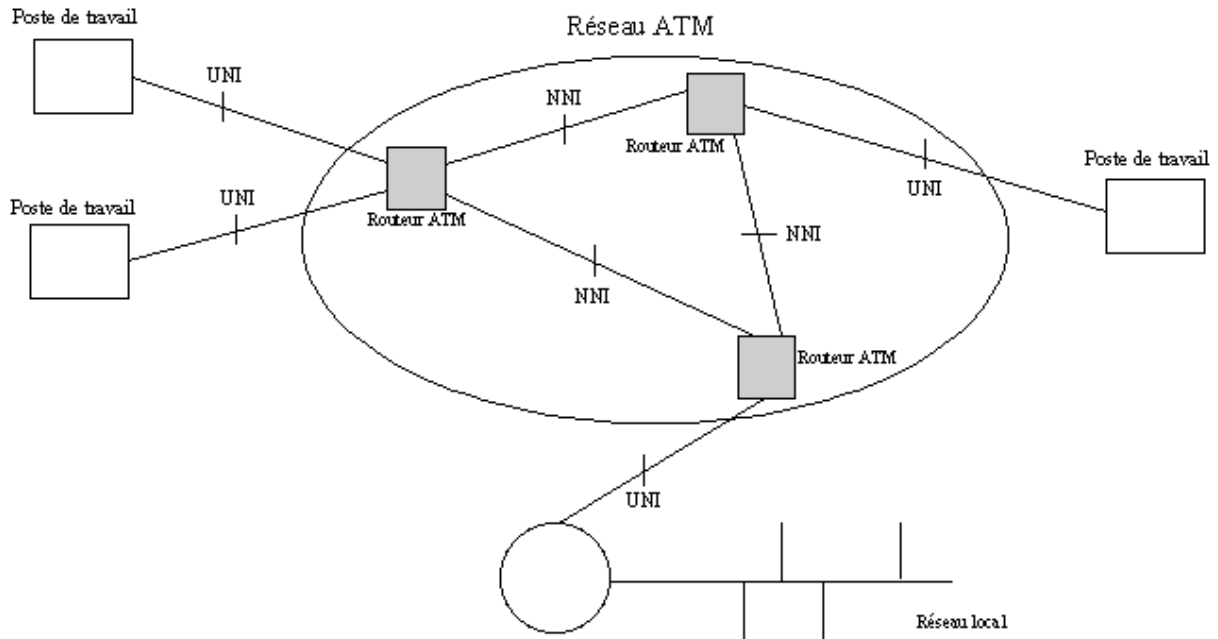
Infos : <http://www.lirmm.fr/atm/index.html>

5.1.1 Historique

- Premières études au CNET Lannion en 1982 pour le RNIS large bande.
- Définition de l'ATM au CCITT en 1984.
- L'ATM Forum, créé en 1992 se charge des travaux de prénormalisation.

Objectifs : Fournir une méthode de transmission universelle pour des données multimédias. Afin de réduire les coûts, la bande passante doit être optimisée selon le type d'information à transporter : voix (débit moyen, constant), vidéo (débits élevés), données (débits variables, trafic sporadique...).

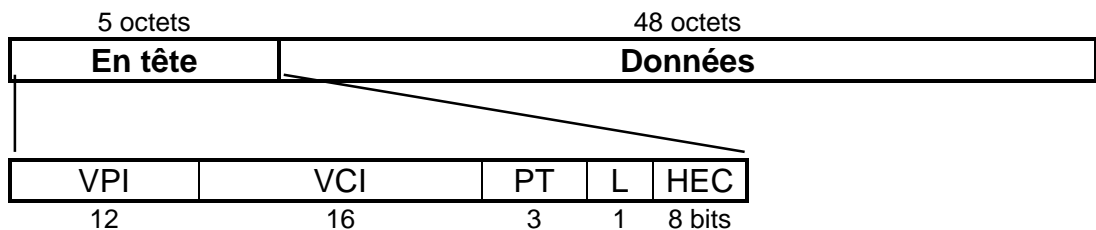
Avantages de l'ATM : Meilleure utilisation des liens longs (WAN) car la bande passante est allouée à la demande (30..50% de gains). Réduction des coûts (-40% pour le transport et -35% pour l'administration) par contre les équipements sont plus coûteux (+40%). L'ADSL et la BLR relancent actuellement l'ATM car les équipements avec interface ATM existent.



5.1.2 Cellule

Les données sont transportées dans des cellules de taille fixe : 53 octets (5 octets d'en-tête et 48 octets de données). En traitant des données de longueur réduite et fixe (cellules), on peut assurer leur commutation au niveau physique (multiplexage) par des systèmes matériels et non plus logiciels, ce qui autorise des débits bien plus importants.

A l'origine, les Européens préféraient 32 octets afin de limiter les phénomènes d'échos dans le transport de la parole et les Américains 64 octets plus intéressant pour l'informatique.



VPI : *Virtual Path Identifier*, conduit (similaire à une liaison louée flexible) pouvant contenir plusieurs circuits.

VCI : *Virtual Channel Identifier*, canal de communication.

PT : *Payload Type*, type d'information transportée. Le premier bit définit si la cellule est d'origine utilisateur (0) ou de données internes au réseau (1). Dans le cas de données utilisateurs, le deuxième bit (EFCI : *Explicit Forward Congestion Indication*) signale si au moins un nœud est congestionné dans le réseau (EFCI = 1), et le dernier bit indique la dernière cellule d'une trame AAL5

L : *Cell Loss Priority*, indique si la cellule peut être supprimée en cas de congestion.

HEC : *Head Error Control*, contrôle d'erreur de l'en-tête avec correction d'un bit.

L'aiguillage au niveau VPI s'appellera **Brassage** et au niveau VPI+VCI on effectue une **commutation**.



5.1.3 Congestion

Comme le relais de trames (avec le DLCI), les cellules transportant la signalisation seront identifiées par une valeur réservée du VPI/VCI.

Le contrôle de congestion est très semblable dans l'un et l'autre des protocoles. ATM utilise le bit CLP afin de pondérer la priorité de la cellule. Si CLP=0, on garde la cellule, même en cas de congestion, sinon on la détruit (mécanisme identique avec DE sur FR). Une méthode de prévention de la congestion (absente dans FR) appelée "*leaky bucket*" ou politique du seau percé est utilisée. Si on a une saturation, on met les cellules entrantes dans une mémoire secondaire (CLP est mis à 1) ; en cas de saturation de la mémoire secondaire, on jette les cellules

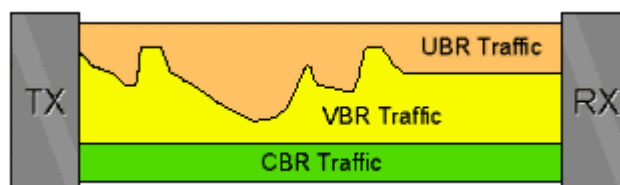
Lorsqu'on détecte une congestion, ATM émet (comme FR) un message à l'émetteur pour le prévenir. Le changement de valeur des bits PTI (bit EFCI) joue le même rôle que celui des bits FECN.

5.1.4 Classes de service

4 classes de services ont, pour l'instant, été définies :

sigle	Classe de service	Caractéristiques	Applications
CBR	Constant Bit Rate	Garantit un débit constant.	Voix et vidéo non compressé.
VBR-rt	Variable Bit Rate – real time	Garantit un débit moyen et un délai des cellules.	Voix et Vidéo compressés, relais de trames.
VBR-nrt	Variable Bit Rate – non real time	Garantit un débit moyen des cellules.	Transactions.
ABR	Available Bit Rate	Garantit une qualité de service sur la bande passante disponible.	Interconnexion de LAN, Internet...
UBR	Unspecified Bit Rate	Aucun débit garanti (<i>best effort</i>)	Messagerie, backup...

Contrairement à UBR, ABR nécessite une intelligence aux extrémités pour réagir aux instructions de contrôle du trafic du réseau.



5.1.5 Modèle

Applications ...	
A.A.L.	⇒ Adaptation
A.T.M.	⇒ Cellules
STS-3C / SDH	
OC-3C	⇒ Physique

AAL : (*ATM Adaptation Layer*), chargé du découpage en blocs de 48 octets.

- . AAL1 = débit constant sur connexion (voix, vidéo)
- . AAL2 = débit variable sur connexion (voix avec supr. des silences..).
- . AAL3/4 = débit variable sur/hors connexion (données).
- . AAL5 = idem AAL3/4 simplifié pour réseaux locaux.

Actuellement seuls AAL1 et AAL5 sont finalisés.

ATM : cellules (avec VPI+VCI), couche chargée du multiplexage – démultiplexage, contrôle de flux...

Physique : Seuls OC3 et OC12 sont normalisés pour l'ATM, mais d'autres solutions sont parfois utilisées.

OC3 (*Optical Carrier*) 155.52 Mbit/s sur fibre optique (ou paire torsadée cat. 5), idem **STM1** (*Synchronous Transport Module*) en Europe.

OC12 = 622.08 Mbit/s, idem **STM4**. (aux USA, OC1 = 51.84 Mbit/s).

SONET STS 3C (*Synchronous Optical NETWORK*) trame de 125µs... idem **SDH** (*Synchronous Digital Hierarchy*) en Europe.

5.1.6 Paramètres de performance

L'UIT a normalisé plusieurs paramètres liés à la qualité de service :

- CER *Cell Error Rate*, CLR *Cell Loss Rate*
- CTV *Cell Transfer Delay*, CDV *Cell Delay Variation*
- CMR *Cell Misinsertion Rate*
- MCTV *Mean Cell Transfer Rate*

5.2 ATM dans les réseaux locaux

L'utilisation de l'ATM en fédérateur des réseaux locaux est une solution possible en remplacement de FDDI. Mais depuis quelques années, l'arrivée d'un Ethernet haut débit (Gigabit) à des coûts réduits rend la solution ATM non compétitive.

Les commutateurs ATM du marché fonctionnent actuellement sur LANE 2.0 et MPOA. Les débits ATM sont de 155 Mbit/s ou 622 Mbit/s.

Couches supérieures :

Applications				Signalisation
TCP/IP, IPX, APPN...			IP	UNI 3.1/4 Q 2931 SSCF SSCOP
MAC	MPOA		RFC	
LANE 1.0	LANE 2.0		1577	
VC mux	LLC/SNAP			
RFC 1483				
AAL5				

AAL5 est la couche d'adaptation pour les réseaux locaux.

RFC 1483 : Encapsulation multiprotocole, VC MUX pour LANE 1.0 nécessite l'ouverture d'un circuit par protocole entre 2 postes. LLC/SNAP pour LANE 2.0 ou MPOA ne nécessite qu'un seul circuit entre 2 postes.

LANE (LAN Emulation) : LANE effectue un pont (niveau 2 OSI) de MAC vers ATM par une conversion des adresses MAC en adresses ATM. Découpe les trames Ethernet ou Token-ring en cellules ATM.

MPOA (Multi-Protocol Over ATM) : C'est le protocole de plus récent et le plus performant (approbation juillet 97), il introduit la notion de routage virtuel (routage sans routeur). Il permet une émulation de réseaux locaux, comme LANE, mais avec de meilleures performances par une gestion directe des adresses au niveau 3 (routage virtuel...), intégration de **NHRP** (*Next Hop Routing Protocol*) de l'IETF. Un seul domaine de broadcast par réseau émulé.

- Une adresse logique peut être distribuée sur plusieurs adresses physiques (création d'un réseau virtuel), l'adresse utilisateur peut être déplacée de poste à poste...
- Lorsque le trafic a lieu à l'intérieur d'un même sous-réseau virtuel, MPOA effectue un pont de niveau 2 (il utilise LANE 2.0).
- Lorsque le trafic doit avoir lieu entre 2 réseaux différents, MPOA effectue un routage de niveau 3. Un serveur de routes établit la correspondance entre les adresses réseau et ATM, il n'est interrogé que pour les trafics entre 2 sous réseaux virtuels via le protocole d'échange de route NHRP.

RFC 1577 : "Classical IP over ATM" de l'IETF, est un modèle pour étude en voie de disparition. Il ne permet qu'un seul sous réseau IP par réseau émulé, les routeurs qui pourraient alors être nécessaires seraient des goulots d'étranglement.

Signalisation : La gestion des connexions, *SVC (Switched Virtual Circuit)*, c'est à dire le dialogue avec l'interface ATM se fait par **UNI (User Network Interface)** (version 4.0 depuis 96, proche de UIT-Q2931). L'administration des équipements se fait par **SNMP (MIB Management Information Base - ATM)**.

5.3 Autres protocoles

VTOA (Voice & Telephony Over ATM) :

La première solution pour la parole sur ATM est CES 1.0 (*Circuit Emulation Service*), celle-ci repose sur l'émulation de circuit et utilise un débit constant (CBR *Constant Bit Rate*) sur un circuit virtuel permanent, ce qui entraîne un gaspillage de la bande passante.

« VTOA to the Desktop » spécifie comment transporter de la voix à 64 kbit/s (codage PCM-G711) sur un circuit virtuel commuté. Elle repose sur AAL1 (72 kbit/s) ou sur AAL5 (85 kbit/s) et requiert PNNI 1.0 ou UNI 4.

PNNI (Private Network to Network Interface) :

Le premier protocole de dialogue entre deux commutateurs, essentiel dans les réseaux multi-constructeurs, fut PNNI phase 0 (aussi appelé *IISP Interim InterSwitch Protocol*). Il ne permettait qu'un routage statique (configuré à la main).

PNNI phase 1, introduit en 1996, est un protocole de routage dynamique pour ATM (chaque nœud peut avoir connaissance de la configuration des nœuds voisins). Ce protocole permet la constitution de grands réseaux ATM. PNNI utilise aussi une signalisation proche de Q2931.

5.4 ATM chez France Télécom

Une dorsale ATM véhiculant diverses solutions d'interconnexion de réseaux est installée sur tout le territoire. Un prolongement vers 40 pays est réalisé. ATM sert de support à de multiples solutions de raccordement à valeur ajoutée proposées par l'opérateur (Turbo-DSL, Transrel, global Intranet, Turbo IP, MultiLAN Haut Débit...). Interfonctionnement Relais de trame et ATM possible dans une même offre (ATM sur site principal et relais de trame sur les sites secondaires).

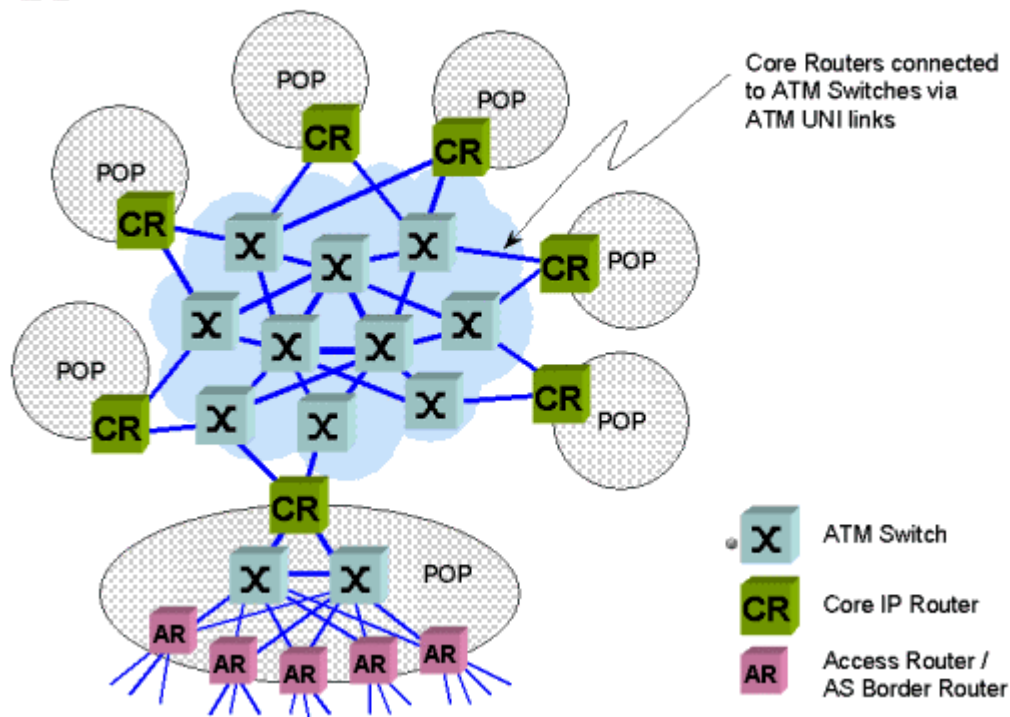
Global ATM :

- C'est la solution haut débit pour les longues distances proposée par France télécom (TRANSPAC) aux entreprises. Accessible sur tout le territoire.
- Débits : de 512 kbit/s à 155 Mbit/s.
- Raccordement à la dorsale à 2, 34 ou 155 Mbit/s (Europe).

5.5 Avenir d'ATM

ATM est actuellement la solution de transport de données de plusieurs opérateurs (la majorité du trafic Internet de France Télécom est transportée par ATM). ATM permet d'optimiser le trafic et de rentabiliser les liaisons au mieux. ATM permet aussi de garantir une qualité de services. ATM est le support de nombreuses offres.

Typical IP / ATM Network



6 Tendances

Dans les réseaux locaux et métropolitains, le câblage optique et le faible coût des matériels d'interconnexions rendent le prix de la bande passante de plus en plus faible. Il n'est donc plus nécessaire de rentabiliser cette bande passante et une fédération des LAN par le Gigabit Ethernet est la solution préférée actuellement (faible coût global).

Avec le **10Gigabit Ethernet**, il est possible d'injecter directement un signal Ethernet dans un réseau DWDM (de la même manière qu'un SONET 10Giga) tout en conservant à côté le réseau SONET. Ethernet apporte la transparence au niveau 2 (le même réseau de bout en bout), une granularité suffisante (10M, 100M, 1G), des équipements plus simples et moins coûteux, une exploitation du réseau plus simple. Cette solution sonnerait ainsi le glas d'ATM pour le transport des flux issus d'un réseau informatique !

Dans les réseaux WAN, la réduction du coût de la bande passante pourrait aussi empêcher le développement d'ATM. Des solutions d'insertion directe d'un trafic IP dans une infrastructure optique sont à l'étude.

La tendance générale va vers le tout IP : les protocoles PNNI et MPLS assurant le « switching » et DIFSERV la qualité de service ... Le VPN-IP (*Virtual Private Network*) peut être utilisé pour remplacer le Relais de Trames avec 2 solutions possibles : IPsec (simple, tunnels point à point) et MPLS (VPN configurable dynamiquement).

Ainsi le lien d'une agence vers son siège se fait en ADSL avec IP fixe (type Netissimo2) via un routeur créant un tunnel Ipsec et une petite structure ou un utilisateur nomade via RTC avec un client Ipsec.

7 Documentation

www.entreprises.francetelecom.fr

www.transpac.francetelecom.fr

www.atmforum.com

www.frforum.com

www.10gea.com

www.cesmo.fr

www.protocols.com

<http://blr.free.fr>

www.webfaster.net

<http://guill.free.fr>

<http://hautdebit.isocfrance.org>

www.telecomville.org

France Télécom

Transpac

Forum ATM

Forum Frame relay

Consortium 10 Gigabit Ethernet

Etude des VPN-IP

Les protocoles réseaux

La Boucle Locale Radio