

LES RÉSEAUX À HAUTS DÉBITS

Introduction

Au fil du temps, l'architecture des réseaux locaux se complique avec l'arrivée des réseaux métropolitains dont la dimension peut atteindre plusieurs centaines de kilomètres. Deux facteurs sont souvent cités pour expliquer la nécessité de réseaux à hauts débits. Ce sont la décentralisation des traitements vers une architecture distribuée de type client serveur et la forte expression de nouveaux besoins. Ces deux facteurs ont fortement modifié la nature des trafics sur les liens. Les besoins de développer des applications multimédias, telles que données, son et images animées, ont engendré la nécessité de débits importants. Une des solutions pouvant satisfaire ces contraintes et exigences est la mise en place de réseaux multiservices ou à intégration de services. Les réseaux à hauts débits offrent une variété de débits supérieurs à 100 Mbps et sont destinés aussi bien aux réseaux locaux qu'aux réseaux longue distance. Comme support d'information, c'est-à-dire pour la transmission, ils utilisent la fibre optique.

Les réseaux FDDI, FDDI-II (Fiber Distributed Data Interface)

Présentation de FDDI

Ce type de réseau est en anneau à jeton et utilise la fibre optique, bien que certains de ces réseaux aient pour support le fil de cuivre à paires torsadées (*TP-CDDI – Twisted Pair Copper Distributed Data Interface*) et soient limités à 100 Mbps. Leurs applications sont les réseaux fédérateurs, et, pour ce qui est de la version améliorée de *FDDI-II*, le support de la voix et de la vidéo.

L'anneau à jeton a été mis au point par IBM (*token ring*). Chaque ordinateur est relié à l'anneau et achemine les trames (informations) à l'ordinateur voisin. Ce type de réseau présente un état fragile dans la mesure où lorsqu'une machine du réseau est défaillante, tout le réseau peut être inexploitable. C'est là un des désavantages des réseaux en anneau à jeton. Le réseau *FDDI* est un réseau en anneau double utilisant la fibre optique. Ces deux anneaux fonctionnent de manière suivante :

- le premier envoie les données lorsque tout fonctionne correctement;
- le deuxième supplée le premier en cas de défaillance.

Dans un réseau *FDDI*, les anneaux sont qualifiés de contrarotatifs parce que le flux de données parcourt le second anneau dans la direction opposée de celle du premier anneau.

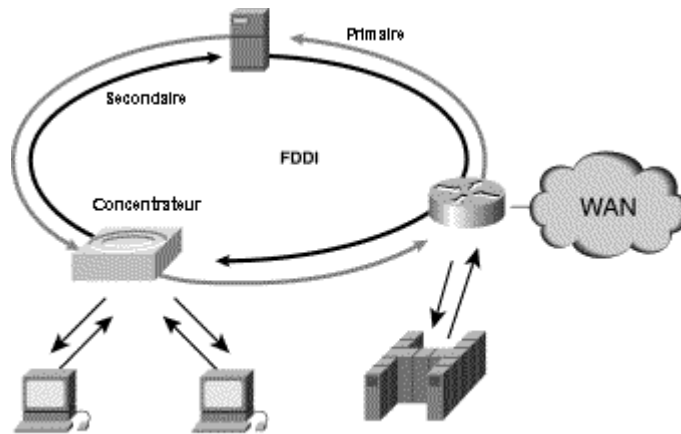


Figure 1 : Topologie d'un réseau FDDI

Le *FDDI* est une norme de réseau local à haut débit (100 Mbps) qui utilise la fibre optique. La technique FDDI proposée par le X3.T9.5 de l'ANSI a été normalisée par l'ISO.

Les composants du modèle en couche des réseaux FDDI

Le réseau FDDI se décompose en trois parties :

- La couche 2 (liaison) qui se compose de :
 - *LLC (Logical Link Control)* de format IEEE 802.2
 - *MAC (Medium Access Protocol)* de norme X3.139
- La couche 1 (physique) composée de :
 - *PHY (Physical Protocol)* de norme X3.148
 - *PMD (Physical Medium Dependant)* de norme X3.166
- Une couche *SMT (Station Management)* qui surveille le fonctionnement de l'anneau *FDDI* par un contrôle direct sur les trois couches *MAC*, *PHY* et *PMD*.

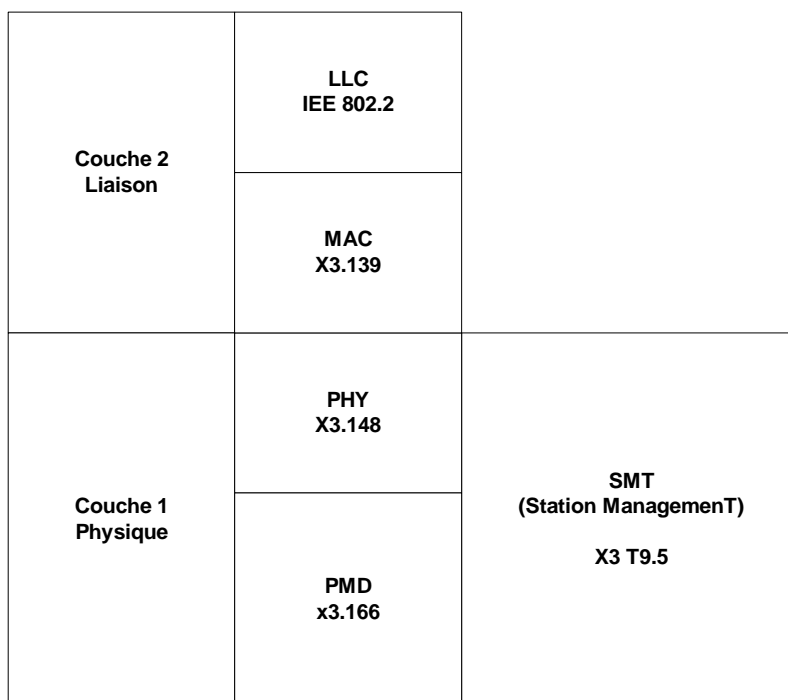


Figure 2 : Architecture du modèle en couche des réseaux *FDDI*

Principe de fonctionnement

Chaque ordinateur est relié à l'anneau et fait circuler les informations à l'ordinateur voisin. Chaque station participe aussi à la circulation du jeton. L'accès au jeton est géré par la couche MAC. Ainsi, une station qui veut émettre une ou plusieurs trames (informations) doit attendre le jeton. Une fois le jeton reçu, elle émet ses informations et libère le jeton sur l'anneau.

PA	SD	FC	DA	SA	Données	FCS	ED	FS
16 Sym	2 Sym	2 Sym	2 Sym	4 ou 16 Sym	4 ou 12 Sym	8 Sym	2 Sym	3 Sym

Figure 2 : Format des trames *FDDI*

PA : Préambule d'au moins 16 symboles *Idle*.

SD (Statut Delimiter) : c'est le délimiteur de trames. En effet, il indique le début de la trame *FDDI* par deux symboles, I et J.

FC (Frame Control) : ce champ indique le type de trame.

DA (Destination Address) et *SA (Source Address)* : pour fournir les adresses destination et origine (émetteur et récepteur).

FCS (Frame Check Sequence) : pour protéger les champs *FC*, *DA*, *SA* et les données.

ED (End Delimiter) : le drapeau (fanion) de fin de trame.

FS (Frame Statut) : comporte les indicateurs d'erreurs, d'adresse reconnue et de trame recopiée. Il est composé d'au moins 3 symboles : E (erreur détectée), A (adresse reconnue) et C (trame recopiée).

ATM (Asynchronous Transfert Mode)

C'est un réseau à commutation de cellules (unité de base en multiplexage *ATM*) de 53 octets utilisant comme support de transmission la fibre optique ou le fil de cuivre à paires torsadées de 25 Mbps à 600 Mbps et plus. Ses applications sont : les réseaux locaux fédérateurs, les réseaux longue distance, la téléphonie et la vidéoconférence.

Les réseaux ATM

ATM est un protocole qui a fait son apparition afin d'appliquer la téléphonie à l'informatique. C'est un réseau classique où la commutation de circuit (téléphonie) est remplacée par le traitement logiciel de la voix (commutation de paquets).

Comme pour les autres réseaux, la transmission de l'information de *ATM* se fait en trames (cellules) dont la taille est de 53 octets (5 octets d'en-tête et 48 octets de données disponibles). Le principe de multiplexage *ATM* est à la fois temporel et spatial :

- Temporel
La bande passante est découpée en tranche de temps qui sont des cellules
- Spatial
Une fois que les cellules sont créées, des notions d'adressage dans le multiplexage et d'allocation dynamique de la bande passante permettent le routage des cellules entre les voies logiques.

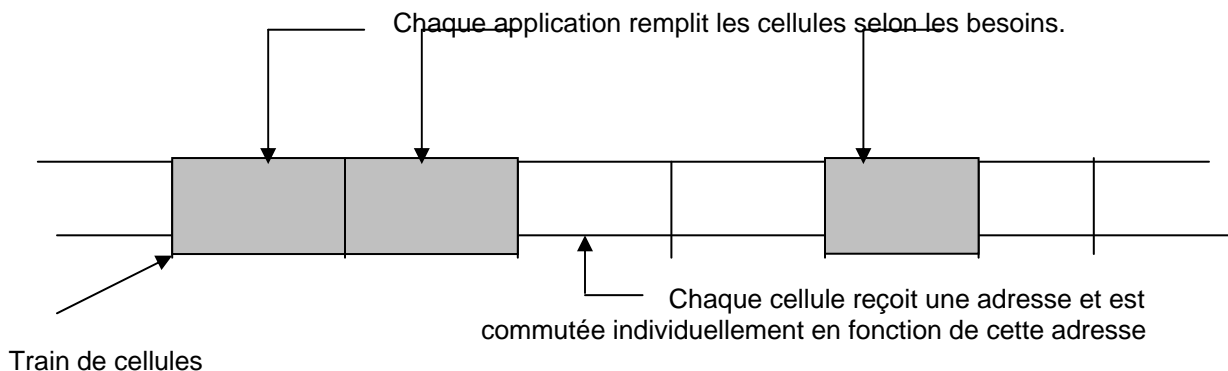


Figure 3 : Principe de multiplexage *ATM*

Principe de commutation des cellules

Les cellules sont commutées au sein de plusieurs équipements créant ainsi des circuits virtuels, à partir de deux identifiants, entre les abonnés :

- un numéro de canal virtuel *VCI – Virtual Channel Identifier* pour la commutation individuelle des cellules;

- un numéro de chemin virtuel *VPI – Virtual Path Identifier* pour la transmission d'un paquet de voies virtuelles de bout en bout.

Ainsi, *ATM* est défini par deux types d'équipements : les commutateurs *VPI* et *VCI*. Il existe des interrupteurs *ATM* qui ne routent qu'au niveau du *VPI* sans se soucier du *VCI*. Ils sont utilisés pour des réseaux étendus pour leur efficacité, mais ne présentent pas d'intérêt pour les réseaux locaux.

Architecture des réseaux ATM

Le protocole *ATM* est organisé selon quatre couches principales :

- La couche signalisation pour l'établissement, le maintien et la libération des communications entre les nœuds du réseau et ceci à travers les circuits virtuels.
- La couche *AAL (ATM Adaptation Layer)* qui définit l'interface d'accès *ATM* pour les utilisateurs; elle se divise en deux couches distinctes :
 - *CS (Convergence Sublayer)*, cette couche permet une interface utilisateur pour manipuler les données au format *PDU (Protocol Data Unit)*.
 - *SAR (Segmentation and Reassembly)* est une interface avec la couche *ATM*. Elle permet l'assemblage des cellules en *PDU* et le désassemblage des *PDU* en cellules.
- La couche *ATM* qui assure le multiplexage des cellules et contrôle le flux et la commutation des cellules. Tous les mécanismes de commutation de cellules sont traités à ce niveau.
- La couche physique *PHY (PMD – Physical Medium Dependant)* qui se charge de la gestion des écoutes des signaux sur le support de transmission (fibre optique, câble en cuivre, etc.). Elle assure la transmission et la réception des flux de bits. La couche physique se compose de deux sous-couches :
 - Couche *TC (Transmission Convergence)* qui gère les en-têtes de cellules, le contrôle des erreurs et du calcul du champ *HEC (Header Error Control)*, l'ajout et la suppression des cellules vides.
 - Couche *PMD*.

Couche	Sous-couche	2e Sous-couche
Couche d'adaptation ATM (AAL) I.362 I.363	Sous-couche convergence (CS)	Partie commune de la sous-couche convergene
		Service spécifique de la sous-couche convergence (SSCS)
	Segmentation et Réassemblage (SAR)	
ATM I.361		
Couche Physique (PHY) I.432	Transmission et convergence (TC)	
	Support de connexion physique (PMD)	

Figure 4 : Le modèle fonctionnel des protocoles ATM

Les avantages d'ATM

- Les réseaux d'ATM assurent une meilleure qualité de service de bout en bout en raison de la connexion virtuelle.
- Ces réseaux disposent d'une bande passante minimale à chaque connexion.
- Ils supportent diverses qualités de services qui satisfont au mieux les besoins de trafic d'applications (multiservice et multimédia).
- La bande passante est allouée à la demande par partage optimal grâce au multiplexage statique d'ATM.

Les inconvénients d'ATM

- Pour un flux de données de faible volume, le temps de connexion peut être long.
- Nécessité de connaître les besoins en qualité de service pour la mise en place d'applications.
- Pas de connexions de multipoint à multipoint.
- Toutes les applications TCP/IP doivent subir des modifications afin de trouver les ressources sur ATM et de pouvoir les exploiter de manière optimale.
- Absence de services de sécurité intégrés à ATM.

SDH, Sonet (Synchronous Digital Hierarchy, Synchronous Optical Network)

Il s'agit d'un mode de transmission numérique pour les réseaux de télécommunications à hauts débits. Ce réseau de transport utilise la fibre optique pour des débits allant jusqu'à 1 Gbps et plus. Ce type de réseau intervient dans les applications de multiplexage de flux comme ATM et RNIS.

Les réseaux numériques synchrones

Dès 1984, la demande pour de nouveaux services de télécommunications à large bande s'est faite de plus en plus croissante de la part des opérateurs. Ils avaient besoin de liaisons pouvant supporter les hauts débits. C'est ce qui a été à l'origine des travaux sur les réseaux optiques synchrones (*Sonet*), dont les premiers résultats ont été publiés aux États-Unis à la fin de 1986, sur l'initiative de BELLCORE (BELL Communication REsearch). *Sonet* fonctionne au niveau de la couche physique du modèle OSI.

Sonet (*Synchronous Optical Network*) est un protocole d'origine nord-américaine. Il s'agit de la technologie de transport optique qui devenue le standard pour la transmission des réseaux numériques en Amérique du Nord et au Japon. C'est le mode utilisé par les réseaux fédérateurs de télécommunications optiques en ce qui concerne le transport du signal numérique (paquets de la voix et des données) sur de longues distances. Cette norme a été créée pour surmonter les déficiences des réseaux plésiochrones. Ces réseaux étaient ainsi dénommés pour signifier le fait qu'ils n'étaient pas tout à fait synchrones. Ainsi, ce nouveau protocole de réseaux synchrones met davantage l'accent sur les capacités d'administration du réseau, l'interfaçage, la compatibilité et le multiplexage. La norme *Sonet* a été proposée par l'*ECSA – Exchange Carriers Standards Association* pour validation auprès de l'*ANSI – American National Standards Institute*. On a l'espoir que cette norme sera au cœur de l'architecture mondiale des télécommunications pour les prochaines décennies.

Toute la difficulté de la normalisation de ce protocole a été de trouver un compromis entre les intérêts américains, européens et japonais afin de garantir l'interconnexion des différents réseaux des opérateurs, les Européens ayant créé leur propre norme, le *SDH* ou *Synchronous Digital Hierarchy*. De nos jours, *Sonet* et *SDH* forment un standard mondial pour les réseaux numériques, ce qui permet aux systèmes de transmission de communiquer au moyen de support optique.

Sonet définit une nouvelle norme pour les réseaux optiques synchrones (*Optical Carrier* ou OC) et son équivalent électrique pour la transmission synchrone des signaux numériques (*STS – Synchronous Transport Signals*) par fibre optique. Ce nouveau standard, et son équivalent électrique, voit ses différents débits ainsi définis dans le tableau ci-dessous.

Tableau 1 : Débits optiques pour la norme *Sonet*

Différents débits Optiques pour la norme SONET		
Niveau porteuse optique	Equivalent électrique	Débit (Mbit/s)
OC-1	STS-1	51,84
OC-3	STS-3	155,52
OC-12	STS-12	622,08
OC-24	STS-24	1 244,16
OC-48	STS-48	2 488,32
OC-92	STS-92	9 953,28

Vous remarquerez que tous ces débits sont des multiples du débit 51,84 Mbps. Ainsi, OC-48 = 48 x 51,84 = 2 488,32 Mbps. Les niveaux les plus utilisés sont aujourd'hui des réseaux combinant les niveaux 3, 12, 48 et maintenant le 192.

La figure ci-dessous illustre la structure du multiplexage de base du protocole. Le protocole Sonet supporte tout type de service, en partant de la voix jusqu'aux applications multimédias les plus gourmandes (images, données haute vitesse). Cela a été rendu possible par la mise au point d'adaptateurs de services. Un adaptateur de services crée un lien d'un signal dans l'enveloppe de la « charge utile » (payload) du niveau STS-1 ou de son affluent virtuel (VT – Virtual Tributary). Ainsi, pour ajouter de nouveaux services ou adaptateurs de services, il n'y a qu'à les ajouter dans l'échelle du réseau *Sonet*. Imaginez un peu *Sonet* comme un fleuve et les VT, comme ses affluents. Ainsi, les affluents emmènent leurs contenus au fleuve qui les transporte plus rapidement et les redistribue vers d'autres affluents. Nous remarquons enfin que les informations qui étaient sous forme électrique sont converties (convertisseurs *E/O*) en signaux lumineux pour être véhiculées par les supports optiques. Une fois les signaux arrivés à destination, le phénomène inverse est réalisé en commençant par les convertisseurs *E/O* jusqu'à aboutissement complet de la chaîne.

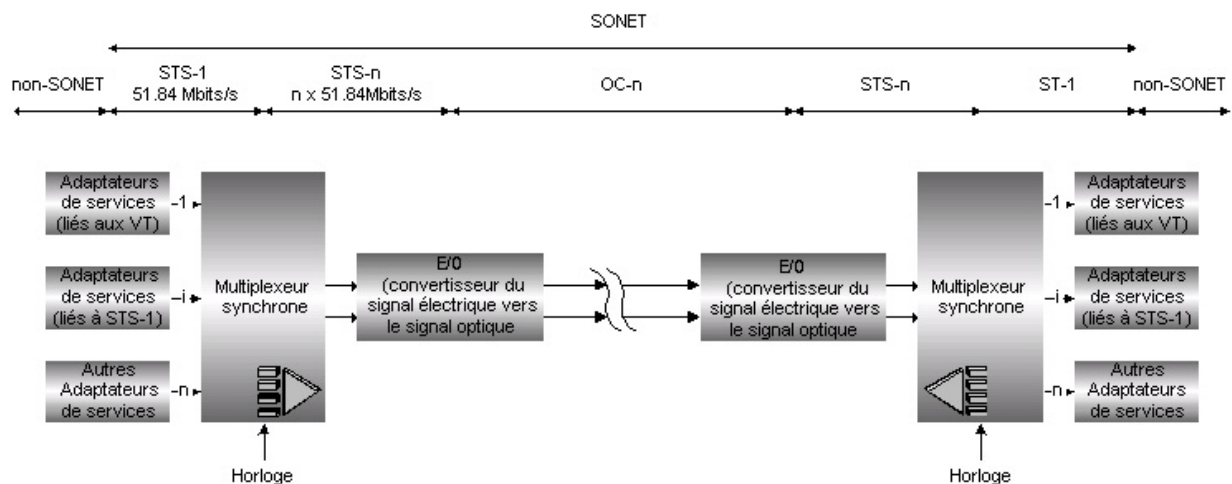


Figure 3 : Liaison de type *Sonet* (de bout en bout)

Bien que les transmissions à haut débit passent par le système *Sonet* sous forme optique, elles ne commencent ni ne finissent forcément de cette façon. En effet, tout le monde n'a pas opté pour cette technologie. La seule chose qui importe pour l'utilisateur, c'est que ses communications se passent bien.

Toutes les informations en entrée sont éventuellement converties dans un format de base compatible à un signal synchrone STS-1 (51,84 Mbps ou plus). Pour les débits inférieurs à STS-1, une mise à niveau est effectuée par les VT (nous rappelons que les VT sont des affluents) qui les encapsulent avant le multiplexage afin de les adapter aux normes du réseau *Sonet* ($n \times 51,84$ Mbps). Ensuite, plusieurs STS-1 sont multiplexés ensemble pour donner lieu à un processus à un ou deux niveaux afin de former un signal électrique STS de niveau « n » ($n = 1$ ou plus). Les signaux ainsi multiplexés sont

ensuite convertis en signaux optiques par un convertisseur électrique/optique placé en aval du multiplexeur. De même, en amont du démultiplexeur, un convertisseur optique/électrique sera placé pour effectuer le processus inverse.

Sonet est un protocole dont la structure de transport est basée sur la synchronisation des signaux dont le débit de base opère à des multiples de 51,84 Mbps qui est la vitesse de base du signal (STS-1 et OC-1). Il ne faut pas perdre de vue que STS-n est un signal électrique de niveau « n » et OC-n est son équivalent optique. L'indice « n » indique le nombre de signaux STS-1 multiplexés en un seul flux et la vitesse (« n » fois la vitesse de base, soit donc $n \times 51,84$ Mbps) à laquelle *Sonet* opère.

Entre la source et la destination, une transmission peut passer par plus d'un multiplexeur intermédiaire, ainsi que par un certain nombre de commutateurs, des routeurs et des répéteurs, pour amplifier le signal. Dans la terminologie *Sonet*, différents noms ont été donnés pour définir les différentes parties de cette route :

- Une *section* désigne une même longueur de câble en fibre optique.
- Une *ligne* représente un segment séparant deux multiplexeurs.
- Un *chemin (path)* désigne le trajet complet entre le multiplexeur source (où les signaux des affluents sont combinés) et le multiplexeur de destination (où les signaux sont démultiplexés pour être transmis).

En effectuant tout ce travail d'organisation, de multiplexage, de transmission et de routage des trames, *Sonet* s'appuie sur quatre couches de protocoles, dont chacune gère un aspect de toute la transmission. Voici, sommairement expliqué, le fonctionnement de ces couches :

- La couche photonique convertit les signaux électriques sous forme optique.
- La couche section crée les trames et s'occupe de gérer les erreurs de transmission.
- La couche ligne est en charge du multiplexage, de la synchronisation et du démultiplexage.
- La couche chemin s'occupe d'amener la trame de la source à sa destination.

Il existe bien d'autres détails plus techniques dans la définition d'un réseau *Sonet*, mais ce que nous venons de voir en constitue les bases et devrait vous aider à comprendre comment il fonctionne. Ce qu'il faut surtout retenir, c'est que *Sonet* représente un transport rapide et fiable pour les technologies en développement ou à venir des réseaux étendus, telles que le RNIS à large bande (et, par extension, *ATM*). Retenons aussi que *Sonet* est l'affaire des opérateurs de télécommunications tels que AT&T, Bell ou Sprint. Les équipements sont trop chers pour qu'une personne isolée puisse être tentée par l'aventure.

Les réseaux SMDS (Switched Multimegabit Data Service)

Ils constituent des réseaux à commutation de paquets à hauts débits pour les liaisons longue distance. Cette couche de service au-dessous de *ATM* ou de *DQDB (Distributed Queue Dual Bus)* désigne la norme IEEE 802.6 pour les réseaux *MAN*.

Pour relier les réseaux locaux situés en différents lieux, les entreprises louaient des lignes spécialisées. Cependant, la location de lignes spécialisées (LS) coûte assez cher.

C'est un canal qui vous est spécialement réservé par votre opérateur, et c'est vous qui demandez le débit qui vous intéresse, ou du moins, celui dont les frais afférents sont le plus à la portée de votre bourse. Les opérateurs ont alors proposé un nouveau service pour apporter aux entreprises un moyen moins coûteux que la location des LS pour relier les réseaux : ce sont les réseaux *SMDS* – *Switched Multimegabit Data Service* ou Service de données commutées en multimégabits. *SMDS* est un service de communication en réseau public à large bande. C'est une technologie sans connexion à commutation de paquets.

Les réseaux *SMDS* font partie de la famille des technologies à hauts débits. Leur vitesse de transmission va de 1 à 45 Mbps et leur connexion n'est disponible qu'au moment où elle est nécessaire. Ce n'est donc pas une connexion permanente. Une connexion *SMDS* est une adresse réseau attribuée par un opérateur de télécommunications et cette adresse sert à connecter un réseau local à un autre. Elle est conçue comme un numéro de téléphone incluant le code du pays, celui de la zone de même que le numéro local. Si on veut diffuser simultanément à plusieurs réseaux locaux, on utilise une adresse de groupe.

Si les utilisateurs ont besoin de transférer des informations à un ou plusieurs réseaux locaux, ils n'ont qu'à sélectionner tout simplement les adresses appropriées pour en indiquer la ou les destinations finales. *SMDS* se chargera du reste en faisant en sorte que les informations aboutissent aux destinataires. Il faut par contre qu'un travail préalable soit fait par les utilisateurs avant émission : ils doivent s'occuper du contrôle de la communication et se charger de réparer les erreurs de transmission. Ces tâches sont à la charge des réseaux locaux et non pas à celle du *SMDS*. Ce dernier se contente simplement de laisser passer les informations d'un endroit à un autre sans se soucier de la forme ni du format de ces données. Il agit comme un service de messagerie qui, après sa collecte, livre des envois sans se préoccuper du contenu. Les paquets transférés par *SMDS* sont de longueur variable; ils renferment les adresses de la source et des destinations et peuvent contenir jusqu'à 9 188 octets de données. Ils sont routés individuellement et peuvent contenir toutes sortes de données (paquets *ethernet*, *token ring*, etc.) en provenance de n'importe quel type de réseau local.

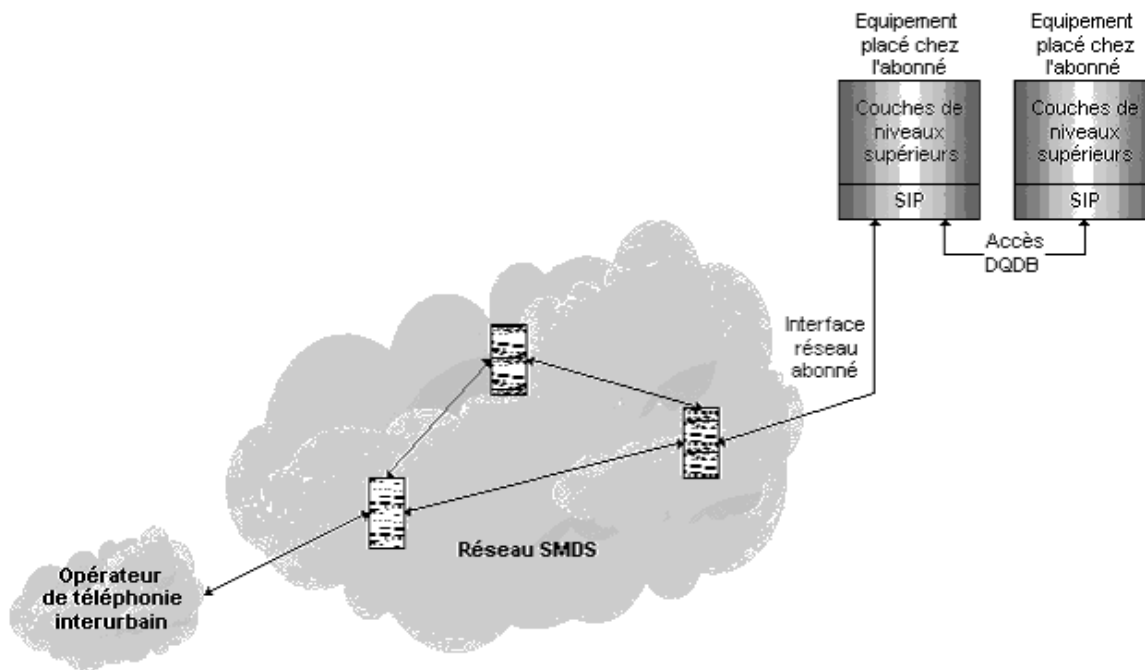


Figure : Illustration d'un réseau SMDS

Les services apportés par *SMDS* peuvent être exploités par différentes plates-formes réseau car cette technologie n'est pas particulière à un modèle type de réseau. On a ainsi la possibilité de passer d'un réseau à un autre et de bénéficier des avantages qu'apporteront les développements futurs, ceci étant rendu possible grâce à son caractère évolutif tout en conservant une compatibilité avec les services des données des utilisateurs. La principale plate-forme utilisée pour les accès *SMDS* est basée sur *DQDB* qui est un protocole de communication développé par une université australienne et soutenu par Telecom Australia. Ce protocole a été normalisé par l'IEEE 802.6 et l'ISO 8802.6 comme norme de réseau métropolitain. Il a été mis au point parallèlement à *ATM* et utilise le format des cellules de 53 octets dont 48 de charge utile. Les paquets *SMDS* de longueurs variables doivent ainsi être segmentés dans un nombre approprié de cellules lorsqu'ils sont encapsulés dans *DQDB*. Ce dernier permet des transferts isochrones et asynchrones en mode connecté ou non à des débits allant de 45 à 155 Mbps.

Afin de rendre compatibles les accès *DQDB* vers des centres de réseaux de commutation pour les utilisateurs, un nouveau protocole a été mis en œuvre : le *SIP* (*SMDS Interface Protocol*).

Le *DXI* (*Data eXchange Interface*) est quant à lui un protocole qui a été défini afin de donner à *SMDS* la possibilité de supporter des connexions série particulièrement celles basées sur les trames *HDLC*. Le protocole *SIP* est un protocole à trois niveaux qui contrôle les accès des utilisateurs aux réseaux. Au niveau 3, *SIP* reçoit et transporte les trames de la couche de niveau supérieur. Au niveau 2, *SIP*, basé sur *DQDB*, contrôle les accès au support physique. Au niveau 1, *SIP* prend en compte le système de transmission. Une version 622 Mbps devrait être disponible prochainement.

Conclusion

L'arrivée désormais inéluctable des hauts débits implique dans nos sociétés des bouleversements structurels. Cette perspective doit se traduire maintenant en orientations, en décisions et en actions. La technologie à hauts débits suppose la mise en place d'infrastructures câblées, de fibre optique, de câble coaxial, paire torsadée ou radio.

Les systèmes SONET transportent soit des signaux numériques de type optique, soit des signaux analogiques pour la transmission d'images vidéo. Cette technique de transmission par le biais de la fibre optique est aujourd'hui très largement employée dans les infrastructures terrestres et sous-marines longue distance.

En fait, les technologies à hauts débits se retrouvent actuellement sur tous les types de réseaux. Elles sont mises en œuvre tant au niveau des dorsales d'interconnexion qu'au niveau des boucles locales d'abonnés. Les techniques modem récentes comme le câble, xDSL, LMDS et le satellite permettent d'accéder plus facilement aux réseaux à hauts débits sans goulots d'étranglement. Il est de nos jours relativement simple de les mettre en œuvre. Quant à les administrer, cela reste encore le domaine de quelques gourous...