

- ENSEIRB -



# LES TECHNOLOGIES xDSL

**Patrice KADIONIK**  
[kadionik@enseirb.fr](mailto:kadionik@enseirb.fr)  
<http://www.enseirb.fr/~kadionik>  
**Philippe GOOLD**  
[pgoold@dslvalley.com](mailto:pgoold@dslvalley.com)

## TABLE DES MATIERES

<b>1. Introduction</b> .....	<b>3</b>
<b>2. Position du problème</b> .....	<b>3</b>
2.1. Dissipation d'énergie.....	3
2.2. Diaphonie.....	4
2.3. Pupinisation.....	4
<b>3. Réseau et hauts débits</b> .....	<b>4</b>
<b>4. Les technologies xDSL</b> .....	<b>5</b>
4.1. Présentation.....	5
4.2. Aperçu des différentes techniques.....	7
4.3. Synthèse des technologies xDSL .....	8
4.4. FDM et l'annulation d'écho .....	9
4.5. Codage en ligne et modulation employés dans les technologies xDSL .....	10
❖ Code 2B1Q.....	10
❖ CAP et DMT .....	10
<b>5. La technologie ADSL</b> .....	<b>15</b>
5.1. Spécificité de la technologie ADSL.....	15
5.2. ADSL Lite, une alternative au modem RTC traditionnel.....	16
5.3. Comparaison des performances à celles des modems existants (V.90) .....	16
5.4. Les raisons d'investir dans l'ADSL.....	17
<b>6. La technologie HDSL</b> .....	<b>19</b>
6.1. Nature des liaisons HDSL .....	19
6.2. Principe mis en jeu dans les liaisons HDSL.....	20
6.3. Applications des systèmes HDSL.....	21
<b>7. Intérêt pour l'utilisateur final et exemples d'applications</b> .....	<b>21</b>
<b>8. xDSL face à la solution ATM</b> .....	<b>22</b>
8.1. Rappel sur ATM .....	22
8.2. Multi-services et ATM.....	24
❖ DSL dédié au transport de services.....	24
❖ Fournir des services ATM grâce aux technologies xDSL .....	25
❖ Le Multi service .....	26
8.3. ATM : ce qui nous intéresse pour l'ADSL.....	26
<b>9. Conclusion</b> .....	<b>27</b>

## 1. INTRODUCTION

Depuis l'avènement des technologies xDSL (*Digital Subscriber Line*), la paire torsadée en cuivre a retrouvé un intérêt grandissant parmi les grandes entreprises de télécommunication. Les différentes technologies xDSL ont une caractéristique commune, elles permettent de faire passer des flux importants de données sur de simples lignes téléphoniques torsadées. Une présentation exhaustive des technologies xDSL sera présentée, en insistant sur l'aspect technique et en les comparant avec les différentes autres solutions similaires mises en œuvre. Des exemples d'applications vont démontrer l'intérêt réel de la part des industriels. Les technologies xDSL permettent des débits de l'ordre de plusieurs mégabits sans bouleverser l'infrastructure existante. La transmission xDSL ne nécessite que de simples paires de cuivre omniprésentes dans les réseaux de distribution des opérateurs. Ces technologies utilisent les structures existantes, permettant de transférer les données entre l'utilisateur et le réseau, sans nécessité un investissement astronomique de la part des opérateurs de télécommunication.

## 2. POSITION DU PROBLEME

Pour remédier au problème des derniers kilomètres de la transmission, il a tout d'abord été envisagé de déployer de la fibre optique jusque chez l'abonné. L'investissement s'est cependant révélé trop onéreux. La rentabilité du système était donc compromise. Il fallait donc trouver une autre solution pour proposer des services assurant de hauts débits à moindre coût. La solution fut trouvée par les téléphonistes : doper le réseau téléphonique existant. C'est le but des technologies xDSL.

L'idée de base de ces technologies est de repousser la barrière théorique des 300-3400 Hz de bande passante qu'utilisent les modems actuels. Mais ce n'est pas si simple car la dissipation d'énergie, la diaphonie et la pupinisation posent problème.

### 2.1. Dissipation d'énergie

Un courant électrique passant au travers d'un conducteur dissipe une partie de son énergie sous forme de chaleur (pertes par effet Joule). Ces pertes augmentent avec la résistance du câble. Celle-ci est fonction de la longueur du câble, de sa section et de sa résistivité. Les technologies xDSL font passer des signaux haute fréquence dans ces câbles. Cela a le désavantage de créer un effet de peau qui a pour conséquence d'augmenter dramatiquement la résistance du câble, et donc d'atténuer le signal utile.

Ceci a directement pour effet de limiter la longueur des boucles locales. Cependant, l'un des moyens de minimiser cette atténuation est d'utiliser des câbles moins sensibles à l'effet de peau, donc de diamètre plus gros. Ce qui se traduit bien sur par un coût d'implantation plus élevé.

## 2.2. Diaphonie

Dans un réseau téléphonique, de multiples paires de fils téléphoniques sont regroupées dans un même câble. Des signaux transitant dans une paire torsadée sont susceptibles de créer des interférence (rayonnement électromagnétique) sur les autres paires du câble. C'est la diaphonie.

Sachant que, du côté des centraux opérateurs, la concentration de câbles est très forte, l'extension des technologies HF comme l' xDSL risque de créer de nombreuses perturbations entre signaux de même caractéristiques limitant ainsi le débit obtenu.

## 2.3. Pupinisation

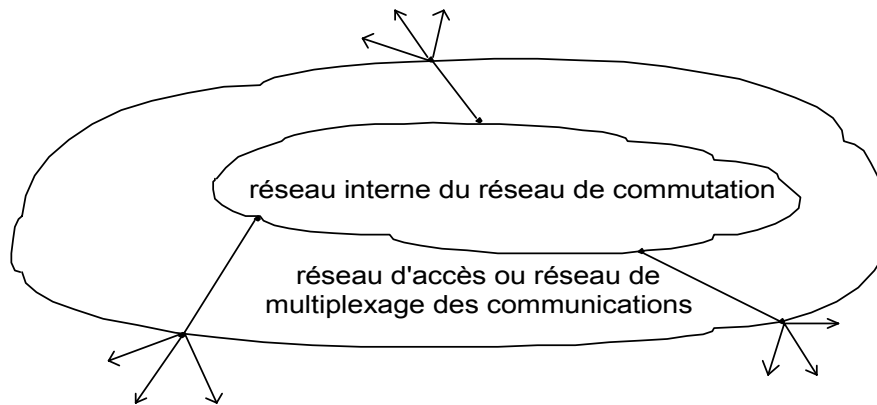
Afin d'éviter les parasites haute fréquence et d'assurer un affaiblissement du signal indépendant de la fréquence, les opérateurs téléphonique ont disposés à différent endroits de leur réseau des bobines d'auto-induction. Les technologies xDSL ont pour principe de laisser la bande des 300-3400 Hz libre et donc d'émettre sur des fréquences élevés. Ces bobines auront pour effet d'éliminer le signal utile. Il est donc impossible de transmettre suivant une technologie xDSL sur une boucle locale équipée de bobines de pupinisation.

Voici quelques uns des problèmes auxquels est confrontée cette nouvelle technologie. Sans que ceux-ci empêchent l'installation d'équipements xDSL, ils imposent des contraintes dans le développement du réseau dont il faudra tenir compte au fur et à mesure de la progression de ces technologies sur l'ensemble des boucles locales.

## 3. RESEAU ET HAUTS DEBITS

Les nouvelles technologies xDSL se situent sur le créneau des réseaux à large débit. Il serait intéressant de situer ces termes dans leur contexte permettant ainsi de mieux comprendre l'engouement que suscite ces technologies si prometteuses.

Un réseau est un système de partage de ressources distribuées. Il comprend un ensemble de liens et de nœuds reliés entre eux pour permettre à deux abonnés (au moins) d'établir une liaison pour communiquer entre eux. La périphérie du réseau est constituée de réseaux de commutateurs d'accès qui regroupent plusieurs abonnés, assurant également un rôle de multiplexeur. Les nœuds internes du réseau commutent avec les communications d'un lien d'entrée vers un lien de sortie en fonction d'un critère d'acheminement. Ainsi un réseau utilise des techniques de multiplexage à sa périphérie et des techniques de commutation en interne (fig. 2.1). Le réseau de commutation peut être ainsi vu comme un lien composite virtuel.



**Figure 3-1 Positionnement des techniques mises en œuvre dans les réseaux**

Comme toutes les autres technologies situées sur le créneau des réseaux à hauts débits, les technologies xDSL doivent pouvoir répondre à des exigences pour un transfert efficace de données qui sont :

- la bande passante requise,
- le temps de transfert,
- le taux d'erreur,
- la variation du délai de transmission

(problème du *jitter* ou gigue correspondant à un décalage temporel entre les cellules successives de la même source. Lors d'un transfert on a intérêt à avoir un gigue le plus faible possible).

## **4. LES TECHNOLOGIES XDSL**

### **4.1. Présentation**

Le sigle xDSL regroupe plusieurs variantes de techniques de transmissions hauts débits, utilisant la ligne téléphonique. Une paire de cuivre offre une bande passante de 1Mhz, or seulement 4khz sont utilisés pour la transmission de la voix. Les technologies xDSL exploitent cette bande passante supplémentaire pour créer ainsi deux voies de communications. Les versions des technologies xDSL diffèrent par le nombre de paires téléphoniques utilisés (1 ou 2), le choix des fréquences porteuses et le type de modulation utilisée. La technologie ADSL met en place un débit dissymétrique, plus important sur la voie descendante (VD) que sur la voie Montante (VM). Cette dissymétrie est adaptée aux exigences de l'accès à Internet.

Les technologies xDSL reposent sur le concept de « *super modems* ». Ce sont des boîtiers, où sont couplés des modulateurs-démodulateurs à très hautes performances, placés aux extrémités d'une ligne en paires torsadés pour réaliser une ligne d'abonné numérique.

Dans la chaîne qui relie l'internaute, au reste du monde, le point faible se situe sur la partie reliant le modem du particulier au central téléphonique. Cette jonction est constituée de fils de cuivre, qui croit-on par méconnaissance, ne peuvent supporter des vitesses de communication dépassant que quelques dizaines de kbits par seconde. En fait, les possibilités des fils de cuivre sont sous-utilisées car le réseau téléphonique a d'abord été conçu pour transporter de la voix et dans cette optique, la bande passante utilisée par les équipements de communication classiques est de l'ordre 3.3 kHz. Or, les caractéristiques physiques des lignes d'abonnés permettent en réalité de supporter la transmission de signaux à des fréquences pouvant atteindre 1 MHz. En modifiant les modems, il est donc possible d'optimiser l'utilisation de ces lignes et il apparaît que, en fonction de la distance séparant l'abonné de son central téléphonique, les paires de cuivre peuvent supporter des débits allant de 1.5 Mbits/s à 10 Mbits/s, c'est à dire capables enfin de transporter de la vidéo. Il devient alors facile d'imaginer les possibilités qu'offrent de tels débits en les comparant à ce que l'on possède actuellement : 33,6 kbit/s, 64 kbit/s ou 128 kbit/s dans le meilleur des cas...(hors communication par câble ou satellite). La fig. 3-1 montre une infrastructure à base de technologies xDSL.

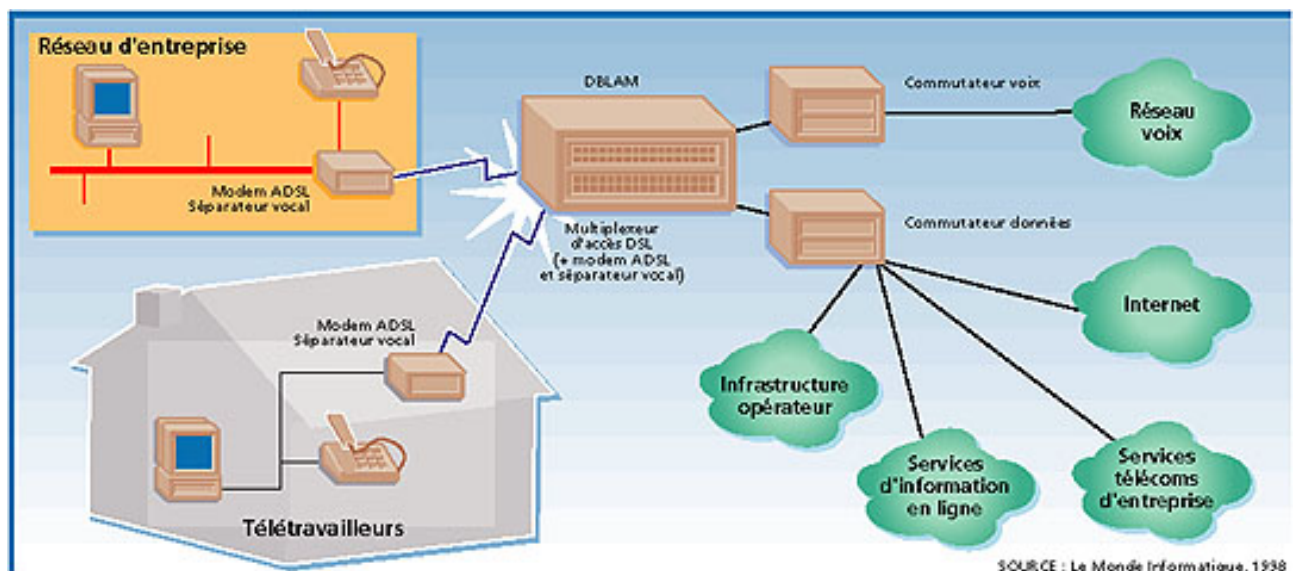


Figure 4-1 Infrastructure d'une liaison provenant de la technologie xDSL

Les techniques xDSL mélangent sur une simple paire téléphonique des trafics de voix, de données et d'images. Une liaison xDSL comporte plusieurs canaux, par exemple la technique ADSL met en œuvre 3 canaux : un canal voix traditionnel et deux canaux multimédia.

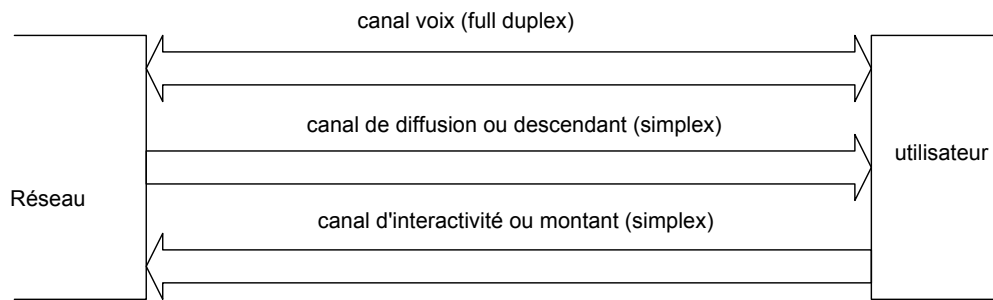


Figure 4-2 Les canaux ADSL

Selon la technique de modulation mise en œuvre et les débits respectifs des canaux multimédia, on distingue de nombreuses variantes présentées maintenant...

## 4.2. Aperçu des différentes techniques

ADSL (Asymmetric DSL) : cette technologie permet de numériser la partie terminale de la ligne de l'abonné et de faire supporter simultanément sur une paire de fils de cuivre le service téléphonique de base et des flux de données numériques à très haut débit. Elle nécessite l'installation d'un filtre et d'un modem spécifique à chaque extrémité du réseau (central téléphonique, équipement abonné). La technique de transmission asymétrique offre deux canaux destinés aux données, avec un débit maximal (de 8Mbit/s dans le sens réseau/abonné et de 640 kbit/s dans le sens inverse) variable selon le code en ligne utilisé et la distance de raccordement. ADSL libère en outre un peu de bande passante pour conserver le canal téléphonique de 4 kHz (voir fig.3.3). Cette technologie se trouve être adaptée au multimédia par Internet, le flux descendant (ou canal de diffusion) étant beaucoup plus important que le flux montant (ou canal d'interactivité). ADSL convient bien aux applications interactive du type vidéo à la demande (VOD), aux services audiovisuels interactifs fournissant plusieurs canaux TV, et permet une interconnexion entre réseaux. ADSL préservant le canal de voix, il est donc possible de téléphoner tout en « surfant sur le web ».

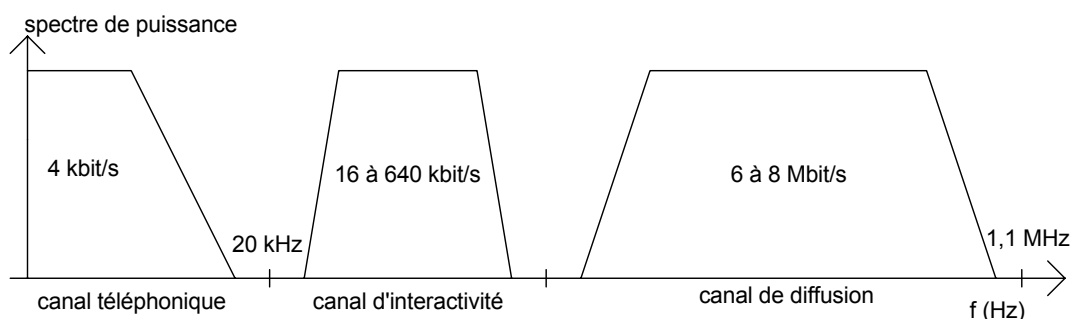


Figure 4-3 Répartition des spectres de fréquences pour la technologie ADSL

- HDSL (High bit-rate DSL) : technique de transmission *full duplex* destinée à stimuler le réseau de distribution en cuivre en offrant des équivalents à l'accès primaire RNIS de types T1 (1544 kbit/s) et E1 (2048 kbit/s). HDSL exploite en outre deux ou trois paires téléphoniques.
- SDSL (Symetric DSL ou Single line DSL) : version monoligne de HDSL, mais plus limitée en distance. Le SDSL est tout à fait adapté à la visioconférence, aux travaux en groupe sur réseaux LAN interconnectés et est une solution pour le remplacement des T1/E1.
- VDSL (Very High bit-rate DSL) : désignation commune à toutes les déclinaisons DSL à très large bande offrant un débit réseau vers abonné de 13 Mbit/s à 51 Mbit/s selon une distance de raccordement inversement proportionnelle à ces calibres. Pour une boucle locale de 1km, le débit offert butte sur 26Mbit/s. Cette variante xDSL vise à compléter une infrastructure FTTC (Fiber To The curb), mais cette architecture hybride ne fleurit guère dans les réseaux de distribution des opérateurs, à l'inverse de HDSL ou ADSL. C'est une technologie asymétrique en cours de développement qui devrait autoriser un débit de l'ordre de 50Mbits/s sur le canal de diffusion. Elle pourra s'appliquer à l'interconnexion d'immeubles ou de boucle de raccordement complémentaire à une infrastructure de type FTTC, ainsi qu'à la télévision haute définition TVHD.
- RADSL (Rate Adaptative DSL) : extension de la variante ADSL, capable d'adapter le débit du modem à des vitesses de replis, lorsque la qualité de transmission de la ligne se détériore. La particularité de cette technique asymétrique est de mettre en œuvre des mécanismes de replis permettant l'adaptation du débit aux ratés physiques intervenue sur le canal.

### 4.3. Synthèse des technologies xDSL

Technologie xDSL	Mode de transmission	Débit Mbit/s	Mode de fonctionnement Canal	Codage	Distance/Débit Km/(Mbit/s)	Mode de séparation des canaux
ADSL	Asymétrique	1,5444 à 9 0,016 à 0,640	Descendant Montant	DMT, CAP	5,5 / 1,5 1,8 / 7	FDM, annulation d'écho
HDSL	Symétrique	1.544 2,048	Duplex sur 2 paires Duplex sur 3 paires	CAP, 2B1Q	5,5 / 2,048	Annulation d'écho
SDSL	Symétrique	0,128 à 2	Duplex	CAP, 2B1Q	3,6 / 2,048	Annulation d'écho
VDSL	Asymétrique	13 à 51 1,544 à 2,3	Descendant Montant	CAP, DMT	1,5 / 3 0,3 / 51	FDM
RADSL	Asymétrique	0,600 à 7 0,128 à 1,024	Descendant Montant	CAP	5,5 / 1,5 1,8 / 7	FDM

\*canal montant ou liaison montante, précise le sens du flux des données, de l'abonnée vers le réseau.

\*canal descendant ou liaison descendant du réseau vers l'abonnée.



#### 4.4. FDM et l'annulation d'écho

La technologie utilisée au niveau de la séparation des canaux est de type FDM ou annulation d'écho. Pour créer les canaux multiples, les modems ADSL divisent la largeur de la bande disponible d'une ligne téléphonique suivant deux types : Multiplexage à Division de Fréquence (FDM) ou annulation d'écho. FDM assigne une bande pour des données ascendantes et une bande différente pour les données descendantes. La voie d'accès descendante est alors multiplexée temporellement en un ou plusieurs canaux à grande vitesse et un ou plusieurs canaux à vitesse réduite. La voie d'accès ascendante est également multiplexée dans les canaux à vitesse réduite correspondants.

L'annulation d'écho assigne la bande ascendante pour superposer le descendant, et sépare les deux au moyen d'annulation locale d'écho, une technique utilisée dans les modems V.32 et V.34. Avec l'une ou l'autre technique, ADSL se dédouble autour d'une région de 4 kHz pour des RTC.

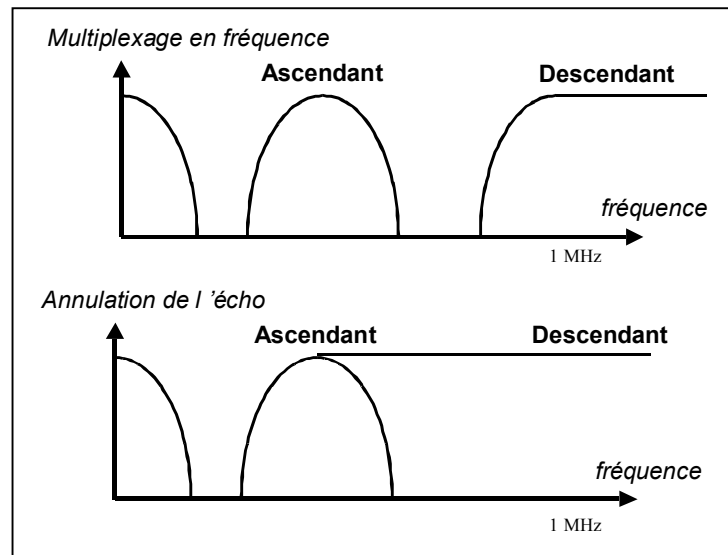


Figure 4-4 Multiplexage et annulation d'écho

## 4.5. Codage en ligne et modulation employés dans les technologies xDSL

### ❖ Code 2B1Q

Le codage 2B1Q utilisé pour les liaisons HDSL, est le même que le codage retenu pour le RNIS en accès de base. Avec deux bits consécutifs, on forme un symbole dibit . Il faut donc coder quatre symboles dibits possibles en bande de base (on parle aussi de «codes en ligne» ).

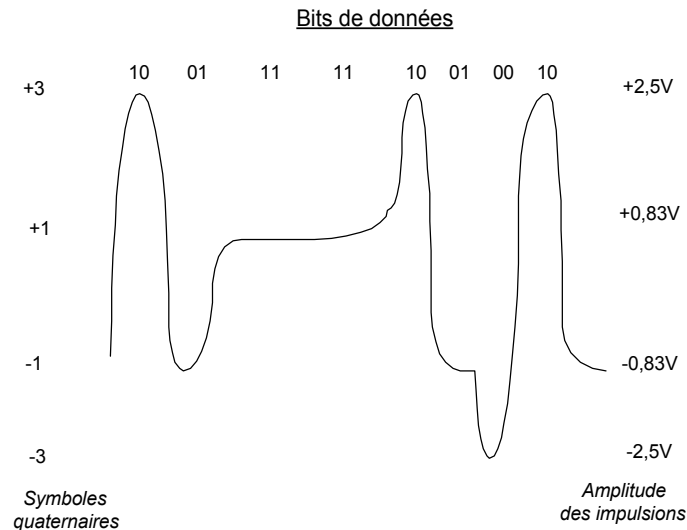


Fig III.1 Le code en ligne 2B1Q

**Figure 4-5 Le code en ligne 2B1Q**

Pour ce faire, on associe chaque dibit à un niveau particulier d'une impulsion pouvant prendre quatre niveaux électriques ; on sort alors de la logique binaire. On transcrit ainsi deux éléments binaires (2B) en un élément quaternaire (1Q) (voir exemple fig. 3-5). Le code en ligne 2B1Q fait correspondre à un groupe de deux éléments binaires un créneau de tension, dit symbole quaternaire, pouvant endosser quatre valeurs différentes. Dans l'exemple ci-dessus, la séquence binaire 1001111110010010 émise sera codée en ligne sous la forme des symboles quaternaires +3 -1 +1 +1 +3 -1 -3 +3 -1.

### ❖ CAP et DMT

Certaines technologie xDSL utilisent communément les techniques CAP (Carrierless Amplitude Phase) ou DMT (Discrete MultiTone). Toutes deux utilisent la modulation QAM (Quadrature Amplitude Modulation) mais diffèrent dans la manière de l'appliquer.

#### Modulation QAM

Soit  $m(t)$  le signal modulateur en bande de base représentant un signal de type numérique.

Soit une porteuse  $x(t) = A \cos(\omega c t + \theta c)$  (1) où

$A$  : amplitude de la porteuse

$\omega c$  : pulsation de la porteuse

$\theta_c$  : phase de la porteuse

correspondant à un signal haute fréquence vis à vis de la fréquence maximale à transmettre dans le spectre du signal numérique en bande de base. Une modulation numérique peut s'effectuer sur les trois paramètres de  $x(t)$ , une transcription sera faite entre la modulation numérique  $m(t)$  et la porteuse  $x(t)$ . Ainsi la modulation QAM va porter sur un décalage simultané de la phase  $\theta_c$  et de l'amplitude  $A$ . La transmission de la porteuse module numériquement par sauts de phase correspond, dans un même canal, de deux porteuses en quadrature dans le temps (c'est à dire déphasé de  $\pi/2$ ).

D'après (1),  $x(t) = A \cdot \cos \omega_c t \cdot \cos \theta_c - A \cdot \sin \omega_c t \cdot \sin \theta_c$

En posant  $a = \cos \theta_c$ ,  $b = \sin \theta_c$

Soit  $x(t) = a \cdot \cos \omega_c t - b \sin \omega_c t$  (2)

Le premier terme de  $x(t)$  correspond, dans un plan, à l'axe horizontale gradué en  $\cos \theta_c$  (noté aussi axe I signifiant en phase) et le deuxième terme à l'axe verticale gradué en  $\sin \theta_c$  (cet axe est noté Q signifiant en quadrature de phase). Dans la modulation QAM, deux porteuses liées aux I et Q, en quadrature dans le temps, sont modulées avec des coefficients pouvant prendre des valeurs autres que 0 ou  $\pm 1$ .

CAP : Carrierless AM/PM

(CAP : Carrierless Amplitude and Phase modulation)

Dans la modulation CAP, on génère une onde modulée qui transporte les paramètres amplitude et phase avec des états changeants que l'on sauvegarde en partie avant réassemblage. Cette variante du code en ligne QAM (modulation d'amplitude de deux porteuses en quadrature) est largement mis en œuvre sur les modems traditionnels et est adaptée aux premiers modems ADSL mis sur le marché, il permet d'offrir trois canaux : un, réservé à la voix (0-4kHz), deux autres à la transmission asymétriques des données.

Dans ce codage en ligne, la transmission s'effectue en bande de base transposée en fréquence, par le biais d'une modulation d'onde porteuse. Le codage CAP module une seule porteuse qui est supprimée avant la transmission, d'où le qualificatif *carrierless*, puis reconstruite par le modem récepteur. CAP s'apparente à la technique QAM appliquée sur les modems RTC. A l'image de ces équipements, ce codage autorise l'affectation d'un symbole à une séquence binaire de forte densité, avec des débits de 1,5 Mbit/s à 6 Mbit/s résultants.

DMT : Discret Multi Tone

Le codage DMT ( Discrete Multi Tone ) a été normalisé par l'ANSI, il divise chacun des spectres hauts débits en sous canaux (tonalité) espacés de 4,3 kHz. Chaque canal est modulé en phase et en amplitude (QAM) à 256 états (8 bits pour un moment élémentaire). Chaque canal constitue un symbole DMT. Ce code en ligne affecte donc jusqu'à 8 bits par symbole à une vitesse de modulation de 4 kBd/s. Le sens émission (ou canal ascendant) se voit octroyer vingt canaux, soit un débit total de  $20 \times 8 \text{ bits} \times 4 \text{ k symboles}$  égal à 640 kb/s. Le sens

réception (ou canal descendant) bénéficie de 256 canaux, soit un débit cumulé de  $256 \times 8\text{bits} \times 4\text{ k}$  symboles égal à 8,192 Mbit/s. En fonction des conditions des lignes, certains canaux peuvent être inhibés en fonction de la distance sur une boucle locale traditionnelle d'abonné (paire en cuivre de diamètre 0,4 mm).

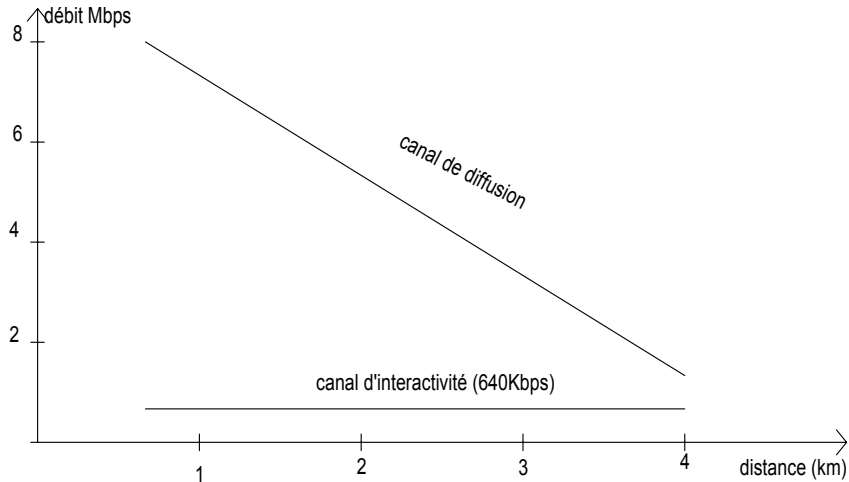


Fig. III.2 indique le débit théorique possible en fonction de la distance sur une boucle locale traditionnel d'abonné

**Figure 4-6 Indication du débit théorique possible en fonction de la distance sur une boucle locale traditionnelle d'abonné**

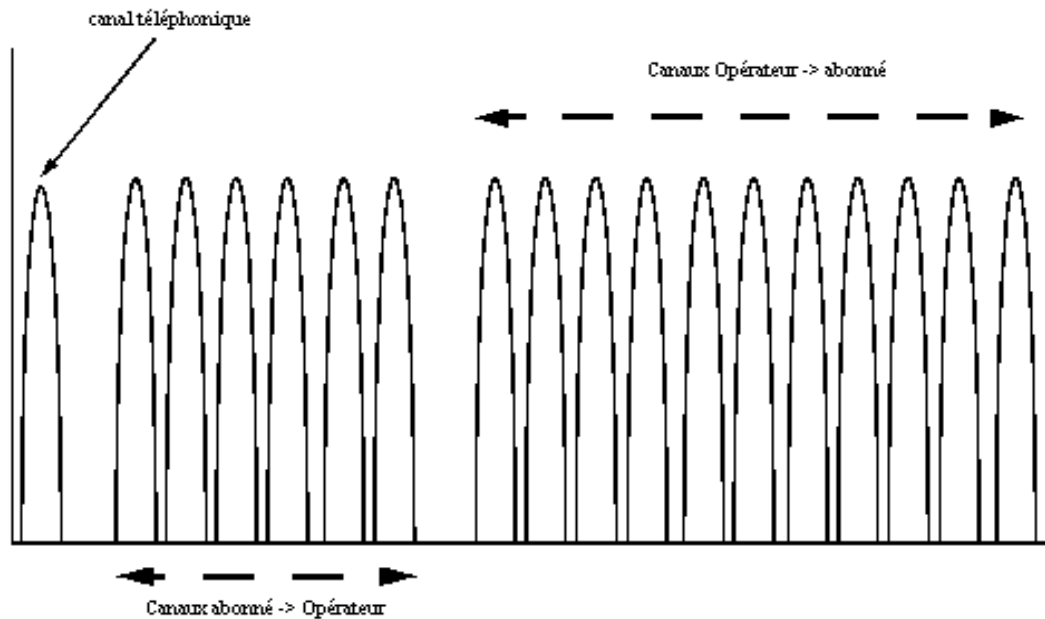


Figure 4-7 Codage DMT

La voix est transportée sur les quatre premiers kilohertz, ce qui libère le reste. Cependant l'amplification n'est pas la même pour toutes les fréquences, c'est pourquoi DMT divise en 256 portions les fréquences supérieures jusqu'à 1,1 MHz. Chacune de ces fréquences est une chaîne indépendante qui possède son propre flux, défini par le protocole appelant ( ex : ADSL). Les subdivisions n'interfèrent pas avec la zone utilisée par la voix grâce au splitter .

#### Comparaison CAP & DMT

Ainsi il existe deux approches principales pour la technologie ADSL, ceux qui incorporent la modulation discrète (DMT), et celles qui sont basées sur une technique plus ancienne, modulation d'amplitude/phase (CAP). DMT est un meilleur choix que la CAP en termes de :

- d'interopérabilité : les constructeurs multiples, y compris tous les constructeurs principaux de circuits intégrés de télécommunication, visent à développer les solutions inter opérables basées sur la norme DMT. En conséquence, la plupart des constructeurs sur le marché ADSL coopèrent aux questions d'interopérabilité.
- d'exécution : en dépit de la maturité de CAP, des essais impartiaux, tels que celui récemment conduit par Network Computing, ont prouvé que des modems de DMT pouvait être plus rapide, plus robuste et pouvaient couvrir de plus longues distances . CAP a une exécution plus faible pour des cadences équivalentes et des boucles.
- d'immunité au bruit : la meilleure technique de transmission est celle qui adapte son signal au canal. DMT surveille facilement le canal et adapte alors sa transmission aux caractéristiques de la ligne téléphonique, et met à jour en permanence ses caractéristiques. Pour chaque ligne, DMT transmet le meilleur signal. Les systèmes de CAP ne peuvent pas modifier l'émission et ainsi il doit essayer de défaire toute l'atténuation. Ceci rend des systèmes de CAP moins tolérants , et donc, moins robustes. Un autre défi que les systèmes de transmissions doivent surmonter est le bruit. Puisqu'un symbole de DMT est beaucoup

plus long que celui d'un CAP, un parasite aura moins d'impact, rendant la technique de DMT plus robuste.

DMT a été adopté comme norme par le American National Standards Institute (norme ANSI), l'institut européen de normes de télécommunications (ETSI) et l'union de télécommunications internationale (ITU). En conséquence, tous les constructeurs dans le marché d'ADSL, développent la technologie de DMT.

DWMT : Le Wavelet Discret Multi Tone

DWMT est en cours de développement pour des produits symétriques à haut débits. Les gains de DWMT sont de 45 dB au-dessous du lobe principal tandis que les gains d'FDM et de DMT sont seulement 13 dB en baisse. Ainsi une puissance de sous-canal de DWMT de 99,997% réside dans le lobe principal tandis que seulement environ 91% de la puissance de FDM et de DMT de sous-canal réside dans le lobe principal.

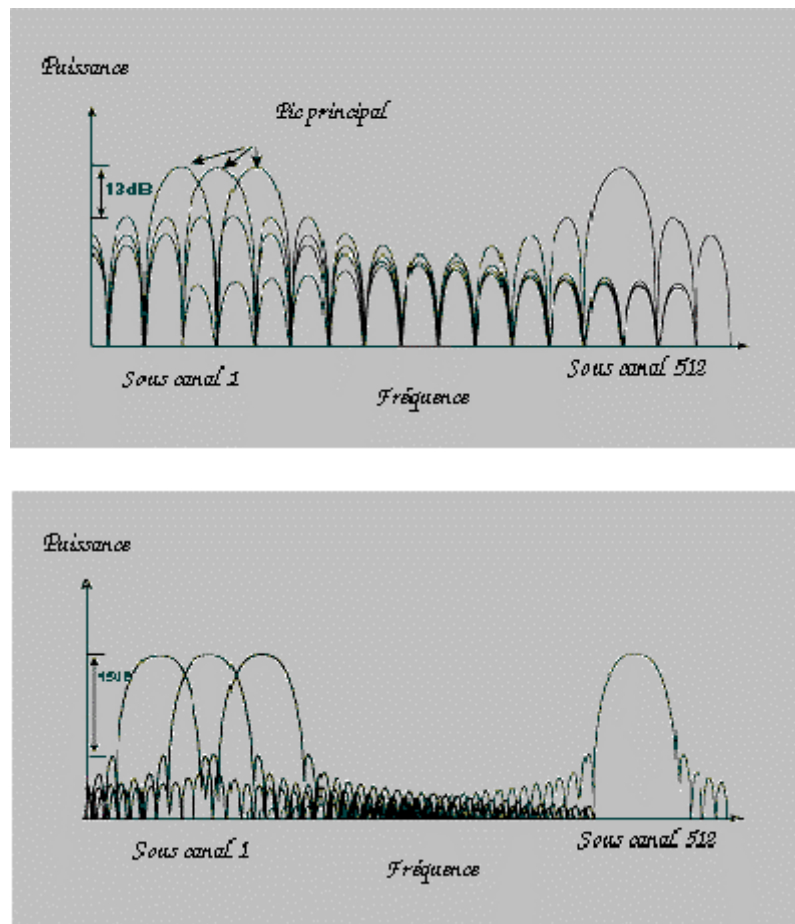


Figure 4-8 Codage DWMT

L'isolement spectral supérieur de DWMT fournit les avantages suivants:

- DWMT a moins de temps système de transmission que FDM et DMT. Il n'y a plus de temps détruit entre les symboles ou l'égalisation coûteuse de tranches de temps.
- DWMT peut mettre à jour le débit supérieur dans les environnements de bruit à bande étroite typiques de l'ADSL.

## 5. LA TECHNOLOGIE ADSL

### 5.1. Spécificité de la technologie ADSL

Dans ce chapitre, une présentation exhaustive de la technologie ADSL sera faite dans la mesure où de nombreuses applications ont été développées sur ce segment du marché très concurrentiel. De plus parmi les technologies xDSL, ADSL se prête davantage à la comparaison des modems analogiques classiques dont les derniers en date respectent la norme V.90.

Comme nous l'avons déjà vu, l'ADSL utilise des spectres de fréquences différentes pour séparer le canal de diffusion du canal d'interaction ( FDM Frequency Division Multiplexing ). Ce procédé, plus simple que les techniques d'annulation d'échos, autorise la préservation du canal téléphonique.

Par exemple, l'utilisation de la boucle locale pour la diffusion d'une image vidéo nécessite la mise en œuvre de techniques spécifiques (DSL). L'architecture d'un tel système dans le cas d'un lien ADSL est représentée par la fig. 4.1.

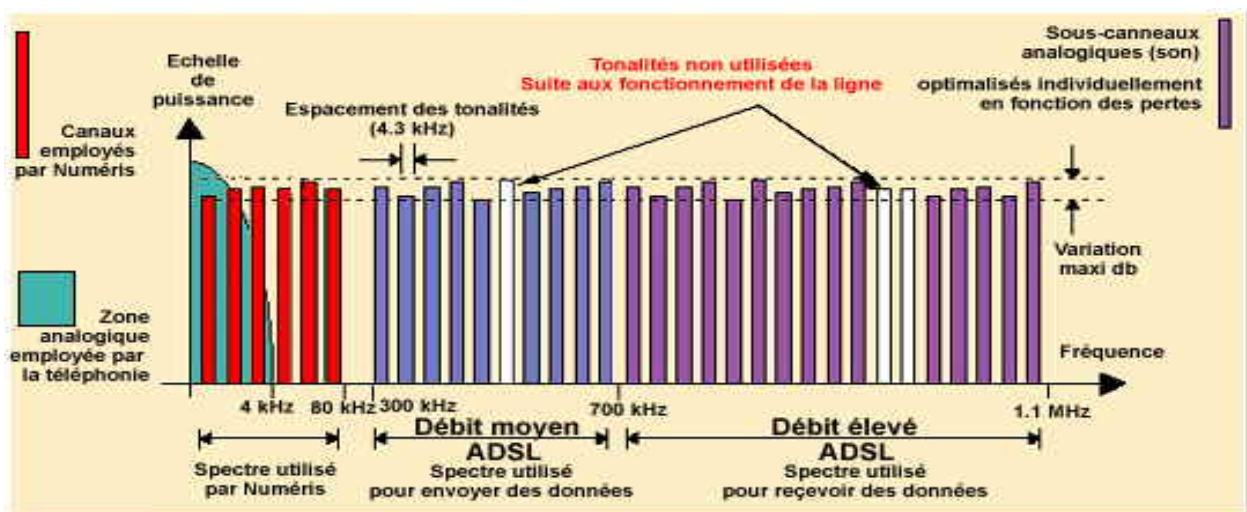


Figure 5-1 Spectre de fréquence spécifique à la technologie ADSL

Le spectre de fréquences ADSL héberge trois canaux : un canal de diffusion haut débit dans le sens réseau-abonné pour recevoir des données (débit de plusieurs Mbit/s), un autre canal de diffusion dans le sens abonné-réseau pour émettre, qui ne demande pas un débit important : par exemple 640 kbit/s pour interagir sur cette diffusion et transmettre des



données de la part de l'utilisateur, et un canal réservé à une communication téléphonique classique.

La base du système est constitué d'un multiplexeur d'accès ADSL qui multiplexe les flux voix provenant des réseaux de commutation de circuit et le flux vidéo en provenance du réseau haut débit. Chez l'utilisateur, une terminaison numérique ADSL achemine le flux voix vers le poste téléphonique et le flux vidéo vers le récepteur de télévision

Les modems effectuent un traitement spécifique du signal pour réduire l'influence du bruit et supprimer les échos parasites. Ces techniques permettant d'atteindre un débit de plusieurs Mbits/s sur une distance de quelques kilomètres.

## 5.2. ADSL Lite, une alternative au modem RTC traditionnel

L'UIT est en voie de normaliser le standard G.992.2 . Sous cette dénomination se cache une version allégée de l'ADSL, surtout destinée aux accès rapides à Internet. Elle fonctionne à des débits inférieurs à ceux de son aîné (lesquels sont toutefois 25 plus élevé que ceux des modems V.90) Cette version allégée est moins complexe à mettre en œuvre, elle ne requiert plus théoriquement la présence d'un filtre prise double (splitter) sur l'arrivée téléphonique de l'abonné. Les modems intégrant cette version allégée pourront par conséquent s'installer comme n'importe quel modem analogique Plug and Play. Les débits de l'ADSL Lite sont sur le canal descendant de 1,5 Mbit/s et de 512 kbit/s sur le canal montant, il nécessite pas de splitter du côté de l'abonné.

## 5.3. Comparaison des performances à celles des modems existants (V.90)

Une comparaison n'est ici pertinente que si l'on s'intéresse à deux produits visant un marché concurrentiel. Les modems développés par la technologie x2 par 3Com, ou K56flex par Rockwell respecte la norme V.90 définie selon l'IUT-T, permettant un transfert de données maximal de 56 kbit/s dans le sens réseau/abonné et moins dans le sens inverse. La technologie ADSL est particulièrement bien adaptée sur ce segment de marché. Les modems ADSL pourront transporter des données de tailles importantes contenant aussi bien de la vidéo, du son etc. De part son asymétrie, cette technologie permet des débits adaptés à la charge de travail demandée, soit un débit de 8Mbit/s dans le sens réseau/abonné et de 640 kbit/s dans le sens inverse. De plus elle dispose d'un canal pour les communications téléphoniques dans une bande passante de 4kHz tout à fait adaptée à cet usage. Ainsi l'utilisateur peut se connecter à Internet et recevoir un appel sur sa propre ligne téléphonique.

Un modem classique respectant la norme V.90 se trouve donc pénalisé par un débit restreint (au maximum 56 kbit/s et encore si le fournisseur d'accès est doté d'une infrastructure supportant le débit théorique maximal de ces modems) ce qui se traduit par des connexions plus coûteuses aussi bien pour le particulier que pour les PME/PMI, car le coût est proportionnel à la durée de connexion. La qualité de transmission n'est pas aussi confortable que celui-ci des modems ADSL (des composants analogiques équipent encore des modems classiques tandis que l'on vise le tout numérique pour les modems ADSL). Ce dernier met en place des techniques numériques et de correction d'erreurs de plus en plus élaborées permettant des performances optimales avec une qualité bien supérieure. Même si le coût d'un modem ADSL à l'achat reste pour l'instant élevé par rapport à un modem classique, l'infrastructure à mettre en place pour les modems ADSL commence à peine de démarrer en France. Au vu des résultats, il est certain que ces super modems vont diminuer la facture de



l'utilisateur et surtout il va permettre un service de bien meilleure qualité. La fabrication de ces super modems en vue d'une consommation de masse va permettre une diminution du prix de revient unitaire.

Cependant l'ADSL rencontre deux problèmes. D'une part, des perturbations sont engendrées par la ligne de cuivre, d'autre part la vitesse du procédé décroît avec la distance: la vitesse est de 8 Mbit/s sur une ligne de moins de deux kilomètres, elle passe à 1 Mbits/s sur une ligne de cinq à six kilomètres. Les performances des systèmes dépendent du profil et de l'état de la ligne de cuivre. Celle-ci n'étant pas constituée d'un seul câble continu, mais de plusieurs tronçons reliés entre eux, c'est au moment du passage à ce point de jonction que le signal transmis peut se dégrader et réduire la vitesse de transmission. En prime, deux lignes téléphoniques installées trop proches l'une de l'autre ont tendance à se parasiter. Avant de déployer les modems ADSL, les opérateurs doivent donc tester la qualité de leur réseau afin d'évaluer les caractéristiques exactes des lignes d'abonnés et, éventuellement, de corriger les erreurs rencontrées. Reste que tous ces problèmes sont en passe d'être résolus : la quasi-totalité des opérateurs a en effet lancé des expérimentations afin de tester la viabilité économique des services et de résoudre les problèmes techniques qui subsistent.

Les « inconvénients » des modems ADSL, si l'on peut dire, proviennent également des délais nécessaires inhérents à la mise en place d'une nouvelle technologie. Ainsi les modems ADSL capables de ces prouesses (actuellement produits par Alcatel-Bell , Orckit , Amati , Ericsson , Motorola...) tardent à apparaître dans les rayons des magasins. Le responsable : le prix des équipements. Les deux modems ADSL nécessaires par liaison (un à chaque extrémité) reviennent environ à 12500 FF. Une facture qui handicape le développement de masse.

#### 5.4. Les raisons d'investir dans l'ADSL

L'ADSL fournit un accès très rapide à l'Internet et aux réseaux locaux à distance : 100 fois plus vite qu'un modem 56 kbit/s (à la norme V.90). L'ADSL permet de faire du temps réel, du multimédia interactif et de la diffusion de vidéo de qualité « broadcast » pour des services tels que la vidéoconférence, la diffusion à la volée de clips sonores et vidéo sur Internet, l'accès aux services de vidéo à la demande ou de formation à distance. L'ADSL donne accès simultanément au vocal et aux données, et il n'est plus nécessaire de dédier la ligne de l'abonné à l'un de ces services. Sur les modems classiques, la connexion à Internet privait l'utilisateur de la ligne téléphonique par exemple.

L'ADSL est une liaison privée et sécurisée, l'utilisateur n'étant plus « commuté » pour aller de son installation à son destinataire. Il est également une liaison permanente, « always on line », qui ne nécessite plus de composer un numéro et d'attendre la connexion.

L'ADSL en un clin d'œil :

Type de spécification	Valeur de la spécification
Débit	« 640 kbit/s de l'abonné vers le réseau » ; 6 à 8Mbit/s du réseau vers l'abonné
Modulation	CAP et DMT (DMT est en passe de s'imposer)
Distance maximale	4 km sur des paires en cuivre de type 24G

ADSL une technologie adaptée au multimédia :

Applications	Débits requis
Accès à distance	14,4 kbit/s à 6Mbps
Internet	500 kbit/s à 1,5 Mbit/s
Vidéoconférence sur PC	128 kbit/s à 1,5 Mbit/s
Vidéo à la demande	3Mbps à 6Mbps
Jeux vidéo interactifs	128 kbit/s à 6 Mbit/s

Comparatif de vitesse de téléchargement par type de technologie :

Type de connexion	Temps de téléchargement
6 Mbit/s ADSL	10 secondes
1,5 Mbit/s	40 secondes
1 Mbit/s câble	1 minute
128 kbit/s RNIS	7 minutes
Modem 56 kbit/s	18 minutes

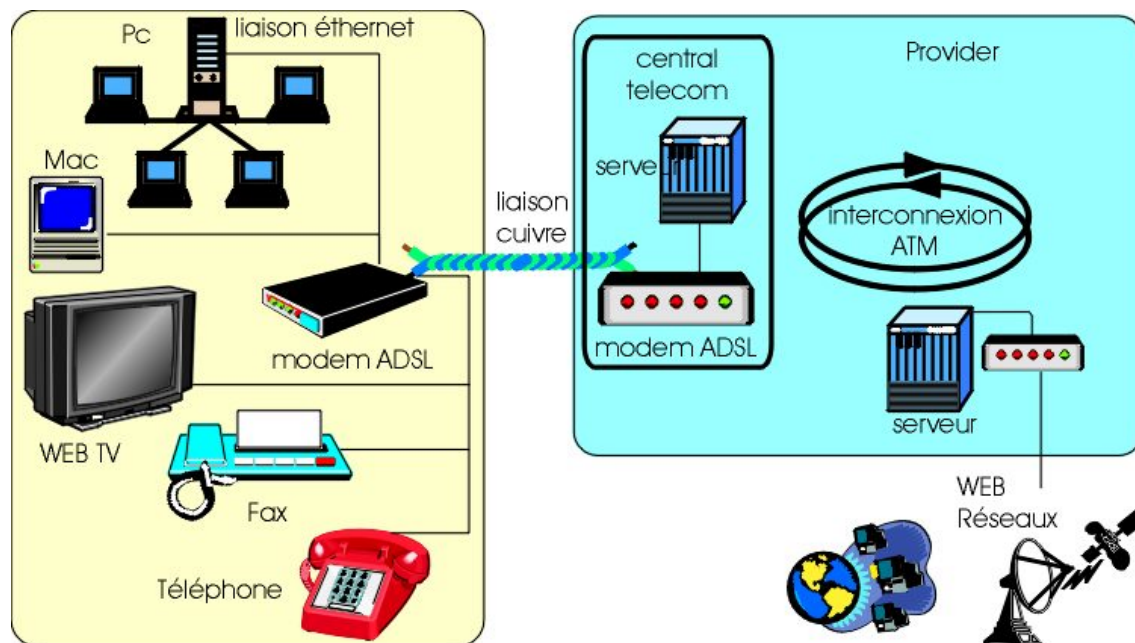


Figure 5-2 Présentation d'une structure utilisant l'ADSL

## 6. LA TECHNOLOGIE HDSL

### 6.1. Nature des liaisons HDSL

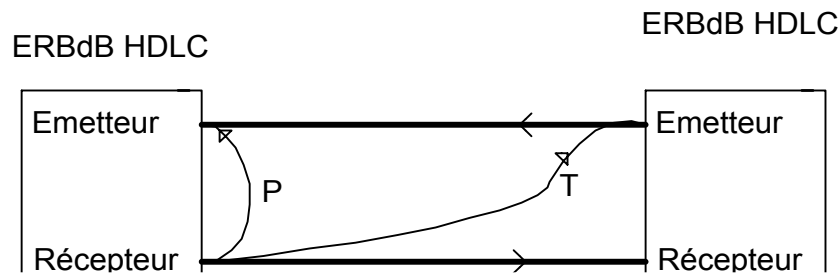
Vers la fin des années 80, les RBOC's (Regional Bell Operating Companies) croulaient sous la demande de liaisons louées à 1,5 Mbit/s qui correspondaient à l'identification T1 aux Etats-Unis. Un tel débit impliquait le déploiement dans le réseau de distribution de nouveaux câbles coaxiaux ou de paires téléphoniques de plus faible diamètre. Les laboratoires Bellcore ont travaillé sur le code en ligne 2B1Q utilisé avec succès sur les accès à base de RNIS. De par sa paternité RNIS qui disposait de composants produits en volume industriel prêt à être embarqués sur des adaptateurs HDSL, ce codage en ligne s'est imposé comme étant le standard sur la technologie HDSL. Le principal défaut de ce codage en ligne dénoncé par ses détracteurs, à savoir un espace fréquentiel peu optimisé (vis à vis des autres modulations comme CAP ou DMT), constitua son premier atout lors de la mise en œuvre sur le terrain. En effet, le faible encombrement spectral du code 2B1Q constitue la meilleure parade contre l'atténuation induite par les paires torsadées du réseau de distribution. Sur ce champ filaire, ce souci reste de taille, puisque cette perturbation apparaît inversement proportionnelle au diamètre du câble. Les opérateurs ont préféré poser des câbles de faibles diamètres (0,4 à 0,6 mm) pour des raisons économiques, mais aussi pour des gains d'espace. Cette catégorie suffisait amplement à la transmission analogique de la voix dans une bande étroite de 300 à 3400Hz.

En revanche, la résistivité du câble existant devenait l'entrave principale à la transmission des signaux à hautes fréquences. Celle-ci va intervenir lorsque la fréquence de travail sera beaucoup plus importante. Si le profil bas du codage 2B1Q minimisait tacitement les effets de l'atténuation, le signal n'en reste pas moins soumis aux interférences inter symboles. Ce phénomène caractérise le brouillage des valeurs d'amplitude et de phase entre symboles voisins.

Pour s'y retrouver à la réception, l'ERBdB (émetteur-récepteur bande de base) HDSL intègre un égaliseur qui compense la distorsion d'amplitude et de phase induite par la ligne, grâce à un filtre dont les caractéristiques varient continuellement en fonction de l'état de celle-ci. Cet égaliseur auto-adaptatif s'enquiert tout d'abord des caractéristiques de la ligne en examinant une séquence du signal. Une fois ces informations recueillies, un DSP réajuste en permanence le filtre du circuit de réception. L'égaliseur sert également à purifier le signal des autres bruits contigus. Pour opérer cette correction avec une faible marge d'erreur, l'égaliseur nécessite des séquences émises et reçues suffisamment différentes pour être distinguées par le récepteur. Cette condition s'impose également pour « l'annuleur » d'écho. Un élément tiers, appelé brouilleur, entre en jeu dans l'ERBdB HDSL, afin d'engendrer des séquences pseudo-aléatoires, permettant d'assurer l'indépendance des signaux émis et reçus. Outre le codage 2B1Q, la technologie HDSL optimise le rendement des deux fils en cuivre de chaque paire torsadée par une transmission bidirectionnelle simultanée. Cependant la paradiaphonie est en revanche inévitable en transmission *full duplex* sur deux fils. L'émetteur HDSL engendre un écho, qui perturbe le signal reçu dans le sens opposé. Pour s'affranchir de ce parasite, l'ERBdB HDSL s'en remet au DSP. Ce dernier calcule en temps réel l'écho théorique produit par le signal émis. Puis le résultat de cette modélisation est traité par un filtre adaptatif afin d'émuler l'écho aussi précisément que possible. L'écho recréé est alors soustrait du signal reçu qui, une fois débarrassé de ce parasite, peut être relayé vers l'unité de réception. Outre cette inhibition locale, ce DSP doit également supprimer les réflexions éventuelles du signal émis sur un point éloigné de la ligne. Cet écho d'origine distant appelé télédiaphonie provient entre autres d'une mauvaise adaptation d'impédance de la ligne, engendrée par la

juxtaposition de fils de différents calibres entre l'abonné et le central, ou par le raccordement de tronçons filaires imposés par la géographie du terrain.

Figure 6-1 La paradiaphonie et la télédiaphonie sur une paire torsadée



P: paradiaphonie T: télédiaphonie

Fig.V.1 la paradiaphonie et la télédiaphonie sur une paire torsadée

## 6.2. Principe mis en jeu dans les liaisons HDSL

Les modems HDSL sont des modems auto-adaptatifs. Avant tout envoi de données, le système HDSL entre dans une phase d'initialisation où les caractéristiques de la ligne sont mesurées. A partir du signal émis, l'annulateur d'écho peut estimer à tout moment les différents échos créés par la boucle d'abonnés (échos générés par les couplages entre ligne dits « paradiaphonie », par l'autre extrémités de la ligne et par l'hétérogénéité du réseau). En effet, dès qu'il y a désadaptation d'impédance, par exemple lors de la traversée de conducteurs de diamètres différents, on voit apparaître un coefficient de réflexion  $\Gamma$ , dont l'expression est donnée par :

$$\Gamma = \frac{Z_L - Z_C}{Z_L + Z_C}$$

où  $Z_L$  est l'impédance de l'obstacle donnant lieu à la réflexion et  $Z_C$  est l'impédance caractéristique de la ligne. Cette expression est valable quelle que soit la nature du signal qui transite dans la ligne, qu'il soit sinusoïdale (signal analogique téléphonique) ou impulsionnel (signal numérique exprimé par des bits ayant l'allure d'impulsions rectangulaires). Le système HDSL soustrait les échos calculés du signal effectivement reçu. Cette technique d'annulation d'échos permet le duplex intégral (même bande passante pour les canaux montants et descendants).

Toujours à partir du signal émis en phase d'initialisation, le système HDSL met en place une technique d'égalisation adaptative. Cette égalisation a pour rôle de lutter contre l'interférence inter symbole qui résulte des distorsions de phase et d'amplitude ( les différentes composantes fréquentielles du signal subissant des retards et des atténuations différentes). Enfin, le système HDSL compense les variations du niveau de bruits, par prédiction, en fonction d'échantillons de bruit précédents.

### 6.3. Applications des systèmes HDSL

La technologie HDSL est adaptée aux transferts full duplex de données et à la visiophonie de très bonne qualité. La notion de transfert full duplex suppose la possibilité de transmettre en même temps dans les deux sens et avec des plafonds de débits équivalents. (elle s'oppose donc à la notion d'alternat). Ces liaisons conviennent pour des transmissions symétriques, comme les accès LAN, qui demandent des protocoles symétriques.

## 7. INTERET POUR L'UTILISATEUR FINAL ET EXEMPLES D'APPLICATIONS

Les ressources dites multimédias accessibles « en ligne » sur les différents réseaux, et plus particulièrement sur Internet, ne peuvent encore convenir à un usager pour lequel le référent audiovisuel est la télévision. En bref, le multimédia en ligne, cela ressemble plutôt à des images de mauvaise qualité faiblement animées qu'à de la télévision. Il est vrai que toutes ces ressources multimédias sont dévoreuses de mégabits et les réseaux de télécommunication ne sont pas suffisamment dimensionnés pour les véhiculer, sauf depuis l'avènement de nouvelles technologies dont xDSL fait partie. La problématique du multimédia en ligne est aujourd'hui indissociable du phénomène Internet car ce dernier est en train de phagocyter la plupart des réseaux offrant des ressources ou de les rallier à ses standards. L'une des conséquences est que le réseau des réseaux est en grand danger d'engorgement.

Or, analyser ces conditions d'accès impose d'évoquer le problème des ressources et de leur poids respectif en terme de volume d'information. La compréhension de l'enjeu du haut débit passe d'abord par la bonne maîtrise de quelques données clés. Une page d'accueil d'un site Web représente en moyenne 64 kbits, une photo déjà compressée comportant 256 couleurs et occupant la totalité de l'écran représente environ 640 kbits et une seconde de vidéo de qualité télévision numérique comparable aux images (déjà compressée) diffusées par Canal Satellite ou TPS représente 4 Mbits. Il est donc aisé de comprendre, à la lecture de ces quelques chiffres, que les contraintes liées à la diffusion de véritable multimédia en matière de bande passante sont importantes et que la qualité de consultation est intimement liée au débit des artères qui seront utilisées. Or, il n'est pas besoin aujourd'hui de faire le constat de l'insuffisance des débits des accès offerts (RTC et RNIS) aux établissements pour consulter des services réellement multimédias.

Les technologies xDSL répondent parfaitement aux besoins des utilisateurs. Comme on a pu le voir, elles offrent des débits très importants aussi bien ascendants que descendants, ce qui permet le transfert de tout type de données dont la vidéo dévoreuse de mégabits. Elles permettent également, dans le cas de l'ADSL et du VDSL, de conserver un canal de transmission pour le téléphonie analogique. On peut donc téléphoner tout en surfant sur Internet. De plus, les données étant transférées sous forme numérique, les technologies xDSL assure une grande qualité et diversité de services. En outre, ces technologies reposant sur les structures existantes, les lignes téléphoniques, elles permettent un accès aux réseaux pour un coût faible. Ces quatre points (forts débits, conservation du canal téléphonique, qualité des transmissions, faible coût) vont dans l'intérêt de l'utilisateur. xDSL désengorge le réseau Internet et permet à ses usagers d'accéder enfin, de manière réaliste, à de véritables services multimédias et autres, et ceci en quasi temps réel.

De multiples services, de nouvelles applications sont désormais accessibles aux usagers (avant l'utilisation des technologies xDSL, ils étaient souvent difficilement concevables) :

- La vidéo à la demande (VOD) permet d'accéder à tout programme vidéo qui vous intéresse et ceci à n'importe quel moment. La VOD permet par exemple de regarder les extraits d'un film récent, avant de se décider d'aller le voir au cinéma.
- Les technologies xDSL permettent de jouer en réseau, les jeux étant accessibles depuis un serveur.
- xDSL favorise le développement du commerce en ligne. Regarder un spot du lieu de ses prochaines vacances, écouter des extraits de musiques de qualité CD ou regarder des vidéos de qualité MPEG2 permet d'attirer le futur acheteur de le faire décider.
- La vidéo conférence avec une grande qualité d'images, améliore les communications.
- xDSL permet le vrai télétravail. L'employé travaille de chez lui, sur un réseau LAN virtuel avec d'autres télétravailleurs et ceci avec tous les avantages d'un réseau local : accès à un serveur d'applications, partage de fichiers... De plus, xDSL permet d'interconnecter des réseaux LAN entre eux. Des universités, des laboratoires peuvent ainsi relier leurs réseaux LAN locaux entre eux de manière transparente.
- Télé médecine : un service client/serveur permet d'accéder à une base de données sur les patients, les diagnostics, les données graphiques produites par rayons X... Les docteurs peuvent apporter de meilleurs soins à leurs patients en travaillant en collaboration avec d'autres docteurs. Le dossier médical d'un patient peut être transféré à un spécialiste pour consultation. En cas d'urgence, un hôpital peut retrouver l'historique médical du patient.

## 8. XDSL FACE A LA SOLUTION ATM

### 8.1. Rappel sur ATM

ATM est la contraction d'Asynchronous Transfer Mode : mode de transfert asynchrone. Le terme asynchrone qualifie le mode de transfert des informations par opposition au RTC (Réseau Téléphonique Commuté) ou RNIS (Réseau Numérique à intégration de Services) qui sont des réseaux synchrones. En d'autres termes, cela signifie que dans un réseau ATM, la source et la destination ne sont pas synchronisées.

Concrètement, cela implique qu'en l'absence de trafic, il n'y a pas de données de synchronisation qui sont véhiculées sur le réseau. Cette technologie permet le transport et l'échange de données générées par des applications multimédia ou d'équipement tels que le téléphone, les ordinateurs, les caméras vidéo, etc. ATM est une technologie LAN, MAN, WAN.

Les caractéristiques d'ATM sont :

- technologie de commutation basée sur des cellules
- cellules de 53 octets (48 octets de données et 5 octets d'en-tête) : compromis entre 32 octets (européens) et 64 octets (américains)
- aucun contrôle d'erreurs mis à part un contrôle rudimentaire sur l'en-tête
- technologie orientée connexion (comme RNIS, Transpac) opposé à Ethernet et Token Ring qui eux ne sont pas orientés connexion
- permet de faire le lien entre un réseau orienté et non orienté connexion en utilisant certains mécanismes



- prise en compte de la qualité de service au niveau des négociations (notion de contrat entre l'utilisateur et le réseau visant à obtenir une certaine qualité de service).

Les intérêts d'ATM sont :

- technologie pour voix-données-images (négociation de QoS, Quality of Service)
- support d'une large gamme de débits ( du Mbit/s au Gbit/s)
- technologie sans limite géographique (LAN, MAN, WAN)
- processus de normalisation unique (ATM Forum)
- bande minimale garantie à chaque connexion
- ATM supporte différentes qualités de services aptes à satisfaire au mieux les besoins du trafic d'application de toute nature (notion de multiservice et multimédia).
- le multiplexage statistique d'ATM permet un partage optimal de la bande passante qui est alloué à la demande
- la tarification de l'usage d'une infrastructure ATM peut être basée sur le trafic effectif
- La notion de connexion virtuelle permet d'assurer une certaine qualité de service de bout en bout.

Technologie en mode connecté, les données ne sont acheminées dans le réseau qu'après établissement d'une voie virtuelle (VCC Virtual Channel Connection), ce circuit peut être établi de façon soit bidirectionnel (un mode point à point (unicast)) soit unidirectionnel (un mode point à multipoint)

Il existe deux types de circuits virtuels : l'un permanent, l'autre commuté :

les PVC (Permanent Virtual Circuit) sont établis pour des connexions de longue durée par l'administrateur du réseau ( procédure non normalisée). Les paramètres de la connexion sont déterminées lors de l'établissement de celle-ci selon les caractéristiques du contrat de service souscrit.

les SVC (Switched Virtual Circuit) sont établis à la demande (appel par appel) et sont libérés explicitement après utilisation. La qualité du service est négocié à chaque connexion, ce dernier SVC est toujours bidirectionnel.

Bien que ce soit une technologie orientée connexion, l'ATM peut toutefois émuler un mode de fonctionnement non connecté.

Inconvénients d'ATM :

le temps d'établissement d'une connexion (SVC) peut être prohibitif pour un flux de donnée de faible volume (notion de durée).

les applications doivent connaître à l'avance leur besoin en qualité de service.

ATM ne supporte pas les connexions multicast à multicast.

très peu d'applications peuvent s'exécuter directement sur ATM et tirer pleinement parti de ses potentialités; les API ATM commencent seulement à émerger, de plus les applications TCP/IP doivent être modifier pour pouvoir tourner sur ATM et exploiter judicieusement les ressources.

ATM n'intègre pas les services de sécurités, ceux-ci devant être assurés par les applications.

la taille de l'en-tête est importante vis-à-vis de la charge utile (overhead d'environ 20 %), une cellule ATM se compose d'un en-tête de 5 octets et d'une charge utile de 48 octets

## 8.2. Multi-services et ATM

### ❖ DSL dédié au transport de services

Les technologies xDSL apparaissent comme un très bon moyen pour permettre un accès rapide et peu coûteux depuis le foyer des abonnés ou bureaux de travail jusqu'aux services réseaux très hauts débits. Les technologies de transmission xDSL agissent depuis 64 kb/s jusqu'à plusieurs mégabits. Ce qui facilite entre autre la communication sur Internet.

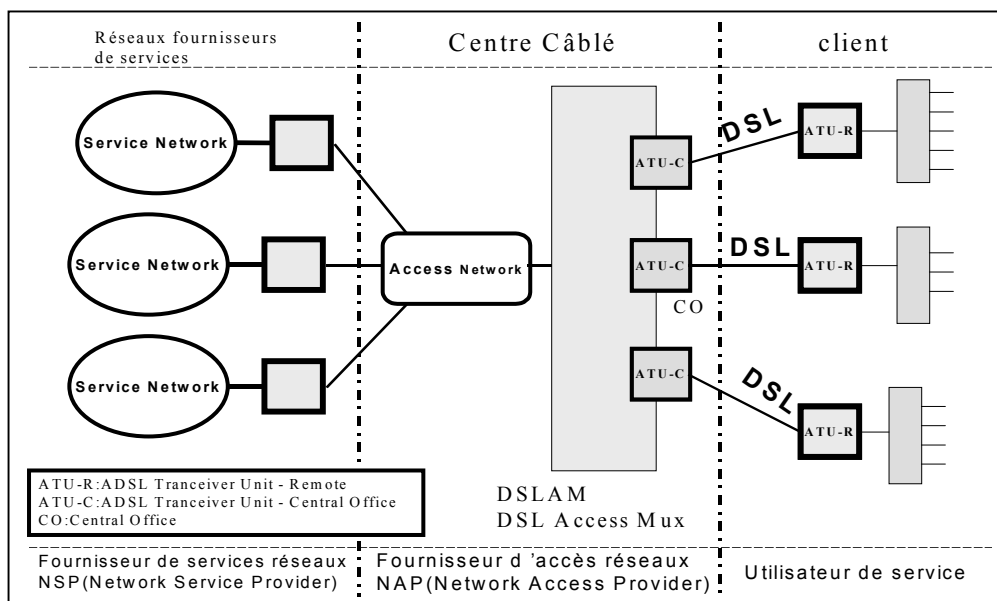
Mais de nouveaux déploiements de services pour des accès très rapides à Internet ou des accès LAN induisent de nouvelles confrontations pour les fournisseurs de services. Pour l'expliquer, nous devons tout d'abord considérer la façon dont laquelle un réseau point à point est organisé, quels protocoles et technologies doivent être utilisés pour fournir un service faible coût avec de bonnes performances. Plusieurs services s'offrent donc à l'utilisateur : une nécessité d'adapter le service à la demande s'impose.

Les différents services qui s'offrent à l'abonné sont principalement:

- architecture IP/LAN tels que les accès Internet ou réseaux locaux (LAN) à distance.
- architecture Frame Relay
- architecture Nx64kb/s
- architecture ATM

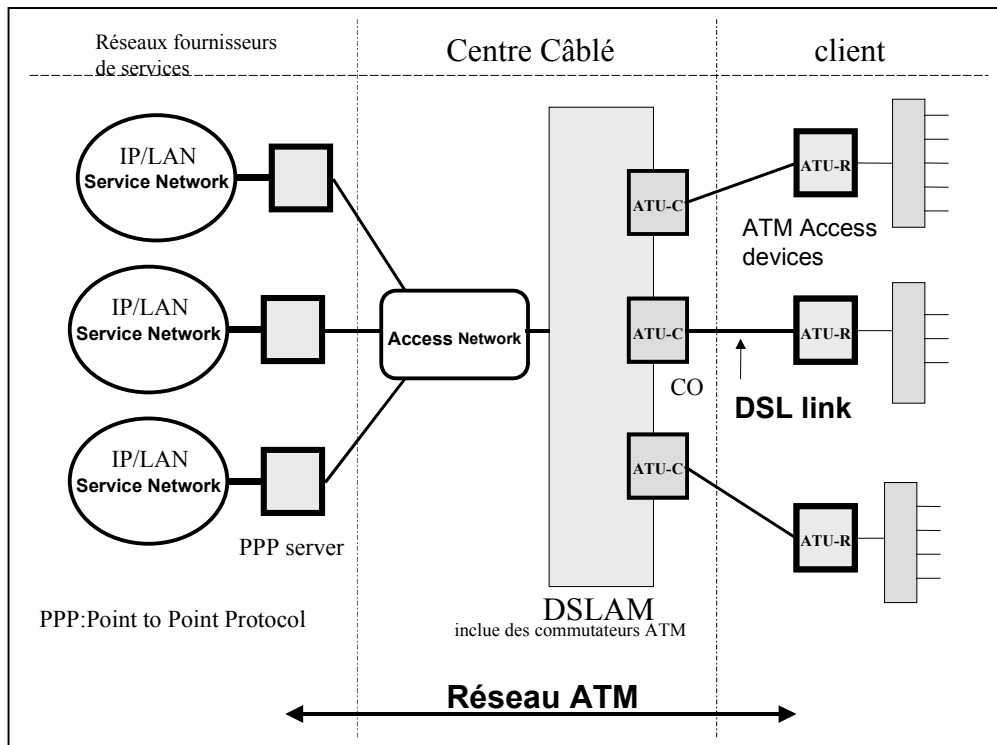
Chacun des services existants aujourd'hui sont susceptibles de fournir de bien meilleures performances grâce aux technologies xDSL. Les technologies xDSL offrent un moyen technologique simple, qui facilite des prix attractifs et de hautes performances, à la fois pour les services existants mais aussi pour de nouveaux services offerts à l'abonné.

Nous verrons comment cette infrastructure permet l'accès aux différents réseaux pour délivrer cette multitude de services. Nous insisterons plus particulièrement sur les services ATM, qui grâce aux technologies d'accès xDSL se verront être déployés plus facilement jusque chez l'abonné.





❖ Fournir des services ATM grâce aux technologies xDSL



Basé sur la structure précédemment étudiée, le transport de service ATM semble être l'un des plus convoités.

On peut noter les avantages de cette architecture :

Une structure niveau 2 (ATM) est utilisée dans le réseau d'accès, supprimant le besoin de routeurs. Cette structure peut servir de support à de futures applications multimédia basées sur ATM, tel que le MPEG vidéo. ATM promet d'être un véritable support de qualité du service. Les mécanismes d'authentification et de sécurité sont bien connus avec l'utilisation du protocole point à point.

Néanmoins il en ressort quelques inconvénients :

PPP a été conçu pour supporter une liaison entre une simple station de travail et un réseau à connexion automatique.

L'utilisation de PPP pour connecter un LAN (ou bien même une simple station de travail connectée à Ethernet) au réseau principal devient problématique.

Les protocoles mentionnés (PPP adapté à la couche niveau 5) n'en sont qu'aux prémices de leur développement.

PPP nécessite une puissance CPU élevée.

Un circuit virtuel d'accès permanent est nécessaire.

## ❖ Le Multi service

Les services IP/LAN, Frame Relay et ATM sont fournis en utilisant le même DSLAM. Un réseau d'accès ATM interconnecte l'utilisateur aux différents services en regard du type de service qui peut être fourni par le fournisseur de services.

Le nombre grandissant de services permet de multiplier les champs d'applications de l'abonné. C'est pourquoi, avec les technologies xDSL le fournisseur de services se trouve maintenant confronté à un nouveau problème, à savoir bien adapter l'offre de services à la demande.

### 8.3. ATM : ce qui nous intéresse pour l'ADSL

Contrairement à Ethernet, ATM possède un support de qualité de services pour les transferts de voix, vidéo et données. De plus, comme nous l'avons déjà vu, ATM est implantable sur les réseaux WAN et LAN.

Des offres de raccordement des abonnés pour des applications de vidéo à la demande (VOD) se développent grâce à la technologie ADSL. Cette dernière, étant une liaison PPP (de point à point), permet le déploiement d'ATM jusque chez l'abonné. Et contrairement au câble qui exige un partage de l'accès occasionnant en période de pointe un ralentissement de la transmission, l'ADSL est lui un accès dédié à chaque utilisateur.

Cette technique de commutation associée au B-ISDN (B pour broadband) nous permet de connecter des services à débits importants de données, téléphone, vidéo, vidéoconférence, ce à des vitesses de 155 Mbit/s, 622 Mbit/s et 2.4 Gbit/s et par conséquent, un moyen de transmettre et d'aiguiller à ces vitesses. Associé à une ligne ADSL pouvant aller à 2Mbps, 8 et plus prochainement, on est bien loin des 64 kb/s, ou même des 128 kb/s de Numéris qui est proposé aujourd'hui comme étant une panacée.

## 9. CONCLUSION

Même si la technologie xDSL est souvent une bonne solution à un tarif très intéressant, elle n'offre malheureusement pas toujours une liaison d'une qualité irréprochable. En effet, une ligne en xDSL est par définition constituée d'une ou deux paires de fils de cuivre; elle est donc influencée par des éléments externes et par la longueur et la résistance ohmique de la liaison considérée. Sa qualité peut varier dans le temps. C'est pourquoi il est recommandé de conserver en parallèle une liaison classique, comme une ligne ISDN. Malgré cette limitation, on s'attend dans les années à venir à un impact significatif des technologies xDSL, intrinsèquement adaptées aux besoins en communication multimédia employant une large bande passante: accès à Internet à haute vitesse, services on line, vidéo sur demande, distribution de signaux vidéo, jeux interactifs, ainsi que la transmission de la voix entre les PME – qui précéderont les consommateurs dans l'utilisation de cette application.

De plus, l'avènement de la technologie ADSL Lite va permettre d'accélérer l'adoption de ces technologies à un public de masse de plus en plus exigeant au niveau des performances attendues ainsi que de la qualité de service rendue de la part des opérateurs de télécommunication, même si d'autres technologies peuvent à long terme sembler convenir aux réseaux à hauts débits tels que la fibre optique, les liaisons hertziennes à micro-ondes. Il peut sembler évident que par le nombre d'acteurs majeurs dans l'élaboration des standards, l'investissement considérable engagé dans la recherche des solutions technologiques dans ce domaine montre que ces technologies xDSL représentent une solution viable dans la mesure où elles allient des performances satisfaisantes tout en s'appuyant sur une infrastructure existante. De plus, chaque technologie xDSL se montre performante sur le créneau du réseau à hauts débits à laquelle elle est destinée.

## GLOSSAIRE

**ADSL** : Asymmetric Digital Subscriber Line : ligne d'abonné numérique asymétrique.

**ANSI** : American Normalization Standard Institute

**ATM** : Asynchronous Transfer Mode = mode de transmission asynchrone large bande

**Backbone** : "Colonne vertébrale" d'un réseau à grande vitesse qui relie les machines principales. Réseau généralement à haut débit réalisant l'interconnexion de plusieurs sous-réseaux. Les termes d'arête principale, d'épine dorsale ou de réseau fédérateur sont synonymes

**Bande passante réseau** : débit de transmission de données qu'un réseau peut transporter.

**Bauds** : nombre de changements de signaux par unité de temps dans une transmission de données. Les lignes téléphoniques permettent une vitesse maximale de 2400 bauds. Le codage de plus d'un bit sur chaque changement de signal permet d'atteindre des vitesses de 56000 bits par seconde. Il n'y a donc pas d'analogie entre les bits par seconde et les bauds

**BDSL** : Broadband Digital Subscriber Line : ligne d'abonné numérique large bande

**CAP** : Carrierless Amplitude and Phase Modulation

**CCITT** : Comité consultatif international pour le téléphone et les télécommunications

**COFDM** : Coded Orthogonal Frequency Division Multiplex :multiplexage fréquentiel en codage orthogonal

**DB1Q** : Double Bit One Quaternary = deux bits donnent un élément quaternaire

**DMT** : Discrete Multi Tone

**DSL** : Digital Subscriber Line : ligne d'abonné numérique.

**DSLAM** : DSL Access Multiplexer

**DWMT** : Discrete Wavelet Multi Tone

**FDM** : Frequency Domain Multiplexing

**HDSL** : High Data Digital Subscriber Line : ligne d'abonnée numérique à haut débit de données

**HDTV** : télévision numérique haute définition.

**ISDN** : (Integrated Services Data Network) : réseau numérique à intégration de services (RNIS). Cette dénomination est un sigle pour tous les réseaux mondiaux satisfaisant aux protocoles dits « ISDN » ; le réseau français Numéris est un réseau de type ISDN.

**LAN** : Local Area Network : désigne les réseaux locaux qui sont généralement réalisés à l'aide des technologies Thin Ethernet ou Twisted Pair.

**MAN** : Metropolitan Area Network : réseau urbain

**Modem** : Modulateur-démodulateur

**MPEG** : Moving Pictures Expert Group : groupe d'experts sur les images en mouvement

**MUX** : Multiplexing : multiplexeur

**OSI** : Open System Interconnexion : interconnexion des systèmes ouverts

**PPP** : Point to Point Protocol : standard Internet définissant une technique d'échange de paquets IP sur une ligne téléphonique.

**QAM** : Quadrature Amplitude Modulation : modulation d'amplitude en quadrature : modulation combinée amplitude-phase

**SDSL** : Symetric Digital Subscriber Line : ligne d'abonné numérique symétrique

**SLC** : Simple Line Code : code en ligne simple

**STP** : Shielded Twisted Pair

**TDMA** : Time Division Multiple Access : interface radio à accès multiple à répartition temporelle (ARMT)

**UTP** : Unshielded Twisted pair

**VOD** : Video on demand : un des services que fourniront les autoroutes de l'information. Cette technologie permettra de visionner un film à domicile avec un confort équivalent à celui qu'offre le magnétoscope. C'est une des principales applications de l'ADSL

**VDSL** : Very High Data Rate Digital Subscriber Line : ligne d'abonné numérique à très haut débit

**VSDL** : Very High Data Rate Digitale Subscriber Line : ligne d'abonné numérique à très haut débit

**xDSL** : terme générique regroupant toutes les technologies DSL

**WAN** : Wide Area Network : réseau de grande échelle

## REFERENCES

*Rapport sur les technologies xDSL*

N. PHAM, M. LAOUIREM, P. COUSINEAU.

Etude bibliographique, cours réseaux, ENSEIRB E3, 1999.

*Les technologies xDSL*

P. GOOLD, F. TATIN.

Etude bibliographique, cours réseaux, ENSEIRB E3, 1999.

DSL Valley

<http://www.dslvalley.com/>

ADSL France

<http://www.adsl-france.org/>

ADSL Forum.

<http://www.adsl.com/>

*ADSL FAQ*

ADSL Forum.

<http://www.adsl.com/faq.html>

*VDSL FAQ*

ADSL Forum.

[http://www.adsl.com/vdsl\\_faq.html](http://www.adsl.com/vdsl_faq.html)

*ADSL Tutorial*

ADSL Forum.

[http://www.adsl.com/adsl\\_tutorial.html](http://www.adsl.com/adsl_tutorial.html)

*VDSL Tutorial*

ADSL Forum.

[http://www.adsl.com/vdsl\\_tutorial.html](http://www.adsl.com/vdsl_tutorial.html)

*General Introduction to Copper Access Technologies*

ADSL Forum.

[http://www.adsl.com/general\\_tutorial.html](http://www.adsl.com/general_tutorial.html)

*Normes xDSL*

[http://www.adsl.com/tr\\_table.html](http://www.adsl.com/tr_table.html)

*ATM over ADSL*

ADSL Forum.

[http://www.adsl.com/adsl\\_atm.html](http://www.adsl.com/adsl_atm.html)

*Transmission numérique multimédia*

E. Rivier. Editions Eyrolles.