L'ARCHITECTURE DES RÉSEAUX LONGUE DISTANCE

Introduction

Nous allons aborder les protocoles et technologies qui entrent en jeu dans la mise en œuvre de réseaux longue distance (*WAN – Wide Area Network*). Il sera ainsi question du fondement des réseaux longue distance, des types de services fournis, d'encapsulation et des liens optionnels. Nous aborderons aussi les liens point à point, la commutation de paquets et les circuits virtuels.

Un *WAN* est un réseau de communication de données qui fonctionne au-delà du champ d'action des *LAN*. L'une des différences fondamentales des *WAN* par rapport aux *LAN* réside dans le fait qu'ils ne peuvent pas fonctionner sans les services d'un opérateur de télécommunications tel que Bell ou AT&T. Un *WAN* utilise des liens de données, tels que les réseaux numériques à intégration de services (RNIS) et des relais de trames fournis par des services porteurs pour accéder à la bande passante à travers une grande surface géographique. Un *WAN* relie les différentes unités d'une entreprise, ou encore relie différentes unités vers des unités appartenant à d'autres entreprises, à des services externes (bases de données, par exemple), à des utilisateurs distants… C'est un ensemble de technologies permettant de relier des réseaux locaux entre eux, ou de relier des sites distants. Il peut être installé au sein de plusieurs pays ou dans le monde entier. En définitive, les *WAN* fonctionnent au-delà de l'espace géographique des *LAN*. De par cette caractéristique, les *WAN* transportent toute une panoplie d'informations, telles que les données, la voix, les images, etc.

Les principaux types d'architecture

Un réseau informatique doit fournir une connectivité générale à un grand nombre d'ordinateurs dans des conditions de rentabilité et de performance. Cependant, les réseaux ne constituent pas une technologie figée, mais doivent évoluer pour prendre en compte les changements des technologies sur lesquelles ils sont basés ainsi que les changements dans les demandes des applications. On parle d'architecture réseau pour identifier l'ensemble des principes qui aident à la conception et à la mise en œuvre des réseaux. L'architecture d'un réseau décrit principalement les équipements de connexion, les ressources logicielles, les méthodes d'accès, les protocoles et les liaisons qu'il utilise pour la transmission des données. On peut citer la connexion point à point, les services sans connexion, les services orientés connexion et les circuits virtuels.

La connexion point à point

La connexion point à point dépend des lignes louées pour relier deux ordinateurs distants l'un de l'autre dans un réseau. La figure 1 illustre ce type de connexion.

Figure 1 : Schéma d'une connexion point à point

Les données peuvent être transmises à travers la connexion des deux façons suivantes :

(1) *Transmission de paquets de données* TCP-IP *:* les données sont transmises paquet par paquet;

(2) *Transmission des séquences de données* : les données sont transmises octet par octet.

Dans ce dernier cas, la ligne est toujours réservée au client. Ceux dont les moyens sont limités peuvent toutefois avoir recours aux connexions à prix réduits, comme les commutations de circuits, la connexion point à point étant assez coûteuse.

La commutation

La commutation, de quel que type qu'elle soit, met en jeu le déplacement de données à travers une série d'étapes intermédiaires, ou segments, plutôt que par déplacement direct d'un point de départ à un point d'arrivée. Les trains, par exemple, peuvent changer de voie, au lieu de toujours rouler sur la même, et atteindre quand même la destination prévue. La commutation dans les réseaux fonctionne un peu de la même façon : au lieu de dépendre d'une connexion permanente entre la source et la destination, elle s'appuie sur une série de connexions temporaires, qui relaient des messages de station en station. Elle sert aux mêmes fins que la connexion directe, mais utilise plus efficacement les ressources de transmission.

Les réseaux étendus (et les réseaux locaux tels *ethernet* et anneau à jeton (*token ring*) dépendent d'abord de la commutation de paquets, mais ils font aussi usage de la commutation de circuit, de la commutation de message et, depuis peu, de la technologie de commutation de paquets à grande vitesse, connue sous l'appellation de relais de cellules (*cell relay*).

Commutation de circuit

La commutation de circuit correspond à la création d'une connexion physique entre l'expéditeur et le destinataire, conservée tant que les deux parties doivent communiquer. Pour qu'elle se produise, la connexion doit naturellement être installée avant qu'une communication ne puisse survenir. Une fois en place toutefois, expéditeur et destinataire sont sûrs de disposer de toute la bande passante qui leur est attribuée pour la durée de leur connexion.

Bien qu'expéditeur et destinataire aient à respecter la même vitesse de transfert des données, la commutation de circuit permet une vitesse de transmission constante (et rapide). Son principal inconvénient réside dans le fait que toute bande passante inutilisée est, précisément, inutilisée. Comme la connexion est réservée aux deux parties communicantes, la bande passante inutilisée ne peut être « empruntée » par aucune autre transmission.

La forme la plus commune de la commutation de circuit se produit dans le plus familier des réseaux, le système téléphonique. Elle intervient aussi dans certains réseaux. Les lignes RNIS aujourd'hui disponibles, appelées RNIS à bande étroite, et le type de ligne T1 appelée T1 commutée constituent deux exemples de technologies de télécommunication à commutation de circuit.

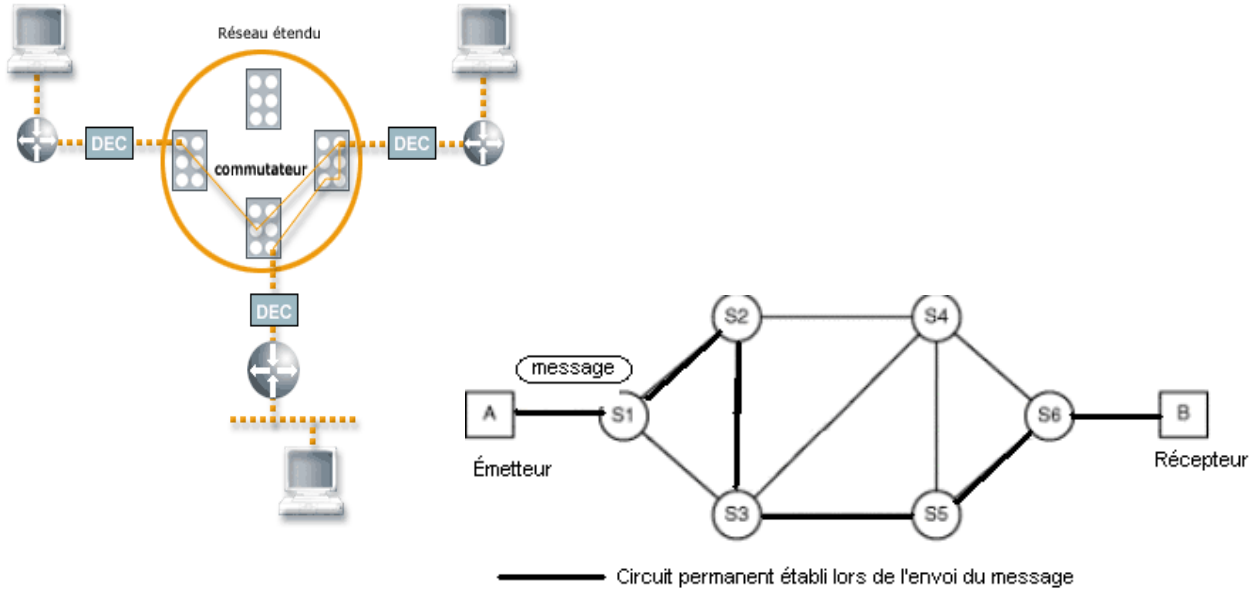

Figure 2 : Schéma illustrant la commutation de circuit

Commutation de message

À la différence de la commutation de circuit, la commutation de message ne fait pas appel à une connexion directe entre l'expéditeur et le destinataire. Lorsqu'un réseau y a recours, l'expéditeur peut enclencher une transmission – après l'avoir correctement adressée – lorsqu'il l'entend. Ce message est ensuite routé par des stations intermédiaires, éventuellement par un ordinateur central du réseau. En cours de route, chaque intermédiaire l'accepte en son entier, en examine l'adresse, puis le fait suivre vers la partie suivante, qui peut être un autre intermédiaire ou le nœud de destination.

L'aspect particulièrement remarquable du réseau à commutation de message, qui est en fait l'une de ses fonctionnalités distinctives, tient à ce que les intermédiaires ne sont pas dans l'obligation de faire suivre immédiatement les messages : ils peuvent les conserver. Tel est l'un des avantages de la commutation de messages. Comme les stations intermédiaires peuvent attendre l'occasion de transmettre, le réseau est à même d'éviter ou, tout au moins, de réduire ses moments d'engorgement; il dispose aussi d'un certain contrôle sur l'usage efficace des lignes de communication.

Commutation de paquets

La commutation de paquets, bien qu'elle soit elle aussi impliquée dans le routage des données au sein de réseaux locaux tels que *ethernet* et *token ring* et entre eux, forme aussi la colonne vertébrale du routage des réseaux étendus. Ce n'est pas l'autoroute sur laquelle voyagent les paquets de données, mais un système de répartition : dans une certaine mesure, elle constitue les conteneurs du cargo qui transporte les données d'un endroit à un autre. En un sens, c'est le service « Colissimo » d'un réseau étendu.

Dans la commutation de paquets, toutes les transmissions sont divisées en unités, les paquets, dont chacune contient des informations d'adressage qui identifient à la fois le nœud de la source et celui de la destination. Ces paquets sont ensuite routés par différents intermédiaires, appelés *PSE* (*Packet Switching Exchanges*), jusqu'à ce qu'ils atteignent leur

destination. À chaque arrêt le long du trajet, l'intermédiaire inspecte l'adresse de destination du paquet, consulte une table de routage, puis le fait suivre, à la plus grande vitesse possible, jusqu'à la prochaine liaison de la chaîne menant au destinataire.

Lorsqu'ils circulent de liaison en liaison, les paquets sont souvent transportés sur ce que l'on désigne par les termes circuits virtuels – allocations temporaires de bande passante sur lesquelles les stations émettrice et destinataire communiquent, après s'être mises d'accord sur certaines règles de base, telles que la taille des paquets, le contrôle du flux et le contrôle d'erreurs. Ainsi, à la différence de la commutation de circuit, la commutation de paquets n'immobilise généralement pas une ligne indéfiniment, pour le seul bénéfice de l'expéditeur et du destinataire. Les transmissions n'exigent que la bande passante nécessaire pour faire suivre un paquet quelconque et, comme la commutation de paquets est aussi basée sur le multiplexage des paquets, de nombreuses transmissions peuvent être simultanément entrelacées sur le même moyen de transport.

Services sans connexion ou orientés connexion

Ainsi, les réseaux à commutation de paquets transfèrent des données sur des trajets variables dans de petits conteneurs, appelés paquets. Comment effectuent-ils en fait la connexion entre expéditeur et destinataire? Le premier ne peut simplement supposer que le paquet trouvera son chemin jusqu'à la destination correcte. Il faut qu'existe une espèce de connexion – un type de liaison entre l'expéditeur et le destinataire. Celle-ci peut se fonder sur des services sans connexion, ou des services orientés connexion, selon le type de réseau à commutation de paquets en jeu.

- Dans une « connexion » sans connexion, si on peut parler ainsi, aucune liaison de communication effective n'est établie entre expéditeur et destinataire avant que des paquets ne puissent être transmis. Chaque paquet transmis est considéré comme une unité indépendante, sans relation avec une autre. De ce fait, les paquets constituant un message peuvent être routés sur différents parcours pour atteindre leur destination.

- Dans un service orienté connexion, la liaison de communication est établie avant la transmission des paquets. De ce fait, les paquets d'un message suivent tous la même route jusqu'à leur destination. En établissant la liaison entre l'expéditeur et le destinataire, un service orienté connexion peut faire usage soit de circuits virtuels commutés (*SVG – Switched Virtual Circuits*) ou de circuits virtuels permanents (*PVC – Permanent Virtual Circuit*s):

- Le recours à un circuit virtuel peut se comparer à un appel téléphonique. L'appelant se connecte à l'ordinateur de l'appelé; ils échangent des informations, puis terminent la connexion.

- Le recours à un circuit virtuel permanent, quant à lui, rappelle plutôt l'usage d'une ligne spécialisée. Elle demeure disponible à tout moment, même lorsque aucune transmission n'y intervient.

Circuits virtuels WAN

Utilisé dans les réseaux de commutation de paquets, un circuit virtuel est un circuit logique créé en vue de fournir des communications très fiables entre les nœuds ou les ordinateurs du réseau. Il existe deux types de circuits virtuels.

Circuit virtuel commuté (CVC).
Circuit logique temporaire créé pour lier des nœuds durant la communication.
Ces liens ne durent que le temps de la communication.

Circuit virtuel permanent (CVP)
Circuit logique qui agit comme une ligne permanente spécialisée. Il sollicite moins de bande passante, ce qui est un avantage comparé au CVC. Le CVP, cependant, est plus cher.

Les dispositifs des réseaux longue distance

Il était d'usage de concevoir les *WAN* à base de modems, de lignes louées, de réseaux commutés de paquets X.25, de relais de trames et de RNIS. Aujourd'hui, la technologie haute vitesse a été intégrée dans ces réseaux, histoire de leur donner une bonne bouffée d'oxygène. Ainsi, sont apparus les réseaux *ATM*, *Gigabits*, *SMDS*, *Sonet*, etc. Voilà donc de nombreuses technologies qui existent pour les réseaux étendus. Mais malgré tout, il est possible de catégoriser tous ces réseaux dans deux familles :

- *WAN* en *PPP*
- Nuage de *WAN*

Ainsi, pour créer un *WAN*, de quoi pouvons-nous avoir besoin? Tout simplement d'un ensemble de *LAN* tous interconnectés par un réseau fédérateur étendu. Les services liés au réseau fédérateur étendu sont assurés par les opérateurs publics qui détiennent les infrastructures intégrant les *WAN*. Les composantes d'un réseau fédérateur étendu comprennent des lignes téléphoniques, des commutateurs, des modems, des « circuits de télécommunication » spéciaux.

Une donnée à ne pas négliger dans la conception des réseaux étendus est la bande passante. C'est elle qui impose la vitesse de transmission des données une fois la communication engagée. La bande passante ne détermine pas les capacités ni le taux de transfert des données du réseau. Il faut tout de même garder à l'esprit que « bande passante » est parfois utilisée (à tord ou à raison… les avis sont partagés) comme synonyme de vitesse dont l'unité est exprimée en bit (élément binaire) par seconde ou bps.

Le taux de transfert des données détermine le taux des données effectivement transmises sans erreur à travers le réseau câblé. L'unité de mesure du taux de transfert est aussi le bps. Cependant, il ne tient pas compte des bits d'en-tête, des trames perdues ou d'autres contrôles générés par le réseau.

WAN *en* PPP

Les lignes louées ou réseaux *PPP* fournissent de la bande passante à travers les connexions réseaux permanentes les rendant ainsi disponibles à tout moment. Les liaisons point à point sont donc des lignes de communication dédiées entre deux points spécifiques. Une liaison point à point est ainsi un circuit commuté entre ces points. De plus, les liaisons *PPP* emploient une unique ligne de communication avec chaque équipement terminal. Les lignes point à point fonctionnent à vitesses fixes. Même s'il est possible d'acquérir et d'administrer ses propres liaisons *PPP*, elles sont en général louées aux abonnés par les opérateurs de téléphone. Ainsi, les coûts de communication sont fonction du volume des données et de la distance séparant l'unité contactée.

Nuage de WAN

Par ailleurs, les technologies dites nuageuses (nuage de *WAN*), quant à elles, fournissent de la bande passante sur demande. Par contre, contrairement à la technologie *PPP*, la

connectivité n'est pas aussi directe. Une représentation de la technologie nuageuse permettrait de visualiser le nuage, lequel indiquerait tout simplement que les connexions entre deux points sont transparentes aux autres équipements reliés au nuage. Il faut garder à l'esprit que ce nuage de *WAN* ne ressemble à un nuage que lorsqu'on l'observe de l'extérieur. Vu de l'intérieur, c'est en réalité un ensemble très complexe de réseaux de commutateurs, de lignes de jonction (appelées *trunk lines* en anglais) qui font en sorte que les messages entrant aboutissent à la bonne destination. Ceci est rendu possible car dans le nuage, un abonné possède un identifiant unique composé à partir de son nom d'utilisateur et son interface réseau.

En général, lorsqu'on parle de réseau en nuage, on parle de réseau commuté par paquets (*Packet Switched Network*). Dans un tel réseau, l'information est découpée en petites portions – les paquets – puis est envoyée à travers le réseau. Cette technologie est plus appréciée que celle du *PPP* pour plusieurs raisons.

- L'administrateur du réseau n'a besoin d'installer et de gérer qu'une seule ligne d'accès au *WAN* pour chacun de ses ponts et routeurs.
- Il est possible d'ajouter un pont ou un routeur supplémentaire rien qu'avec une ligne d'accès plutôt que de louer une ligne pour chaque pont ou routeur.
- La connexion à un nuage de réseaux coûte en général moins cher si l'on tient compte du nombre de liaisons *PPP* et du nombre de ports pour chacun des ponts et routeurs.
- Les utilisateurs réseau peuvent, sur demande, avoir la possibilité de partager la bande passante du nuage.

Les dispositifs techniques

Parmi les divers éléments utilisés dans un *WAN*, il y a le routeur. Un routeur est communément utilisé dans le relais de trame des *WAN* basés sur les lignes T1. Il sert également à relier les *LAN* et les *WAN*. Plusieurs routeurs peuvent également agir comme coupe-feu, ce qui aide à fournir un haut niveau de sécurité.

Les routeurs sont aussi bénéfiques lorsqu'on relie les *LAN* à Internet, comme ils peuvent contrôler les normes de sécurité dans un *WAN*. Lorsque deux routeurs sont éloignés, un élément multiport, connu sous le nom de commutateur *WAN* peut les relier dans le réseau.

Pour transférer des données entre les réseaux en utilisant des lignes de téléphone analogiques, on utilise un modem. Le modem convertit les signaux numériques en signaux analogiques – et inversement. En général, on utilise la technologie du RNIS. Un RNIS transfère des signaux numériques sans les convertir. Ces signaux sont transférés à l'aide d'un adaptateur RNIS qui transmet les données jusqu'à une vitesse de 128 kbps.

Très semblable à un modem, un autre élément connu sous le nom de *CSU/DSU* (*Channel Service Unit/Data Service Unit*) est utilisé pour lier les lignes louées fournies par les compagnies de télécommunication. Cet instrument convertit les paquets de données créés dans un réseau *LAN* en paquets pouvant être gérés par un réseau *WAN*.

Les réseaux de transport

L'Internet étant une grande révolution dans les techniques de communication, on constate que son évolution reste étroitement liée à celle de son support : les lignes de transport. Si ces dernières n'étaient pas capables de supporter des débits colossaux, que serait l'Internet aujourd'hui? Rappelons que nous n'avons pas toujours bénéficié de la haute vitesse et qu'après nous, d'autres vitesses défieront l'imagination. Mais revenons pour l'instant aux lignes de transport actuelles qui font l'objet de notre propos.

L'aspect physique (câbles, micro-ondes, satellites, fibre optique)

En général, nous ne voyons qu'une infime partie d'un réseau étendu, un pourcentage très négligeable, car le réseau étendu est conçu de manière éparpillée. Tout le monde y va au gré de son inspiration, en prenant bien soin cependant de respecter les protocoles de communication afin de ne pas se retrouver isolé. Ainsi, pour la mise en place d'un réseau local ou d'une portion de réseau étendu, le choix d'un média se fera en fonction de certaines caractéristiques :

- Le <u>débit maximal</u> possible qui est fonction de la bande passante du support, cette dernière étant elle-même liée aux caractéristiques physiques du support. Ce débit peut également être fonction des distances à parcourir. Si, par exemple, on veut des débits importants sur de grandes distances, il faudra y penser dès la conception du réseau.
- Le <u>type de signal</u> véhiculé : électrique, lumineux ou ondes. Dans le troisième cas, le support est… l'air, qui est soumis à une réglementation!
- La <u>distance maximale</u> de transmission correcte du signal. Au bout d'une certaine distance, le signal s'affaiblira et il faudra songer aux régénérateurs de signaux.
- La <u>sensibilité aux perturbations électromagnétiques</u>. Par exemple, elle sera forte pour un simple fil de cuivre alors qu'elle sera quasiment nulle pour une fibre optique.
- Les <u>coûts de fabrication et d'installation</u>. La fibre optique est plus coûteuse que le fil de cuivre. La pose d'une fibre optique est une opération relativement délicate (rayon de courbure à respecter par exemple). La mise en place d'une liaison satellite ou la pose d'une fibre optique sous-marine sont des opérations longues et extrêmement coûteuses. L'installation la plus simple étant bien entendu la pose de paires torsadées.

Résumé sur les supports à base de conducteurs électriques

Comme nous l'avons déjà vu, les supports à base de conducteurs électriques utilisent des courants de faible intensité qui se propagent dans des fils de cuivre. Cette technique, largement utilisée pour les réseaux locaux, se décline, en effet, en plusieurs supports :

- On se souviendra de la <u>paire torsadée,</u> constituée de paires de fils torsadés entre eux. C'est, à l'heure actuelle, le support privilégié des réseaux reposant sur *ethernet*. Les débits varient de 10 à 100 Mbps (ils seront supérieurs à 200 Mbps pour les câbles de catégorie 6, et à 600 MHz pour les câbles de catégorie 7).

C'est le support de transmission dont la mise en œuvre est la plus simple et la moins coûteuse. Il est constitué de paires de fils électriques (en général, 4 paires pour la réseautique informatique).

- Le câble coaxial (nous en avons parlé plus tôt). De différentes tailles, son système de blindage lui fournit une excellente protection contre les perturbations électromagnétiques. Beaucoup utilisé aux débuts des réseaux locaux, ce type de câblage est de nos jours une technologie en voie de disparition quant aux réseaux locaux. Son utilisation reste encore privilégiée par la télévision, les circuits d'alimentation des têtes de radiofréquences pour les antennes *VSAT*, etc. Son existence est directement menacée par la paire torsadée. Historiquement, c'est le premier type de câble utilisé dans les réseaux locaux *ethernet* en bus. Un câble coaxial est composé de deux conducteurs cylindriques de même axe, séparés par un isolant. Ce principe (« cage de Faraday ») permet d'isoler la transmission de toute perturbation due aux « bruits » extérieurs. Les câbles coaxiaux ne sont pas utilisés uniquement dans le cadre des réseaux locaux mais également pour la transmission de signaux analogiques (radio, télévision).

  Dans l'univers de la réseautique, il existe, comme nous l'avons vu, deux types de câbles coaxiaux :

- Ainsi, lorsqu'on parle de 10Base5, on sait immédiatement qu'il s'agit du protocole *ethernet* supportant le *gros* (*thick*) câble coaxial (jaune). Ce câble n'étant pas très souple de nature, des précautions de manipulation s'imposent dans les courbures. En général, ce câble est utilisé comme câble fédérateur à cause de ses caractéristiques intrinsèques.
- Le protocole *ethernet* 10Base2, quant à lui, implique l'utilisation du câble coaxial fin (*thin*) dans un réseau local *ethernet* en bus. Ce câble est beaucoup plus souple et moins cher que le gros câble coaxial. Ses connexions sont réalisées avec des prises *BNC*.

La fibre optique

Pour l'utilisation de la fibre optique, on convertit les signaux audio, électriques, numériques, etc. en signaux lumineux, puis on les fait passer dans la fibre optique. Ce type de support, avec ses larges bandes passantes, permet de transmettre les signaux lumineux à des débits très élevés sur de grandes distances.

Les ondes

Quelles soient de type radio, hertzien ou infrarouge, les ondes permettent dans certaines conditions de servir de support de communication pour les réseaux informatiques. L'émission peut se faire à partir de *cellules* (émetteur arrosant une petite zone géographique) comme dans le cas du téléphone portable, à partir d'un satellite géostationnaire dans le cas d'une communication intercontinentale pour Internet ou tout simplement à partir d'un émetteur de signaux infrarouges (comme ceux utilisés par une télécommande de télévision) pour un réseau local sans fil. Le laser est utilisé dans les liens optiques sans fil pour relier par exemple deux bâtiments distants de moins de 10 km.

La nomenclature des lignes de transport

Les premières lignes T1 ont été mises en œuvre en 1985. C'était une révolution dans le monde des télécommunications. En effet, ce faisant, la *National Science Foundation* (*NSF*) a permis de transférer des données à une vitesse 20 fois plus élevée que ne le permettaient les infrastructures d'alors. Ainsi naquit la *NSFNet*, démembrement de l'*ARPANET* chargée des lignes T1. Grâce à la *NSFNet*, on a pu assister à la croissance rapide des débits de communication. La progression fut telle qu'on dut rapidement envisager d'augmenter à nouveau la vitesse des transferts, ce que permirent les lignes T3 (45 Mbps) en 1991.

En d'autres termes, une ligne T1 est une infrastructure du réseau national d'interconnexion américain, constituée d'un faisceau de 24 lignes de 64 kbps, supportant la communication voix-données. Le terme anglais *T1 line* est aussi connu sous le nom de *Web Surfer's Heaven*.

L'accès aux lignes T1 (1,5 Mbps) et T3 (34 à 45 Mbps), jusqu'alors considérées comme rapides, se fait par location auprès de grandes entreprises (telles que les opérateurs Bell, AT&T, etc.); cependant, ces lignes seront éventuellement remplacées par des dorsales à plus hauts débits (*ATM*, *Sonet*, *SDH*), comme les réseaux à haute performance Internet2 et *VBNS*. Pour le moment, Internet2 et *VBNS* sont des réseaux privés très rapides pour lesquels des groupes d'universitaires et de sociétés de haute technologie sont en train de développer des programmes visant une nouvelle vague de connexions Internet plus rapides et de meilleure qualité. Le réseau *VBNS* (*Very high speed Backbone Network System*) est un projet du *NSF*. Internet2, quant à lui, est issu d'un projet de recherche des universités américaines membres de l'*UCAID* (*University Corporation for Advanced Internet Development*) permettant de faciliter la coordination, le développement et le déploiement du transfert de technologies. Aujourd'hui, plus de 170 universités sont membres de cette nouvelle entité. Imaginez un peu que, grâce à cette nouvelle technologie, il soit possible de transmettre à l'autre bout du monde le contenu de 30 livres en 1 seconde!

Le financement et l'organisation d'Internet2 sont assurés par des partenaires et des sponsors tels que *Cisco Systems*, *Fore Systems*, *Cabletron*, *3Com*, *AT&T*, *MCI Worldcom* ou encore *Microsoft* et *Nortel*.

Les connexions physiques

Voyons d'un peu plus près comment sont connectés les ordinateurs qui finissent par donner naissance à la formation d'un réseau. Il existe en effet différents types de support pour les connexions. Ainsi :

- Les <u>liaisons téléphoniques analogiques ordinaires</u> peuvent atteindre des débits de 56 kbps. Avec de telles liaisons, le transfert d'un fichier de 1 Mo peut prendre de 4 à 5 minutes théoriques (en pratique, il vaudrait mieux miser sur 8 à 10 minutes!). À ce rythme-là, il ne faudra pas moins de 4 jours pour transférer un CD audio (640 Mo)! Une particularité de ces signaux est qu'il faut, à l'aide de modems, convertir les signaux numériques informatiques en signaux analogiques pour le transport. Ensuite, à la réception, il faut les reconvertir en signaux numériques à l'aide d'autres modems.
- Les <u>liaisons numériques</u> utilisent deux canaux à 64 kbps chacun. Dénommées RNIS en France et *ISDN* en Amérique du Nord, point n'est besoin de procéder à une quelconque transformation des signaux numériques en signaux analogiques. Il n'est donc plus besoin de parler de modems numériques mais plutôt d'adaptateurs. Assez étrangement, la confusion entre adaptateur et modem est très fréquente (et l'auteur ne fait pas exception à la règle!), cette confusion pouvant être due au fait que les modems ressemblent aux adaptateurs

numériques ou tout simplement par habitude. Lorsque vous vous connectez chez un fournisseur d'accès par une liaison numérique, la numérotation est quasi immédiate. Ainsi, lorsque vous vous dotez d'une connexion numérique et que vous configurez votre connexion *TCP/IP* avec un délai de déconnexion automatique de 1 seconde, vous pouvez naviguer et lire vos pages Web en mode déconnecté, et, lorsque vous cliquez sur un *URL*, la connexion peut s'établir de façon immédiate… mis à part le temps de chargement de la page suivante.

- Les liaisons spécialisées (LS) ont des débits de 56 kbps à 2 Mbps pour les plus courantes. Une ligne à 64 kbps permet théoriquement de transférer un fichier de 1 Mo en 125 secondes théoriques (3 minutes en pratique). Ce qui revient à transférer un CD audio (640 Mo) en environ 5 heures (ce qui est déjà beaucoup mieux). Sur les lignes à 2 Mbps, c'est 41 minutes qui seront nécessaires. Les lignes T1 et T3 sont aussi des lignes spécialisées. Elles permettent d'établir la connexion permanente d'un réseau à une vitesse garantie allant de 64 kbps à 45 Mbps. La ligne louée doit être commandée auprès d'un opérateur des télécommunications. Le coût de ce service est indépendant du volume des données transférées ou du temps passé sur l'Internet. En règle générale, la connexion est établie à l'aide de connecteurs supportant des débits compris entre 64 kbps et 1 984 kbps ou 2 Mbps et 34 Mbps. Une encapsulation des protocoles est alors réalisée sur le routeur de l'opérateur (qui n'a pas forcément les mêmes équipements que ses clients) pour les périphériques des abonnés.

Lignes RNIS

Ce type de connexion est très similaire à la ligne louée à cette différence que la vitesse d'accès est égale à 64 kbps (pour 1 canal) ou 128 kbps (pour 2 canaux) et nécessite un routeur RNIS. RNIS souffre maintenant d'une désuétude qui était loin d'être évidente à l'origine. Il s'agit simplement d'un câble vous raccordant à un opérateur, et permettant, au lieu d'un accès analogique à 56 kbps avec un modem et le *RTC*, d'avoir un accès entièrement numérique à 144 kbps avec un émetteur/récepteur en bande de base (c'est une bande de fréquences occupée par un signal avant sa modulation en vue d'une transmission, ou après démodulation) pour la transmission numérique. Utilisant la technique du multiplexage de canaux, RNIS consiste à avoir trois canaux numériques différents : deux canaux B à 64 kbps (8 bits à 8 kHz) pour les données, et un canal D de 16 kbps pour la signalisation. Un canal de service est utilisé pour le contrôle et la synchronisation du tout. Il n'est pas comptabilisé dans le débit utile. Le débit réel du RNIS est de 192 kbps.

Les technologies xDSL *(*Digital Subscriber Line*)*

Le déploiement massif de la fibre optique jusque chez l'abonné, envisagé au début des années 90, s'est révélé un investissement trop coûteux et dont la rentabilité est hypothétique. Il s'agit de trouver une autre solution à moindre coût.

Le but de la technologie *DSL* est d'augmenter la puissance des paires téléphoniques de cuivre existantes en mixant le trafic de données, de voix et de vidéo en point à point sur le réseau téléphonique traditionnel. La barrière théorique des 300 – 3 400 Hz de bande passante utilisée sur les lignes téléphoniques peut ainsi être repoussée sous certaines conditions.

Afin d'augmenter le débit sans que la dissipation d'énergie et la diaphonie ne posent problème, il faut par exemple que la liaison entre l'abonné et la centrale la plus proche soit la

plus courte possible, les signaux hautes fréquences étant atténués plus rapidement que les signaux basses fréquences et l'utilisation de répéteurs étant irréalisable. La clé se trouve dans la mise en œuvre de techniques de traitement du signal et notamment dans les modulations d'amplitude et de phase ou de fréquence.

Actuellement, la famille *xDSL* se décompose en cinq groupes : *ADSL*, *HDSL*, *SDSL*, *RADSL* et *VDSL*. À chacun de ces sous-groupes correspondent une utilisation et des caractéristiques particulières, ayant des potentialités sans aucune mesure avec les débits du *RTC* : c'est ainsi que le *VDSL* (*Very high Data rate digital Subscriber Line*), en cours de normalisation, permettra des débits pratiques de l'ordre de 25 Mbps, autorisant des solutions de type télédiffusion, vidéo à la demande, etc.

Tableau : Comparaison des différentes techniques *xDSL*

Technologie	Définition	Mode de transmission	Débit Download	Débit Upload	Distance max.
HDSL	High Data rate DSL	Symétrique	1.544 Mbps	1.544 Mbps	3.6 km
HDSL 2	High Data rate DSL 2	Symétrique	2.048 Mbps	2.048 Mbps	3.6 km
SDSL	Single Line DSL	Symétrique	768 kbps	768 kbps	3.6 km
ADSL	Asymetric DSL	Asymétrique	1.544-9 Mbps	16-640 kbps	5.4 km
RADSL	Rate Adaptive DSL	Asymétrique	0.6-7 Mbps	0.128-1 Mbps	5.4 km
VDSL	Very high Data DSL	Asymétrique	15-53 Mbps	1.544-2.3 Mbps	1.3 km

- *ADSL*, *Asymetric DSL* : Elle est basée sur un débit asymétrique, le flux descendant (du réseau vers l'utilisateur) étant plus important que le flux montant. *ADSL* préserve le canal de voix et convient bien aux applications interactives du type « accès à Internet » ou « vidéo à la demande ». Ce service permet d'établir une connexion permanente d'un réseau. La vitesse d'accès peut atteindre des pointes de 1 Mbps vers le réseau client, et d'un maximum de 128 kbps du réseau vers l'Internet. Le site connecté peut envoyer au maximum 512 kbps vers l'Internet. L'utilisation de ce service implique l'abonnement au service *ASDL* auprès d'un opérateur et comprend en général un routeur placé chez l'abonné.
- *HDSL*, *High Data rate DSL* : Elle permet un canal T1 ou E1 sur une boucle locale sans répéteur. *HDSL* peut être utilisé par les opérateurs pour l'interconnexion de *PABX*, par exemple.
- *SDSL*, *Single line DSL* : C'est une version monoligne de *HDSL* (qui utilise les deux paires téléphoniques).
- *VDSL*, *Very high data rate DSL* : Elle est en cours de développement et devrait permettre des débits de l'ordre de 50 Mbps pour le flux descendant.
- *RADSL*, *Rate Adaptive DSL* : C'est une technique asymétrique qui a la particularité d'adapter le débit en fonction des capacités de la ligne.

Chacune de ces techniques utilise des modes de séparation des canaux différents : AdE – annihilateur d'écho et FM – modulation de fréquence, et des codages différents : *DMT – Discrete Multitone* qui divise le signal en 256 sous-canaux, *CAP – Carrierless Amplitude Modulation* qui module en phase et en amplitude et le codage *2B1Q – 2 Binary 1 Quaternary* qui est le codage à quatre états utilisé par RNIS.

*Le service de relais de trame (*Frame Relay*)*

Ce service allie hauts débits et délais de transit courts. Il est particulièrement adapté aux besoins des applications d'interconnexion de réseaux locaux, des applications d'interconnexion d'équipements en environnement *IBM/SNA* et des applications de réseaux fédérateurs multiprotocoles. Pour les hauts débits, il permet d'acheminer rapidement des flux de type transfert de fichiers tandis que pour les délais de transit courts, il permet des temps de réponse courts dans les applications de type transactionnel. La topologie des réseaux de relais de trame apporte une grande souplesse permettant de mettre en place une architecture adaptée et évolutive (émettre des données). Le protocole de relais de trame propose des garanties de service : disponibilité du réseau, temps de réponse et bande passante (*CIR*).

Les réseaux privés virtuels

Ce service entièrement architecturé autour du protocole *IP*, permet de mettre en place des intranets. Ces réseaux virtuels privés sont mis en place avec une qualité de service et des performances garanties. Ils permettent à différents bureaux et sites, télétravailleurs et itinérants, fournisseurs et partenaires, d'accéder, à travers des accès distants dédiés, à des services informatiques distribués. Le circuit virtuel ainsi créé est appelé « tunnel ». Le tunnel est le lien sécurisé qui permet l'interconnexion des réseaux locaux, des intranets et des extranets en passant par les services publics.

Les solutions *VPN* les plus courantes sont orientées pour satisfaire une accessibilité par des interconnexions utilisant les réseaux RTCP, RNIS, XDLS, le câble, le relais de trame ou des réseaux T1/E1.

Pour intégrer un *VPN* dans une infrastructure existante, les aspects suivants doivent être examinés :

- La sécurité

  L'authentification, le contrôle d'accès, la confidentialité des informations et l'intégralité des données constituent les principales préoccupations dans la mise en œuvre d'un réseau privé virtuel sur le plan de la sécurité. Le chiffrement ou l'encryptage des données, la transmission tunnel et l'encryptage des protocoles de même que l'implémentation des normes de sécurité *IP* (*IPsec*) permettront de protéger le *VPN*.

- Le routage et la traduction des adresses des réseaux

  Nous avons vu que le routage est le processus par lequel les nœuds d'un réseau échangent des informations sur la topologie de ce réseau pour bâtir les tables de retransmission de paquets qui y circulent. Dans la mise en œuvre d'un *VPN*, on a souvent recours à la traduction d'adresses (*NAT – Network Address Translation*). Le *NAT* repose sur le principe que toutes les stations hôtes peuvent communiquer entre elles par le réseau Internet sans qu'il soit question de leur assigner une adresse *IP* unique. Le *NAT* permet d'attribuer à chaque station hôte faisant partie d'un réseau *VPN* une adresse privée locale unique qui lui permet de fonctionner à l'intérieur de ce réseau. L'inconvénient majeur du *NAT* est la violation du principe selon lequel toute station dans un réseau n'a qu'une adresse unique. Nombreuses sont les applications informatiques qui basent leur fonctionnement sur ce principe.

- Les pare-feu

  Un pare-feu est un routeur spécifiquement programmé et installé dans un réseau privé pour le protéger. Exploiter un réseau *VPN* à travers des murs pare-feu installés à divers sites présente un certain nombre de défis qu'il faut surmonter.

Interconnexion de réseaux locaux

L'interconnexion des réseaux est presque devenue un sujet aussi important que les réseaux eux-mêmes. Il faut interconnecter les réseaux pour qu'ils puissent s'échanger des informations.

- Interconnexion de réseaux locaux en mode natif :
  - Raccordement *ethernet* de 10 à 100 Mbps ou anneau à jeton (*token ring*).
  - Raccordement par fibre optique (*FDDI*) de 100 Mbps à 1 Gbps. Ce service est disponible dans certaines grandes métropoles européennes et américaines.
- Boucles locales :

  La boucle locale est une liaison permanente ou liaison spécialisée. Elle permet de raccorder des sites distants et de connecter en particulier le site d'un client au réseau des opérateurs. Ce service est proposé par les opérateurs des télécommunications. Dans certaines grandes métropoles européennes et américaines, ce service est proposé par des opérateurs spécialisés dans la boucle locale. Pour des raccordements de grande proximité, des solutions de type *ADSL* ou *HDSL* sur lignes louées analogiques sont proposées.
- X25 :

  La majorité des réseaux X25 domestiques, mis en place par les opérateurs des télécommunications, disposent d'interconnexion par des passerelles (nœud de transit international en X25).

Cette particularité permet de disposer de solutions de télécommunications dans la plupart des pays. En fonction des pays et du type de trafic échangé, il peut être proposé des facturations au volume, au temps de connexion ou encore au forfait. La densité très importante d'équipements d'accès distants (modes synchrone ou asynchrone) permet également de disposer de solutions particulières pour des itinérants.

Conclusion

Les réseaux longue distance (*WAN*) permettent la mise en liaison d'au moins deux équipements, quelle que soit la distance qui les sépare. Par exemple, un individu passionné de la solitude des déserts peut mettre son ordinateur, situé dans le désert du Sahara, sans problème en communication avec un téléphone, à Vancouver, en passant par les continents, les océans, même l'espace (grâce aux satellites). Ce type de réseau peut transporter des données à de forts débits en se servant de dorsales (*backbones*) très rapides (34 à 45 Mbps).

Le « rapide » exemple cité ci-dessus implique qu'au vu des énormes possibilités de l'architecture des réseaux longue distance, les responsables informatiques se doivent de se

remettre en permanence en question. Ils doivent non seulement faire face à des impératifs d'optimisation de leur infrastructure informatique mais aussi améliorer constamment l'efficacité du déploiement des applications qu'ils jugent critiques. Ils doivent de ce fait assurer une gestion et un support utilisateur rapide et efficace. Ils doivent être capables d'étendre l'accès des applications critiques aux utilisateurs, quel que soit le type de connexion, l'emplacement ou le poste utilisé. Ils doivent être en mesure d'offrir des performances de haut niveau et d'assurer un niveau de sécurité sans faille. Ils sont ainsi amenés à maîtriser ce qui doit être le B-A-BA, aujourd'hui : la technologie *xDSL*.

Cette technologie concilie des débits élevés fournis jusqu'à l'abonné, sans mettre en cause la majeure partie de l'infrastructure existante. Conçue en 1990 dans les laboratoires de AT&T et de l'Université nord-américaine de Stanford, la technique *ADSL* transforme une ligne téléphonique classique en liaison haut débit. Elle permet de transporter des applications multimédias comme la visioconférence, d'accéder à Internet, à la vidéo à la demande et d'interconnecter les réseaux locaux.

Ce qu'il faut retenir, c'est que les réseaux longue distance permettent de raccorder des sites disséminés à travers le monde et sont mis en œuvre tant pour les besoins en télécommunications par des entreprises multinationales que pour Internet, par l'interconnexion des nœuds de communication à l'aide de dorsales à hauts débits. Les utilisateurs de ces réseaux se servant de logiciels de plus en plus gourmands en ressources (*multimédia*), les opérateurs, pour les satisfaire, se doivent de faire évoluer leurs infrastructures vers des infrastructures à très hauts débits.