

Introduction aux réseaux locaux et étendus

Olivier Hoarau (olivier.hoarau@fnac.net)

V1.0 du 1.10.00

1	Préambule.....	3
2	Les réseaux locaux	3
2.1	Présentation des réseaux locaux.....	3
2.1.1	Introduction	3
2.1.2	Critères de classement.....	4
2.1.2.1	Présentation	4
2.1.2.2	Aspect géographique	4
2.1.2.3	Aspect physique	4
2.2	Les protocoles de réseaux locaux.....	5
2.2.1	Le protocole OSI	5
2.2.1.1	Définition de protocole.....	5
2.2.1.2	Présentation	5
2.2.1.3	Description	5
2.2.2	Le protocole TCP/IP.....	6
2.2.2.1	Présentation	6
2.2.2.2	Description	6
2.2.2.3	Analogie TCP/IP modèle ISO	7
2.2.3	Le protocole Ethernet	7
2.2.3.1	Présentation	7
2.2.3.2	Procédés d'accès	8
2.2.3.3	Interface IP/Ethernet	8
2.2.4	Le câblage Ethernet.....	9
2.2.4.1	Présentation	9
2.2.4.2	10Base5 Ethernet Gros.....	9
2.2.4.3	10Base2, Ethernet Fin, Cheapernet	10
2.2.4.4	10BaseT, Ethernet Paire Torsadée	10
2.2.5	Exemple avec TCP/IP et Ethernet.....	11
2.2.6	Les autres protocoles.....	12
2.2.6.1	Netware	12
2.2.6.2	Appletalk	12
2.2.6.3	SNA.....	12
2.3	Architecture de réseau local	13
2.3.1	Présentation	13
2.3.1.1	Définition d'un réseau local.....	13

2.3.1.2	Les objectifs	13
2.3.2	Caractéristiques fondamentales.....	13
2.3.2.1	Présentation	13
2.3.2.2	Le support de communication	13
2.3.2.3	Topologie	14
2.3.3	Eléments de réseau	15
2.3.3.1	Les répéteurs	15
2.3.3.2	Les concentrateurs et les hubs.....	16
2.3.3.3	Les ponts	17
2.3.3.4	Les commutateurs	17
2.3.3.5	Les routeurs	19
2.3.3.6	Les passerelles.....	19
3	Les réseaux longues distances.....	20
3.1	Le Réseau Téléphonique Commuté	20
3.1.1	Présentation	20
3.1.2	Principe de fonctionnement.....	20
3.1.3	Comment ça marche.....	21
3.1.4	Les modems.....	22
3.2	X25 et Frame Relay.....	22
3.2.1	X25	22
3.2.1.1	Présentation	22
3.2.1.2	Fonctionnement	22
3.2.2	TRANSPAC	23
3.2.2.1	Présentation	23
3.2.2.2	Structure du réseau TRANSPAC	24
3.2.3	Commutation de trames (Frame Relay)	25
3.2.3.1	Présentation	25
3.2.3.2	Fonctionnement	25
3.2.4	Frame Relay contre X25	25
3.3	RNIS.....	26
3.3.1	Présentation	26
3.3.2	NUMERIS	26
3.3.2.1	Présentation	26
3.3.2.2	Accès au réseau NUMERIS	27
3.3.2.3	Les prestations de NUMERIS	27
3.4	ATM.....	28
3.4.1	Présentation	28
3.4.2	Description	28
3.5	Les protocoles de routage.....	29
3.5.1	Présentation	29
3.5.2	Classification des protocoles de routage	29
3.5.3	Routage et commutation.....	30
3.5.4	Les modèles de routage	31
3.5.4.1	Le modèle traditionnel	31
3.5.4.2	Le modèle distribué	31
3.5.4.3	Le modèle virtuel	32

1 Préambule

Ce document est une introduction aux réseaux locaux et étendus.

La dernière version de ce document est téléchargeable à l'URL <http://funix.free.fr>. Ce document peut être reproduit et distribué librement dès lors qu'il n'est pas modifié et qu'il soit toujours fait mention de son origine et de son auteur, si vous avez l'intention de le modifier ou d'y apporter des rajouts, contactez l'auteur pour en faire profiter tout le monde.

Ce document ne peut pas être utilisé dans un but commercial sans le consentement de son auteur.

2 Les réseaux locaux

2.1 Présentation des réseaux locaux

2.1.1 Introduction

L'époque où les réseaux se composaient d'une machine isolée complétée d'un ensemble de terminaux connectés par des liaisons séries est maintenant bien révolue, bien qu'encore très proche. Les dinosaures qui se raccrochent encore aujourd'hui à cette façon de voir les choses seront démentis par l'évolution. Aujourd'hui, les réseaux d'ordinateurs forment une gigantesque toile d'araignée qui couvre toute la planète.

Les avantages procurés par le réseau sont indéniables, en voici une liste non exhaustive:

- Partage de ressources: par exemple, plus la peine d'avoir une imprimante pour chaque poste, une seule suffit
- Augmentation de la disponibilité et de la fiabilité : plus de gros serveur unique, les serveurs ont des doubles qui peuvent prendre le relais instantanément en cas de problème
- Economie : 10 postes de travail coûtent beaucoup moins cher qu'un seul gros serveur et sont tout autant efficaces si ce n'est plus
- Communication : par définition un réseau relie des postes de travail et permet donc l'échange d'informations comme la messagerie, et le travail à distance

Les premiers ordinateurs ont fait leur apparition dans les 40, par la suite dans les années 50 et 60 son principe n'avait pas trop évolué, c'était des "gros" ordinateurs appelés mainframe et qui était en fait surtout gros par leur taille. L'interactivité n'était pas d'actualité, les programmes étaient saisis sur des cartes perforées à insérer dans un lecteur, l'ordinateur les lisant comme un orgue de barbarie ! Chaque carte correspondait grosso modo à une instruction, et les applications s'exécutaient en général selon le mode batch, (encore appelé le traitement par lot), c'est à dire l'une après l'autre. Il n'y avait passage à l'application suivante que lorsque l'application en cours était achevée. Vers 1970 sont apparus les mini-ordinateurs, possédant leurs propres ressources (unité centrale, unité de stockage, imprimante), exécutant des applications spécifiques. Comme on avait moins recours à un gros ordinateur central, on parlait alors de traitement décentralisé. Dans le milieu des années 70 est né le besoin de partager, d'abord les imprimantes, puis les données et les unités de stockage et pourquoi pas

les programmes ? Le besoin de communiquer entre ordinateurs est alors apparu, et l'on a commencé à voir les premiers réseaux de communications apparaître.

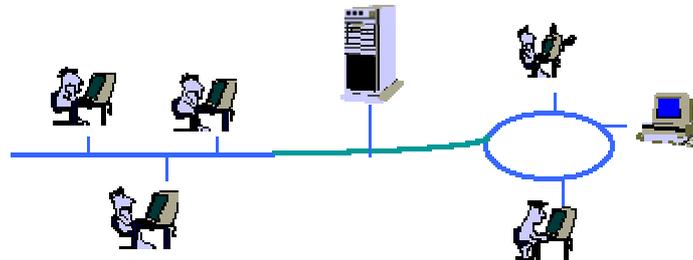
2.1.2 Critères de classement

2.1.2.1 Présentation

On peut classer les réseaux suivant différents critères.

2.1.2.2 Aspect géographique

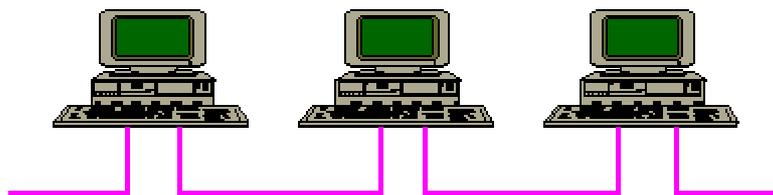
On distingue deux types de réseaux, les réseaux locaux et les réseaux étendus. Les premiers relient des machines qui sont comprises dans un rayon d'à peu près dix kilomètres (voire plus ou moins), les seconds relient des machines sur des plus grandes distances. Généralement ces deux types de réseaux s'appuient sur des protocoles différents et spécifiques des réseaux locaux ou des réseaux étendus.



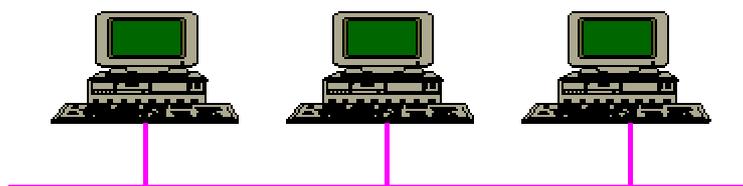
2.1.2.3 Aspect physique

Un réseau qu'il soit local ou étendu peut aussi se différencier grâce à son support de communication qui peut être un fil de cuivre, une fibre optique ou autre.

Il se différencie aussi par le type de connexion élémentaire. Il existe deux types de connexions élémentaires, le point à point et le multipoint. Le point à point concerne surtout les réseaux longues distances, on peut prendre pour exemple le réseau téléphonique commuté, un appel téléphonique est transmis à un seul abonné.



Le multipoint concerne surtout les réseaux locaux, quand une station envoie un message tout le monde peut lire le message que cela le concerne ou non, on parle aussi de réseau à diffusion.



2.2 Les protocoles de réseaux locaux

2.2.1 Le protocole OSI

2.2.1.1 Définition de protocole

Un protocole est un ensemble de règles destiné à une tâche de communication particulière, deux ordinateurs doivent utiliser le même protocole pour pouvoir communiquer entre eux, en d'autres termes ils doivent parler le même langage pour se comprendre. Un gestionnaire de protocole est un programme qui met en oeuvre un protocole particulier.

2.2.1.2 Présentation

Très peu, si ce n'est aucun constructeur couvre tout le marché des matériels réseaux, chacun s'est spécialisé dans un domaine, la communication bas niveau ou haut niveau par exemple. Les entreprises et autres universités ont dû faire appel à plusieurs d'entre eux pour leur matériel de télécommunications. Or, les architectures réseau et les protocoles propriétaires développés par les constructeurs sont souvent incompatibles et ne peuvent donc pas communiquer. Pour résoudre ces problèmes de compatibilité l'Organisation de Standardisation Internationale a mis en place une norme appelée OSI pour Open Systems Interconnection (interconnexion des systèmes ouverts) pour permettre à des appareils issus de différents constructeurs de communiquer entre eux. La norme OSI, ou modèle OSI, est basé sur un principe de couches, pour chacune d'entre elles, sont défini un ensemble de règles pour la transmission des données.

2.2.1.3 Description

Le modèle ISO d'OSI (International Standardization Organisation / Open Systems Interconnection) est un modèle à 7 couches décrivant les protocoles OSI. Ces couches décrivent précisément les règles à appliquer pour que deux systèmes puissent communiquer, du niveau le plus bas, c'est à dire le hardware, jusqu'au niveau le plus haut, c'est à dire l'application ou le logiciel. Les couches supérieures interviennent sur les couches basses et vice-versa. Le tableau ci-dessous décrit le rôle de chaque couche:

Niveau 7: **Application** Applications spécifiques

Niveau 6: **Présentation** Présentation globale et unifiée de l'information, interprétation, cryptage, compression de données

Niveau 5: **Session** Etablissement et contrôle de séances de communication, contrôle des accès.

Niveau 4: **Transport** C'est la couche intermédiaire entre les niveaux traitements de l'information (couches hautes) et les couches basses de transmission de l'information. Elle établit une liaison virtuelle entre deux ordinateurs de façon tout à fait indépendante du type du réseau quelque soit sa qualité intrinsèque pour acheminer les données. Une adresse est attribuée à l'ordinateur distant. Les données manipulées à ce niveau sont appelées message, ce sont des paquets ré assemblés

Niveau 3: **Réseau** Cette couche assure l'acheminement des données dans le réseau, les données sont appelées à ce niveau là paquet. La couche réseau s'occupe du choix des trajets, de la mise en relation de plusieurs réseaux, du multiplexage des accès physiques au réseau.

Pour acheminer les données une route doit être définie entre les différentes entités traversées, on parle alors de routage. Deux types de routage principaux coexistent :

- routage par datagramme: c'est à dire sans connexion (sans chemin préétabli)

- routage avec circuit virtuel: c'est à dire avec connexion (avec chemin préétabli)

Niveau 2: **Liaison** de données Cette couche permet l'établissement d'une liaison physique correcte entre le système et le réseau. Les données manipulées sont appelées bloc, la couche s'occupe de l'assemblage des données en blocs, de la synchronisation des blocs lors de l'envoi ou de la réception, et de la détection et correction des erreurs de transfert

Niveau 1: **Physique** Cette couche s'occupe de la transmission de séquence de bits en utilisant un média de communication quelconque. A ce niveau il n'existe aucun traitement spécifique

2.2.2 Le protocole TCP/IP

2.2.2.1 Présentation

Le protocole TCP/IP est le protocole le plus utilisé actuellement que ce soit pour des réseaux locaux ou de plus grandes dimensions. Le protocole TCP/IP (Transmission Control Protocol / Internet Protocol) a été développé par le ministère de la Défense des Etats Unis (DOD) à partir du début des années 70 pour servir de base au réseau militaire ARPANET qui est devenu plus tard Internet. Ce protocole est tellement répandu qu'il en est devenu une norme de fait, aucun constructeur ne peut faire l'impasse TCP/IP, s'il ne veut pas que son produit soit rejeté, il est donc disponible sur tous les systèmes informatiques, il est livré en standard sans supplément et par défaut pour toutes les stations de travail fonctionnant sous Unix, c'est aussi le cas pour Windows à partir de la version Windows 95.

La particularité de TCP/IP est qu'il n'a pas été conçu pour une type de réseau particulier, et pour un type de machine bien spécifique, il peut s'adapter pour tous les types de matériels. Il est même très souvent utilisé pour connecter des réseaux complètement différents (hétérogènes) par exemple l'un utilisant de la fibre optique et l'autre du coaxial. De même pour la couche applicative, des ordinateurs de marque différentes qu'ils fonctionnent sous UNIX (que ce soit LINUX, HP-UX, Solaris, AIX, IRIX, ...) ou sous Windows peuvent s'interconnecter. C'est un protocole qui est maintenant éprouvé depuis une dizaines d'années pour relier un réseau complètement hétérogène, il est bien standardisé et très bien documenté. Basées sur ce protocole, des applications ont été développés et sont devenus des "standards", ce sont entre autres FTP (File Transfert Protocol) qui permet le transfert de fichier, TELNET (TELEtype NETwork) ou Rlogin (Remote Login) qui permettent la connexion à un ordinateur distant.

2.2.2.2 Description

TCP/IP, comme son nom l'indique, est en fait constitué de deux protocoles TCP et IP.

TCP (Transmission Control Protocol) se situe au niveau transport du modèle OSI, il s'occupe donc d'établir une liaison virtuelle entre deux ordinateurs. Au niveau de l'ordinateur émetteur, TCP reçoit les données de l'application dans un buffer, les sépare en datagrammes pour pouvoir les envoyer séparément, l'ordinateur distant (qui utilise le même protocole) à la réception doit émettre un accusé de réception, sans celui-ci, le datagramme est ré émis. Au

niveau de l'ordinateur récepteur, TCP ré assemble les datagrammes pour qu'ils soient transmis à l'application dans le bon ordre.

IP (Internet Protocol) IP assure l'acheminement de chaque paquet sur le réseau en choisissant la route la plus appropriée. Pour pouvoir s'y retrouver IP va de pair avec un système d'adressage qui identifie de manière unique les réseaux traversés ainsi que chaque entité d'un réseau (appelé aussi nœud: ordinateur, routeur, ...).

La relation entre TCP et IP et la suivante, TCP fait passer à IP un datagramme accompagné de sa destination, IP ne s'occupe pas de l'ordre d'expédition, c'est TCP qui s'occupe de tout remettre en ordre, il se contente de trouver la meilleure route possible.

Souvent les termes « datagrammes » et « paquet » semblent identiques. En fait, on parle de datagramme lorsqu'il est question de TCP (couche 4 de l'OSI), le datagramme est l'unité de données. On parle de paquet pour les couches réseaux (3 IP) et liaison (2 et 1), c'est est une réalité physique, on peut les voir circuler sur le réseau. Généralement, un paquet contient seulement un datagramme, si bien que concrètement, il y a peu de différence entre les deux.

2.2.2.3 Analogie TCP/IP modèle ISO

TCP/IP est apparu bien avant la définition du modèle OSI si bien qu'il ne colle pas tout à fait avec ce dernier. On peut cependant faire l'analogie de TCP/IP avec le modèle en couches (voir figure).

	Couche OSI	Fonction	Adresse utilisée
7	Application	Applicatifs réseau TELNET	Nom de l'hôte
6	Présentation	Interprétation des données SMTP	Nom de l'hôte nom du nœud
5	Session	Contrôle de la connexion	Adresse du socket
4	Transport	Transmission des données TCP	Adresse du port
3	Réseau	Routing et commutation IP	Adresse Internet
2	Liaison	Constitution des paquets et détection des erreurs Ethernet	Adresse de niveau liaison
1	Physique	Connexion physique	Pas de plan d'adressage

Tout d'abord on voit que TCP et IP ne couvrent que la couche 4 et 3, les autres

2.2.3 Le protocole Ethernet

2.2.3.1 Présentation

Sous le concept d'Ethernet, on regroupe aussi bien la couche 1 physique qui correspond au média de transmission que la couche 2 de liaison qui fait un contrôle de premier niveau sur la qualité des données transmises. C'est la société Xerox qui a mis au point Ethernet avec tous les protocoles qui le compose. Ethernet s'est peu à peu propagé comme une norme de fait pour les réseaux locaux, si bien que l'Institute of Electrical and Electronic Engineers (en abrégé

IEEE) s'est basé sur Ethernet pour définir une norme officielle. Ainsi est apparu la norme IEEE 802.3, issue d'Ethernet de Xerox. La norme IEEE 802.3 et l'Ethernet original de Xerox ne sont pas totalement identiques, ils se différencient par quelques détails. En toute rigueur on ne devrait pas parler d'Ethernet qui est un protocole propriétaire mais de norme IEEE, dans les faits on entend plus souvent parler d'Ethernet que d'IEEE 802.X. Ethernet utilise une transmission de type bande de base, c'est à dire qu'il ne peut y avoir qu'un message à la fois qui emprunte le support de communication, par opposition au transmission large bande où plusieurs messages peuvent emprunter le support de communication en même temps.

Ethernet est utilisé pour les réseaux locaux, il permet des communications à grand débit (10Mbits/s et de plus en plus 100Mbits/s) en utilisant soit du coaxial (en perte de vitesse) entre des ordinateurs situés dans un réseau à moyenne distance. C'est l'université d'Hawaï qui a effectué les premiers essais d'Ethernet, il utilisait alors les ondes radio comme support de transmission, le réseau était appelé Aloha du nom de l'université. Le rendement était pas terrible, le canal de transmission n'étant utilisé qu'à hauteur de 18%. Depuis le protocole a été un peu amélioré, il est connu sous le nom de CSMA-CD (Carrier Sense Multiple Acces with Collision Detect).

2.2.3.2 Procédés d'accès

La manière d'accéder au support de transmission (protocole d'accès) est conforme à la norme IEEE 802.3. Les ordinateurs sont connectés au réseau en utilisant un contrôleur Ethernet qui gère les accès au support de transmission. Chaque message à envoyer sur le réseau par un ordinateur passe d'abord par le contrôleur. Avant de transmettre le message, le contrôleur écoute le support de communication pour voir si personne ne l'utilise. Si le bus est occupé la transmission est reportée à la fin de celle en cours. Si plusieurs contrôleurs essaient d'envoyer leur message en même temps sur le support de transmission, à la fin d'une transmission en cours, il va y avoir un mélange de messages sur le support de transmission et donc une impossibilité d'exploiter quoi que ce soit, on parle aussi de collision. Les contrôleurs sont munis d'un dispositif de détection de collision. Dès la détection d'une collision, le contrôleur cesse d'émettre. Par une procédure interne, chaque contrôleur s'alloue un délai aléatoire avant de se mettre à l'écoute support de transmission pour émettre à nouveau. Le délai d'attente est fixé en fonction du nombre de collisions subies par le message en cours de transmission (Algorithme de Back off). Le nombre de collisions est limité à 16. Passée cette limite le message est rejeté par le contrôleur.

2.2.3.3 Interface IP/Ethernet

Au niveau Ethernet on se sert de l'adresse Ethernet qui a été déterminé en usine sur la carte réseau, or au niveau de la couche Internet (couche 3 réseau), on se sert de l'adresse IP, comment faire la correspondance entre les deux ?

Le problème est de trouver une adresse Ethernet à partir de l'adresse IP ou vice versa. Le protocole ARP (Address Resolution Protocol) permet de trouver l'adresse Ethernet d'une machine en donnant son adresse IP. L'exemple suivant va permettre d'expliquer son fonctionnement. Soit deux machines A et B sur le même segment Ethernet. La machine A veut envoyer un datagramme à la machine B. Elle connaît son adresse IP, mais pas son adresse Ethernet:

· A envoie un message à destination de toutes les machines connectés (message broadcast) ce message demande si quelqu'un connaît l'adresse Ethernet de B

- B reçoit comme toutes les autres machines la trame de broadcast et répond à A en lui donnant son adresse Ethernet

- si c'est une autre machine qui répond à la place de A on parle alors de « Proxy ARP »

Parallèlement à ARP, le protocole RARP (Reverse Address Resolution Protocol) permet de demander une adresse IP en indiquant l'adresse Ethernet. Ce protocole est utilisé au moment du « boot » par certains équipements comme les terminaux X. En effet ces derniers au boot connaissent leur adresse Ethernet mais pas leur adresse IP que doit leur décerner un serveur de boot.

2.2.4 Le câblage Ethernet

2.2.4.1 Présentation

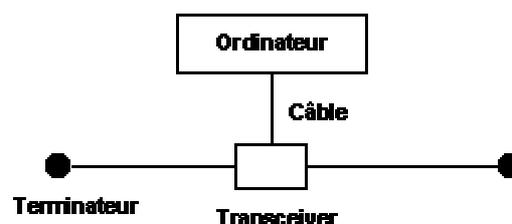
On a vu qu'Ethernet regroupait les couches les plus basses, au niveau de la couche physique, on peut théoriquement mettre ce qu'on veut en matière de support de communication, dans les faits certains types de support se sont imposés. Dans un premier temps ça était le coaxial principalement, à présent la paire torsadée est en train de s'imposer.

2.2.4.2 10Base5 Ethernet Gros

2.2.4.2.1 Présentation

Le câble Ethernet initial était un gros câble assez rigide de couleur jaune, il est repéré par la norme 10Base5 ou plus communément Ethernet Gros. Chaque station est connectée au câble par l'intermédiaire d'un transceiver, ce dernier étant connectée à une prise AUI sur l'ordinateur au moyen d'un câble appelé câble de descente. Pour installer un ordinateur sur le réseau, on ne coupe pas le câble, le transceiver agit comme une prise pirate, il perce le câble et relie électriquement l'ordinateur par une épine au câble central. Lors de toute nouvelle installation d'un ordinateur sur un réseau, le câble n'est jamais interrompu. Le rôle du transceiver est de recevoir et de transmettre les données, c'est donc lui qui est chargé d'écouter le câble et de détecter les collisions. Le second rôle du transceiver consiste en l'isolation électrique entre la station et l'Ethernet gros. Le transceiver est alimenté par le câble de descente venant de la station. Le câble Ethernet Gros peut être constitué de différents segments de câbles couplés avec des connecteurs de liaison. Mais la somme totale des différentes longueurs de segments ne doit pas excéder 500m. Les câbles doivent avoir aux deux extrémités un terminateur de 50 ohms. Plusieurs segments Ethernet Gros peuvent être reliés afin de former un plus grand réseau.

2.2.4.2.2 Topologie

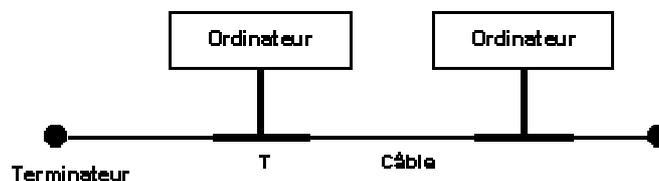


2.2.4.3 10Base2, Ethernet Fin, Cheapernet

2.2.4.3.1 Présentation

Cette variante d'Ethernet correspond à la norme 10Base2, ou Ethernet Fin, il fonctionne strictement de la même manière qu'Ethernet Gros, la différence est dans le nom le câble utilisé et nettement plus fin, plus souple, généralement noir et aussi moins cher. Par contre Ethernet Fin ne permet qu'une longueur totale maximale du câble de 185m et un nombre de stations limité à 30 (la distance minimale entre deux stations devant être de 0,5m). Par ailleurs, lors de l'installation d'une station sur Ethernet Fin le câble doit être coupé. Pour cela on utilise de la connectique BNC comme les T. Les deux extrémités d'un câble Ethernet doivent être munies d'un terminateur (50 ohms), ces terminaisons "absorbent" les messages et évitent qu'ils "rebondissent" sur le câble.

2.2.4.3.2 Topologie

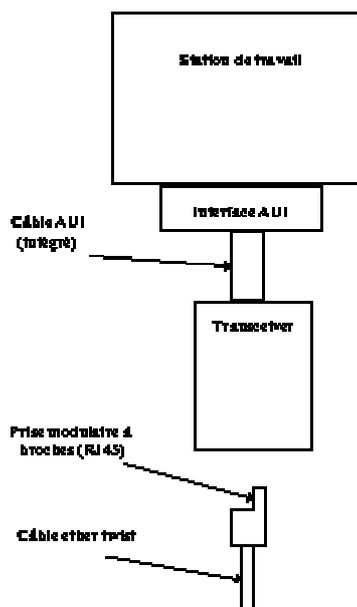


2.2.4.4 10BaseT, Ethernet Paire Torsadée

2.2.4.4.1 Présentation

10BaseT est appelé aussi Ethernet Paire Torsadée ou Twisted Paire. Le câble 10BaseT a une longueur maximale de 100m, il a habituellement à l'une de ses extrémités un concentrateur multiport 10BaseT, appelé également Hub et à l'autre soit un transceiver 10BaseT sur une station.

2.2.4.4.2 Topologie



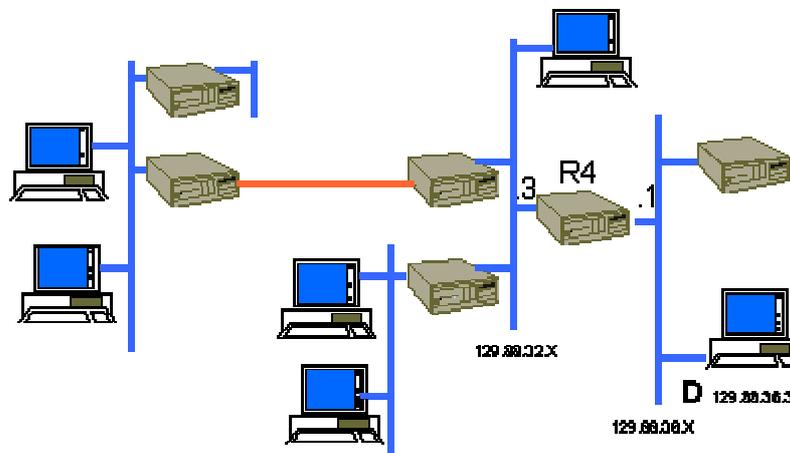
2.2.4.4.3 Les interfaces réseaux

Il existe plusieurs types de stations, ils doivent tous être dotés chacun d'une interface Ethernet pour les relier au réseau. Si une station est branchée d'office sur le câble Ethernet, ce sera

souvent la prise AUI (Attachement Unit Interface - DB 15) qui sera utilisée. Les appareils récents disposent également d'un port 10BaseT. S'il s'avère nécessaire de devoir en premier lieu équiper l'ordinateur d'une carte réseau, il faudra s'assurer que l'on dispose du bus adéquat (avec pilote), d'un port AUI, 10Base2 (BNC prise coaxial), 10Base-T (prise RJ45), ou d'une combinaison des trois. D'autres stations sont par exemple des terminaux ou des stations de travail avec un branchement Ethernet intégré, des serveurs de terminaux, des ponts ou des routeurs destinés à la connexion sur d'autres réseaux. Si une station dispose d'une prise AUI (15 broches, connecteur double rangée), elle pourra alors être connectée à différents médias (Ethernet Gros, Ethernet Fin, Ethernet Paire torsadée, Fibre Optique), à l'aide des transceivers correspondants.

2.2.5 Exemple avec TCP/IP et Ethernet

Un utilisateur sur la machine B, entre la commande : " telnet machine D " (telnet étant une connexion à distance).



Que se passe-t-il?

- La machine B (adresse IP 129.88.32.2) traduit le nom " machine D " en adresse IP 129.88.36.3, d'après sa table hosts (liste des correspondances nom de la machine-adresse IP) ou après interrogation d'un serveur de nom (qui fait la correspondance entre le nom de la machine et l'adresse IP). Si elle ne trouve pas, le message suivant s'affiche " host unknown "
- Comment atteindre 129.88.36.3. Ce n'est pas un numéro 129.88.32.X, il faut donc passer par un routeur (voir plus loin rôle du routeur). B regarde sa table de routage pour connaître par quel routeur elle doit passer, il faut passer par le routeur R4 d'adresse IP 129.88.32.3.
- B émet une trame " broadcast " Ethernet après avoir vérifié qu'elle n'a pas déjà l'information dans sa table ARP (qui donne la correspondance entre l'adresse IP et l'adresse Ethernet), cette trame demande qu'elle est l'adresse Ethernet de 129.88.36.3. Le routeur R4 répond à B (RARP): l'adresse Ethernet de 129.88.36.3 est 0:0:c:0:5b:37
- B envoie une trame Ethernet avec l'adresse de destination 0:0:c:0:5b:37, incluant un datagramme IP (adresse origine 129.88.32.2 et adresse destination 129.88.36.3) contenant un segment TCP avec un numéro de port destinataire pour telnet (port 23).

- R4 reçoit la trame Ethernet, extrait le datagramme IP, l'adresse IP du destinataire et cherche où l'envoyer. Il a une interface (129.88.36.1) de la forme 129.88.36.X. Il sait donc que 129.88.36.3 est sur le segment Ethernet de son interface 129.88.36.1.
- R4 recherche alors l'adresse Ethernet de 129.88.36.3. S'il ne le trouve pas dans sa table ARP, il envoie un broadcast ARP. Il peut ensuite envoyer le datagramme IP à la machine D.
- D reçoit le datagramme IP. Il extrait le segment TCP, ouvre une session TCP, avec l'indication du port numéro 23, il appelle le service (l'application) associé ici TELNET.
- TELNET demande le nom de l'utilisateur, la question est transportée par un segment TCP, dans un datagramme IP (adresse origine 129.88.36.3 et adresse destination 129.88.32.2)
- Pour envoyer ce datagramme, la machine D cherche l'itinéraire avec la même méthode que la machine B au départ (table de routage, ARP,...)

Remarques:

- D ne tient pas compte de la précédente arrivée d'un datagramme IP pour trouver l'itinéraire de la réponse. Il refait le raisonnement, comme s'il n'avait rien reçu.
- Pour tester la connectivité IP, il n'est pas utile de tester un appel de B vers A, si on a déjà testé un appel de A vers B
- Le broadcast ARP n'est utilisé que lors de la première recherche d'adresse Ethernet

2.2.6 Les autres protocoles

2.2.6.1 Netware

Netware de la société Novell utilise un protocole propriétaire IPX. Il est utilisé pour les réseaux locaux de PC, généralement dans un réseau Netware on trouve un ou plusieurs serveurs de fichiers et des clients. On peut néanmoins connecter un réseau basé sur TCP/IP à un réseau IPX. Un serveur Netware peut "comprendre" un message IP (encapsulation).

2.2.6.2 Appletalk

Appletalk est un protocole de réseau propriétaire développé par Apple pour ses ordinateurs dont les célèbres Macintosh et ses périphériques associés. Il n'y a pas de poste qui tient office de serveurs dédiés, par contre on peut partager des ressources comme les imprimantes, les disques et les applications. La connexion entre réseaux Appletalk et TCP/IP est toujours possible au moyen de passerelle.

2.2.6.3 SNA

Le gros problème de TCP/IP est qu'il n'a pas été pensé comme un protocole sûr, la confidentialité et l'intégrité des données ne sont pas son fort, qui plus est on est pas assuré à 100% que les données arrivent à destination sans dommage. Beaucoup d'entreprises ne voulaient pas faire transiter leurs informations confidentielles sur ce réseau du fait de son manque de sécurité. Pour pallier aux insuffisances de TCP/IP, IBM développa SNA Systems Network Architecture, c'est un protocole hyper sécurisé, qui vérifie tout ce qui peut l'être avant toute expédition, toute erreur ou anomalie est systématiquement transmise à

l'administrateur du système. SNA est très différent de TCP/IP. Avec ce dernier IP se charge d'acheminer des paquets, ils peuvent partir dans le désordre et avoir des chemins différents, TCP se charge de remettre tout ça en ordre. Avec SNA, avant de communiquer deux machines ont l'obligation d'ouvrir une session de communication, dans cette dernière est décrit précisément le chemin qui va être pris ainsi que le contenu du message. Le réseau SNA est donc un réseau très sécurisé et très fiable, mais qui d'un point administrateur est très exigeant.

2.3 Architecture de réseau local

2.3.1 Présentation

2.3.1.1 Définition d'un réseau local

Un réseau local ou LAN en anglais (Local Area Network) permet la connexion d'un ensemble de postes afin d'échanger ou de partager des informations, il permet aussi le partage de ressource (disque, imprimante, ...), ces postes généralement appartiennent à la même entité (bureau, entreprise, campus), ils sont circonscrits dans une zone géographique d'environ 10 km de rayon (limite de l'entité).

2.3.1.2 Les objectifs

Les qualités d'un réseau local sont les suivantes:

- Le transfert de données doit être rapide
- L'utilisateur ne doit pas voir les protocoles et l'architecture du réseau, tout cela doit être transparent pour lui.
- Personne ne doit être privilégié sur le réseau, l'accès au réseau doit être équitable.
- Le réseau local doit être fiable, le réseau doit être suffisamment "intelligent" pour pallier aux pannes éventuelles, sans que les utilisateurs s'en rendent compte.
- Le réseau doit être ouvert sur l'extérieur à d'autres réseaux.
- Le réseau doit pouvoir évoluer et être étendu.

2.3.2 Caractéristiques fondamentales

2.3.2.1 Présentation

Les caractéristiques des réseaux locaux sont relatives au support de transmission, au type de transmission, et à la topologie (type d'architecture) du réseau.

2.3.2.2 Le support de communication

Les supports utilisés dans les réseaux locaux sont:

- La paire torsadée
- Le câble coaxial
- La fibre optique

- Les ondes radioélectriques

Pour choisir l'un ou l'autre de ces supports, on peut considérer ces critères:

- Le débit de données ou bande passante (plus la bande est large, plus le débit de données est important)

- La sensibilité au bruit. (une fibre optique est quasiment insensible au bruit)

- La portée du support de communication (distance maximale atteinte par le signal électrique sans dégradation)

- Le coût

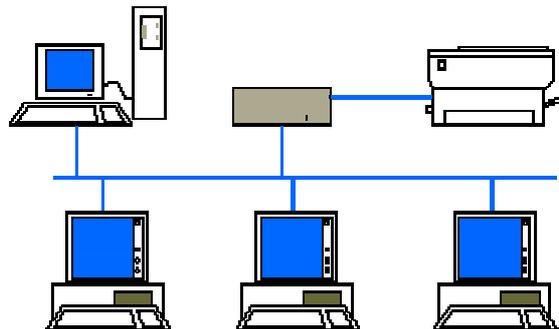
- La facilité d'installation

- ...

2.3.2.3 Topologie

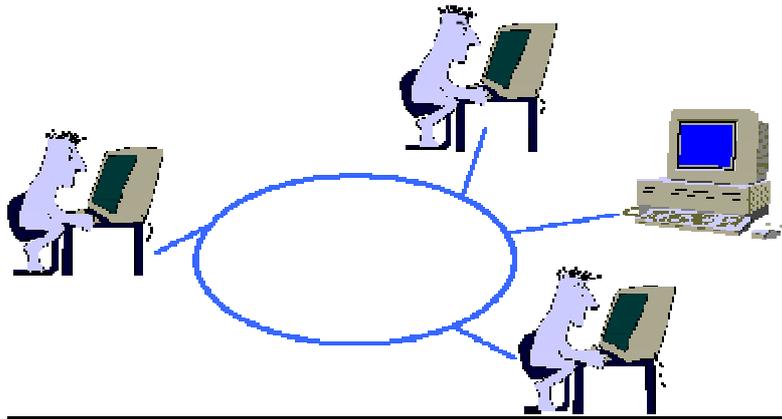
La topologie est l'architecture physique des câbles qui forment le réseau. Les trois topologies de base sont le bus, l'étoile et l'anneau:

2.3.2.3.1 La topologie BUS



Les stations sont toutes connectées à un câble appelé BUS (ligne de transfert des données). Ce type de topologie de communication est multipoint ou diffusant, c'est à dire qu'une information transmise par une station est reçue par toutes les autres stations, les câblages Ethernet 10Base5 et 10Base2 utilisent ce type de topologie. Aux extrémités du bus, on trouve un "bouchon" qui va absorber les messages qu'il reçoit pour éviter qu'ils "ricochent". Les stations "écoutent" le bus pour récupérer les messages dont ils sont destinataires et envoient des messages sur le bus. Le problème de l'émission simultanée de messages par plusieurs machines a été résolu d'une certaine manière avec Ethernet, il existe d'autres méthodes comme par exemple la technique du TOKEN BUS développée par IBM. Un jeton (token) circule sur le bus, pour émettre une station doit prendre le jeton et le rendre à l'issue de sa transmission. Le temps de conservation du jeton par la station est déterminé, et le jeton doit être rendu à son expiration.

2.3.2.3.2 La topologie en ANNEAU



Les stations sont connectées à un câble qui forme une boucle ou anneau (Ring). Contrairement à la topologie bus, les stations connectées récupèrent tout ce qui passe sur le réseau, trie, récupère les données dont elles sont destinataires puis remettent tous sur l'anneau. Les messages après utilisation doivent être supprimés par la station destinataire ou émettrice. Si la station qui doit supprimer le message est en avarie, le message circulera à l'infini sur l'anneau, aucun bouchon ne venant l'absorber. D'où la nécessité d'avoir une station qui vérifie si il n'y a pas des messages qui tournent sans cesse, dans ce cas ces derniers sont supprimés. Pour gérer l'émission simultanée un mécanisme TOKEN RING est souvent utilisé (il est semblable au mécanisme TOKEN BUS). L'ajout d'une station du réseau bloque le fonctionnement du réseau.

2.3.2.3.3 La topologie en ETOILE

C'est la topologie "historique" de l'histoire de l'informatique, elle est caractérisée par un équipement central qui contrôle tous les autres. Tout message émis doit passer obligatoirement par cet équipement central avant d'en atteindre un autre. Ce type de réseau n'est plus très peu utilisé, puisque la vitesse de transmission est relativement faible, et qu'il y a des problèmes de fiabilité du nœud central.

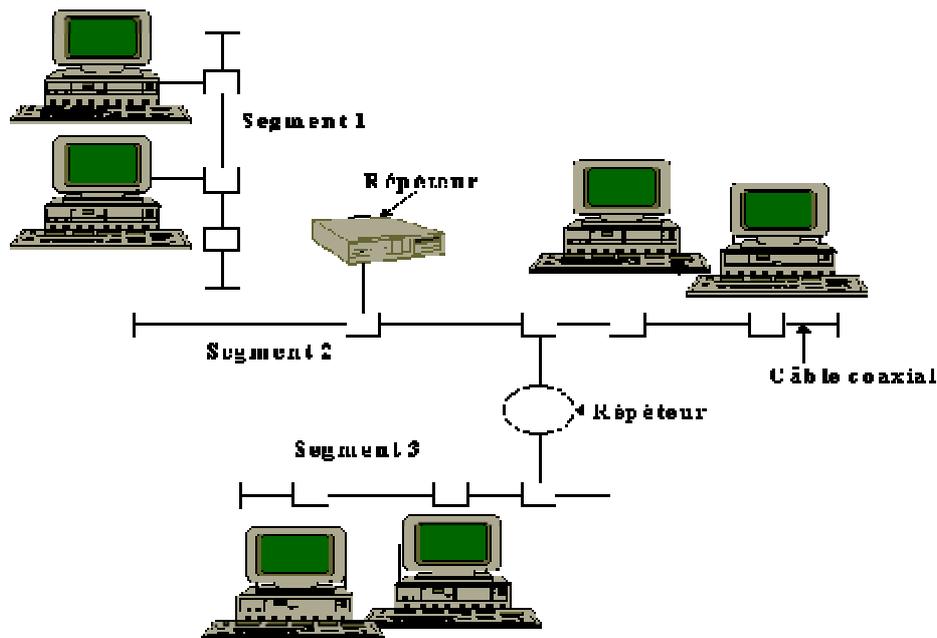
2.3.3 Eléments de réseau

2.3.3.1 Les répéteurs

Un segment Ethernet (Fin ou Gros) est physiquement limité, on peut néanmoins le prolonger voire le connecter à d'autres segments grâce à des petites boîtes appelées répéteurs. On peut ainsi avoir des réseaux coaxiaux qui s'étendent sur bien plus de 500m. En plus de leur fonction de connexion, ils permettent en plus d'empêcher qu'une interférence apparue sur un segment se propage ailleurs.

Un répéteur n'est ni plus ni moins qu'un amplificateur de signaux qui a au moins deux connexions réseau. Son travail se situe au niveau de la couche 1 physique du modèle OSI, il se contente de rémettre ce qu'il reçoit après amplification sans aucun traitement sur les données. Les répéteurs peuvent se présenter avec deux prises AUI, dans ce cas ils peuvent servir à connecter deux réseaux avec du câblage différent (Ethernet Fin et Ethernet Gros).

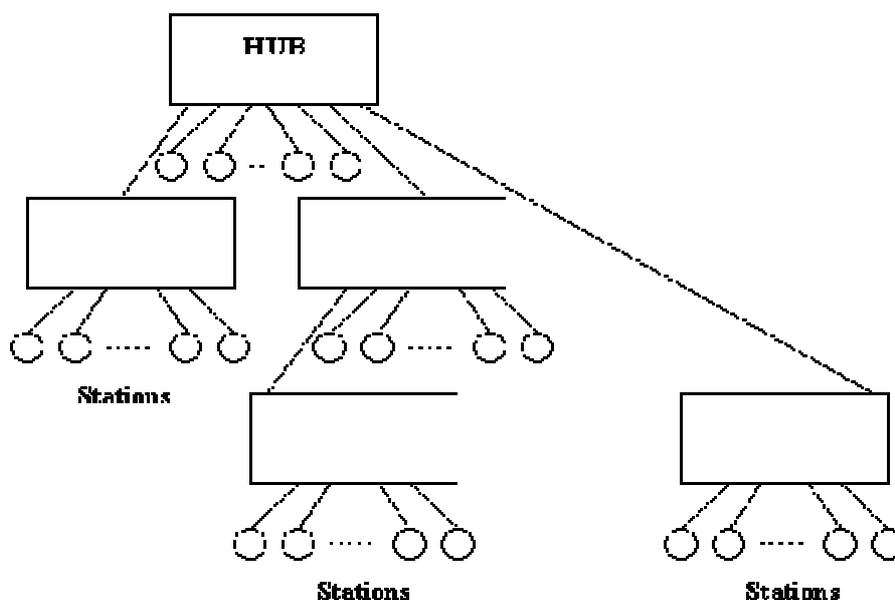
Le rôle du répéteur n'est pas limité au câble Ethernet coaxial, il est très utilisé dans la fibre optique, dans le cas de répéteur multipoint on parlera plutôt de hub.



Les répéteurs relient chaque segment du réseau, ils laissent passer toutes les trames Ethernet, ils se contentent d'amplifier le signal.

2.3.3.2 Les concentrateurs et les hubs

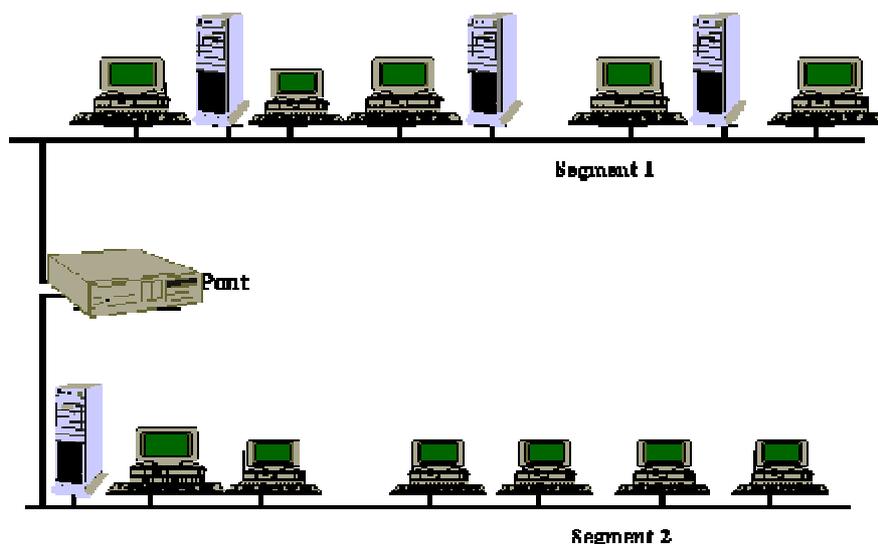
Le hub est l'élément de base de toute topologie arborescente qu'on rencontre avec le câblage 10BaseT. Tous les postes de travail à prise RJ45 ont leur câble 10BaseT réseau qui aboutit à un Hub, qui est un concentrateur de lignes 10BaseT. Le Hub agit comme un répéteur, il a une fonction d'amplification du signal et travaille sur la couche 1 physique du modèle OSI, c'est à dire sans aucun traitement logiciel sur les données transmises. Outre cette fonction première, certains hubs "intelligents" sont capables de remonter des informations sur le trafic, la charge réseau, les erreurs survenues à l'administrateur réseau pour que celui-ci est un état de son réseau. Ce qui contribue à prévenir les engorgements et donc à accroître la fiabilité du réseau.



Les hubs sont généralement physiquement concentrés dans un rack 19", lui même situé dans une pièce sécurisée. Les câbles issues des hubs courent dans tous les bâtiments du réseau local, jusqu'aux prises RJ45 se trouvant dans les bureaux.

2.3.3.3 Les ponts

Un pont a la même tête qu'un répéteur, on le branche exactement pareil, et peut remplir les mêmes fonctions. Il est pourtant bien différent à la différence hub répéteur, il travaille au niveau de la couche 2 liaison du modèle OSI, c'est à dire qu'il est capable d'extraire l'adresse réseau (adresse Ethernet) de l'expéditeur et du destinataire de la trame qu'il transmet. Il dispose d'une intelligence qu'il lui permet par recoupement et avec le temps, de déterminer sur quel segment se trouve une station et donc d'empêcher qu'un message le traverse s'il sait que la station destinatrice du dit message ne se trouve pas du bon côté. Le pont a donc une fonction de filtre ce qui permet d'optimiser le débit sur le réseau et donc de le rendre plus rapide et plus fiable. L'amélioration des performances est encore plus grande si on sépare les groupes d'ordinateurs qui "discutent" fréquemment entre eux (des groupes de travail) par des ponts, ces derniers empêchent que leurs messages ne viennent perturber inutilement le reste du réseau. Les ponts peuvent relier des réseaux à câblages différents, fibre optique d'un côté, Ethernet de l'autre.



Le pont permet de séparer le segment 1 du segment 2, quand les stations du segment 1 travaillent ensemble, elles ne viennent pas polluer le segment 2. Les stations des deux segments peuvent cependant communiquer entre elles. On peut configurer le pont de telle sorte de limiter cette communication, en empêchant certaine station de traverser le pont.

A la réception d'un paquet, le pont attend que celui-ci soit complet pour pouvoir le réexpédier, pour pouvoir faire des contrôles d'intégrité dessus (tous les bits présents, somme de tous les bits (Checksum), ...).

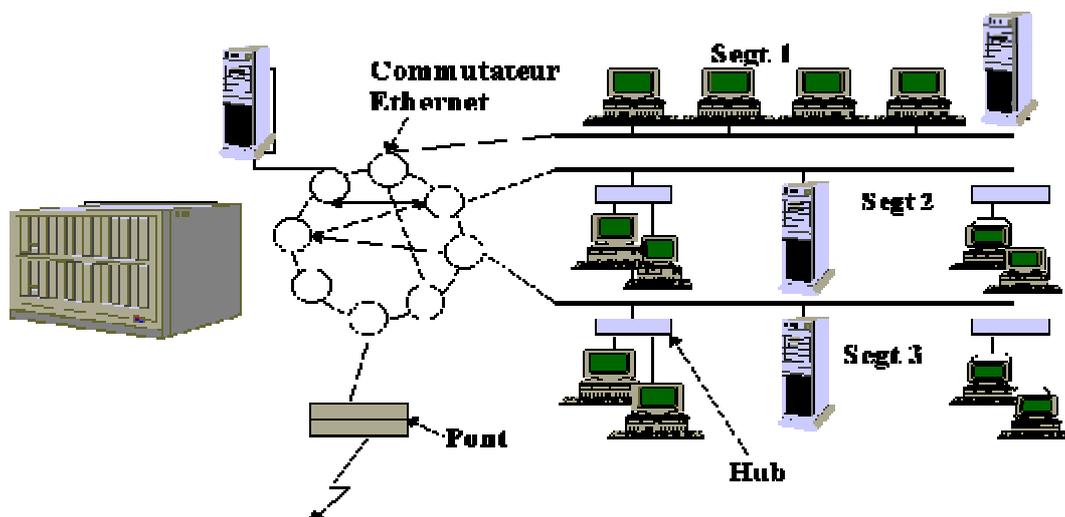
2.3.3.4 Les commutateurs

Un commutateur ou switch ethernet en anglais peut être considéré comme un pont multi-port (avec plusieurs entrées sorties). En quoi réside la différence entre un commutateur et un pont multi-port ? La différence est subtile, le groupement de normalisation IEEE a défini dans une note les caractéristiques d'un pont multi-port, le commutateur ne répondant pas à toutes ses

caractéristiques, il ne pouvait s'appeler pont multi-port. C'est le constructeur Kalpana qui a inventé le de commutateur. Les commutateurs travaillent comme les ponts au niveau de la couche liaison du modèle OSI, ils sont donc capable de déchiffrer l'adresse de l'expéditeur et du destinataire de la trame. Dès la réception d'une trame, le commutateur n'attend pas le reste du paquet, dès qu'il a déchiffré l'adresse du destinataire, il expédie aussitôt ce qu'il a déjà reçu. Ce qui a l'avantage de la performance, le bémol est qu'il peuvent expédier des paquets corrompus, ce qu'un pont classique n'aurait pas permis. En fait la norme IEEE empêchent la retransmission de paquets défectueux, ce que fait le commutateur, d'où la différence avec un pont multi-port. Dans les faits les erreurs de transmissions sont tellement rares, que l'avantage de performance prévaut très largement sur l'inconvénient de retransmission des paquets défectueux.

Pour rentrer dans les détails dans commutateur, il y a le mot commutation, ce terme vient du monde de la téléphonie avec les commutateurs téléphoniques. À l'image de ces derniers, lorsqu'une connexion est établie entre deux machines, un chemin physique est ouvert entre les deux ports respectifs du commutateur. Il se ferme à la fin de la transmission. Ce procédé permet de conserver la totalité de la bande passante pendant le transfert d'informations, évitant les coupures d'images ou les désynchronisations du son et de l'image. La différence est nette avec un réseau 10BaseT classique par exemple avec des hubs, où les postes de travail se partagent la bande passante de 10Mbits/s, les messages sont transmis par saccade.

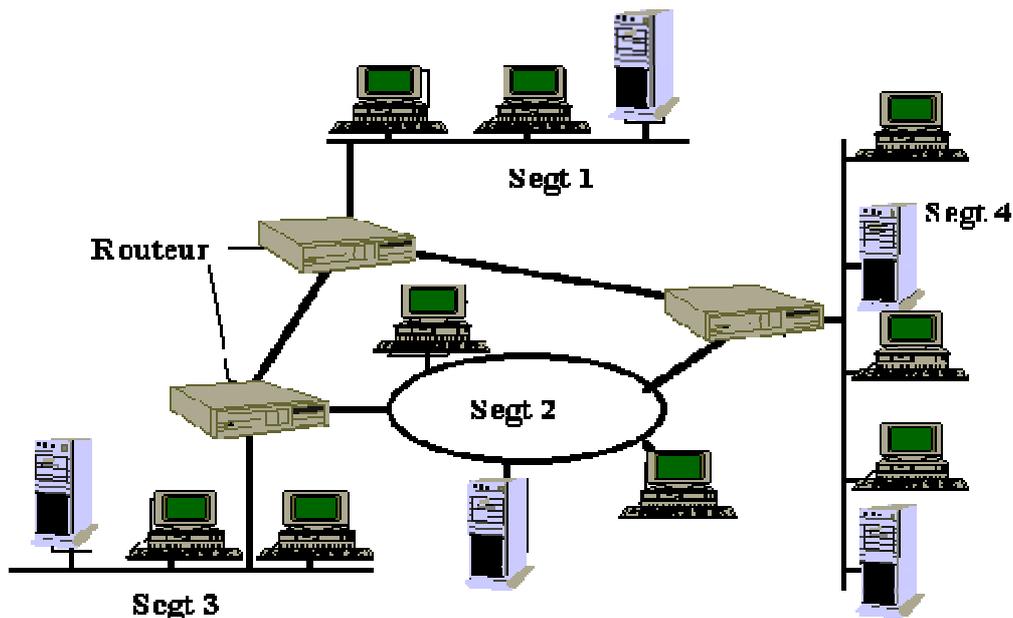
Si l'on regarde de plus près, Le commutateur transforme la structure de bus Ethernet en une structure de bus étoilée. L'interconnexion au commutateur des segments de réseau fait penser à une architecture d'étoile. Du fait de son principe de transmission, les paquets sont transmis entre les ports avec une vitesse optimale très proche de celle du réseau. Les commutateurs peuvent effectuer plusieurs transmissions simultanées entre différents segments, ce qui accroît la bande passante du réseau tout entier. Comme les ponts on augmente les performances du réseau avec commutateurs, en séparant les groupes de travail.



Le commutateur Ethernet fait ici office de pont multi-port, il permet d'isoler les segments du réseau et de filtrer les trames Ethernet. Il est en outre plus rapide qu'un pont classique. Comme ce dernier, il est capable de remonter des informations à un administrateur réseau.

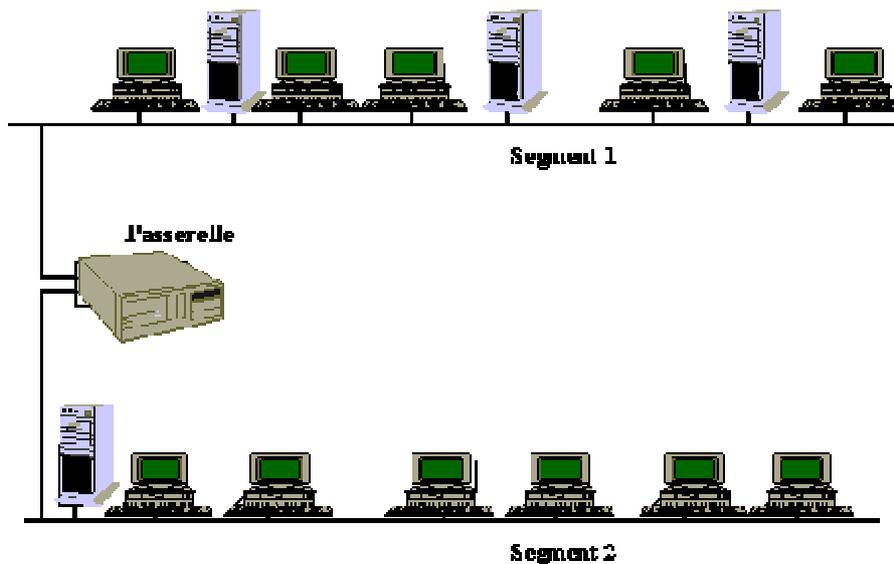
2.3.3.5 Les routeurs

Contrairement aux ponts ou aux commutateurs, les routeurs travaillent sur la couche 3 réseau du modèle OSI, ils sont donc capable de déchiffrer complètement les deux couches les plus basses, et donc de connecter deux réseaux de type très différent comme Ethernet ou Token Ring. Pour cela il est très souvent utilisé pour connecter un LAN à un WAN (réseau étendu comme X25 ou RNIS). En fait un routeur n'est vraiment nécessaire que lors de communications entre stations de réseaux différents. Le routeur doit donc être capable de traduire des trames d'un certain type de réseau pour un autre type de réseau, il doit donc transformer complètement les paquets qui transitent sans bien sûr toucher fondamentalement au contenu des données. Outre cette fonction de traduction, le fait de travailler au niveau de la couche réseau, lui permet de connaître l'adresse IP de l'expéditeur et du destinataire. Comme le pont il est capable au moyen d'une table interne qui s'enrichit continuellement de déterminer sur quel brin de réseau se trouve un poste particulier (sauf qu'à la différence du pont, le routeur travaille sur les adresses IP) cette table est appelé table de routage. Les routeurs ne sont pas utilisés uniquement pour connecter un LAN et un WAN, de par la richesse des possibilités de configuration, on peut s'en servir au sein d'un réseau local pour des raisons de sécurité pour limiter la communication vers certains segments ou nœuds du réseau. Physiquement les routeurs sont des ordinateurs à part entière, avec CPU, mémoire, système d'exploitation, interface, etc. Les routeurs sont également disponibles comme cartes enfichables ou comme boîtiers rackables. Il existe aussi des routeurs complètement logicielles, une station avec plusieurs cartes réseaux peut jouer le rôle de routeur.



2.3.3.6 Les passerelles

Les passerelles recouvrent les sept couches du modèle OSI. Elles sont nécessaires pour passer d'un type de réseau à un autre, les deux étant complètement différents sur les 7 couches OSI. Par exemple, on utilise des passerelles si des données doivent être échangées entre un réseau de PC basé sur TCP/IP et des ordinateurs Macintosh basé sur Appletalk. La passerelle est généralement un ordinateur complet avec plusieurs cartes réseau.



La passerelle permet la communication entre le segment 1 utilisant le réseau PC de Novell et le segment 2 basé sur des Apple. Sans la passerelle, la communication serait impossible entre les deux segments.

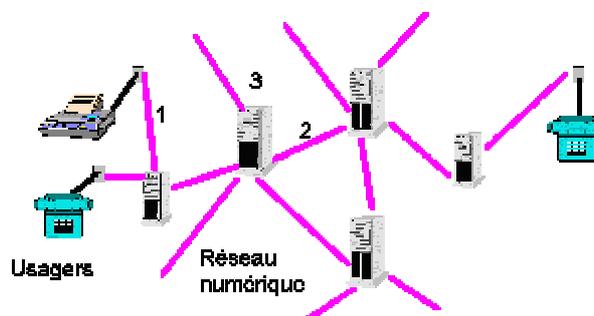
3 Les réseaux longues distances

3.1 Le Réseau Téléphonique Commuté

3.1.1 Présentation

Le réseau le plus utilisé et certainement un dont on pense le moins est certainement le réseau téléphonique appelé plus techniquement réseau téléphonique commuté ou en abrégé RTC. La vocation première de ce réseau est de transmettre la voie pour permettre des communications vocales. Néanmoins ce réseau peut être utilisé pour le transfert de données au moyen de modem.

3.1.2 Principe de fonctionnement

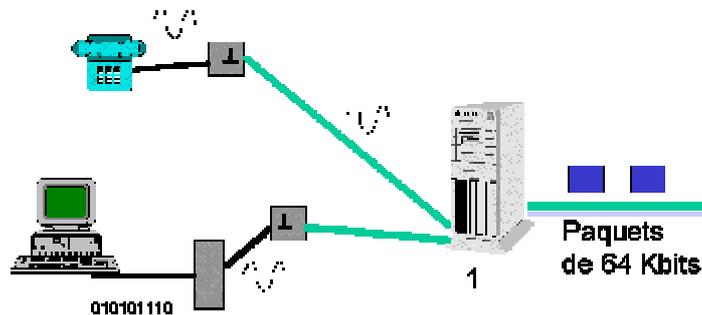


Tout usager du réseau téléphonique (abonné) est relié par l'intermédiaire d'un câble téléphonique (repère 1 sur le schéma). Ce câble est composé de 8 fils de cuivres, dans la grande majorité des cas, seuls deux fils servent effectivement lors d'une communication, les autres fils servent pour les abonnés ayant souscrit à certaines options supplémentaires sur leur abonnement, à ce propos si vous avez des problèmes sur votre ligne, du style écho, il suffit

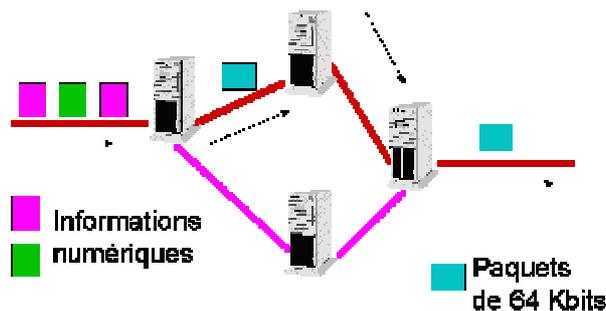
bien souvent de débrancher les 6 fils en trop de votre prise téléphonique pour résoudre le problème et ça vous coûtera pas un kopek.

Les câbles téléphoniques des abonnés se trouvant dans un même secteur géographique échouent sur un concentrateur appelé commutateur de rattachement (repère 3 sur le schéma), qui est lui-même directement rattaché au réseau numérique (repère 2 sur le schéma). Le réseau numérique est comme une gigantesque toile d'araignée, ce qui permet aux communications de changer de routes suivant les disponibilités. A chaque nœud du réseau se trouve un commutateur de transit qui tient lieu de poste d'aiguillage, il est chargé de gérer la circulation des informations.

3.1.3 Comment ça marche



La voix est issue du téléphone sous forme analogique, de même les données issues du modem de l'ordinateur se trouvent sous forme analogique (à la sortie du PC elles sont numériques, le modem les rendent analogiques pour le transfert sur la boucle locale). Ces informations analogiques arrivent au commutateur de rattachement (1), un système de codage-décodage, le codec, transforme ce signal en numérique pour l'expédier sur le réseau sous forme de paquets de 64Kbits. Parallèlement au canal des données, se trouve un canal parallèle (en mauve sur le schéma), appelée canal sémaphore, où va circuler une information de signalisation qui permettra de guider les paquets d'une conversation dans le réseau pour arriver au point final.



Au moment où une communication téléphonique est établie, l'information de service, la signalisation, va parcourir le canal sémaphore, laisser une trace dans les commutateurs de transit, les paquets de la communication vont suivre alors le chemin qui a été fixé par la signalisation, chaque nœud du réseau saura sur quelle branche, il faudra aiguiller les paquets. C'est le principe de la commutation de circuits.

3.1.4 Les modems

On utilise les modems pour transformer des données numériques issues d'un ordinateur en données analogiques afin d'être transmises sur une ligne téléphonique classique, de même le modem transforme les données analogiques issues du réseau téléphonique en données numériques pour être exploitable par l'ordinateur. Ces appareils sont nécessaires dans la mesure où on ne dispose pas d'une installation tout numérique, pour info avec Numéris (RNIS), l'information circule en numérique sur la ligne, y compris pour la voix.

Le mot modem vient de la concaténation de modulation et démodulation, qui rappelle la fonction première d'un modem, modulation transformation du numérique en analogique et démodulation l'inverse. On ne devrait ainsi pas parler de modem numéris, puisqu'il n'y a aucune modulation ou démodulation effectuée. En plus de leur fonction première, les modems sont capables de contrôler les erreurs de transmission et permettent la compression des données, mais aussi font office de répondeurs, etc.

Donc on a vu qu'un modem transformait les données numériques issues de l'ordinateur en signaux analogiques qui vont être expédiés sur le réseau téléphonique, ceux-ci vont connaître l'acheminement classique des données tel que décrit plus haut, puis arriver enfin au bout du "tuyau" chez le destinataire (le provider généralement), qui possède lui aussi un modem qui va "démoduler" les signaux pour en faire à nouveau des données numériques.

Tous les modems pratiquement sont pilotables avec des commandes Hayes (appelées aussi AT car elles commencent par AT...) qui se sont imposées comme un standard de configuration et de contrôle des modems.

3.2 X25 et Frame Relay

3.2.1 X25

3.2.1.1 Présentation

Pour la transmission des données, il existe plusieurs réseaux spécifiques, comme X25. Ces réseaux publics sont basés sur le protocole standard X25 qui règle les transferts de données.

X25 est idéal pour relier des réseaux locaux. Il offre des temps d'établissement de liaisons rapides (inférieurs à une seconde), une très bonne qualité de transmission et des vitesses de transfert allant de 300 à 64Kbit/s.

X25 est particulièrement intéressant pour une entreprise dans le cadre de connexions internationales et lorsque les temps de connexions journalières atteignent plusieurs heures. Pour des transferts de durée moyenne, ce service représente une alternative aux modems et lignes téléphoniques automatiques ou louées. En plus du réseau national de télécommunications, des compagnies privées offrent également des services X25 à un prix plus compétitif que celui proposé par les entreprises avec monopole.

3.2.1.2 Fonctionnement

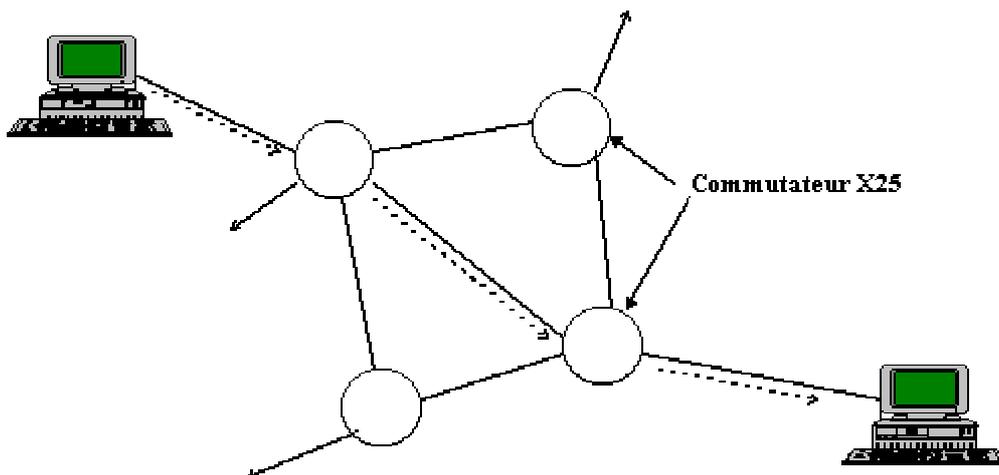
X25 est basé sur la notion de circuit virtuel. Le circuit virtuel est une relation logique établie par le réseau entre deux abonnés, pour transmettre, avec un haut degré de sécurité, des séquences de données, sans restriction de longueur ou de nature.

Il est appelé circuit virtuel car les circuits physiques empruntés par les paquets de données d'un abonné, sont partagés par l'ensemble des communications. Les caractéristiques de transmission du circuit virtuel sont :

- possibilité d'échanges simultanés dans les deux sens, de suite de paquets constituant des messages de longueur variable,
- l'ordre dans lequel sont émis les paquets est préservé par le réseau,
- le contrôle du flux est effectué, ce qui permet à chaque correspondant d'asservir le débit de l'émission des messages.
- le circuit réalise l'adaptation de la longueur des paquets. Chaque correspondant peut utiliser des longueurs de paquets différentes.
- l'accès est multi voies : il permet à une installation connectée à TRANSPAC par une seule liaison physique de communiquer en même temps avec plusieurs correspondants (en utilisant plusieurs circuits virtuels).

Le circuit virtuel peut être commuté ou permanent :

Circuit commuté : il est établi et libéré à la demande de l'un ou l'autre des correspondants.
Circuit permanent : il est établi de manière permanente entre les deux abonnés.



3.2.2 TRANSPAC

3.2.2.1 Présentation

Devant la croissance importante des besoins de transmission de données, depuis les années 1970 et compte tenu des évolutions importantes dans les technologies de commutation, les pouvoirs publics ont lancé en 1975, la réalisation industrielle d'un réseau public de transmission de données par paquets, TRANSPAC basé sur le protocole X25. Ce réseau a été officiellement mis en service le 21 décembre 1978. Il répondait aux trois objectifs principaux suivants :

- Répondre à une large part du marché informatique et contribuer à sa croissance, pour :
 - les systèmes de gestion interne aux grandes entreprises et administrations,
 - les besoins de transmission de données des petites et moyennes entreprises,
 - des accès aux bases de données,
 - des nouveaux moyens de communications (vidéotex, télétext ...)
- Offrir des services respectant les normes internationales, pour :
 - contribuer à l'interconnexion des réseaux les plus divers,

- permettre les relations avec les réseaux publics étrangers,
 - faciliter l'adaptation des matériels informatiques connectables entre eux, en offrant des interfaces d'accès universelles
- Respecter les conditions de service public dans le domaine de la fiabilité et de la sécurité et en assurant une couverture totale du territoire sans discrimination de tarif.

Les domaines d'utilisation du réseau TRANSPAC sont les suivants :

- Transmission de messages, de télécopies,
- Applications conversationnelles (interrogation, mise à jour de fichiers, temps partagé, gestions de transactions, saisies interactives ...
- Saisies de données avec transmission différée,
- Télétraitement par lot,
- Interconnexion d'ordinateurs pour le transfert de fichiers ou le partage des ressources.

Des services complémentaires peuvent être offerts aux utilisateurs :

- Raccordement multi lignes : pour permettre d'augmenter sécurité et débit, il est possible d'être raccordé par plusieurs circuits physiques indépendants, traités en parallèle.
- Groupe fermé d'abonnés : pour les utilisateurs désirant une protection de l'accès à leurs fichiers et système, il est possible de constituer des groupes fermés d'abonnés. Ceci permet de se prémunir contre les accès de l'extérieur et aussi contre les accès vers l'extérieur.
- Taxation au demandé : ce service concerne les circuits virtuels commutés. Un abonné appelant peut demander que sa communication soit facturée à l'appelé (avec son accord ...).

3.2.2.2 Structure du réseau TRANSPAC

3.2.2.2.1 Organisation générale

TRANSPAC est organisé autour d'ordinateurs spécialisés assurant des fonctions de concentration et de commutation de données. Ils sont reliés entre eux par un réseau fortement maillé de canaux rapides.

La modularité et la redondance des commutateurs garantissent un haut degré de disponibilité du service (basculement automatique en cas de défaillance d'un élément) et permettent une évolution harmonieuse du réseau suivant la demande.

Une surveillance permanente est assurée au niveau local (contrôle, supervision de chaque autocommutateur) et au niveau national (gestion du réseau) . Des dispositifs de télémaintenance sont prévus.

TRANSPAC est accessible de tout point du territoire, avec une tarification indépendante de la distance, par toutes les catégories d'utilisateurs (grandes entreprises, administrations, petites et moyennes entreprises, sociétés de services, centres de recherches ...).

3.2.2.2.2 Architecture générale

Le réseau TRANSPAC se compose de deux sous-ensembles fonctionnels :

- Un ensemble assurant le transport des informations comprenant :
 - un niveau national avec les autocommutateurs et les liaisons interne,
 - un niveau local avec les multiplexeurs et les raccordements d'abonnés.

- Un ensemble assurant les contrôles nécessaires à la gestion et à la surveillance du réseau. Il comprend :

- des points de contrôles assurant le contrôle d'un certain nombre de commutateurs,
- des centres de gestion, assurant grâce aux informations fournies par les points de contrôle locaux, le contrôle national du réseau. Il existe deux centres de gestion en service. Un seul dispose à un instant donné de la fonction superposition nationale, l'autre étant en secours, et n'effectue que des tâches annexes.

3.2.3 Commutation de trames (Frame Relay)

3.2.3.1 Présentation

La commutation de trames est une méthode de transmission similaire à X25 et permet d'atteindre des vitesses de transferts de 2 Mbit/s. Alors que les réseaux X25 travaillent avec des longueurs des trames de données fixes, le protocole de commutation de trames utilise des trames de taille variable afin d'utiliser au mieux la bande passante du réseau. Cela permet de réduire la charge sur l'ensemble des branches du réseau. Contrairement à X25, la commutation de trames tourne sur les niveaux 1 et 2 du modèle ISO. De ce fait, elle n'ajoute pas de bits supplémentaires pour le contrôle, ce qui autorise des débits beaucoup plus rapides. Toutefois, cela suppose des terminaux suffisamment intelligents pour effectuer les contrôles d'erreur, lesquels se trouvent donc reportés à des couches supérieures du modèle.

Même si la commutation de trames présente des avantages par rapport à X25, elle n'est pas appropriée pour les applications comme la transmission vocale ou vidéo. Cet inconvénient était jusqu'à présent négligeable, les réseaux pour les transferts de voix ou d'images étant construits séparément. Pourtant, avec l'apparition des applications multimédia sur les réseaux LAN et WAN, l'intégration d'informations audio et vidéo a fait son apparition. Dans ce cas l'utilisation d'ATM est vivement recommandée.

3.2.3.2 Fonctionnement

L'enveloppe du paquet Frame Relay épouse idéalement le format des paquets Ethernet, IP ou SNA. L'effort d'encapsulation est minimum. La suppression du contrôle de flux a également une certaine répercussion sur le délai de transit. En effet, plus légers, les logiciels intégrés aux routeurs et commutateurs Frame Relay réduisent ce délai au sein de l'équipement. Celui-ci se contente de relayer la trame vers le nœud suivant ou sa destination finale.

En cas d'anomalie, les trames erronées sont abandonnées, les trames mal routées connaissent le même sort. Cette volonté de privilégier les performances par rapport à l'intégrité de la connexion table sur des infrastructures numériques fiables et des équipements d'extrémités autonomes, aptes à soulager le réseau d'un contrôle de flux laborieux. Installée aux extrémités, une procédure de transport de bout en bout, comme SNA ou TCP, se charge de rapatrier les trames manquantes. Libéré du contrôle de flux, le protocole Frame Relay se prête plus facilement à l'allocation de bande passante.

3.2.4 Frame Relay contre X25

La numérisation achevée du réseau rend superflus les contrôles d'intégrité trop pointus. Le Frame Relay exploite ce constat, il allège considérablement les contrôles de flux, ceux ci seront effectués par les protocoles de plus haut niveau (couche transport du modèle OSI) comme SNA ou TCP. TRANSPAC a vécu sur ses acquis jusqu'en 1996, mais le lourd mécanisme d'encapsulation des trames Ethernet et son contrôle de flux poussé le voue à la

disparition au profit de protocoles comme Frame Relay, France Telecom a bien essayé de rajouter des fonctionnalités nouvelles mais cela n'a pas suffi. X25 est aujourd'hui en grande perte de vitesse toutefois les investissements engagés par les utilisateurs préservent l'offre X25 de TRANSPAC pour quelque temps encore.

3.3 RNIS

3.3.1 Présentation

Les réseaux RNIS (Réseau Numérique à Intégration de Service ou ISDN Integrated Services Digital Network) permet la retransmission de la parole, des textes, des images et des données sur un seul réseau. Une unique connexion RNIS permet l'utilisation de plusieurs services de télécommunications, comme le téléphone, le fax ou la transmission de données. Pour les utilisateurs d'internet, la vitesse de transmission des données est relativement élevée, la communication rapidement établie et la communication offre une relative insensibilité aux perturbations.

RNIS peut utiliser les lignes téléphoniques existantes pour la connexion aux périphériques. A la différence du système conventionnel, le réseau téléphonique commuté, le signal transmis sur le réseau RNIS est numérique du début à la fin de la transmission.

Le réseau français est aujourd'hui numérisé à 100%, la numérisation de la commutation signifie que les commutateurs électromagnétiques sont remplacés par des commutateurs électroniques.

3.3.2 NUMERIS

3.3.2.1 Présentation

Le réseau numérique à intégration de services, en abrégé RNIS, est une norme internationale qui a timidement fait son apparition en France en 1987, où il est plus connu sous son nom commercial NUMERIS. Sa vocation : transmettre des informations sous forme numérique en utilisant le même support physique que le téléphone. Inutile en effet de changer les câbles : pour transformer sa ligne traditionnelle en une ligne de type Numéris, la gaine de fils de cuivre qui débouche dans nos maisons fait parfaitement l'affaire. S'abonner à Numéris consiste simplement à faire installer chez soi une prise intelligente, la TNR, ou terminaison numérique de réseau. Sachant que le cœur du réseau téléphonique français est entièrement numérique et qu'il fonctionne avec des débits très élevés (jusqu'à 34 Mbits/s), la différence de fonctionnement s'observe donc uniquement sur la portion de ligne qui relie l'abonné au commutateur de rattachement - premier point d'entrée à ce réseau numérique.

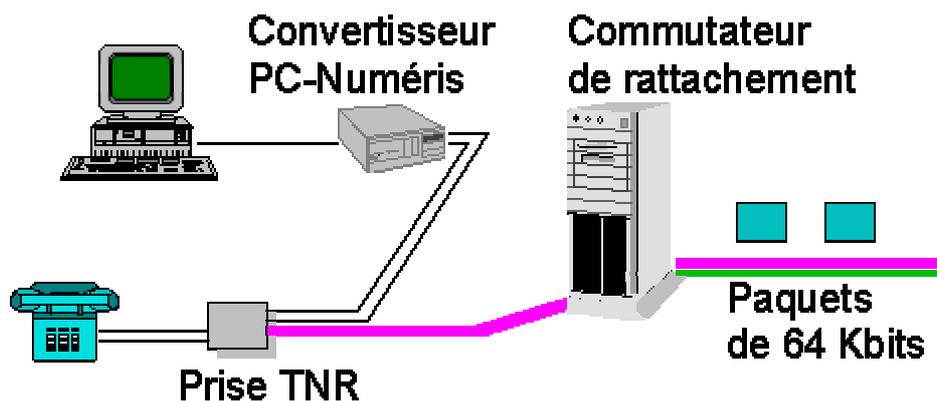
Voyons d'abord ce qui se passe dans le réseau RTC, dont le rôle traditionnel est de transporter un signal analogique, la voix. Celle-ci occupe une bande passante de 300 à 3400 Hz. Arrivée au niveau du commutateur de rattachement, la voix est traitée par le « codec », un codeur-décodeur adapté, qui ne prend en compte les fréquences que de 0 à 4000 Hz. Lorsqu'on envoie, depuis son ordinateur, des fichiers (numériques) par le RTC, c'est au modem (modulateur-démodulateur) que revient la tâche de transformer le signal numérique en signal analogique mais aussi de placer le maximum d'informations dans cette bande passante. Pour traiter des fichiers de plus en plus lourds, les modems s'efforcent d'aller toujours plus vite, offrant des vitesses de 28,8 à 33,6 voire à 56 Kbits/s. Mais, à supposer qu'ils puissent faire mieux, ils seront toujours physiquement limités par la bande de fréquence imposée par le codec....

En revanche, quand on souscrit un abonnement à Numéris, l'opérateur téléphonique intervient au niveau du commutateur de rattachement : la ligne est déconnectée du codec - exit la

contrainte de la bande passante - et rebranchée sur une carte RNIS. Chez l'abonné, l'opérateur intervient seulement pour installer la prise dite TNR. Ensuite, pour transmettre des données, l'utilisateur n'a plus qu'à se munir d'un convertisseur PC-RNIS, improprement appelé « modem Numéris » puisqu'il ne traite aucune information analogique. Le signal numérique peut alors circuler à 80 000Hz et transmettre les données à une vitesse de 64 Kbits/s. Le gain de vitesse est donc l'intérêt essentiel de Numéris.

3.3.2.2 Accès au réseau NUMERIS

Sur la même ligne que celle employée pour une communication RTC, Numéris autorise deux communications simultanées. Là où le RTC dispose d'un canal, Numéris crée par codage un signal qui comporte trois canaux distincts : les canaux B1 et B2, qui acheminent les données ou les conversations, et le canal D (canal sémaphore), qui transporte la signalisation, évitant ainsi de monopoliser les deux autres canaux. Ce signal se comporte comme un train qui circulerait en permanence entre la prise TNR et les appareils connectés (téléphone ou modem Numéris). Dès que l'on décroche un appareil, les données se chargent dans des compartiments réservés, les canaux. Puis le train les amène à la prise TNR. Là, le signal est reformaté pour être expédié sur la ligne téléphonique. Le commutateur de rattachement récupère les informations des trois canaux et les distribue sur le réseau. B1 et B2 rejoignent le cœur du réseau. La signalisation gagne, elle, le canal sémaphore.



3.3.2.3 Les prestations de NUMERIS

Numéris propose deux types de prestations : les services classiques et les services modernes.

Les services classiques

Les trois services de base supportés par le réseau Numéris sont les suivants :

- La téléphonie : ce service est fourni avec les compléments nécessaires pour assurer confort et souplesse d'utilisation.
- La télécopie du groupe 3 (celle supportée aujourd'hui par les lignes de téléphone).
- Le Minitel. Bien entendu Numéris autorise les communications Minitel.

Les services modernes

Numéris est capable de transmettre des applications nécessitant un débit élevé

- Téléphonie de haute qualité,
- transmission d'images numérisées,
- télécopie du groupe 4,
- transferts informatiques ...

3.4 ATM

3.4.1 Présentation

ATM est l'abréviation d' « Asynchronous Transfer Mode », c'est une technologie de réseau à haut débit qui s'impose comme un standard pour la transmission de données à hautes performances.

Si un fichier n'est pas transmis à une vitesse constante, ce n'est pas très gênant, ça l'est par contre pour les données basées sur le temps, comme les données audio ou vidéo. Le moindre délai de transmission va provoquer une interférence au niveau du signal audio ou vidéo. Par conséquent pour transmettre du multimédia (audio, vidéo), il faut quasiment que les données soient transmises en temps réel, dans le terme temps réel, il faut comprendre que le délai de transmission doit être garanti constant.

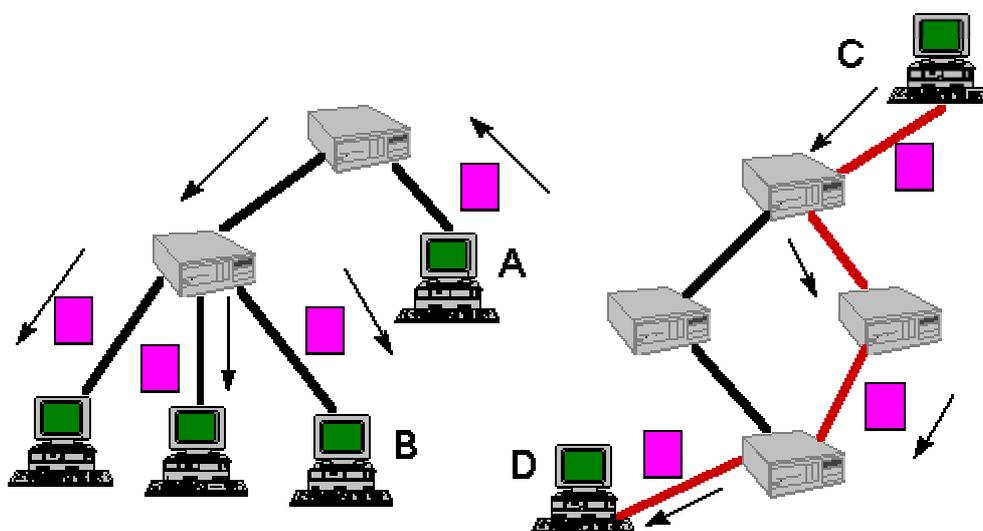
ATM répond à ces exigences, ceci surtout grâce à une très grande vitesse de transmission de l'ordre du Go/s.

En plus de la vitesse s'ajoute la variabilité d'ATM, car il est possible d'échelonner la largeur de bande disponible. Ainsi on peut avoir des commutateurs ATM avec 16 ports chacun garantissant une vitesse de 155 Mo/s, avec moins de ports on peut avoir une vitesse de 622Mo/s et même 2,4Gbit/s.

ATM fait parti de la catégorie des réseaux étendus, mais aussi des réseaux locaux, en fait c'est la première technologie à intégrer les réseaux LAN et WAN, ce qui est plus économique et cohérent.

3.4.2 Description

ATM fonctionne en mode connecté, contrairement à Ethernet. Avec Ethernet, lorsqu'un utilisateur envoie des données à une autre personne (de A vers B) à travers le réseau, ces données sont répétées par un concentrateur (hub), autant de fois qu'il y a de postes connectés à ce concentrateur. Ces données sont constituées en fait de paquets de 1516 octets au maximum, chacun contenant l'adresse du destinataire (adresse MAC). Lorsque les données arrivent sur un poste, l'adresse MAC contenue dans le paquet est comparée avec celle de la carte réseau du poste. S'il y a concordance, les données sont alors réceptionnées par le système d'exploitation.



Le problème avec Ethernet est qu'un tel système basé sur la duplication des données peut provoquer des collisions qui engorgent inutilement le réseau. La technique ATM, en revanche, réduit considérablement ce danger grâce au mode connecté. Cela signifie qu'ATM met en oeuvre des connexions point à point d'un ordinateur à un autre, qu'on appelle « circuits virtuels », les données ne sont pas dupliquées au niveau des concentrateurs du réseau, ces concentrateurs sont en fait des commutateurs. Le mode connecté établit une liaison unique et directe entre celui qui envoie les données et le destinataire (cf. figure C vers D). Les données prennent la forme de paquets qu'on appelle cellules de 53 octets (taille fixe) contenant l'adresse du destinataire. Dans ces 53 octets, 48 octets de la cellule sont utilisés pour les données elles-mêmes, et 5 octets sont utilisés pour le contrôle de la transmission. Le principal intérêt d'ATM réside dans cette structure de données. Contrairement à la commutation de trame (Frame Relay), l'utilisation de blocs de longueurs fixe permet de prévoir les délais nécessaires pour des applications en temps réel. Les très petits blocs conviennent pour les transmissions de la voix et de la vidéo, les grands blocs pour la transmission des données. Le format ATM qui s'inscrit entre ces deux tailles convient pour toutes ces tâches. ATM fournit donc un support unique pour la transmission des données et les applications multimédias dans des environnements LAN et WAN.

Au sein du réseau, ces cellules sont dirigées par les commutateurs vers le destinataire et uniquement vers lui : on dit que les cellules sont routées vers leur lieu de destination. L'avantage d'un tel dispositif est évident : éviter la dispersion des données dans le réseau (donc optimiser les performances) et permettre un transport des données vers le destinataire indépendant de l'organisation structurelle du réseau. Ainsi, dans le réseau comprenant de nombreux commutateurs, la défaillance de l'un d'entre eux n'aura aucune incidence sur le circuit virtuel créé. Le commutateur qui a détecté l'anomalie oriente les cellules ATM sur un autre chemin : peu importent les commutateurs empruntés, l'objectif est d'atteindre le destinataire. Ce mode de fonctionnement est similaire à celui mis en oeuvre sur Internet où le mode connecté conduit les paquets de données IP sur un seul chemin et modifie ce dernier si l'un des routeurs se révèle inopérant.

3.5 Les protocoles de routage

3.5.1 Présentation

Le routage (routing) consiste à trouver l'itinéraire entre deux machines, c'est le rôle dévolu aux routeurs (routing), c'est un élément fondamental de tout réseau étendu.

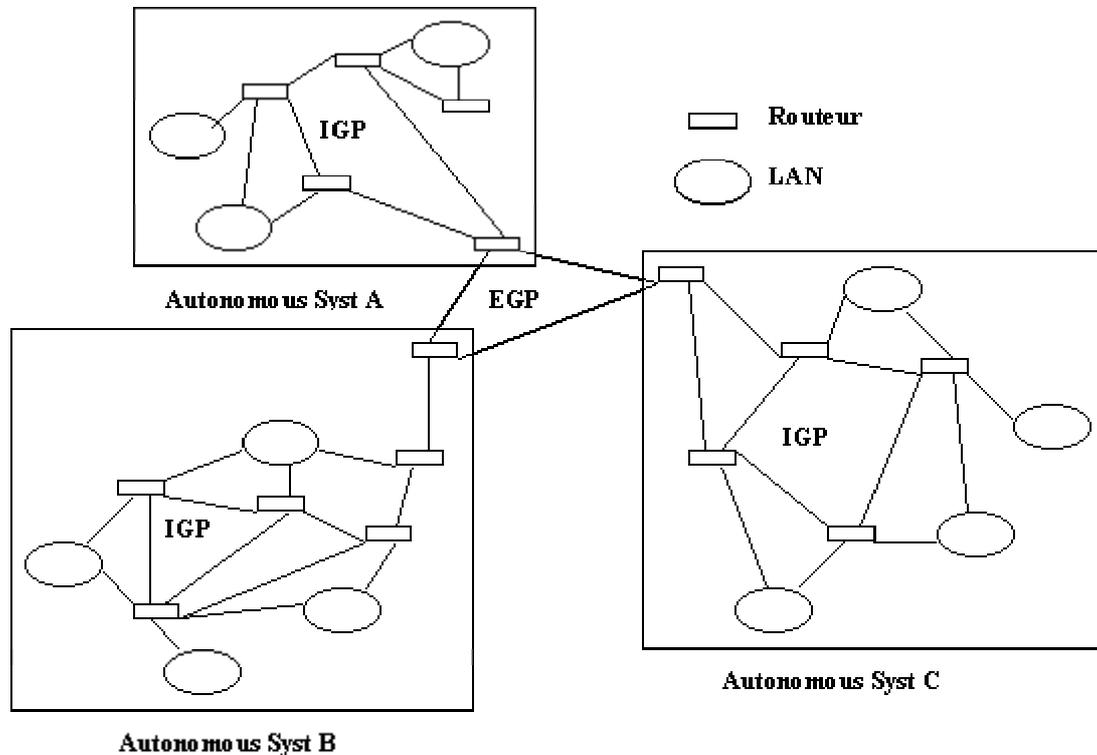
Le routeur utilise l'adresse IP pour diriger les paquets qu'il reçoit, il ne connaît pas l'ensemble des adresses IP de toutes les machines sur internet, mais seulement l'adresse des routeurs voisins. Il sait que pour telle ou telle classe d'adresse, il devra passer le paquet à un routeur voisin ou un autre. Les adresses des routeurs voisins sont contenues dans sa table de routage, celle-ci peut être mise à jour de manière manuelle (routage statique) ou de manière automatique (routage dynamique) grâce à une protocole de routage dynamique. Le premier type de routage présente beaucoup d'inconvénients, d'une part les mises à jour sont particulièrement laborieuses, d'autre part du fait de l'intervention humaine, on n'est pas à l'abri de boucles de routage infinis, ou de routages aberrants. C'est pourquoi on utilise essentiellement le protocole de routage dynamique.

3.5.2 Classification des protocoles de routage

Les réseaux d'une entreprise, d'un campus, qui soient locaux ou pas, mais qui sont gérés de manière indépendante, sont appelés Systèmes Autonomes ou Autonomous Systems.

Les routeurs à l'intérieur de chaque AS sont responsables du routage du trafic au sein des AS et utilisent généralement le même protocole de routage (par exemple RIP ou OSPF).

Les AS sont interconnectés entre eux par des routeurs dits de frontières (borders routers) qui réalisent la conversion des protocoles de routage, le plus connu (et le pionnier) étant le Exterior Gateway Protocol (EGP).



3.5.3 Routage et commutation

On pourrait comparer le routage au système de numérotation téléphonique, grâce au plan de numérotation, chaque autocommutateur n'est pas obligé de stocker dans ses tables le numéro de téléphone de chaque abonné dans le monde. L'acheminement d'un appel téléphonique a lieu par approches successives, d'abord le pays, puis la région, la localité, puis la centrale téléphonique de terminaison auquel est lié le destinataire final.

C'est équivalent pour les routeurs qui utilisent les adresses IP des machines constituant internet. L'acheminement des informations véhiculées a lieu par couches successives à l'échelle internationale, puis nationale et locale avec les sous-réseaux IP définis dans l'entreprise jusqu'au poste de travail du destinataire. Le routeur est capable d'analyser les trames qu'il reçoit, ne serait-ce pour en extraire l'adresse du destinataire, il effectue des opérations de fragmentation de trame et de ré-assemblage coûteuses en temps, c'est son principal défaut. La lenteur d'internet s'explique en grande partie par les temps de latence de ses routeurs.

Un commutateur fonctionne par auto-apprentissage, des circuits sont établis préalablement, quand il reçoit une trame à destination d'une adresse qui lui est inconnue, il diffuse une recherche de ce correspondant à tous les autres commutateurs qui constituent le réseau (broadcast). Dès que la réponse lui parvient, il met sa table à jour. Le problème est que ces requêtes broadcast engendrent un flux parasite très important dans la totalité du réseau. De plus, l'étendue d'un tel réseau est limitée à la capacité de stockage des tables d'adressage, si on avait une architecture commutée pure et dure, au final chaque noeud du réseau IP devrait

connaître l'adresse des dizaines de millions d'abonnées à Internet à travers le monde et leur localisation ! D'un autre côté le commutateur est une machine très rapide.

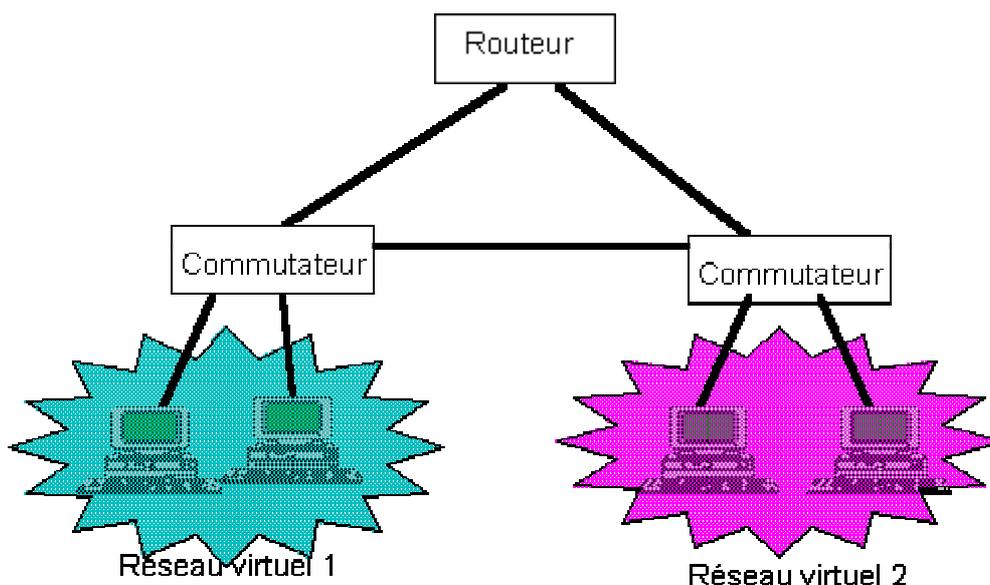
L'idéal est donc de marier les deux concepts, d'une part l'intelligence du routeur et d'autre part la rapidité du commutateur. Cette technique est appelée commutation de niveau 3, on peut l'illustrer avec l'analogie suivante: admettons que vous vouliez envoyer un livre, vous ne pouvez pas l'envoyer dans une enveloppe car celle-ci ont une taille limitée, on prend donc chaque page du livre qu'on mettra dans une enveloppe avec le nom et l'adresse du destinataire. On peut simplifier encore le protocole, on va marquer toutes les enveloppes avec la même couleur, seule la première enveloppe sera routée normalement et établira la route à suivre, puis les autres seront routées très rapidement par commutation en suivant le circuit établi préalablement.

3.5.4 Les modèles de routage

3.5.4.1 Le modèle traditionnel

Dans le modèle traditionnel de routage, le plus conservateur, les commutateurs se cantonnent à la fonction de pontage, de filtre, (niveau 2 du modèle OSI), les routeurs préservant leur rôle.

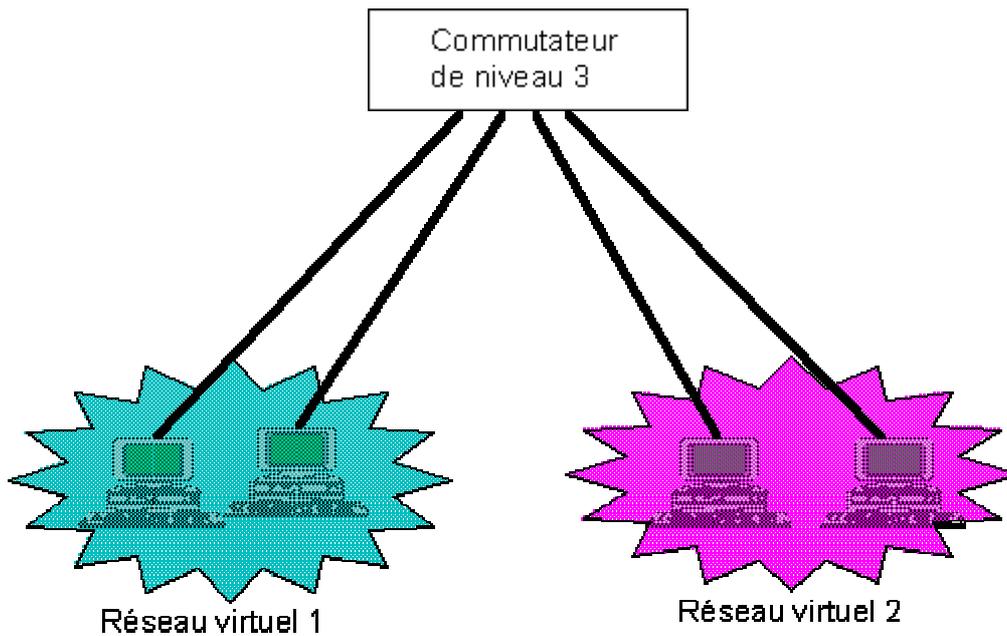
L'inconvénient de ce modèle est que le routeur ralentit le délai de transit et constitue un un goulet d'étranglement.



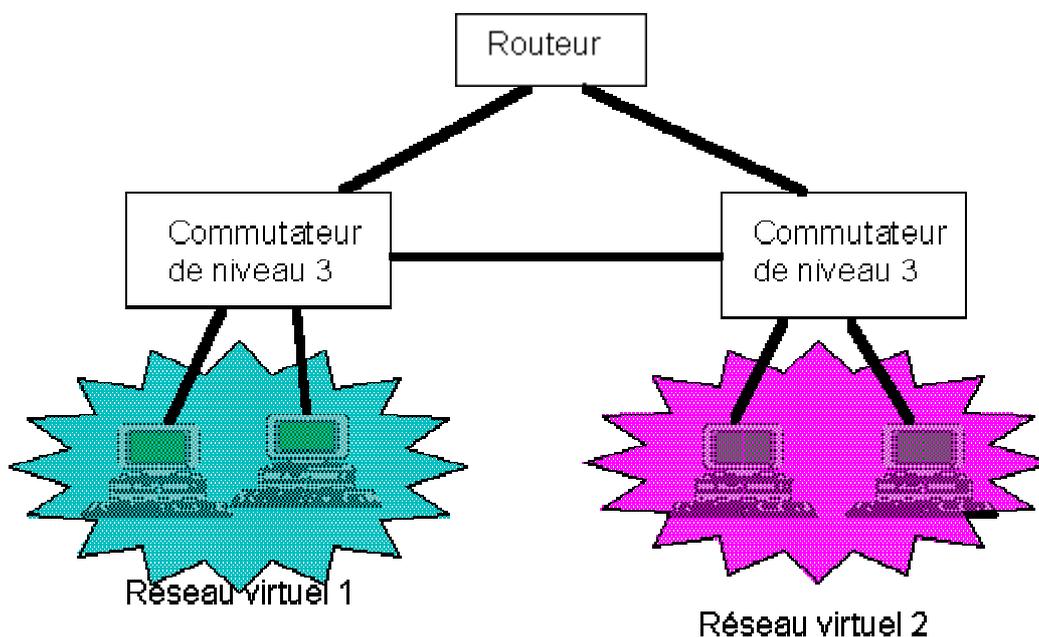
3.5.4.2 Le modèle distribué

Dans ce modèle, la fonction de routage est assurée à la fois par les routeurs et les commutateurs du réseau. On appelle ça du routage distribué.

Les avantages de ce modèle sont multiples, d'une part la disponibilité du réseau par le fait que le routage est distribué, mais aussi l'absence de goulet d'étranglement. Les inconvénients résident dans le prix des commutateurs et une charge administrative plus lourde puisque la fonction de routage est distribuée sur tous les nœuds du réseau.



Un réseau basé sur le routage distribué peut très bien s'interfacer avec des routeurs traditionnels. La cohérence entre ces équipements hétérogènes est assurée par le protocole IPNNI (Integrated Private Network to Network Interface).



3.5.4.3 Le modèle virtuel

Un autre type de routage est le routage centralisé. Il est basé sur un serveur de routes suffisamment puissant pour traiter sans délai les multiples requêtes émanant des commutateurs égarés dans leur tâche de transmission, laissant ainsi ces derniers se consacrer entièrement à la transmission des paquets. Ce modèle est désigné routeur virtuel, il est utilisé notamment par le protocole MPOA (utilisé par la technologie ATM)

Les avantages de ce modèle sont le traitement de routage limité et une commutation de trames intensifiée et une administration du réseau simplifiée grâce à la centralisation. Les inconvénients résident dans les premières solutions de routeurs virtuels propriétaires, et une panoplie réseau coûteuse à base de commutateurs de niveau 3, voire de routeurs.

