

# Les équipements de réseautage et d'interconnexion

## Introduction

Dans ce chapitre, nous allons passer en revue les composants de réseau en les situant par rapport aux couches, selon le modèle OSI ou TCP où ils fonctionnent, sans oublier les supports de transmission qui nous permettent de les relier aux ordinateurs. En adoptant une approche système, nous allons parler des composants ainsi que de l'environnement technologique qui forme les réseaux locaux, étendus ou virtuels ainsi que de certaines méthodes d'accès telles que celle par les réseaux privés. Il sera aussi question de considérations d'ordre technologique, de normalisation et de mise en œuvre pratique.

## Les composants des réseaux

Dans les sections suivantes, nous présenterons les principaux composants des réseaux :

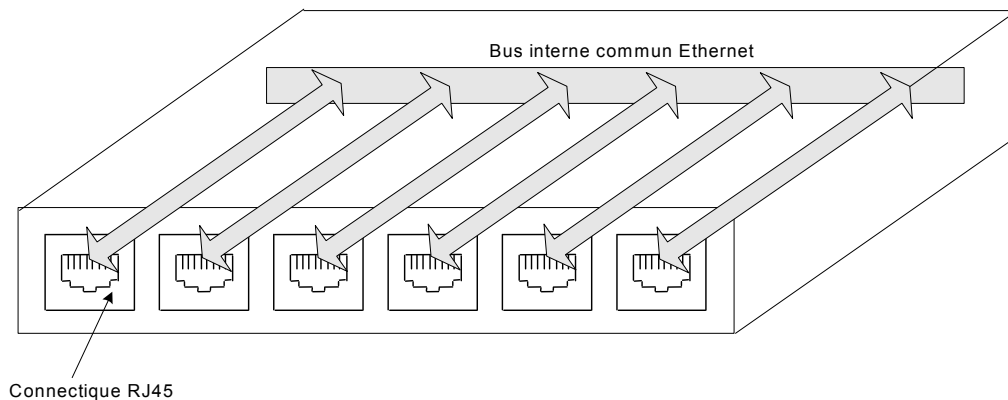
- Les concentrateurs
- Les ponts
- Les commutateurs
- Les aiguilleurs ou routeurs

### **Les concentrateurs**

Un concentrateur appartient à la couche 1 (physique) et correspond donc à une liaison réseau parfaitement transparente. Le raccordement peut s'effectuer par des connecteurs RJ-45 ou BNC et permet d'ériger un réseau de manière économique.

Il existe des versions 10 et 100 Mbps. Un concentrateur mixte comportera un module qui permettra de mettre en place un pont ou une passerelle s'il doit accepter simultanément les deux vitesses de transfert. Ce module constituera une interface dans les sens 10 Mbps vers 100 Mbps et inversement.

Le concentrateur constituant un bus *ethernet* commun, les données présentes à l'un de ses ports se répercutent sur tous les autres ports. Les collisions et les trames défectueuses seront donc vues par toutes les stations raccordées, ce qui est nécessaire pour la correction d'erreurs *CSMA/CD*. De même, la diffusion générale (*broadcast*) est transmise de cette manière.



**Figure 1 : Concentrateur câblé en paires torsadées**

Tous les appareils reliés à un concentrateur font partie d'un domaine de collisions et de diffusions générales. Cette appellation désigne ici un segment du réseau dans lequel les collisions et les diffusions générales se propagent. Selon le protocole utilisé et le nombre d'ordinateurs reliés, les diffusions peuvent représenter une charge non négligeable pour le réseau.

Le boîtier du concentrateur est équipé de voyants qui permettent de déterminer la configuration et de détecter des dysfonctionnements du matériel. Ces voyants signalent au moins l'établissement correcte d'une liaison de couche 1. Souvent, d'autres voyants signaleront les collisions, la vitesse des ports ou la charge, c'est-à-dire la partie utilisée de la bande passante.

Un concentrateur peut aussi inclure un module *SNMP* (*Simple Network Management Protocol*) ou un module *RMON* (*Remote Monitoring*, « contrôle à distance »), ce qui en étend les fonctionnalités et permet sa surveillance de même qu'une configuration avancée. Il fournira des statistiques, enregistrera les tentatives d'accès illégaux au matériel et signalera les erreurs de tout type au responsable de l'administration du réseau.

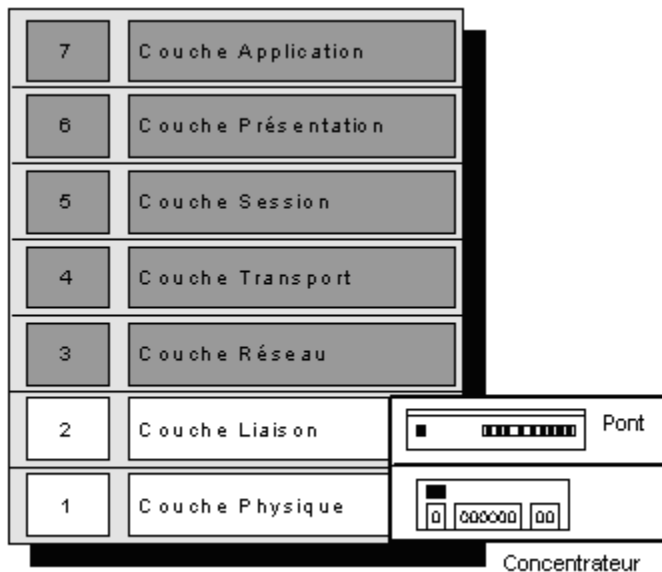
### **Les ponts**

Les ponts permettent de subdiviser un réseau en plusieurs segments. Ils fonctionnent au niveau de la couche 2 du modèle *OSI*, soit la couche liaison de données. En subdivisant un réseau en plusieurs segments, le pont diminue le nombre de collisions, ce que ne fait pas le concentrateur.

Le pont disposera d'au moins deux raccordements, un par segment. Lorsqu'un paquet lui parvient, le pont vérifie si l'adresse de l'expéditeur figure dans la table de routage du port qui l'a reçu. Si ce n'est pas le cas, il l'inscrit. Il détermine ensuite s'il doit router le paquet en fonction des tables de routage des ports et de l'adresse cible du paquet. Il le fera si la cible ne figure pas dans le segment source. Sinon, il rejette le paquet, partant du principe que le destinataire l'a déjà reçu. Si l'adresse cible est inconnue, le paquet est diffusé sur tous les segments, sauf le segment source. Une diffusion générale est routée dans tous les cas.

Le pont est transparent aux protocoles de niveau supérieur, tels *IP* ou *IPX*. Il améliore la fiabilité et accélère la vitesse de transfert. Les fonctions d'un pont étant le plus souvent assumées par des logiciels, le transfert s'effectue avec un retard qui n'est pas à négliger.

Des ponts peuvent également décharger des segments de *WAN*. En réduisant les collisions, le pont réduira également le trafic sur la ligne *WAN*, déjà lente en principe. Dans ce cas, on l'appelle pont distant (*remote-bridge*).



**Figure 2 : Position des concentrateurs et des ponts dans le modèle OSI**

### **Les commutateurs**

Également appelés concentrateurs intelligents, les commutateurs de niveau 2, 3 ou 4, apparentés aux niveaux des couches réseau, raccordent directement entre eux les ordinateurs d'un segment, tels des concentrateurs. En revanche, ils isolent deux ordinateurs qui communiquent, si bien que ceux-ci n'ont pas à partager le bus avec les autres ordinateurs. Le nombre de ports n'est donc limité que par les spécifications *ethernet* et l'électronique équipant le commutateur. Contrairement aux ponts, la communication est matérielle et non logicielle, donc plus rapide.

Les commutateurs permettent d'accélérer les transferts au sein du réseau. Le bus interne (*backplane*) assurant la liaison dispose d'une bande passante suffisante, correspondant à la vitesse des ports et à leur nombre, pour relier simultanément tous les ports. Dans le cas de 12 ports à 100 Mbps, il s'agira donc de 6 liaisons correspondant à 1 200 Mbps en *full duplex*.

Tous les commutateurs ne répondent malheureusement pas à ce principe et les modèles économiques, notamment, ne pourront pas gérer simultanément et à la vitesse maximale la totalité des ports. Cela est toutefois moins un problème qu'il n'y paraît car il est rare que la totalité des connexions soit exploitée à 100 % en même temps. La liaison directe en *full duplex* de la ligne d'émission d'une station à la ligne de réception de

l'autre et le contraire interdisent les collisions. La mise en œuvre de commutateurs améliore nettement la disponibilité de réseaux à fort trafic. Ils acceptent le fonctionnement mixte 10/100 Mbps, ce qui permet un emploi indifférent des deux types de cartes réseau. En effet, l'ordinateur émetteur et l'ordinateur récepteur ne sont pas reliés directement pas des conducteurs, mais les données sont enregistrées dans une mémoire tampon puis traitées par le commutateur avant leur transfert.

#### **Information**

##### *Switching*

Le *switching* ou « commutation » est une liaison directe de deux stations qui n'influe pas sur le reste du trafic du réseau.

Le commutateur maintient une table de routage par port, ce qui permet de décider à quel port il doit transmettre une trame. Cette table peut être gérée de manière entièrement automatique, les stations devant s'identifier auprès du port à l'émission et le commutateur se contentant de mémoriser l'information. Si une station n'a encore rien émis, elle ne figure pas dans la table et le commutateur expédie la trame sur tous les ports, comme lors d'une diffusion générale. On se rapproche alors du fonctionnement d'un concentrateur.

Le bus interne du commutateur exploite deux techniques. La première s'appelle stockage et retransmission (*store and forward*). Elle commence par stocker la totalité de la trame dans la mémoire du commutateur. Le système vérifie l'intégrité de la trame et l'efface si elle est défectueuse. Les réseaux dans lesquels les erreurs sont fréquentes voient ainsi leur disponibilité améliorée car seulement les trames saines sont autorisées à y circuler. La deuxième technique, celle de la recoupe (*cut through*), met l'accent sur le gain de vitesse. La trame est également stockée et analysée, mais uniquement jusqu'à ce que l'adresse de destination parvienne au commutateur. Dès réception de celle-ci, la retransmission débute. L'analyse, le stockage puis la retransmission tels qu'ils sont pratiqués par la méthode stockage et retransmission prenant un certain temps, la seconde méthode assure un gain de rapidité net. Le contrôle d'erreurs n'est toutefois que partiel. Le gain de vitesse peut, selon l'application, compenser ce désavantage.

## **Les commutateurs de couche 2**

Il existe des commutateurs adaptés à différents types d'applications et qui, par conséquent, s'intègrent à différents niveaux du modèle *OSI*.

Les commutateurs de couche 2 utilisent l'adresse physique de la trame *ethernet* pour la commutation et peuvent le plus souvent s'employer en remplacement direct de concentrateurs. Selon la puissance du segment, ils seront exploités en dorsale ou au sein de groupes de travail exigeant une forte vitesse de transmission. On peut penser à des centres de calculs ou à des applications audio ou vidéo réparties entre plusieurs ordinateurs. Parfois, certains moyens de communication récents tels que *Voice over IP* (système vocal sur l'Internet) exigent une bande passante que seul un commutateur peut assurer.

Il peut donc se révéler nécessaire d'utiliser un commutateur par le raccordement de stations isolées à une liaison rapide.

### Les commutateurs de couche 3

Les commutateurs de couche 3 relient les ordinateurs en fonction de leur adresse *IP*. Autrement dit, ils peuvent assurer la tâche des routeurs précédemment évoqués. Ce sont des sélecteurs d'acheminement (*routing-switches* ou *layer 3 switches*). Pour les applications où la durée d'acheminement des trames est critique, un commutateur de couche 3 peut apporter un gain appréciable de rapidité par rapport à un routeur. Cela ne concerne toutefois que les réseaux locaux, la capacité en mémoire des commutateurs ne leur permettant pas de gérer des tables de routage de la taille de celles couramment exploitées avec un routeur. De même, ce type de commutateurs n'est pas adapté à la gestion de réseaux complets car la commutation se fait sur la base de l'adresse *IP* complète et ils ne savent pas la subdiviser en adresse de réseau et adresse de machine. Enfin, ils ne peuvent échanger entre eux leur table de routage, si bien qu'une transmission intelligente de données en cas de panne de réseau est impossible.

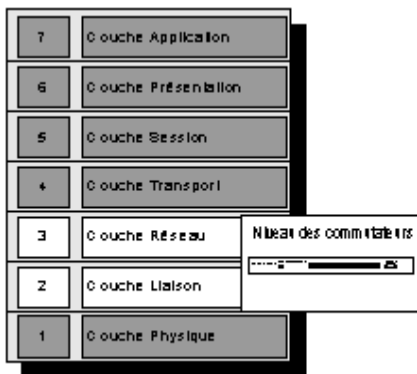


Figure 3 : Position des commutateurs dans le modèle *OSI*

### Les commutateurs de couche 4

Les commutateurs de couche 4 peuvent analyser l'application à l'origine des données. Le nom peut prêter à confusion car il ne s'agit pas de la couche 4 *OSI*, les différents protocoles n'implémentant pas la totalité des couches. Cette couche 4 correspond plutôt à une poursuite cohérente du développement des commutateurs. Selon l'application utilisée, ils peuvent proposer une qualité de service à l'utilisateur. Celui-ci décide d'une priorité pour les données d'une application et, par conséquent, de la bande passante dont elle disposera. Cela correspond à un gain de vitesse pour l'application. Parfois, seul un commutateur de niveau 4 autorise purement et simplement l'utilisation d'une application. Citons l'exemple d'applications multimédias pour lesquelles la garantie d'une bande passante minimale est la condition nécessaire à une projection fluide de films ou la retransmission d'un son de haute qualité.

Nous avons regroupé dans le tableau les différents types de commutateurs avec leurs fonctionnalités et leurs domaines d'application.

Tableau 1 : Les différents types de commutateurs

Les différents types de commutateurs		
Désignation	Fonctionnalités	Applications
Commutateur	Concentrateur et pont	Remplace un concentrateur

couche 2		et/ou un pont dans un réseau local.
Commutateur couche 3	Également routeur	Remplace ou assiste un ou plusieurs routeurs d'un réseau local.
Commutateur couche 4	Également qualité de service	Accélère le réseau et peut attribuer une bande passante à une application.

### Les aiguilleurs ou routeurs (*WAN, LAN*)

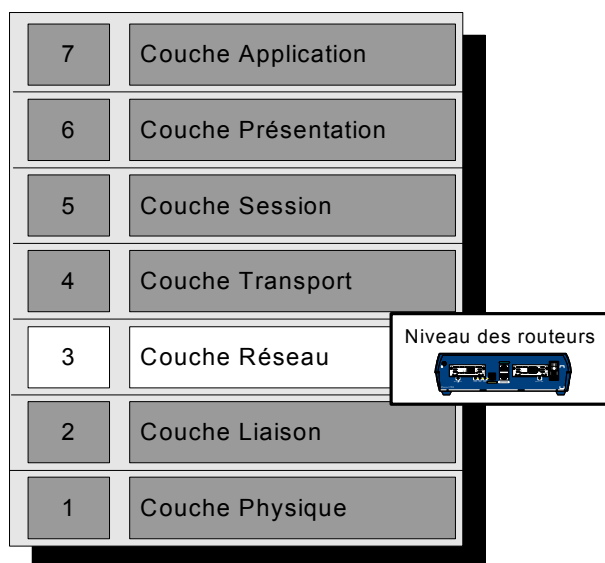
Un routeur relie plusieurs domaines au niveau de la couche réseau. Il en découle qu'il ne traitera que certains paquets.

Les routeurs sont indépendants du matériel, c'est-à-dire qu'ils peuvent être équipés de cartes réseau de n'importe quelle architecture. Cela signifie aussi qu'ils peuvent relier des réseaux de types différents. Un routeur permet, par exemple, de relier un réseau *ethernet* et un réseau *token ring*, une ligne *WAN* ou *FDDI* ou encore un autre type de réseau.

On distingue les routeurs monoprogrammes des routeurs multiprogrammes. Un routeur monoprogramme ne gère qu'un seul protocole, par exemple *IP*, indépendamment des interfaces réseau employées ou du fait que sa tâche consiste à effectuer des liaisons *LAN/LAN*, *WAN/WAN* ou *LAN/WAN*. Les routeurs monoprogrammes actuellement les plus courants sont les routeurs *IP*, exploités plus spécialement dans les réseaux d'entreprises ou les liaisons Internet.

Les routeurs multiprogrammes seront utilisés au sein d'entreprises ou d'organisations dont le réseau exploite plusieurs protocoles. C'est notamment le cas dans des entreprises possédant à la fois un réseau Windows NT/2000 qui repose sur *IP* et un réseau Novell Netware, qui repose quant à lui sur *IPX*, ou qui exploitent d'anciennes imprimantes réseau communiquant par le protocole *DLC*. Les protocoles non gérés ne peuvent pas être routés. En outre, tous les protocoles ne sont pas routables. Tous ne permettent pas la connexion de domaines, ce qui est le but d'un routeur. Il existe une solution, la transmission tunnel (*tunneling*), qui transforme les données d'un protocole non routable en paquets *IP*, les transporte jusqu'au domaine cible et effectue la transformation inverse pour autoriser leur traitement. Les protocoles routables courants sont *IP*, *IPX*, *OSI*, *XNS* et *DDP*.

Existent enfin ce qu'on appelle des routeurs hybrides, des routeurs ponts ou encore des routeurs B, qui autorisent le transfert entre domaines de protocoles non routables. Ils se comportent alors comme un pont et transfèrent les paquets *ethernet* non routables vers l'autre domaine. Il est possible de définir les origines et les destinations autorisées. Les protocoles non implémentés peuvent également se router de cette manière. Les routeurs B relient généralement des réseaux de même type pour que les applications puissent échanger des données de manière transparente, indépendamment du protocole.



**Figure 4 : Position des routeurs dans le modèle OSI**

Les messages de diffusion générale de la couche 2 ne sont, en principe, pas routés. Le routeur est donc une première méthode pour décharger un réseau d'une quantité excessive de messages de diffusion de niveau MAC. Le routeur B, en revanche, routera également ces messages comme tout autre qu'il est censé traiter.

Il existe différents algorithmes de routage. L'un s'appelle *shortest path first* (« d'abord le chemin le plus court »). La distance au réseau cible est évaluée en sauts au moyen des tables de routage, un saut correspondant à un passage par un routeur. Cet algorithme privilégie le chemin passant par un nombre minimal de routeurs. Un autre algorithme s'appelle *open shortest path first* (« d'abord le chemin libre le plus court »). Extension du premier, l'algorithme vérifie également si la voie proposée est libre.

Un autre algorithme s'appelle *lowest cost first* (« d'abord le chemin le moins cher »). Cette méthode du chemin le plus économique est particulièrement importante dans le cas des WAN. Une table s'ajoute à partir de laquelle il est possible de définir le coût d'un transport par un certain chemin.

Une configuration détermine si un paquet possède une destination locale ou s'il doit être routé. Celle-ci définit au moins l'adresse du routeur selon son protocole. Le routeur dispose d'une adresse pour chaque domaine qui lui est accessible et à partir duquel il est possible d'accéder. En outre, un masque de sous-réseau lui permettra de différencier la partie réseau de l'adresse de la partie machine et il comportera éventuellement des filtres pour éliminer les paquets indésirables.

Les routeurs sont souvent des ordinateurs fonctionnant sous un système d'exploitation de type UNIX dédié à cette tâche. Leur système d'exploitation est optimisé pour la fonction ainsi que pour le matériel. Ils disposeront, par exemple, d'une importante quantité de mémoire vive et d'une architecture réseau modulaire, pouvant prendre en compte différentes normes telles que *ethernet*, *token ring*, *FDDI*, *ATM*, *ISDN – Integrated Services Digital Network* appelé RNIS pour réseau numérique à intégration

de services, *ADSL – Asymmetric Digital Subscriber Line*, ligne numérique à paire asymétrique ou autres. Il est alors facile de les adapter aux nécessités d'un réseau donné.

Dans les cas des réseaux de petites entreprises ou des réseaux domestiques, la connexion *LAN/WAN* s'effectue au travers de routeurs RNIS ou *ADSL* reposant exclusivement sur *IP*. Ils autorisent le raccordement du réseau local à Internet par le biais d'un classique fournisseur d'accès. Ils filtrent les paquets, séparant ceux destinés à un réseau externe de ceux destinés au réseau local, établissent une connexion définie auparavant et routent les paquets externes. La solution peut être purement logicielle, comme dans le cas du partage de la connexion Internet de Windows ou encore, il est possible d'utiliser un ordinateur dédié. Pour simplifier la construction du réseau, ces routeurs comportent le plus souvent un serveur *DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol)* qui automatise l'attribution des adresses *IP* aux ordinateurs du réseau local, et de la capacité de traduction d'adresse réseau (*NAT – Network Address Translation*) qui permet de raccorder à Internet la totalité d'un réseau sous une seule adresse *IP*.

Si le réseau ne comprend pas d'automatismes de ce type, chaque ordinateur doit se voir attribuer manuellement une adresse *IP* et celle d'une passerelle par défaut vers laquelle diriger tous les paquets adressés en dehors du domaine. La direction d'un paquet, dans le domaine ou vers le routeur, sera choisie en fonction du masque de sous-réseau. Nous examinerons cette question en détail un peu plus loin.

Selon l'application, un routeur contiendra également un pare-feu (*firewall*) pour protéger le réseau d'accès extérieurs ou un moyen d'établir automatiquement une connexion avec un fournisseur d'accès Internet. Il existe donc des routeurs RNIS, *ADSL* et *ATM* qui comportent des mécanismes de filtrage. Ils doivent également offrir des fonctions de diagnostic et de journalisation (enregistrement périodique des événements). Contrairement au commutateur, le routeur est une solution logicielle. De ce fait, sa traversée introduit un retard dans le transfert. Il existe donc des accélérateurs de routage, constitués de commutateurs disposés avant et après le routeur. Ceux-ci assureront les routages simples de paquets, c'est-à-dire les routages vers les sous-domaines adjacents, ne laissant le routeur résoudre que les cas compliqués. Cela permet de combiner la rapidité des commutateurs avec l'intelligence d'un routeur.

## Les câblages des réseaux

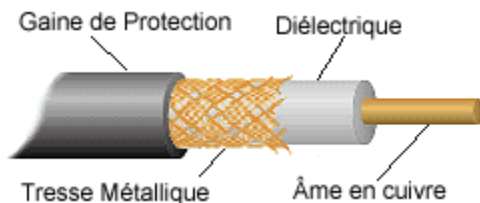


Figure 5 : Coupe d'un câble coaxial

Le raccordement des stations au réseau Ethernet 10Base5 se réalise par une carte réseau et un émetteur-récepteur (*transceiver*) externe. Ces émetteurs-récepteurs sont



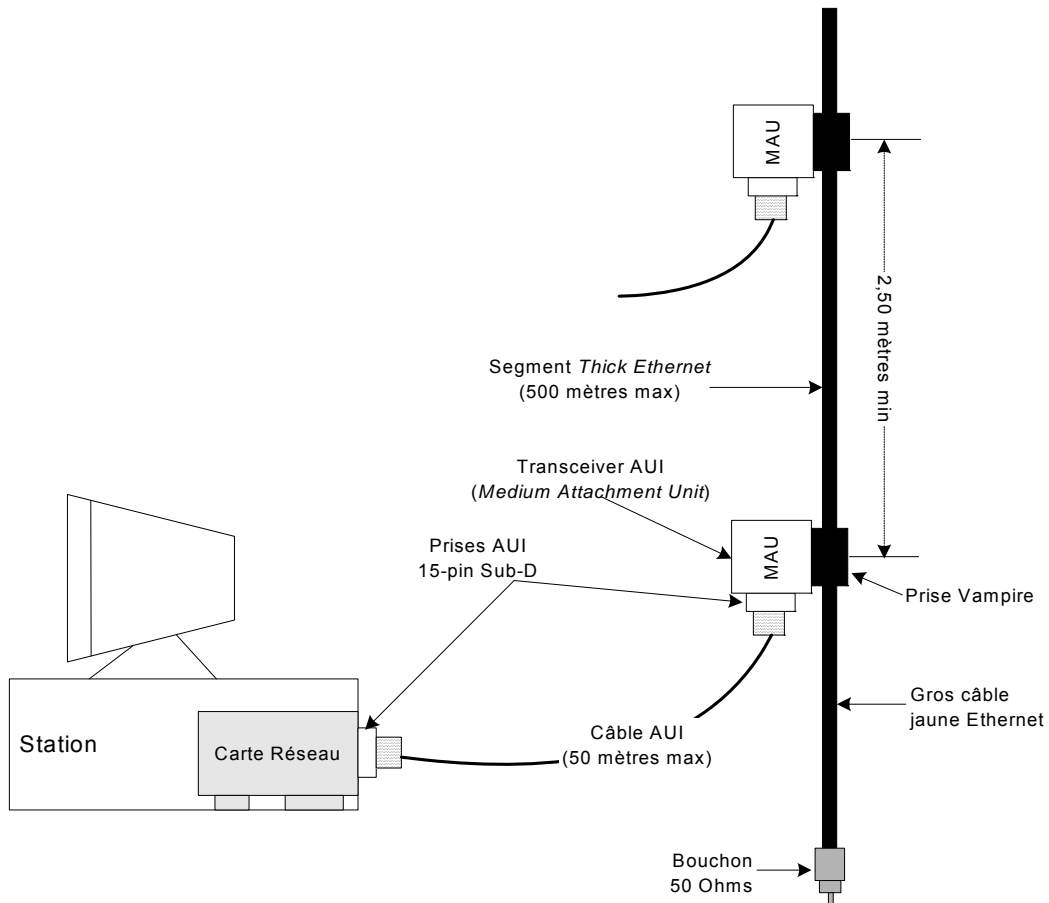
raccordés au moyen de prises vampire au gros câble *ethernet* jaune. Une aiguille se plante dans le câble pour établir un contact avec l'âme. Notez que deux prises vampire successives doivent être espacées d'au moins 2,50 mètres.

Ainsi, lorsqu'il est question de 10Base5, on sait immédiatement qu'il s'agit du protocole *ethernet* supportant le *gros* câble coaxial. Comme il n'est pas très souple, des précautions de manipulation s'imposent au moment de son installation. On l'employait comme câble fédérateur à cause de ses caractéristiques intrinsèques, mais il n'est pratiquement plus utilisé de nos jours puisqu'il a été remplacé par la fibre optique.

#### **Information**

##### ***Les câbles coaxiaux.***

De différentes tailles, leur système de blindage leur 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 pour ceux-ci, son existence étant directement menacée par la paire torsadée. Son utilisation reste encore privilégiée pour la transmission de signaux analogiques, par la radio, la télévision, les circuits d'alimentation des têtes radiofréquences pour les antennes VSAT, etc. 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 causée par les « bruits » extérieurs.



**Figure 6 : Composants d'un câblage 10Base5**

Le raccordement de l'émetteur-récepteur à la carte s'effectue au moyen d'un cordon équipé de fiches Sub-D dont la longueur ne doit pas excéder 50 mètres.

Le segment 10Base5 doit être terminé à ses deux extrémités par une résistance de 50 ohms. Cette résistance évite la réflexion du signal en fin de ligne et sa perturbation.

Le gros câble jaune employé est relativement rigide. Son manque de souplesse le destine donc plus au câblage de la dorsale à laquelle les ordinateurs viendront se raccorder.

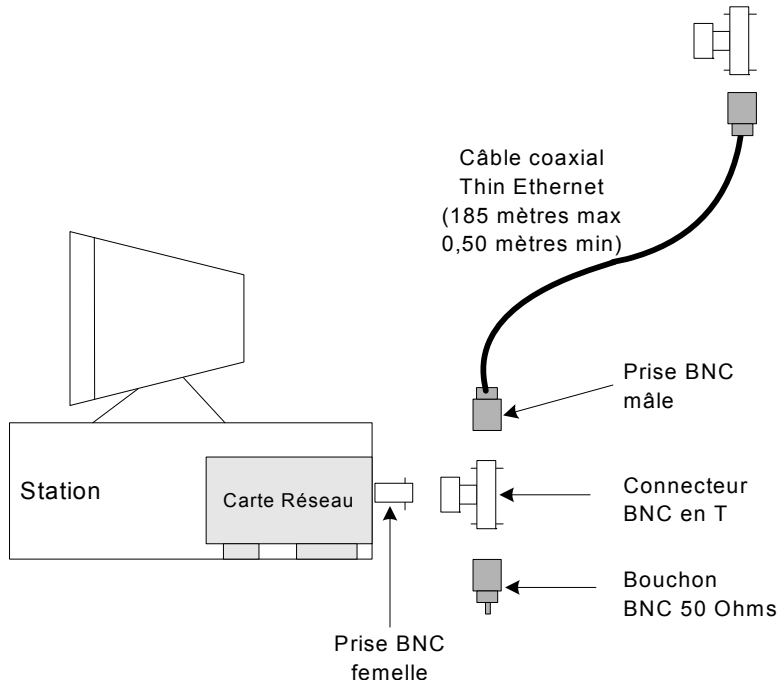
### **10Base2**

Deux pour deux fois cent mètres. Nous avons ici affaire à l'*ethernet fin (thin ethernet)*, dont le câblage se réalise au moyen d'un coaxial RG 58 d'une impédance nominale de 50 ohms.

Chaque extrémité du cordon reçoit une fiche en T BNC par laquelle il se raccorde aux cartes réseau. La fiche en T se raccorde directement sur l'embase BNC de la carte, le cordon réseau qui correspond à la dorsale du réseau 10Base2 passe donc auprès de chaque ordinateur.

La deuxième branche du T recevra soit un autre cordon, soit un bouchon avec une résistance de terminaison de 50 ohms. La longueur maximale d'un segment Ethernet 10Base2 est de 185 mètres et il peut recevoir jusqu'à 30 ordinateurs. La longueur minimale du cordon entre deux T est de 0,50 mètre.

Il est possible de rallonger un cordon par une connexion BNC. Cela dit, on évite cette pratique, car cela dégrade le signal. Des répéteurs peuvent raccorder plusieurs segments de 185 mètres. La règle 5-4-3 s'applique dans ce cas également. La longueur maximale d'un tel réseau est de 925 mètres, ce qui correspond à 5 segments reliés par 4 répéteurs.



**Figure 7 : Composants d'un câblage 10Base2**

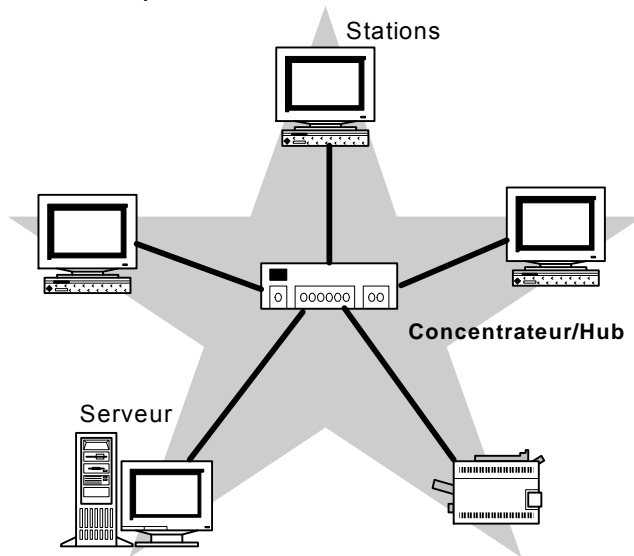
### Propriétés communes aux câbles coaxiaux

- Débits relativement faibles : 10 Mbps, jusqu'à 100 Mbps sur de courtes distances pour le câble coaxial épais.
- Distance maximale : 500 mètres pour le gros câble coaxial, 185 mètres pour le fin dans le cadre d'un réseau *ethernet*.
- Bouchon ou terminateur à chaque extrémité. Une extrémité de chaque segment doit être mise à la terre.
- Pose relativement facile moyennant quelques précautions, surtout en ce qui concerne le gros câble (pas d'angles trop aigus : rayon de courbure minimum de 5 cm pour le fin et de 30 cm pour l'épais), par contre les modifications (ajout ou retrait de nœuds) sont beaucoup moins faciles à effectuer qu'avec de la paire torsadée.
- Très bon marché au mètre.

- Bonne protection contre les perturbations électromagnétiques (comparable à celle des paires torsadées). Le câble coaxial propage beaucoup moins d'interférences sur les autres câbles que les paires torsadées.
- Toute rupture du câblage empêche la communication entre toutes les machines du segment.

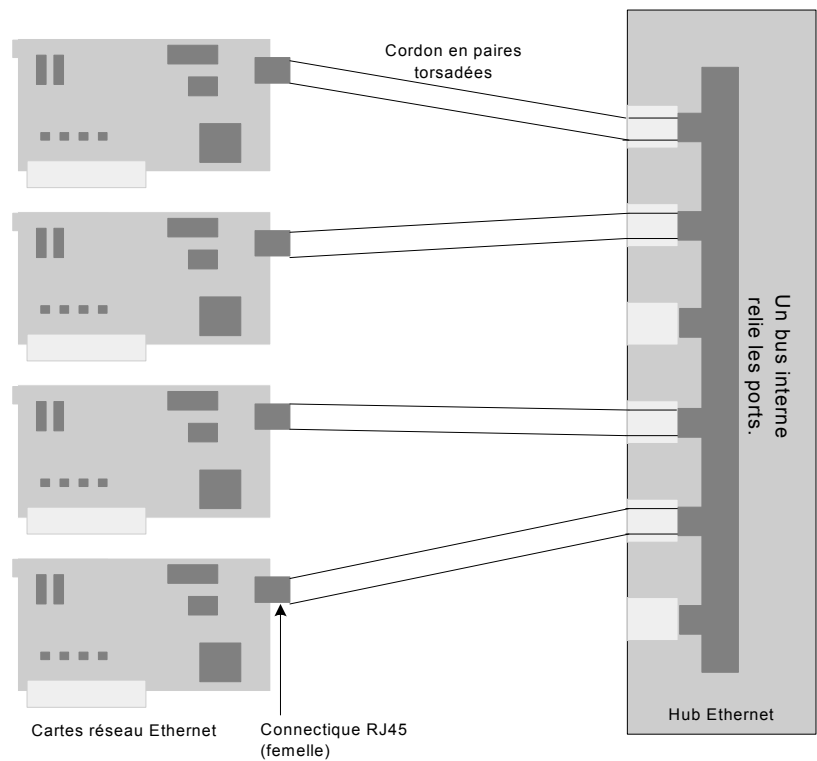
### 10BaseT/100BaseT

Le manque de fiabilité de l'*ethernet* fin, entièrement dépendant de l'intégrité d'une dorsale, a rendu nécessaire une autre méthode de câblage ne présentant pas ce goulot d'étranglement. L'objectif fut atteint par une topologie physique en étoile dont le bus se matérialisait par un concentrateur.



**Figure 8 : La topologie étoile**

Le remplacement des concentrateurs par des commutateurs permet de faire fonctionner le réseau en *full duplex*. Cette expression désigne le fait d'émettre et de recevoir simultanément, et non en alternance (*half duplex*). Un commutateur ne met en liaison que les deux postes concernés par la communication alors qu'un concentrateur diffuse l'information sur la totalité du réseau. La première solution autorise donc l'émission et la réception en simultané, sans risque de collisions. Théoriquement, la vitesse est alors portée à 20/200 Mbps, comme le précisent souvent les documentations des fabricants.



**Figure 9 : Câblage en paires torsadées et concentrateur**

**Le câble en paires torsadées**

Chaque station se raccorde au concentrateur par le biais d'un cordon de paires torsadées.



**Figure 10 : Le câble en paires torsadées**

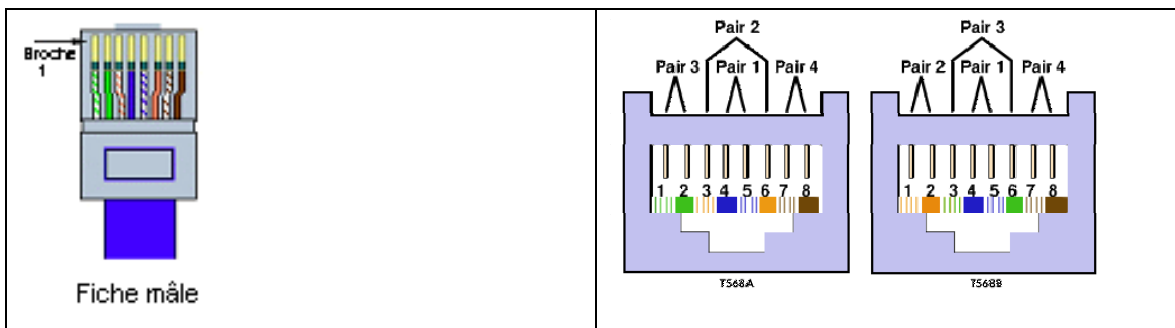


Figure 11 : Connecteur de type RJ45

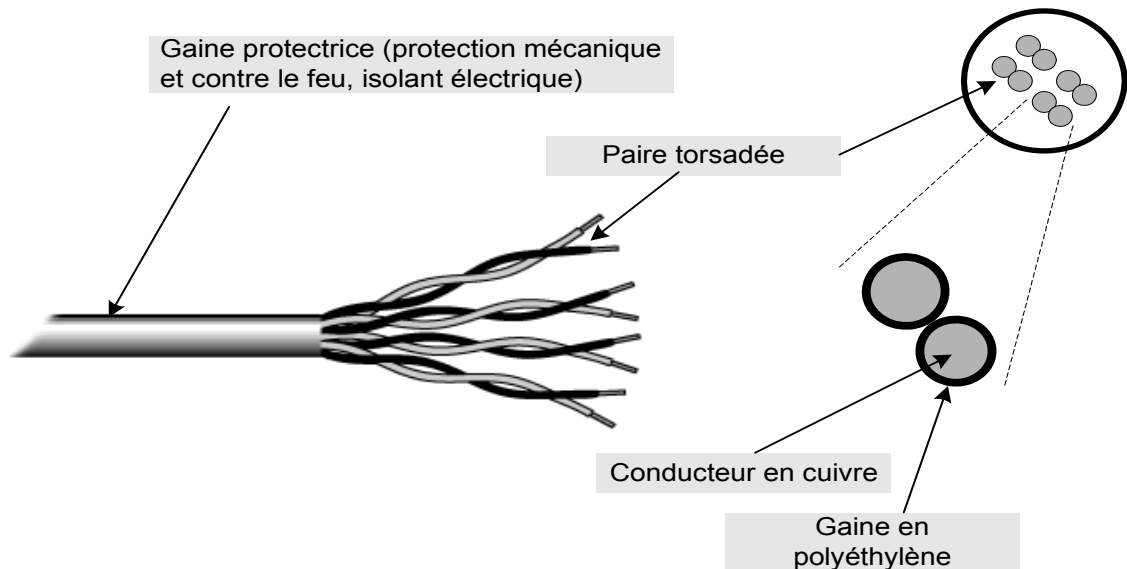


Figure 12 : Câble en paires de fils torsadés

Nous emploierons du câble cat. 5 (100 Mbps). Une première paire de conducteurs est utilisée en émission et une seconde en réception. La connectique est du type RJ45. La longueur d'une telle ligne ne doit pas excéder 100 mètres. Cette valeur est encore à diviser par deux s'il s'agit d'un câble volant souple et non d'une installation fixe. Cela vient de l'âme torsadée souple de ce type de câble, dont le signal transmis est moins robuste. On utilise des courants de faible intensité qui vont se propager dans des conducteurs (fils de cuivre). Cette technique, largement utilisée pour les réseaux locaux, peut se pratiquer sur plusieurs supports.

La paire torsadée est 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 1 000 Mbps pour les câbles de catégorie 7). La mise en œuvre est plus simple et moins coûteuse que pour tous les autres types de câbles. Ce câble est constitué de paires de fils électriques (en général, 4 paires pour la réseautique informatique). Il nous vient du monde de la téléphonie. Les fils de cuivre des différentes paires sont isolés les uns des autres par une gaine de plastique et enfermés dans un câble. Chaque paire est également torsadée sur elle-même, ceci afin d'éviter les phénomènes de diaphonie (interférence entre conducteurs).

Voici quelques caractéristiques d'un câble en paires torsadées :

- pour ce qui est de l'impédance (en ohms – $\Omega$ ): Les valeurs normalisées courantes sont 100 ohms (câble téléphonique), 120 ohms et 150 ohms (développé pour le *token ring*). En principe, plus l'impédance est élevée, moins il y a de perte de signal (le diamètre du câble augmente malheureusement son coût!) et plus son rayon de courbure est important.
- pour ce qui est de la fréquence (en hertz – Hz): C'est la quantité d'éléments unitaires d'un signal transmis pendant une seconde. Par exemple un câble de 100 MHz utilisé dans un réseau local *ethernet* permettra des débits théoriques de 100 Mbps.
- pour ce qui est de l'ACR (en décibels – dB) : *Attenuation Crosstalk Ratio* : c'est le rapport signal/bruit. Plus cette valeur est élevée, meilleure sera la liaison. Les valeurs varient en général de 4 dB à plus de 20 dB pour les meilleurs câbles. Un bruit est un signal non désiré accompagnant un signal désiré.
- pour ce qui est du nombre de brins : on distingue le câble multibrin, destiné aux câbles courts (cordons), souple mais subissant une atténuation du signal plus élevée, du câble monobrin plus rigide, d'atténuation plus faible, qui est destiné à relier, par exemple, armoire de brassage et prises murales.
- pour ce qui est du diamètre du fil : de 0,5 à 0,9 mm. Plus le diamètre du fil augmente, plus les distances de transmission pourront être importantes (et plus le prix monte aussi!).
- pour ce qui est du blindage : il permet l'atténuation des perturbations électromagnétiques.
- l'*UTP – Unshielded Twisted Pair* ou câble UTP : paire torsadée non blindée, c'est le câble le plus utilisé en raison de son faible coût et de sa facilité de mise en œuvre.
- la *STP ou SUTP – Screened Unshielded Twisted Pair* : paire torsadée à blindage global, offrant une meilleure protection contre les parasites électromagnétiques.
- la *FTP – Foiled Twisted Pair* : paire dite à écran protecteur, puisqu'elle est protégée par une fine feuille d'aluminium.

*Remarque.* – Un câble blindé ou à écran protecteur devra avoir une mise à la terre indépendante de celle des autres équipements pour éviter qu'il soit une source de parasites.

### **Le type de câblage**

Les différents types de câblage sont classés par l'*Electronic Industries Association* et la *Telecommunications Industries Association – EIA/TIA* – en catégories. Actuellement, la catégorie 5e s'impose. Au Canada, la norme EIA/TIA 568A est appliquée.

#### **Information**

##### **Les types de câbles pour la UTP.**

La *Unshielded Twisted Pair*, paire torsadée non blindée, correspond à une norme édictée par l'EIA/TIA, référencée en tant que *568 Commercial Building Wiring Standard*. Elle distingue cinq catégories déjà normalisées et deux autres proposées à la normalisation. Les câbles *UTP* peuvent également être blindés, le blindage s'appliquant alors à la totalité du câblage. Lorsque les paires des conducteurs sont

blindées individuellement, le câble prend l'appellation de *Shielded Twisted Pair (STP)*, donc de câble blindé ou armé.

Catégorie 1 (cat. 1) : cordon téléphonique classique, inadapté au transfert de données.

Catégorie 2 (cat. 2) : 4 paires de conducteurs torsadés individuellement autorisant un transfert de données jusqu'à 4 Mbps.

Catégorie 3 (cat. 3) : câble de transfert de données jusqu'à 10 Mbps. Le câble se compose de 4 paires torsadées à 9 tours par mètre.

Catégorie 4 (cat. 4) : câble composé de 4 paires torsadées autorisant un transfert de données jusqu'à 16 Mbps.

Catégorie 5 (cat. 5) : permet un transfert de données jusqu'à 100 Mbps et se compose également de 4 paires torsadées.

La catégorie 5e (e pour *enhanced*, soit amélioré ou perfectionné) est une version améliorée de la catégorie 5 conçue pour accepter le Gigabit Ethernet.

### Règle de câblage

La norme EIA/TIA 568A recommande un câblage en étoile avec une distance maximum de 100 m entre le centre technique et les postes de travail :

- 90 m de la prise murale au panneau d'interconnexion;
- 10 m maximum, au total, pour les fiches de connexion (*patch cord*) dans le centre technique et les cordons permettant de brancher les postes de travail à la prise murale.

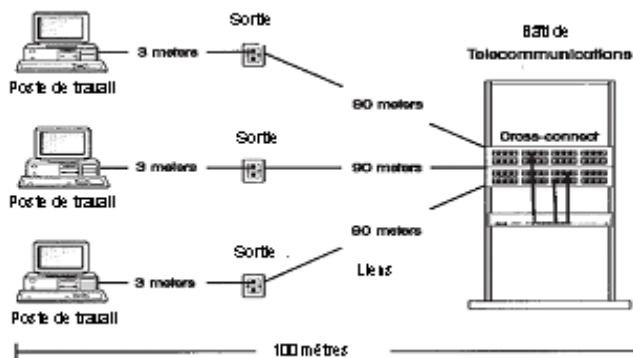


Figure 13 : Règle de câblage (distance)

La règle 5-4-3 s'applique ici aussi : 5 concentrateurs connectés par 4 segments dont 3 concentrateurs équipés d'ordinateurs.

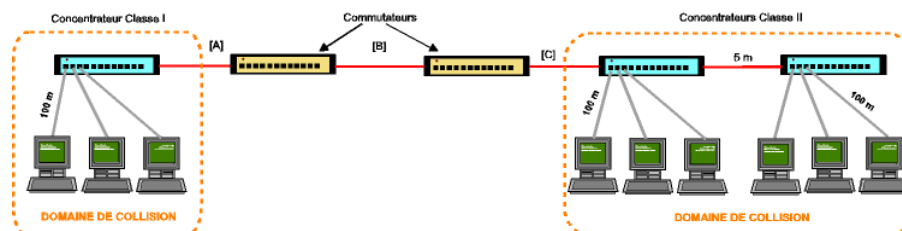




Figure 14 : Règle de câblage (concentrateurs)

### **Gigabit Ethernet (100BaseT/1000BaseFX)**

Cette nouvelle version permet une vitesse de transfert de 1 000 Mbps et exploite, par sens d'écoulement, soit deux paires de conducteurs d'un câble cat. 5, soit une fibre optique. Cette technique s'exploite dans des réseaux haute performance ou pour des dorsales où elle remplace de plus en plus d'autres techniques telles que *FDDI* et *ATM*. Nous pouvons imaginer qu'à terme cette vitesse sera maintenue jusqu'à la station de travail, mais ce n'est actuellement que très rarement le cas, et ce, pour des raisons de coûts, bien évidemment.

### **La fibre optique**

Quand on utilise la fibre optique comme média de transmission, on convertit les signaux (audio, électriques, numériques, etc.) en signaux lumineux. Ce type de support, avec ses larges bandes passantes, permet de transmettre les signaux lumineux à des débits très élevés sur de grandes distances.

Leur coût relativement élevé de même que les difficultés de pose les réservent pour des applications nécessitant des débits élevés : réseaux fédérateurs de communication dans les réseaux privés ou étendus par exemple, réseaux câblés télévisuels, câblages sous-marins intercontinentaux.

Les fibres optiques sont issues d'une technologie relativement récente (les premiers essais datent de 1972). Le principe des fibres optiques est celui de la propagation de la lumière dans un milieu protégé assurant un minimum d'atténuation.

Une fibre optique est composée de deux substances d'indice de réfraction différents (principe du miroir) : le cœur (diamètre 50 ou 62,5 microns) et la gaine (généralement 125 microns de diamètre). C'est dans le cœur de la fibre que sont véhiculés les signaux lumineux.

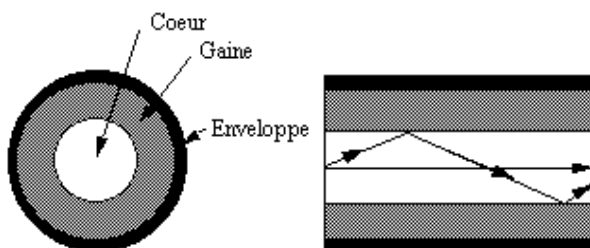


Figure 15 : Structure d'une fibre optique

Contrairement aux câbles en cuivre, la transmission du signal dans une fibre optique est unidirectionnelle; toute liaison sera donc composée de deux fibres, une pour chaque sens.

La distinction entre fibre monomode et multimode porte sur les modes de propagation de la lumière dans la fibre, unique pour la fibre monomode (cœur de diamètre beaucoup plus petit, 10 microns environ), multiple pour la fibre multimode.

Dans le cas d'une fibre multimode, plusieurs longueurs d'onde lumineuse traversent la fibre, alors que pour une fibre monomode, une seule longueur d'onde est utilisée. Cette particularité supprime les problèmes d'interférences.

Avec une fibre monomode, on augmente donc la distance maximale et le débit autorisé, mais également le prix. Ce type de fibre est généralement réservé aux services de télécommunications sur de très longues distances.

*FDDI (Fiber Distributed Data Interface)*, alternative à *ethernet*, est souvent utilisée comme segment fédérateur dans les réseaux locaux importants.

Pour relier la fibre optique aux éléments du réseau, on utilise trois sortes de connecteurs :

- le connecteur SC : généralement utilisé pour les applications de bureau, de télévision câblée et de téléphonie.
- le connecteur ST : ce type de connecteur, grâce à son système de verrouillage à baïonnette, garantit en principe de meilleures performances.



**Figure 16 : Connecteur SC**

- la prise MIC (modulation par codage d'impulsions ou *PCM– Pulse Code Modulation*).



- Le connecteur MTRJ est le plus récent

**Figure 17 : Connecteur MTRJ**

*Remarque.*— Les connecteurs ST et SC sont validés par les normes EIA/TIA 568 et ISO 11801.

### ***Propriétés communes aux fibres optiques***

- Débit maximum : 1 Gbps.
- Communication point à point (PPP) uniquement : on ne peut pas brancher deux fibres en parallèle.

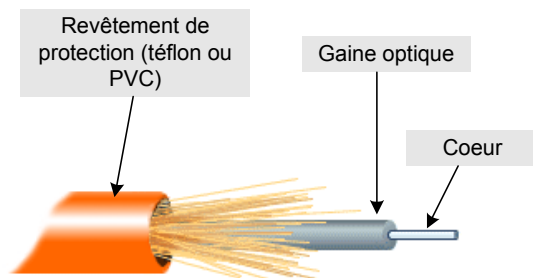
- Distance maximale : portée (entre équipement et commutateur) 2 km maximum pour la fibre de type multimode et 100 km maximum pour les fibres monomodes les plus performantes.
- Perte pratiquement nulle.
- Pose délicate (matériau rigide, respect d'angles de courbure important). Connexion de plus en plus aisée grâce à l'utilisation de connecteurs préencollés et de pinces à sertir ou encore de fours à fusion.
- Coût élevé.
- Insensibilité aux perturbations électromagnétiques, grande sécurité (écoutes clandestines très difficiles à réaliser).
- Les convertisseurs optiques-numériques sont encore une technologie coûteuse.

### Information

#### **Les câbles en fibre optique.**

Une fibre optique est composée de trois éléments principaux :

- Le cœur dans lequel se propagent les ondes optiques;
- La gaine optique d'indice de réfraction inférieur à celui du cœur, qui confine les ondes optiques dans le cœur;
- Le revêtement de protection qui assure la protection mécanique de la fibre.



Les fibres (également appelées brins au sein du câble) sont ensuite regroupées dans des câbles par multiples de 2, de 8 ou de 12.

Deux grands types de fibres existent : les multimodes et les monomodes. Les fibres multimodes les plus couramment utilisées en informatique sont celles à gradient d'indice ayant un cœur d'un diamètre de 62,5 microns et une gaine optique de 125 microns de diamètre. Ces câbles peuvent offrir une bande passante maximale de 1,5 GHz/km. Les fibres monomodes ayant un cœur d'un diamètre entre 2 et 8 microns offrent des bandes passantes allant jusqu'à 50 GHz/km.

Une fibre dont la bande passante spécifiée est de 50 GHz/km et dont la longueur est de 2 km, offrira une bande passante effective de 25 GHz (50/2).



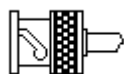


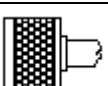


Tableau 2 : Tableau récapitulatif des principales caractéristiques des câbles

	Coaxial fin (10Base2)	Coaxial épais (10Base5)	Paire torsadée 10BaseT 100BaseT 1000BaseT	Fibre optique multimode et monomode
<b>Coût du câble</b>	Plus élevé que la paire torsadée	Plus élevé que le câble coaxial fin	Le moins élevé	Le plus élevé
<b>Longueur de câble recommandée</b>	185 m	500 m	100 m	2 km et 35 à 100 km
<b>Débits de transmission</b>	10 Mbps	10 Mbps	10 Mbps 4 à 100 Mbps	100 Mbps ou plus
<b>Installation</b>	Simple	Simple	Très simple	Relativement difficile
<b>Sensibilité aux interférences</b>	Faible	Faible	Élevée	Aucune
<b>Utilisation conseillée</b>	Sites de moyenne et de grande taille avec des besoins de sécurité élevés		<i>UTP</i> pour les sites de plus petite taille avec des budgets limités; <i>STP</i> pour les réseaux de type <i>token ring</i> , sans restriction de taille.	Installation de toute taille nécessitant une vitesse de transmission et un niveau de sécurité et d'intégrité des données élevé.

### Les types de connectiques

Le tableau suivant illustre quelques types de connectiques et leurs applications.

Tableau 3 : Quelques types de connectiques et leurs applications

Description	Mâle	Femelle	Vue de côté	Applications
BNC				<i>Thin Ethernet</i> , Vidéo
N-Type				<i>Thick Ethernet</i> , Vidéo
RJ11	6 1 	1 		Téléphone


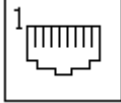
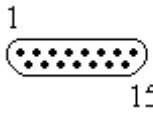



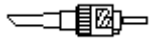


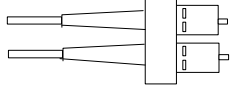


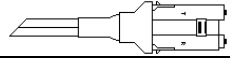
RJ45				LAN, RNIS
Sub D 15 pin				Transceiver AUI, LAN Ethernet
ST				Fibre optique, LAN
SC Duplex				Fibre optique, LAN, OC-3c
MIC				FDDI, MAN

Tableau 4 : Câble et technologie Ethernet

<b>Ethernet (802.3)</b>	<b>10Base2</b>	<b>10Base5</b>	<b>10BaseT/100baseT</b>
<b>Topologie</b>	En bus	En bus	En bus; en étoile
<b>Type de câble</b>	RG-58 <i>Ethernet fin</i>	<i>Ethernet épais</i>	Paire torsadée (cat. 3, 4, 5)
<b>Connexion à la carte réseau</b>	BNC en T	DIX-AUX-DB15	RJ-45
<b>Résistance de la terminaison en ohm (<math>\Omega</math>)</b>	50	50	Non applicable
<b>Impédance en <math>\Omega</math></b>	$50 \pm 2$	$50 \pm 2$	<i>UTP</i> : 85-115 <i>STP</i> : 135-165
<b>Distance en mètre</b>	0,5 entre 2 ordinateurs	2,5 entre 2 prises et au maximum 50 entre la prise et l'ordinateur	100 entre l'émetteur/récepteur (ordinateur) et le concentrateur
<b>Longueur maximale du segment du câble</b>	185 m	500 m	100 m
<b>Nombre maximal de segments connectés</b>	5-4-3	5-4-3	5-4-3

### Les ondes

Quelles soient de type radio, hertziennes ou infrarouges, les ondes permettent, dans certaines conditions, de servir de support de communication pour les réseaux informatiques. L'émission peut se faire soit à partir de *cellules* (émetteur desservant 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 par exemple ou tout simplement à partir d'un *émetteur de signaux infrarouges* (comme ceux utilisés par une simple 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. Le média de transmission est l'atmosphère ou le vide de l'espace.

### **Les dispositifs de réseaux sans fil (*wireless*)**

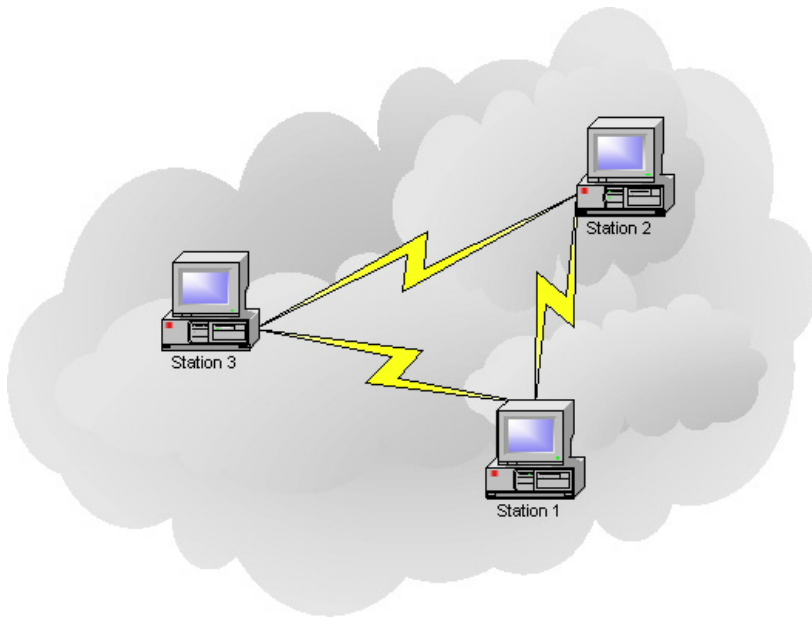
La technologie des réseaux sans fil (*WLAN – Wireless Local Area Network*) fait partie des technologies les plus récentes, en ce qui concerne l'informatique. Elle permet de connecter des équipements informatiques sans support physique, son support de prédilection pour les connexions étant les ondes. Ainsi, il est nécessaire de disposer de cartes d'interface adéquates respectant le standard IEEE 802.11, 802 étant le standard réseau pour *ethernet*, et le « 11 » concernant le « sans fil ».

Pendant au moins une quinzaine d'années, les réseaux traditionnels (câblés) ont été considérés comme les plus économiques. Aussi, les réseaux sans fil sont-ils restés inexploités par la plupart des professionnels. Les questions qui se posent par conséquent sur ce type de réseau sont les suivantes :

- Comment intégrer les *WLAN* à l'architecture câblée existante?
- De quelle technologie disposons-nous?
- Comment gérer les accès multiples?
- Les *WLAN* sont-ils des réseaux fiables et sécuritaires?

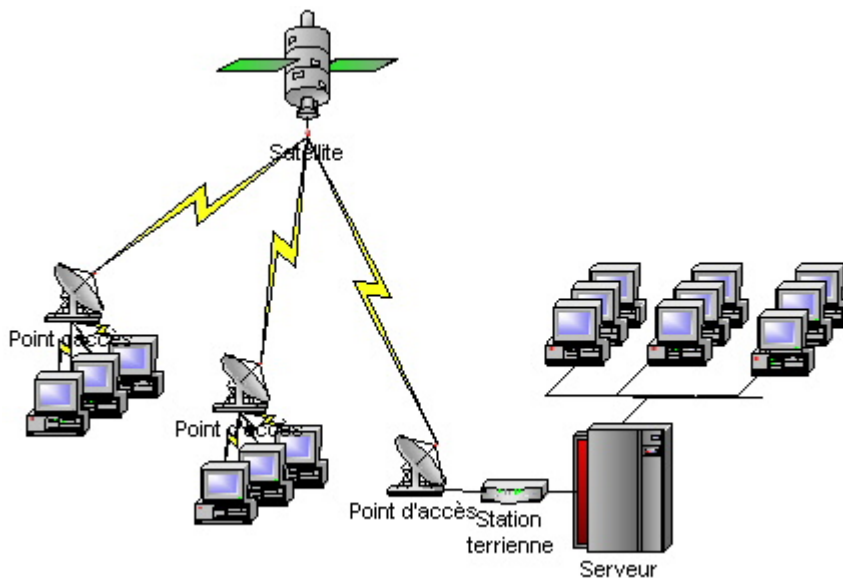
Le champ d'application du standard IEEE 802.11 se limite à la couche physique et à la sous-couche *MAC*, de la couche 2, se rapportant au standard IEEE 802.3. Mais, pour éviter de trop s'enliser dans une boucle sans espoir de sortie, comparons plutôt ces deux standards en essayant de répondre à certaines questions essentielles.

Les *WLAN* peuvent soit remplacer les réseaux câblés, soit encore servir d'extension pour ces derniers. Un ensemble de services de base (*BSS – Basic Service Set*) contient un minimum de deux nœuds sans fil qui sont configurés pour dialoguer. Dans la configuration initiale, les stations dialoguaient directement entre elles de poste à poste pour partager leurs ressources. C'était en général des réseaux occasionnellement conçus pour une durée temporaire. On appelle ce genre d'architecture, réseau *ad hoc* ou encore *IBSS – Independent Structure Basic Service Set*. Voir la figure suivante.



**Figure 18 : Communication poste à poste dans un réseau *ad hoc* WLAN**

Dans la plupart des cas, le *BSS* comprend un point d'accès dont la fonction principale est de se constituer comme un pont entre le *WLAN* et le réseau câblé. Lorsque ce point d'accès existe, les différents équipements ne communiquent pas entre eux en poste à poste. Ainsi, pour communiquer entre eux ou pour communiquer avec les équipements du réseau câblé, toutes les communications transitent par les différents points d'accès. En règle générale, les points d'accès font partie de la structure des réseaux câblés. Ils ne sont donc pas mobiles. Afin d'élargir la couverture des *WLAN*, un service étendu a été mis en œuvre (*ESS – Extended Service Set*) comme l'illustre la figure ci-dessous.



**Figure 19 : Couverture importante des *WLAN* grâce au service étendu**

Le service étendu schématisé ci-dessus se compose en réalité d'un ensemble de *BSS* (chacun ayant son propre point d'accès) interconnectés à travers un système de distribution qui est dans notre cas un faisceau hertzien. En général, la fréquence de la porteuse des points d'action est de 2,4 GHz (il existe des porteuses de 5 GHz de fréquence) et les débits de transmission peuvent atteindre 50 Mo/s (surtout en ce qui concerne les réseaux fédérateurs par satellite).

Il est bien entendu question d'un réseau gros calibre qui nécessite de gros moyens financiers. Il est cependant possible de réaliser un *WLAN* de taille beaucoup plus modeste. Pour ce faire, il suffit de disposer d'antennes que l'on disposera au sommet des toits de maisons ou éventuellement au sommet d'un pylône. On pourra ainsi distinguer trois types d'antennes en fonction de l'usage auquel on destinera son *WLAN* :

- antenne multidirectionnelle. Cette antenne possède la forme d'un piquet, voire d'un pylône de plusieurs mètres de haut. Elle centralise les émissions et les réceptions, et sa portée peut aller de 50 à 100 km. Un tel réseau peut atteindre des débits de 2 Mo/s;
- antenne bidirectionnelle. C'est une antenne qui ressemble plus à une antenne de télévision (du genre râteau horizontal) qu'à autre chose. Mais, dans certains cas, il peut arriver que les branches de l'antenne soient circulaires;
- antenne parabolique. On utilise ce type d'antenne afin de focaliser le signal sur un point précis (un satellite, par exemple).

Dans tous les cas, l'antenne est ensuite raccordée à un gros câble coaxial blindé de quelques mètres à quelques dizaines de mètres (en fonction du constructeur) de long qui aboutit à un boîtier de faible dimension ou à une carte insérée dans un ordinateur. Lorsque l'antenne est au sommet d'un pylône, le boîtier est installé dans un caisson verrouillé accroché au pylône. Lorsque plusieurs voisins partagent un dispositif de transmission radio, ils sont reliés au boîtier par un câble aérien accroché sur les façades des maisons. Tous les appareils doivent être reliés à une alimentation électrique pour fonctionner.

Comme on peut ainsi le constater, la topologie d'un réseau sans fil s'apparente beaucoup à un ensemble de grappes le long d'une branche, en ce sens que :

- chaque grappe est constituée d'un point d'accès central (antenne multidirectionnelle) auquel se connectent tous les transmetteurs clients situés dans son périmètre de portée; au besoin, des transmetteurs clients peuvent eux-mêmes servir de point d'accès pour d'autres postes dans leur propre périmètre, tenant ainsi lieu de relais intermédiaires; les transmetteurs clients sont ce sur quoi sont raccordés les usagers (réseaux locaux câblés ou postes isolés);
- chaque point d'accès est relié à ses voisins par une liaison sans fil pour constituer une dorsale virtuelle (la branche) et acheminer l'information d'une grappe vers une autre ou vers l'extérieur (Internet).

Du point de vue de l'aspect, les « points d'accès », « transmetteurs clients » et « relais de la dorsale » se présentent à peu près de la même manière, sous forme d'un petit boîtier ou d'une carte associée à une antenne. Ce qui diffère, c'est d'une part leur mode de fonctionnement (pont, routeur, répéteur, coupleur), d'autre part l'antenne dont le type est fonction de l'usage (point – à point/point – à multipoint) et de la portée requise.



Les points d'accès, quant à eux, se comportent comme un commutateur d'un réseau en étoile. Il faut cependant noter que les câbles y sont remplacés par des faisceaux d'ondes. Face aux transmetteurs clients, le point d'accès est celui par lequel passent toutes les communications. Du point de vue de l'architecture de réseau, ils peuvent tenir lieu :

- soit de simple répéteur, renvoyant les paquets d'informations reçus sur tous ses ports;
- soit de pont intelligent (filtrage, *Spanning Tree Algorithm*), ne renvoyant les paquets d'informations reçus que sur le bon port en fonction de sa destination.

Les ports ont donc une antenne d'un côté et une prise réseau câblée de l'autre. Sur la prise réseau peuvent être raccordés un réseau local câblé et (ou) une autre passerelle ou un routeur sans fil agissant sur un autre canal, de manière à constituer une dorsale, par exemple.

Aujourd'hui, dans le commerce, de nombreux constructeurs proposent des outils pour mettre en œuvre cette nouvelle technologie, même chez soi, pour un coût relativement abordable.

Voyons ce que tout ceci veut dire concrètement et essayons de bâtir un petit réseau sans fil. Il ne faut surtout pas perdre de vue qu'en plus des connaissances et du savoir-faire en matière de réseau, une bonne dose d'intuition est nécessaire. En outre, il faut posséder des connaissances suffisantes pour une bonne installation des équipements sans fil, particulièrement en ce qui concerne le pointage des antennes, la couverture du satellite, etc.

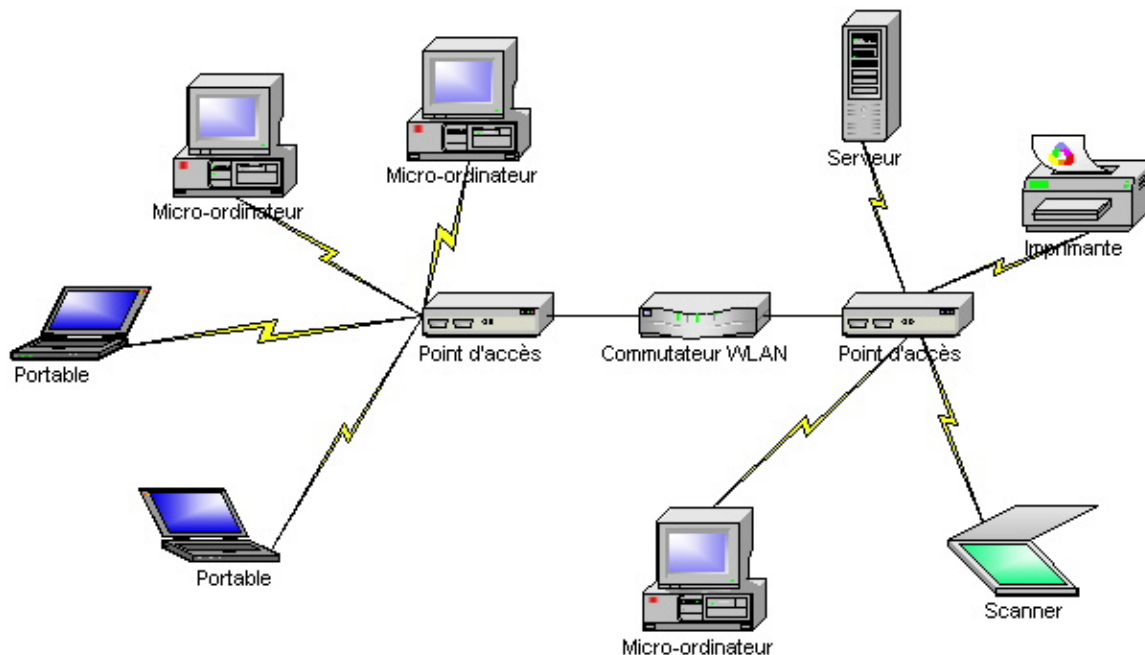
Ainsi, un *WLAN* vous permettra de vous passer de câbles réseau de manière simple et économique. En effet, comme vous n'aurez pas besoin de créer des ramifications de câbles chez vous, lorsque vous serez amené à déménager, vous n'aurez qu'à récupérer vos équipements *WLAN* accrochés quelque part sur l'un des murs de votre maison! Vous pouvez jouir d'une grande liberté de déplacement au sein de votre site sans qu'il ne soit nécessaire de vous soucier de l'existence de prises réseau (que vous n'aurez plus besoin d'avoir à concevoir, par la même occasion...).

En fonction de la taille du réseau que vous voulez mettre en œuvre, plusieurs solutions s'offriront à vous. Essayons de passer en revue quelques cas.

### ***WLAN : solution domestique***

Pour concevoir un petit *WLAN* domestique, vous n'aurez besoin que de quelques cartes réseau compatibles IEEE 802.11 (une carte par équipement à connecter au réseau) et d'au moins un point d'accès pour gérer toutes les connexions. En général, vous pouvez bénéficier de débits variant de 3 Mo/s (pour des équipements situés à plus de 100 m du point d'accès) à 15 Mo/s au maximum (pour les équipements plus proches du point d'accès) en fonction du constructeur.

Le point d'accès se définit comme étant un commutateur sans fil. Il est muni d'un dispositif d'émission et de réception de signaux (des antennes, ou tout autre chose pouvant remplir honorablement cette fonction). Il est alors permis aux autres équipements, eux-mêmes munis de cartes réseau compatibles IEEE 802.11, de communiquer en réseau par l'intermédiaire du point d'accès. Et si vous disposez déjà d'un petit réseau câblé, il vous est quand même possible de l'étendre avec un *WLAN*, car vous pouvez relier les points d'accès à votre réseau à travers des connecteurs 10BaseT!



**Figure 20 : Exemple d'un WLAN domestique**

### **WLAN : solution pour petite entreprise**

Dans une entreprise, il se peut qu'il y ait déjà un réseau câblé en place. Le problème se posera lorsqu'il faudra ajouter des connexions, car il ne sera pas question de déplacer les utilisateurs avec leur prise réseau. Or imaginez la situation où une nouvelle salle de réunion a été louée dans l'immeuble voisin et que, pour les réunions, les participants exigent de pouvoir bénéficier de leurs ressources réseau à partir de leurs portables. Bien entendu, la salle de réunion (qui peut se trouver dans un restaurant) n'est pas reliée au réseau de l'entreprise. Il s'agit alors d'installer un point d'accès et des cartes réseau PCMCIA compatibles IEEE 802.11 dans les portables. Il est possible que le point d'accès exige un module qui puisse couvrir une distance de communication plus confortable (environ 10 km), de garantir l'intégrité et la confidentialité des données; une vitesse de transmission soutenue (11 Mo/s) de même qu'un bon niveau de cryptage des données (128 bits est un minimum). Les frais rattachés à ces exigences seront aussi plus importants. On devra aussi songer, bien entendu, aux commutateurs, et aux autres composants de réseau.

Il faut garder à l'esprit que les cartes pour réseaux sans fil sont en général réglées pour des porteuses dont la fréquence est de 2,4 GHz, chacune ayant sa propre adresse MAC. L'avantage de cette porteuse est qu'il n'est nul besoin de faire une demande d'exploitation car c'est une fréquence libre d'utilisation. Cette situation pose des problèmes non négligeables d'interférence et de sécurité. La puissance de transmission

varie de 10 à 100 mW pour les microstations terriennes (*VSAT – Very Small Aperture Terminal*).

Pour les réseaux sans fil, il est important que les vues soient dégagées afin que les communications puissent s'établir. Il ne faut donc pas qu'il y ait d'obstacles entre deux dispositifs de communication. La distance qui sépare les antennes dépend des antennes elles-mêmes, ou de l'amplificateur de signal utilisé. Une antenne directe peut émettre et recevoir des signaux à une distance pouvant atteindre un kilomètre. Cette distance atteint 2,3 km pour une antenne multidirectionnelle amplifiée; tandis que pour les antennes paraboliques, elle peut aller de 50 à 60 km. En ce qui concerne les antennes *VSAT*, elles sont dirigées vers les satellites géostationnaires en orbite autour de la terre.

## **WLAN : Réseau étendu**

En général, l'utilisation des dispositifs sans fil est soumise à une réglementation très stricte. Certaines autorisations doivent être obtenues d'une commission spéciale du gouvernement afin qu'une plage de fréquences soit allouée.

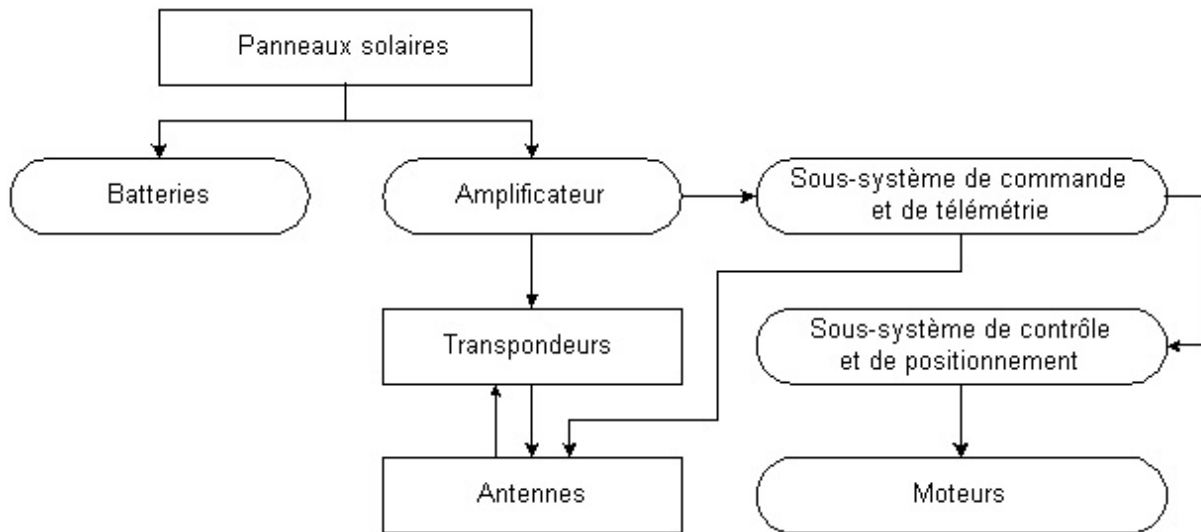
Autant les réseaux câblés et les petits *WLAN* sont relativement simples à configurer (du moins pour ce qui est du matériel), autant les réseaux sans fil peuvent s'avérer extrêmement difficiles à installer, surtout lorsqu'ils doivent couvrir plusieurs sites. Les problèmes courants que l'on règle pour les réseaux câblés (installation de cartes optionnelles, de logiciels, etc.) deviennent très rapidement un véritable casse-tête pour les réseaux sans fil.

- Avant d'installer les équipements *WLAN*, tous les constructeurs recommanderont que ces derniers soient mis à la terre et que la valeur de résistance de cette terre soit très faible (inférieure à 1  $\Omega$ ). Il faudra aussi installer des parafoudres. Lorsque ces consignes ne sont pas respectées, l'avenir de ces équipements est largement hypothéqué (moins d'un an).
- Vous devez choisir la carte *WLAN* adéquate. Or, il en existe beaucoup sur le marché, chacune ayant ses propres caractéristiques techniques. Si vous désirez construire un petit *WLAN*, vous devez vous trouver des cartes compatibles IEEE 802.11.
- Il faudra effectuer des essais de communication entre deux systèmes; dans un premier temps, à faible distance, ensuite, de plus en plus loin en tenant compte des conditions environnementales.

Une fois ces étapes franchies avec succès, vous pourrez enfin songer au déploiement de votre réseau *WLAN*. Pour ce faire, vous devez posséder :

- des connaissances en matière d'installation et de configuration de logiciels;
- une bonne connaissance des protocoles de réseau (*TCP/IP*, *ARP*, *Proxy*, *Proxy ARP*, sous-réseau, etc.);
- une bonne compréhension des principes de fonctionnement des *WLAN* (mode d'accès, réseau *ad hoc*, architecture du réseau, les points d'accès, etc.);
- des connaissances sur les équipements de réseau (une expérience sur les antennes, montages physiques, pointage, installation d'interfaces réseau).

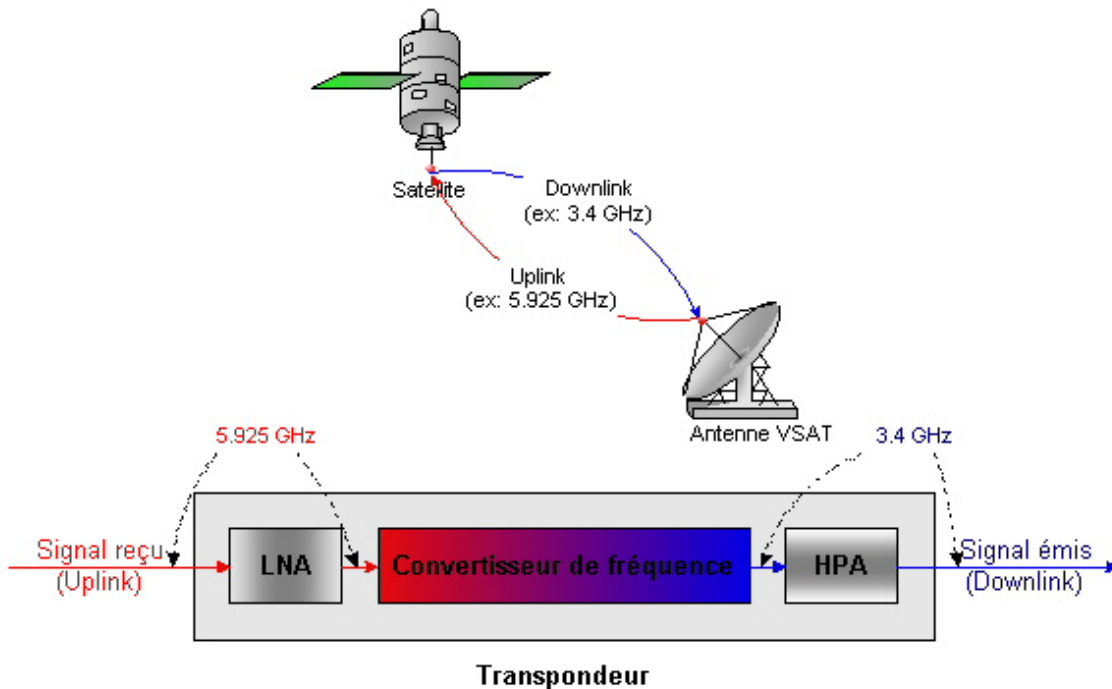
Pour installer, par exemple, un *WLAN* entre Toronto et Paris, le mieux est de passer par des antennes *VSAT* et au moins un satellite.



**Figure 21 : Diagramme fonctionnel d'un satellite**

Un satellite de communication est en réalité un répéteur placé en orbite autour de la terre. Il reçoit un signal émis de la terre en liaison montante (*uplink*), à une fréquence donnée, et le retransmet vers la terre en liaison descendante (*downlink*) à une fréquence différente.

L'équipement actif sur le satellite qui reçoit le signal, l'amplifie, convertit sa fréquence et le retransmet est appelé transpondeur. Les satellites utilisés en télécommunications sont souvent en orbite géostationnaire, c'est à dire au-dessus de l'équateur et à une altitude de 36 000 km. Dans cette position, le satellite couvre un tiers de la surface de la terre, et il semble immobile par rapport aux zones couvertes bien qu'en réalité il se déplace légèrement en formant des figures de « 8 », d'où la perte temporaire de signal lorsque les antennes ne sont pas asservies aux mouvements du satellite. La gestion du satellite, l'accès à ce dernier et l'attribution des fréquences sont sous la responsabilité d'organismes comme INTELSAT, PANAMSAT, etc. Ils exploitent plusieurs satellites et proposent des services de téléphonie, de transfert de données, de télécopie, de visioconférence, d'accès à Internet et de multimédia.



**Figure 22 : Transpondeur**

Plusieurs bandes de fréquences sont utilisées pour accéder au satellite. Elles concernent les fréquences d'émission et de réception. Nous avons ci-dessous un exemple réel de bande de fréquences commerciales : les bandes C et K<sub>u</sub>.

**Tableau 5 : Bandes de fréquences utilisées**

Fréquences en liaison montante	Fréquences en liaison descendante	Bandes
5,925 – 6,425 GHz	3,400 – 4,200 GHz	C (étendue)
14,000 – 14,500 GHz	11,700 – 12,000 GHz	K <sub>u</sub>

La transmission de données numériques par satellite est sujette aux bruits et aux erreurs aléatoires liés au lien spatial. La qualité d'une transmission numérique se mesure en taux d'erreur moyen au niveau de la sortie de l'équipement numérique. La qualité de la transmission est appréciée sur la valeur du rapport signal sur bruit  $E_b/N_0$ . Ce rapport se définit comme étant la puissance du signal pour un bit transmis sur la puissance du bruit sur la bande passante.

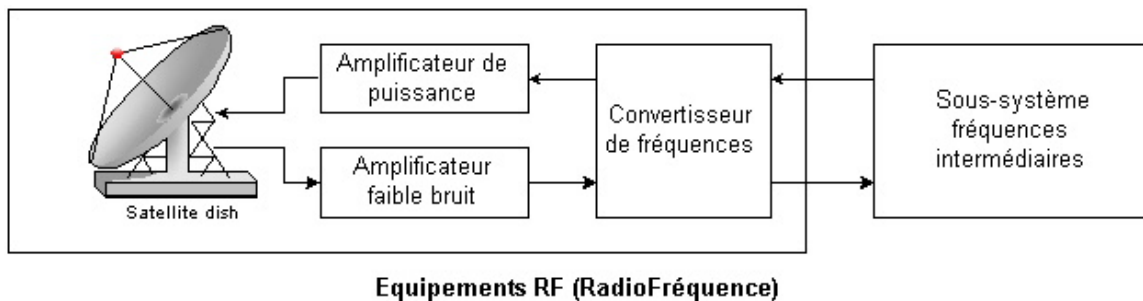
La condensation et l'eau de pluie affectent la transmission et la réception entre le satellite et la station terrienne en réduisant la puissance reçue au niveau des antennes. Ce phénomène s'appelle l'atténuation atmosphérique.

Un transpondeur satellite doit être capable d'assurer des transmissions simultanées en provenance de sources multiples, tout en garantissant l'intégrité des données

échangées. Deux différentes méthodes d'accès au satellite permettent d'accomplir cette tâche :

- accès multiple par répartition en fréquence (*FDMA – Frequency Division Multiple Access*) : plusieurs utilisateurs partagent le même transpondeur. Chaque utilisateur émet sur une bande de fréquences donnée avec une polarisation donnée;
- accès multiple par répartition dans le temps (*TDMA – Time Division Multiple Access*) : plusieurs utilisateurs partagent le même transpondeur. Ils émettent tous à la même fréquence mais durant des périodes de temps déterminées.

Pour les communications (transmission de données et de voix) par satellite, il est nécessaire de posséder un terminal. Ce terminal comprend au moins deux ensembles de composants. Le premier comprend la parabole et les équipements de radiofréquence (amplificateurs) décrits plus haut. Le second comprend les composants adjacents aux équipements utilisateurs dans le boîtier : une carte de traitement des signaux et les cartes réseau qui doivent servir d'interfaces avec les équipements des utilisateurs.



**Figure 23 : Équipements RF (radiofréquence)**

Nous nommerons l'ensemble boîtier intérieur et cartes par le terme section intérieure (*IDU – InDoor Unit*).

Une carte, module de fréquence intermédiaire (*IFM – Intermediate Frequency Module*), doit être intégrée au terminal. Elle est nécessaire pour le traitement des signaux. En fait, il vaudrait mieux que le terminal possède, pour des raisons de commodités et d'encombrement, des emplacements pour accueillir des cartes de communication. Ces dernières, de différents types, servent d'interface avec les équipements terminaux des utilisateurs. Elles sont livrées en fonction des besoins des utilisateurs. Il existe des cartes pour la transmission et la réception de données, des cartes pour la transmission de la voix, etc.

La carte *IFM* est responsable de la conversion, de la démodulation, du décodage et de la synchronisation du signal lors de la réception de signaux en provenance de satellites. Cette carte est aussi responsable des tâches inverses lors de la transmission des signaux vers le satellite : modulation, synchronisation, etc. Tout aussi important : c'est à travers cette carte que le point d'accès sera configuré. Ainsi, cette carte est plus qu'indispensable pour une station terrienne.



Une carte réseau sert d'interface aux terminaux numériques de données des utilisateurs. Elle dispose de deux à quatre liens de données série, dont deux respecteront toujours de la norme RS-232. Les autres ports série dépendent de la carte que l'on voudra ajouter. Là encore, il faudra faire attention lors du choix des cartes additionnelles. Il faut toujours s'assurer qu'il y a une compatibilité parfaite entre ces différentes cartes (cartes *LAN ethernet, token ring, PLC*, etc.). Une carte additionnelle peut être ajoutée pour l'échantillonnage et le codage de la voix en vue de fournir un canal de voix téléphonique.

### **Les systèmes d'exploitation réseau**

Jusqu'à présent, nous n'avons pas fait mention des systèmes d'exploitation réseau, puisque chacun pourrait à lui seul faire l'objet d'un cours complet. Nous ne les mentionnerons donc que très brièvement.

#### **Les produits Microsoft**

Windows pour Workgroup, Windows 95, Windows 98, Windows Me, Windows NT4 Workstation, Windows 2000 professionnel, Windows XP familial et Windows XP Professionnel font partie de la catégorie des systèmes d'exploitation de réseaux de type d'égal à égal, où toutes les stations de travail jouent en même temps le rôle de client (utilise les services offerts par les autres) et le rôle de serveur (fournit des services tels que partage de fichiers, d'imprimantes, etc.). On les nomme réseaux d'égal à égal ou réseaux entre homologues (*peer to peer networks*).

Avantages d'un réseau d'égal à égal :

- un coût réduit;
- une simplicité à toute épreuve.

Inconvénients d'un réseau d'égal à égal :

- il est très difficile à administrer car la gestion du réseau n'est pas centralisée;
- la sécurité est très faible et facilement contournable (sauf pour les produits professionnels de type NT, 2000 et XP). Les machines se voient entre elles;
- les réseaux d'égal à égal ne sont valables que pour un petit nombre d'ordinateurs (maximum une dizaine), et pour des applications ne nécessitant pas une grande sécurité.

Windows NT serveur et ses variantes, Windows 2000 serveur et ses variantes, .net :

Ce sont des systèmes d'exploitation qui permettent de créer des réseaux organisés autour de serveurs.

Avantages :

- une administration centralisée au niveau du serveur;
- des ressources centralisées. Les services offerts sont centralisés d'où une maintenance et une gestion plus faciles;
- une meilleure sécurité;
- un réseau évolutif et performant s'il a été bien conçu.

Inconvénients :

- coût élevé;
- administration globale plus complexe;

- mise en œuvre par du personnel qualifié et compétent.

### **Les autres produits**

[LINUX](#) et [UNIX](#) sont des systèmes d'exploitation réseaux organisés autour de serveurs très puissants, fiables et performants. Leur mise en œuvre nécessite des connaissances solides.

[Novell Netware](#) a longtemps dominé le marché des systèmes d'exploitation réseaux jusqu'à l'arrivée de Microsoft NT4 serveur. Ce produit reste néanmoins la solution de choix par excellence pour qui veut installer un réseau fiable, sécuritaire, performant et évolutif.

**Tableau 6 : Les principales normes IEEE pour les réseaux**

<b>Informations complémentaires</b>	
<b>Les principales normes IEEE pour les réseaux</b>	
<b>Spécification IEEE</b>	<b>Description</b>
<b>802.1</b>	<i>Internetworking</i>
<b>802.2</b>	<b>Logical Link Control</b>
<b>802.3</b>	<b>CSMA/CD</b>
<b>802.4</b>	Bus à jeton
<b>802.5</b>	Anneau à jeton
<b>802.6</b>	<i>Metropolitan Area Network (MAN)</i>
<b>802.7</b>	Large bande
<b>802.8</b>	Fibre optique
<b>802.9</b>	<b>Integrated Voice/Data Network</b>
<b>802.10</b>	Sécurité réseaux
<b>802.11</b>	Réseaux sans fil
<b>802.12</b>	Priorité à la demande 100baseVG AnyLAN

Tableau 7 : IEEE 802.3 Ethernet

**IEEE 802.3 ETHERNET**

	<b>10Base2</b>	<b>10Base5</b>	<b>10BaseT</b>
<b>Topologie</b>	Bus	Bus	Bus en étoile
<b>Type de câble</b>	RG-58 <i>Thinnet</i> coaxial	<i>Thicknet</i> + 3/8 pouce STP pour câble de l'émetteur- récepteur	UTP cat. 3, 4 et 5
<b>Connecteur</b>	BNC connecteur en T	DIX/ AUI	RJ-45
<b>Bouchon en ohm</b>	50	50	N/A
<b>Résistance</b>	50 ± 2	50 ± 2	UTP = 85-115 STP = 35-165
<b>Distance minimum</b>	0,5 m	2,5 m entre l'émetteur- récepteur 50 m de l'émetteur- récepteur au PC	100 m entre l'émetteur-récepteur et le concentrateur
<b>Longueur maximum de segment</b>	185 m	500 m	100 m
<b>Nombre maximum de segments</b>	Règle 5-4-3	Règle 5-4-3	Règle 5-4-3
<b>Longueur maximum du réseau</b>	925 m	2 500 m	N/A
<b>Nombre maximum de PC par segment</b>	30 au total 1 024	100	Chaque PC a son câble. Maximum de 12 PC par concentrateur  Maximum de 1 024

**Tableau 8 : Ethernet 803.3, Fast Ethernet et fibre**

	<b>10BaseFI</b>	<b>100BaseT</b>	<b>100BaseX</b>
<b>Vitesse</b>	10 Mbps	100 Mbps	100 Mbps
<b>Câble utilisé</b>	Fibre optique	UTP ou STP cat. 3, 4, 5 ou fibre optique	<b>100BaseT4</b> : UTP 4 paires cat. 3, 4, 5 <b>100BaseTX</b> : UTP 2 paires cat. 5 <b>100BaseFX</b> : fibre optique
<b>Topologie</b>	Entre différents immeubles	Étoile en cascade	Bus en étoile
<b>Particularité</b>	Distance max. : 2 000 m	100 VG-AnyLan	<b>Fast Ethernet</b>

### **Conclusion**

Les équipements de réseautage et d'interconnexion de réseaux font partie intégrante de notre environnement informatique. Ainsi, à l'instar de nos collègues anglophones, nous pouvons affirmer que « le réseau c'est l'ordinateur », « The Network is the Computer ». Nous avons parlé des principaux équipements en les situant au niveau où ils fonctionnent dans le modèle OSI. Et nous pouvons ainsi rappeler quelques caractéristiques matérielles et technologiques.

Le *concentrateur (hub)* est le périphérique d'interconnexion de plus bas niveau (niveau 1). Son rôle est de retransmettre les trames arrivant sur un de ses ports vers tous ses autres ports. Hormis le fait que cet équipement est très bon marché, le problème majeur du concentrateur est que toutes les machines qui y sont raccordées partagent la même bande passante. De plus, tous les segments et équipements raccordés à un concentrateur font partie du même domaine de collision.

Le *commutateur (switch)*, quant à lui, peut être considéré comme un concentrateur auquel de nombreux défauts ont été retirés. En effet, ce dernier reconnaît, sur chacun de ses ports, l'adresse physique (*MAC address*) de l'équipement ou des équipements qui lui sont raccordés. Il envoie les trames sur le port où se situe l'adresse physique de l'équipement concerné, en limitant ainsi le domaine de collision aux seuls équipements reliés au port du commutateur. Cette technique a été rendue possible grâce à des mémoires (*buffers*) intégrées au sein de chaque port du commutateur, doublées d'une commutation interne importante de cet équipement (de l'ordre de plusieurs gigabits pour un commutateur à 10/100 Mbits/s) qui lui permet de diriger les trames vers son unique destinataire. Cette technique dite de « segmentation » limite le domaine de collision au simple port du commutateur. Ce qui fait qu'en théorie, une collision ne peut avoir lieu sur un port non relié du commutateur. Une machine connectée à un port possède ainsi une bande passante distincte.

Un *pont* agit au niveau de la couche 2. Il ne gère pas de table de routage mais lit et interprète les octets transmis. Grâce aux ponts, le taux de collisions est réduit, ce qui a pour effet d'améliorer l'usage de la bande passante. Moins cher qu'un routeur et plus rapide (services rendus moins complets). L'un des rôles fondamentaux du pont est de relier deux segments (ou plus) d'un même réseau local.

Le *routeur* agit au niveau 3 et gère une table de routage. Il met en rapport plusieurs réseaux différents et est par conséquent l'équipement le plus adapté aux interconnexions longue distance (*WAN*). L'une des différences fondamentales entre un pont et un routeur est que ce dernier lit toutes les trames circulant sur le réseau. Un pont ne lit que les trames qui lui sont destinées. Un pont divise uniquement les domaines de collision, alors qu'un routeur divise également les domaines de diffusion (*broadcast*). De ce fait, un routeur augmente les performances du réseau. En général, un routeur est un équipement disposant de plusieurs interfaces, chacune raccordée à un segment *Ethernet*, *token ring*, *FDDI*, *PPP*, *HDLC*... Du fait que le routeur permet d'interconnecter différentes topologies, il intègre une fonction de conversion de trames. Ainsi, une trame en provenance d'une topologie *Ethernet* et se présentant à l'interface *token ring* du routeur sera entièrement restructurée à la sortie et régénérée en une trame *token ring*.