

# 4

## Le médium de transport

---

Le médium de transport correspond aux éléments matériels et immatériels capables de transporter des éléments binaires, comme les câbles et les ondes radio. Dans le premier cas, ce sont des fils métalliques ou des fibres optiques qui transportent l'information et dans le second les ondes hertziennes.

Les deux types de support sont plus complémentaires que concurrents. Le hertzien permet la mobilité mais au prix de débits plus faibles. De son côté, le câble propose des débits de plus en plus importants. Même si les débits des équipements mobiles augmentent, l'écart reste stable avec ceux des câbles. On arrive aujourd'hui à des dizaines de gigabits par seconde sur la fibre optique contre des centaines de mégabits par seconde pour le hertzien.

Ce chapitre examine les caractéristiques de ces différents médias de transport afin de mieux faire comprendre les architectures que l'on peut bâtir au-dessus.

### Les médias physiques

Par médium physique, il faut entendre tous les composants physiques permettant de transmettre les éléments binaires, suites de 0 et de 1, représentant les données à transmettre.

La nature des applications véhiculées par le réseau peut influencer sur le choix du support, certaines applications nécessitant, par exemple, une bande passante importante et, par là même, l'adoption de la fibre optique. Le câble coaxial permet lui aussi de transférer des débits binaires importants, même si ces derniers restent inférieurs à ceux offerts par la fibre optique.

Aujourd'hui, les progrès technologiques rendent l'utilisation de la paire de fils torsadée bien adaptée à des débits de 10 à 100 Mbit/s, voire 1 Gbit/s sur des distances plus courtes. Sa facilité d'installation par rapport au câble coaxial et son prix très inférieur la rendent à la fois plus attractive et plus compétitive.

La fibre optique est présente dans tous les systèmes de câblage proposés par les constructeurs, en particulier sur les liaisons entre locaux techniques. Elle présente l'avantage d'un faible encombrement, l'espace très important requis par les autres supports physiques pouvant devenir contraignant. Un autre avantage de la fibre optique est son immunité au bruit et aux interférences électromagnétiques. Dans certains environnements perturbés les erreurs de transmission peuvent en effet devenir inacceptables. De même, sa protection naturelle contre l'écoute la rend attrayante dans les secteurs où la confidentialité est importante, comme l'armée ou la banque.

On observe une utilisation de plus en plus fréquente de la paire torsadée. Les progrès technologiques lui ont permis de repousser ses limites théoriques par l'ajout de circuits électroniques et d'atteindre des débits importants à des prix nettement inférieurs à ceux du câble coaxial. La paire torsadée est de surcroît plus simple à installer que le câble coaxial, d'autant qu'elle peut utiliser l'infrastructure mise en place depuis longtemps pour le câblage téléphonique. La paire torsadée permet enfin de reconfigurer, de maintenir ou de faire évoluer le réseau de façon simple.

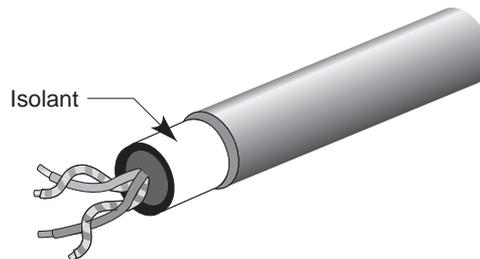
### La paire de fils torsadée

La paire de fils torsadée est le support de transmission le plus simple. Comme l'illustre la figure 4.1, elle est constituée d'une ou de plusieurs paires de fils électriques agencés en spirale. Ce type de support convient à la transmission aussi bien analogique que numérique.

Les paires torsadées peuvent être blindées, une gaine métallique enveloppant complètement les paires métalliques, ou non blindées. Elles peuvent être également « écrantées ». Dans ce cas, un ruban métallique entoure les fils.

Figure 4.1

*Paires de fils torsadées*



De très nombreux débats ont lieu sur les avantages et inconvénients du blindage de ces câbles. On peut dire, en simplifiant, qu'un câble blindé devrait être capable de mieux immuniser les signaux transportés. L'inconvénient du blindage est toutefois qu'il exige la mise à la terre de l'ensemble de l'équipement, depuis le support physique jusqu'au terminal. Il faut donc que toute la chaîne de connexion des terres soit correctement effectuée et maintenue. En d'autres termes, un réseau blindé doit être de très bonne qualité, faute de quoi il risque de se comporter moins bien qu'un réseau sans blindage, beaucoup moins onéreux.

Les fils métalliques sont particulièrement adaptés à la transmission d'informations sur de courtes distances. Si la longueur du fil est peu importante, de quelques centaines de

mètres à quelques kilomètres, des débits de plusieurs mégabits par seconde peuvent être atteints sans taux d'erreur inacceptable. Sur des distances plus courtes, on peut obtenir sans difficulté des débits de plusieurs dizaines de mégabits par seconde. Sur des distances encore plus courtes, on atteint facilement quelques centaines de mégabits par seconde. Une distance de l'ordre de 100 m permet de faire passer le débit à plusieurs gigabits par seconde.

La normalisation dans le domaine des câbles est effectuée par le groupe ISO/IEC JTC1/SC25/WG3 au niveau international et par des organismes nationaux comme l'EIA/TIA (Electronic Industries Association/Telecommunications Industries Association), aux États-Unis.

Les principales catégories de câbles définies sont les suivantes :

- Catégorie 3 (10BaseT) ;
- Catégorie 4 (10BaseT et Token-Ring 16 Mbit/s) ;
- Catégorie 5 (10BaseT, Token-Ring 16 Mbit/s et 100 Mbit/s TPDDI) ;
- Catégorie 5e (Type R évolué, pour une largeur de bande de 100 MHz) ;
- Catégorie 6 (pour une largeur de bande de 200 MHz) ;
- Catégorie 7 (pour une largeur de bande de 600 MHz).

Il est possible de comparer les paires torsadées en fonction de leur paradiaphonie, c'est-à-dire de la perte d'une partie de l'énergie du signal due à la proximité d'un autre circuit et de son affaiblissement. La figure 4.2 illustre ces comparaisons. Les câbles de types 6 et 7 ne figurent pas dans ce schéma par manque de mesures disponibles. Dans cette même figure, nous avons ajouté un câble spécifique à la France, le câble 120  $\Omega$ , qui est une proposition de France Télécom pour trouver un compromis entre les 100 et 150  $\Omega$  et éviter ainsi dans la mesure du possible les adaptateurs d'impédance.

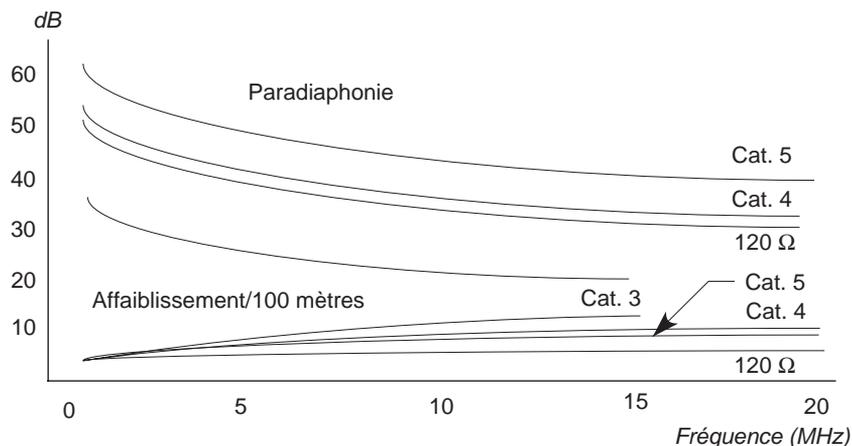


Figure 4.2

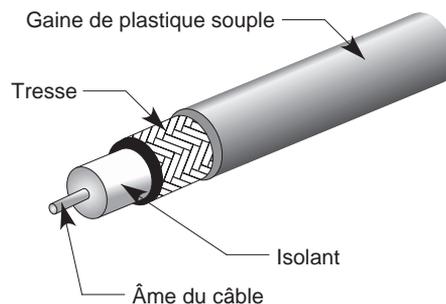
Comparaison de la paradiaphonie et de l'affaiblissement du signal sur 100 m de divers types de câbles

## Le câble coaxial

Un câble coaxial est constitué de deux conducteurs cylindriques de même axe, l'âme et la tresse, séparés par un isolant (voir figure 4.3). Ce dernier permet de limiter les perturbations dues au bruit externe. Si le bruit est important, un blindage peut être ajouté. Quoique ce support perde du terrain, notamment par rapport à la fibre optique, il reste encore très utilisé.

Figure 4.3

Coupe d'un câble coaxial



Les électroniciens ont démontré que le rapport des diamètres des deux conducteurs devait être de 3,6 mm. Les différents câbles utilisés sont désignés par le rapport en millimètre des diamètres de l'âme et de la tresse du câble, les deux plus courants étant les 2,6/9,5 et 1,2/4,4.

Comme pour les fils métalliques, le débit binaire obtenu sur un câble coaxial est inversement proportionnel à la distance à parcourir. Sur un câble coaxial de bonne qualité d'une longueur de 1 km, des débits supérieurs à 100 Mbit/s peuvent être atteints.

Les principales catégories de câbles coaxiaux disponibles sur le marché sont les suivantes :

- câble 50  $\Omega$ , de type Ethernet ;
- câble 75  $\Omega$ , de type CATV (câble de télévision).

## La fibre optique

La fibre optique est utilisée dans les environnements où un très fort débit est demandé mais également dans les environnements de mauvaise qualité. Elle comporte des composants extrémité qui émettent et reçoivent les signaux lumineux.

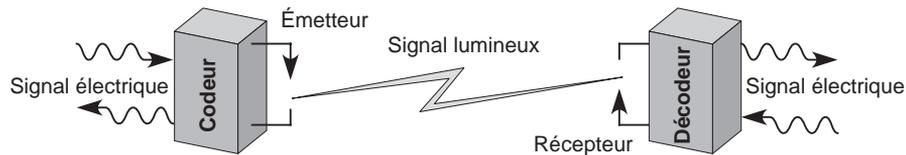
Les principaux composants émetteurs sont les suivants :

- Diode électroluminescente (DEL) dépourvue de cavité laser, qui émet des radiations lumineuses lorsqu'elle est parcourue par un courant électrique.
- Diode laser (DL), qui émet un faisceau de rayonnement cohérent dans l'espace et dans le temps.
- Laser modulé.

L'utilisation d'un émetteur laser diminue le phénomène de dispersion, c'est-à-dire la déformation du signal provenant d'une vitesse de propagation légèrement différente suivant les fréquences. Cela donne une puissance optique supérieure aux DEL.

La contrepartie de ces avantages est un coût plus important et une durée de vie du laser inférieure à celle d'une diode électroluminescente.

La figure 4.4 illustre une liaison par fibre optique. Cette figure comporte des codeurs et des décodeurs qui transforment les signaux électriques en signaux qui peuvent être émis sous forme de lumière dans la fibre optique et *vice versa*. L'émetteur est l'un des trois composants extrémité que nous venons de voir et le récepteur un photodétecteur capable de récupérer les signaux lumineux.



**Figure 4.4**  
*Liaison par fibre optique*

Le faisceau lumineux est véhiculé à l'intérieur de la fibre optique, qui est un guide cylindrique d'un diamètre allant de quelques microns à quelques centaines de microns, recouvert d'isolant. La vitesse de propagation de la lumière dans la fibre optique est de l'ordre de 100 000 km/s en multimode et de 250 000 km/s en monomode.

Il existe plusieurs types de fibres, notamment les suivantes :

- Les fibres multimodes à saut d'indice, dont la bande passante peut atteindre 50 MHz sur 1 km.
- Les fibres multimodes à gradient d'indice, dont la bande passante peut atteindre 500 MHz sur 1 km.
- Les fibres monomodes, de très petit diamètre, qui offrent la plus grande capacité d'information potentielle, de l'ordre de 100 GHz/km, et les meilleurs débits. Ce sont aussi les plus complexes à réaliser.

On utilise généralement des câbles optiques contenant plusieurs fibres. L'isolant entourant les fibres évite les problèmes de diaphonie, c'est-à-dire de perturbation d'un signal par un signal voisin, entre les différentes fibres.

La capacité de transport de la fibre optique continue d'augmenter régulièrement grâce au multiplexage en longueur d'onde. Dans le même temps, le débit de chaque longueur d'onde ne cesse de progresser. On estime qu'il a été multiplié par deux tous les six mois de 2000 à 2004, date à laquelle on a atteint près de 1 000 longueurs d'onde. Comme, sur une même longueur d'onde, la capacité est passée pour la même période de 2,5 à 40 Gbit/s et bientôt 160 Gbit/s, des capacités de plusieurs dizaines de téraoctets par seconde (Tbit/s, ou  $10^{12}$  bit/s) sont aujourd'hui atteintes sur la fibre optique.

Le multiplexage en longueur d'onde, ou WDM (Wavelength Division Multiplexing), consiste à émettre simultanément plusieurs longueurs d'onde, c'est-à-dire plusieurs lumières, sur un même cœur de verre. Cette technique est fortement utilisée dans les

cœurs de réseau. On l'appelle DWDM (Dense WDM) lorsque le nombre de longueur d'onde devient très grand.

Les principaux avantages de la fibre optique sont les suivants :

- très large bande passante, de l'ordre de 1 GHz pour 1 km ;
- faible encombrement ;
- grande légèreté ;
- très faible atténuation ;
- très bonne qualité de transmission ;
- bonne résistance à la chaleur et au froid ;
- matière première bon marché (silice) ;
- absence de rayonnement.

### ***Les médias hertziens***

La réussite du GSM et l'arrivée des terminaux mobiles pouvant se connecter à des réseaux locaux sans fil ont rendu très populaires les supports hertziens. Ce succès devrait être encore amplifié par l'interconnexion des équipements personnels (terminal téléphonique, PC portable, agenda électronique, etc.).

L'ensemble des équipements terminaux mobiles qui utilisent la voie hertzienne pour communiquer constitue ce que l'on appelle les réseaux cellulaires, une cellule étant une zone géographique dont tous les points peuvent être atteints à partir d'une même antenne. Parmi les réseaux cellulaires, on distingue les réseaux de mobiles, les réseaux satellite et les réseaux sans fil. Les réseaux de mobiles permettent aux terminaux de se déplacer d'une cellule à une autre sans coupure de la communication, ce qui n'est pas le cas des réseaux sans fil. Les réseaux satellite sont d'un autre genre car ils demandent des délais de propagation bien plus longs que les réseaux terrestres.

Dans un réseau de mobiles, lorsqu'un utilisateur se déplace d'une cellule à une autre, le cheminement de l'information doit être modifié pour tenir compte de ce déplacement. Cette modification s'appelle un changement intercellulaire, ou handover, ou encore handoff. La gestion de ces handovers est souvent délicate puisqu'il faut trouver une nouvelle route à la communication, sans toutefois l'interrompre.

Chaque cellule dispose d'une station de base, ou BTS (Base Transceiver Station), c'est-à-dire d'une antenne assurant la couverture radio de la cellule. Une station de base dispose de plusieurs fréquences pour desservir à la fois les canaux de trafic des utilisateurs, un canal de diffusion, un canal de contrôle commun et des canaux de signalisation. Chaque station de base est reliée par un support physique de type câble métallique à un contrôleur de station de base, ou BSC (Base Station Controller). Le contrôleur BSC et l'ensemble des antennes BTS qui lui sont raccordées constituent un sous-système radio, ou BSS (Base Station Subsystem). Les BSC sont tous raccordés à des commutateurs du service mobile, ou MSC (Mobile service Switching Center).

L'architecture d'un réseau de mobiles est illustrée à la figure 4.5.

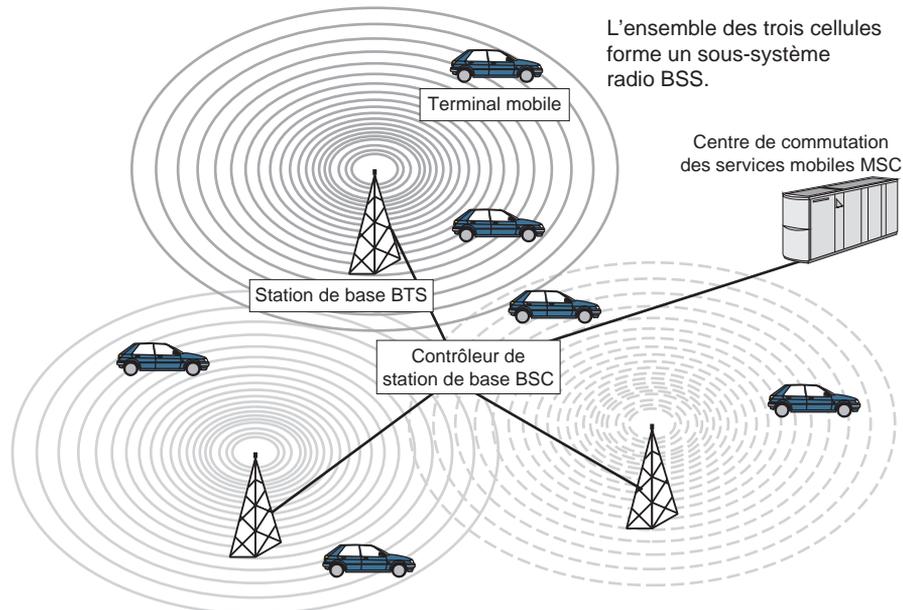


Figure 4.5.

*Architecture d'un réseau de mobiles*

Les chapitres 20, 21 et 22 reviennent en détail sur les différents types de réseaux cellulaires.

## Le câblage

Le câblage des bureaux et des entreprises nécessite des sommes souvent importantes. Lors de l'évaluation de ce coût, il faut prendre en compte non seulement le support mais aussi les équipements situés aux deux extrémités du câble. Il faut en outre évaluer les besoins afin de sélectionner et d'installer le bon câble une fois pour toutes.

Divers paramètres interviennent quant au choix des composants d'un système de câblage, tels le coût, l'environnement, les contraintes particulières des utilisateurs, la fiabilité, l'évolutivité, etc. Il est impératif de caractériser dès le départ l'environnement dans lequel est déployé le réseau. Certains environnements industriels sont critiques et nécessitent des supports spécifiques. Un environnement bruyant, par exemple, peut requérir l'emploi de la fibre optique. Le réseau peut aussi être exposé à des perturbations électromagnétiques ou climatiques. La sécurité des informations est un autre élément à prendre en compte.

La population d'utilisateurs escomptée détermine le nombre de prises nécessaires pour dimensionner le système. Il faut en outre envisager les types de trafics destinés à être supportés et en évaluer le volume — il peut être important dans le cas de transport d'images numérisées, par exemple — afin d'avoir une idée précise du niveau de fiabilité des transmissions requis, le transfert de données étant très sensible aux erreurs de transmission, contrairement au transfert de voix numérisées.

La topologie du bâtiment est une autre contrainte à prendre en compte. Certains supports sont beaucoup plus maniables que d'autres — le rayon de courbure d'une fibre optique est inférieur à celui d'un câble coaxial, par exemple —, et l'utilisation d'une fibre optique ou d'une paire métallique souple peut être nécessaire dans des bâtiments où le chemin de câblage est quelque peu tortueux.

Les infrastructures de câblage se répartissent entre réseau courant faible pour le transport de l'information (téléphonie, informatique, multimédia) et réseau courant fort pour l'alimentation électrique. Le transport de l'information requiert une puissance très inférieure, de l'ordre du milliwatt, à celle nécessaire au fonctionnement des appareils électriques, qui est de l'ordre de dizaines ou de centaines de watts.

Pour l'implantation d'un réseau de distribution courant faible, il faut décider du chemin des câbles et de la technologie à utiliser de la façon la plus générique possible, indépendamment des types d'information, de matériel et d'utilisateur auxquels le réseau est destiné.

Le plan de câblage d'une entreprise est capital pour la bonne marche des réseaux que l'on souhaite y implanter. Les sections suivantes présentent les différents plans de câblage disponibles.

### ***Le câblage départemental***

Les réseaux départementaux, que l'on appelle aussi réseaux SOHO (Small Office/Home Office), ont une taille maximale de l'ordre de la centaine de mètres.

Le rôle du câblage départemental, ou capillaire, est de distribuer les informations vers l'ensemble des bureaux dans un environnement limité. Ces réseaux capillaires sont formés par le câblage sortant du répartiteur d'étage.

#### **Les répartiteurs**

Les répartiteurs sont classés en différentes catégories suivant le type d'installation concerné :

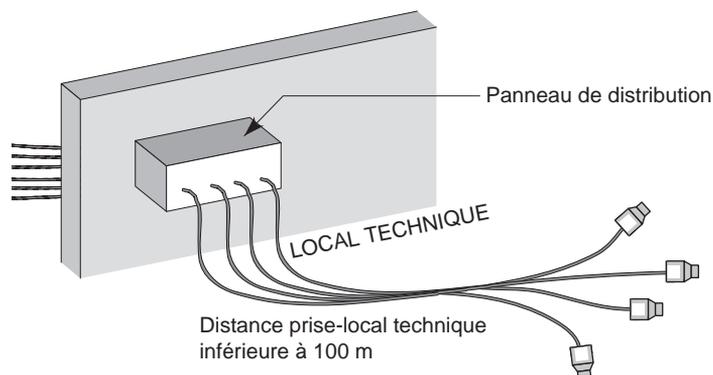
- répartiteur : terme générique ;
- sous-répartiteur d'étage ou de zone ;
- répartiteur général (RG) : soit informatique, soit téléphonique ;
- tableau de communication, ou BRU (boîtier de raccordement usager) : pour le résidentiel.

Les fonctions communes aux répartiteurs sont les suivantes :

- Regrouper les terminaisons des liaisons câblées sur des connecteurs RJ-45 ou optiques.
- Repérer les câblages et les équipements actifs : par exemple, la prise 15 dans le bâtiment B au premier étage sera immédiatement identifiée par son numéro :15B1.
- Gérer les ressources (hub, switch, informatique centrale, autocommutateur) par brassage en fonction des topologies et les connecter aux prises RJ-45 des utilisateurs réparties dans le bâtiment.
- Intégrer les équipements actifs de réseau, soit sous forme de rack 19 pouces (armoire électronique standard), soit sous forme de mini-boîtier.
- Assurer la protection de la connectique et des équipements électroniques (malveillance, poussière, etc.).
- Permettre le test de toutes les parties constituant d'un réseau ainsi que leur maintenance.

La normalisation du câblage départemental a choisi comme support physique quatre paires de fils torsadées distribuées en étoile depuis un local technique central. Cette topologie est illustrée à la figure 4.6.

**Figure 4.6**  
*Topologie du câblage  
départemental*



La structure en étoile permet de desservir très facilement l'ensemble des pièces du département. On compte généralement une prise pour  $6 \text{ m}^2$ . Lors du précâblage d'un immeuble neuf, il faut câbler l'ensemble de la surface avec un nombre de prises suffisant pour ne pas à avoir à tirer de nouveaux fils ultérieurement. En effet, lorsqu'on câble un immeuble, le coût à la prise est très bas, comparé au même câblage dans un immeuble ancien, où des travaux d'infrastructure sont nécessaires. Si le coût de la prise d'un précâblage dans un bâtiment neuf est de 75 à 150 euros en moyenne, il faut multiplier ces chiffres par dix pour un immeuble ancien sans infrastructure de câblage.

De plus en plus, les nouveaux bâtiments sont précâblés selon une structure identique à celle des câblages du réseau téléphonique à partir du répartiteur d'étage. Quelques différences doivent toutefois être signalées :

- Le câblage peut être banalisé : on utilise dans ce cas le câble pour y raccorder indifféremment un téléphone ou un équipement informatique.
- Le câblage peut être non banalisé : on raccorde les terminaux téléphoniques sur un câble de faible diamètre et les équipements informatiques sur un câble de meilleure qualité.
- Les câbles peuvent permettre de réaliser divers types de réseaux locaux capillaires. La qualité du câble est importante en cas de contrainte de distance. Pour les réseaux à 100 Mbit/s, voire à 1 Gbit/s, le câble doit être d'excellente qualité pour atteindre la centaine de mètres. Le mieux est de limiter la distance entre le local technique et la périphérie à 50 m et d'utiliser un câble métallique de bonne qualité.

Dans le câblage banalisé, aussi appelé structuré ou universel, la banalisation doit être totale, et la prise du terminal unique. Le choix penche généralement en faveur de la prise normalisée ISO 8877, qui peut se décliner de différentes façons dans chaque pays. La norme de câblage française avec une prise RJ-45 universelle est NF C 15-100 (guide UTE C 90-483). Elle est également applicable au câblage résidentiel.

Tous les câbles arrivent sur un même répartiteur, et ce sont des cordons de connexion, ou jarrettières, qui sont utilisés pour connecter, dans le local technique, l'arrivée du câble

banalisé aux prises donnant accès au réseau téléphonique ou informatique. Les câbles utilisés sont identiques. En règle générale, on utilise quatre paires de fils torsadés pour être compatible avec la prise RJ-45, qui possède 8 broches, 4 pour les données et 4 pour la téléalimentation.

La non-banalisation permet de poser des câbles de qualités différentes entre l'informatique et la téléphonie. Par exemple, on peut utiliser deux paires de fils torsadés blindés de très bonne qualité pour la partie informatique et quatre paires de fils torsadés non blindés pour la partie téléphonique. Du fait de cette différence entre les deux câblages, les arrivées au répartiteur d'étage sont différentes : la partie informatique arrive sur un tableau de distribution informatique et la partie téléphonique sur un tableau de distribution téléphonique.

Rien n'empêche un utilisateur de demander la pose d'un câble spécifique de meilleure qualité que celui proposé par le constructeur, de façon à éviter tout problème d'adaptation à l'environnement. Une autre solution pour prendre en compte les caractéristiques de tous les types de réseaux locaux consiste à réduire la distance maximale entre le terminal et le tableau de distribution. Cette distance doit être suffisamment courte pour supporter les débits les plus importants des produits disponibles sur le marché.

### Topologie du câblage départemental

Nous venons de voir que la topologie normalisée était de type étoile. Cependant, cette topologie en étoile n'est pas toujours adaptée à l'entreprise. D'autres topologies sont possibles, comme le bus ou la boucle.

#### La topologie en étoile

La topologie en étoile est évidemment parfaitement adaptée à la distribution des réseaux en étoile. Les câblages des autocommutateurs privés, ou PABX, sont conformes à cette topologie. Une difficulté peut toutefois surgir de l'inadéquation des câbles aux débits proposés par les autocommutateurs. Le système de câblage peut dater de nombreuses années et n'avoir été conçu que pour faire transiter un signal analogique à 3 200 Hz de bande passante, par exemple. L'inconvénient de cette topologie en étoile est la centralisation : si le centre est défaillant, tout le système risque de s'arrêter.

#### La topologie en bus

Largement répandue dans les réseaux locaux Ethernet, la topologie en bus présente de nombreux avantages, en particulier celui de pouvoir être passive, c'est-à-dire sans alimentation électrique. Les câbles associés peuvent être de différents types : paires de fils métalliques ou câble coaxial 50 ou 75  $\Omega$ . La fibre optique est mal adaptée à cette structure.

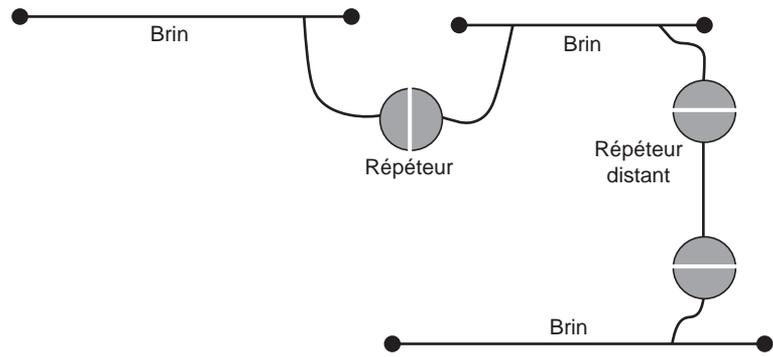
À une vitesse de 10 Mbit/s, le signal peut être propagé plus ou moins loin suivant la qualité du câble. Si l'on reprend les normes en vigueur pour Ethernet, Les distances suivantes sont permises :

- 500 m pour un câble coaxial blindé Ethernet jaune ;
- 180 m pour un câble coaxial fin RG-58 utilisé pour les réseaux Cheapernet ;

- 3 600 m pour un câble CATV 75  $\Omega$ .

Les tronçons de câble, ou brins, peuvent être raccordés entre eux par des répéteurs. Un répéteur est un organe non intelligent, qui répète automatiquement vers un deuxième câble tous les signaux passant sur un brin, comme illustré à la figure 4.7.

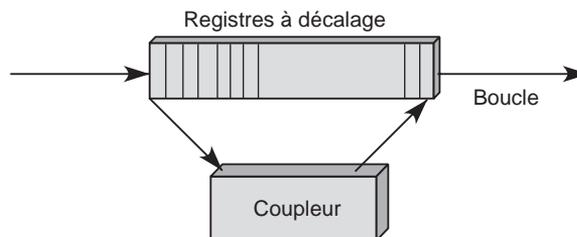
**Figure 4.7**  
*Raccordement de brins  
par des répéteurs*



Des répéteurs distants peuvent être reliés entre eux par un autre support de communication, comme la fibre optique.

#### La topologie en anneau

Sur une topologie en anneau, les coupleurs qui gèrent l'accès au support physique arrêtent l'information, c'est-à-dire mémorisent pendant un certain temps les informations passant sur la boucle. Plusieurs décisions doivent être prises, telles que déterminer si la trame doit être recopiée vers la prochaine station ou détruite dans le registre, si la valeur du jeton doit être modifiée ou non, si la trame doit être recopiée vers le coupleur, etc. Il faut donc couper le support physique et ajouter un registre à décalage, comme illustré à la figure 4.8. Le registre à décalage mémorise les éléments binaires au fur et à mesure de leur arrivée. À la fin du décalage, ils sont émis sur la boucle en direction de la prochaine station. Le temps de réflexion pour prendre les décisions utiles est égal au temps des décalages et dépend donc du nombre de registres.



**Figure 4.8**  
*Registre à décalage du jeton sur boucle*

Le coupleur prend une copie de la trame dans le premier registre. Le nombre de décalages correspond au temps de réflexion du coupleur pour modifier une information ou en introduire une nouvelle. L'incorporation de nouveaux bits ou l'effacement de certains s'effectue sur le dernier bit du registre à décalage.

Le registre à décalage est une structure active, qui doit être alimentée électriquement. Les supports physiques en boucle doivent donc nécessairement être secourus en cas de panne ou de défaut d'alimentation. Les deux grandes techniques utilisées en cas de défaillance sont le by-pass, ou dérivation, illustré à la figure 4.9, et la structuration en étoile, détaillée plus loin.

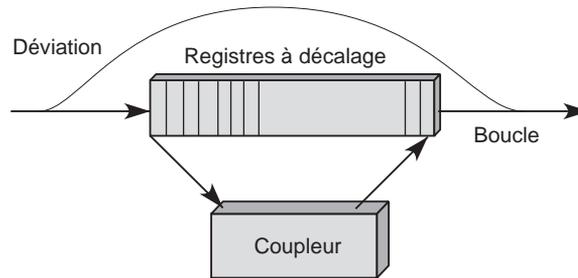


Figure 4.9

*Dérivation d'un coupleur*

Le passage par un registre à décalage oblige à régénérer le signal à la sortie. C'est un avantage pour la portée totale du réseau mais un défaut du point de vue de la fiabilité. En particulier, l'utilisation d'un by-pass ne permet pas la régénération du signal, ce qui oblige à faire très attention à la portée maximale entre deux coupleurs. Si la portée maximale est de 200 m et que les coupleurs soient disposés tous les 100 m, il n'y a aucun problème lorsqu'un coupleur tombe en panne. En revanche, si deux coupleurs de suite sont en panne, le signal doit parcourir 300 m sans régénération. La distance est trop grande et provoque des dégradations importantes de la qualité de l'information transmise.

Pour éviter ces problèmes, il est possible de proposer une architecture en étoile pour une topologie en boucle. Si un coupleur tombe en panne, la boucle est refermée par l'intermédiaire d'un interrupteur sur le panneau de distribution. Cette solution n'est toutefois guère satisfaisante, puisqu'elle nécessite une intervention manuelle. Dans la réalité, derrière le panneau, on utilise un concentrateur, qui est relié par des jarretières aux prises terminales du câblage. En cas de panne d'un coupleur, le concentrateur est capable de reformer la boucle d'une façon totalement passive.

Pour connecter un utilisateur supplémentaire, on étend la boucle par une nouvelle connexion. L'intérêt de cette technique est qu'elle permet la mise hors circuit, d'une façon simple, de tout élément défaillant. De plus, aucun problème ne se pose au niveau de la répétition du signal, puisqu'on passe directement d'un coupleur au coupleur actif suivant. On peut donc déconnecter les machines et les coupleurs sur l'anneau sans aucun risque pour la qualité du signal.

La distribution en étoile autour du local technique est parfaitement adaptée à cette structure.

#### L'arbre actif

L'arbre est une configuration qui comporte des nœuds, ou hubs, et des branches. La figure 4.10 illustre cette topologie, avec, au sommet, le nœud racine.

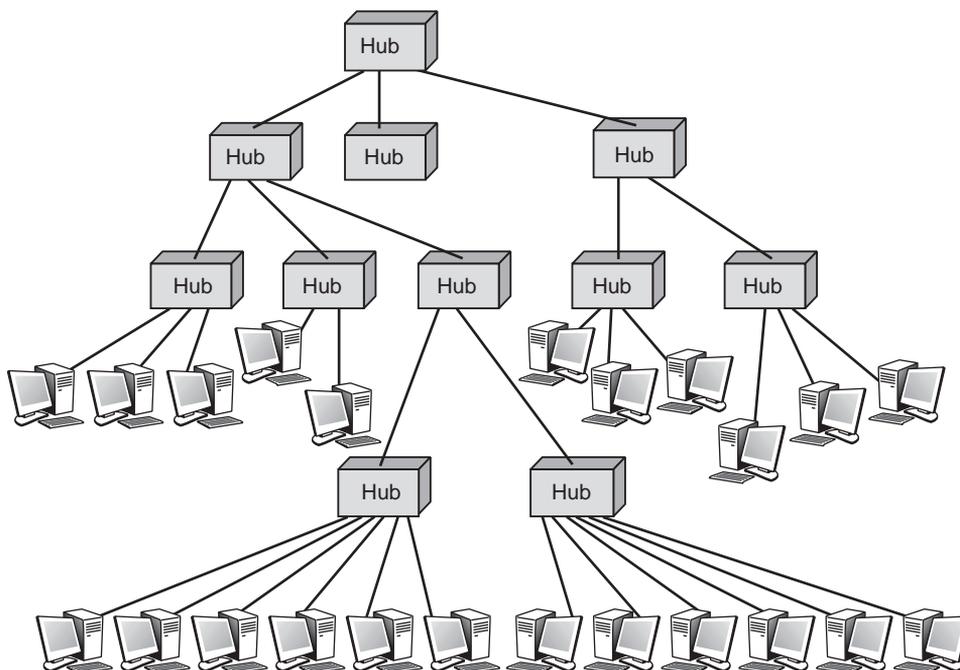


Figure 4.10

*Arbre actif*

L'arbre actif est caractérisé par une structure arborescente. À chaque intersection correspond un hub alimenté électriquement, dont le rôle est de répéter, dans toutes les directions possibles, une copie du message qui arrive. Cette caractéristique permet, à partir de n'importe quelle station, d'atteindre toutes les autres. Elle se retrouve sur les structures en bus, dans lesquelles, lorsqu'un émetteur envoie de l'information, toutes les stations en prennent une copie au passage et la conservent si l'adresse du destinataire correspond à leur propre adresse. Dans la structure de l'arbre actif, on a exactement les mêmes propriétés : chacun reçoit une copie, et personne n'a à se soucier de savoir qui enlève le signal du câble comme sur une boucle, les signaux disparaissant automatiquement.

Les techniques d'accès correspondant à ce type de réseau en arbre sont identiques à celles des structures en bus, à savoir les techniques Ethernet. Les réseaux en arbre actif avec la technique d'accès Ethernet s'appellent des réseaux Starlan.

La structure en arbre actif est bien adaptée à la distribution en étoile, puisqu'il suffit de placer un hub dans le local technique et de relier, sur le tableau de distribution, les fils correspondant aux machines à raccorder. Plusieurs hubs peuvent être placés dans le même local technique si le nombre de sorties n'est pas suffisant sur un seul hub.

D'autres types de connexions sont possibles à partir d'une structure en arbre, en particulier le raccordement de stations terminales à un contrôleur de communication.

Dans cet exemple, il faut pouvoir connecter le câble de sortie du terminal, correspondant aux caractéristiques du terminal sur le câblage départemental, qui n'a pas forcément la même impédance. Il faut alors ajouter un élément intermédiaire, qui effectue l'adaptation entre les deux types de câbles. Cet élément s'appelle un balun (BALANCED-UNBALANCED). Ce balun peut être intégré au terminal lui-même.

## Le câblage d'établissement

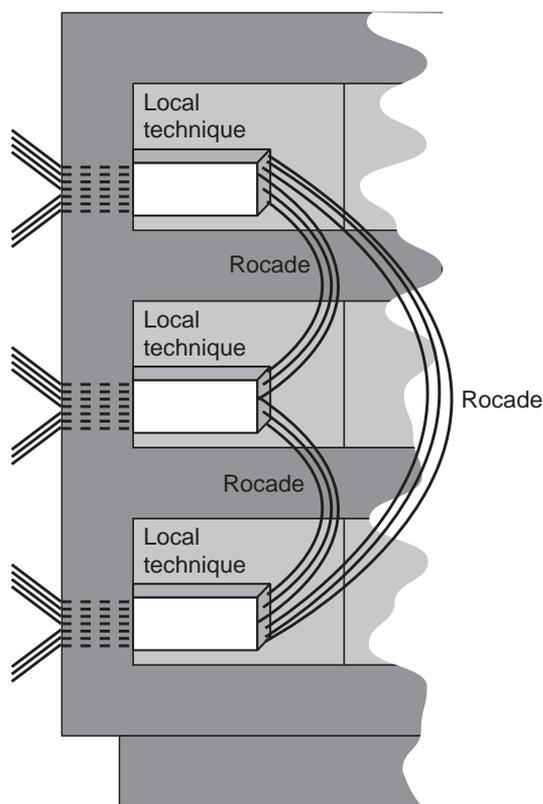
Le câblage d'établissement a pour fonction de raccorder entre eux les différents tableaux de distribution du niveau départemental. On peut envisager pour cela trois possibilités : les rocades, les réseaux locaux et les étoiles.

### Les rocades

Les rocades consistent à relier les locaux techniques par des faisceaux de câbles. Ces câbles sont utilisés indépendamment les uns des autres, à la demande, pour former des liaisons entre les panneaux de distribution. En règle générale, les rocades sont formées d'un grand nombre de paires de fils : 25, 50, 100 paires ou beaucoup plus. La réalisation d'un réseau Starlan sur trois répartiteurs d'étage est illustrée à la figure 4.11.

Figure 4.11

*Réseau Starlan sur trois répartiteurs d'étages*



Les câbles de rocade peuvent être des fibres optiques, comme cela est proposé dans de nombreux systèmes de câblage.

### Les réseaux locaux

Les réseaux locaux représentent la meilleure manière de relier les panneaux de distribution, puisqu'ils ne nécessitent pas le déplacement des jarretières et garantissent une

excellente productivité. Parmi les solutions possibles, les sections suivantes présentent brièvement le bus, la boucle et l'étoile.

#### Les réseaux locaux en bus

Si cette architecture n'est guère adaptée au cadre départemental, elle l'est à celui de l'établissement, où la connexion des différents locaux techniques peut être effectuée en série sur un bus. Les réseaux Ethernet peuvent ainsi utiliser des vitesses de 1 à 10 Gbit/s pour relier des locaux techniques à très haut débit en bus.

#### Les réseaux locaux en boucle

Les réseaux locaux en boucle ont connu leur heure de gloire avec le Token-Ring d'IBM, à 16 puis 100 Mbit/s, et FDDI (Fiber Distributed Data Interface). Même s'il existe encore de telles structures dans les entreprises, elles sont en voie de disparition au profit des réseaux en bus et en étoile. Nous avons représenté un réseau local en boucle à la figure 4.12.

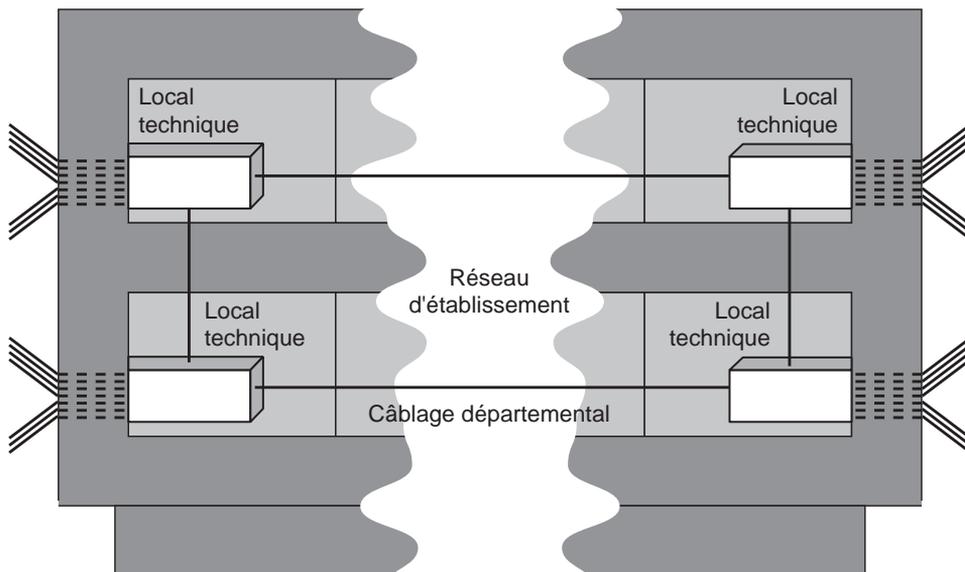


Figure 4.12

*Réseau d'établissement en boucle*

Les réseaux d'établissement en boucle présentent une difficulté. La régénération des signaux ne s'effectue que dans les cartes coupleurs ajoutées aux machines à connecter. Or les seules machines à connecter dans un réseau d'établissement sont les ponts de connexion des réseaux départementaux. Les régénérations sont effectuées lorsque le signal passe par ces ponts. Si un pont tombe en panne, ou s'il est déconnecté, il faut aller jusqu'au local technique suivant pour que le signal soit régénéré. C'est la raison pour laquelle il est conseillé de doubler les équipements au niveau de l'établissement ou de limiter la distance entre deux répartiteurs d'étage. Cette dernière solution permet au signal de revenir au premier pont ou d'aller au pont suivant.

### Les réseaux locaux en étoile

La connexion entre les répartiteurs d'étage ou les tableaux de distribution peut s'effectuer grâce à des étoiles optiques partant d'un point central de l'entreprise. L'étoile peut être passive et répéter dans toutes les directions les informations qui lui proviennent sur une entrée. Pour éviter de diffuser sur tous les câblages raccordés une information destinée à un seul utilisateur, il faut ajouter des ponts dans les locaux techniques.

Dans la plupart des cas, l'étoile optique est un composant passif, générant une perte en ligne importante. Pour cette raison, il ne doit pas y avoir plus de 2 ou 3 étoiles optiques passives en série entre deux points de raccordement. La figure 4.13 illustre une configuration utilisant une étoile optique.

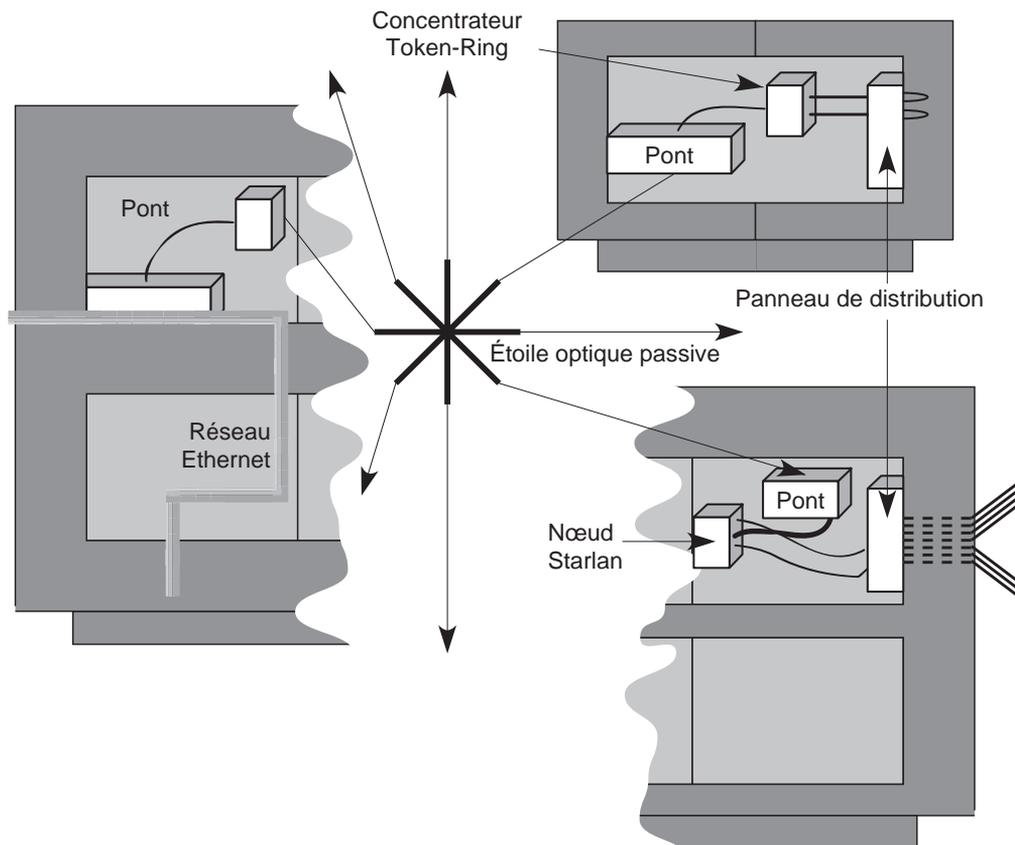


Figure 4.13

*Raccordement par étoile optique*

Une deuxième possibilité, beaucoup plus classique, consiste à raccorder les répartiteurs par des faisceaux de câbles qui se dirigent vers un point central. C'est la technique utilisée pour le raccordement des panneaux de distribution téléphonique à un autocommutateur privé (PABX) ou des panneaux de distribution banalisés à un PABX multiservice. Cette structure de raccordement est illustrée à la figure 4.14.

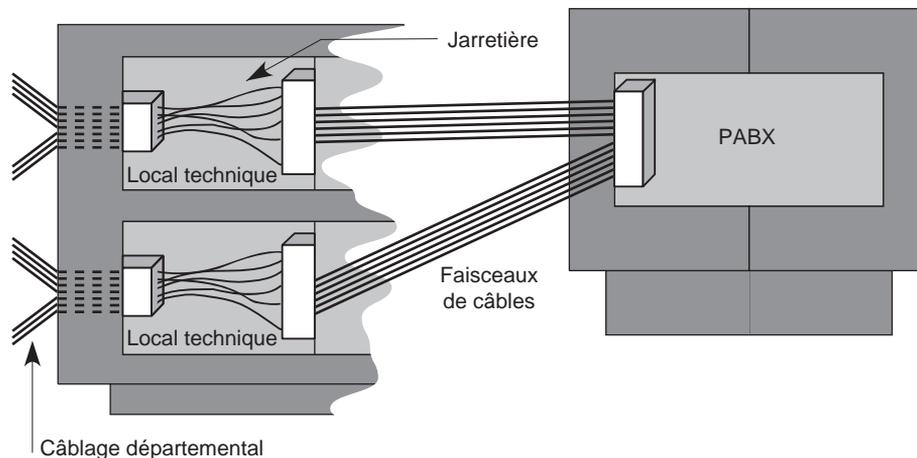


Figure 4.14

Raccordement par faisceaux de câbles

### Contraintes d'installation

Le choix de la distribution du câble est délicat. Les chemins que les câbles empruntent sont des supports généralement métalliques. Cela implique de nombreuses contraintes d'installation, parmi lesquelles la distance entre les équipements, la séparation entre les réseaux courant fort, tel le secteur électrique, et courant faible, comme l'informatique ou le téléphone.

Les chemins de câbles du réseau courant faible doivent être éloignés des sources de perturbation du réseau courant fort et éviter la proximité d'ascenseurs, de tubes fluorescents, de machines à café, etc.

De nombreux procédés existent pour la pose des câbles :

- Les plinthes, très utilisées dans l'environnement domestique pour les fils électriques, offrent une grande souplesse d'utilisation et d'installation des prises.
- Les faux plafonds, disposés à quelques dizaines de centimètres du plafond réel, permettent le passage des câbles et de la ventilation. Les câbles arrivent du faux plafond au poste de travail par des conduits verticaux, appelés potelets.
- Les faux planchers, ou planchers techniques, disposés à quelques dizaines de centimètres du sol, ont la même fonction que les faux plafonds.
- Les cloisons, etc.

Faux plafonds et faux planchers sont aussi appelés plénums. On peut utiliser le câblage sous-moquette avec des câbles plats. Des colonnes montantes sont utilisées pour faire passer les câbles d'un étage à un autre.

Les locaux techniques regroupant les concentrateurs, les passerelles et les autres matériels de transmission informatique peuvent, selon leur encombrement, contenir l'auto-commutateur, si les réseaux téléphoniques et informatiques sont encore séparés. S'il y a lieu, ce regroupement doit être contrôlé afin d'éviter toute confusion possible.

Les locaux techniques peuvent être regroupés avec ceux destinés à recevoir les équipements de brassage et les sous-répartiteurs. La disposition de ces locaux doit être bien choisie. Ils doivent être faciles d'accès et suffisamment spacieux pour rendre aisée l'installation et la maintenance des liaisons et des équipements. Il faut y prévoir des dispositifs pour la climatisation, la ventilation, la sécurité et l'alimentation électrique de façon autonome et fiabilisée ainsi que la mise en place d'un téléphone de service. Leur emplacement doit également être judicieusement choisi, en fonction de la disposition des lieux à desservir.

Même si les locaux techniques peuvent être regroupés, il faut prévoir, pour des raisons de sécurité, des gaines différentes pour les réseaux courant faible et courant fort. Les chemins de câbles doivent aussi être protégés contre l'eau et le feu. Dans un souci de maintenance et d'évolution, un système d'étiquetage doit permettre une reconnaissance aisée des différents câbles.

### *Le câblage banalisé, ou structuré*

Les problèmes de conception, de mise en œuvre et d'exploitation n'étant pas identiques suivant la taille des installations, on peut distinguer plusieurs types d'installations :

- **Grande entreprise.** Caractérisée par plusieurs centaines de postes de travail, des réseaux multiples et complexes et une structuration en zones desservies chacune par un sous-répartiteur.
- **Entreprise moyenne.** Comporte au maximum une centaine de postes de travail connectés à un répartiteur unique.
- **SOHO et résidentiel.** Marché globalement considérable mais diffus.

Les règles, normes de transmission, types de terminaux, ainsi que les composants de câblage, par exemple les prises RJ-45, les câbles en paires torsadées ou le brassage des équipements actifs, sont quasiment identiques pour les trois types d'installations. Les différences considérables entre elles viennent des systèmes de distribution, qui sont illustrés plus loin dans cette section.

Si le câblage des sites d'entreprise est désormais entré dans une phase de banalisation du fait de l'application des normes indiquées à la section suivante, celui des locaux d'habitation et des petits bureaux, ou SOHO, est encore relativement nouveau. Sa normalisation n'a été finalisée qu'en 2003 par le guide UTE C 90 483 et la nouvelle norme NF C 15-100. Il s'agit d'un marché considérable, deux fois plus important que celui des entreprises. En revanche, il est techniquement plus difficile, en raison de l'obligation de transmettre la TV en grade 3 sur des paires torsadées sur une bande de fréquences allant jusqu'à 862 MHz.

Ce nouveau marché est généré par l'avènement des réseaux haut débit et multimédias chez les usagers, et en particulier de l'ADSL, qui permet de distribuer simultanément le téléphone, l'accès Internet et les chaînes TV. Le problème reste de distribuer tous ces services là où ils sont utilisés, au salon, dans les chambres ou au bureau, voire d'y associer d'autres services, comme la hi-fi, la télésurveillance, les automatismes du logement, etc.

### La normalisation

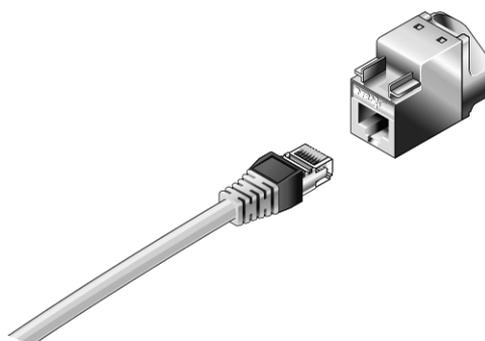
Avant l'avènement et la généralisation des normes ISO 11801, EN 50173, EIA/TIA 2002, IEEE 802.3, IEEE 802.11, etc., le marché était occupé par une multitude d'offres de câblage propriétaires. Les matériels d'un constructeur informatique ne pouvaient être supportés ou simplement garantis qu'avec le système de câblage de ce même constructeur. On trouvait donc une trentaine de câbles en paires torsadées, d'impédances 100, 110, 120 ou 150  $\Omega$ , à une, deux, quatre ou six paires, sans compter les câbles coaxiaux 50  $\Omega$  différents des câbles CATV 75  $\Omega$ .

L'époque des câblages exotiques est désormais révolue. Le câblage généré par les normes est devenu universel et international. Il permet d'interconnecter :

- tous les réseaux du marché ;
- tous les équipements actifs ou terminaux, en toute topologie (point-à-point, étoile, bus, arbre, etc.) ;
- tous les débits de transmission selon des modèles normalisés.

Le câble à paires torsadées 100  $\Omega$  et le connecteur RJ-45 (voir figure 4.15) qui lui est associé sont désormais des standards, qui couvrent l'essentiel des besoins de l'entreprise comme de l'habitat.

**Figure 4.15**  
Connecteur RJ-45



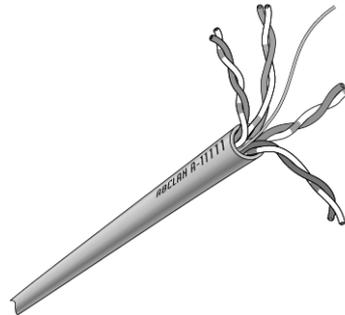
Pour des besoins particuliers, on peut leur associer d'autres médias, notamment les suivants :

- Fibre optique monomode ou multimode 62,5/125 ou 50/125 pour les environnements électromagnétiques très perturbés, l'interconnexion de bâtiments à des potentiels différents, la transmission sur de longues distances à haut débit ou la distribution des rocares informatiques supportant des réseaux fédérateurs à très haut débit (voir plus loin).
- Transmission hertzienne, telle que Wi-Fi ou Bluetooth (voir le chapitre 21), permettant de répondre aux besoins de mobilité (connexions temporaires d'utilisateurs nomades, terminaux mobiles).
- Liaisons par courant porteur en ligne, ou CPL, sur le réseau 230 V.
- Faisceaux laser permettant de relier deux bâtiments peu distants, lorsqu'il est, par exemple, difficile de traverser un domaine public.
- Câble coaxial 75  $\Omega$  CATV pour la distribution des rocares TV (voir plus loin).

Compte tenu de la généralisation du câblage en paires torsadées, c'est principalement ce médium qui est détaillé ci-après. La figure 4.16 illustre un exemple de câble en paires torsadées.

Figure 4.16

Câble en paires torsadées



Ce câblage présente les avantages suivants :

- **Pérennité.** Un câble en paires torsadées peut conserver ses performances pendant plus de cinquante ans.
- **Moindre coût.** Les quatre paires d'un câble peuvent véhiculer simultanément plusieurs réseaux — il suffit de mettre un duplicateur à chaque extrémité — pour un coût global de l'ordre d'une centaine d'euros.
- **Universalité.** Ce câblage est passif. Un signal électrique introduit à une extrémité d'une paire en cuivre se retrouve quasiment identique à l'autre extrémité, sans qu'il soit besoin d'ajouter des protocoles intermédiaires nécessitant des interfaces coûteuses comme pour les liaisons hertziennes, CPL ou sur fibre optique. De plus les paires torsadées permettent de télé-alimenter les équipements qui leur sont raccordés (terminaux Ethernet, téléphones IP, point d'accès Wi-Fi).

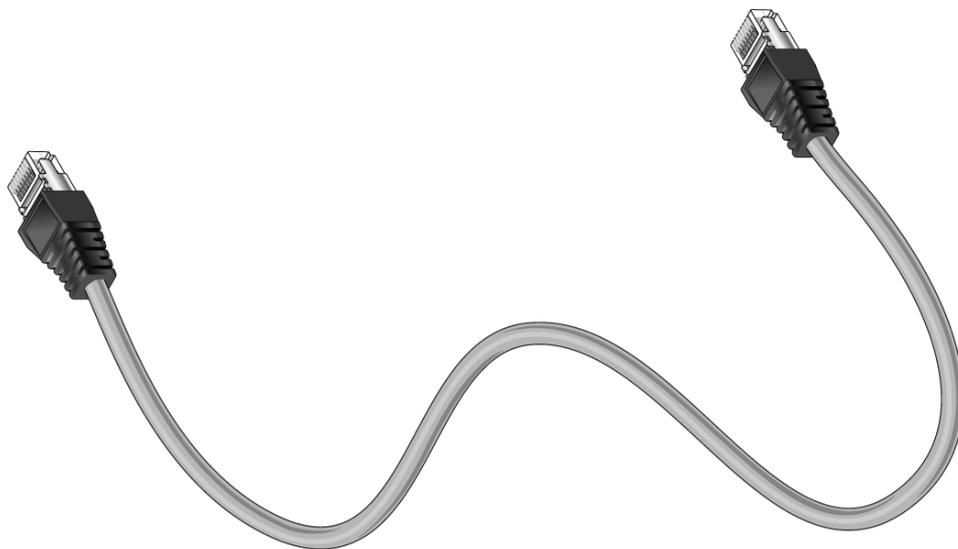
### Fonctionnement du câblage banalisé

Le câblage banalisé consiste à disposer, partout où elles sont potentiellement utilisables, des prises RJ-45 (ISO 8877), elles-mêmes interconnectées à des répartiteurs ou sous-répartiteurs intégrant les équipements actifs de réseau, comme illustré aux figures 4.17 et 4.18.

Figure 4.17

Bandeau de prises RJ-45, montable en rack 19 pouces, permettant la connexion des postes de travail



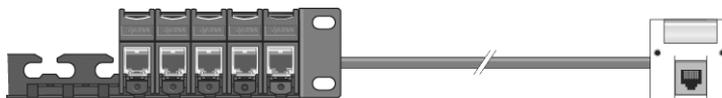
**Figure 4.18**

*Cordon de brassage RJ-45 interconnectant les équipements*

Ce câblage est réalisé une fois pour toutes et devient une partie structurelle du bâtiment. Il permet de supporter tous les réseaux, tous les logiciels, tous les terminaux, sans qu'il soit nécessaire de repasser un seul câble.

#### Les liaisons quatre paires horizontales

Les liaisons quatre paires horizontales, aussi appelées capillaires, constituent l'essentiel du câblage banalisé puisqu'elles interconnectent tous les terminaux aux équipements de réseau actifs (voir figure 4.19). Toutes les prises RJ-45 sont câblées de manière identique et répétitive aux deux extrémités du câble quatre paires, au niveau à la fois des postes de travail et des sous-répartiteurs. Une convention de raccordement immuable — 568 B est la plus courante — permet d'attribuer chaque fil du câble quatre paires à une borne définie des connecteurs RJ-45, comme l'illustre la figure 4.20.

**Figure 4.19**

*Constitution d'une liaison quatre paires*

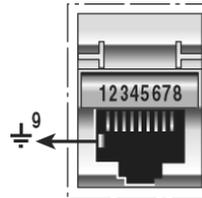
Le tableau 4.1 donne la correspondance entre les paires et les bornes des connecteurs RJ-45 associés.

Nombre de bornes RJ-45 aux sous-repartiteurs	Couleur des fils des quatre paires	Nombre de bornes RJ-45 aux postes de travail
4 5	<i>Paire 1</i> Bleu Bleu/blanc	4 5
1 2	<i>Paire 2</i> Blanc/orange Orange	1 2
3 6	<i>Paire 3</i> Blanc/vert Vert	3 6
7 8	<i>Paire 4</i> Blanc/marron Marron	7 8

TABLEAU 4.1 • Correspondance entre paires et bornes des connecteurs RJ-45

Figure 4.20

Vue en face avant  
d'un connecteur RJ-45  
avec repérage de ses bornes



### Critères de qualification des liaisons horizontales

Les normes laissent le choix entre plusieurs types de composants, qui diffèrent par leurs performances de transmission et leur immunité à l'environnement électromagnétique. Le tableau 4.2 récapitule les performances et domaines d'application des principaux composants des liaisons horizontales.

Composant	Performance de transmission	Domaine d'application
Lien classe D Composant catégorie 5	100 MHz	- Téléphonie - LAN Ethernet 10BaseT
Lien classe E Composant catégorie 6	250 MHz	- Téléphonie - LAN Ethernet 100BaseT et 1000BaseT
UTP (Unshielded Twisted Pair), câble non blindé	Immunité moyenne aux perturbations électromagnétiques	- Environnement peu pollué, bâtiment incorporant des structures métalliques - Séparation courant fort-courant faible obligatoire (risque de foudre) - Pas de TV (5-862 MHz)
FTP (Foiled Twisted Pair), avec écran blindant l'ensemble du câble	Immunité forte aux perturbations électromagnétiques	- Environnement pollué, bâtiment incorporant des structures métalliques - Séparation courant fort-courant faible facultative

TABLEAU 4.2 • Performances des principaux composants des liaisons horizontales

Il existe d'autres types de câbles, comme les câbles de catégories 7 et 8 ou les câbles SFTP (Shielded Foiled Twisted Pair), mais ils sont très marginaux.

Sans entrer dans le détail de la technologie des câbles, il est possible de se protéger des perturbations électromagnétiques de deux manières :

- En torsadant les paires de câbles UTP et FTP. En ce cas, à chaque demi-spire, le champ induit s'inverse et s'annule. C'est pour cette raison que l'on recommande d'éviter de détorsader les paires.
- En blindant les câbles et les connecteurs. Un écran mis à la terre est une protection peu coûteuse et très efficace.

Pour mémoire, les câbles SFTP comportent, comme les FTP, un écran général, voire une tresse, mais les paires sont écrantées individuellement. L'intérêt de ce câble réside surtout dans le blindage entre les paires, et non dans la protection électromagnétique par rapport à l'environnement. C'est là une des deux manières efficaces d'éviter que les paires ne se perturbent entre elles (diaphonie), l'autre étant, sur les UTP et les FTP, de fabriquer des paires à des pas de torsades différents.

Il est recommandé de choisir les câbles en paires torsadées les plus optimisés suivants :

- **Entreprise.** Catégorie 5 ou 6 FTP, écranté globalement.
- **Résidentiel.** Grade 3 SFTP, écranté globalement mais aussi paire par paire. La paire dédiée à la TV doit impérativement être écrantée.

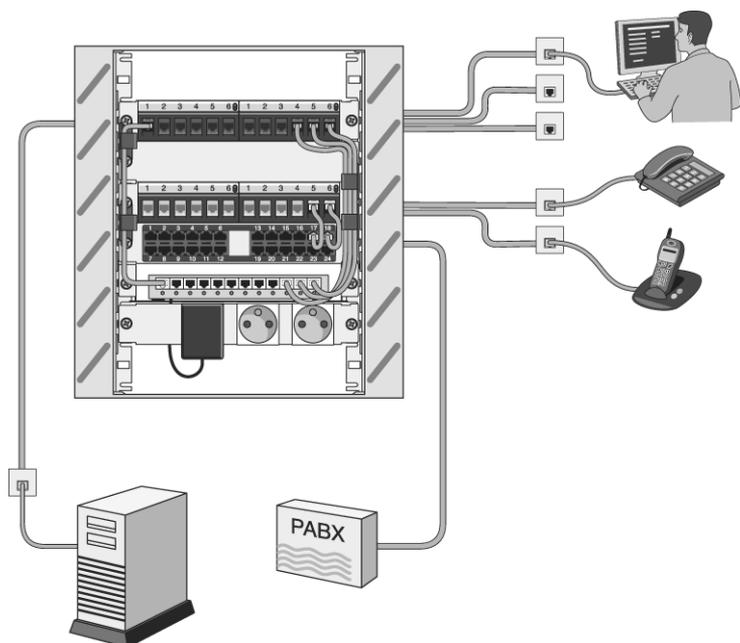
#### Les rocares

Les rocares servent à interconnecter les sous-répartiteurs, ou SR, desservant chacun une zone du bâtiment, généralement un étage, avec un maximum de 200 prises RJ-45. Elles ne concernent que les grandes installations et sont généralement dédiées aux applications qu'elles supportent, telles que LAN, téléphonie, gestion technique du bâtiment, etc.

La figure 4.21 illustre l'organisation d'une installation avec deux sous-répartiteurs. Une installation de 2 000 prises comporte au moins une dizaine de sous-répartiteurs. Sur la figure, des liaisons horizontales raccordent les terminaux des utilisateurs, et les équipements actifs sont de simples hubs.

Figure 4.21

Exemple d'organisation de deux sous-répartiteurs



On distingue plusieurs types de rocares en fonction des applications qui y circulent :

- **Rocade téléphonique.** Étoile de câbles multipaires reliant tous les SR à un répartiteur général téléphonique, ou RG, lui-même raccordé directement à l'autocommutateur téléphonique. Cette organisation peut être différente pour les très grands sites, dans lesquels des autocommutateurs avec satellite peuvent être répartis sur plusieurs bâtiments, ou pour la téléphonie sur IP.
- **Rocade informatique.** Leur rôle est d'interconnecter le réseau d'entreprise. Elles peuvent être constituées par de simples câbles quatre paires raccordés suivant les mêmes conventions que le câblage horizontal.
- **Rocade optique.** Utilisées pour la connexion entre les bâtiments pour compenser la non-équipotentialité de leurs terres respectives, principalement pour les liaisons informatiques.
- **Rocade TV.** Constituées par un simple câble coaxial  $75 \Omega$  partant de la tête de réseau TV ou des sources audiovisuelles et aboutissant à chaque sous-répartiteur sur un distributeur actif TV. Il s'agit d'une sorte de hub destiné à transformer le signal coaxial entrant en signaux transportables sur les paires torsadées et brassables vers toutes les prises RJ-45. On peut donc, à partir des distributeurs TV, amener le signal TV analogique ou numérique sur toutes les prises RJ-45 de n'importe quel poste de travail, sans avoir besoin d'ajouter de câble CATV.

#### Raccordement des terminaux et des réseaux

Les normes et les usages déterminent sur quelles bornes du RJ-45 doivent se connecter les principaux équipements et réseaux du marché. Ces bornes sont récapitulées au tableau 4.3.

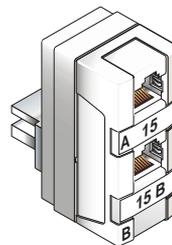
Équipement et réseau	Borne
Téléphonie une paire	4-5
Téléphonie quatre paires	4-5 et 7-8
Ethernet 10 ou 100BaseT, micro-informatique, ADSL	1-2/3-6
Réseau fédérateur (backbone) 1000BaseT	Toutes les paires
TV/audiovisuel (5-862 MHz)	7-8
Terminaux écrans, hi-fi, enceintes actives, caméras, bus de terrain, etc.	Non défini

TABLEAU 4.3 • Bornes de raccordement des équipements et réseaux

Il est possible de faire passer plusieurs réseaux sur des paires distinctes, par exemple ,le téléphone sur la paire 4-5 et Ethernet sur les paires 1-2 et 3-6. Dans ce cas, on utilise des duplicateurs à chaque extrémité de la liaison, comme illustré à la figure 4.22.

Figure 4.22

Exemple de duplicateur RJ-45



## Les systèmes de distribution

Les systèmes de distribution déterminent les qualités organisationnelles des câblages banalisés. Ils reçoivent, outre les extrémités des câblages horizontaux et des rocares, les équipements actifs de réseau, tels que modems, hubs, routeurs, répéteurs, etc.

Les exemples suivants montrent les différences entre les systèmes de distribution spécifiques des trois types d'installations mentionnés précédemment :

- **Grande entreprise.** Comprend plusieurs centaines ou milliers de prises RJ-45, de nombreuses rocares et des équipements actifs divers (*voir figure 4.23*).

**Figure 4.23**

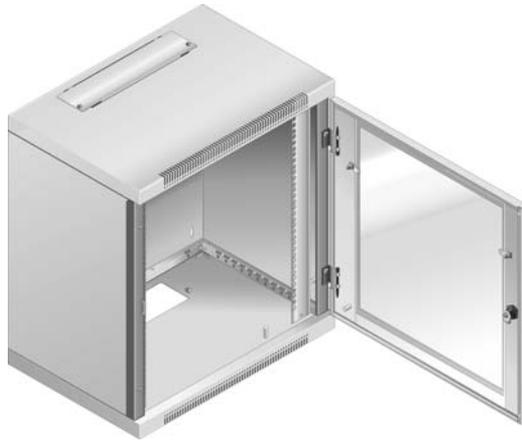
*Armoire 19 pouces 42 U (Infra+)*



- **Entreprise moyenne.** Comprend au maximum 200 prises RJ-45, aucune rocade, peu d'équipements actifs au format 19 pouces, voire aucun dans le cas d'une connexion à un ordinateur central de type AS400 (voir figure 4.24).

Figure 4.24

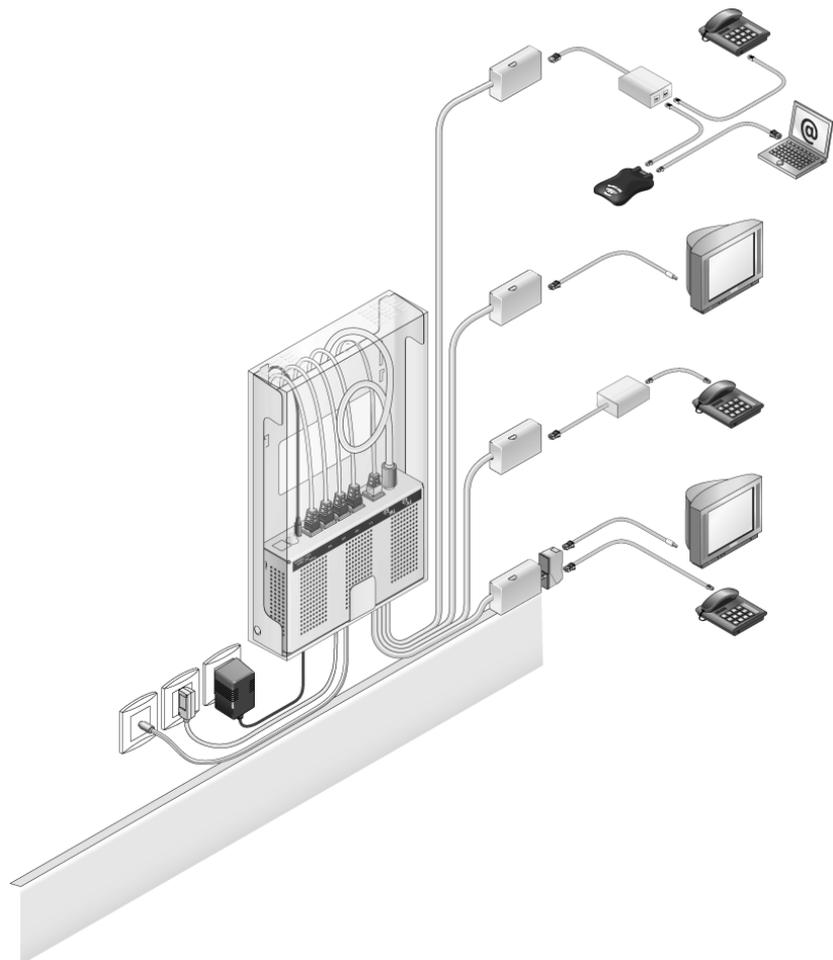
Répartiteur pour petit site de 8 à 42 U (Infra+)



- **SOHO et résidentiel.** Comprend environ 8 à 24 prises RJ-45. Les équipements actifs sont de petit format (voir figures 4.25 et 4.26).

Figure 4.25

Kit résidentiel SOLO (Casanova-sas) distribuant deux lignes téléphoniques, la TV et l'ADSL sur 8 prises RJ-45



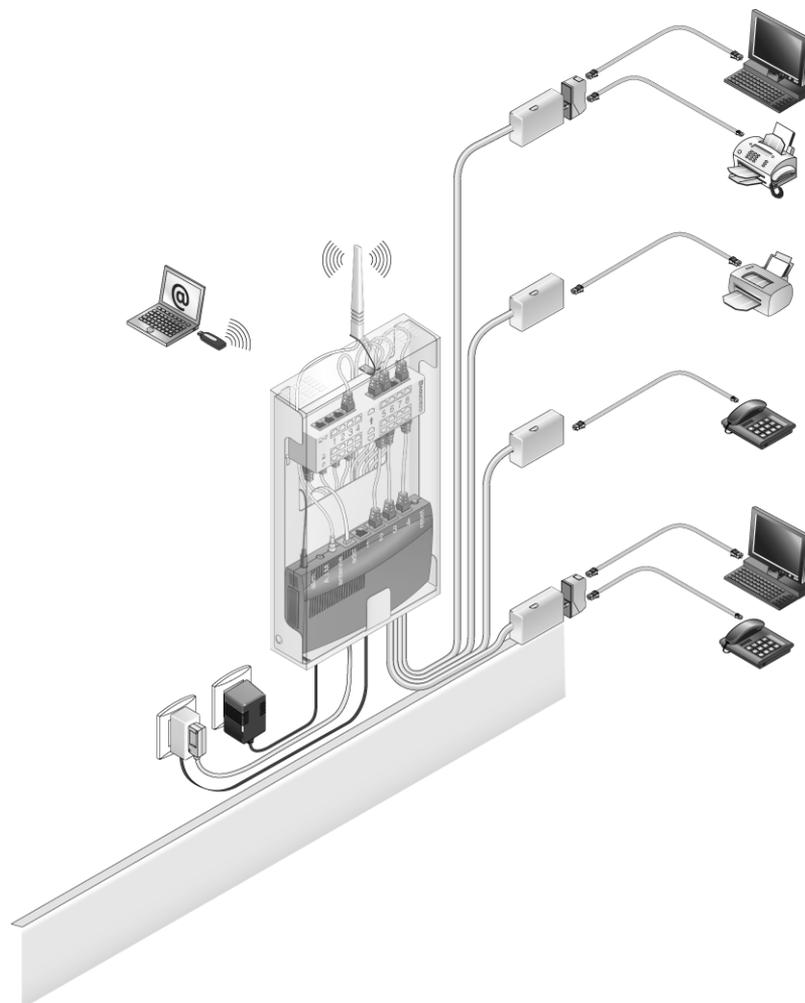


Figure 4.26

*Kit de bureau MINI OFFICE (Casanova-sas) distribuant deux lignes téléphoniques ou un micro-commutateur téléphonique, un réseau local 10-100BaseT, huit prises RJ-45, plus une option Wi-Fi*

### Recommandations pour réussir un câblage banalisé

Quelques règles sont nécessaires pour réussir un câblage banalisé, ou VDI (voix, données, images). Elles résultent de l'application des usages, du bon sens et des normes.

Les normes qui régissent le câblage actuel sont les suivantes :

- NF C15 -100 (électrique) ;
- NF C15 – 900 (cohabitation des réseaux) ;
- EN 50 173 ou ISO 11801 (câblage structuré) ;
- EN 90125 (TV/audiovisuel).

### Dimensionnement

- Prévoir 30 à 50 p. 100 de prises en plus du besoin. Les prises en attente favoriseront la flexibilité des postes de travail.
- Densité des postes de travail : environ 1 pour 10 m<sup>2</sup>.
- Poste de travail type : 2 prises RJ-45 et 3 à 4 prises 230 V.
- Nombre de prises RJ-45 par répartiteur : 200 au maximum. Au-delà, l'infrastructure devient ingérable (cordons de brassages trop longs et trop nombreux).
- Longueur du câblage horizontal : 90 m maximum (modèle de la norme). La longueur moyenne pour un câblage bien conçu doit être inférieure à 30 m. Mieux vaut prévoir 2 SR de 100 prises qu'un seul de 200 prises centralisé. Il en résulte un gain de main-d'œuvre et de câble de 35 p. 100 et un gain de performance de 50 p. 100

### CEM (compatibilité électromagnétique)

- Séparation courant fort/faible : obligatoire en UTP (30 cm entre les chemins de câbles, 5 cm pour les plinthes et chemins de câbles impérativement métalliques) et facultative en FTP pour des cheminements parallèles inférieurs à 5 m.
- Mise à la terre équipotentielle des SR, RG par tresse ou feuillard de section inférieurs à 25 mm<sup>2</sup>. Entre bâtiments ayant des terres différentes, la fibre optique est recommandée.

L'environnement électromagnétique est difficilement contrôlable. Il peut de plus se dégrader dans le temps du fait d'équipements radio de plus en plus nombreux, de matériels électriques défectueux, etc. Il est judicieux de privilégier les câbles FTP et les prises RJ-45 blindées.

### Gestion

Il est important d'aérer les répartiteurs en intercalant des bandeaux passe-câbles entre les bandeaux de connexion ou actifs.

Au-delà de 200 postes de travail, il est nécessaire d'utiliser un système de gestion informatisé courant fort/faible. Un tel système permet la mémorisation des liaisons, des équipements actifs de réseau, des meilleurs cheminements et des disponibilités et fournit des statistiques, ainsi qu'une validation sous SNMP.

Le logiciel BMC de la société ARC offre, par exemple, les fonctionnalités suivantes :

- intégration directe des informations des testeurs dans la base de données du site ;
- ingénierie des réseaux (vision fédératrice des systèmes de communication) ;
- inventaire des liaisons, des réseaux et des équipements actifs raccordés ;
- gestion du câblage et des équipements actifs sous SNMP (bons de travaux, meilleur cheminement, etc.).

## Contrôle et test du câblage

Le contrôle et le test sont indispensables car le câblage, une fois validé, ne doit jamais être suspecté en cas de dysfonctionnement éventuel de l'installation. Le contrôle dynamique n'est pas indispensable pour le résidentiel.

### Contrôle électrique

Le contrôle électrique est réalisé systématiquement par l'installateur au moyen d'un testeur économique afin de vérifier que le câblage des paires sur les connecteurs est effectué correctement et que la continuité de la terre est assurée. Il s'effectue sur les RJ-45 depuis les SR. Des bouchons sont introduits à l'autre extrémité des câbles pour boucler les paires.

Un autre test permet de vérifier qu'il n'y a pas de court-circuit entre les paires et la terre (les bouchons doivent alors être retirés).

### Test dynamique

Un test dynamique simule le fonctionnement des réseaux informatiques normalisés et mesure les paramètres fondamentaux de transmission, en fonction de la classe de câblage choisie :

- Classe E 250 MHz : composants catégorie 6 ;
- Classe D 100 MHz : composants catégorie 5.

Les testeurs de chantier sont des appareils sophistiqués, dont l'usage nécessite une formation spécifique. Ils permettent d'interpréter les résultats de test en fonction des valeurs mesurées suivantes :

- **Affaiblissement ou atténuation.** Cette valeur dépend de la longueur et de la qualité du câble. Elle doit être la plus faible possible.
- **Next.** Mesure la perturbation provoquée par le couplage d'une paire sur une autre. Cette valeur doit être la plus élevée possible.
- **ACR.** Résulte du calcul Next moins Atténuation. Cette valeur doit être la plus élevée possible.
- **Return Loss, ou affaiblissement de réflexion.** C'est la différence entre la puissance du signal émis et celle du signal réfléchi en raison des variations d'impédance du lien (connecteurs, mauvaise connexion, câble endommagé, etc.). Cette valeur doit être la plus élevée possible.

## Les équipements

Les équipements sont évidemment des éléments indispensables pour gérer la transmission des signaux d'un émetteur vers un récepteur. Ces équipements sont les suivants :

- Les supports physiques d'interconnexion, qui permettent l'acheminement des signaux transportant l'information.
- Les prises (en anglais *tap*), qui assurent la connexion sur le support.

- Les adaptateurs (en anglais *transceiver*), qui se chargent notamment du traitement des signaux à transmettre (codage, sérialisation, etc.).
- Les coupleurs, aussi appelés communicateurs ou cartes de transmission, qui prennent en charge les fonctions de communication.

Les interfaces utilisateur assurent la liaison entre l'équipement à connecter et le coupleur. Les données que l'utilisateur souhaite émettre transitent par cette interface à une vitesse qui dépend de la norme choisie. En règle générale, l'interface suit les spécifications du bus de la machine à connecter sur le réseau.

### Le connecteur

Le connecteur réalise la connexion mécanique. Il permet le branchement sur le support. Le type de connecteur utilisé dépend évidemment du support physique.

La fibre optique pose des problèmes de raccordement. Le cœur de la fibre étant très fin, de l'ordre de quelques microns, une intervention délicate est nécessaire pour y fixer une prise. La difficulté du branchement sur fibre optique constitue cependant un atout pour la sécurité, dans la mesure où cela en fait un support difficile à espionner, à la différence du câble coaxial.

L'avantage du fil métallique est qu'il permet d'utiliser une prise téléphonique classique, ce qui offre une grande facilité de branchement du coupleur sur le support physique. La prise RJ-45 à 8 contacts en est un exemple. C'est la prise que l'on rencontre désormais dans toutes les entreprises pour réaliser les réseaux de communication courant faible.

### L'adaptateur

L'adaptateur (*transceiver*, ou transmetteur) est responsable de la connexion électrique. C'est un composant qui se trouve sur la carte qui gère l'interface entre l'équipement et le support physique. Il est chargé de la mise en série des octets, c'est-à-dire de la transmission des bits les uns après les autres, contrairement à ce qui se passe à l'interface entre la carte de communication et la machine terminale, où l'on a un parallélisme sur 8, 16 ou 32 bits. L'adaptateur effectue la sérialisation et la désérialisation des paquets, ainsi que la transformation des signaux logiques en signaux transmissibles sur le support puis leur émission et leur réception.

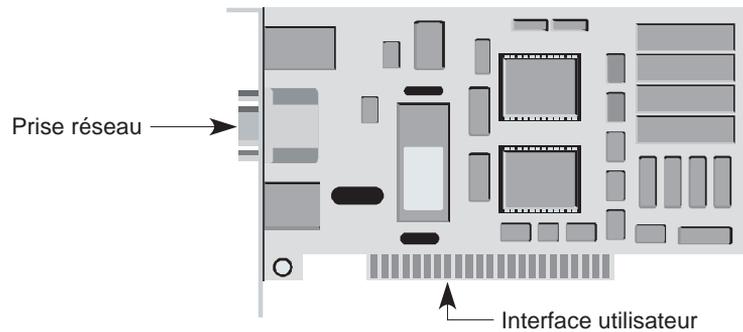
Selon la méthode d'accès utilisée, des fonctions supplémentaires peuvent être dévolues à l'adaptateur. Il peut, par exemple, être chargé de la détection d'occupation du câble ou de la détection des collisions de signaux. Il peut aussi jouer un rôle de sécurité en veillant à la limitation d'occupation du support par un émetteur. L'adaptateur est désormais de plus en plus intégré au coupleur.

### Le coupleur

L'organe appelé coupleur, ou carte réseau ou encore carte d'accès (une carte Ethernet, par exemple), se charge de contrôler les transmissions sur le câble (*voir figure 4.27*). Le coupleur assure le formatage et le déformatage des blocs de données à transmettre ainsi que la détection d'erreur, mais très rarement les reprises sur erreur lorsqu'une erreur est

découverte. Il est aussi chargé de gérer les ressources telles que les zones mémoire ainsi que l'interface avec l'extérieur.

**Figure 4.27**  
*Carte coupleur*



Le débit d'un coupleur doit s'ajuster au débit permis par le câble. Par exemple, sur un réseau Ethernet possédant un support physique dont la capacité est de 100 Mbit/s, le coupleur doit émettre à cette même vitesse de 100 Mbit/s.

#### L'interface d'accès au réseau

L'interface d'accès au réseau permettant la connexion d'une machine terminale vers une prise s'est considérablement simplifiée en ce début des années 2000. Il ne reste pratiquement plus que les interfaces du type RJ-45 pour raccorder les modems ou les postes téléphoniques vers la prise et les coupleurs, qui sont presque exclusivement Ethernet, pour aller vers un réseau local.

Les adaptateurs sont intégrés dans la carte coupleur et ne sont plus visibles des utilisateurs. De nouvelles interfaces informatiques, comme USB (Universal Serial Bus), FireWire ou eLink, permettent d'augmenter sensiblement les débits d'accès. La vraie révolution provient des interfaces sans fil, infrarouge et Bluetooth d'abord puis WUSB (Wireless USB) à 480 Mbit/s. Nous examinons ces interfaces hertziennes au chapitre 22 dans le cadre des réseaux personnels.

## **Les équipements réseau**

Les équipements réseau proviennent de divers horizons, aussi bien informatiques que télécoms. Nous en donnons une description dans un premier temps grossière, mais qui s'affinera au cours de l'ouvrage.

### **Le nœud de transfert**

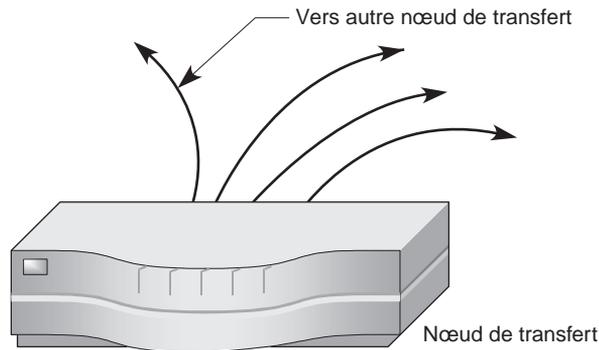
Comme son nom l'indique, un nœud de transfert sert à transférer des blocs d'informations, ou trames, d'une entrée dans le nœud vers une sortie desservant un nœud suivant.

Le nœud de transfert illustré à la figure 4.28 comporte des files d'entrée et de sortie. Dans une première file du nœud entrent les blocs de données provenant des nœuds qui sont en lien direct avec lui. Cette file possède un processeur de traitement, qui détermine la

bonne file de sortie du nœud. Les entrées s'appellent encore des ports d'entrée, et les sorties des ports de sortie.

**Figure 4.28**

*Nœud de transfert*



### Le répéteur et le pont

Parmi les nombreux composants réseau qui font partie de la couche physique, le plus simple est le répéteur (voir figure 4.29). Comme expliqué précédemment, il s'agit d'un organe non intelligent, qui répète automatiquement les signaux qui lui arrivent et transmettent d'un support vers un autre support. Dans le même temps, le répéteur régénère les signaux, ce qui permet de prolonger le support physique vers un nouveau support physique. Le répéteur doit avoir des propriétés en accord avec le réseau.

**Figure 4.29**

*Répéteur*

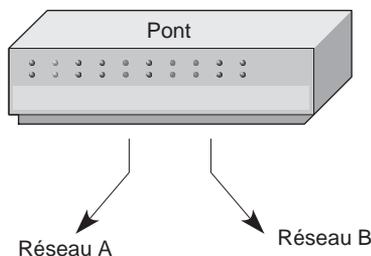


Au contraire d'un répéteur, un pont est un organe intelligent, capable de reconnaître les adresses des blocs d'information qui transitent sur le support physique. Un pont filtre les trames et laisse passer les blocs destinés au réseau raccordé. En d'autres termes, un pont ne retransmet que les trames dont l'adresse correspond à une machine située sur le réseau raccordé.

En règle générale, un pont permet de passer d'un réseau vers un autre réseau de même type, mais il est possible d'avoir des ponts qui transforment la trame pour s'adapter au réseau raccordé. Par exemple, un réseau Ethernet peut être connecté à un réseau Token-Ring par un tel pont. Un pont est illustré à la figure 4.30.

**Figure 4.30**

*Pont*



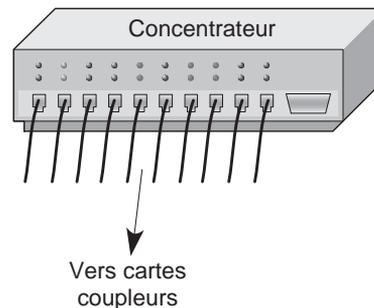
## Le concentrateur

Un concentrateur permet, comme son nom l'indique, de concentrer le trafic provenant de différents équipements terminaux. Cela peut se réaliser par une concentration du câblage en un point donné ou par une concentration des données qui arrivent simultanément par plusieurs lignes de communication.

Dans le cadre des réseaux locaux, le terme concentrateur peut prendre l'une ou l'autre signification. Dans le cas de la concentration du câblage, les prises sur lesquelles sont connectés les terminaux sont reliées au concentrateur par l'intermédiaire du câblage. Ce type de concentrateur est illustré à la figure 4.31.

Figure 4.31

*Concentrateur de câblage*



Les différents concentrateurs d'un réseau peuvent posséder des caractéristiques complémentaires, comme celle de détenir des coupleurs d'accès vers d'autres réseaux de communication ou des couches de protocoles supplémentaires leur permettant de s'interconnecter avec diverses architectures. Ce rôle est souvent dévolu à un organe appelé hub, abordé à la section suivante.

Les concentrateurs peuvent être passifs ou actifs. Dans le premier cas, le signal n'est pas réamplifié, alors qu'il est régénéré dans le second cas.

## Le hub

Dans un réseau Ethernet ayant une topologie en arbre, un hub est un concentrateur capable de récupérer le signal arrivant par une entrée et de le dupliquer vers l'ensemble des ports de sortie. Le signal est généralement réamplifié car les données sont enregistrées dans des mémoires de type registre à décalage. Dans ce cas, les hubs sont dits actifs, c'est-à-dire qu'ils possèdent des éléments qui doivent être alimentés électriquement.

La signification du mot hub a évolué ces dernières années pour définir un nœud central. Dans ce sens, les hubs permettent des interconnexions avec des réseaux externes. De même qu'en aéronautique, où les hubs sont les plaques tournantes par lesquelles transitent de nombreux avions, les hubs des réseaux sont des points de transit des paquets en route vers diverses destinations.

Un hub peut interconnecter des réseaux locaux Ethernet, Token-Ring, AppleTalk, etc., ainsi que des réseaux longue distance aux protocoles aussi divers que TCP/IP, ATM, etc.

## Conclusion

Ce chapitre a introduit les médias physiques qui permettent de transporter les informations qui transitent sous forme numérique d'une machine terminale à une autre.

Les progrès technologiques accomplis entre les années 2000 et 2005 ont été tels que le goulet d'étranglement n'est plus situé sur l'interface d'accès au médium de transport mais sur le réseau d'accès permettant de raccorder l'équipement terminal à la machine de connexion de l'opérateur. Les interfaces et les supports physiques ou hertziens utilisés sont devenus suffisamment équilibrés pour permettre à chaque client du réseau d'entrer dans l'ère du multimédia.

## Références

Un bon livre pour comprendre et maîtriser les techniques utilisées dans les réseaux locaux :

C. ANDERSON, M. MINASI – *Mastering Local Area Networks*, Sybex, 1999

Un bon livre pour aller plus loin sur le câblage d'une entreprise :

BICSI – *Telecommunications Cabling Installation*, McGraw-Hill, 2001

Il peut être intéressant de s'intéresser au câblage qui mène à l'entreprise. Le livre suivant en donne une bonne idée :

BICSI – *Residential Network Cabling*, McGraw-Hill, 2001

Un des livres de base sur les technologies de câblage :

C. CLARK – *Network Cabling Handbook*, McGraw-Hill, 2001

Un livre intéressant sur un sujet difficile. Cependant, l'intérêt de l'ATM dans le domaine local a fortement baissé ces dernières années :

A. FERRERO – *Les Réseaux locaux commutés et ATM*, Masson, 1998

Un des meilleurs livres actuellement sur le câblage :

D. GROTH, D. MCBEE, J. MCBEE, D. BARNETT – *Cabling: The Complete Guide to Network Wiring*, Sybex, 2001

Un livre facile à lire pour une bonne introduction à Ethernet :

J. L. HARRINGTON – *Ethernet Networking Clearly Explained*, Morgan Kaufmann Publishers, 1999

Un livre qui introduit bien les produits de la génération Ethernet à 100 Mbit/s :

H. W. JOHNSON – *Fast Ethernet: Dawn of a New Network*, Prentice Hall, 1995

Un des tout premiers livres sur le Gigabit Ethernet, avant même que la norme définitive soit sortie. Ce livre explique comment peut s'effectuer la migration des réseaux locaux actuels de l'entreprise vers les hauts débits du Gigabit Ethernet :

J. KADAMBI, M. KALKUNTE, I. CRAYFORD – *Gigabit Ethernet: Migrating to High-Bandwidth Lans*, Prentice Hall, 1998

Les réseaux locaux ont été étendus aux réseaux métropolitains. Le livre suivant montre les différences à attendre lorsqu'on veut réaliser un tel réseau et les problèmes nouveaux posés par l'éloignement des utilisateurs :

G. C. KESSLER, A. KRISHNA – *Metropolitan Area Networks: Concepts, Standards and Services*, McGraw-Hill, 1992

Un excellent livre pour mettre en place un réseau d'entreprise. Il aborde de nombreux points pratiques montrant bien la complexité de l'opération :

J. L. MONTAGNIER – *Pratique des réseaux d'entreprise*, Eyrolles, 1998

La gestion des réseaux Token-Ring et Ethernet est abordée avec beaucoup de précision dans les deux livres suivants :

M. NEMZOW – *The Token-Ring Management Guide*, McGraw-Hill, 1993

M. NEMZOW – *The Ethernet Management Guide*, McGraw-Hill, 1991

Un livre récent et très pratique sur le câblage universel courant faible dans les bureaux comme dans les logements à partir de la norme NF C 15-100 :

J. NOZIK – *Guide du câblage universel*, Eyrolles, 2004

Les problèmes d'interconnexion sont complexes. Le livre suivant est une excellente porte d'entrée à ce domaine :

R. PERLMAN – *Interconnections: Bridges, Routers, Switches, and Internetworking Protocols*, Addison Wesley, 1999

Excellent livre sur le haut de gamme Ethernet pour l'entreprise :

S. RILEY, R. A. BREYER – *Switched, Fast, and Gigabit Ethernet*, New Riders Publishing, 1999

La technologie commutée pour les réseaux locaux est rarement traitée dans la littérature. Le livre suivant en donne une description complète :

R. SEIFERT – *The Switch Book: The Complete Guide to LAN Switching Technology*, Wiley, 2000

Le câblage des réseaux locaux est parfaitement abordé dans le livre suivant :

J. TRULOVE – *LAN Wiring*, McGraw-Hill, 2000

Très bon livre sur les câblages disponibles au début des années 2000 :

J. R. VACCA – *The Cabling Handbook*, Prentice Hall, 2000