

5

Mettre en place un système de câblage

Le câblage volant, tel qu'il a été installé pour notre petit réseau lors du chapitre précédent, ne peut pas être généralisé à grande échelle. En effet, au delà de dix postes, il devient rapidement source de problèmes : posé à même le sol, il est encombrant, voire gênant (on se prend les pieds dedans). Il est de ce fait soumis à une usure plus rapide.

Une première amélioration consiste à le faire circuler dans des parties protégées de l'immeuble : on peut le poser sous un faux plafond ou sous un faux plancher ou encore le faire passer dans une goulotte le long des murs.

Mais, à chaque nouvelle connexion ou à chaque déménagement de PC, il faut déplacer le câble et trouver un nouveau cheminement, ce qui présente des inconvénients majeurs :

- Cette opération est extrêmement difficile, voire impossible si la longueur des câbles est de plusieurs dizaines de mètres.
- Le problème d'usure demeure lorsque les câbles sont déplacés.
- Le cheminement des câbles est difficile à maîtriser : on arrive inévitablement à des situations dans lesquelles les câbles informatiques s'entrecroisent avec les câbles électriques qui sont sources de perturbations importantes. Le réseau peut ne plus fonctionner à cause de cela.

Il est donc impératif de mettre en place un système de câblage permanent (fixe et stable dans le temps) et évolutif (qui s'adapte à tous les besoins présents et futurs). Pour cela, il convient de respecter un certain nombre de règles.

Quelle est la démarche à suivre ?

Le câblage d'un immeuble requiert un certain nombre d'étapes importantes et étalées le temps :

- Si l'immeuble existe, un **audit** préalable est nécessaire afin de repérer les locaux, les sources de courants forts, les câbles existants, les cheminements possibles des futurs câbles, etc.
- La phase d'étude et d'expression des besoins, généralement appelée **APS** (avant-projet sommaire), a pour but de déterminer les spécifications fonctionnelles de l'infrastructure (locaux, gaines techniques) et du système de câblage (cuivre, fibre optique, connectique).
- Pour les grandes réalisations, l'APS n'est que l'ébauche de plusieurs scénarios. L'**APD** (avant-projet détaillé) permet alors de choisir la solution en fonction de critères techniques organisationnels et économiques.
- Le dossier de consultation (le cahier des charges) peut être formé de trois documents principaux : le **CCTP** (cahier des clauses techniques particulières), puis éventuellement le **CCTG** (cahier des clauses techniques générales) et, si vous travaillez avec l'administration française, le **CCAP** (cahier des clauses administratives particulières). Cette phase se termine par la sélection d'une entreprise de câblage.
- La phase de **suivi de chantier** nécessite un contrôle régulier et des réunions de coordination.
- La phase de réception (**recette**) consiste à tester et à valider les travaux effectués.

La première tâche est avant tout de repérer les lieux, ou de se contenter d'examiner les plans si l'immeuble n'existe pas encore.

Dans les deux cas, l'objectif est de mettre en place un câblage **systématique**, c'est-à-dire d'équiper entièrement l'immeuble. Si seuls quelques étages sont concernés, la démarche est plus ou moins la même.

Il ne s'agit donc pas de savoir où sera situé tel ou tel utilisateur, mais d'installer des prises partout dans le but de connecter n'importe qui à n'importe quelle prise pour n'importe quel type d'application. On parlera alors d'un **précâblage** multimédia ou **VDI** (voix, données, image).

L'avant-projet

Lors d'une opération de précâblage, il est important de systématiser l'implantation des prises dans tout l'immeuble. Une fois le chantier achevé, tout aménagement complémentaire sera plus délicat, plus long et plus coûteux. Le chantier de câblage est l'occasion unique de réaliser une fois pour toutes une infrastructure sans avoir à y revenir avant dix ou quinze ans.

La densité communément admise est d'environ un boîtier VDI pour 7 à 10 m² de bureaux, un boîtier pouvant regrouper de deux à quatre prises. Cette densité peut être plus élevée pour

certaines applications spécifiques comme les salles de marché : on peut trouver jusqu'à dix prises par position (occupant 3 m² environ).

On peut prendre comme repère une travée délimitée par une largeur de fenêtre. Selon les besoins, on pourra installer un boîtier VDI de deux à quatre prises par travées. Généralement, il faut une prise pour le poste de travail informatique, une autre pour le téléphone, et une troisième pour un besoin particulier (une ligne téléphonique directe, une imprimante en réseau, etc.).

Il est important de noter que le boîtier VDI doit se trouver à proximité d'un bloc de prises électriques : cela paraît une évidence, mais il faut penser à se coordonner avec l'entreprise qui réalise les travaux courants forts.

Les locaux concernés sont non seulement les bureaux, mais aussi les locaux collectifs : local photocopieur, cafétéria (on y pose souvent des bornes d'information), salles de réunions, salles de conférences, halls d'entrée (pour les bureaux d'accueil, les locaux des gardiens, etc.).

En outre, il faut aussi prévoir le câblage pour la GTB (gestion technique du bâtiment), bien que celui-ci soit souvent réalisé par une entreprise spécialisée avec laquelle il faudra de toute façon se coordonner. La GTB regroupe des besoins comme la détection incendie, les alarmes, la sécurité d'accès aux locaux, la surveillance, etc.

De même, il y a toute une série d'équipements annexes qui peuvent requérir l'emploi d'une prise :

- les téléphones d'ascenseurs ;
- les lignes directes (celles qui ne passent pas par le PABX) ;
- les bornes de réseau sans fil et de téléphonie sans fil (DECT) ;
- les badgeuses ou pointeuses ;
- etc.

Une fois l'implantation des prises définie, il faut prévoir de la place pour le cheminement des câbles et la création des locaux techniques. Le principe retenu est quasi systématiquement une topologie en étoile : les câbles relient les prises VDI à d'autres prises en local technique. Les différentes normes définissent une longueur maximale de quatre-vingt-dix mètres pour les câbles en cuivre.

De ce fait, il faut prévoir plusieurs locaux techniques au sein de l'immeuble et donc des câbles pour les relier entre eux. Plusieurs facteurs déterminent le nombre et la position des locaux techniques :

- La distance maximale de quatre-vingt-dix mètres.
- La densité des prises : on admet qu'un local peut centraliser jusqu'à 250-350 prises ; au-delà, son exploitation devient complexe (trop de câbles, trop grande concentration d'équipements).
- L'architecture des réseaux informatiques et téléphoniques : de nos jours, ils reposent sur une topologie en étoile avec des équipements installés à chaque étage et d'autres qui ont une fonction fédératrice.

L'INFRASTRUCTURE NÉCESSAIRE À UN SYSTÈME DE CÂBLAGE

Au sein d'un immeuble, de l'espace doit être réservé pour accueillir le système de câblage. Il s'agit essentiellement de **locaux techniques** et de cheminements utilisés pour relier les locaux entre eux.

Les câbles qui relient les prises VDI aux locaux techniques sont appelés **câbles de distribution**. Ceux qui relient les locaux techniques entre eux sont appelés **câbles de rocade**.

Dans les zones de circulation (couloirs, halls d'entrée, etc.), les câbles sont installés dans des **chemins de câbles** métalliques qui servent de support et offrent une protection mécanique et électromagnétique. Dans les bureaux, ces mêmes câbles sont installés dans des **goulottes** ou des tubes noyés dans le béton.

Les câbles de distribution sont généralement horizontaux et cheminent sous les **faux plafonds** et/ou sous les **faux planchers**. Ces derniers ont une fonction essentiellement esthétique et sont constitués de dalles amovibles destinées à en faciliter l'accès.

Les rocades sont verticales ou horizontales, et cheminent sous faux plafonds, faux planchers et dans des **gaines techniques** (conduits réservés aux câbles et tuyaux de toute nature).

L'architecture d'un système de câblage suit donc celle des réseaux : on définit ainsi deux niveaux de locaux techniques :

- Les **LTE** (locaux techniques d'étages) qui concentrent les prises VDI et accueillent les équipements de communication de distribution (concentrateurs, commutateurs, etc.).
- Les **LN** (locaux nodaux) qui sont reliés à tous les locaux techniques et accueillent les équipements de communication fédérateurs (PABX, commutateurs fédérateurs, routeurs, etc.).

Un troisième niveau de concentration est parfois nécessaire dans le cas où les distances sur un étage excèdent quatre-vingt-dix mètres. On peut alors trouver la dénomination de LTR (local technique rapproché) ou de LTP (local technique de proximité). Ce type d'architecture n'est cependant pas conseillée car trop complexe et mal adaptée aux architectures réseaux.

Tout ces locaux sont autant d'espaces prélevés sur la superficie utile de l'immeuble. Préparez-vous donc à quelques négociations avec l'architecte (si l'immeuble est à construire) ou avec le responsable des services généraux (s'il existe déjà). Le tableau suivant donne une idée de la surface à réserver à ces locaux techniques.

Local	Superficie moyenne
Local technique d'étage	6 m ² (3 m x 2 m)
Local nodal	24 m ² (6 m x 4 m)
Local énergie	8 m ² (4 m x 2 m)
Local opérateur	9 m ² (3 m x 3 m)
Salle informatique	28 m ² (7 m x 4 m)

Bien entendu, ces superficies doivent être ajustées en fonction du nombre de prises à câbler.

LES DIFFÉRENTS TYPES DE LOCAUX TECHNIQUES

Les LTE (**locaux techniques d'étages**) accueillent une à deux baies de câblage (distribution d'étage et rocades) ainsi qu'une à deux baies de communication (équipements de distribution des réseaux téléphonique et informatique). Généralement, un ou deux LTE par étage sont suffisants. Pour des raisons de simplicité, il faut s'arranger pour que les LTE soient tous à l'aplomb les uns des autres.

Le LN (**local nodal**) accueille les baies de câblage (distribution des serveurs et rocades) ainsi que les baies de communication (équipements centraux pour les réseaux téléphonique et informatique). Généralement, il y a deux locaux nodaux dans le bâtiment afin d'offrir une redondance pour le cheminement des câbles. Chaque LTE peut ainsi être relié aux LN via deux chemins de câbles différents. Il en est de même entre deux LTE d'un même étage.

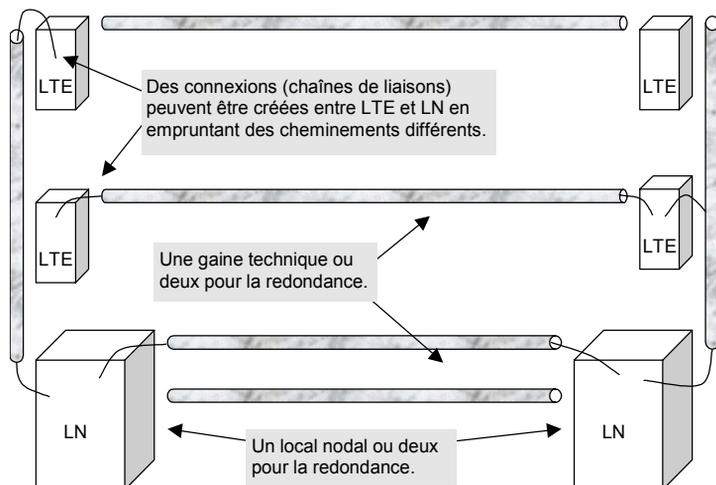
Il est généralement souhaitable de créer un LO (**local opérateur**) réservé aux arrivées télécom des opérateurs afin d'assurer une séparation claire des responsabilités entre lui et le client. Deux LO sont préférables, car la plupart des opérateurs peuvent offrir deux accès physiquement séparés et redondants. Ils doivent jouxter le ou les LN qui hébergent les équipements de communication du client (routeurs, par exemple).

Il faut aussi prévoir un LE (**local énergie**) pour accueillir l'alimentation du PABX (armoire 48v et batteries) ainsi qu'un régulateur de courant/onduleur. Il doit jouxter un local nodal. Là encore, deux locaux énergie offrent un bon niveau de redondance renforcé par deux accès EDF physiquement différents.

Une SI (**salle informatique**) accueille une à deux baies de câblage (distribution) ainsi que des serveurs informatiques. Elle doit de préférence être dédiée afin de mieux contrôler l'accès aux locaux et de séparer les responsabilités entre les équipes système et réseau. De la même manière, deux salles informatiques permettent de limiter les dégâts en cas de sinistre, et de répartir les serveurs en cluster.

Pour les petits sites, il est plus économique et plus simple de regrouper les fonctions de LN, LO et SI au sein d'un même local.

Figure 5-1.
Gaines et locaux techniques pour un système de câblage.



LES COMPOSANTS D'UN SYSTÈME DE CÂBLAGE

Les parties visibles d'un système de câblage sont les **prises utilisateur**, également appelées prises VDI (voix, données, images), installées dans les bureaux. Elles sont regroupées par blocs de 2 à 4, appelés **boîtiers VDI**. Une densité courante est d'un bloc VDI pour 7 à 10 m² de bureau.

Les prises utilisateur sont reliées en étoile à un local technique par l'intermédiaire d'un **câble** (en cuivre ou en fibre optique). Le local technique concentre 100 à 350 **câbles de distribution**, chacun se terminant par une prise identique à celle installée du côté utilisateur. Ces **prises de distribution** sont regroupées dans des **panneaux de brassage** fixés dans des **baies**.

Les prises sont reliées aux équipements informatiques et téléphoniques par l'intermédiaire de **cordons de brassage** de même nature que les câbles.

Les prises, câbles, cordons et panneaux de brassage doivent tous être issus du même constructeur afin de bénéficier de sa garantie (généralement dix à quinze ans).

Ensuite, il faut évaluer la puissance électrique consommée par les équipements informatiques. On pourra même prévoir des disjoncteurs séparés, un par baie ou pour un groupe d'équipements.

Il faut enfin prévoir une climatisation dans chaque local technique, et donc évaluer la dissipation calorifique des équipements (exprimée en Watts ou en BTU – *British Thermal Unit*). Ces valeurs sont données par les constructeurs de tout équipement informatique.

Tous ces besoins seront regroupés dans un document appelé **APS** (avant-projet sommaire) et communiqués aux corps d'état concernés (architecte, électricien, société de climatisation, etc.).

L'étude d'ingénierie

La phase d'expression des besoins est suivie d'une étude permettant d'arrêter un certain nombre de choix importants :

- Quel type de câble utiliser ?
- Quel type de prise choisir en bureau ? En local technique ?
- Où faire passer les câbles ? Comment placer les prises ?
- Où positionner les locaux techniques ? Comment les aménager ?

Quel type de câble ?

Éternel débat que celui du choix des câbles, chaque constructeur ayant des arguments en faveur de son produit. De nombreuses combinaisons techniques viennent compliquer le choix.

Pour résoudre ce dilemme, un certain nombre de questions sont à se poser, et dans le bon ordre.

Cuivre ou fibre optique ?

Les réseaux Ethernet fonctionnent sur cuivre à 10 Mbit/s et à 1 gigabit. L'avantage de la fibre optique est qu'elle permet de s'affranchir des contraintes de distance (plusieurs centaines de mètres au minimum contre quatre-vingt-dix mètres pour le cuivre). Cela tient à l'atténuation du signal, beaucoup plus important sur un câble en cuivre.

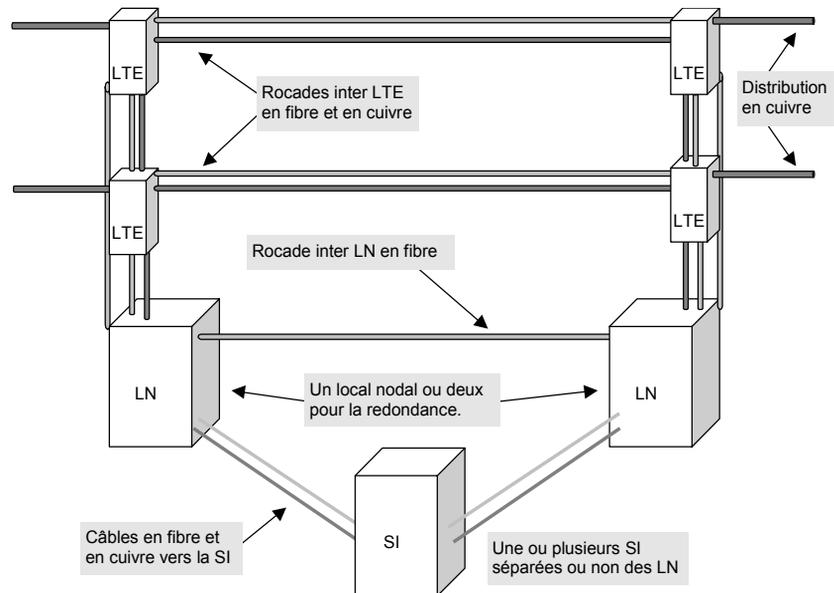
En revanche, le coût global d'un système de câblage en fibre optique est plus élevé que l'équivalent en cuivre. En effet, l'ingénierie nécessaire pour poser des câbles optiques (raccordement des connecteurs et tests) est plus complexe et plus coûteuse qu'avec des câbles en cuivre. De plus, les composants tels que les connecteurs SC et les tiroirs optiques sont également beaucoup plus chers que les prises RJ45 et les panneaux de brassage.

À titre d'indication, un système de câblage en fibre optique coûte en moyenne 60 % plus cher que l'équivalent en câble de cuivre SFTP catégorie 5E.

Il faut ajouter à cela le coût des équipements actifs (les commutateurs et cartes Ethernet), deux fois plus chers en version fibre optique, et pour une densité de ports deux fois moins élevée que leur équivalent en cuivre.

En conclusion, le câble cuivre sera privilégié pour la distribution, et la fibre optique pour la connexion entre les locaux techniques. Cette répartition des rôles offre, en outre, plus de souplesse pour positionner les LTE qui doivent être à moins de quatre-vingt-dix mètres de toutes les prises qu'ils irriguent.

Figure 2-2.
Architecture de câblage type.



Pour ajouter plus de sécurité, on peut envisager de doubler les liaisons entre les LTE d'un même étage ainsi qu'entre les LN, chacune d'entre elles passant alors par deux gaines techniques différentes.

Attention, cependant, les installations téléphoniques classiques requièrent encore des connexions en cuivre entre les postes et le PABX central. Les contraintes de distance étant moins fortes (quelques centaines de mètres), il faut donc envisager du câble en cuivre, dit multipaire, entre les LTE et les locaux nodaux.

De nos jours, on privilégiera une architecture téléphonique identique à celle du réseau local avec des unités déportées dans chaque étage (de type Voice Hub, tels que proposés par Alcatel) et raccordées en fibre optique à un petit PABX central. Si vous optez pour cette solution, vous n'avez plus besoin de câbles multipaires entre le local nodal et les LTE.

Coaxial ou paires torsadées ?

Nous l'avons vu aux chapitres précédents, le câble coaxial (50 et 75 Ohms) n'est plus utilisé pour les réseaux locaux. Il pourra cependant être posé pour les besoins spécifiques de la vidéo (voir plus loin).

En revanche, la paire torsadée est le standard pour l'informatique et la téléphonie ; elle peut également être utilisée pour la distribution vidéo. Tous ces équipements (concentrateurs, commutateurs, PABX, etc.) sont, en effet, équipés de prises RJ45.

Le choix de la paire torsadée en distribution

Quelle impédance : 100, 120 ou 150 Ohms ?

Le 150 Ohms n'est qu'un artefact des réseaux Token-Ring IBM qui ne s'est jamais imposé car trop coûteux. Le 120 Ohms se voulait un compromis entre coût et performances entre les 100 et le 150 Ohms, mais ne s'est imposé qu'en France. Le 100 Ohms est le plus répandu, car il est moins cher et est soutenu par les Américains, ATT en tête.

De plus, tous les équipements informatiques sont américains et donc pourvus de connecteurs RJ45 de 100 Ohms. Cependant, un câble 120 Ohms peut y être connecté sans problème, l'affaiblissement résultant de l'adaptation d'impédance étant largement compensée par les meilleures performances du câble 120 Ohms.

En conclusion, les 100 et 120 Ohms conviennent tous deux, avec un avantage pour le premier qui est meilleur marché.

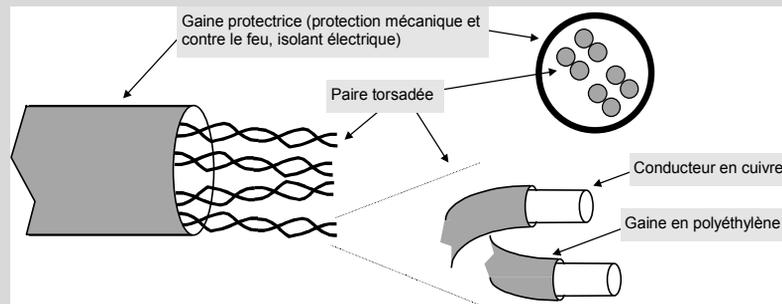
Écranté ou non ? Blindé ou non ?

Un câble UTP est non écranté et non blindé. En conséquence, l'UTP 100 Ohms est le type de câble le moins cher et donc le plus répandu.

Indiquons cependant que le coût du câble ne représente qu'une faible part (environ 10 %) du coût total d'un chantier de câblage, le plus gros morceau étant celui de la main d'œuvre pour la pose. Mais, les câbles écrantés et/ou blindés nécessitent la mise en place d'une terre informatique qui grève le budget de petites réalisations.

LE POINT SUR LA PAIRE TORSADÉE (EIA/TIA-568 ET EN50173)

Ce type de câble en cuivre comporte huit fils appariés par deux. Les deux fils de chaque paire sont torsadés selon un **pas de torsade** précis, de même que les quatre paires au sein du câble. Le but de cet arrangement est de limiter les interférences produites par chaque fil sur les autres.



La qualité d'un câble cuivre dépend bien sûr de la qualité du matériau, mais aussi des éléments suivants :

- du **diamètre** des fils, exprimé en AWG (*American Wire Gauge*) :
22 AWG = 0,63 mm ; 24 AWG = 0,5 mm (le plus courant) ; 26 AWG = 0,4 mm ;
- de l'**impédance** caractéristique, exprimée en Ohm, qui représente la résistance du câble, le 100 Ω étant la plus courante (les 120 et 150 Ω peuvent encore être rencontrés) ;
- de sa **protection** contre les champs électromagnétiques : sans protection (**UTP**, *Unshielded Twisted Pair*), avec un écran (**FTP**, *Foiled Twisted Pair*), avec un blindage (**STP**, *Shielded Twisted Pair*) ou avec les deux (**SFTP**, *Shielded & Foiled Twisted Pair*).

Les normes **EIA/TIA-568** précisent les paramètres à mesurer pour vérifier la qualité des câbles (TSB 36) et des prises RJ45 (TSB40) :

- l'**affaiblissement** du signal, exprimé en décibels pour cent mètres ;
- la **paradiaphonie NEXT** (*Near End Cross Talk*), exprimée en décibels, qui mesure la quantité de signal engendré sur une paire par une autre ;
- la **paradiaphonie cumulée** (*Powersum Next*), exprimée en décibels, qui mesure la quantité de signal engendré par toutes les paires sur une autre ;
- le **rapport signal/bruit**, exprimé en décibels.

La meilleure qualité est obtenue pour un faible affaiblissement et pour une paradiaphonie et un rapport signal/bruit élevés.

Quatre **catégories** de câbles sont définies, **5, 5E, 6 et 7** (les catégories 1 à 4 ne sont pas utilisées en informatique) selon la **fréquence** maximale du signal pouvant être véhiculé : cat 5 et 5E à 100 MHz, cat 6 à 250 MHz et cat 7 à 600 MHz. Plus la fréquence est élevée, plus le débit du réseau le sera. Par exemple, le 100bT fonctionne à 62,5 MHz sur deux paires, et le gigabit à 100 MHz sur quatre paires. Les normes précisent les valeurs minimale ou maximale des paramètres pour différentes fréquences de fonctionnement.

La norme européenne **EN50173** reprend le même principe, mais définit les valeurs pour une chaîne de liaison comprenant un câble de 90 mètres et deux cordons de brassages de 5 mètres chacun. On parle alors de **classes D, E, F et G**.

La compatibilité électromagnétique (EMC) — norme imposée par la Communauté européenne — pourrait remettre en question l'ordre établi. De plus, il n'est pas certain que l'UTP 100 Ohms puisse fonctionner au-delà du gigabit.

En conclusion, le câble UTP convient pour des réalisations de petite taille ; le câble STP (avec un écran collectif) est le minimum conseillé pour bâtir un réseau évolutif vers les hauts débits ; et le SFTP (avec un écran par paire et un blindage collectif) offre une garantie supplémentaire si vous disposez du budget nécessaire.

Catégories 5, 6 ou 7 ?

Actuellement, la catégorie 5 (100 MHz de fréquence maximale) est la plus répandue et supporte le Gigabit Ethernet sur ses quatre paires (250 Mbit/s par paire). La catégorie 6 permet de doubler le débit (250 MHz) et sa normalisation est stable. En revanche, le câble catégorie 7 n'a toujours pas de connecteur normalisé.

Câble	Caractéristiques	État de la norme
Cat 5 / Classe D	100 MHz, RJ45, 10bT, 100bT et Gigabit si testé TSB-95	TIA/EIA-568A
Cat 5E / Classe D	100 MHz, RJ45 jusqu'à 1 gigabit	TIA/EIA-568A-5 Ratification février 2000
Cat 6 / Classe E	250 MHz, RJ45 jusqu'à 2,5 Gbits au moins	RJ45TIA/EIA-568A-6 Ratification début 2001
Cat 7 / Classe F	600 MHz, prise non définie jusqu'à 10 Gbit/s	Spécifications en cours

En conclusion, le câblage catégorie 5, actuellement le plus répandu, supporte le 100bT et même le Gigabit à condition qu'il soit testé selon de nouveaux critères (norme TSB-95), tels que la paradiaphonie cumulée. Pour de nouvelles installations, on préférera donc des câbles certifiés catégorie 5E supportant d'entrée de jeu le Gigabit, voire certifiés catégorie 6 si le budget le permet.

Par ailleurs, le câble cuivre qui convient à tous les usages actuels et pour lequel les équipements actifs sont les plus répandus est le 100 Ω . Le choix du UTP, du FTP, du STP ou du SFTP dépend des perturbations électromagnétiques rencontrées dans l'immeuble (éclairage, transformateurs, moteurs, etc.), mais le SFTP est plus à même de répondre à des besoins futurs grâce à la protection maximale qu'il offre contre les perturbations.

Le choix de la fibre optique entre les locaux techniques

Généralement, le choix de la fibre optique se justifie essentiellement pour des questions de distance, au-delà de la limitation à quatre-vingt-dix mètres de la paire torsadée.

LA COMPATIBILITÉ ÉLECTROMAGNÉTIQUE (EMC)

Quand un câble est exposé à un champ électromagnétique normal, un **courant est induit** sur chacune des paires du câble en cuivre. Sa puissance varie entre **1 et 50 mv** pour un câble UTP catégorie 5, et entre **0 et 0,5 mv** pour un câble FTP. Elle dépend de la qualité du câble (mais pas de sa longueur) ainsi que de la fréquence et de la puissance du signal perturbateur. Pour les Américains, promoteurs de l'UTP, l'enjeu est énorme : trouver des parades ou changer de câble !

Il est à noter que l'inverse est vrai : le câble ne doit pas rayonner au point de générer des interférences sur les autres équipements électroniques.

Vous pouvez vous-même faire l'expérience de ce phénomène avec le tuteur de votre chaîne hi-fi : même débranché, le câble qui le relie à l'ampli est capable de capter des émissions radio de manière suffisamment puissante pour activer ce petit haut-parleur. Il est même possible d'entendre la radio en branchant un simple écouteur téléphonique au niveau du panneau de brassage !

Jusqu'à présent, ce phénomène ne perturbait pas les réseaux locaux, mais, de nos jours, les fréquences utilisées avoisinent les 100 MHz, ce qui correspond très exactement à la gamme de fréquences des radios FM et des talkies-walkies.

Aujourd'hui, les câbles catégorie 7 sont prévus pour fonctionner jusqu'à 600 MHz, et il est probable que, dans le futur, les fréquences continuent d'augmenter pour avoisiner celles du téléphone DECT (1 800 MHz) et du GSM (900 et 1 800 MHz).

Il est donc important que les câbles aient une bonne performance EMC évaluée en mesurant l'**atténuation de couplage (AC)**. Les valeurs précises sont en cours de normalisation :

- AC < 40 dB : la qualité EMC est mauvaise ;
- 41 < AC < 50 : minimum requis pour les câbles UTP catégorie 5 (100 MHz) ;
- 51 < AC < 60 : minimum requis pour les câbles FTP catégorie 5 (100 MHz) ;
- 61 < AC < 70 : minimum requis pour les câbles FTP catégorie 6 (200 MHz) ;
- 71 < AC < 80 : bon câble : FTP ; câble médiocre : SFTP ;
- 81 < AC < 90 : minimum requis pour les câbles FTP et SFTP catégorie 7 (600 MHz).

Ainsi, le Gigabit Ethernet peut fonctionner sur un câble UTP catégorie 5 en respectant l'EMC uniquement si l'AC est supérieur à 50 dB.

Cependant, un système de câblage en fibre optique coûte quasiment le même prix qu'un équivalent en cuivre catégorie 7. Le choix de ce support peut donc être pris en considération pour la distribution, d'autant plus que la connectique en bureau, de types SC ou MT-RJ, est désormais de bonne qualité.

La fibre optique offre également un gage de pérennité pour le support des hauts débits.

Multimode ou monomode ?

Une fibre monomode offre de meilleures performances mais coûte plus cher que la multimode, de même que les cartes réseaux correspondantes. De plus, la multimode convient à presque tous les usages pour la mise en place de réseaux locaux au sein d'un bâtiment ou sur un campus.

Toutefois, si les distances sont réellement importantes, le choix de la monomode s'impose. Elle pourra être envisagée pour connecter d'autres sites à hauts débits dans le cadre d'une boucle optique sur un campus ou avec un opérateur.

62,5/125 ou 50/125 ?

Cette question porte sur les diamètres du cœur et de la gaine optique de la fibre, exprimés en microns. Un cœur de plus petit diamètre affaiblit moins le signal et permet donc de le véhiculer sur de plus grandes distances.

Un câble...	... supporte le Gigabit sur
Cuivre cat 5, 5E, 6, 7	90 mètres
Multimode 62,5/125	300 m à 850 nm 550 m à 1 300 nm
Multimode 50/125	550 m à 850 nm et à 1 300 nm
Monomode	3 km à 1300 nm

Cependant, la fibre optique qui convient à tous les usages actuels et pour laquelle les équipements actifs sont le plus répandus est la multimode 62,5/125. C'est également la moins chère. Tous les réseaux Ethernet, du 10 Mbit/s au gigabit, fonctionnent avec une longueur d'onde de 850 nm ou, plus rarement, de 1 300 nm.

Le câble contenant les fibres

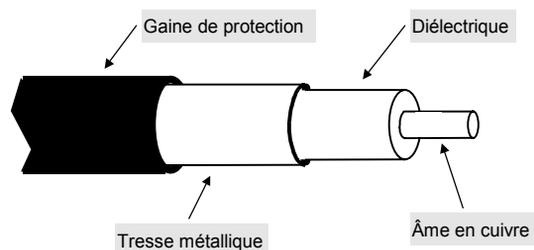
Les qualités d'un câble en fibre optique dépendent de ses caractéristiques optiques mais aussi mécaniques : gaine rigide ou souple, traitée anti-rongeurs et isolations (thermique, incendie, corrosion) qui conditionnent sa durée de vie (dix à quarante ans).

Au sein d'un bâtiment, il conviendra de choisir un câble dit d'intérieur, souple, tandis que, pour les connexions entre bâtiments, on choisira un câble dit d'extérieur, plus rigide, dont la gaine extérieure peut même être métallique.

Le coaxial et la paire torsadée pour la vidéo

Le mode de diffusion le plus répandu pour la vidéo est actuellement le câble coaxial (organisation en bus), car la plupart des équipements sont pourvus de ce type de prise. Un seul câble parcourt alors tout l'immeuble et véhicule plusieurs dizaines de canaux vidéo.

Figure 5-3.
Le câble coaxial.

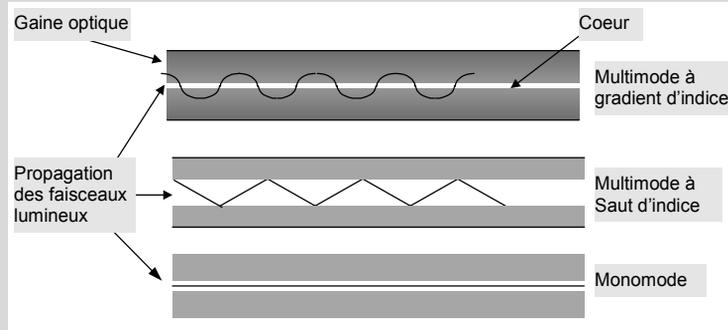


LE POINT SUR LA FIBRE OPTIQUE (EIA/TIA 492AAAA)

Ce type de câble véhicule des ondes lumineuses au sein d'une fibre caractérisée par sa **gaine optique** et son **cœur**, se différenciant par leur indice de réfraction.

La qualité d'une fibre dépend de trois paramètres :

- du mode de **propagation** de la lumière (**multimode** ou **monomode**) ;
- du **diamètres** de la gaine et du cœur (62,5/125 μ ou 50/125 μ pour la multimode) ;
- de leur **composition** (verre de silice, plastique ou composite).



La qualité du signal dépend en plus :

- de la **longueur d'onde** émise (850 et 1 300 nm pour les multimodes ; 1 310 et 1 550 nm pour les monomodes) ;
- de la source lumineuse : une diode électroluminescente LED (*Light-Emitting Diode*) ou laser ILD (*Injection Laser Diode*).

Les tableaux suivants présentent les performances comparées en fonction de ces paramètres.

	Multimode à saut d'indice	Multimode à gradient d'indice	Monomode
Source lumineuse	LED ou laser	LED ou laser	Laser
Bande passante	20 à 200 MHz/km	200 MHz à 1,5 GHz/km	3 à 50 GHz/km
Diamètre du cœur	de 50 à 125 μ	de 50 à 125 μ	de 2 à 8 μ
Diamètre de la gaine	de 125 à 440 μ	de 125 à 440 μ	de 15 à 60 μ

Type de fibre	Composition Cœur / Gaine	Affaiblissement en dB/km		
		À 850 nm	À 1 300 nm	À 1 500 nm
Multimode à saut d'indice	Verre de silice / verre de silice	2	0,5	0,2
	ou plastique	2,5	---*	---*
	ou verre composite	3,4	---*	---*
Multimode à gradient d'indice	Verre de silice / verre de silice	2	0,5	0,2
	ou verre composite	3,5	1,5	---*
Monomode	Verre de silice / verre de silice	2	0,5	0,2

*--- Affaiblissement trop important, non utilisable

En revanche, la diffusion sur câbles de cuivre à paires torsadées (organisation en bus-étoile) tend à se généraliser, car elle permet de banaliser le système de câblage et donc de profiter de sa souplesse en termes de reconfiguration et d'évolutivité.

Enfin, la diffusion vidéo sur IP (norme H.323) fait désormais partie de l'offre des constructeurs de matériels vidéo tels que Tonna (gamme de produits Viscable++). Or, qui dit IP dit réseau local Ethernet et donc paire torsadée.

Sur quels critères choisir le type de câble ?

Dans le premier cas, la connexion aux équipements est simple : en bureau, un cordon coaxial relie la prise à une télévision ou à une carte dans un PC (de type WinPC) ; à son extrémité, le câble est connecté à la régie vidéo située dans le local nodal.

Dans le second cas de figure, la connexion est plus coûteuse, car elle requiert l'installation d'équipements intermédiaires dans les LTE. L'architecture ressemble alors à celle mise en place pour le réseau local et la téléphonie.

Il est envisageable de connecter directement la régie vidéo aux prises utilisateur en brassant les prises de distribution aux câbles de rocares jusqu'à l'endroit où est située la régie. Cette solution nécessite néanmoins beaucoup de câbles en cuivre.

En définitive, le câble coaxial est adapté à des besoins ponctuels de diffusion vidéo (moins d'une centaine de postes de travail, des salles de conférence, etc.), tandis que le câble à paires torsadées est bien mieux adapté à des gros besoins, tels que ceux nécessités dans le monde de l'audiovisuel.

Par contre, avec la généralisation de la vidéo sur IP, le câble coaxial risque bien de disparaître au profit de la paire torsadée.

Quel type de prise ?

Les standards étant bien établis, les choix sont ici plus limités :

- **RJ45** pour la paire torsadées (la prise RJ11 du téléphone peut s'insérer dans une prise RJ45 femelle, mais pas l'inverse) ;
- **SC** pour la fibre optique (attention, on trouve encore du ST) ;
- **BNC** pour le coaxial.

Pour des questions de simplicité, on met toujours le même type de prise en bureau et en local technique. Cela permet d'utiliser les mêmes cordons de brassage.

L'aménagement des locaux techniques

L'aménagement d'un local technique est plus complexe qu'il n'y paraît, car il n'y a pas de solution universelle. Ce qui doit présider à sa conception est la facilité d'utilisation, à savoir l'accès aux équipements actifs et la facilité de brassage.

Ce qui complique la tâche, c'est que les locaux dédiés à l'informatique sont généralement de petite dimension. Ils doivent néanmoins accueillir le câblage d'étage ainsi que les équipements actifs.

Les baies

La hauteur utile d'une baie est généralement de 36 ou **42 U** (un U équivalant à 4,44 cm) ; ses largeur et profondeur peuvent varier entre 800 × 800 cm, 600 × 800 cm ou 600 × 600 cm. La taille de 800 × 800 a ma préférence, car elle offre suffisamment d'espaces latéraux pour y faire passer des cordons de brassage et suffisamment de profondeur pour y loger tous types d'équipements actifs.

Dans tous les cas, elle doit être équipée de rails crénelés fixés sur les montants droit et gauche, de manière à offrir une largeur de **19 pouces** (48,26 cm). Les rails doivent être fixés à l'avant et à l'arrière, en retrait de **10 à 15 cm** par rapport aux façades. Cet espace permettra de fermer la porte lorsque tous les cordons de brassage seront installés. Détail pratique, mais qui est parfois oublié...

Les baies peuvent être dédiées au câblage ou mixtes câblage/équipements, accueillant, par exemple, un panneau de brassage dans leur partie haute et les équipements actifs dans leur partie basse.

Le cheminement des cordons de brassage

Si le local contient plusieurs baies, de nombreux cordons de brassage seront nécessaires pour raccorder les équipements aux panneaux de brassage : autocommutateurs, routeurs, concentrateurs, etc. Afin de maintenir une installation avec le minimum de cordons emmêlés, il est essentiel de simplifier la tâche des exploitants.

L'utilisation du faux plancher est déconseillée, car on y laisse toujours s'accumuler un sac de nœuds bien caché ; d'autre part, soulever les dalles est toujours une opération fastidieuse. Bien souvent, elles ne peuvent se soulever aisément, car il y a toujours un équipement posé dessus, à cheval entre deux dalles.

Il est, en revanche, préférable de faire circuler les cordons de brassage dans les flancs des baies équipées de guides câbles ainsi que dans un chemin de câble fixé en hauteur, à l'arrière de ces dernières (attention à ne pas en sous-estimer la largeur). Les cordons le moins souvent manipulés circuleront dans le chemin de câble, tandis que les cordons utilisés pour la distribution (connexion des prises utilisateurs aux équipements) chemineront dans les guides câbles.

Afin de faciliter les opérations d'exploitation (brassage, installation d'équipements, etc.), il convient également de réserver un dégagement de 80 cm au moins en face avant et en face arrière des baies.

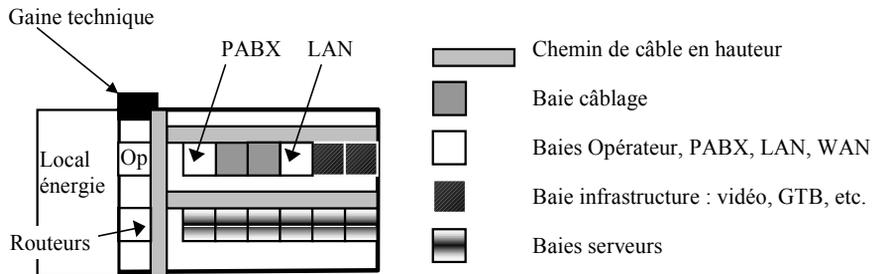
Détail non moins pratique, les luminaires seront disposés de manière à éclairer les zones de dégagement entre les baies.

L'organisation du local

Une des règles de base est de positionner les équipements actifs à proximité des panneaux de brassage, afin de limiter la longueur des cordons et également les sources de "sacs de nœuds".

Par ailleurs, tous les équipements susceptibles d'être connectés à des lignes télécom (auto-commutateurs et routeurs) doivent de préférence être situés à proximité de l'arrivée de ces lignes dans la baie de l'opérateur. Il faut dans tous les cas prévoir des câbles de départ (avec ferme CAD et/ou panneaux RJ45) entre les deux types de baies, surtout si le local opérateur est distinct du local informatique.

Figure 5-4.
Agencement du local nodal.



Le local nodal peut très bien être situé dans la salle informatique ou être séparé pour des questions d'organisation, les exploitants réseaux ne devant pas avoir accès aux serveurs, et inversement pour les exploitants système.

Si les serveurs sont proches des équipements actifs, ils pourront être directement connectés à ces derniers à l'aide des cordons circulant dans les guides câbles et/ou le chemin de câble.

Si, en revanche, ils sont éloignés, ou si la salle informatique est distincte du local technique, un panneau de distribution (prises RJ45 et/ou SC) devra être installé à proximité de chaque serveur, dans une baie mixte câblage/serveur, et relié par un câblage à un panneau de distribution analogue dans le local technique.

Le cahier des charges

La rédaction de ce document synthétise les données collectées lors des phases précédentes.

Le cahier des charges a pour but d'expliquer ce qui est attendu et de guider les soumissionnaires dans leur réponse.

Dans le cadre de réalisations plus importantes, le document peut être scindé en un CCTG (cahier des clauses techniques générales) et un CCTP (cahier des clauses techniques particulières).

Le CCTG définit les engagements attendus de la part de l'entreprise :

- ses responsabilités techniques ;
- la nécessité de coordination avec d'autres corps d'état ;
- le respect d'un calendrier de réalisation ;
- le maintien du site dans un bon état de propreté si l'immeuble est déjà occupé, et en particulier l'évacuation des gravats à sa charge ;
- les garanties de qualité ;
- le respect du plan hygiène et sécurité.

Le CCTP doit décrire l'existant (l'infrastructure d'immeuble et le câblage, s'il existe), étayé par des plans (plan de masse, étage type, sous-sol). Il doit ensuite fournir tous les éléments techniques qui permettront aux soumissionnaires de répondre. Ses données sont en fait une synthèse de l'étude réalisée dans les phases précédentes. Il s'agit de décrire :

- le cheminement des câbles (dans ses principes généraux) ;
- les règles d'espacement par rapport aux sources de courants forts (câbles électriques, moteurs d'ascenseur, alimentations à coupure, tubes néon, etc.) ;
- les règles d'ingénierie que l'entreprise devra impérativement respecter concernant les câbles, les chemins de câble, la connexion des prises, le raccordement à la terre informatique, etc.

Dans une autre partie, le CCTP décrit les prestations attendues, à savoir :

- le percement des murs, si nécessaire ;
- la fourniture et la pose de tous les composants requis : chemins de câbles, goulottes, panneaux de brassage, baies, prises, boîtiers VDI dans lesquels viennent s'insérer les prises, etc.
- le raccordement à la terre informatique et, si nécessaire, la réalisation de la terre informatique à partir du puits de terre jusqu'à la distribution.

Des détails qui ont leur importance :

- la documentation des travaux réalisés tels que le cheminement exact des câbles et la position exacte des prises reportés sur les plans ;
- les fiches de tests de chaque prise ;
- l'étiquetage des prises avec des étiquettes gravées autocollantes (et non pas des Dimos ou du papier qui s'effacent ou se décollent au bout de quelques mois).

Et enfin, la nature des composants fournis et installés :

- pour le câblage cuivre : types de câbles de distribution et de rocares, types de connecteurs, etc. ;
- pour le câblage optique : types de câbles de distribution et de rocares, types de tiroirs optiques, etc. ;
- les types de baies : dimensions, avec ou sans portes, etc. ;
- les types de boîtiers VDI : nombre et types des prises (RJ45, CD, etc.) ;
- le descriptif des tests sur chaque prise et les valeurs à mesurer lors des tests réflectométriques (voir plus loin).

Afin de comparer facilement les réponses, un modèle de bordereau de prix tel que celui présenté ici pourra être joint.

Désignation des ouvrages	U	Qté	P.U. HT	P.T. HT
Lot 1 – Câblage cuivre (fourniture, pose et raccordement y compris toute sujétion)				
Cheminevements entre la salle informatique et le LN-A				
Percements	ens			
Chemins de câble	m			
Raccordement à la terre électrique	ens			

Le reproche que certains peuvent faire à une description aussi détaillée est qu'elle est du ressort de l'entreprise, que c'est son métier. Certes, mais le but est ici de bien définir le **niveau de prestation** que l'on attend. Si on ne le fait pas, les soumissionnaires feront des réponses minimales :

- avec des composants de faible qualité ;
- en omettant certains composants qui peuvent paraître accessoires, comme l'étiquetage des prises ou des colliers de fixation ;
- en calculant la longueur des câbles au plus juste (en les faisant passer en ligne droite sans respecter les contraintes d'écartement des sources de courant fort) ;
- sans prendre en compte la coordination avec les autres entreprises ;
- etc.

Ce type de réponse paraîtra attractif sur le plan financier, mais passera sous silence de nombreux aspects importants.

Il peut également être tentant de confier la réalisation du câblage à une société spécialisée en électricité. Cela serait une erreur, sauf si bien sûr elle dispose des compétences requises en courant faible. Car le câblage informatique n'a rien à voir avec l'électricité : ce sont deux métiers différents qui font appel à des expertises sans aucun rapport entre elles.

Enfin, la certification de l'entreprise pour le système de câblage proposé est un gage de qualité : non seulement elle offre la garantie du constructeur pendant dix à quinze ans mais, de plus, elle signifie que les techniciens ont suivi une formation spécifique de la part du constructeur sur le type de matériel proposé.

En fin de chantier, un représentant du constructeur vérifie (en plus de la recette dont nous parlerons plus loin) la qualité de l'installation, et appose son certificat de garantie. Celui-ci assure la remise en état, pendant dix à quinze ans, selon le constructeur, de n'importe quel composant défectueux (câble, connecteur, panneau de brassage). Si l'entreprise disparaît dans l'intervalle, le constructeur prend le relais ou désigne une autre société.

Le suivi du chantier et la recette

En cours de réalisation, il est nécessaire d'organiser un point hebdomadaire avec les représentants de la société de câblage : l'objectif est de contrôler l'avancement des travaux, de résoudre certains problèmes techniques, de préciser des détails comme le principe d'étiquetage des prises, etc.

Il est également indispensable de procéder à des visites régulières du site (une à deux fois par semaine selon l'état d'avancement des travaux). L'objectif est ici de contrôler la qualité des travaux en cours afin de procéder à d'éventuelles rectifications avant la fin du chantier. Mieux vaut détecter le plus en amont possible tout problème pouvant nécessiter la reprise des travaux supposés achevés.

L'ORGANISATION D'UN CHANTIER DE CÂBLAGE

Le **maître d'ouvrage** est le donneur d'ordre, celui qui paie, c'est-à-dire vous, le client.

Le **maître d'œuvre** est l'exécutant, le responsable des travaux ; il rend des comptes au maître d'ouvrage.

Le **soumissionnaire** est l'entreprise qui répond à l'appel d'offres ; le terme entreprise désigne l'**entreprise de câblage** qui a été retenue en tant que maître d'œuvre du projet **courants faibles**, par opposition aux câblages **courants forts** qui concernent l'électricité, généralement réalisée par une autre entreprise.

L'entreprise de câblage désigne un **chef de chantier** qui coordonne le travail des ouvriers sur site ; elle est parfois l'interlocuteur du maître d'ouvrage. Dans le cas de réalisations importantes, un **conducteur de travaux** est désigné en tant qu'interlocuteur.

De son côté, le maître d'ouvrage est souvent assisté d'un consultant qui, dans le cadre d'une intervention d'**assistance à maîtrise d'ouvrage**, assure le lien entre l'utilisateur exprimant des besoins généraux et le monde du câblage avec sa spécificité et son vocabulaire.

Une **réunion de chantier** est régulièrement organisée afin de coordonner et de suivre l'avancée des travaux. Elle a aussi pour but de coordonner les activités de l'entreprise de câblage avec d'autres **corps d'états** (électricien, société en charge de la climatisation, société en charge des faux plafonds, etc.). Sur le terrain, l'entreprise de câblage doit assurer cette coordination.

Le chantier terminé, il est nécessaire de procéder à sa recette. Celle-ci comprend la vérification exhaustive, qualitative et quantitative de l'ensemble des composants installés, ainsi que l'analyse des documents remis (cahier de tests, plans, etc.). Il s'agit notamment :

- de valider le cahier de tests fourni par l'entreprise;
- de réaliser des tests complémentaires sur un échantillon de prises avec le même réflectomètre fourni par l'entreprise de câblage ;
- d'effectuer le contrôle physique de l'installation avec le câbleur.

Si des anomalies sont constatées, la recette peut donner lieu à des réserves. Les réserves sont levées seulement lorsque l'entreprise de câblage a corrigé les défauts. Le procès verbal de recette peut alors être signé.

La fibre optique doit également faire l'objet d'un test réflectométrique dans les deux sens et aux deux longueurs d'ondes de référence.

La plupart des équipements réseau utilisent, en effet, la longueur d'onde de 850 nm. Mais il n'est pas exclu qu'avec le 10 Gigabit, la longueur de 1 300 nm soit la seule possible. Il faut donc tester les fibres avec les deux longueurs d'ondes et dans les deux sens !