



La fibre optique est non seulement une évolution quant aux systèmes de câblage mais également une révolution quant aux moyens d'échanges d'informations possibles entre divers éléments électroniques. A un point tel que dans certains cas, les processeurs des machines ne sont plus assez puissants pour émettre la quantité d'informations possible au travers d'un même câble optique.

Toutefois, cette évolution (et révolution) ne s'est pas faite en un jour. Les recherches menées dans les années 70 ont permis de conclure qu'une fibre pour le transport de l'énergie lumineuse et une gaine optique allait devenir un nouveau moyen de transmission d'informations en grande quantité. Le principe de ce nouveau type de câble composé de silice, soit d'oxyde de silicium (SiO_2), présent dans nombre de minéraux tels que le quartz, la calcédoine et l'opale, est de transporter des longueurs d'ondes de 850, 1300 et 1500 nanomètres. Le cœur est entouré de silice de moindre qualité formant la gaine optique. Le principe de fabrication d'une fibre optique repose sur l'étirage d'une préforme de verre. C'est ainsi qu'un tube de verre d'une longueur d'un mètre sur 10 cm de diamètre permet d'obtenir une fibre d'une longueur d'environ 150 kilomètres.

Il existe deux types de fibres optiques :

- la fibre multimode, composée d'un cœur important allant de 50 à 85 microns, et la fibre monomode, composée d'un cœur de 9 microns.
- La fibre optique multi mode, dénommée MMF (MultiMode Fiber) est principalement utilisée dans les réseaux locaux dont la distance n'excède pas deux kilomètres. La transmission des données se fait au moyen d'une LED (Light Emitting Diode) d'une longueur d'onde de 850 nanomètres ou 1300 nanomètres. Deux types de fibres sont disponibles : la fibre à saut d'indice constituée d'un cœur et d'une gaine optique en verre de différents indices de réfraction et la fibre à gradient d'indice, dont le cœur est constitué de couches de verre successives ayant un indice de réfraction proche. Mesurant 62,5 ou 50 microns sur 125 (taille du cœur et de la gaine de verre), cette dernière est couramment utilisée à l'intérieur des bâtiments.

De 1 à 10 Gigabits par seconde

La capacité de transmission d'une fibre optique multimode est actuellement au maximum de 1 Gbps.

Pour parvenir à des débits plus élevés tels que 10 Gbps (OC-192), deux méthodes sont proposées :

- 1. L'usage d'un VCSEL (Vertical Cavity Surface Emitting Lasers) à la place d'une LED, sur une fibre optique à gradient d'indice (maximum 1500 MHz par kilomètre) permettant d'optimiser la transmission sur un diamètre lumineux de 30 à 40 microns.
- 2. L'usage d'une nouvelle fibre optique multi mode d'un cœur de 50 microns supportant jusqu'à 2200 MHz par kilomètre. Cette nouvelle évolution permet d'envisager de connecter des usagers dans un bâtiment à 1 Gbps et de créer une épine dorsale d'un réseau local à 10 Gbps.

La fibre optique monomode, dénommée SMF (Single Mode Fiber) est principalement utilisée par les opérateurs pour parcourir de longues distances. La transmission des données se fait au moyen d'un laser d'une longueur d'onde allant de 1300 à 1550 nanomètres. Ce type de fibre est divisé en plusieurs catégories dépendant de l'application que l'on va souhaiter à terme.

Quatre catégories de fibres monomodes :

La **première catégorie**, commercialisée depuis 1983, la plus couramment utilisée, est celle de la norme ITU-T G.652 (fibre à dispersion non décalée). Elle permet d'envoyer des longueurs d'onde sur 1300 et 1550 nanomètres. Il est à noter qu'elle a été initialement prévue pour une capacité de transmission de 2,5 Gbps au maximum.

La **deuxième catégorie**, disponible depuis 1985, est celle de la norme ITU-T G.653 (fibre à dispersion

decalee) qui est entre autres utilisée pour les câbles sous-marins.

Toutefois, ces deux types de fibres optiques ayant des effets non linéaires de dispersion chromatique et de dispersion de mode, conjugués aux forts niveaux de puissance produits à la sortie des amplificateurs, sont devenus des paramètres critiques pour le haut débit. Ces constatations ont poussé quelques fournisseurs à proposer une nouvelle standardisation de fibre optique monomode conçue spécialement pour des applications de type WDM (Wavelength Division Multiplexing) amplifiées.

Ainsi est née la **troisième catégorie**, dont les spécifications correspondent à la norme ITU-T G.655 NZDF (Non Zero Dispersion Fiber ou fibre à dispersion non nulle). Elle est actuellement utilisée pour des infrastructures terrestres et sous-marines de longues distances.

La course aux performances n'ayant pas de limite, les technologies WDM et DWDM (voir ci-dessous) ont demandé la création de la **quatrième catégorie** de fibre optique monomode spécifiée dans la norme ITU-T G.692. Cette nouvelle fibre permet de gérer des systèmes multi-canaux avec amplificateurs optiques. Elle normalise l'espacement en nanomètres (nm) ou Gigahertz (GHz) entre deux longueurs d'onde permises dans la fenêtre de transmission se trouvant entre 1530 à 1565 nm à 200 GHz ou 1,6 nm et à 100 GHz ou 0,8 nm.

WDM et DWDM

La technologie WDM, nouvelle méthode de transmission apparue dans les années 90, est née de l'idée d'injecter simultanément dans la même fibre optique plusieurs signaux numériques à la même vitesse de modulation, mais à des longueurs d'onde distinctes, ce qui correspond plus simplement à un multiplexage de ces longueurs d'onde.

La technologie WDM est dite dense (DWDM) lorsque l'espacement utilisé est égal ou inférieur à 100 GHz ou 0,8 nm. Cette technique ne tenant toujours pas suffisante, de nouveaux systèmes à 50 GHz ou 0,4 nm et à 25 GHz ou 2 nm ont déjà été testés et permettront d'obtenir des centaines de longueurs d'ondes. On pourra alors parler de la technologie U-DWDM (Ultra à Dense Wavelength Division Multiplexing).

Les systèmes WDM/DWDM commercialisés aujourd'hui comportent 4, 8, 16, 32, 80 voire même 160 canaux optiques, ce qui permet d'atteindre des capacités de 10, 20, 40, 80, 200 voire jusqu'à 400 Gbps en prenant un débit nominal de 2,5 Gbps et de quatre fois plus avec un débit nominal de 10 Gbps.

Ainsi, on obtient 3200 Gbps ou 3,2 Tbps (Terabits par seconde) avec 80 canaux optiques à 40 Gbps.

Le fonctionnement de ces liaisons est dû à la découverte de l'amplificateur à fibre dopé à l'erbium EDFA (Erbium Doped Fiber Amplifier), ce qui permet de compenser les pertes d'insertions dues au multiplexage et au demultiplexage des longueurs d'ondes, et de limiter le bruit qui parasite les liaisons. Cependant, cette technologie nécessite pour l'instant des relais tous les 50 à 100 km.

Une économie de répéteurs :

Une autre technique consiste à transmettre des informations de redondance, appelée FEC (Forward Error Correction), en même temps que les données acheminées au moyen d'un algorithme prédéterminé. Grâce à ces informations, le dispositif récepteur peut détecter et corriger les erreurs qui sont susceptibles de se produire sur plusieurs bits en cours de transmission. Le signal transmis avec FEC est plus robuste, ce qui permet aux opérateurs de construire des liaisons plus longues sans pour autant augmenter le nombre de répéteurs, d'où une économie de coût.

Les applications possibles en fibres optiques :

Elles sont nombreuses. En premier lieu les opérateurs peuvent accroître leurs réseaux sans devoir à chaque augmentation de trafic tirer un nouveau câble et, en deuxième lieu, la fibre optique ne coûtant pas beaucoup cher qu'un câble cuivre (rapport prix/performance) permet d'envisager des structures de type FTTC (Fibre to the Curb) ou FTTH (Fibre to the Home) afin d'amener ces capacités de transmission le plus près possible de l'utilisateur final.

De plus, l'approche des opérateurs consistant aujourd'hui à bâtir leur réseau directement sur IP en dessus du protocole SDH ou DWDM est un signe révélateur de cette tendance du tout optique et du tout IP. Ainsi, il apparaît certain que demain l'usage du multiplexage des longueurs d'onde deviendra un élément à part

entière des réseaux locaux et distants.

D'après Jean-Daniel Faessler