

Réseau de Transmission : PDH, SDH, D-WDM

EFORT

<http://www.efort.com>

1 Introduction

Le réseau de transmission fournit les capacités de transport des flux voix, vidéo, données générés par les réseaux de commutation : IP, ATM, Frame Relay, RTC, GSM, etc. Trois technologies sont considérées pour la transmission : PDH (Plesiochronous Digital Hierarchy), SDH (Synchronous Digital Hierarchy) et D-WDM (Dense Wavelength Division Multiplexing).

La hiérarchie numérique plésiochrone (PDH) est née au début des années 70 avec la numérisation du téléphone. Elle définissait, entre les points du réseau de l'opérateur, des jonctions Mic à 2Mbit/s accueillant trente-deux circuits à 64 kbit/s par multiplexage temporel. C'est à partir de ce multiplexage successif des circuits sur plusieurs niveaux que la hiérarchie des débits a été créée en Europe : 2 (E1), 8 (E2), 34 (E3), 140 (E4) et 565 Mbit/s (E5).

Le réseau de transmission existant est constitué pour l'essentiel par juxtaposition de deux technologies (PDH et SDH), sur des supports principalement optiques. Il existe cependant des liens hertziens dans certaines zones géographiques peu adaptées aux conduites enterrées. La structure de ces réseaux est soit du type réseau maillé comme c'est le cas aujourd'hui pour de nombreux réseaux interurbains en Europe, soit du type réseau en anneau, structure qui s'est beaucoup répandue avec la SDH dans les réseaux urbains et régionaux, et dans les réseaux longue distance en Amérique puis en Europe.

Les débits de SDH sont appelés STM-i avec le STM-1 égal à 155 Mbit/s. STM signifie Synchronous Transfer Module. Le STM-4 correspond à un débit de 622 Mbit/s, le STM-16 correspond à un débit de 2,5 Gbit/s et le STM-64 correspond à un débit de 10 Gbit/s. La SDH est concurrencée par Ethernet. En effet, SDH est une technique originellement conçue pour gérer les communications en mode circuit, typiquement les communications téléphoniques. Or, depuis les années 2000, le volume de données de type paquet a supplanté en quantité celui des données de type téléphonique, laissant SDH un peu inadapté aux nouveaux services qu'on lui demande aujourd'hui.

Le multiplexage en longueur d'onde (D-WDM, Dense Wavelength Division Multiplexing) est une technique utilisée en communications optiques qui permet de faire passer plusieurs signaux de longueur d'onde différentes sur une seule fibre optique, en les mélangeant à l'entrée à l'aide d'un multiplexeur (MUX), et en les séparant à la sortie au moyen d'un démultiplexeur (DEMUX).

Le but de ce tutoriel est de présenter les architectures PDH, SDH et D-WDM.

2 PDH

Le transfert de données est basé sur un flux à 2 048 kbit/s. Pour la transmission de la voix, ce flux est séparé en 30 canaux de 64 kbit/s et 2 canaux de 64 kbit/s utilisés pour la

signalisation et la synchronisation. On peut également utiliser l'intégralité du flux pour de la transmission de donnée dont le protocole s'occupera du contrôle.

Afin d'amener plusieurs flux de 2 Mbit/s d'un point à un autre, ils sont combinés par multiplexage en groupes de quatre. Cette opération consiste à prendre 1 bit du flux #1 suivi d'un bit du #2, puis le #3 et enfin le #4. L'équipement émetteur ajoute également des informations permettant de décoder le flux multiplexé.

La combinaison du multiplexage décrit permet un débit de 8 Mbit/s. Des techniques similaires permettent d'agréger quatre de ces flux pour former des conduits de 34 Mbit/s puis 140 Mbit/s et enfin 565 Mbit/s.

Ces débits en Europe sont nommés E_i avec E_1 correspondant à 2 048 kbit/s, E_2 correspondant à 8 Mbit/s, E_3 correspondant à 34 Mbit/s, E_4 correspondant à 140 Mbit/s (le plus haut débit normalisé) et E_5 correspondant à 560 Mbit/s mais n'ayant jamais été normalisé.

L'utilisation du PDH se limite le plus souvent à 140 Mbit/s après quoi on lui préfère la SDH. Les débits PDH aux Etats-Unis sont nommés T_i avec T_1 à 1,544 Mbit/s, T_2 à 6,312 Mbit/s, T_3 à 44,736 Mbit/s et T_4 fonctionnant à 274,176 Mbit/s.

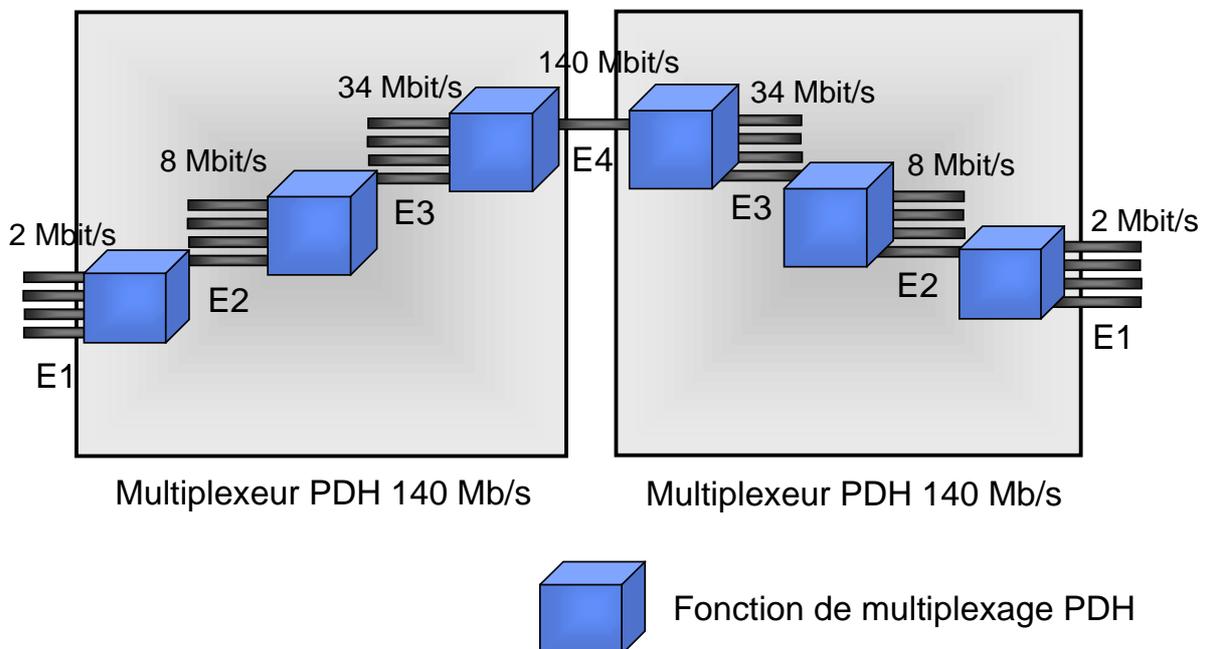


Figure 1 : Multiplexage PDH

3 SDH / SONET

Les sigles "SONET" et "SDH" sont mis pour "Synchronous Optical Network" et pour "Synchronous Digital Hierarchy". Ces termes désignent des ensembles de protocoles reliés à l'utilisation de la fibre optique dans les réseaux.

La hiérarchie numérique synchrone (SDH) est la version européenne (c'est à dire répondant aux attentes des européens) du réseau optique synchrone (SONET) qui est un protocole d'origine américaine.

Pour la norme SONET, les niveaux sont classés en OC : Optical Contener.

Pour la norme SDH, les niveaux sont organisés hiérarchiquement en STM - n (Synchronous Transport Module, niveau n).

La hiérarchie de la norme SDH correspond à celle de SONET.

Le niveau 1 de SDH (155,52 Mb/s) est le niveau 3 de SONET et le niveau 2 de SDH (622,08 Mb/s) est le niveau 12 de SONET.

Les réseaux SDH les plus déployés sont aujourd'hui des réseaux combinant les niveaux STM 1 (155 Mbit/s), STM 4 (622 Mbit/s) et STM 16 (2,5 Gbit/s).

La technologie SONET/SDH utilise un multiplexage temporel à travers des multiplexeurs appelés ADM (Add/Drop Multiplexeur) ou MIE (Multiplexeur à Insertion/Extraction)

Le multiplexeur terminal (TM, Terminal Multiplexer) permet le multiplexage de signaux affluents plésiochrones (PDH) dans un signal de ligne STM-1 résultant.

Les répéteurs-régénérateurs sont des équipements qui permettent, dans une transmission longue distance, d'amplifier et de remettre en forme le signal optique.

La technologie SDH se retrouve aussi bien en topologie point à point, bus et surtout anneau. Il faut préciser que le principal support est la fibre optique sur laquelle il est possible d'utiliser un multiplexage WDM (multiplexage en longueur d'onde). La technologie SDH est donc, souvent, couplée à une technique WDM quant elle relie deux ADMs (Add and Drop Multiplexers) distants. Ceci permet de ne pas avoir à multiplier le nombre de fibres entre 2 localités.

Un réseau en anneau est une chaîne, repliée sur elle-même et refermée, constituée uniquement de noeuds ADM et ne possédant pas de noeud terminal. Ce type de réseau joue un rôle clé en SDH/SONET grâce aux mécanismes performants d'autocicatrisation (délai de rétablissement < 50 ms) du réseau en cas de défaillance (par exemple: câble coupé, panne d'électricité ou incendie dans un noeud du réseau). Les applications des réseaux en anneau sont nombreuses : réseaux d'accès aux réseaux nationaux, en passant par les réseaux locaux et régionaux.

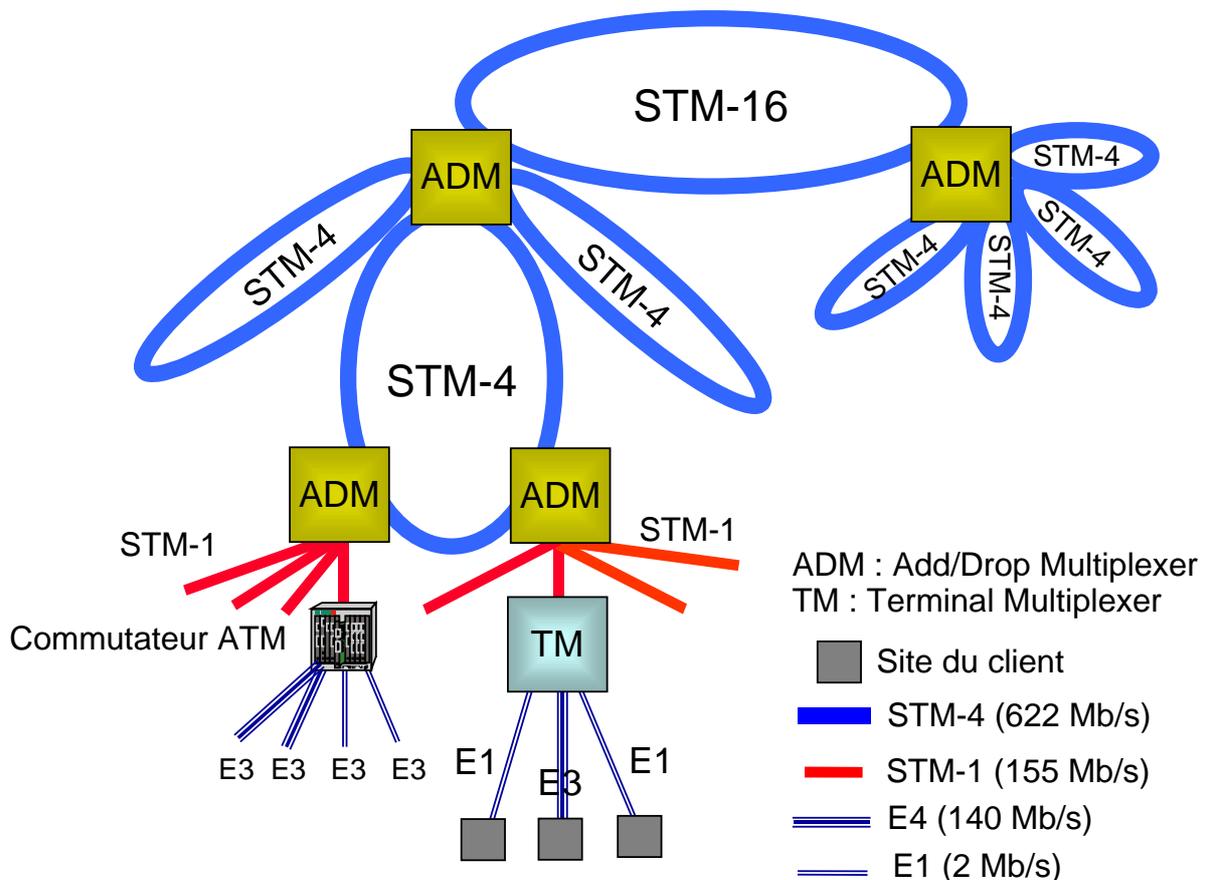


Figure 2 : Exemple de réseau SDH

4 D-WDM

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 térabits par seconde (Tbit/s, ou 10¹² 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 coeur de verre. Cette technique est fortement utilisée dans les coeurs 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.

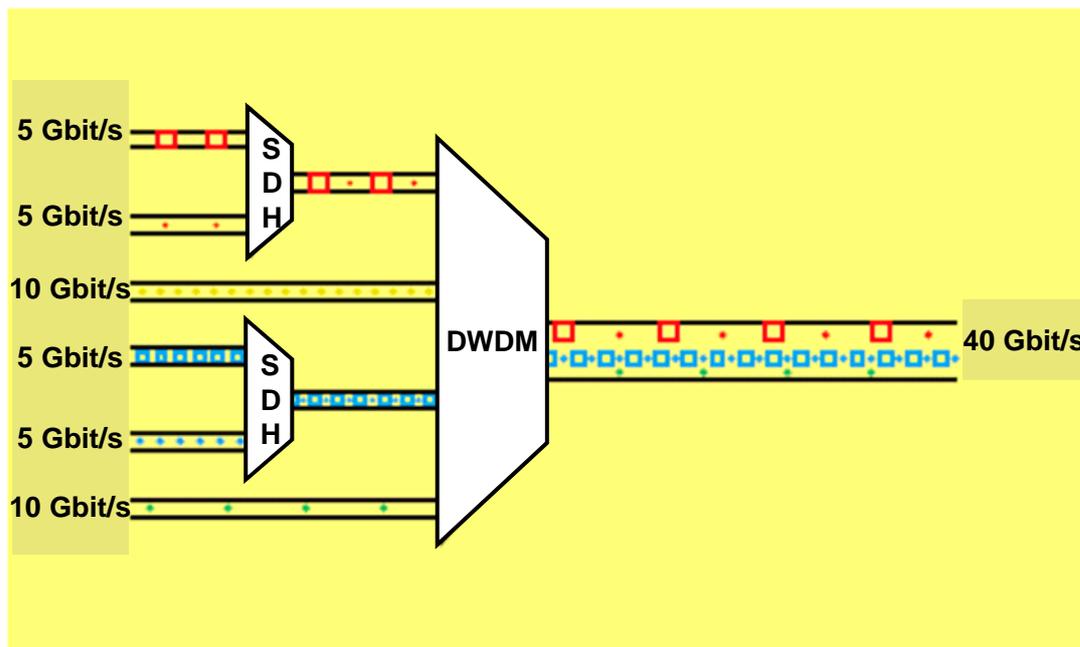


Figure 3 : Multiplexage D-WDM