

Nécessité d'une redondance de la fibre optique sur le tronçon Kinshasa-Moanda

KENGUNI DJEN-MI

(Reçu le 20 février 2017, Validé le 03 août 2017)
(Received February 20th 2017, valid August 03th, 2017)

Résumé

Notre souci majeur dans cet article est de montrer le bien fondé d'un réseau de transmission par la fibre optique qui a une longueur de 630 kilomètres installé entre Kinshasa et Moanda avec sept stations, hormis, le point d'atterrage et le backbone à fibre optique. Le réseau de transport a une grande importance dans la mesure où tous les concessionnaires des télécommunications vont devoir écouler les trafics dans un support fiable qui leur offre un débit important pour la sécurité des communications. C'est pour cette raison que nous avons pensé proposer une possibilité de redondance de la fibre optique.

Mots-clés : Fibre optique, point d'atterrage, réseau optique, Kinshasa

Abstract

Our main concern in this article is to show the validity of a fiber optic transmission network that is 630 kilometers long between Kinshasa and Moanda with seven stations, apart from the landing point and the fiber backbone. optical. The transport network is of great importance since all the telecom dealers will have to sell the traffic in a reliable medium which offers them a high flow for the security of the communications. It is for this reason that we thought to propose a possibility of redundancy of the optical fiber.

Keywords: Optical fiber, landing point, optical network, Kinshasa

I. Introduction

Une des grandes tendances de la fin des années 90 est la demande croissante en bande passante des réseaux d'entreprises et des réseaux d'opérateurs, due principalement aux nouveaux usages liés à Internet (services multimédia, commerce électronique, liaisons privées...). Cette évolution s'est accompagnée d'une transformation technologique profonde des réseaux de transport afin de pouvoir écouler les volumes de trafic en perpétuelle croissance. En effet, les réseaux de transport ont évolué à travers trois grandes étapes : réseaux asynchrones PDH (Plesiochronous Digital Hierachy), réseaux synchrones SDH (Synchronous Digital Hierachy) et réseaux optiques WDM (Wavelength Division Multiplexing).

La hiérarchie numérique plésiochrone (PDH) est apparue dans les années 70 avec la numérisation des communications téléphoniques. Ses débits de transmissions limitées (ne dépassant pas 140 Mbps), sa structure de multiplexage non flexible et l'apparition de la fibre optique sont autant de facteurs qui expliquent le passage à la hiérarchie numérique synchrone SDH (correspond à SONET aux Etats-Unis) afin de supporter la croissance accrue de demande en bande passante. L'intérêt de SDH réside principalement dans ses capacités de transmission à haut débit grâce à son infrastructure optique, la simplicité de sa structure de multiplexage et la richesse de ses fonctions de gestion et de sécurisation. Tous ses atouts ont fait que la technologie SDH a été déployée, par la plupart des opérateurs, non seulement dans les réseaux coeurs de longues distances mais aussi dans les réseaux interurbains et d'accès.

A l'origine, les réseaux SDH sont utilisés pour transporter le trafic propre à l'opérateur (flux IP/MPLS, ATM, Ethernet, xDSL,), mais ils ont rapidement fait l'objet de services vendus aux entreprises (circuits dédiés, boucles privatives). Cet intérêt économique explique le fait que la technologie SDH est toujours utilisée par les opérateurs et représente une source de revenu supplémentaire pour eux.

Bien que les réseaux SDH s'appuient principalement sur une infrastructure optique, la capacité de transmission de la fibre optique n'est pas totalement exploitée dans SDH. En effet, il est possible de transmettre et recevoir des signaux sur plusieurs longueurs d'onde simultanément grâce à la technique de multiplexage en longueur d'onde WDM (Wavelength Division Multiplexing). Cette nouvelle technologie augmente la capacité de transmission de manière incrémentale dans la fibre existante (celle de SDH), ce qui permet de réduire les coûts de nouvelles installations et d'exploiter au mieux l'infrastructure existante. Une telle solution économique a stimulé plusieurs opérateurs à migrer progressivement, étant donné le coût important des équipements optiques, de SDH vers DWDM (Dense Wavelength Division Multiplexing) : une évolution de WDM qui permet de mieux exploiter la bande passante de la fibre (nombre de longueurs d'onde très grand) (Chen & Wang, 2002).

Les réseaux de transport optiques (SDH et WDM) assurent des fonctions de multiplexage/démultiplexage, transmission, brassage et routage, auxquelles sont associés différents enjeux, problématiques et exigences de recherche. La gestion des ressources dans ces réseaux reste un enjeu majeur pour les opérateurs, vu la rareté de ces ressources et le coût énorme de l'infrastructure optique (coût d'installation ou coût d'extension). De ce fait, l'optimisation de la mise en place des ressources (phase de conception et de dimensionnement du réseau) et de leur exploitation (phase de planification du réseau) représentent deux axes de recherche qui intéressent fortement les industriels du domaine. Etant donné la taille et la complexité de ces réseaux, la conception de méthodes d'optimisation à la fois efficace en temps calcul et fournissant des solutions de bonne qualité est un véritable challenge.

Dans un monde où la circulation des biens, des personnes et des informations s'accélère et s'intensifie, la technologie de l'information et de la communication connaît un véritable développement. Communiquer semble un besoin bien défini et qui, techniquement, s'effectue à l'aide de nombreux moyens de transmission dont on dispose. Ces moyens sont acoustiques, optiques, électriques, radioélectriques.

Les nouvelles attentes et possibilités en matière de production et distribution de l'information amènent les Etats à proposer et à fournir aux citoyens et aux entreprises, les services publics à valeur ajoutée. Les différents programmes de réforme de l'Etat, de gouvernement et de décentralisation administrative engagés partout en Afrique montrent l'ambition des services publics de faciliter le passage des administrations proposant des services cloisonnés vers celles offrant des services en réseau.

Il est évident que la République démocratique du Congo s'est aussi engagée dans cette voie au regard de nombreux projets TIC conçus dans plusieurs secteurs de l'administration (finance, éducation, santé, système électoral, justice et police, etc.). Qu'il s'agisse du guichet unique électronique des opérations du commerce, de l'informatisation du fichier électoral, tous les projets suscités ont pour ambition de couvrir l'espace national en interconnectant toutes les structures administratives concernées.

Depuis 2009, la fibre optique a été installée en République démocratique du Congo, particulièrement dans le tronçon Kinshasa/Moanda pour une longueur de 630 mètres avec 7 stations, hormis le backbone et le point d'atterrage.

A ce jour, une connexion à très haut débit est vraiment une fierté pour tout le pays, les banques, les écoles, les instituts supérieurs et les universités, les médecins vont tous en bénéficier. Une seule liaison Kinshasa/Moanda n'est pas du tout une garantie, car en cas de panne, tout le pays risque d'être sans communication. Pour pallier à cette situation il est évident et nécessaire de prévoir une redondance.

Dans le présent article, nous nous attelons à présenter la possibilité de redondance de la fibre optique sur le tronçon Kinshasa-Moanda, laquelle redondance est susceptible de sécuriser la connexion en cas de panne en un point de liaison donnée.

II. Bref aperçu des réseaux de transports optiques

2.1. Description

La hiérarchie numérique synchrone SDH représente un standard international pour les télécommunications à haut débit dans les réseaux optiques de transmission. Cette technologie permet le transport des signaux numériques transmis avec des débits variables. Basée sur la technique de multiplexage temporel TDM (Time Division Multiplexing), SDH est conçue pour gérer les communications en mode circuit de bout en bout et est utilisée pour transporter des flux IP/MPLS, ATM, DSL, Ethernet, PDH, etc. (Bouyer, 1997).

La technologie SDH peut être déployée dans les différents niveaux de réseaux de transport : les réseaux d'accès qui représentent un point d'entrée pour le trafic usager, les réseaux métropolitains qui interconnectent des réseaux d'accès et assurent le transport de trafic 'a l'échelle des régions, et les réseaux de cœur qui s'occupent de l'agrégation et l'acheminement des données 'a grande échelle. La plupart de ces réseaux de transport SDH (accès, m'métropolitains et cœur) se basent principalement sur une infrastructure à fibres optiques, permettant des capacités de transmission importantes de l'ordre de dizaines de Gbps. Une architecture typique d'un réseau SDH pour de nombreux opérateurs est illustrée dans la figure n°1. En général, un réseau SDH est constitué d'un ensemble de nœuds interconnectés par des liaisons de fibres optiques selon des topologies en anneaux, maillés, en étoile ou même en bus. Cependant, la topologie en anneaux reste la plus déployée étant donné qu'elle permet de sécuriser le transport du trafic à un coût plus raisonnable que les autres solutions. Les différentes entités d'un réseau SDH sont décrites dans ce qui suit.

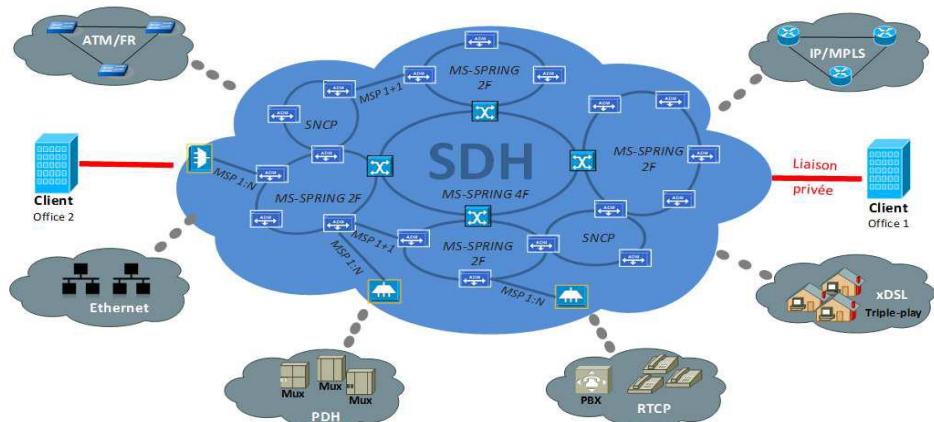


Figure n°1: Vue générale d'un réseau de transport SDH.

1) Les nœuds

La hiérarchie numérique synchrone SDH définit trois types de nœuds :

- ✓ Multiplexeurs terminaux (Terminal Multiplexer ou TM) : ils permettent l'adaptation et le multiplexage des affluents des différents clients pour constituer les trames SDH. Ils assurent également l'opération inverse. Ces multiplexeurs sont situés à l'entrée des réseaux SDH,
- ✓ Multiplexeurs `a insertion/extraction (Add Drop Multiplexer ou ADM) : ils sont principalement utilisés pour la construction des anneaux SDH où ils assurent le transfert des données entre l'Est et l'Ouest tout en autorisant l'extraction et/ou l'insertion des affluents multi-services assemblés dans les trames SDH. Le basculement des affluents entre les deux lignes de l'anneau (Est et Ouest) se fait à travers des cartes de brassage, tandis que la transmission dans les fibres se fait grâce aux cartes de transmission installées dans les ADMs. Les nœuds ADM sont d'employés principalement dans les réseaux d'accès et m' métropolitains,
- ✓ Brasseurs numériques (Digital Cross Connect ou DXC) : ils permettent de réarranger les affluents dans les trames SDH. Grâce aux cartes de brassage, les DXCs peuvent commuter les affluents entre des lignes d'entrée et des lignes de sorties. Les DXCs sont principalement utilisés dans les réseaux cœur SDH.

2) Les liens

Les liens SDH représentent les supports physiques reliant les nœuds du réseau. Il s'agit, dans la plupart des cas, de fibres optiques sur lesquelles les trames SDH sont transmises. La capacité d'une fibre SDH est déterminée par le débit de la trame transmise sur cette fibre. Dans les topologies maillées ou point à point, les liens qui transportent le trafic "normal" (appelé aussi trafic "working") peuvent être protégé par d'autres liens, appelés liens de protection. Ce type de protection est connu sous le nom de protection linéaire de section de multiplexage (Linear MSP). Plusieurs configurations sont possibles tel que MSP 1+1, MSP 1:1 et MSP 1:N.

3) Les anneaux

Les anneaux représentent la structure la plus déployée dans la pratique. Grâce aux mécanismes d'autocatérisation définis par SDH, les anneaux assurent un transport de données complètement sécurisé contre les pannes des nœuds ou la coupure des fibres. Les circuits défaillants peuvent ainsi se rétablir rapidement en utilisant des fibres de protection qui procurent des capacités de réserve (secours). Les mécanismes de protection les plus connus sont SNCP (Sub Network Connection Protection) et MSSPRING (Multiplex Section-Shared Protection RING) qui s'appliquent respectivement sur des anneaux Unidirectionnels `a deux fibres (pour le cas de SNCP) et bidirectionnels `a deux ou quatre fibres (pour le cas de MS-SPRING). Une description plus détaillée de ses mécanismes est disponible dans. Nous signalons que dans ce travail nous ne prenons pas en considération les capacités de protection dédiées pour le rétablissement des circuits en cas de panne. Nous ne considérons que les capacités dédiées pour le transport du trafic "normal".

2.2. Structure de multiplexage

La structure de multiplexage dans la hiérarchie numérique synchrone s'articule autour d'une trame de base : le signal STM-1 (Synchronous Transfer Module d'ordre 1). A partir du STM-1, la norme SDH prévoit la construction des trames de niveau N (STM-N) ayant des débits supérieurs. Ses débits sont illustrés dans la Figure 1.2 et représentent les débits permis (capacités standardisées) sur les liens SDH. La Figure 1.2 montre une vue simplifiée de la structure de multiplexage de la norme SDH. Les affluents sont d'abord mappés dans des zones contiguës appelées conteneurs C (Container). Chaque conteneur est identifié par son débit maximum admissible (2, 34, 140 Mbps). Ces conteneurs sont incorporés dans des conteneurs virtuels VC (Virtual Container) pourvus d'une zone d'octets de service appelée surdébit de gestion. Les conteneurs virtuels VC flottent dans des blocs d'unités d'affluents TU (Tributary Unit). La position des VC dans les TU est donnée par un pointeur placé dans les TU. Les TU sont multiplexés octet par octet dans les zones appelées groupe d'unités d'affluents TUG (Tributary Unit Group). Un TUG peut être aussi multiplexé dans un TUG supérieur (TUG-2 dans TUG-3). Les TUG sont à leur tour groupés dans un conteneur virtuel, dit d'ordre supérieur HO (High Order), VC-4. Ces conteneurs virtuels HO flottent dans des zones d'unités administratives AU (Administrative unit). Les unités administratives AU sont ensuite multiplexées dans un groupe d'unités administratives AUG (Administrative Unit Group). Chaque AUG comporte les informations de justification et d'alignement pour chaque VC qu'il contient. Ces informations (identification, alignement et justification des VC) sont disposées à un emplacement connu dans le surdébit de gestion de la trame STM.

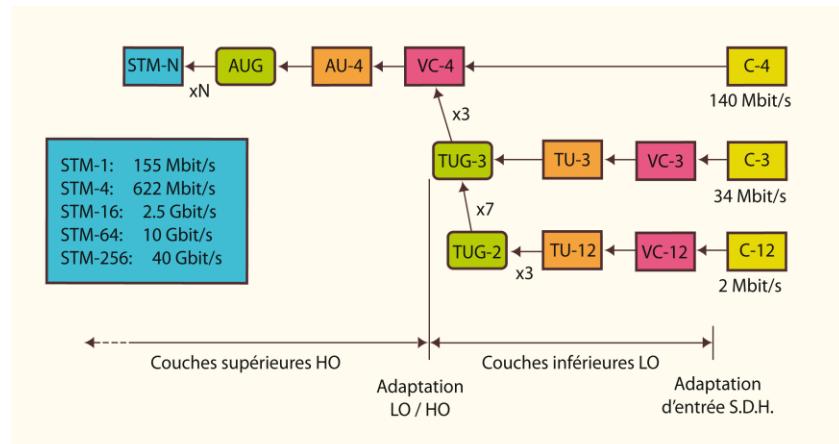


Figure n°2: Structure de multiplexage SDH.

L'objectif du multiplexage dans SDH consiste à regrouper les flux de données provenant des affluents multi-services (IP/MPLS, ATM, Ethernet, PDH...) dans des modules de transport STM avant leurs transmissions dans le réseau. Le multiplexage se fait en deux niveaux. Un premier niveau d'ordre inférieur LO (Low Order) suivi d'un deuxième niveau d'ordre supérieur HO (High Order). D'abord, les VC d'ordre inférieur (VC-12 et VC-3) sont multiplexés pour former un VC d'ordre supérieur (VC-4). Ensuite, les VC d'ordre supérieur sont multiplexées pour former la trame STM. Ces VC (LO et HO) représentent les entités de transport gérés dans un réseau SDH. La technique de pointeur permet de localiser ces entités dans les trames lors de leur acheminement dans le réseau (Yoo, 1996).

2.3. Notion de circuit VC-n

Etant donné que les VC sont les entités gérées dans un réseau SDH, la hiérarchie numérique synchrone leur associe une entité significative de gestion : c'est le conduit. En effet, un conteneur virtuel VC-n est obtenu en rajoutant un surdébit de conduit (POH pour Path OverHead) au conteneur C-n qui encapsule le trafic affluent. Ce POH permet de garder une trace du VC-n dans le réseau depuis son établissement (source) jusqu'à sa décapsulation (destination). Nous appelons ainsi circuit VC-n un conduit de bout en bout dont l'entité transportée est un conteneur virtuel VC-n. La Figure 1.3 montre un exemple de circuit (conduit) VC-n traversant deux anneaux SDH. L'établissement d'un tel circuit dans le réseau nécessite deux types de ressources :

- ✓ Ressources de transmission : elles représentent les entités de transport VC-n dans les trames STM transmises sur les fibres du réseau. Dans chaque fibre traversée, le circuit VC-n occupe une entité de transport de type VC-n,
- ✓ Ressources de brassage : elles représentent les ports de brassage (commutation) au niveau des nœuds du réseau. Dans chaque nœud traversé, le circuit VC-n est commuté entre un multiplex d'entrée (port STM d'entrée) et un multiplex de sortie (port STM de sortie), occupant ainsi des ports de brassage dans la matrice de brassage du nœud. Ces deux types de ressources seront décrits en détail dans les sections suivantes.

2.4. Les ressources de transmission

La structure de multiplexage dans les réseaux SDH, précédemment expliquée, prévoit un accès aisément aux affluents de débits différents provenant des couches supérieures (IP/MPLS, Ethernet, ATM, PDH...). Ces affluents sont transportés dans des entités VC-n granulaires en fonction de leurs débits. A titre d'exemple, un affluent PDH à 2 Mbps est d'abord encapsulé dans un conteneur C-12 qui est mappé dans un conteneur virtuel VC-12. Le VC-12 est localisé ensuite dans une trame STM grâce au pointeur qui indique l'adresse relative du VC-12 par rapport au début de la trame. La trame STM se charge enfin du transport de l'affluent dans le réseau SDH.

Cette structure facilite considérablement la gestion (insertion, extraction, brassage) des VC-n, et donc des affluents, dans le réseau. La structure de multiplexage est organisée hiérarchiquement en modules de transport ou trames STM (Synchronous Transport Module). La trame de base STM-1 est basée sur un canal de transmission permettant un débit de 155, 52 Mbps.

Chaque canal de transmission peut être structuré à partir de plusieurs combinaisons de ressources VC-n d'ordre supérieur et inférieur comme l'illustre la figure n°3.

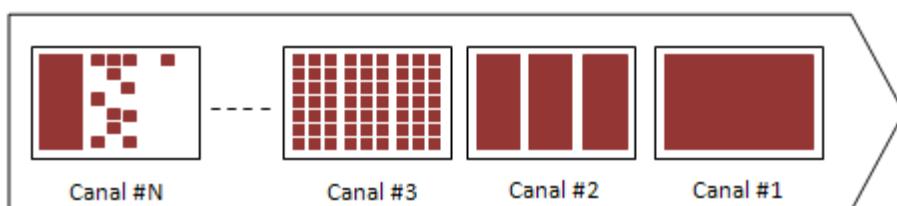


Figure n°3. Structure granulaire d'une trame STM-N.

- ✓ Un canal de transmission mappé en VC-4 contient une seule ressource de transmission VC-4 (150, 336 Mbps),
- ✓ Un canal de transmission mappé en VC-3 comporte trois ressources de transmission VC-3 (3 *48, 960 Mbps),
- ✓ Un canal de transmission mappé en VC-12 englobe 63 ressources de transmission VC-12 (63* 2, 304 Mbps),
- ✓ Un canal de transmission peut être mappé en VC-3 et VC-12 conjointement, comme le cas du canal N dans la Figure 2.4.

Lors du routage (placement) d'un circuit, que ce soit VC-4, VC-3 ou VC-12, il est intéressant de chercher à minimiser le nombre de ressources de transmission utilisées. Mais il faut aussi faire attention à la fragmentation de la bande passante comme c'est le cas dans le canal N illustré dans la Figure 1.4. A cause d'une mauvaise attribution antérieure des ressources, ce canal ne peut plus accueillir une nouvelle demande de circuit VC-3 bien qu'il y ait une capacité suffisante.

2.5. Les ressources de brassage

Outre la fonction de transmission assurée via les interfaces des fibres, les nœuds SDH (ADM et DXC) garantissent des fonctions de brassage d'ordre supérieur (brassage de VC-4) et d'ordre inférieur (brassage de VC-3 et VC-12). Le brassage permet de réarranger les affluents dans des trames STM-N, et commuter (i.e. brasser) des VC dans des multiplex d'entrée avec des VC dans des multiplex de sortie. Chaque nœud de type ADM ou DXC possède une capacité de brassage sous forme de ports de terminaison de VC-n, appelés aussi ports de brassage VC-n. Cette capacité est procurée par la/les carte(s) de brassage installée(s) dans le châssis du nœud SDH. Il existe deux niveaux de ressources de brassage :

- ✓ Les ressources de brassage d'ordre supérieur HO (High Order) représentant les ports de brassage VC-4. Les ports VC-4 peuvent aussi être mappés en VC-3 et utilisés pour brasser des circuits d'ordre inférieur VC-3,
- ✓ Les ressources de brassage d'ordre inférieur LO (Low Order) représentant les ports de brassage VC-3 et VC-12. Les ports VC-3 peuvent de même être mappés en VC-12 et utilisés pour brasser des circuits VC-12. La Figure 1.5 illustre l'organisation des différents niveaux de ports VC-n dans une carte de brassage, caractérisée par une matrice de brassage.

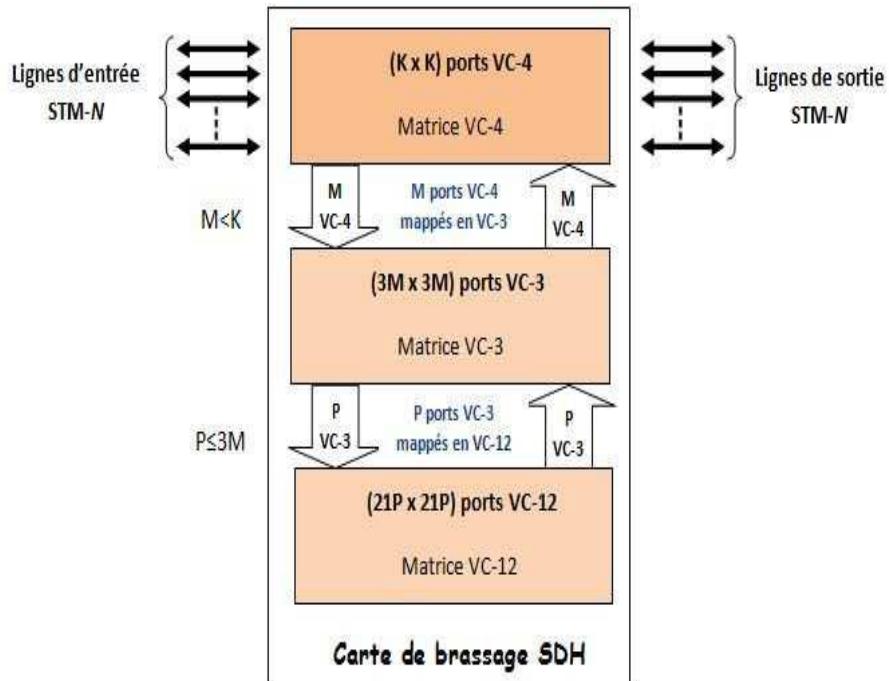


Figure n°4. Structure hiérarchique des ressources de brassage

Le routage (placement) d'un circuit VC-n requiert des ressources de brassage au niveau des nœuds traversés, y compris les nœuds d'extrémités. A titre d'exemple, brasser un VC-12 dans un nœud n'a nécessité des ports de terminaison au niveau VC-12, ainsi que des ports de terminaison aux niveaux supérieurs VC-3 et VC-4. Tout d'abord, le VC-12, provenant d'un multiplex d'entrée STM, entre par un port de terminaison VC-4. Il occupe partiellement le port VC-4 (1/63 de sa capacité) vu que 62 autres VC-12 peuvent être accueillis par le même port. Ensuite, le VC-12 passe au niveau inférieur LO de la carte de brassage (niveau VC-3) dans lequel il consomme le 1/21 d'un port de terminaison d'entrée VC-3. Ce port peut accueillir 20 autres circuits VC-12. Le VC-12 pénètre finalement dans le dernier niveau LO à travers un port de terminaison d'entrée VC-12, et est commuté vers un port de terminaison de sortie VC-12. Le VC-12 est enfin dirigé vers un port de terminaison de sortie VC-3, puis vers le niveau HO où il sort par un port de terminaison VC-4 et prend sa place dans un multiplex de sortie STM. La Figure 1.6 illustre cet exemple de brassage de circuit VC-12. Les ressources occupées au final sont 2 ports de terminaison VC-12, 2*1/21 ports de terminaison VC-3 et 2*1/63 ports de terminaison VC-4.

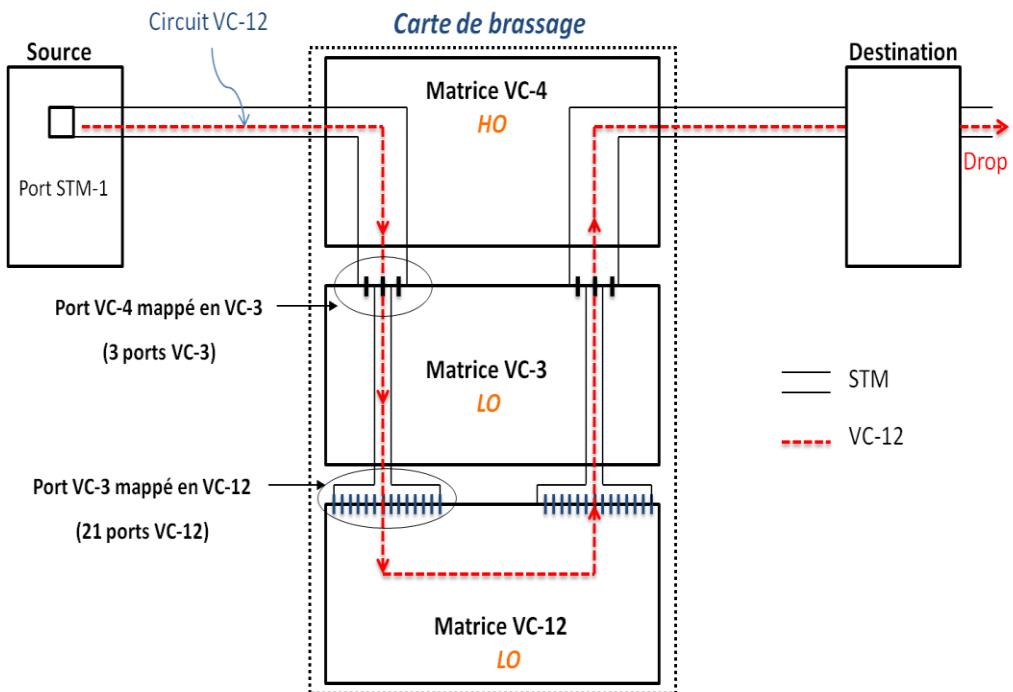


Figure n°5. Exemple de brassage d'un circuit VC-12 dans un nœud intermédiaire.

Comme nous l'avons précisé précédemment, le brassage des circuits VC-n est assuré par les cartes de brassage installées dans les nœuds SDH (DXC ou ADM). Le coût de ces cartes est important et les ressources de brassage sont considérées comme critiques dans les réseaux SDH opérationnels. A titre d'exemple, le coût d'achat d'une carte de brassage Cisco de type 15454-XC-VXC-10G [23], ayant une capacité de 10 Gbps seulement, peut atteindre 6500 dollars (hors coût d'installation/configuration et coût de maintenance). Pour les opérateurs gérant des réseaux nationaux composés de plusieurs dizaines de nœuds, ce coût d'investissement devient très important, sachant que pour chaque carte de brassage actif, dite "working", est généralement associé une deuxième carte de brassage, dite de protection.

Il est alors intéressant de prendre en compte la rareté de ces ressources de brassage lors du routage des circuits.

2.6. La technologie WDM

Les réseaux de transport optiques sont composés de nœuds interconnectés par des fibres optiques. Les nœuds assurent les fonctionnalités de multiplexage/d/démultiplexage, émission, réception et brassage des flux de trafic. Les fibres optiques permettent le transport des flux entre les nœuds d'interconnexion sous forme d'un signal optique. Les réseaux SDH n'envoient qu'un seul canal optique, transportant la trame STM-N, sur chaque fibre. Cela oblige parfois à multiplier les fibres entre deux nœuds pour obtenir la capacité nécessaire au transport de nouvelles demandes. Le progrès technologique a permis l'émergence de la technique de multiplexage en longueur d'onde (Wavelength Division Multiplexing ou WDM), qui permet de combiner plusieurs canaux sur le même signal optique, chaque canal utilisant une longueur d'onde différente. La bande passante disponible dans une fibre peut être alors considérablement étendue : chaque longueur d'onde permet un débit de plusieurs Gbps et des dizaines de longueurs d'onde sont utilisables. Cette évolution permet d'exploiter une plus large bande passante de la fibre optique que celle qu'utilise un seul émetteur optique dans le cas de SDH.

2.6.1. Principe de multiplexage en longueur d'onde

Le multiplexage en longueur d'onde consiste à juxtaposer plusieurs signaux de longueurs d'onde différentes sur la même fibre optique. Afin de mettre en œuvre cette technique, un système WDM utilise deux terminaux interconnectés par une liaison optique. Le premier terminal est un multiplexeur et le second terminal est un démultiplexeur. La Figure 2.7 illustre le modèle d'une liaison WDM entre deux terminaux.

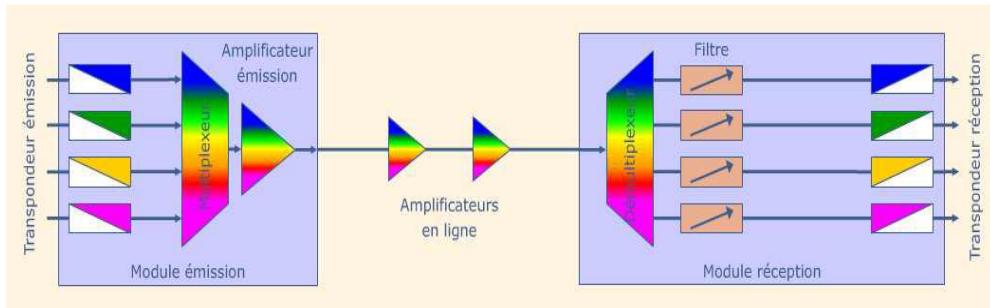


Figure n°6. Modèle d'une liaison WDM.

Le multiplexeur a un double rôle. Il s'agit d'abord de changer les longueurs d'onde des signaux entrants en utilisant des transpondeurs, et ensuite les multiplexer sur un seul support physique.

Lorsque des signaux clients arrivent au niveau du multiplexeur, il est possible qu'ils aient la même longueur d'onde, même s'ils proviennent d'émetteurs différents (c'est le cas de SDH où tous les signaux sont envoyés sur une seule longueur d'onde de 1300 nm ou 1550 nm).

Etant donné qu'il est inacceptable de transmettre deux fois la même longueur d'onde sur un même lien optique au risque d'interférence, c'est le transpondeur qui se charge du changement des longueurs d'onde. Les transpondeurs constituent les interfaces d'émission et de réception des signaux optiques dans un système WDM. Leur fonction consiste à transformer un signal client (SDH, PDH, Ethernet...) en un signal optique associé à une longueur d'onde WDM. Une fois les signaux optiques définis, ils seront multiplexés sur un signal WDM qui est transmis sur le support physique. Ce signal peut subir des amplifications et régénérations pour faire face aux atténuations possibles tout au long de la liaison optique. À la réception, le démultiplexeur agit comme plusieurs filtres dans des zones de longueurs d'onde données.

En connaissant les longueurs d'onde circulant dans le support optique, le démultiplexeur peut donc retrouver l'intégralité des signaux qui ont été multiplexés au départ. Des transformations de longueurs d'onde sont ainsi réalisées, grâce aux transpondeurs, pour récupérer les signaux clients originaux (signaux SDH par exemple). L'avantage du multiplexage en longueur d'onde est qu'il n'est pas dépendant de la vitesse limitée des équipements électroniques. Par contre, le nombre de longueurs d'onde qu'une fibre peut transporter est borné même s'il a augmenté avec l'apparition des systèmes DWDM (jusqu'à 80 longueurs d'onde) et UDWDM (jusqu'à 160 longueurs d'onde). Nous signalons aussi qu'en théorie, une fibre peut être parcourue par un signal dans les deux sens. Cependant, les fibres déployées en pratique sont généralement unidirectionnelles pour des raisons technologiques au niveau des nœuds WDM.

2.6.2. Les composants d'un réseau WDM

Comme dans les réseaux SDH, la technologie WDM définit trois types de nœuds optiques qui peuvent être déployés dans un réseau de transport optique :

- ✓ Les multiplexeurs terminaux optiques (Optical Terminal Multiplexer ou OTM): ce sont les équipements de base pour la conception d'un système WDM. Installés aux extrémités des fibres optiques, ils permettent de rassembler/dissocier les différentes longueurs d'onde. Les OTMs sont utilisés à l'entrée du réseau WDM où ils assurent l'accès pour les signaux provenant des autres réseaux clients tel que SDH, Ethernet, IP/MPLS, DSL, etc.,
- ✓ Les multiplexeurs à insertion/extraction optique (Optical Add Drop Multiplexer ou OADM): ces équipements sont utilisés pour insérer ('à l'origine) et extraire ('à la destination) une ou plusieurs longueurs d'onde sur une liaison WDM acheminant une pluralité de canaux optiques ayant des longueurs d'onde différentes. Les OADMs sont principalement conçus pour la construction d'anneaux et sont utilisés dans les réseaux d'accès et m' métropolitains,
- ✓ Les brasseurs optiques (Optical Cross Connect ou OXC) : ces équipements assurent la fonction de brassage dans les réseaux optiques WDM. Lorsque dans un nœud les longueurs d'onde provenant d'une fibre sont démultiplexées, l'OXC permet de remplacer une ou plusieurs de ces longueurs d'onde par d'autres, issues d'une autre fibre, avant de les multiplexer vers une fibre sortante du nœud. Nous parlons alors de brassage de longueurs d'onde puisqu'à partir de plusieurs canaux optiques (longueurs d'onde) entrants dans le nœud, nous pouvons échanger ces canaux pour une nouvelle répartition de sortie. Les OXCs sont utilisés principalement dans les réseaux cœur WDM.

Les nœuds WDM peut être déployés dans les réseaux de transport optiques selon plusieurs topologies.

En pratique, la topologie maillée est surtout utilisée pour les réseaux de cœur étant donné qu'elle garantit une meilleure stabilité du réseau en cas de panne des nœuds. La topologie en anneaux est principalement utilisée dans les réseaux m' métropolitains et d'accès. Similairement à SDH, la technologie WDM d'définit des mécanismes d'autocicatrisation d'anneaux tels que OCh-DPRING (Optical Channel-Dedicated Protection Ring) et OMS-SPRING (Optical Multiplex Section-Shared Protection Ring), qui assurent un rétablissement rapide des longueurs d'onde défaillantes en cas de pannes.

III. Proposition de redondance backbone à fibre optique de la SCPT

3.1. Architecture du réseau

La topologie qui sera utilisée pour le cas d'espèce est le réseau en chaîne dont les deux extrémités seront Kinshasa et Moanda via d'autres noeuds tout au long du parcours de la voie routière allant de Kinshasa, Kasangulu, Kisantu, Mbanza-ngungu, Kimpese, songololo, Matadi, Boma et Moanda comme indiqué dans la carte ci-dessous (Figure n°7) suivant l'itinéraire de la route nationale n°1.

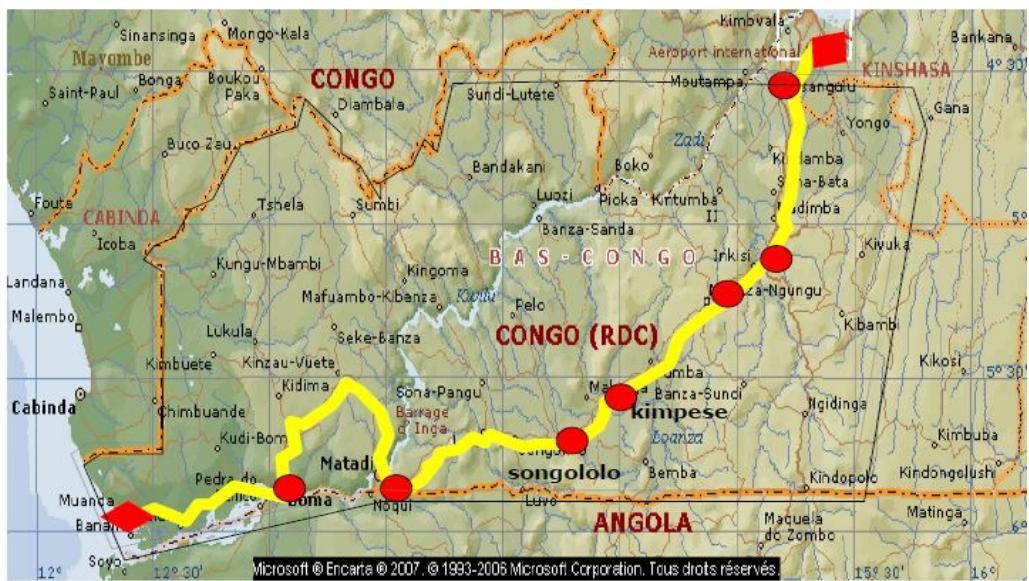


Figure n°7.
Parcours du câble de la fibre optique
Le Schéma

synoptique du parcours et distance entre différents nœuds sont représentés sur la figure n°8.



Figure n°8. Parcours et distance entre différents nœuds

3.2. Tronçons initiaux de backbone

Le parcours du Backbone Phase I Kinshasa - Muanda est la partie de la redondance. Ici, il faut utiliser toujours les mêmes stations, mais des parcours différents, c'est-à-dire, il faut emprunter la voie maritime et fluviale de Moanda- Banana (20 km), Banana-Boma (75km), Boma-Matadi (45km) et Matadi-Kinshasa (370km) sur la voie ferrée. Nous signalons par la même occasion qu'il faut prendre en charge toutes les 34 stations (gares) de la Société Commerciale des Transports et des Ports (ex ONATRA) situées le long de la voie ferrée. Donc la distance totale de routing entre Kinshasa et Moanda est de 510 Kilomètres.

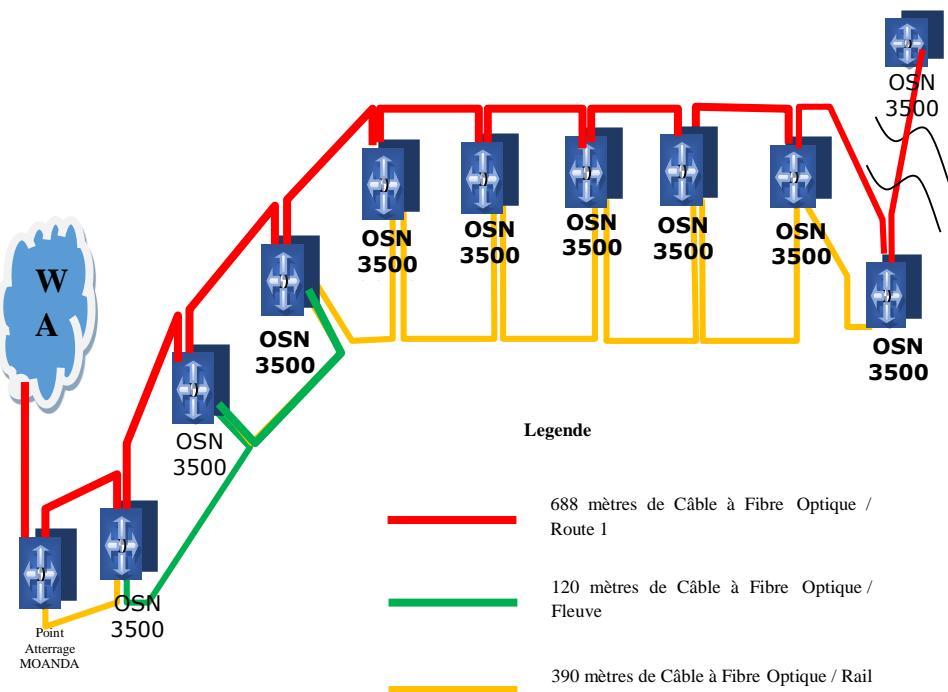


Figure n°9. Diagramme de redondance de la fibre optique Kinshasa-Moanda

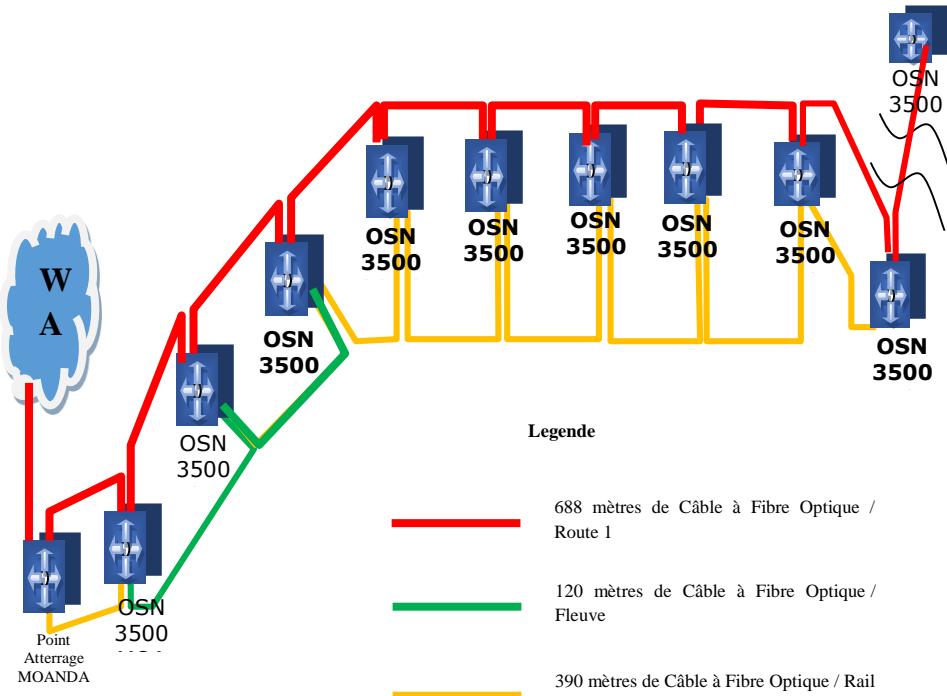


Figure n°9. Diagramme de redondance de la fibre optique Kinshasa-Moanda avec villes/cités backbone

IV. Conclusion

Dans cet article nous avons soulevé le problème de la redondance de manière à permettre à l'Etat Congolais particulièrement à travers la Société Congolaise des Postes et Télécommunications qui est censé d'organiser le réseau de transport d'être à l'abri des toutes les éventualités de multiples coupures aux conséquences nuisibles.

Etant donné que le secteur de télécommunication est parmi le secteur qui peut donner à l'Etat congolais beaucoup de capitaux, nous avons proposé une possibilité d'établir une ligne de redondance entre Kinshasa et Moanda.

Références bibliographiques

- [1] Bouyer, G. (1997). *Les réseaux synchrones étendus PDH et SDH*. Paris: Hermès.
- [2] Chen, B. & Wang, J. (2002). Efficient routing and wavelength assignment for multicast in wdm networks. *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, 20(1), 97–109.
- [3] Yoo, S.B. (1996). Wavelength conversion technologies for wdm network applications. *Journal of Lightwave Technology*, 14(6), 955–966, 1996.

KENGUNI DJEN-MI

Assistant à l'Institut Supérieur des Techniques Appliquées de Kasangulu, province du Kongo-Central, République démocratique du Congo.