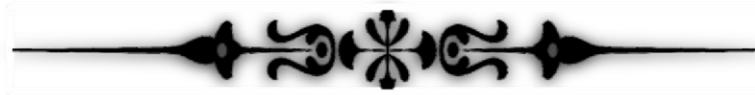


REPUBLIQUE DEMOCRATIQUE DU CONGO

INSTITUT UNIVERSITAIRE MARIA MALKIA

Département des Sciences Informatiques

LUBUMBASHI



**IMPLEMENTATION D'UN CENTRE DE GESTION DE
LA DISTRIBUTION DE LA BANDE PASSANTE DE LA
FIBRE OPTIQUE A LUBUMBASHI**

Par **LONGO YUMBA Magloire**

Travail présenté et défendu en vue
d'obtention du Grade d'Ingénieur Technicien
en Informatique

Tel : [REDACTED] 6

E-mail : longo.yumba@gmail.com

Option : Technologie et Réseaux.

Directeur : M. NGOIE BULANDA Sébastien

ANNEE ACADEMIQUE 2013- 2014

II~

~

DEDICACE

A vous mes neveux et nièces : Blessing AMISI, Eliel MWASI, Joy KABONGO, Oren BUMI, Darly AMISI, Acacia MANENE, Youhanita LONGO, Gift AMISI et Anaïs MWASI.

A vous mes cousins et cousines : Paul KABILA, Izi KABILA, Judith KABILA, Thérèse KABILA et Ketia KIBALA.

A vous mes très chers amis : Gloire KHUNDUNDA, Sarah NFUND MUKAZ, Guy KISAMANDO, Yann MUSUL, Rina PUNGU, Isaac NKUNDA et Safia HAMADI.

A tous ceux et celles qui voudrons bien nous prendre en modèle pour une meilleure évolution dans leurs études.

Je dédie ce travail

LONGO YUMBA Magloire

~

REMERCIEMENTS

A toi Eternel mon DIEU, pour ta grâce et ta paix sur ma vie.

A ma mère MWASI LONGO Justine pour l'amour et le sacrifice consentis pour que j'arrive jusqu'à ce stade.

A mes chers grand frère et sœurs : Laurent AMISI MATANDIKO, Richard KIMPAY KALEM, Paul KABONGO KILUNDU, Eunice LONGO ASSUMINI, Lydie KANDA WA MUKENDI, Iris TSHALA WA MUKENDI, Franck MUKENDI WA MUKENDI et Alène NGOIE MUKEMWENDO pour le soutien spirituel, matériel et moral. La réalisation de cette œuvre trouve son fondement sur vos multiples conseils et encouragement.

A mes oncles : Floribert KONGOLO et Jonathan KALUMBA pour le soutien spirituel et matériel accordés à ma personne.

A la famille du pasteur Guy AMANI pour le soutien spirituel et moral.

A mes Chers Frères : Patty TOKO, Jordan MWELA et Valentin BOKALANGANYA pour le soutien spirituel et moral.

A vous mes très chers amis : Igor TSHIYAZ, Régine MULENDA, Rafael KACHEZ MBAL, Chanelle WATSHIKA, Elisée KALENDA, jean KAPANDE et Mirland BINENE.

A tous nos collègues de promotion ainsi qu'à ceux-là qui nous ont prêtés leurs mots, ceux qui nous ont réservés une place dans leur cœur et dans leur vie afin de nous apporter leur soutien.

A Tous nous disons Merci.

LONGO YUMBA Magloire

AVANT PROPOS

Au terme de notre formation à l'Institut Universitaire Maria Malkia, nous tenons à remercier tous ceux qui de loin ou de près ont contribué à notre formation.

Nos remerciements s'adressent particulièrement à Monsieur NGOIE BULANDA Sébastien pour avoir assumé en toute disponibilité et parfait encadrement la Direction de ce Travail.

Nos remerciements s'adressent également :

A tout le corps académique de l'Institut Universitaire Maria Malkia pour le cadre et le programme mis à notre porté pour notre formation.

A tous les professeurs pour l'enseignement de qualité dont nous avons bénéficié de leur part, qu'ils puissent trouver ici les mots qui expriment notre gratitude.

A L'ingénieur Daël TUMBWE ainsi qu'au révérend Abbé Isaac KAMIBA de nous avoir laissé profiter des connaissances scientifiques qu'ils portent en eux et plus encore de nous inciter au travail.

INTRODUCTION

Depuis bien de temps, l'homme est la recherche de l'information avec comme but de la posséder et de la diffuser.

Parmi ses obstacles se trouve les moyens utilisés pour parvenir à être parmi les premiers à posséder l'information et à la diffuser.

Cette motivation vient se présenter comme un défi pour l'homme parce qu'il se trouve en train de manipuler certaines données volumineux qui le ralentisse par leur traitement, acquisition et même leurs diffusion. Pour palier à cela, l'homme devrait tenir compte du moyen qu'il utilise pour le transfert de l'information tout en s'assurant de bien administrer le moyen qui sera utilisé.

De nos jours, la réalisation des réseaux tendent à être fondés uniquement sur l'optique qui était auparavant utilisé pour le transfert des données entre agglomérations à cause de son débit élevé.

L'utilisation de la fibre optique jusqu'aux entités devrait cependant permettre de répondre aux besoins croissants en débits et services des différentes entreprises. La diversité des entreprises réside par le simple fait que chacune d'elle a une particularité des données traitées, d'où aucune nécessité d'avoir une même bande passante.

Trouver la solution à ce genre de problème peut faire objet d'une thèse, d'un mémoire, d'un travail de fin d'étude ou d'un travail de fin de cycle.

C'est sur ce dernier que nous réalisons cette œuvre qui devra marquer un terme à notre cycle de graduat passer à l'Institut Universitaire Maria Malkia (IUMM) dans l'option Informatique, Filière Technologie et Réseaux qui consistera à mettre en place « Un centre de contrôle de distribution de la bande passante de la fibre optique .»

L'attribution de la bande passante devra se faire précisément en rapport avec les données qui doivent être traitées, transmises ou stocker sur le réseau.

1. CHOIX ET INTERET

Dans le cadre d'un travail scientifique, il est indispensable de choisir un sujet qui s'inscrit dans l'optique de l'intégralité de la formation reçue durant tout le parcours académique et comme nous avons appris que les entreprises locaux devraient se connecter à la fibre optique après son implémentation et qu'il est sans ignorer que toutes les entreprises ne traitent pas les même données, donc n'auront pas besoin d'une même bande passante. Ainsi, notre travail a pour objet d'étude « L'Installation d'un site de contrôle de la distribution de la bande passante de la fibre optique ».

Ce sujet présente sur le plan communautaire un centre qui permettra de distribuer la bande passante de la fibre optique aux entreprises en tenant compte des données traitées, transmises et stocker.

Sur le plan développement personnel, comme toute recherche scientifique, ce travail nous permettra d'acquérir des nouvelles connaissances sur la gestion de la bande passante d'une fibre optique dans une ville.

Sur le plan technique et technologique, ce sujet apportera un plus sur notre connaissance sur les notions de technologie du haut débit, mais en plus de cela une technique d'administration de ce dit réseau telle que la distribution de la bande passante d'un réseau en haut débit.

2. ETAT DE LA QUETION

Etant donné que ce sujet n'est pas le premier à traiter sur le support de transmission du type fibre optique et que toute œuvre même pour un débutant doit faire objet de sincérité et d'honnêteté, nous devons de ce fait rendre compte de l'existence de ceux qui ont été développé avant le nôtre :

- Etude sur l'impact de la transmission optique dans un réseau multiservices "cas de RNIS" par Ronsard MBUMBA MAYEMBA, Ecole Supérieure des Métiers d'Informatiques et de Commerce "ESMICOM", 2009 : L'étude était de comprendre pourquoi et comment la fibre optique est le support le mieux adapté pour la transmission des données dans les réseaux multiservices haut débit à l'instar du RNIS et le pourquoi de la migration bande étroite vers large bande du Numeris.

- Etude de la mise en place d'un réseau optique de télé-chirurgie, par MABILO MULO, Ecole Supérieure d'Informatique Salama (ESIS), 2013 :l'étude a été faite sur la fibre optique dans le but de comprendre pourquoi elle est désignée comme étant un support fiable permettant l'intégration des services différent permettant l'obtention d'un réseau de communication haut débit et temps réel.

Pour notre part nous nous allons nous basés sur la gestion de la bande passante de la fibre optique dans l'idée d'implémenter un centre qui nous permettra de déterminer la bande passante des réseaux à haut débit par rapport a la demande réel des entreprises.

3. PROBLEMATIQUE ET HYPOTHESE

a. Problématique

Dans le développement des entreprises, les données qui pouvaient facilement être transmise dans le temps, se trouve ici dans une congestion due aux services qui s'ajoutent. Cela crée une lenteur dans le transfert et la lourdeur du réseau, d'où la nécessité d'utilisé un support de transmission qui offre une grande bande passante et une bonne vitesse de transmission. Cette problématique engendre quelques questions qui nous éclairerons d'avantages :

1. Tous les problèmes relatifs aux qualités de services des utilisateurs seraient résolus avec l'implémentation de la fibre ?
2. Que pourraient être la cartographie des points de réceptions par rapport aux points d'émissions ?
3. Comment les entreprises seront gérer après leurs connections ?

b. Hypothèse

La nécessité d'implémenter un centre de gestion ou de contrôle de la distribution de la bande passante relatif aux besoins des utilisateurs permettra de ne pas gaspiller la bande passante et de bien administrer le temps d'établissement et interception de la liaison.

4. METHODES ET TECHNIQUES

1. METHODES

La méthode est par définition un ensemble ordonné de manière logique de principes, de règles, d'étapes permettant de parvenir à un résultat.¹

Partant de cette définition, nous avons utilisé la méthode inductodéductive qui comprend l'induction qui est un processus qui part du particulier au générale et la déduction qui consiste a partir du générale vers le particulier ; mais aussi nous avons utilisé la méthode analytique qui consiste à faire une déduction a partir de l'observation et l'expérience.

2. TECHNIQUES

Pour ce qui est de la technique, nous avons utilisé la technique documentaire qui nous a aidés à récolter les données nécessaires à l'élaboration du présent travail ainsi que l'observation qui consiste à faire une observation des faits pour en déceler une préoccupation ou une solution.

5. DELIMITATION DU SUJET

Tout travail scientifique devant avoir une délimitation dans le temps et dans l'espace, notre travail s'étend dans le temps sur l'année académique 2013-2014 dans l'espace notre travail s'étend sur la ville de Lubumbashi et plus précisément dans l'axe Sud-ouest de cette ville.

6. SUBDIVISION DU TRAVAIL

Hors mis l'introduction, notre travail comportera quatre chapitre :

- CHAPITRE I : GENERALITES SUR LA FIBRE OPTIQUE
- CHAPITRE II : CADRE D'ETUDE
- CHAPITRE III : LES RESEAUX FTTH SUR LA VILLE DE LUBUMBASHI

¹ Dictionnaire le Larousse illustré.

- CHAPITRE IV : IMPLEMENTATION DE LA SOLUTION AVEC MIKROTIK
ROUTEUR OS

CHAPITRE I : GENERALITES SUR LA FIBRE OPTIQUE

I.1 DEFINITION DES CONCEPTS

1. Implémentation : c'est l'action de réaliser la phase finale d'élaboration d'un système qui permet aux matériels, aux logiciels et aux procédures d'entrer en fonction sur une plate-forme,
2. Centre : emplacement situé au bon milieu,
3. Distribution : la distribution c'est une répartition de quelque chose entre les entités,
4. Bande passante : c'est la quantité d'information que l'on peut transmettre sur une ligne de réseaux,
5. Fibre optique : c'est un très mince fil de verre et très fragile permettant de transporter de l'information sous la forme d'impulsions lumineuses. Le principal inconvénient de la fibre optique est son coût. Son principal intérêt est de ne pas être sensible aux interférences électromagnétiques.²

I. 2. THEORIE SUR LA FIBRE OPTIQUE:

La fibre optique est un fil de ver très fin, recouvert d'une gaine protectrice, utilisé pour transmettre les informations sous la forme d'un faisceau lumineux³.

La fibre optique est un fil de verre ou de plastique fin, qui conduit de la lumière. Le signal lumineux injecté dans la fibre est capable de transporter de grandes quantités de données à la vitesse de la lumière sur plusieurs centaines, voire même des milliers de kilomètres.

² Roland Trique, Jargon informatique, dictionnaire libre, 2006.

³ Idem

I.2.1. Apport de la fibre optique :

La technologie de la fibre optique est déjà utilisée depuis plus de vingt ans notamment pour le transport de données entre les grandes agglomérations. Son extension jusqu'aux logements va permettre de répondre aux besoins croissants de la population et des entreprises.

A travers le monde, le déploiement de réseaux à très hauts débits se développe de manière importante. Différentes technologies permettent la diffusion des données à des très hauts débits, mais toutes ne sont pas utilisables dans le contexte d'un déploiement à l'échelon d'une agglomération, d'un département ou d'une région. La fibre optique est le seul support de transmission qui puisse répondre à ces exigences.

C'est un support qui est utilisé depuis de nombreuses années pour les liaisons à très longues distances (liaisons nationales mais aussi intercontinentales) pour dire qu'il n'est pas nouveau ; Ce qui est nouveau, c'est son application dans des réseaux jusqu'au domicile même des abonnés.

En verre ou en dérivé plastique, du diamètre d'un cheveu, la fibre optique permet le transport de données numériques à la vitesse de la lumière soit 300 000 km/s.⁴ Le principe de fonctionnement est simple : Il faut juste ajouter deux étages transducteurs (les équipements destinés à convertir les signaux), l'un au départ, pour assurer la conversion électricité /lumière ; l'autre, à l'arrivée pour la conversion inverse. Dans le premier cas, il s'agit d'une diode laser ; dans le second, d'une photo diode et les rayons lumineux se propageant par réflexions sans pertes à l'intérieur de la fibre.

I.2.2. Les différents types de Fibre optique et leurs caractéristiques

La fibre optique est de plus en plus utilisée grâce à ses propriétés exceptionnelles ; particulièrement une bande passante très élevée et une

⁴ Philippe GASSER, « Maison des Sciences de l'Homme Paris Nord », in THD plate-forme, p.

atténuation très faible. Elle offre un débit d'informations nettement supérieur à celui des cuivres et supporte un réseau « large bande » par lequel

4

peuvent transiter aussi bien la télévision, la téléphonie, la visioconférence ou les données informatiques.

On peut les classer en gros, en deux catégories : les fibres monomodes et les fibres multi modes mais concernant notre travail nous nous sommes plus focaliser sur la fibre monomode.

1. Fibres optique multi modes

Dans la fibre multi mode, les rayons lumineux peuvent suivre des trajets différents suivant l'angle de réfraction. Les rayons peuvent donc arriver au bout de la ligne à des instants différents, avec une certaine dispersion du signal. Elles ont pour émetteur une diode *électroluminescente* et des performances d'environ *un gigabit/km*. La fibre multi mode est généralement utilisée pour de courtes distances de l'ordre de centaine de mètres elle est la plus employée pour les réseaux privés.

2. Fibres optique monomodes :

Dans celle-ci, les rayons suivent un seul chemin. Une fibre monomode à un noyau fin de l'ordre de la longueur d'onde du signal transmis que le chemin de propagation des différents modes est pratiquement directe. La dispersion du signal est quasiment nulle, le signal est donc très peu déformé. Ses performances sont d'environ 100 gigabits/km, l'indice de réfraction peut être constant ou décroissant. Le petit diamètre du noyau nécessite une grande puissance d'émission, donc des diodes laser qui sont relativement coûteux, ce qui rend la fibre monomode plus chère que la fibre multi mode. Les fibres commercialisées aujourd'hui offrent des centaines de canaux optiques allant de 2,5 à 40 Gbit/s. Les débits atteints avec de tels systèmes sont de l'ordre de centaines de Gigabits/s et même de l'ordre de plusieurs Tbit/s. Dans la nomenclature SONET, on utilise l'unité de bande de base OC-1 qui correspond à 51,84 Mbit/s. Du fait de ses débits très importants, mais de son coût élevé,

cette fibre est utilisée essentiellement pour relier des sites séparés par de grandes distances. La fibre monomode peut présenter une très grande bande passante, mais elle n'est pas supérieure en tous points aux autres fibres. Les raccordements, par exemple, sont plus difficiles car le rayon du cœur n'est que de quelques micromètres.

L'indice de réfraction du cœur de ces fibres optiques est à peu près 1,5 et la différence d'indice relative entre cœur et gaine se situe normalement entre 0.5 et 1%.

Le tableau 1 montre les différents types de fibres optiques.

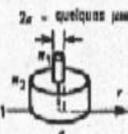
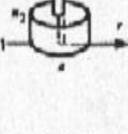
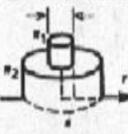
| Structure de la fibre | Répartition d'indice de réfraction | Matériau | Perte de transmission, dB/km | | | |
|---------------------------------|---|---|------------------------------|--------------------|-------------------|-------------------|
| | | | 0,85 μm | 1,05 μm | 1,3 μm | 1,5 μm |
| Monomode |  | Cœur : verre à la silice Gaine : verre à la silice | 2 | 1 | 0,5 | 0,2 |
| Fibre multimode à saut d'indice |  | Cœur : verre à la silice Gaine : verre à la silice | 2 | 1 | 0,5 | 0,2 |
| | | Cœur : verre à la silice Gaine : plastique | 2,5 | 1,5 | | |
| à gradient d'indice |  | Cœur : verre à composants multiples Gaine : verre à composants multiples | 3,4 | 6 | élevé | élevé |
| | | Cœur : verre à la silice Gaine : verre à composants multiples | 2 | 1 | 0,5 | 0,2 |

Tableau 1 types de fibre optique

I.3. TECHNOLOGIE DE DEPLOIEMENT DES RESEAUX HAUT DEBIT

- ✓ L'ADSL: Asymmetrical Digital Subscriber Line. Découle de l'xDSL. Dans cette variante, on reçoit beaucoup plus d'information qu'on ne peut en envoyer; l'ADSL est idéal pour la navigation sur internet à la maison ;

- ✓ Le FTTH (Fiber To The Home) en français cela dit Fibre jusqu'à domicile, le déploiement de la fibre optique jusque chez l'abonnée, et

de cela découle le FTTB (Fiber To The Building), FTTC (Fiber To The Cuivre), FTTU (Fiber To The User), FTTD (Fiber To The Desktop).

| Type de fichier | Taille Moyene | FTTH | | ADSL | |
|---|---------------|----------------|--------------|-------------------------|---------------------|
| | | Durée Download | Durée upload | Débits Descendant 8Mbps | Débit Montant 1Mbps |
| Film en Haute Définition | 30 Go | 40 min | | >8 h | >66 h |
| Film qualité DVD | 4,8 Go | 6 min 30 s | | 1 h 20 min | >10 h |
| Film qualité DivX | 800 Mo | 1 min | | 13 min | 1 h 40 |
| 20 photos 8 Méga pixels non compressées | 480 Mo | 40 s | | 8 min | >1 h |
| 10 fichiers audios MP3 | 40 Mo | 3 s | | 40 s | 5 min |

Tableau 2. Comparaison entre l'ADSL et le FTTH

I.4. CARACTERISTIQUE DES FIBRES OPTIQUES

Les caractéristiques des fibres font l'objet de plusieurs normes internationales et les plus cités sont l'UIT et IEC. Selon le déploiement des fibres, les endroits et les distances que doivent parcourir ces fibres doivent être définies selon les normes décrites dans le tableau ci-dessous :

| Types de Fibre | Code UIT | Code IEC |
|-------------------|----------|---------------------|
| Câblage extérieur | G 652 D | IEC 60793-2-50 B1.3 |
| Câblage extérieur | G 657 A1 | IEC 60793-2-50 B6a |
| Câblage intérieur | G 657 A2 | IEC 60793-2-50 B6a |

Tableau 3 caractéristique des fibres optique

La fibre la plus couramment utiliser dans le domaine des télécommunications demeure la fibre optique G652.B et G652.D ; ce câble est généralement utiliser dans la partie transport et s'attenuent à 1310 nm et 1550 nm 0,35DB/km et 0,22DB/km.

I.5. CODIFICATION COULEUR DES FIBRES OPTIQUE

Plus souvent les fibres placées dans des tubes pour leur déploiement ; ainsi elles sont différencier pour permettre aux installateurs d'identifier facilement les fibres aux 2 extrémités de la liaison. Elles doivent répondre aux normes de l'IEC 60304. Nous représentons un tableau de codification de fibre selon chaque fabricant de la fibre :

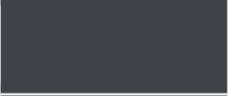
| Rang | Code Fotag | | Code FT | | Code SFR | |
|------|---|-----------|---|-----------|---|-----------|
| 1 |  | Bleu |  | Rouge |  | bleu |
| 2 |  | Orange |  | bleu |  | orange |
| 3 |  | vert |  | vert |  | vert |
| 4 |  | marron |  | jaune |  | marron |
| 5 |  | gris |  | violet |  | gris |
| 6 |  | blanc | | blanc |  | jaune |
| 7 |  | rouge |  | orange |  | rouge |
| 8 | | noir |  | gris |  | violet |
| 9 |  | jaune |  | marron |  | blanc |
| 10 |  | violet | | noir |  | noir |
| 11 |  | rose |  | turquoise |  | rose |
| 12 |  | turquoise |  | rose |  | turquoise |

Tableau 4 code couleur fibre optique

I.6. LES RESEAUX OPTIQUES

Dans ce point nous parlons plus des architectures et des

technologies utilisés pour le déploiement d'un réseau de la fibre optique sur une ville ainsi que les services qui pourraient être offerts en utilisant la fibre optique.

I.6.1. Définition :

Un réseau optique par définition est une architecture permettant l'interconnexion de plusieurs équipements dans le but de partager des données ou les ressources et cela grâce à un support de transmission optique qui fait circuler l'information sous forme d'impulsion lumineuse. Le media utilisé est généralement la fibre optique.

Une liaison par fibres optiques nécessite trois types de composants : une interface optique d'émission (IOE), une interface optique de réception (IOR) et des répéteurs. L'IOE transforme le signal électrique de départ en signal optique ; il s'agit essentiellement d'une diode électroluminescente (DEL) ou d'une diode laser. L'IOR, qui contient une photodiode, transforme le signal optique à la sortie du système en signal électrique.

Le réseau optique qui est plus souvent connu sous le nom de OTN (Optical Transport Network) est une architecture définie par la Recommandation 872 de l'UIT-T (Union Internationale des Télécommunications - standardisation des Télécommunications. L'UIT-T est le remplaçant du **CCITT**. Il dépend des Nations Unies.)⁵ Les signaux à haut débit des utilisateurs conservent leur protocole d'origine (vidéo, SDH, Ethernet, etc.) Ils sont associés à des en-têtes propres et des drapeaux de contrôle d'erreur FEC au sein de conteneurs dits "flexibles" (wrappeurs). Cette nouvelle couche réseau, enrichie l'information d'exploitation et la maintenance; elle permet de construire des réseaux urbains pour la vidéo et des liaisons Ethernet à longue distance dans un même réseau.

Voici une représentation d'un réseau optique :

⁵ Roland Trique, Jargon informatique, dictionnaire libre, 2006.

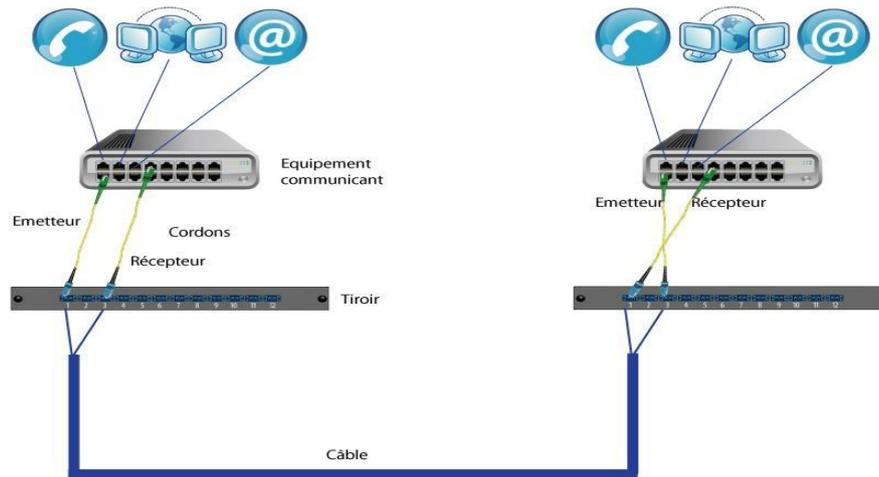


Figure1 : réseaux optique

I.6.2. Architecture des réseaux optiques

Pour la mise en place d'un réseau optique, une architecture a été développée qui est le FTTH (Fiber To The Home) auquel en découle plusieurs autres architectures telles que : le FTTB qui se traduit par : (Fiber To The Building) qui est une architecture qui consiste à tirer la fibre jusqu'à un bâtiment ou building, le FTTC (Fiber To The Circuit): dans cette architecture, la fibre est tirée jusqu'à un point où elle sera couplée au câble en cuivre et enfin le FTTX (Fiber To The X): le X qui veut juste dire que la fibre est amenée à n'importe quel point du globe.

On distingue les solutions point-à-multipoint (**P2M**) et point à-point (**P2P**) :

1. Dans le premier cas, c'est à dire le point à multipoint ; un réseau est optimisé pour desservir plusieurs utilisateurs, les fibres optiques ne leur étant pas dédiées ;
2. Dans le deuxième cas, c'est à dire le point à point ; chaque utilisateur se voit attribuer une fibre optique dédiée de bout en bout.

Ensuite, une autre distinction majeure réside dans l'architecture elle-même qui peut être passive ou active.

Certains réseaux FTTH en point-à-point sont des réseaux dits

actifs car ils nécessitent la mise en place de Switch Ethernet intermédiaires. On parle alors d'AON (Active Optical Network) ou d'Active Ethernet.

Les solutions passives quant à elles, également baptisées PON (Passive Optical Network), sont plus récentes : les équipements intermédiaires entre le central office et l'utilisateur sont des équipements optiques ne nécessitant pas d'alimentation électrique et sont donc considérés comme passifs on parle ainsi des Coupleurs.

1. Les réseaux PON

Les réseaux PON sont donc des solutions point-à multipoint, basées sur les standards définis par l'UIT (UIT-T G.983 & 984 pour le BPON et le GPON) et l'IEEE (802.3ah pour l'EPON).

Ces réseaux sont déployés selon une topologie en arbre ou en double étoile.

1. a. APON (ATM-PON) : le premier standard

Cette technologie a été la première standardisée. Elle repose sur l'utilisation d'une transmission de type ATM, et est utilisée pour les applications en entreprise.

L'APON a été développé à travers l'initiative FSAN (Full Service Access Network) de 20 opérateurs historiques, lancée en 1995. Compte tenu des déploiements majeurs déjà réalisés dans les réseaux ATM, APON a été développé et standardisé le premier par l'UIT.

Le standard visait d'abord les applications résidentielles, et sa première version n'incluait pas la vidéo. Son usage a été en fait le plus fréquent dans les applications en entreprise.

1. b. BPON Broadband PON

Cette technologie est disponible depuis 1998, c'est aussi une technologie APON modifiée pour permettre la diffusion de la vidéo. Elle supporte le WDM et possède une allocation de bande passante dynamique. Elle est standardisée par l'ITU-T, y compris pour les fonctionnalités de haut niveau comme la sécurité, la gestion, la qualité de service et la configuration.

Tout ceci garantit l'interopérabilité des différents équipements, ce qui a contribué à la baisse de leurs prix.

Le BPON transmet sur la même fibre la voix et les données, et réserve des fréquences pour la télévision numérique et analogique (overlay wavelength). Du fait de sa maturité et de ses importants déploiements, le BPON est aujourd'hui la technologie PON la moins coûteuse. Néanmoins, les débits sont un peu plus limités (initialement 622 Mbps) et doivent être partagés entre 32 utilisateurs.

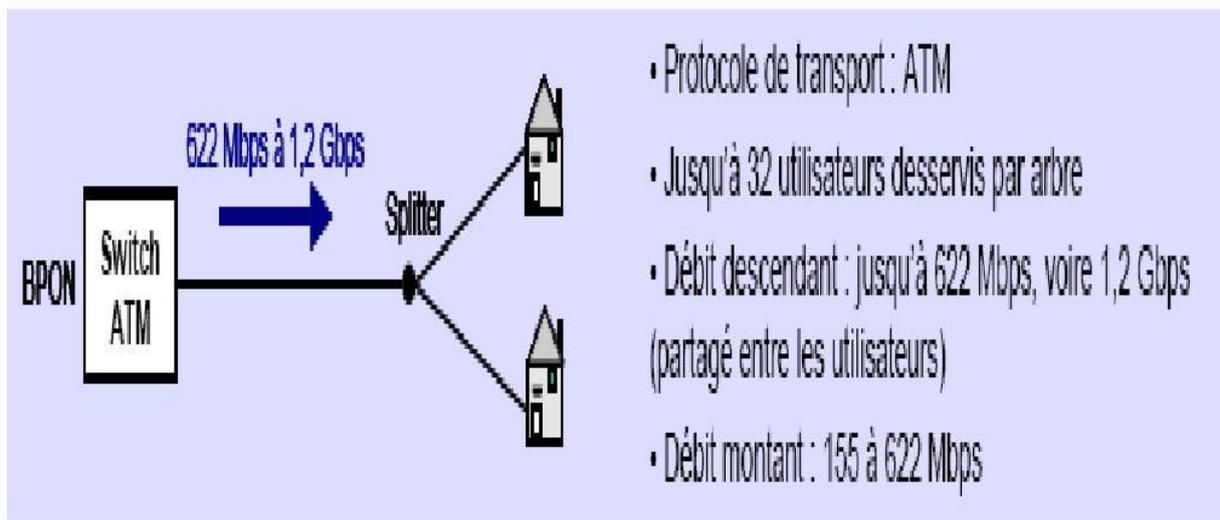


Figure. 2 : technologie BPON

1. c. EPON Ethernet PON

La technologie EPON utilise une transmission à base de paquets Ethernet. La différence majeure avec l'APON est que les données sont transmises en paquets de longueur variable jusqu'à 1.518 octets alors que l'APON oblige à utiliser les paquets ATM de 48 octets (avec 5 octets supplémentaires = contrôle). Rappelons que les paquets IP peuvent aller jusqu'à 65.535 octets.

Selon le protocole Ethernet, chaque paquet descendant porte l'adresse de l'ONU (Optical Network Unit) auquel il doit être fourni, mais est transmis à tous les ONU. L'ONU auquel il est destiné le transmet, les autres le jettent. Le standard a été développé sous l'impulsion de vendeurs d'équipements Ethernet en novembre 2000, à travers le groupe "Ethernet in the first mile". L'idée de base est d'éviter un système d'adressage "Point à Point", mais au contraire un adressage "Point à Multipoint". Un tel réseau

présente un avantage majeur que s'il n'existe pas déjà d'éléments ATM et SONET ou SDH.

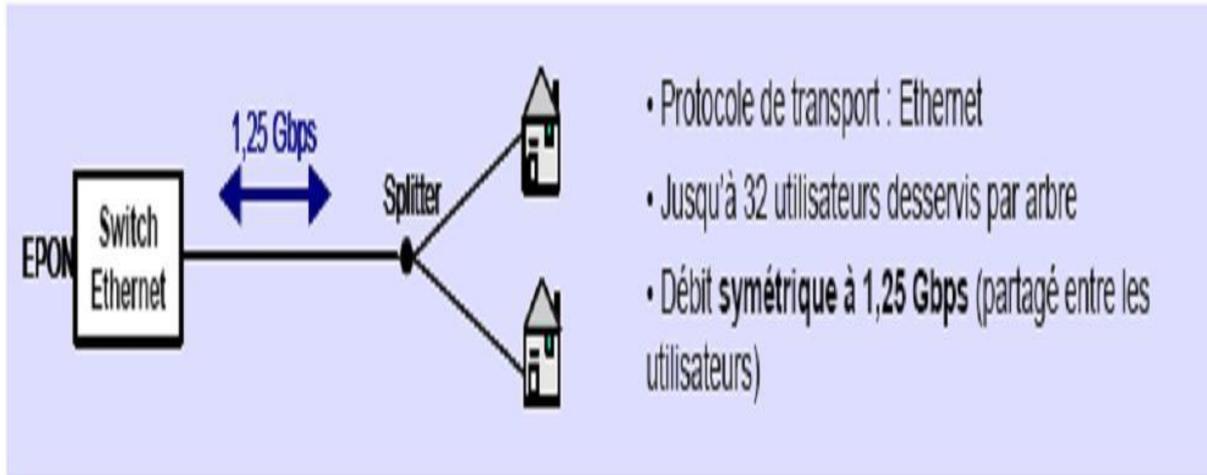


Figure.3 : technologie EPON

1. d. GPON (Gigabit Passive Optical Network)

C'est la dernière évolution de la famille des technologies PON, standardisée fin 2005, proposant des débits plus élevés et permettant d'utiliser ATM, Ethernet, et TDM avec son extension MAC.

Le réseau FTTH (Fiber To The Home) est largement reconnu comme la solution optimale pour la diffusion du haut débit dans les communautés nouvelles et existantes. Contrairement aux services xDSL et au câble qui tirent avantage des lignes de téléphone et de télévision câblée existantes, le FTTH implique la pose de fibres optiques d'un commutateur central jusqu'aux domiciles des abonnés. Bien que les services FTTH offrent actuellement une bande passante de plusieurs dizaines de Mbps, l'investissement dans le déploiement des fibres permettra de pérenniser l'infrastructure et de répondre aux besoins de bande passante, qui passeront de quelques centaines de Mbps à 1 Gbps par ligne d'abonné au cours des dix prochaines années.

La technologie innovante pour la mise en œuvre du FTTH, le réseau GPON (Gigabit Passive Optical Network) offre une bande passante sans précédents (débit descendant allant jusqu'à 2,5 Gbps, partagé par un maximum de 128 sites), et une plus grande distance du commutateur central (20 à 40 kilomètres, par rapport à 4 à 5 kilomètres pour le DSL), permettant aux prestataires de service de fournir des applications exigeantes en bande

passante et de se créer une position stratégique à long terme sur le marché du haut débit.

Le réseau GPON utilise une topologie point à multipoints. Un répartiteur de fibres passives est utilisé pour diviser les fibres et les répartir en de multiples sites, réduisant ainsi le volume de fibres et d'équipement nécessaire au niveau du commutateur central par rapport aux architectures point-à-point. La nature passive du réseau GPON élimine le besoin en électricité, permettant d'installer le répartiteur dans un endroit privé d'électricité.

Les dispositifs **GPON** (Gigabit Passive Optical Network) ONT de DLink offrent des services haut débit de voix, données et vidéo à tous les abonnés privés et aux entreprises. Ils exploitent la puissante bande passante de la technologie GPON, offrant une connexion fiable longue portée jusqu'au dernier kilomètre en étendant le réseau public à forte bande passante aux personnes vivant et travaillant dans des habitations et bureaux isolé

De plus, GPON permet une plus grande distance de déploiement : jusqu'à 60 km, avec 20 km maximum entre les ONT, ce qui représente 3 fois plus que EPON et BPON. Enfin, le GPON permet jusqu'à 64 lignes sortantes d'un diviseur optique ("splitter").

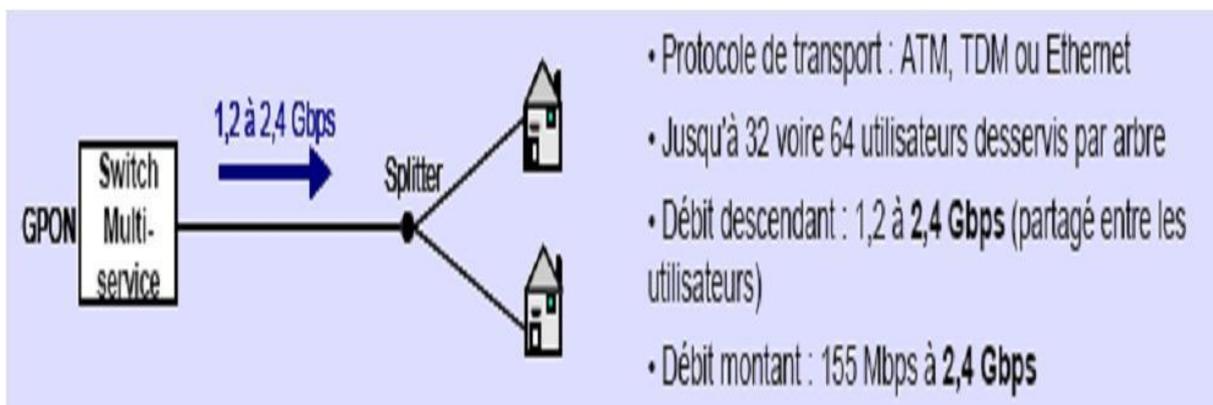


Figure.4 : technologie GPON

2. Les solutions Ethernet

Les solutions FTTH s'appuyant sur la technologie Ethernet se distinguent essentiellement entre Ethernet point-à-point (EP2P), également nommé Ethernet Direct Fiber, et Active Ethernet ou AON.

Dans les deux cas, il s'agit d'une solution dans laquelle une fibre est allouée à un utilisateur, ce qui la distingue des solutions PON point-à-multipoint où, en amont des équipements intermédiaires, la fibre optique est mutualisée.

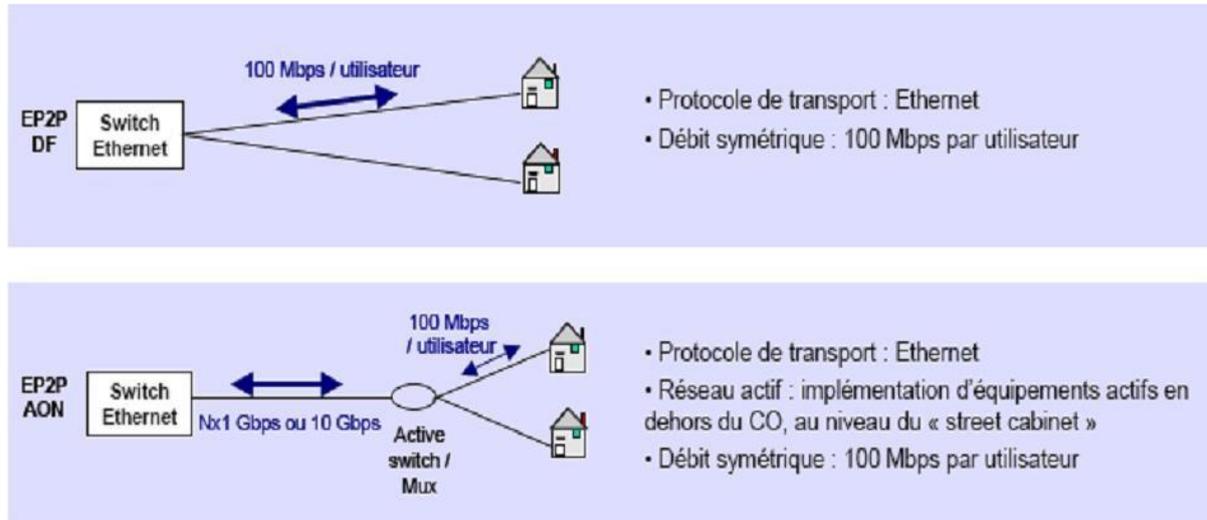


Figure. 5 : principe des réseaux FTTH en point à point basé sur la technologie Ethernet

L'architecture EP2P est un réseau passif car aucun équipement actif n'est implémenté sur le réseau entre le central office et l'utilisateur. Le débit proposé est de 100 Mbps symétrique par utilisateur. Au contraire, la technologie AON se distingue par la mise en place d'un Switch Ethernet intermédiaire, ce qui justifie en soi le fait que l'on parle alors de réseau actif.

L'intérêt de telles solutions est l'utilisation de la technologie Ethernet, dont les standards et équipement sont d'ores et déjà matures et largement déployés, notamment au sein des entreprises.

Cela a un impact direct sur les coûts des terminaux qui sont moins onéreux (ratio de 1 à 2) que les ONT utilisés dans les réseaux PON précédemment décrits.

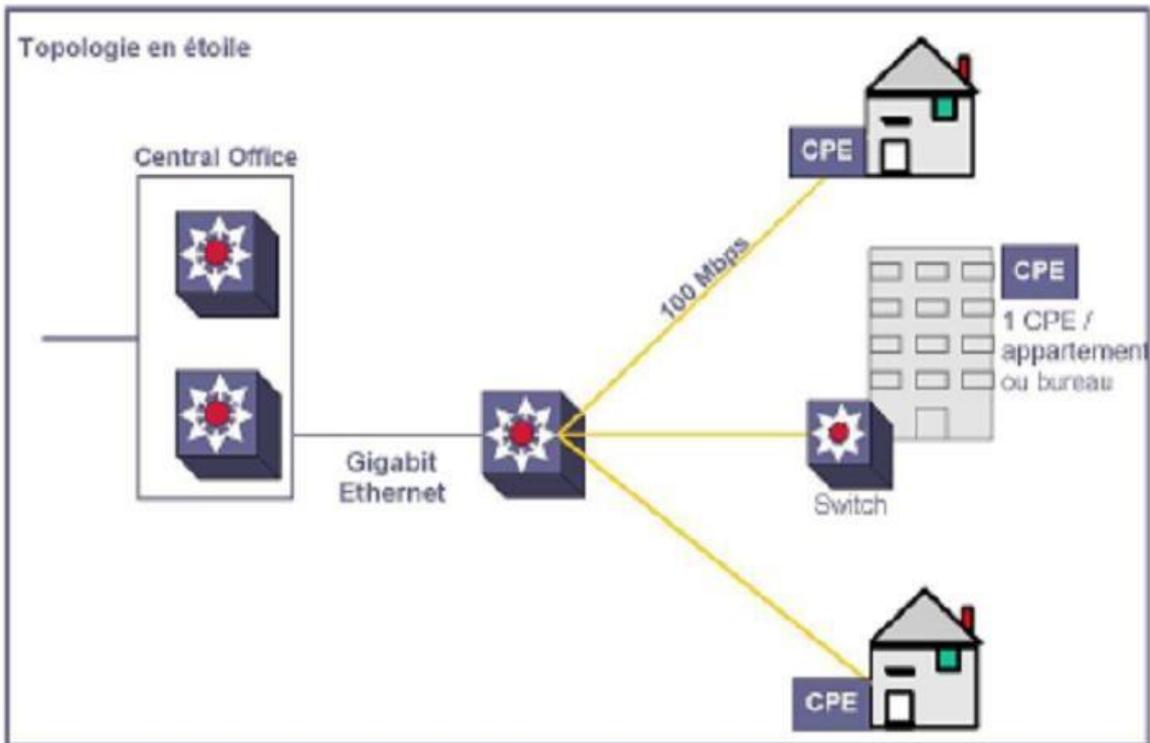


Figure. 6 : Technologies en Etoile d'Active Optical Network
Ou en anneau :

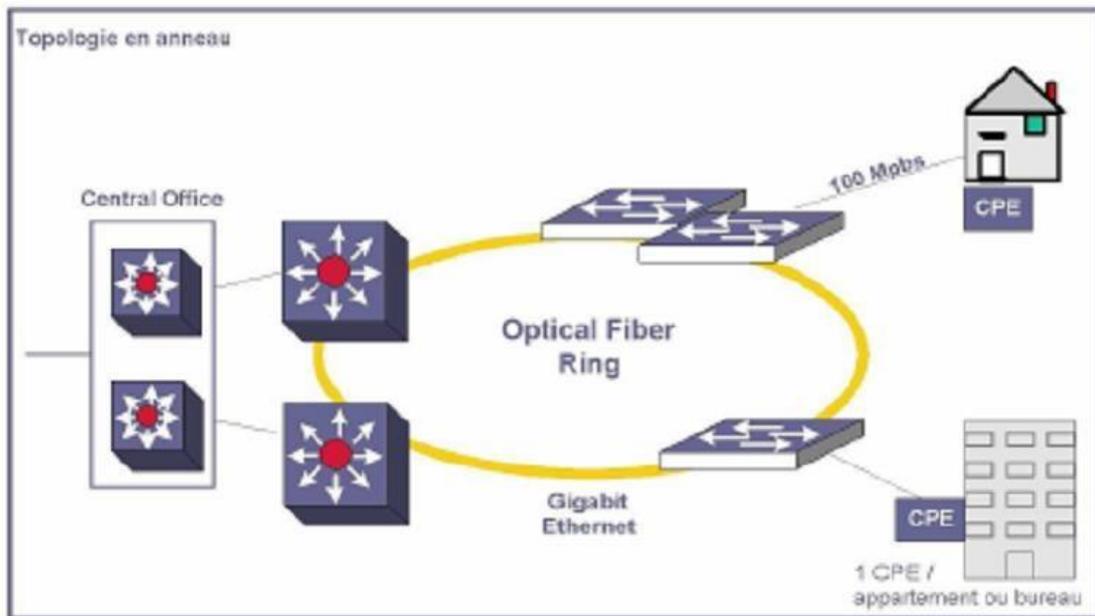


Figure.7 : Technologie en anneau de l'Active Optical Network

3. Les réseaux WDM PON

La technologie WDM (Wavelength Division Multiplexing) consiste à illuminer la fibre optique, non pas avec une seule source laser, mais simultanément avec plusieurs sources en utilisant pour chacune d'entre elles une longueur d'onde différente, ce qui permet le transport en parallèle et non pas séquentiellement comme dans le PON classique d'autant de flux de données, chacun d'entre eux avec un débit identique à celui qui serait possible sans cette technologie. L'utilisation de 32 longueurs d'ondes différentes permettra par exemple la desserte de 32 abonnés à partir d'une seule et unique fibre. Le dispositif s'apparente globalement à une infrastructure de type point à point ou P2P avec les avantages inhérents : pas de partage de la bande passante et sécurité des données, chaque élément terminal ne recevant que ses propres données.

I.6.3. La normalisation selon l'UIT-T⁶

- IEEE 802.3 Ethernet - Interfaces with bidirectional data rates from 10 Mbps to 10 Gbps;
- IEEE 802.3ah Ethernet PON - Extension to IEEE 802.3 100 Mbps/1 Gbps physical interfaces;
- ITU-T G.983.x Broadband PON (BPON) - ATM 622 Mbps downstream, 155 Mbps upstream;
- ITU-T G.984.x Gigabit Capable (GPON) - Gigabit 1.25/2.54 Gbps downstream, 1.25 Gbps up stream.

| REFERENCE NORMATIVES « parties terminales optiques réseaux FTTH | |
|---|--|
| Références | Désignations |
| Guides UTE 90-486 / C15 | Architecture du réseau FttH. Les colonnes de communication (réseau d'accès au logement ou habitation) |

⁶ Frédéric Maillon, Nicolas Bardet « présentation de la pose et du raccordement FTTH » in la fibre optique apport théorique et technique, p.10

| | | |
|--------------------------------------|-----|--|
| 900/ C15 960 | | individuelle). § 2.3 - Cohabitation entre réseaux de communication et d'énergie – Installation des réseaux de communication. |
| Normes NF C 15 100/EN 50174/EN 50086 | | La norme régit l'installation électrique et de communication pour le neuf, la rénovation complète et autant que possible pour les rénovations partielle ou les extensions. Installation de câblage. Partie 2 : Planification et pratique. |
| Normes 61793/61794/60825 | IEC | Norme de qualité de fonctionnement des dispositifs d'interconnexion, boîtiers d'épissurage et composants passifs à fibres optiques. Câbles à Fibre optiques extérieur et intérieur. |
| Normes NF EN 60950/61663 | | Matériel de traitement de l'information Sécurité Protection contre la foudre - Lignes de télécommunication. |

Tableau 5. Normalisation des fibres optique

CHAPITRE II : CADRE D'ETUDE

II.1. PRESENTATION DU CAS

Pour le cas d'étude nous nous sommes intéressé sur la ville de Lubumbashi et comme il est désigné que c'est la Société Congolaise des Postes et Télécommunications qui sera chargé de gérer la connexion à la fibre optique ainsi que l'attribution de la bande passante selon le besoin de chaque entreprise. Nous présentons ci bas une cartographie du réseau optique pour la ville de Lubumbashi.

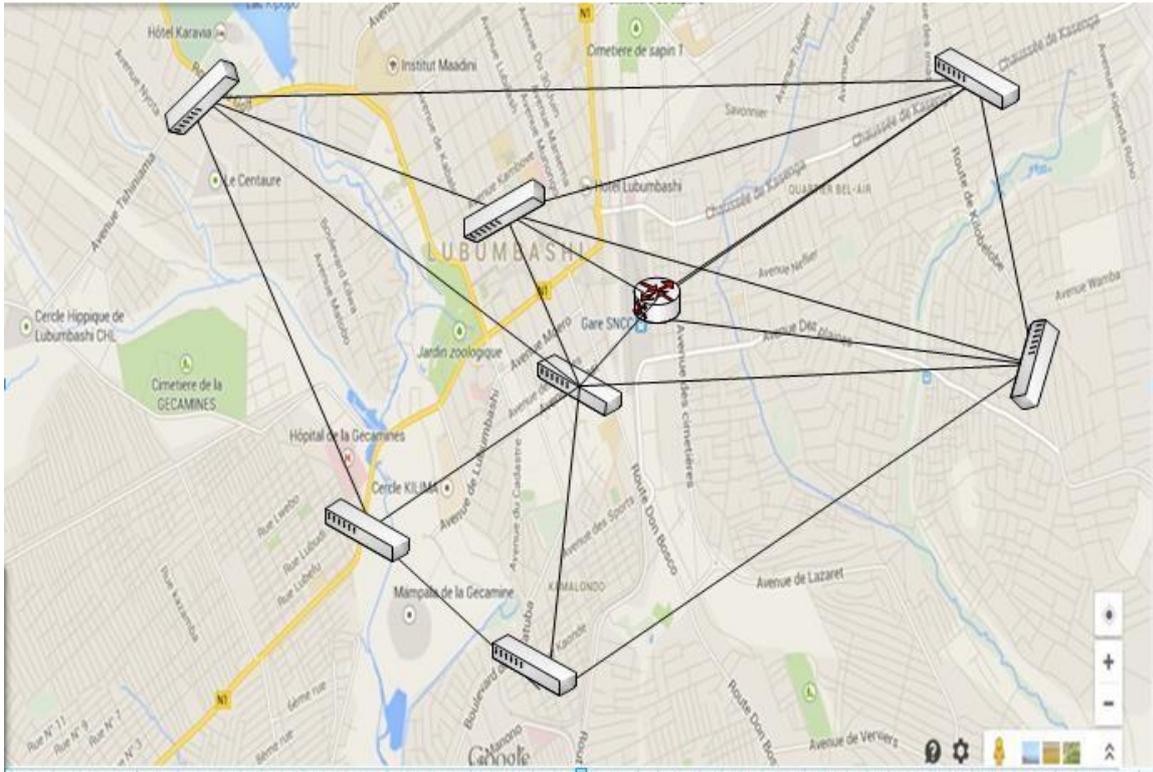


Figure 8 : réseau optique a Lubumbashi

La SCPT dispose d'un service de maintenance qui intervient en cas de besoin, suivant le résultat du monitoring. Pour rassurer ses partenaires, la SCPT a signé un accord SLA avec un prestataire de renommée internationale à qui la grande partie des Operateurs en RDC font appel. Il s'agit bien de HUAWEI Technologies.⁷

Lubumbashi est la deuxième ville en termes d'étendu de la République Démocratique de Congo après Kinshasa la capitale. Située dans la Province du Katanga qui quant à elle, se trouve au sud-est de la RDC. Cette ville compte environ un million cinq cent mille habitants reparti en 7 communes dont nous citons la commune de annexe, la commune de Kamalondo, la commune de la Kenya, la commune de la Katuba, la commune de Kampemba, la commune de la Ruashi et enfin la commune de Lubumbashi qui constitue l'emplacement de notre cas d'application.

⁷ www.digitalcongo.net, consulter le 19 Avril 2014 à 14h39

La commune de Lubumbashi : elle s'étend du centre-ville jusqu'au Sud-Ouest. Cette commune est subdivisée en plusieurs quartiers que nous pouvons énumérer : Gambela, Kalubwe, Golf, Makutano, Mampala, Baudoin, Lumumba et Makomeno ;

II.2. DELIMITATION EN ESPACE.

Vu l'extension de la ville de Lubumbashi, nous avons porté un choix sur quelque entreprise qui vont devoir porter un éclaircissement sur ce sujet que nous traitons et nous proposons de placer un centre au cœur même de la ville ou se trouve l'Office Congolais des Postes et Télécommunications OCPT en sigle.

Nous avons délimité notre champs au sud-ouest de la ville de Lubumbashi ainsi nous proposons deux plans :

Le premier plan nous montre la situation géographique de l'Entreprise Gécamines qui se trouve sur l'Avenue Kamanyola et l'Entreprise Microcom qui se trouve sur l'Avenue Adoula. Nous avons choisi comme sous répartiteur un point qui facilite leur connexion ou l'équipement principal peut être un coupleur ou un Switch catalyst.



Figure 9 : Axe sud-ouest de la ville

Et le deuxième nous montre la situation géographique de l'Entreprise Orange qui se trouve sur l'Avenue Kasavubu. Nous avons choisi comme sous répartiteur un point qui facilite sa connexion ou l'équipement principal peu être le coupleur ou un Switch catalyst.

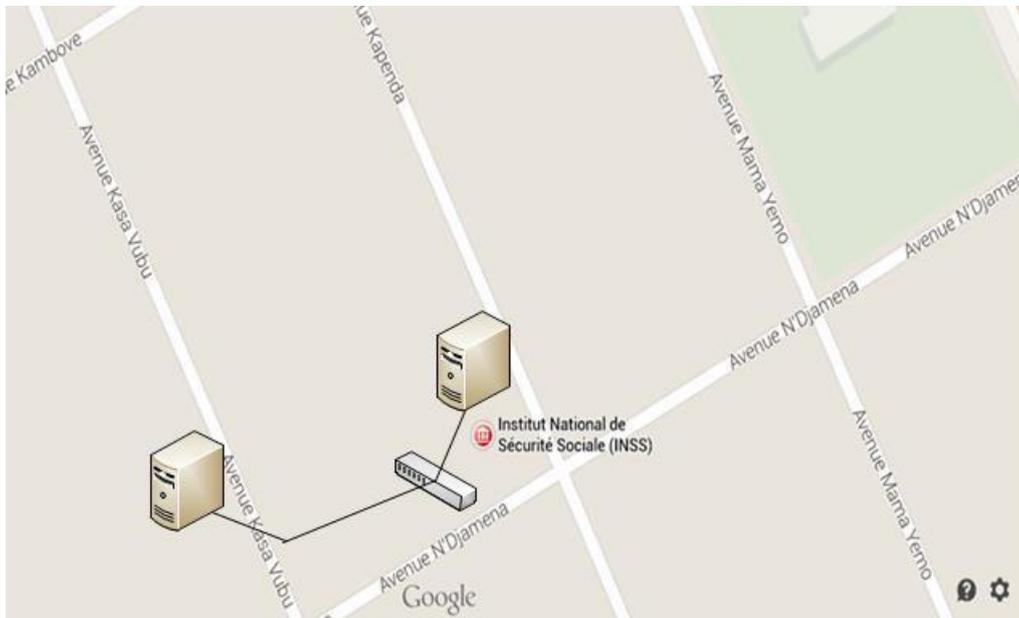


Figure 10 : Axe sud-est

II.3. LE TRAFIC

L'estimation des données est la phase la plus cruciale dans la gestion des bandes passante, si on peut savoir quelle genre de données doivent être traitées dans les entreprises ou encore savoir si les entreprises utilise quelle types de données transigent dans leur réseaux pour éviter le gaspillage de la bande passante au lieu d'en faire profiter à d'autres clients.

Pour avoir l'idée sur ces données, nous nous sommes basés sur les données récoltées dans quelques entreprises, dans le but de savoir quelle quantité de bande passante pourrait être exigée dans ces réseaux.

Nous devrions noter que les entreprises que nous avons choisies traitent des données de nature différente et cela fait en sorte que leurs besoins en bande passante ne doit pas être le même. Ainsi nous avons porté notre choix sur :

II.3.a. LA GECAMINES : ⁸

La Générale des Carrières et des Mines est une société qui s'étant sur toute la République Démocratique du Congo et même dans l'international ; elle a son siège dans la province du Katanga, dans la ville de Lubumbashi et plus précisément dans la commune de Lubumbashi à l'angle du Boulevard Kamanyola et de l'Avenue Moero. Le réseau entier de la Gécamines est en étoile autour d'un routeur Catalyst 4506-E qui est placé au centre pour faciliter la connexion. Son réseau possède un RACK FIBRE OPTIQUE qui permet de faire une interconnexion de quelque ligne des différents services et la Gécamines possède 11 lignes à fibre optique telle que présenter dans la figure :

| | | | | |
|--|---|-----------------|------|--------|
|  | PROJET INFRASTRUCTURE GECAMINES | | N° : | Page : |
| | DOCUMENT DE PRESENTATION ET DE CONFIGURATION DU RESEAU PHYSIQUE | | | 12/77 |
| Auteur : PROLOGIQ | Version 1.0 | Exercice : 2011 | | |
| | | 30/09/11 | | |

Plan des bâtiments du campus DG avec passage des liaisons Fibre Optique :

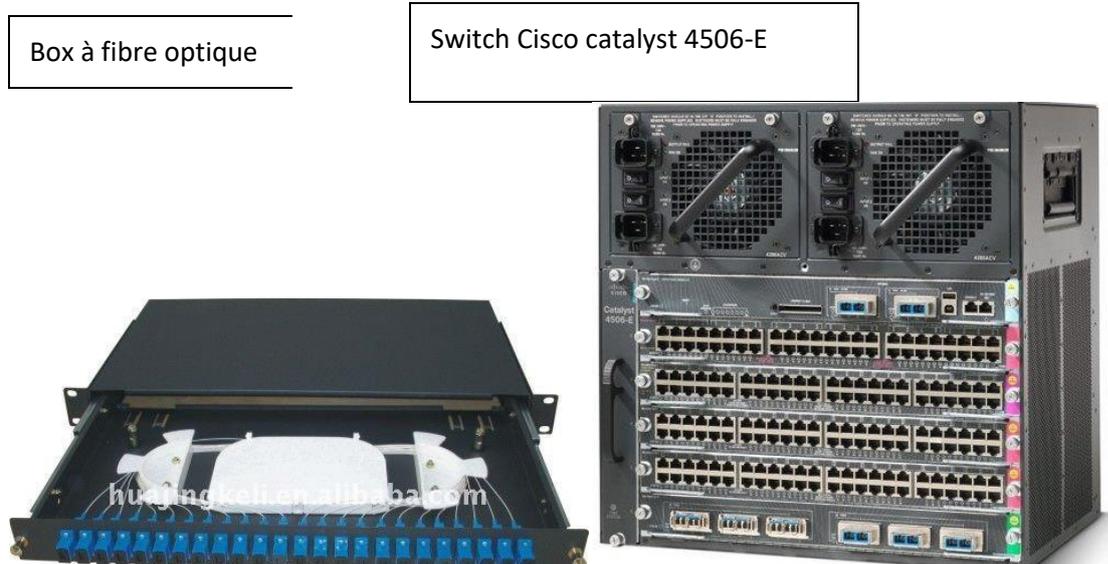


⁸ Direction département informatique de l'entreprise Gécamines

Figure 11 : plan Fibre Optique Gécamines

Le RACK a Fibre Optique possède 6 box a fibre optique auquel entre la fibre optique multi mode a 12 brins donc 6 émetteurs et 6 récepteurs dont on utilise qu'une ligne et les 5 autres sont pour la redondance du cote émetteur et récepteur. Cette box possède 24 sorties qui sont subdiviser en 2, donc de 1 à 12 et de 13 à 24 ; dans l'entrée des fibres on les places cote a cote pour dire une émettrice et une réceptrice et jusqu'à utiliser les 12 brins ; tandis qu'à la sortie il y a une jarretièrre qui est une fibre flexible dont on met une émettrice et une réceptrice dans la plage allant de 1 à 12 et aussi une émettrice et une réceptrices dans la plage de 13 à 24. Ce qui fait que par box on a 4 jarretièrres pour 2 émettrices et 2 réceptrice. Les connecteurs utiliser pour la jarretièrre peuvent être des LC (en céramique) ; SC (duplex qui veut dire a 2 brins) ou ST qui sont utiliser pour les connexions qui vont au Cisco catalyst 4506-E qui est le routeur centrale.

Pour le réseau de la Gécamines à Lubumbashi les données qui y sont le plus traité proviennent du logiciel delta pour la gestion des paies et oracle pour les bases de données si on ne peut citer que cela. Mais pour tout cela, la bande passante et limiter à 1Gbits en download et en upload, par la suite, il nous a était signaler que cette bandes passante est dédiée pour chaque fibre qui quitte le RACK a FIBRE OPTIQUE.



*Figure 12 : Box fibre optique & Switch Catalyst 4506-E***II.3.b. ORANGE : ⁹**

Le Groupe France Télécom Orange (Ex Congo Chine Télécom) est une grande entreprise de communications téléphoniques mobiles à Lubumbashi et situé au n°1866 de l'avenue Sendwe dans la commune de Lubumbashi, dans l'immeuble de la poste au premier niveau. On y trouve essentiellement les services administratifs ; cependant d'autres services sont détachés et localisés à d'autres adresses sur la ville. Groupe France Télécom Orange.

Orange étant une entreprise de télécommunication ayant aussi le service de provider, son réseau est étalé en LAN, MAN, et le WAN. Concernant notre travail nous nous sommes juste intéresser sur le LAN et le MAN.

Le réseau LAN C'est un réseau de distribution ou d'accès ; il sert à relier les abonnés présents dans une zone couverte par une station de base au réseau Orange.

Ce réseau est configuré pour fonctionner en x-pic (2 liaisons verticales contre 2 liaisons horizontales full duplex), le MAN a la possibilité de faire le trafic des données de type voix et data et cela en empruntant différentes voies ou canaux.

⁹ Direction technique de l'Entreprise Orange.

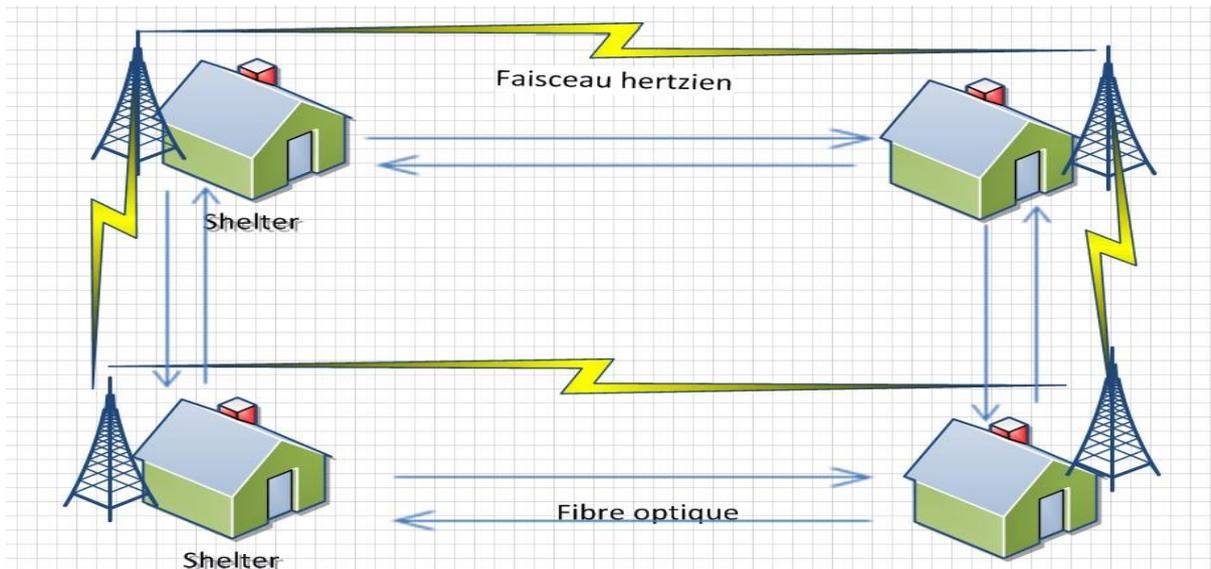


Figure 13 : Réseaux Orange

Les sites constitutifs du MAN constituent le carrefour de tout le trafic du réseau Orange Katanga. Ils sont interconnectés entre eux par une liaison hertzienne passant par les antennes Microwave. Pour étendre la couverture du réseau sur la ville de Lubumbashi, les sites distants y sont connectés via le faisceau hertzien également passant parfois par liaison satellitaire en ce qui concerne l'interconnexion interurbaine.

Plusieurs processus du traitement du signal concourent à l'établissement d'une communication sollicitée par un utilisateur. Ces processus s'effectuent au niveau du Metro (MAN).

Dans un futur proche le MAN de Orange sera tout IP avec l'utilisation de la fibre optique qui permettra l'interconnexion entre sites d'une même ville. Il convient de signaler à cet effet qu'Orange est reliée à la fibre optique via la Zambie. De la Zambie en RDC par le Katanga, via le faisceau hertzien.

II.4. LES BANDES PASSANTES

C'est sûr qu'il sera difficile de fixer la bande passante nécessaire pour le transfert de données étant donné que nous n'avons pas le volume de données que nous voulons transmettre. C'est ainsi que dans ce point, nous proposons un tableau qui nous permet d'avoir une estimation de bande passante selon chaque application, telle que représenté sur la figure ci-dessous :

| Application | Débit | Latence |
|-----------------------------|---------------------|---------|
| Vo IP | 64Kbit/s | 200ms |
| Vidéo conférence | 2Mbit/s | 200ms |
| Transfert de fichier | 3Mbit/s | 1s |
| Jeu interactive | 5Mbit/s | 200ms |
| Télévision Haute Définition | 10Mbit/s par chaine | 10s |

Tableau 6 : les bandes passantes

A partir de ce tableau et si nous y ajoutons la vidéo à la demande, nous irons jusqu'à dire que pour les applications vidéo, l'exigence en bande passante va a peu près jusqu'à environ 30 mégaoctet et pour les application data la bande passante serai d'environ 3Mbit/s . Dans le cas qui nous concerne pour dire qu'étant donnée les conditions de vie de la population de la ville de Lubumbashi et même les entreprises, la bande passante devrait être réduit mais vu que nous devrions proposer une solution pour permettre à ceux là qui voudrons bien utiliser toutes ces applications, puissent avoir une bande passante suffisante pour y arriver.

CHAPITRE III : LES RESEAUX FTTH SUR LA VILLE DE LUBUMBASHI

La demande croissante en bande passante par les nouveaux services et la volonté de réduire les coûts d'exploitation des réseaux ainsi que les dépenses d'investissement en infrastructure de télécommunications, impose une restructuration ainsi qu'une modernisation des réseaux d'accès vers le concept NGAN (Next Generation Access Network).¹⁰

Les règles d'ingénierie présentées dans la suite de ce chapitre permettront d'assurer la neutralité technologique des réseaux d'accès FTTH, ce qui permettra aux opérateurs ayant opté pour des technologies point à multipoints ou point à point d'utiliser ces infrastructures.

III.1. L'ARCHITECTURE DU RESEAU POUR LA VILLE DE LUBUMBASHI

¹⁰ « Réseau d'accès a très haut débit, Technologie FTTH », in Centre d'étude et de recherche des télécommunications, Mai 2013, p. 4

L'architecture adoptée pour desservir les zones c'est le FTTH (Fiber To The Home) qui est donnée par le schéma ci-dessous :

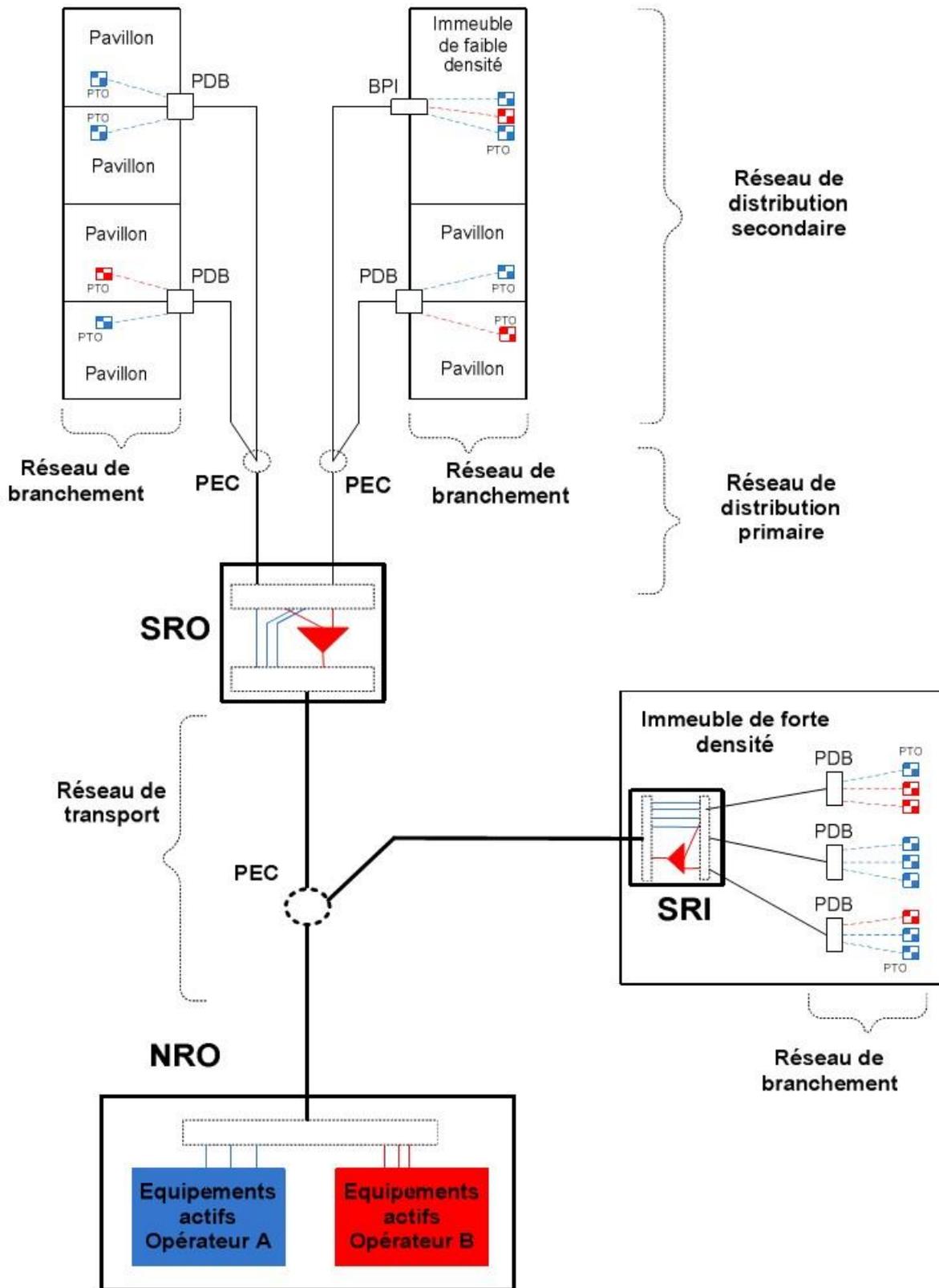


Figure 14 : Architecture polyvalente

Cette architecture est polyvalente et elle est technologiquement neutre dans les sens où la topologie fibre optique passive proposée par cette

architecture est compatible avec les solutions Point à Point (PtP) et Point à multipoint (PmP). Cette solution consiste à déployer des câbles en fibres optiques entre le sous répartiteur optique (SRO ou SRI) et les abonnés avec un dimensionnement de type point à point.

L'introduction de ce point intermédiaire permet aux opérateurs souhaitant utiliser les technologies point à point une meilleure flexibilité dans la gestion et l'exploitation de leurs infrastructures FTTH. Pour les opérateurs qui ont opté pour les technologies point à multi point (ex : GPON) ce point de flexibilité permettra d'installer les coupleurs PON et de n'avoir besoin que d'une seule fibre par coupleur pour remonter le trafic à l'NRO.

Ainsi, le dimensionnement des réseaux fibres installés entre le NRO et le point de flexibilité pourra être optimisé par rapport à celui d'une architecture point à point classique. Cette architecture polyvalente offre sur la partie transport, une consommation optimale des fourreaux et des fibres.

Ces points de flexibilités (SRO) seront implantés soit dans des armoires de rue, soit dans des locaux spécifiques de petite taille (ex : local technique d'immeuble).

III.2 DIMENSIONNEMENT DES INFRASTRUCTURES OPTIQUES¹¹

Le déploiement d'une boucle locale en câbles en fibre optique est structuré autour de plusieurs nœuds et répartiteurs. Dans ce qui suit on présente les principales règles à appliquer lors du dimensionnement des réseaux d'accès FTTH.

Le dimensionnement des réseaux en fibre optique comprend le dimensionnement des différents nœuds (NRO, SRO, PBO, etc.) Et des liaisons de transport et de distribution entre ces nœuds.

L'identification des catégories d'utilisateurs et le calcul des

¹¹ in Centre d'étude et de recherche des télécommunications « Réseau d'accès a très haut débit, Technologie FTTH », , Mai 2013, p. 12

équivalents qui lui seront affectés permettront de définir la capacité des câbles en termes de nombre de fibre optique et la taille des nœuds à implanter pour couvrir toute la zone en services THD.

III.3. DIMENSIONNEMENT DES NŒUDS

Conformément à l'architecture réseau défini précédemment ce point présent les meilleures pratiques en matière de dimensionnement des équipements passifs pour assurer une desserte en fibre optique de type FTTH.

III.3.1. Prise Terminale Optique (PTO)

La Prise Terminale Optique PTO relie l'abonné au point de branchement (BPI ou PDB) par un câble de branchement mono-fibre ou bi-fibre en fonction de la catégorie de l'abonné à desservir.

III.3.2. Point de branchement (PDB)

Le PDB est un coffret avec un câble multifibre en entrée permettant le piquage d'une ou plusieurs fibre vers le client.

Le Point de branchement ou boîtier d'étage est un équipement sur lequel sont raccordés les câbles en fibre optique venant des sous répartiteurs optique. Dans le cas d'un habitat individuel, le Point de Branchement est implanté sur la voie publique dans une niche ou une chambre ou sur façade lorsque le réseau de distribution est réalisé en aérien. Pour le cas des immeubles collectifs le point de branchement est situé dans les étages.

III.3.3. Sous répartiteur optique (SRO)

Le sous-répartiteur optique est un point de flexibilité entre le transport et la distribution. L'SRO est une armoire de rue similaire aux sous-répartiteurs utilisés au niveau des réseaux téléphoniques. Pour le cas d'une desserte Point Multi Point ce point de flexibilité assurera une fonction de couplage.

Les tailles et les positions des SRO sont déterminées de manière à assurer un meilleur compromis entre longueur de réseau SRO-Abonné et nombre des SRO à installer.

La taille de l'SRO varie de 300 à 1000 lignes Fibre Optique en fonction du type de zone à desservir le tableau ci-dessous donne les meilleures pratiques pour le dimensionnement :

| Type de zone | Taille en FO | Distance maximale SRO-Abonné (km) |
|--------------------------------|--------------|-----------------------------------|
| Zone urbaine très dense | 300 à 1 000 | 0,1 à 0,5 |
| Zone urbaine | 300 à 600 | 0,1 à 1 |
| Zone rurale | 300 à 600 | 0,5 à 3 |
| Zone économique | 300 à 600 | 0,1 à 1 |

Tableau 7 : Dimensionnement des SRO

En plus de l'accès au réseau de desserte à partir du NRO, les opérateurs auront le droit de fournir leurs services aux abonnés à partir des SRO qui joueront le rôle de points de mutualisation. Il est à noter que les NRO joueront également le rôle de SRO pour les prises situées à des faibles rayons du NRO.



Figure 15 : Un sous répartiteur optique



Figure 16 : Module optique d'accès

III.3.4. Sous répartiteur optique d'immeuble (SRI)

Le sous répartiteur d'immeuble est équivalent à l'SRO décrit cidessus et il est placé en pied d'immeuble. Le SRI est un point de brassage entre le câblage d'immeuble et les réseaux d'adduction des différents opérateurs. Le SRI permet le brassage de chaque abonné vers n'importe quel opérateur et il peut intégrer une fonction de couplage pour le cas des technologies Point Multi Points. Les SRI sont utilisés pour les immeubles dont l'équivalent strictement supérieur à 12 Fibre Optique.

III.3.5. Boitier Pied de l'Immeuble (BPI)

Pour les immeubles de faible capacité dont l'équivalent est inférieur ou égale à 12 Fibre Optique, il aura besoin de mettre en place un répartiteur d'immeuble et les abonnés seront desservis directement à partir d'un boitier placé soit en sous-sol, en coffret ou en borne sur la voie publique à l'extérieur de l'immeuble. Dans certain cas le BPI peut être installé dans une chambre dont les dimensions et l'encombrement sont compatibles avec la protection d'épissure utilisée. Il n'est pas permis d'installer des coupleurs dans les BPI et les PDB.

III.3.6. Nœud raccordement optique (NRO)

Le nœud de raccordement optique (NRO) est le point de départ des liens optique vers les utilisateurs. Ce nœud doit être dimensionné pour héberger les répartiteurs optiques et les baies permettant d'accueillir les

équipements actifs des opérateurs en fonction de leurs choix technologiques. L’NRO peut avoir une capacité de distribution jusqu’à 50000 FO, le tableau ci-dessous récapitule la taille recommandée pour les NRO en fonction du type de zone à desservir et précise la distance maximale de l’abonné le plus éloigné :

| Type de zone | Taille en FO | Distance maximale NRO-Abonné (km) |
|--------------------------------|----------------|-----------------------------------|
| Zone urbaine très dense | 4 000 à 30 000 | 1 à 2 |
| Zone urbaine | 5 000 à 50 000 | 1 à 5 |
| Zone rurale | 2 000 à 10 000 | 3 à 10 |
| Zone économique | 2 000 à 10 000 | 1 à 3 |

Tableau 8 : Taille des NRO

La superficie nécessaire pour implanter un NRO dépend principalement de la technologie à utiliser si elle est de type point à point ou point à-multipoints. Il est recommandé un dimensionnement compatible avec la technologie point-à-point, ce qui se traduit par un local technique de surface de 12 à 60 m² en fonction du nombre de lignes FO et du nombre d’opérateurs qui entreront en jeu. Ce local doit être raccordé au réseau électrique et muni :

1. D’un système de contrôle d’accès et d’intrusion
2. D’un système de sécurité incendie,
3. D’un atelier d’énergie 48 V,
4. D’onduleur et batteries 5. De climatisation.

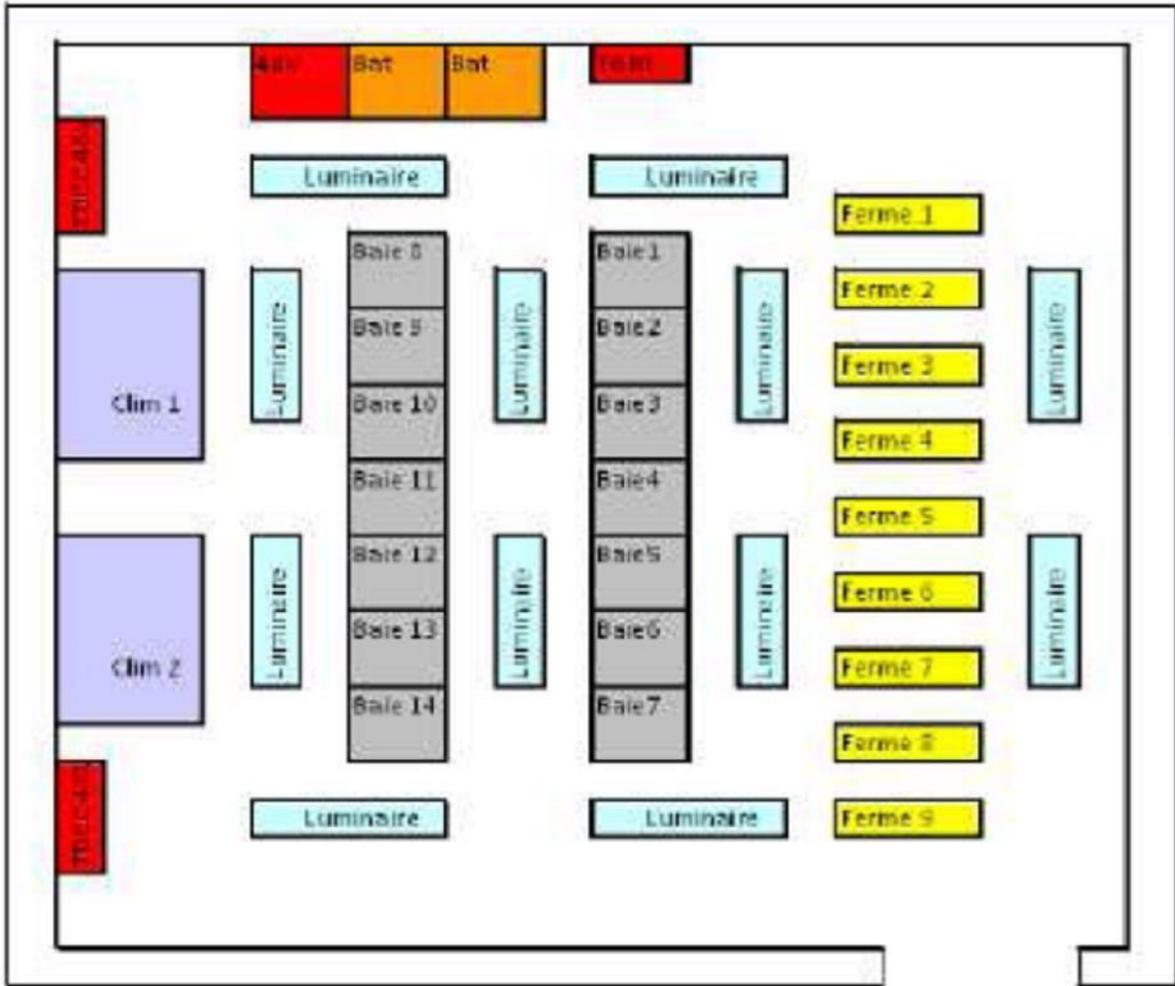


Figure 17: Exemple de plan NRO de 10000 lignes PtP (48m2, Source : Axione)

III.4. DIMENSIONNEMENT DES CABLES FIBRE OPTIQUE

Les câbles en fibre qui seront généralement utilisés au niveau du réseau de transport, réseau de distribution et réseau de branchement seront de type G652D (selon l'UIT, cette catégorie prend en charges des débits allant jusqu'à 10 Gbits mais à une plage qui va de 1360 à 1430 nm). Pour le cas des installations de faible rayon de courbure, pour les réseaux de distribution des immeubles et des installations internes chez l'abonné on opte plutôt pour le type G657A (même caractéristique que le G652D, mais fonctionne dans la plage de 1260 à 1625nm. Elles ont un affaiblissement de 0.25dB à 1550 nm et 1dB à 1625 nm).

Les câbles généralement préconisés pour la construction des réseaux FTTH sont ceux de type microstructure. Le dimensionnement des câbles en fibre optique est effectué en tenant compte des hypothèses suivantes :

1. En aval du sous répartiteur (SRO ou SRI) la technologie point à point (PtP) est imposée ;
2. En amont du sous répartiteur (SRO ou SRI) la partie transport sera dimensionnée de manière que 40% des abonnés seront desservis en Point à Point et que 60% seront couverts par un réseau en Point multi Point,
3. Le dimensionnement des câbles fibre optique prendra en compte les équivalents de chaque catégorie d'abonné,
4. Le linéaire entre l'équipement actif d'un opérateur et La Prise Terminale Optique ne devra pas dépasser 20 km.

III.4.1. Capacités des câbles

Les capacités des câbles et des modules de câbles utilisés au niveau des différents réseaux dans une architecture FTTH sont ventilées comme suit :

| Câbles de transport | Câbles de distribution | Câbles de branchement |
|---------------------|------------------------|-----------------------|
| 144 | 6 | 1 |
| 216 | 12 | 2 |
| 288 | 24 | 4 |
| 456 | 48 | |
| 720 | 72 | |
| | 96 | |
| | 144 | |

Tableau 9 : Contenances des câbles Fibre Optique

III.4.2. Couplage de la Technologie GPON

Dans le cas du GPON, l'infrastructure du réseau est partagée entre les abonnés via la mise en place de coupleurs dans le réseau. Les coupleurs sont des éléments passifs permettant le partage du signal optique descendant vers plusieurs utilisateurs et d'agrèger plusieurs signaux optiques montant

en un seul. Le taux de couplage et le nombre de niveaux sont deux facteurs déterminants dans la conception de la solution. Le budget de liaison optique dépend fortement de ce choix. Le tableau cidessous montre les paramètres pour les différents scénarios de déploiement d'un réseau GPON :

| Taux de couplage | Nombre de niveau de couplage | Débit maximal/abonné (Mbps) |
|------------------|------------------------------|-----------------------------|
| GPON 10G | | |
| 8 | 1 | 1248 |
| 16 | 1 | 624 |
| 32 | 1 | 312 |
| 32 | 2 | 312 |
| 64 | 1 | 156 |
| 64 | 2 | 156 |
| 64 | 3 | 156 |
| GPON 2.5G | | |
| 8 | 1 | 312 |
| 16 | 1 | 156 |
| 32 | 1 | 78 |
| 32 | 2 | 78 |
| 64 | 1 | 39 |
| 64 | 2 | 39 |
| 64 | 3 | 39 |

Tableau 10 : Taux de couplage

Pour les niveaux de couplage, il existe plusieurs configurations possibles.

Ces coupleurs peuvent être installés dans le réseau d'accès FTTH au niveau du nœud de raccordement optique (NRO) ou/et au niveau des sous répartiteurs optiques (SRO ou SRI).

III.4.3. Contraintes technologiques

Les opérateurs ont besoin de calculer l'affaiblissement maximal sur le lien optique pour déterminer le budget optique maximal entre le nœud optique et la prise terminale optique du client.

Le respect des contraintes relatives au bilan de la liaison optique permet de garantir une puissance suffisante de lumière pour avoir le service et assurer la QoS (Quality Of Service) au client.

Dans la suite on présente les principales contraintes à tenir en considération lors du calcul du budget optique. Tout d'abord, le budget optique d'une liaison dépendra de la technologie utilisée pour desservir le client. Les budgets à prendre en considération pour l'ingénierie du réseau en fonction de la technologie utilisée sont comme suit :

1. GPON: 28 dB max et 13 dB min aux deux longueurs d'onde 1310nm et 1490 nm avec des systèmes de classe B+ ; 32 dB max et 17 dB min avec des systèmes de classe C+ ;
2. XGPON : valeurs normatives sont 29 dB max pour le XG-PON1 N1, 31 dB pour le XG-PON1 N2a/b, 33 dB pour le XG-PON1 E1, 35 dB pour le XG-PON1 E2a/b.
3. Point-à-point (PtP) : pour cette technologie la contrainte de budget optique est généralement traduite en distance maximale, les systèmes utilisés actuellement par les opérateurs permettent d'atteindre les distances de 5km, 10km, 20km ou 40km. Par exemple, pour des liens mono fibre et Giga Ethernet avec des modules SFP 1000BASE-BX10-D au niveau du central on peut atteindre des abonnés à 10 km.

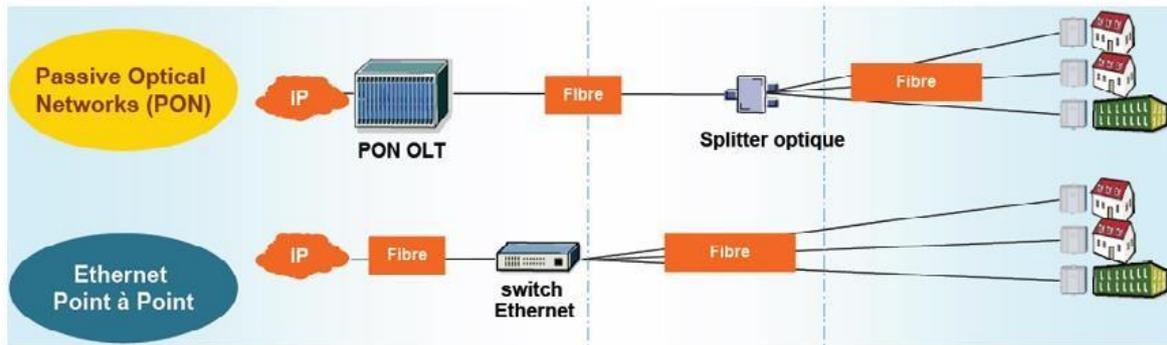


Figure 18 : Architectures PtP et PmP

Le graphe ci-dessous donne pour deux classes de laser utilisées avec la technologie GPON l'évolution de distance maximale à atteindre en fonction du taux de couplage.

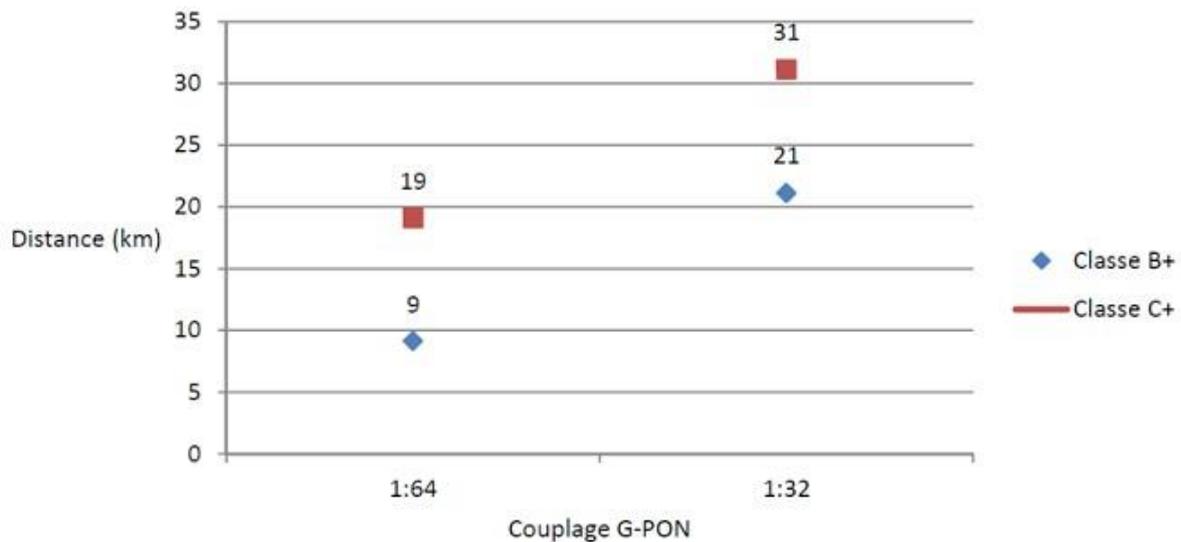


Tableau 11 : Distance en fonction du taux de couplage

Dans la suite on présente un référentiel commun des réseaux d'accès FTTH pour les différentes technologies PtP et PmP. Les valeurs limites relatives aux différentes contraintes de ce référentiel sont définies à partir des normes et standards :

| Désignation | Valeur de référence | Remarques |
|---|---------------------|---|
| Affaiblissement linéique (dB/Km) | | |
| G652D à 1310 nm | 0,35 | |
| G652D à 1490 nm | 0,24 | |
| G652D à 1550 nm | 0,21 | |
| G657A à 1310 nm | 0,38 | |
| G657A à 1490 nm | 0,28 | |
| G657A à 1550 nm | 0,25 | |
| Perte par coupleur (dB) | | |
| Coupleur 1:2 | 3,7 | Valeurs selon la norme CEI 61 753-031-3.A pour coupleur sans tenir compte de la connectique |
| Coupleur 1:4 | 7,3 | |
| Coupleur 1:8 | 10,9 | |
| Coupleur 1:16 | 14,5 | |
| Coupleur 1:32 | 18,1 | |
| Coupleur 1:64 | 20,5 | |
| Coupleur WDM1R | 0,5 | Séparateur GPON du XG-PON |
| Perte par connecteurs (dB) | | |
| Connecteur SC/APC | 0,35 | |
| Connecteur SC/UPC | 0,25 | |
| Perte par épissure (dB) | | |
| Epissure par fusion | 0,1 | |
| Epissure mécanique | 0,2 | |
| Marge (dB) | | |
| Marge / vieillissement des lasers | 1 | Inclut le vieillissement irréversible sur les différents éléments |

Tableau 12 : Référentiel pour l'ingénierie des réseaux FTTH¹²

¹² « Réseau d'accès à très haut débit, Technologie FTTH », in Centre d'étude et de recherche des télécommunications, Mai 2013, p. 21

III.5. PROPOSITION D'IMPLANTATION D'UN CENTRE DE GESTION DE BANDE PASSANTE SUR LA VILLE

III.5.1. Proposition du réseau FTTH sur la ville

Dans ce point un routeur est placé au centre de la ville donc au niveau de la poste autrement appelle OCPT pour Office Congolaise de Poste et Télécommunications, et les Switch y sont placer dans ce réseau pour l'interconnexion des différentes entreprises et par la suite, ces Switchs sont redirigés vers le routeur centre qui permet aux entreprises d'être en contact en local ou en passant par internet pour ceux la qui le désire.

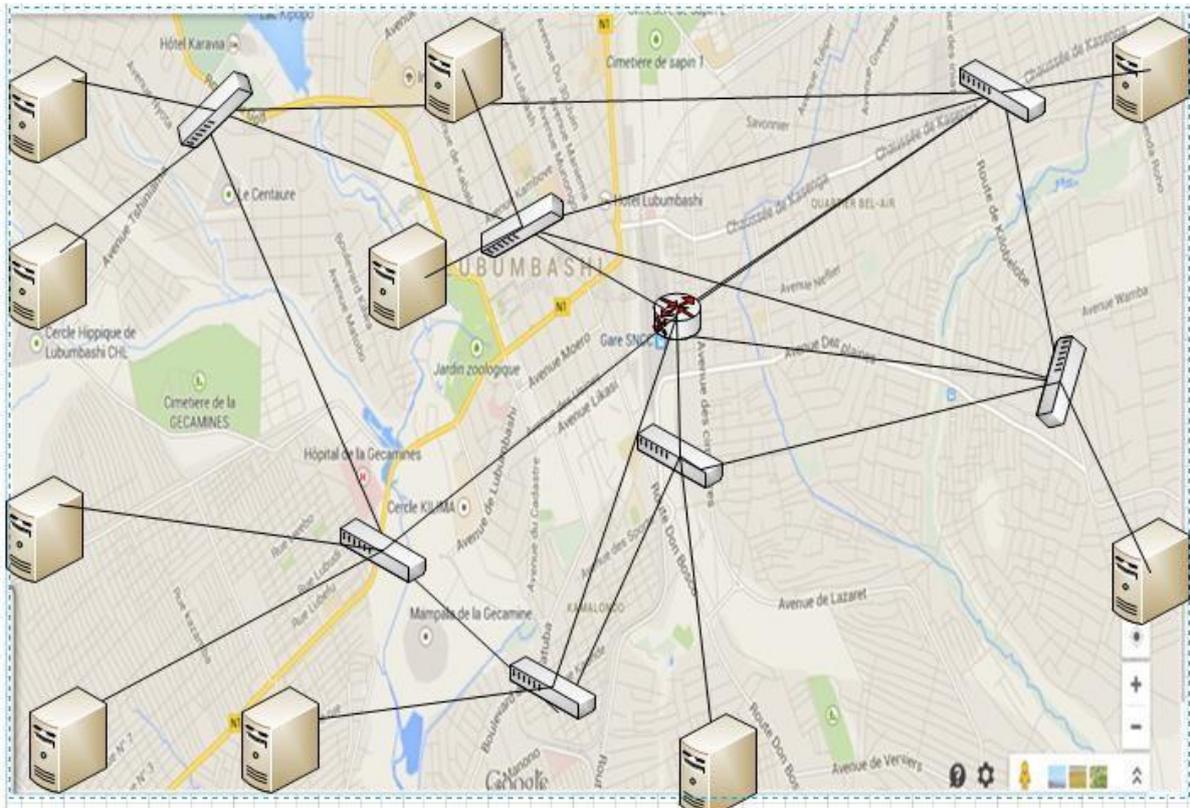


Figure 19 : réseau FTTH sur la ville

III.5.2. Point de mutualisation

Pour mettre à la disposition de l'ensemble des opérateurs les infrastructures FTTH desservant l'ensembles d'habitation et les zones d'activités économique et industriels, le choix a été fait de fixer comme point de mutualisation pour les opérateurs soit le NRO, soit le SRO ou l'SRI et cela nous donne une idée d'utiliser une technologie point à multipoint à cause des enjeux économique, vu que le PmP donne une possibilité d'utilisé une fibre pour plusieurs abonnés et que le PtP utilise pour chaque abonné une fibre.

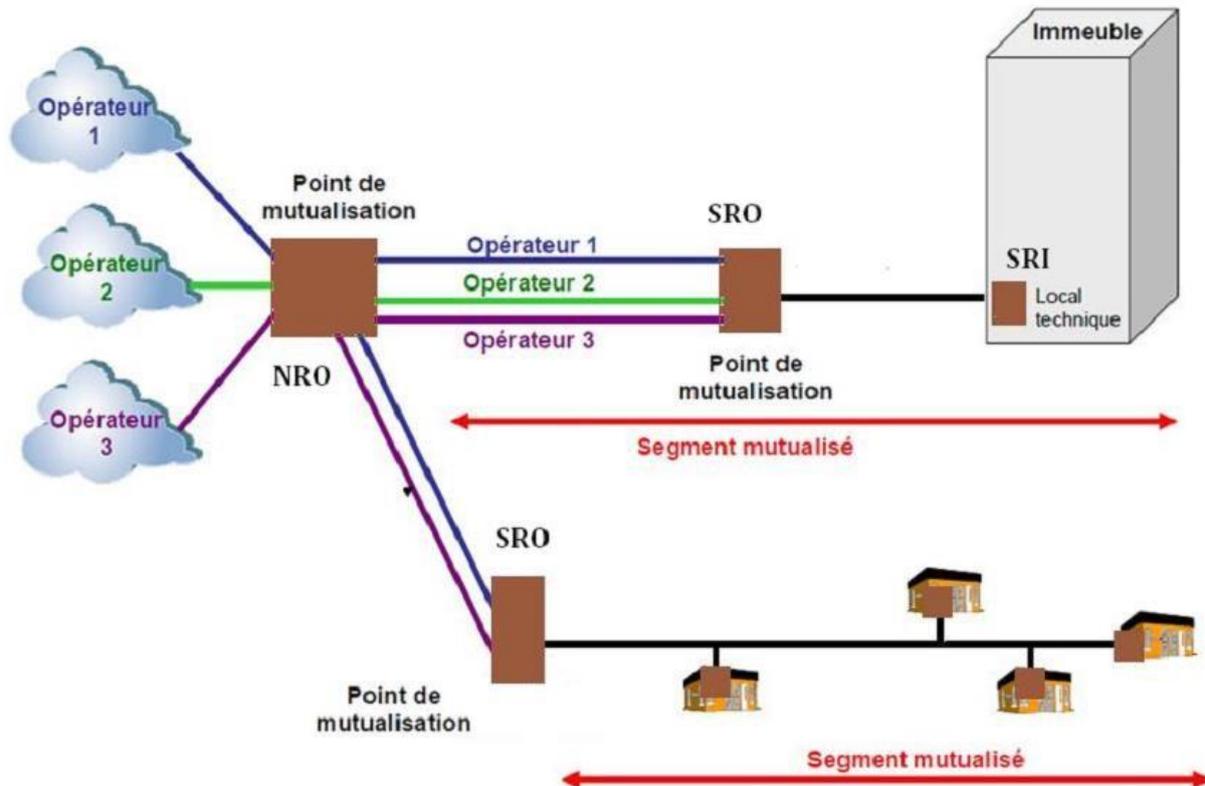


Figure 20 : Les points de mutualisation

III.6. CHOIX DU MIKROTIK ROUTEROS

MikroTik est une marque de fabrication dont en plus de ces multiples fabrications a mis en place un routeur qui se présente sous la forme software et hardware. Routeur OS MikroTik est un système d'exploitation routage basé sur le noyau LINUX qui peut faire plusieurs taches telles que la facturation Hot post, le pare-feu et le Bandwidth Manager (gestion de la bande passante) qui est une fonctionnalité qui nous a amené à faire son choix. Il peut être installé sur un PC et le transformer en un routeur avec toutes les fonctionnalités nécessaires : routage, pare-feu, gestion de la bande passante, sans fil point d'accès, liaison terrestre, passerelle hot spot, serveur VPN et bien plus encore.

La fibre optique nous donne des débits allant jusqu'au Gbits et le routeur MikroTik nous permet de faire une bonne gestion de passante dans cette gamme.

III.7. PRE-REQUIS DE L'INSTALLATION

1. Un ROUTEUR MikroTik en Hard ou Soft ;

2. Un ordinateur 32 ou 64 bit dans le cas où l'on opte pour une solution soft ;
3. Un Ordinateur 32 ou 64 bits avec système d'exploitation Windows ;
4. Le logiciel " WinBox " de MikroTik est inclus avec les routeurs standards et sans fil de l'entreprise. En fait, « WinBox " est conçu pour rendre la configuration et l'accès au routeur simple, en offrant aux utilisateurs une interface graphique pour contrôler les fonctions du routeur. MikroTik explique que les manuels de routeur ne comporte une section sur " WinBox » parce que ses fonctions sont identiques au routeur.

CHAPITRE IV : IMPLEMENTATION DE LA SOLUTION

IV.1. PRESENTATION DE L'ARCHITECTURE

Dans ce chapitre, nous proposons une architecture qui expliquera le mieux la solution qui sera implémentée ; dans l'optique où nous avons 3 entreprises, dont chacune nécessite une bande passante selon les exigences de son réseau, il sera alors déterminer de faire une distribution en bande passante. La technologie utilisée est le point à multipoint, pour dire que chaque entreprise n'aura pas une fibre qui est tiré du centre de raccordement optique jusqu'à son adresse mais ce se fera par l'intermédiaire d'un Switch catalyst qui sera placer dans un sous répartiteur optique.

Comme chaque entreprise possède un réseau, le routeur MikroTik placer au centre va devoir faire la gestion de passante par identification du réseau, donc la bande passante doit être alloué à chaque adresse du réseau selon le besoin, et à part les multiples fonctionnalités de ce routeur la gestion sera assurer et même le monitoring.

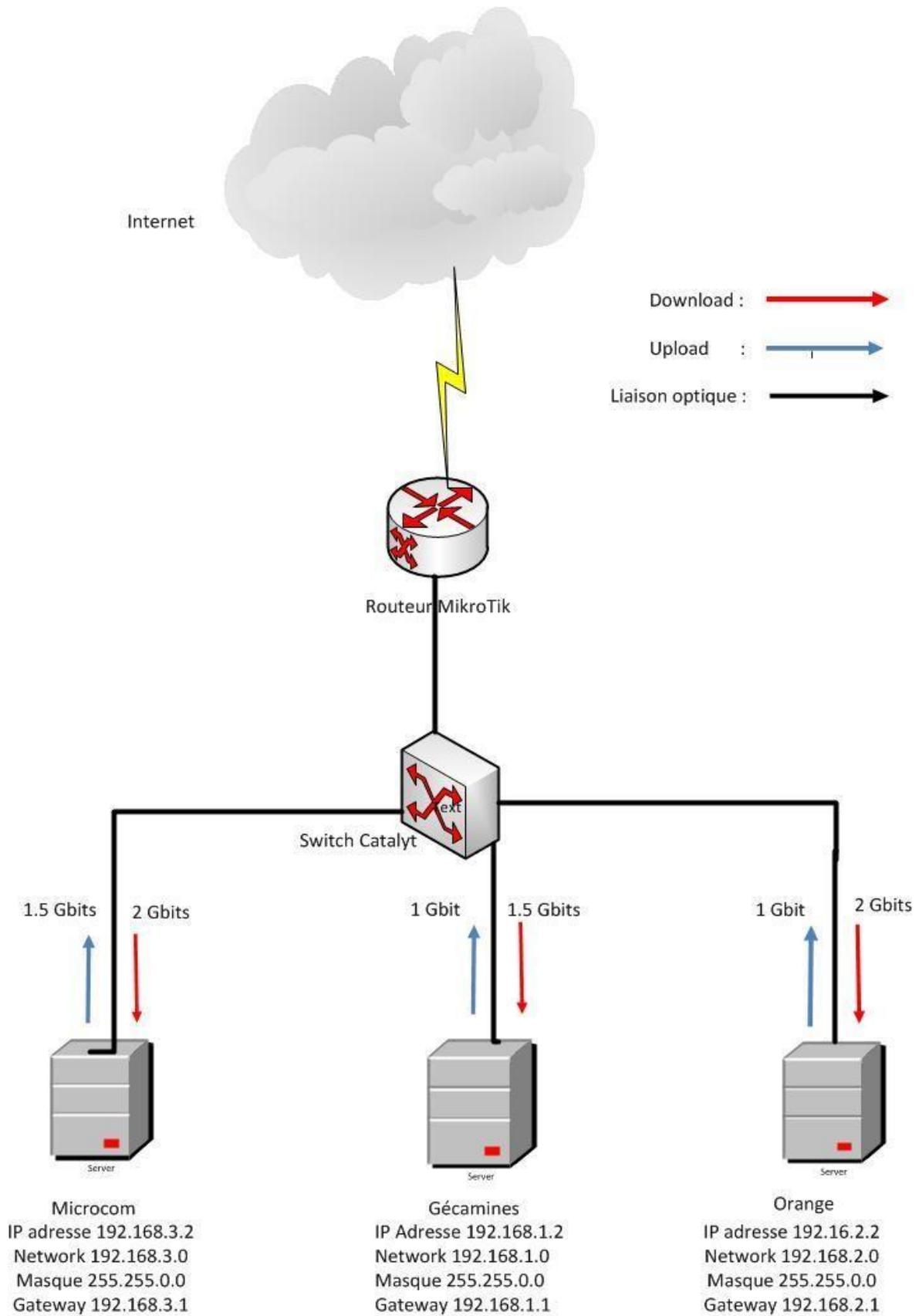


Figure.21. configuration matériel

IV.2. INSTALLATION DU ROUTER OS¹³

Au démarrage de l'ordinateur, nous choisissons de le booter sur le cd contenant l'image du Routeur Os, ensuite il nous sera présenté une interface qui propose les paquets à installer telles que présenté sur les images ci-dessous :

1. Cette interface propose d'installer tous les paquets ou un minimum de paquet.

```

Welcome to MikroTik Router Software installation

Move around menu using 'p' and 'n' or arrow keys, select with 'spacebar'.
Select all with 'a', minimum with 'M'. Press 'i' to install locally or 'q' to
cancel and reboot.

[X] system          [ ] isdn           [X] routing-test
[X] ppp             [ ] lcd           [ ] security
[X] dhcp           [ ] mpls          [ ] stpbridge-legacy
[ ] advanced-tools [X] mpls-test     [ ] synchronous
[ ] arlan          [ ] multicast     [ ] ups
[ ] calea          [X] ntp           [X] user-manager
[ ] gps            [ ] radiolan      [X] wireless
[X] hotspot        [ ] routerboard  [ ] wireless-test
[ ] ipv6           [ ] routing       [X] xen

xen (depends on system):
Provides support Xen virtual machines.

```

Figure.22. fonctionnalités d'installation

2. Cette interface demande juste de garder s'il y a une configuration fait au préalable.

¹³ www.mikrotik.com, consulter le 1 juin 14 à 12h08

```

[X] system          [ ] isdn             [X] routing-test
[X] ppp             [ ] lcd              [ ] security
[X] dhcp           [ ] mpls             [ ] stpbridge-legacy
[ ] advanced-tools [X] mpls-test        [ ] synchronous
[ ] arlan          [ ] multicast        [ ] ups
[ ] calea          [X] ntp              [X] user-manager
[ ] gps            [ ] radiolan         [X] wireless
[X] hotspot        [ ] routerboard     [ ] wireless-test
[ ] ipv6           [ ] routing          [X] xen

xen (depends on system):
Provides support Xen virtual machines.

Do you want to keep old configuration? [y/n]:n
Warning: all data on the disk will be erased!
Continue? [y/n]:_

```

Figure.23. choix de fonctionnalités

3. Vous aurez le processus de l'installation des paquets puis le Routeur va demander de redémarrer lorsque l'installation aura pris fin.

```

Creating partition.....
Formatting disk....

installed system-3.20
installed xen-3.20
installed wireless-3.20
installed user-manager-3.20
installed routing-test-3.20
installed ntp-3.20
installed mpls-test-3.20
installed hotspot-3.20
installed dhcp-3.20
installed ppp-3.20

Software installed.
Press ENTER to reboot
_

```

Figure.24. Installation du routeur OS

4. MikroTik RouterOS a démarré et vous demande de vous connecter.

Avec comme le login admin et sans mot de passe.

```
MikroTik 3.20
MikroTik Login: admin
Password: _
```

Figure 25 : MikroTik login

5. L'accueil du RouterOS

```
MMM      MMM      KKK      TTTTTTTTTT      KKK
MMMM     MMMM     KKK      TTTTTTTTTT      KKK
MMM MMMM MMM III KKK KKK RRRRRR 000000 TTT III KKK KKK
MMM MM  MMM III KKKKK RRR RRR 000 000 TTT III KKKKK
MMM     MMM III KKK KKK RRRRRR 000 000 TTT III KKK KKK
MMM     MMM III KKK KKK RRR RRR 000000 TTT III KKK KKK

MikroTik RouterOS 3.20 (c) 1999-2009      http://www.mikrotik.com/

ROUTER HAS NO SOFTWARE KEY
-----
You have 23h49m to configure the router to be remotely accessible,
and to enter the key by pasting it in a Telnet window or in Winbox.
See www.mikrotik.com/key for more details.

Current installation "software ID": FTGX-E1N
Please press "Enter" to continue!

[admin@MikroTik] > _
```

Figure 26 : interface d'accueil MikroTik

Vu que MikroTik Router OS nous offre une interface en ligne de commande, nous avons eu un autre logiciel qui permet de faire le couplage et avoir une interface graphique, il s'agit bien du Win box, qui permet de se connecter sur le routeur à partir de son adresse ou de son IP et avoir accès au routeur avec toutes ces fonctionnalités.

De cette topologie nous allons devoir passer à la configuration du routeur MikroTik, mais avant tout nous allons commencer par vérifier l'interface est détecté telle que présenté par la figure ci-dessous :

```

MMMM  MMMM      KKK                TTTTTTTTTT      KKK
MMM  MMMM  MMM  III  KKK  KKK  RRRRRR  000000      TTT  III  KKK  KKK
MMM  MM   MMM  III  KKKKK  RRR  RRR  000 000      TTT  III  KKKKK
MMM    MMM  III  KKK  KKK  RRRRRR  000 000      TTT  III  KKK  KKK
MMM    MMM  III  KKK  KKK  RRR  RRR  000000      TTT  III  KKK  KKK

MikroTik RouterOS 2.9.27 (c) 1999-2006                www.routerclub.com

Terminal linux detected, using multiline input mode
[admin@MikroTik] > interface ethernet print
Flags: X - disabled, R - running
#  NAME      MTU  MAC-ADDRESS  ARP
0  R ether1   1500 00:03:FF:FE:FF:FF enabled
1  R ether2   1500 00:03:FF:FD:FF:FF enabled
[admin@MikroTik] >
    
```

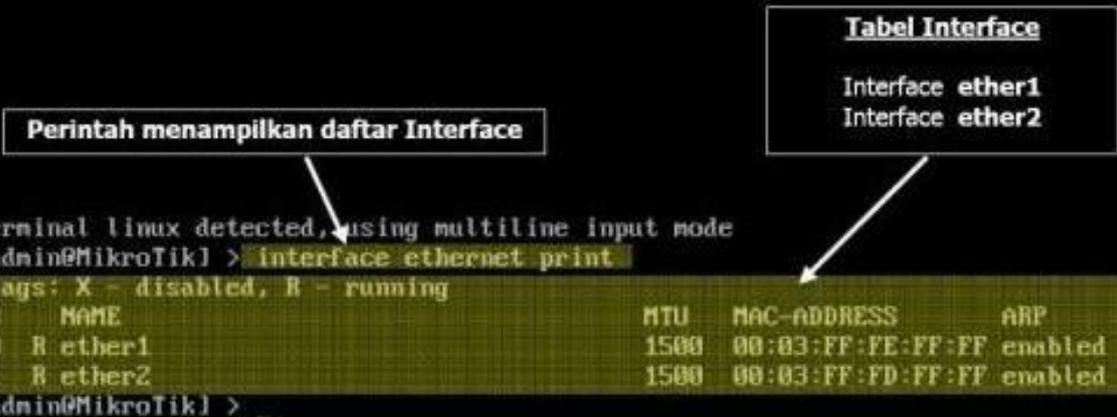


Figure 27 : interface du routeur

IV.3. CONFIGURATION DE L'ADRESSE IP POUR L'INTERFACE :

```

[admin@MikroTik] > ip address print
Flags: X - disabled, I - invalid, D - dynamic
#  ADDRESS      NETWORK      BROADCAST      INTERFACE
[admin@MikroTik] >
[admin@MikroTik] >
[admin@MikroTik] >
[admin@MikroTik] > ip address add address=172.22.22.2/29 interface=ether1
[admin@MikroTik] >
[admin@MikroTik] >
[admin@MikroTik] > ip address add address=192.168.1.254/24 interface=ether2
[admin@MikroTik] >
[admin@MikroTik] >
[admin@MikroTik] > ip address print
Flags: X - disabled, I - invalid, D - dynamic
#  ADDRESS      NETWORK      BROADCAST      INTERFACE
0  172.22.22.2/29  172.22.22.0  172.22.22.7  ether1
1  192.168.1.254/24  192.168.1.0  192.168.1.255  ether2
[admin@MikroTik] >
[admin@MikroTik] >
    
```

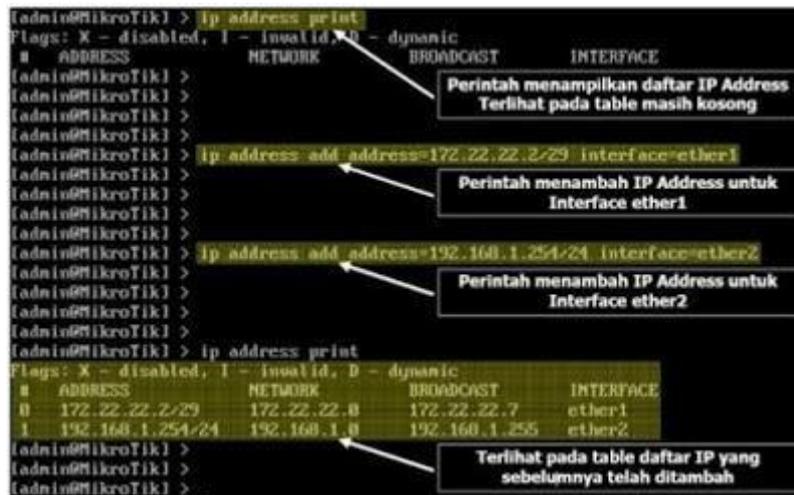


Figure 28 : configuration des IP

Détermination de l'adresse IP de l'interface de la passerelle publique et locale MikroTik, où l'interface publique :

Configuration des adresses IP sur les machines clientes. Déterminer l'adresse IP de chaque client, ajusté comme topologie présentée.

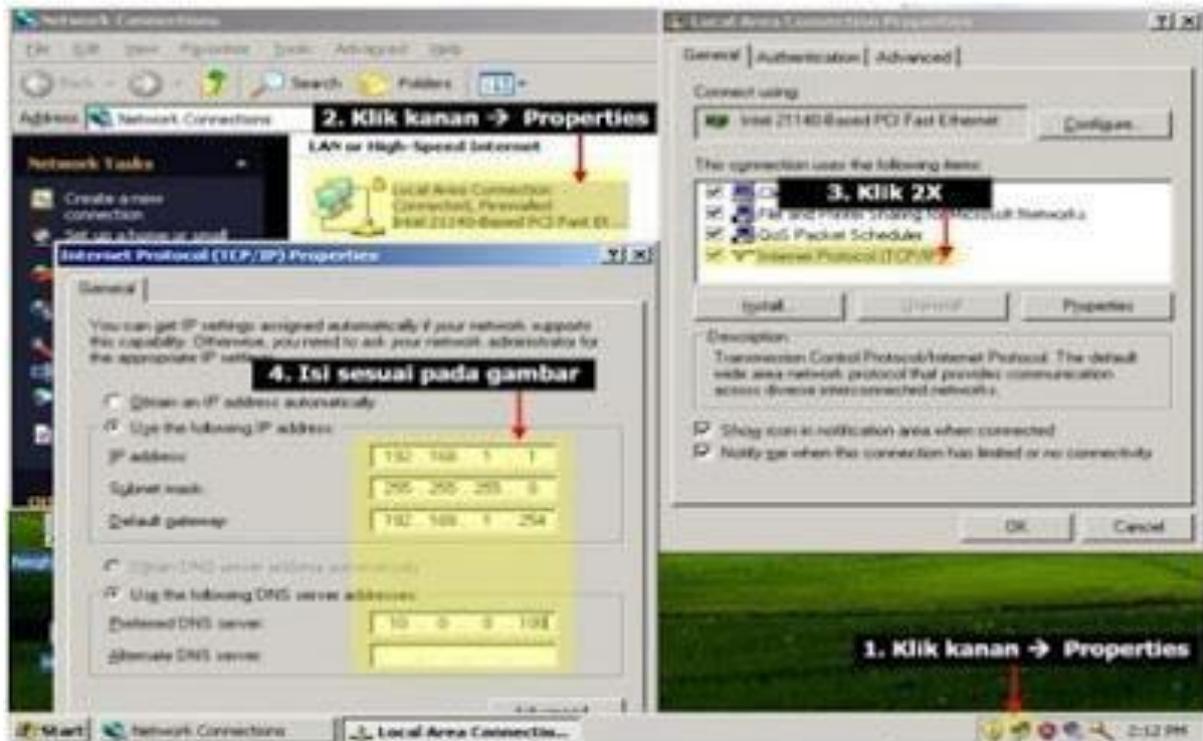


Figure 29 : configuration IP sur les clients

Le réseau est connecté à l'Internet doit être raccordé à une interface de réseau local local.

Nous allons utiliser un outil qui est le MikroTik WinBox, la raison principale pour utiliser l'application basée sur l'interface graphique WinBox fait qu'il est plus facile à être exécuté sur le système d'exploitation Windows.

Nous allons devoir s'assurer qu'avant le réseau client a été connecté au MikroTik Router. Puis se connecter au routeur par sa mac adresse telle que représenté dans la figure ci-dessous:



Figure 30 : connexion au routeur via winbox

IV.4. MONITORING DANS LE CENTRE

Dans la phase du monitoring, nous nous sommes aussi servis du logiciel PRTG qui permet de faire approximativement ce que fait le routeur OS MikroTik. Le PRTG fonctionne en permanence sur un ordinateur Windows à l'intérieur du réseau. Il enregistre les données de l'utilisation de votre réseau.

Une interface Web intuitive aide à administrer le système, à mettre en place les capteurs pour tous les services réseau les plus courants (par exemple : Ping, HTTP, SMTP, POP3, FTP, etc.), permettant de surveiller la vitesse et les défaillances d'un système de réseaux à configurer des rapports et à évaluer les résultats. On peut aussi y créer des comptes rendus sur la charge et permettre aux collègues ou clients d'accéder en temps réel à des graphes et des tableaux.¹⁴

Pour la surveillance de la bande passante, le moniteur du réseau prend en charge ces trois méthodes : SNMP et WMI, Packet Sniffing, Net flow, etc.

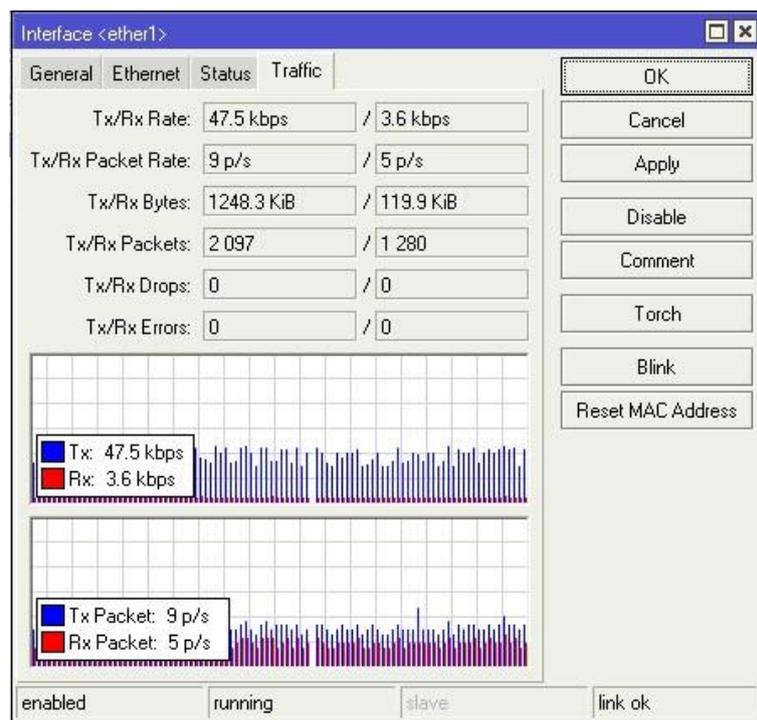
¹⁴ www.paessler.com, consulter le 29 juin 2014 à 11h07



1.

Figure 31 : graphique du monitoring PRTG

Tandis que Le MikroTik Routeur OS lui fonctionne sur le noyau Linux et fait partie de la gamme de plateforme multi port à faible coût. La gamme RB2011 est équipée de Router OS qui propose notamment le routage dynamique, un pare-feu, la gestion de MPLS, VPN et QoS, l'équilibrage de charge et le monitoring se fait en temps réel. Il regorge plusieurs fonctionnalités qui sur PRTG doit être rajouté et son noyau le rend un peu plus stable sur le plan sécuritaire.



2

Figure 32 : graphique du monitoring du routeur OS

IV.5. LIMITATION DE LA BANDE PASSANTE

Nous allons passer à la limitation de l'utilisation de la bande passante pour chaque réseau client, il n'y a pas de client unique qui monopolisera l'utilisation de la bande passante.

Pour cela nous allons utiliser le "file d'attente Tree" pour limiter l'utilisation de la bande passante sur le client. Parce que la méthode Queue arbre nous rend plus souple dans l'application des règles de la limitation de la bande passante, pas si nous utilisons le "Simple Queue". La première étape, nous devons créer des règles dans le pare-feu dans la table mangle, de fournir une "marque" sur les paquets dans et hors de la passerelle MikroTik à chaque client.

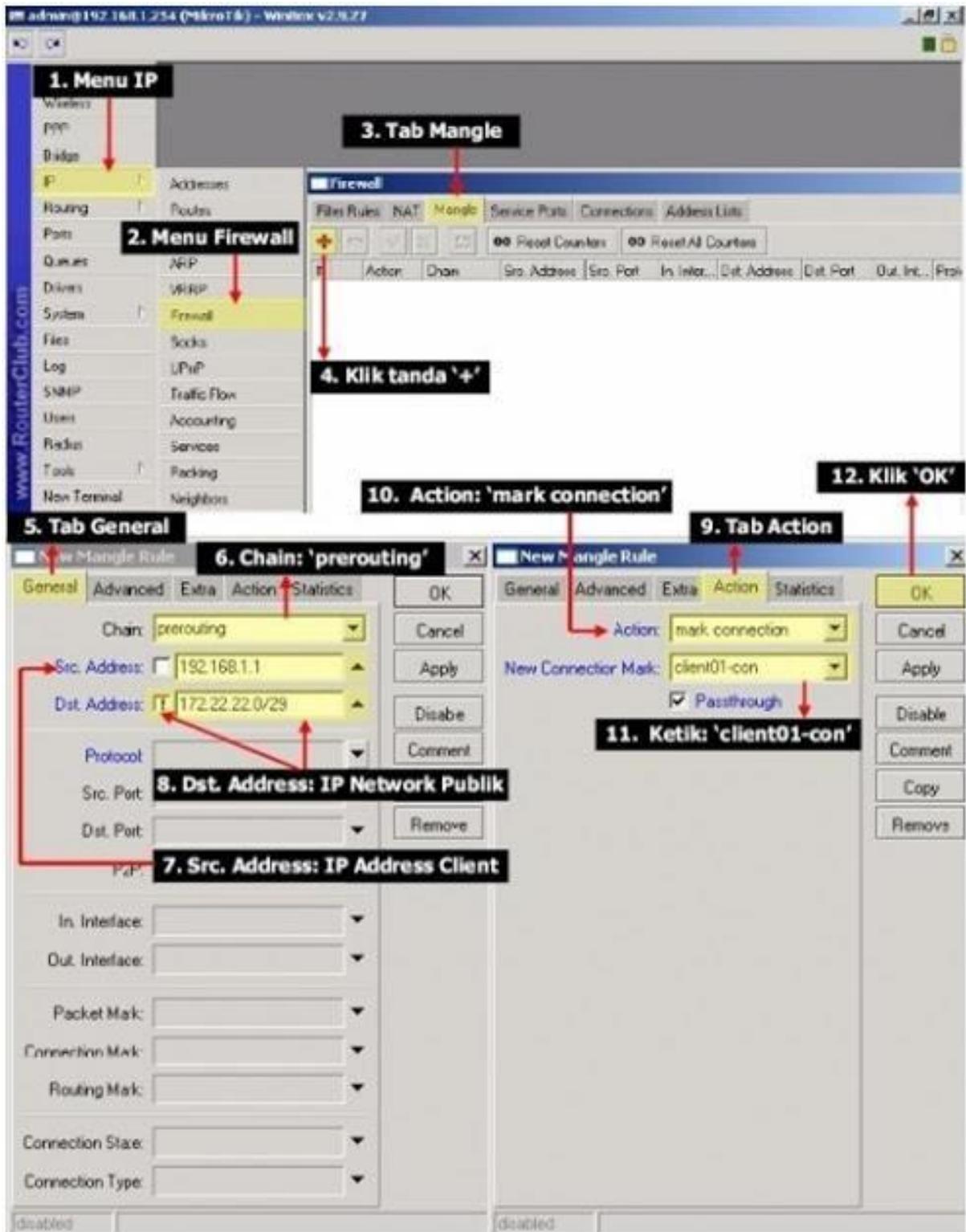
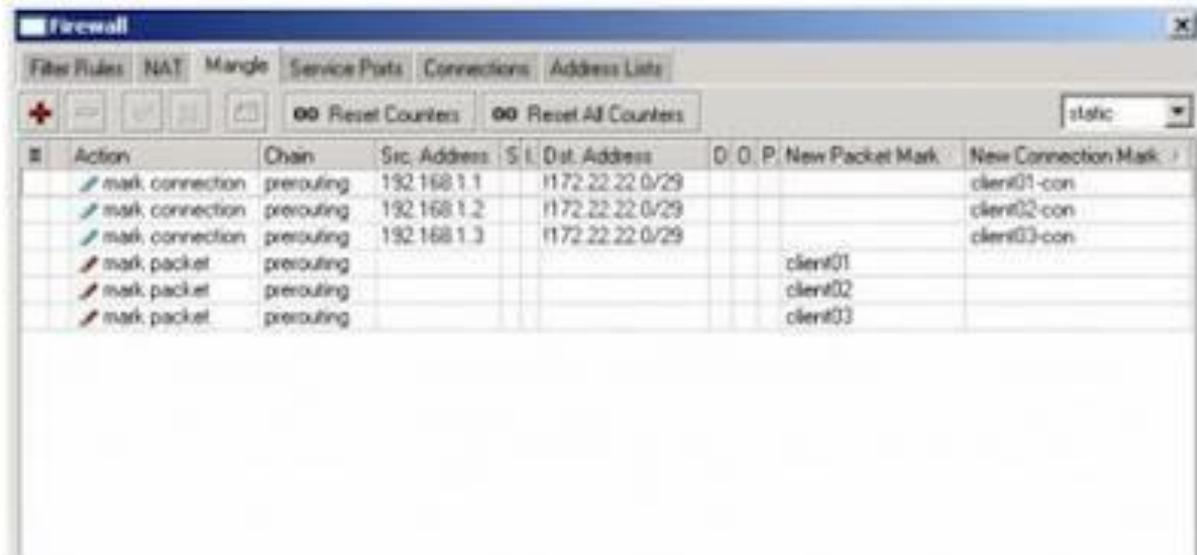


Figure 33 : limitation de la bande passante cliente

Répétez les étapes de fabrication de Mark Connexion »et« Mark paquet "pour le client du réseau, qui diffèrent en partie seulement:

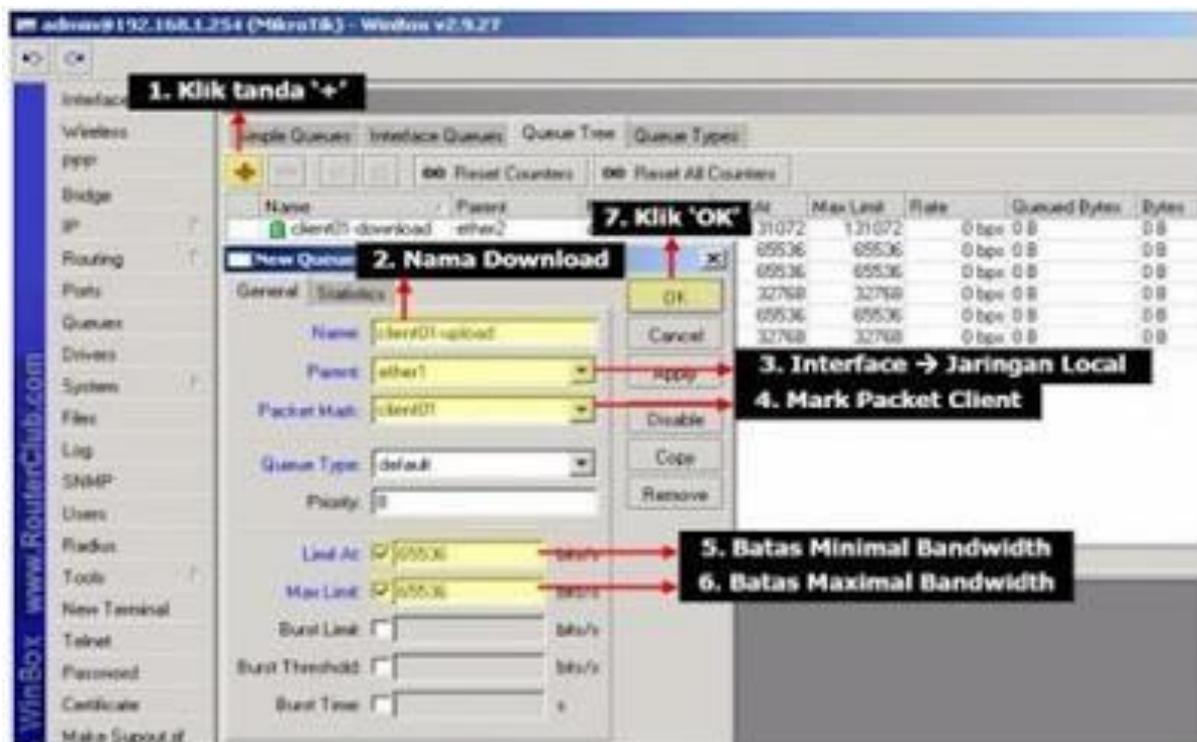
Source Adresse, une nouvelle connexion Mark et Mark nouveau paquet qui sera adapté au client. Le résultat final, comme indiqué ci-dessous:



| Action | Chain | Src. Address | S. P. | Dst. Address | D. O. P. | New Packet Mark | New Connection Mark |
|-----------------|-----------|--------------|-------|-----------------|----------|-----------------|---------------------|
| mark connection | preouting | 192.168.1.1 | | 1172.22.22.0/29 | | | client01-con |
| mark connection | preouting | 192.168.1.2 | | 1172.22.22.0/29 | | | client02-con |
| mark connection | preouting | 192.168.1.3 | | 1172.22.22.0/29 | | | client03-con |
| mark packet | preouting | | | | | client01 | |
| mark packet | preouting | | | | | client02 | |
| mark packet | preouting | | | | | client03 | |

Figure 34 : IP source et destination

Configuration 'Queue Tree' ou « Queue liste », pour un grand téléchargement et la bande passante pour chaque client tout en se référant à la topologie du réseau. Télécharger paramètres de bande passante pour le premier réseau client :



The screenshot shows the 'New Queue' configuration window in WinBox. The following steps are annotated:

- 1. Klik tanda '+'**: Clicking the plus sign to add a new queue.
- 2. Nama Download**: Naming the queue 'client01-download'.
- 3. Interface → Jaringan Lokal**: Selecting the local network interface.
- 4. Mark Packet Client**: Selecting the packet mark 'client01'.
- 5. Batas Minimal Bandwidth**: Setting the minimum bandwidth to 65536.
- 6. Batas Maximal Bandwidth**: Setting the maximum bandwidth to 65536.
- 7. Klik 'OK'**: Clicking the OK button to save the configuration.

Figure 35: limitation des bandes passante

Pour les autres clients, il suffit de suivre les mêmes étapes pour configurer le téléchargement et télécharger la bande passante pour les différents clients. Seulement en différentes parties: Nom, marque de paquet, Limite et Max à la fin de visualiser les paramètres de bande passante pour chaque client sera comme indiqué ci-dessous:

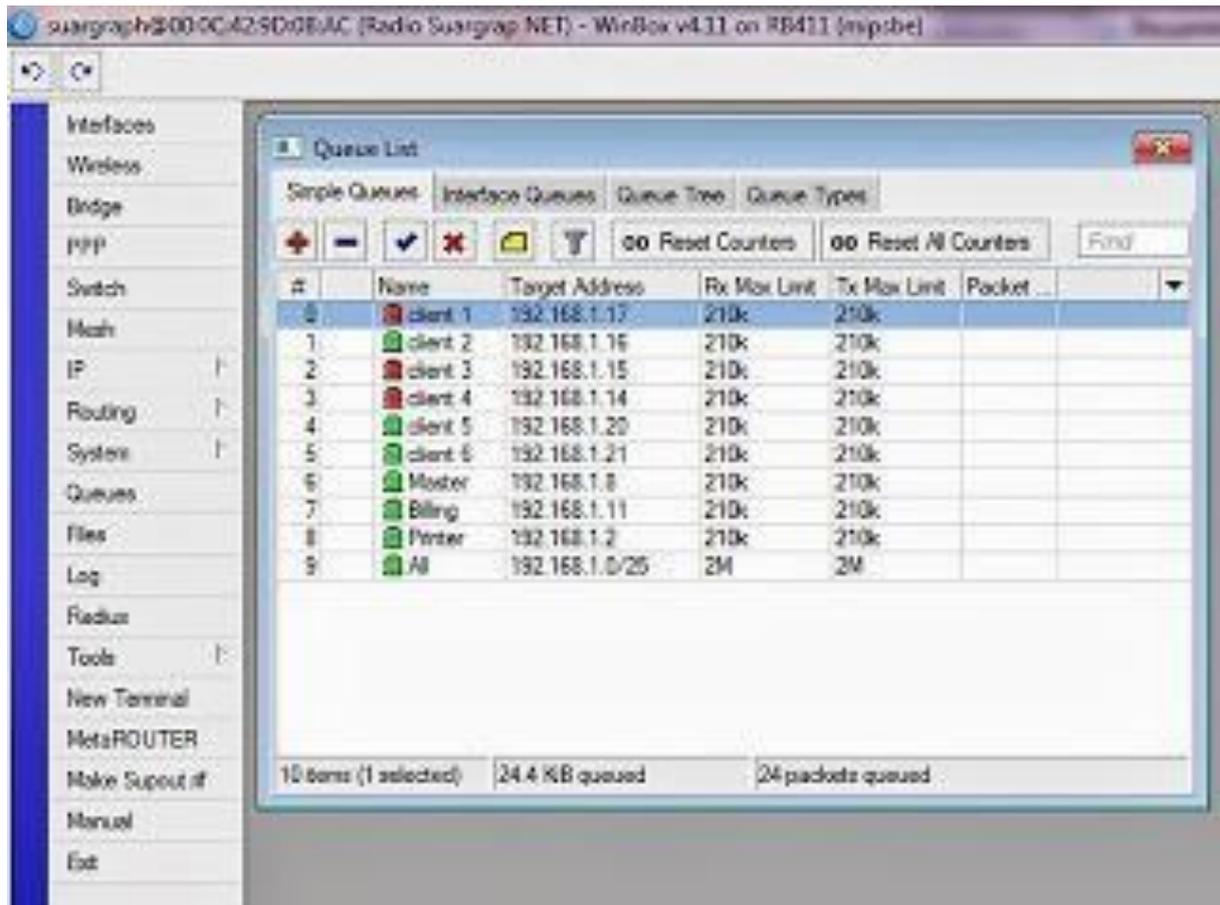


Figure 36 : bande passante aux IP

La figure ci-dessus nous montre la limitation des bandes passante par rapport à l'adresse IP des réseaux en transmission et en réception (RX et TX).

Téléchargement de limite et de télécharger la bande passante pour chaque client, comme le montre sur l'image topologie.

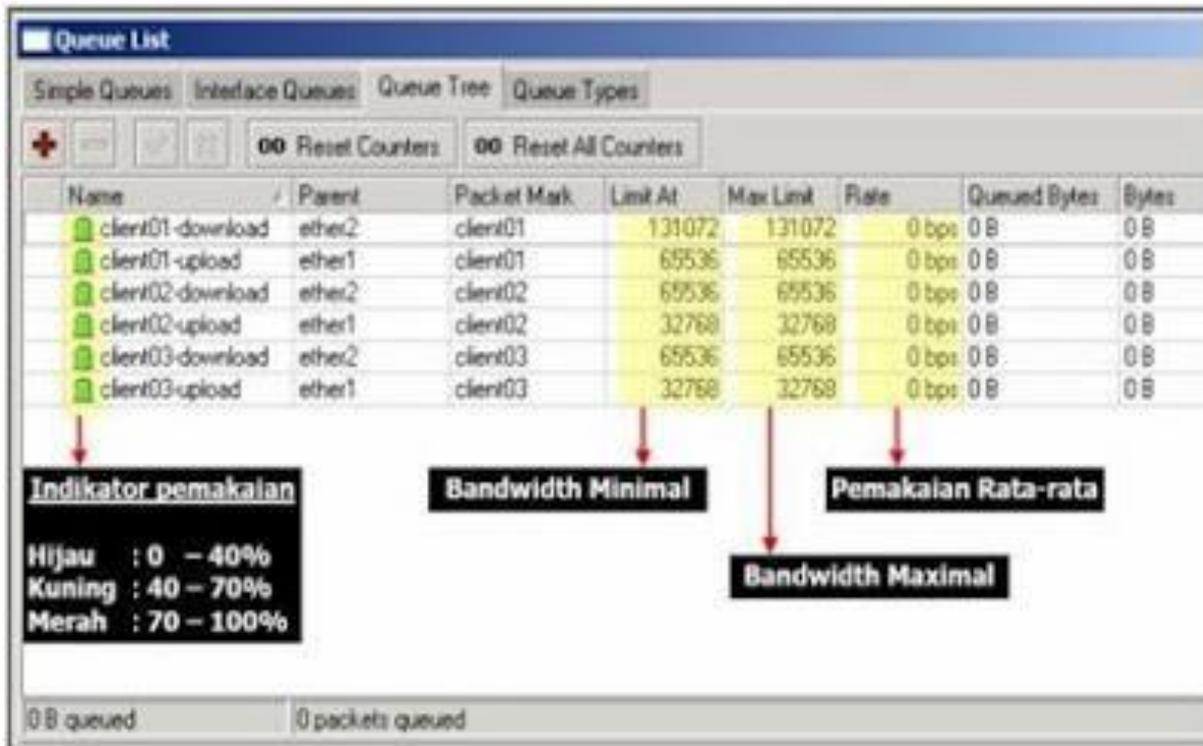


Figure 37 : bande passante maximum et minimal

La Limitation de la bande passante en utilisant MikroTik WinBox est beaucoup plus efficace que ne le font la limitation des réseaux client. Pour limiter la bande passante de la connexion Internet sur le réseau client, nous avons eu seulement besoin de connaître l'adresse IP du réseau ou encore de l'interface de sortie des clients. Et comme cela est fait par rapport à la fibre optique, le routeur MikroTik nous permet à limiter la bande passante dans la gamme Gbits.

IV.6. EVALUATION DU PROJET

A cette étape nous allons énumérés quelques avantages et limites de cette technologie :

Avantages

- Les débits sont très élevés : La fibre optique est capable d'acheminer des débits considérables, environ 100 fois plus élevés que le réseau actuel en cuivre (technologie ADSL), plusieurs Gigabits/s, même si les propositions commerciales au niveau des abonnés peuvent être limitées

à des valeurs beaucoup moins élevées, 50 ou à 100 Mb/s par exemple), une atténuation du signal en fonction de la distance est très faible, ce qui permet des liaisons directes de plusieurs centaines de kms ;

- Contrairement au réseau actuel, la fibre optique: transporte des données sur de très longues distances, quasiment sans atténuation du signal, quelle que soit la localisation du logement ; est insensible aux perturbations électromagnétiques, ce qui garantit une meilleure qualité ;
- La fibre optique permet d'apporter chez l'abonné des flux audiovisuels en haute définition (HD) ou en 3 dimensions (3D).
- Une bande passante de l'ordre de 1 GHz pour 1 km,
- Un volume très faible pour un encombrement minimum, une grande légèreté,
- Une très faible atténuation (1 dB/km) et donc une très bonne qualité de transmission,
- Une indépendance presque totale face à la température et aux perturbations.
- Un autre avantage de la fibre optique est l'aspect sécurité : il est très difficile de brancher une écoute sur un câble optique et une telle opération se traduit par une chute significative du signal dont la cause est facilement localisable. Cela permet d'approuver que la fibre est un support clos.

Inconvénients

- Le cout est élevé ;
- La mise en œuvre ou la pose est beaucoup plus complexe voire même difficile ;
- C'est une technologie qui va nécessiter une mise à niveau par des formations.

CONCLUSION

La fibre optique étant un support qui nous permet d'avoir des débits important et une capacité en bande passante sans concurrent jusqu'au stade des recherches actuelles.

Le besoin d'avoir une large bande passante dans le quotidien des entreprises ne cesse de croître sur notre ville de Lubumbashi et pour ce faire, elles souscrivent tant soit peu à des réseaux optiques existants à cause de leurs multiples avantages, entre autre celle de disponibiliser une grande bande passante de l'ordre des Gigabits.

Pour ce qui concerne notre travail, nous présentons par anticipation le processus de gestion d'une bande passante d'un réseau optique dans un centre sur notre ville de Lubumbashi. L'équipement technologique principal est le routeur MikroTik qui présente de nombreux avantages tels que l'allocation d'une bande passante, le monitoring en temps réel et une bonne surveillance du trafic pour éviter le gaspillage de la bande passante; car toutes les entreprises connectées aux réseaux n'auront pas les mêmes contraintes en termes d'administration des ressources réseaux.

La solution proposée dans notre travail n'est qu'un jalon que nous posons en termes de technologies de la fibre optique. C'est ainsi que nous ouvrons un large champ pour les futurs chercheurs à renchérir d'avantage les résultats de notre étude.

GLOSSAIRE

1. **APON** : Active Passive Optical Network;
2. **ATM** : Asynchronous Transfer Mode;
3. **BPON**: Broadband Passive Optical Network;
4. **Commutateur** : appareil qui permet d'établir la communication entre 2 point du réseau ;
5. **Coupleur** : dispositif matériel qui permettant la transmission de données par réseau téléphonique ;

6. **Débit** : Quantité d'information empruntant un canal de communication pendant un intervalle de temps. Mesuré en Mbit/s, ou Mbps, Mo/s ;
7. **EPON**: Ethernet Passive Optical Network;
8. **Gbps** : Giga Bit Par Seconde ;
9. **IEC** : International Electrotechnical commission, en français CEI commission électrotechnique international ;
10. **Mbps** : Méga bits par seconde;
11. **Nœud** : jonction entre connexions dans un réseau ;
12. **QoS** : Quality Of Service en français Qualité de Service;
13. **SDH** : Synchronous Digital Hierarchy;
14. **SONET** : Synchronous Optical Network;
15. **THD** : très haute définition ;
16. **TRANSDUCTEUR** : dispositif transformant une forme d'énergie en une autre ;
17. **UIT**: union international des telecommunications;
18. **WDM**: Wave-length Division Multiplexing. Multiplexage en longueur d'onde ;

BIBLIOGRAPHIE

1. OUVRAGES

2. Andrew TANENBAUM, Réseaux, 4^e Edition, Paris, 2007.
3. Guy PUJOLLE, Les Réseaux, édition Eyrolles, Paris, 2011.
4. Jean Michel Mur, Les fibres optiques, eni-édition, 2013.
5. Tendances de réforme dans les télécommunications 2007.

2. TRAVAUX INEDITS

- NSENDA NTONKOKA Elie, Conception d'un Réseau Large Bande à Fibre optique pour le triple Play, cas de Lubumbashi, Ecole Supérieure d'Informatique Salama, 2013.

- Ronsard MAYEMBA, Etude sur l'impact de la Transmission optique dans un réseau multiservices cas de RNIS, Ecole Supérieure des Métiers d'Informatiques et de Commerce, 2009.
- TSHILAMBO MUHANGO Gaël, Etude de l'Architecture du Backbone à Fibre optique implanté dans la ville de Lubumbashi en vue d'un déploiement FTTH, Ecole Supérieure d'Informatique Salama, 2013.

3. NOTES DE COURS

- CT. DIKASA Engondo Modeste, Cours de Méthode des Recherches Scientifiques, Institut Universitaire Maria Malkia, Troisième Graduat Technologie Et Réseaux, Lubumbashi, 2013-2014.
- Daël TUMBWE, Cours de Télécommunications, Institut Universitaire Maria Malkia, Lubumbashi, 2012-2013.
- Pitchou MUSANSHA, Cours de TCP/IP, Institut Universitaire Maria Malkia, Lubumbashi, 2013-2014.

4. WEBOGRAPHIE

- www.openbsd.org
- www.digitalcongo.net
- www.mikrotik.com
- www.exfo.com/fr/solutions/reseaux-daccs-fttx/reseaux-ftth

TABLE DES TABLEAUX

| | |
|---|----|
| Tableau 1 Types de fibre optique | 9 |
| Tableau 2. Comparaison entre l'ADSL et le FTTH | 10 |
| Tableau 3 Caractéristique des fibres optique..... | 10 |
| Tableau 4 Code couleur fibre optique..... | 12 |
| Tableau 5. Normalisation des fibres optique | 21 |
| Tableau 6 : Les bandes passantes | 29 |
| Tableau 7 : Dimensionnement des SRO | 35 |
| Tableau 8 : Taille des NRO..... | 37 |
| Tableau 9 : Contenances des câbles Fibre Optique | 40 |
| Tableau 10 : Taux de couplage | 41 |
| Tableau 11 : Distance en fonction du taux de couplage | 43 |

Tableau 12 : Référentiel pour l'ingénierie des réseaux FTTH 44

TABLE DES FIGURES

Figure1 : Réseaux optique 13
 Figure. 2 : Technologie BPON 15
 Figure.3 : Technologie EPON 16
 Figure.4 : Technologie GPON 17
 Figure. 5 : Principe des réseaux FTTH en point à point basé sur la technologie Ethernet 18
 Figure. 6 : Technologies en Etoile d'Active Optical Network 19
 Figure.7 : Technologie en anneau de l'Active Optical Network 19
 Figure 8 : Réseau optique a Lubumbashi 22
 Figure 9 : Axe sud-ouest de la ville 24
 Figure 10 : Axe sud-est 24
 Figure 11 : Plan Fibre Optique Gécamines 26
 Figure 12 : Box fibre optique & switch catalyst 4506-e..... 27
 figure 13 : Reseaux orange 28
 figure 14 : Architecture polyvalente 32
 figure 15 : Un sous repartiteur optique 36
 figure 16 : Module optique d'accès 36
 figure 17: Exemple de plan nro de 10000 lignes ptp (48m2, source : axione)
 38 figure 18 : Architectures ptp et pmp
 43 figure 19 : Reseau ftth sur la ville
 45 figure 20 : Les points de mutualisation
 46 figure.21. Architecture reseaux
 49 figure.22. Fonctionnalites d'installation
 50 figure.23. Choix de fonctionnalites..... 51
 figure.24.

| | |
|---|---------------|
| Installation du routeur os | 51 figure 25 |
| : Mikrotik login | 52 figure 26 |
| : Interface d'accueil mikrotik | 52 figure 27 |
| : Interface du routeur | 53 figure 28 |
| : Configuration des IP | 53 figure 29 |
| : Configuration IP sur les clients | 54 figure 30 |
| : Connexion au routeur via win box | 55 figure 31 |
| : Graphique du monitoring PRTG | 56 figure 32 |
| : Graphique du monitoring du routeur os | 57 figure 33 |
| : Limitation de la bande passante cliente | 58 figure 34 |
| : Ip source et destination | 59 figure 35: |
| Limitation des bandes passante | 59 figure 36 |
| : Bande passante aux IP | 61 Figure 37 |
| : Bande passante maximum et minimal | 61 |

TABLE DES MATIERES

| | |
|---|-----|
| DEDICACE | II |
| REMERCIEMENTS..... | III |
| AVANT PROPOS | IV |
| INTRODUCTION..... | 1 |
| 1. CHOIX ET INTERET | 2 |
| 2. ETAT DE LA QUETION | 2 |
| 3. PROBLEMATIQUE ET HYPOTHESE | 3 |
| 4. METHODES ET TECHNIQUES | 4 |
| 5. DELIMITATION DU SUJET..... | 4 |
| 6. SUBDIVISION DU TRAVAIL..... | 4 |
| CHAPITRE I : GENERALITES SUR LA FIBRE OPTIQUE | 4 |
| I.1 DEFINITION DES CONCEPTS | 6 |
| I. 2. THEORIE SUR LA FIBRE OPTIQUE:..... | 6 |
| I.2.1. Apport de la fibre optique :..... | 7 |
| I.2.2. Les différents types de Fibre optique et leurs caractéristiques..... | 7 |
| I.3. TECHNOLOGIE DE DEPLOIEMENT DES RESEAUX HAUT DEBIT | 9 |
| I.4. CARACTERISTIQUE DES FIBRES OPTIQUES | 10 |
| I.5. CODIFICATION COULEUR DES FIBRES OPTIQUE..... | 11 |
| I.6. LES RESEAUX OPTIQUES..... | 11 |
| I.6.1. Définition :..... | 12 |
| I.6.2. Architecture des réseaux optiques | 13 |
| CHAPITRE II : CADRE D'ETUDE | 21 |

| | |
|--|----|
| II.1. PRESENTATION DU CAS..... | 21 |
| II.2. DELIMITATION EN ESPACE | 23 |
| II.3. LE TRAFIC..... | 24 |
| II.3.a. LA GECAMINES : | 25 |
| II.3.b. ORANGE : | 27 |
| II.4. LES BANDES PASSANTES..... | 28 |
| CHAPITRE III : LES RESEAUX FTTH SUR LA VILLE DE LUBUMBASHI | 30 |
| III.1. L'ARCHITECTURE DU RESEAU POUR LA VILLE DE LUBUMBASHI..... | 30 |
| III.2 DIMENSIONNEMENT DES INFRASTRUCTURES OPTIQUES | 33 |
| III.3. DIMENSIONNEMENT DES NŒUDS | 34 |
| III.3.1. Prise Terminale Optique (PTO)..... | 34 |
| III.3.2. Point de branchement (PDB) | 34 |
| III.3.3. Sous répartiteur optique (SRO)..... | 34 |
| III.3.4. Sous répartiteur optique d'immeuble (SRI) | 36 |
| III.3.5. Boitier Pied de l'Immeuble (BPI) | 36 |
| III.3.6. Nœud raccordement optique (NRO)..... | 36 |
| III.4. DIMENSIONNEMENT DES CABLES FIBRE OPTIQUE | 38 |
| III.4.1. Capacités des câbles..... | 39 |
| III.4.2. Couplage de la Technologie GPON..... | 39 |
| III.4.3. Contraintes technologiques | 41 |
| III.5. PROPOSITION D'IMPLANTATION D'UN CENTRE DE GESTION DE BANDE PASSANTE SUR LA VILLE..... | 44 |
| III.5.1. Proposition du réseau FTTH sur la ville..... | 44 |
| III.5.2. Point de mutualisation | 44 |
| III.6. CHOIX DU MIKROTIK ROUTEROS | 45 |
| III.7. PRE-REQUIS DE L'INSTALLATION..... | 45 |
| CHAPITRE IV : IMPLEMENTATION DE LA SOLUTION | 46 |
| IV.1. PRESENTATION DE L'ARCHITECTURE..... | 46 |
| IV.2. INSTALLATION DU ROUTER OS | 48 |
| IV.3. CONFIGURATION DE L'ADRESSE IP POUR L'INTERFACE : | 51 |
| IV.4. MONITORING DANS LE CENTRE..... | 53 |
| IV.5. LIMITATION DE LA BANDE PASSANTE..... | 55 |
| IV.6. EVALUATION DU PROJET | 60 |
| CONCLUSION | 62 |
| GLOSSAIRE | 62 |
| BIBLIOGRAPHIE | 63 |

| | |
|--------------------------|----|
| 1. OUVRAGES..... | 63 |
| 2. TRAVAUX INEDITS | 63 |
| 3. NOTES DE COURS | 64 |
| 4. WEBOGRAPHIE | 64 |
| TABLE DES TABLEAUX | 64 |
| TABLE DES FIGURES | 65 |
| TABLE DES MATIERES..... | 66 |