

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

BADJI MOKHTAR- ANNABA UNIVERSITY

UNIVERSITE BADJI MOKHTAR ANNABA



جامعة باجي مختار - عنابة

Année : 2016

Faculté : Sciences de l'Ingénierat

Département : Electronique

MEMOIRE

Présenté en vue de l'obtention du diplôme de : MASTER 2

Intitulé :

**Systemes de transport des données à 60Gb/s par RoF vers
l'accès réseau sans fil**

Domaine : SCIENCES ET TECHNOLOGIE

Filière : ELECTRONIQUE

Spécialité : TELECOMMUNICATION AVANCEES

Par : Boudinar Besma

DEVANT le JURY

Président : TOUMI .S Professeur Université Badji Mokhtar Annaba

Encadreur : SAOUCHI .k M.C.A Université Badji Mokhtar Annaba

Examineur : BENOUARET .M Professeur Université Badji Mokhtar Annaba

Dédicace

Dédicace

Je dédie ce modeste travail a

Ma très chère Mère et mon très cher père pour leur soutien, leurs sacrifices
et tous ses efforts qu'ils ont fait pour mon éducation

Mes sœurs , mes frères ,ma nièce et ma neuve

Toutes Mes amies

Remerciement

Remerciement

Je remercie Dieu de m'avoir aidé à réaliser ce modeste travail

Je remercie mon encadreur Mr saouchi pour le temps qu'il ma consacré et pour ses conseils

Je remercie les membres de jury d'avoir bien voulu accepter d'évaluer mon travail

Je remercie toute l'équipe Arcelor mital pour leur accueil

Je remercie toute ma famille et particulièrement mes parents qui m'ont toujours encouragés au cours de mes études et sans qui je n'aurais jamais pu arriver jusque la

Je remercie toutes mes amis

Résumé

Résumé

Dans ce mémoire on a étudié le système de transmission des données par radio sur fibre optique vers l'accès radio sans fil ,dans une première étape on a fait une étude générale de la radio sur fibre . Dans le seconde étape on applique la technologie radio sur fibre dans le contexte des réseaux d'accès et on a présenté les différentes architectures radio sur fibre .Dans la troisième étape par simulation numérique avec le logiciel optisystem on a évalué la qualité de la transmission de données on utilisons plusieurs critères

Abstract

In this paper we study the radio data transmission system on optical fiber to access wireless radio, as a first step we made a general study of the fiber on radio. In the second stage fiber on radio technology is applied in the context of access networks and fiber on different radio architectures are presented .In the third step by numerical simulation with the software optisystem quality was evaluated from the transmission data we use several

ملخص

في هذا البحث دراسة نظام نقل بيانات الراديو على الألياف الضوئية للوصول إلى الراديو اللاسلكي، كخطوة أولى قدمنا دراسة عامة من الألياف في الإذاعة. في تطبيق الألياف المرحلة الثانية على التكنولوجيا اللاسلكية في سياق شبكات النفاذ والألياف على أبنية إذاعية مختلفة يتم عرض في الخطوة تم تقييمها من انتقال البيانات optisystem الثالثة عن طريق المحاكاة العددية مع جودة البرمجيات نستخدم عدة معايير

Introduction générale

Chapitre 1 : Etude de la technologie radio sur fibre

introduction

1. La technologie radio sur fibre	(1)
1.1 Définition de la technique radio sur fibre.....	(2)
2. avantages et limitations de la radio sur fibre	(2)
2.1 avantages de la radio sur fibre.....	(2)
2.1.1 Large bande passante.....	(2)
2.1.2 Faible atténuation.....	(2)
2.1.3 Coût.....	(2)
2.1.4 Réduction de la consommation d'énergie.....	(2)
2.1.5 Immunité aux interférences des signaux.....	(3)
2.1.6 Pérennité d'installation.....	(3)
2.1.7 Un système hybride.....	(3)
2.2 Limitations de la radiosurfibre	(3)
2.1.1 Dispersion au niveau de la fibre.....	(3)
2.1.2 Bruit et non-linéarité.....	(3)
3. Systèmes de transport des signaux RF, IF, bande de base.....	(3)
3.1 Transport de fréquence RF sur fibre.....	(4)
3.2 Transport de fréquence IF-sur-fibre.....	(4)
3.3 Transport du signal en bande de base.....	(5)
4. Génération des signaux radio-sur-fibre (modulation du signal)	(5)
4.1 Modulation directe	(6)

sommaire

4.2 Modulation externe	(6)
5. Génération et transmission d'une porteuse micro-onde sur fibre optique par battement optique	(7)
5.1 Utilisation de deux lasers indépendants	(7)
5.2 Utilisation de deux lasers corrélés.....	(8)
5.2.1 Corrélation par injection optique	(8)
6. Transmission de données utilisant la radio-sur-fibre et la génération hétérodyne	(9)
6.1 Principe général de communications	(10)
7. Les techniques de multiplexage dans les systèmes RoF	(11)
7.1 Le multiplexage de sous-porteuses	(11)
7.2 Multiplexage en longueurs d'ondes.....	(12)
8. Équation de Schrödinger.....	(13)
9. Conclusion	(15)

Chapitre 2 Applications et Architectures radio sur fibre dans l'accès

1.1 Applications.....	(16)
1.1.1 Réseaux optiques.....	(16)
1.1.2 Réseaux UMTS.....	(16)
1.1.3 Réseaux WiMAX.....	(17)
1.1.4 Réseaux WiFi.....	(18)
1.1.5 Réseaux UWB.....	(20)
1.2 Les architectures générale de la radio sur fibre.....	(20)
1.2.1 l'architecture point à point radio sur fibre.....	(20)
1.2.2 Les architectures point à multipoints radio sur fibre.....	(21)
1.2.3 Les architectures radio sur fibre indoor et domestique.....	(22)
1.3 Conclusion	(23)

Chapitre 3 simulation

sommaire

Introduction

Simulation	(24)
1. Création d'une porteuse millimétrique	(24)
1.1 . Résultats de la simulation	(24)
2. Système WDM à 16 Canaux 60GBit /s Codé NRZ modulée par une porteuse millimétrique	(25)
2 .1 Partie Emission	(27)
2.2 Partie transmission	(27)
3. Partie Critères et méthodes d'évaluer la qualité de transmission.....	(28)
3 .1 Taux d'erreurs binaires	(28)
3 .2 Facteur de qualité	(28)
3.3 Diagramme de l'œil.....	(29)
4. Schéma de la liaison de WDM.....	(29)
5. Modulation interne	(34)
6. conclusion	(37)

sommaire

INTRODUCTION GENERALE

INTRODUCTION GENERALE

Compte tenu des évolutions rapides des services de télécommunications accessibles aux usagers, notamment les services multimédias enrichis comme l'Internet à très haut débit, la TV Haute définition, les futurs réseaux d'accès et réseaux domestiques devront bientôt être capables de transporter des flux de données pouvant atteindre le gigabit par seconde. Cette demande en très hauts débits va largement au-delà des possibilités offertes par les solutions actuelles à base de câble coaxial (ADSL)

Les avantages de la fibre optique en tant que support de transmission (grande bande passante , faibles pertes de propagation , immunité aux ondes électromagnétique) justifient l'important développement des systèmes de transmission optique durant la dernière décennie.

Enfin, la technologie radio sur fibre peut être appliquée dans les différents réseaux fixe, radio, mobile et domestique suivant les besoins

Pour le réseau d'accès optique, l'utilisation de la radio sur fibre permet d'accélérer le déploiement des réseaux haut-débits grâce à la flexibilité de la radio et/ou de partager l'infrastructure optique pour fournir d'autres services notamment radio.

Pour les réseaux d'accès radio et les réseaux mobiles, cette technique permet de répondre aux problématiques des signaux radio large bande et à la multiplicité de cellules à petite puissance..Enfin pour les réseaux domestiques, la radio sur fibre permet d'augmenter la portée des systèmes domestiques et d'augmenter la couverture radio,

Notre mémoire comporte 3 chapitres. Le premier chapitre concerne l'étude des systèmes radio sur fibre et la génération d'une porteuse millimétrique pour transporter les données vers l'aérien. Le deuxième chapitre traite les différentes architectures des systèmes RoF et de sa technologie vers l'accès. Et finalement le troisième chapitre concerne la simulation des systèmes WDM en utilisant le logiciel optisystem 0.7

Introduction

Dans ce chapitre on donne la définition de la radio sur fibre ,et les avantages de la technologie radio sur fibre optique utilisés puis on présente le mélange de deux faisceaux laser sur un photo détecteur permet de généré un signal radio fréquence la pureté requise pour les réseaux de communications radio sur fibre optique.

1. la Radio sur Fibre

1.1 Définition de la technique radio sur fibre

Entre un point d'accès et une antenne, la transmission de type coaxiale impose de courtes distances de transmission du fait des pertes induites proportionnelles à la longueur du câble. La fibre optique s'offre comme un candidat idéal pour le transport d'un signal radiofréquence : elle présente de très nombreux avantages tels que de très faibles pertes, ce qui autorise de très longue distance sans répéteur ni amplificateur, et aussi sa fabrication peu coûteuse et surtout une très large bande passante. De plus les normes de constructions feront qu'elles seront implémentées dans de nombreux bâtiments.

La technique radio sur fibre consiste donc (pour notre cas) à transporter, directement sur fibre optique, le signal électronique contenant les données à transmettre modulé en amplitude autour d'une porteuse optique.

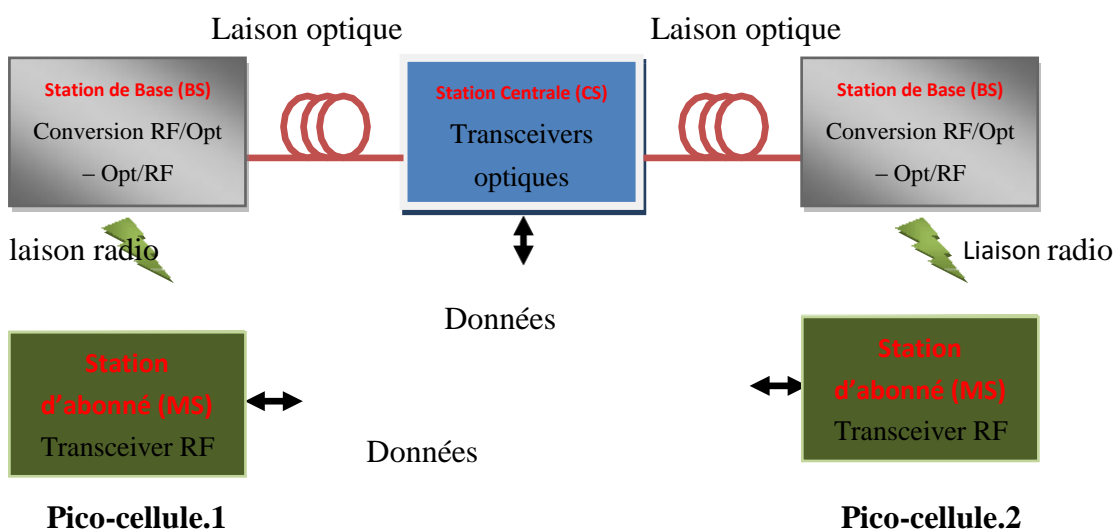


FIG 1 - Synoptique d'un système radio sur fibre classique

Sur la FIG 1 ,les signaux radio sont transportés sur des fibres optiques de la Station Centrale (SC ou CS : Central Station) jusqu'à plusieurs Stations de Bases (SB ou BS : Base Station) ou antennes (RAU : Remote Antenna Unit). Ces dernières communiquent par signaux radio avec les stations des abonnés (MS : Mobile Station).

La station de base dans un système RoF devient beaucoup plus simple par rapport au système

traditionnel : l'adaptation aux niveaux désirés et la conversion entre le signal RF et le signal optique sont ses fonctionnalités. L'émission/réception des données en bande de base, le traitement du signal et les autres fonctions sont tous centralisés dans la station centrale.

2. Avantages et limitations de la technique radio sur fibre

2.1 Avantages de la radio sur fibre

La technique radio sur fibre présente les avantages suivants :

2.1.1 Large bande passante : Il existe trois fenêtres de transmission qui offrent peu d'atténuation, 850 nm, 1310 nm et 1550 nm. Pour une fibre optique monomode, la largeur de bande combinée de ces trois fenêtres excède 50 THz. Actuellement, les systèmes commerciaux (WDM et DWDM) utilisent seulement une très petite partie de cette capacité, environ 1.6THz.

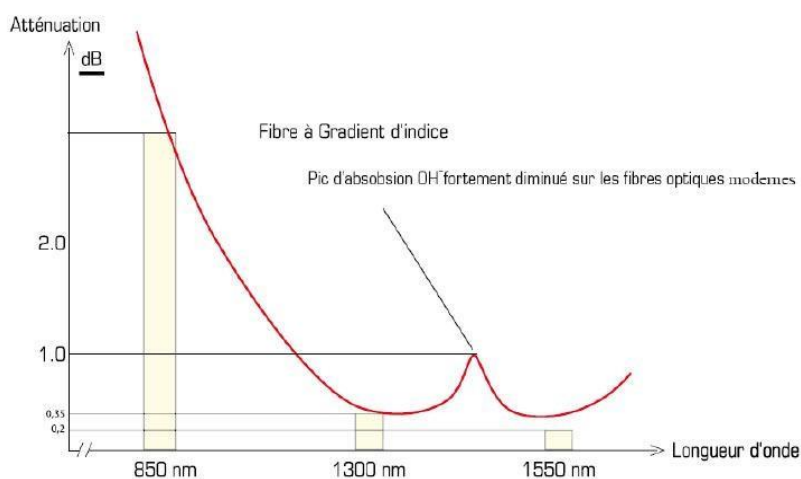


FIG 2 - Affaiblissement de la fibre multimode { gradient d'indice en fonction de la longueur d'ondes

2.1.2 Faible atténuation : La transmission des signaux RF en espace libre ou par câbles est coûteuse et compte tenu des pertes peut limiter la portée du système. La technique radio sur fibre peut être une solution à ce problème pour transporter des signaux radio à haute fréquence sur des longues distances.

2.1.3 Coût : à l'heure actuelle le coût d'installation d'un réseau particulier est plus cher en cuivre qu'en fibre optique. Le cuivre deviendra de plus en plus rare alors qu'il y a une immense réserve de silice. De plus les modes de fabrication sont évolués ; il restera le coût d'infrastructure.

2.1.4 Réduction de la consommation d'énergie :

- *Simplification des BS* : Une BS peut juste comprendre un laser et un photodétecteur pour la conversion O/E et E/O, un amplificateur, un filtre RF et une antenne.
- *Faible PIRE (Puissance Isotrope Rayonnée Equivalente)* : Pour l'application intérieure, un avantage du système radio sur fibre est de réduire la taille des cellules. En conséquence, la puissance d'émission de l'antenne peut être plus faible si on augmente le nombre de cellules.

2.1.5 Immunité aux interférences des signaux RF : ceci est un autre avantage du système RoF car les signaux sont transmis sous forme lumineuse immune aux impulsions CEM..

2.1.6 Pérennité d'installation : les dispositifs complexes et coûteux pour un système RoF sont centralisés au niveau du SC. Ceci permet de centraliser des fonctions complexes et de simplifier les BS. Par conséquent, Les coûts d'installation et d'entretien du système peuvent être réduits ,car les composants du SC sont partagés par plusieurs BS.

2.1.7 Un système « hybride » : Le système RoF peut aussi être partagé entre plusieurs opérateurs (connexion dans la SC) pour distribuer des multiservices en louant l'accès à la couverture.

2.2 Limitations de la radio sur fibre

2.2.1 Dispersion au niveau de la fibre optique : La dispersion est toujours une contrainte qui limite la longueur des liens. Pour la fibre monomode (SMF : Single Mode Fiber), la limitation est due à la dispersion chromatique, tandis que pour la fibre multimode (MMF : Multi Mode Fiber), c'est la dispersion intermodale qui est la plus pénalisante.

2.2.2 Bruit et non-linéarité : Etant donné que l'on utilise des signaux analogiques, il faut dimensionner le système en tenant compte des imperfections propres telles que le bruit (facteur de bruit : NF (Noise Figure)) et les non-linéarités (IP3 (point d'interception du troisième ordre) ou TOI (Third-order Intercept Point))

Ces handicaps limitent la dynamique (DR: Dynamic Range) de la liaison radio sur fibre.

La dynamique caractérise la différence entre le plus fort et le plus faible des signaux circulant dans le lien tout en respectant les marges (back-off) au bruit (SNR : Signal to Noise Ratio) et à la non-linéarité (déformation du signal).

3. Systèmes de transport des signaux RF, IF, bande de base

Les systèmes radio-sur-fibre sont généralement classés selon trois principaux types d'architecture de transport: Radio Fréquence (RF), fréquence intermédiaire (IF) et bande de base. Le choix de l'architecture détermine le matériel nécessaire au niveau de la BS et sa complexité. Un système duplex complet peut utiliser des architectures de transport différentes sur la liaison montante et

sur la liaison descendante.

3.1 Transport de fréquence RF sur fibre

Principe : L'architecture RF-sur-fibre permet de transporter via un lien optique les signaux RF directement à la fréquence à laquelle ils sont destinés à être rayonnés en espace libre

Avantages : Cette approche présente l'avantage que les signaux ne subissent aucune transposition de fréquence au niveau des stations de bases qui bénéficient d'une architecture simple nécessitant uniquement des conversions électro-optique et opto-électrique, amplification RF, et émission/réception RF.

En outre, un contrôle centralisé de traitement des signaux permet de faciliter l'évolutivité du système.

Inconvénients : Toutefois, la transmission directe des signaux RF s'avère d'autant plus difficile que la fréquence RF est élevée en raison des effets néfastes de la dispersion chromatique. Par ailleurs, dans le domaine millimétrique (30-300 GHz), les prix des composants optoélectroniques demeurent élevés. Des photodiodes à large bande passante avec un bon rendement de conversion sont nécessaires tant au niveau du CS que de chaque BS. La modulation externe est

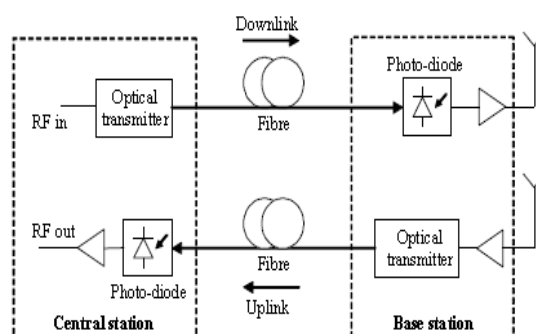


FIG 3 : Système ROF utilisant un transport de signal RF

effectuée à l'aide des modulateurs ultra-rapides permettant d'atteindre des vitesses de modulation élevées (> 40 GHz) comme le modulateur Mach- Zehnder (MZM) ou le modulateur à électro-absorption(EAM).

3.2 Transport de fréquence IF-sur-fibre

Principe : L'architecture IF-sur-Fibre permet le transport des signaux RF en réduisant fortement l'effet de la dispersion chromatique des fibres par le fait de transmettre des signaux radio sur fibre par le biais des fréquences intermédiaires (IF) avec une transposition de fréquence effectuée à la BS

Avantages : L'utilisation d'une fréquence de modulation intermédiaire dans le cas du transport IF-sur-Fibre permet avantageusement de réduire de manière significative les effets de la dispersion

chromatique en comparaison avec le cas du transport RF-sur-fibre.

Un autre avantage de ce système est d'offrir une efficacité en terme de coût, puisqu'il permet d'intégrer des composants électroniques à bas coût largement disponibles sur le marché.

Inconvénients : Toutefois, cette architecture reste compliquée par rapport à l'architecture RF-sur-Fibre, dans la mesure où des oscillateurs locaux et des mélangeurs sont nécessaires au niveau de chaque BS pour effectuer les transpositions de fréquence, ces oscillateurs pouvant être partagés entre les liens montant et descendant.

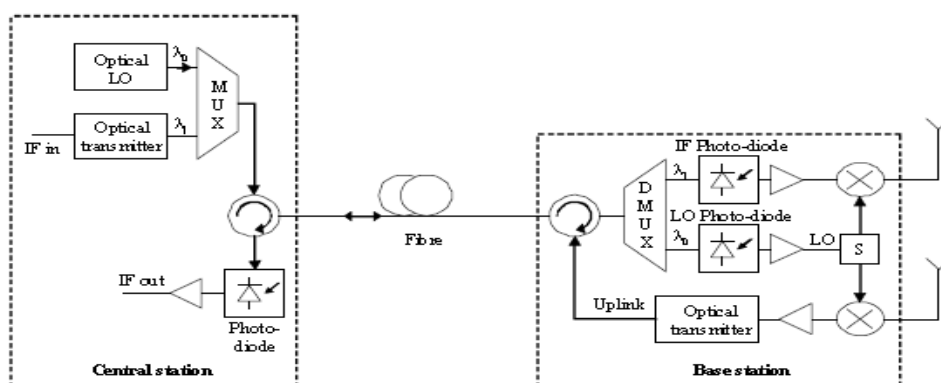


FIG4 : système ROF utilisant un transport de signal IF

3.3 Transport du signal en bande de base

Dans cette architecture, un signal en bande de base est généré et transmis à travers la fibre optique depuis la station de contrôle jusqu'aux stations de base.

Sur le lien descendant, le signal en bande de base détecté au niveau de la station de base est transposé sur une porteuse RF (i.e. onde millimétrique) avant qu'il soit rayonné par l'antenne. Réciproquement sur le lien montant, le signal RF reçu par l'antenne doit être converti en bande de base avant d'être acheminé vers la station centrale.

L'avantage de cette technique est qu'elle permet de réduire considérablement les effets de la dispersion du fait d'une transmission en bande de base, mais elle exige des équipements électro-optiques à haute fréquence coûteux (mélangeurs).

4. Génération des signaux radio-sur-fibre (modulation du signal)

La modulation du signal au sein de la fibre optique est essentielle, en effet, cela permet deux choses :

- Générer l'information binaire à partir d'un signal physique.
- Traduire l'information binaire en niveau de puissance du signal lumineux.

Le procédé de modulation peut être de 2 types différents, à savoir le type direct, et le type externe.

4.1. Modulation directe

Un des principaux avantages de l'utilisation des lasers à semi-conducteur pour les systèmes de télécommunications par fibres optiques réside dans le fait qu'il est possible de les moduler facilement. La modulation du courant qui les traverse entraîne directement la modulation en intensité de la lumière émise. Cette technique est appelée modulation directe.

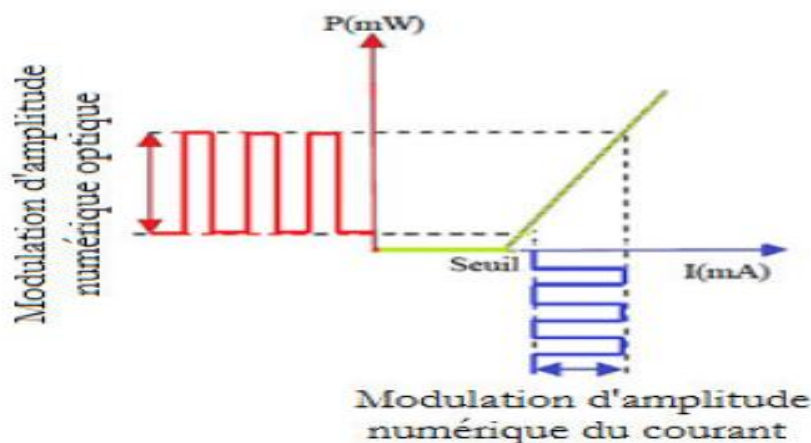


FIG5 : Modulation directe d'une diode

Cette solution de modulation directe requiert assez peu de composants. En dehors du laser, seuls un générateur de courant et un driver sont nécessaires. Le premier va émettre à un débit donné une séquence de données.

Le rôle du driver est de commander la source optique au niveau des puissances émises (en fixant les valeurs du courant d'alimentation). Pour cela, il modifie, transforme les niveaux du courant issu du générateur.

4.2 Modulation externe

La modulation externe consiste à écrire les données électriques sur un signal optique continu. Elle est obtenue en modulant directement le faisceau lumineux en sortie du laser et non plus le courant d'alimentation à l'entrée du laser. Ainsi les défauts de la modulation directe qui incombent au laser ne seront plus présents sur le signal optique.

Cette modulation consiste à utiliser un modulateur externe. Celui-ci est commandé par une tension externe $v(t)$, modulée et représentative de l'information à transmettre. Cette tension appliquée au modulateur a pour propriété de modifier le facteur de transmission en intensité en sortie.

Le signal optique continu émis par le laser alimenté par un courant constant est donc peu dégradé. En traversant le modulateur, il subit les modifications du facteur de transmission et le signal de sortie se trouve modulé selon $v(t)$. Un driver est souvent présent entre les données et le modulateur afin de fixer les niveaux de $v(t)$ et choisir les modifications du facteur de transmission.

5. Génération et transmission d'une porteuse micro-onde sur fibre optique par battement optique

5.1 Utilisation de deux lasers indépendants

La technique de génération de micro-ondes par détection de battement optique est basée sur la photo détection du mélange de deux ondes optiques dont l'intervalle fréquentiel est égal à la fréquence microonde voulue.

On utilise donc deux lasers émettant aux fréquences f et $f + f_{rf}$ les puissances respectives P_1 et P_2 . Le photocourant est alors :

$$I_{PD} = \sigma_{PD} \{ (P_1 + P_2) + 2\sqrt{P_1 P_2} \cos(2\pi f_{RF} t + \phi_2(t) - \phi_1(t)) \}$$

Où σ_{PD} est la sensibilité du photodétecteur et ϕ_1, ϕ_2 les phases des lasers 1 et 2.

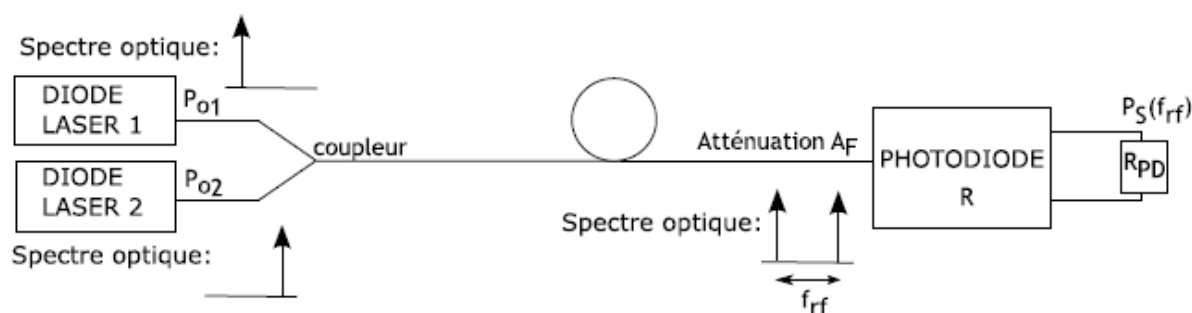


FIG 6 : détection de battement optique de deux lasers indépendants

La résistance de charge en sortie du photo détecteur reçoit donc une puissance continue proportionnelle à la somme des puissances optiques, et une puissance micro-onde proportionnelle à $\sqrt{P_1 P_2}$. La fréquence de l'onde générée est bien entendu limitée par la bande passante du photodétecteur, mais celle-ci ne cesse de s'étendre, et cette méthode est déjà utilisée pour générer des ondes dans le domaine THz.

En terme de bilan de puissance, on remarque que c'est la puissance optique continue qui est convertie en puissance micro-onde, par conséquent avec deux lasers de 40 mW il est possible d'obtenir près de 80 mW de puissance radio dans une charge 50 ohm. La limite vient maintenant du photo-détecteur qui doit être capable de pouvoir recevoir de fortes puissances optiques et de générer de fortes puissances électriques sans saturation.

Le principal désavantage de cette technique se situe au niveau de la stabilité fréquentielle de l'onde générée et de son bruit de phase. En effet, la fréquence du battement est directement égale à la différence des deux fréquences optiques. Or la fréquence optique est reliée à la longueur optique de la cavité laser, c'est à dire à la distance géométrique et à l'indice. Ces deux paramètres dépendent de la température.

On observe typiquement, dans une diode laser, des variations d'une dizaine de GHz pour un Kelvin, par conséquent même en stabilisant la température à 0.0001 K, la fréquence peut varier de 1 MHz, ce qui, relativement à la fréquence optique, correspond à une variation de 10^{-8} , mais qui, relativement à une fréquence micro-onde de 10 GHz, correspond à une variation de 10^{-4} . Il est alors possible de stabiliser les deux fréquences sur une cavité Fabry-Perot ou des raies d'absorption atomiques.

La densité spectrale de puissance du battement est, du fait de l'incohérence entre les ondes optiques, la convolution des densités spectrales de puissances optiques. Par conséquent, en considérant deux lasers de profil spectral lorentzien et de largeur à mi-hauteur 1 MHz, le battement micro-onde présente alors une densité spectrale lorentzienne de largeur à mi-hauteur 2 MHz, correspondant alors à une porteuse de très mauvaise qualité.

Le seul moyen pour obtenir une porteuse utilisable est de faire battre des lasers de largeur spectrale extrêmement faible, c'est à dire en pratique des lasers solides voire avec contre-réaction optique dont la longueur d'onde ne correspond pas forcément à la fenêtre de transmission des fibres optiques.

5.2 Utilisation de deux lasers corrélés

5.2.1 Corrélation par injection optique

Le problème de stabilité de la méthode par hétérodynage provient de l'indépendance entre les deux lasers utilisés. Afin de résoudre ce problème il est donc nécessaire de corrélérer les deux lasers. En 1983, L. Goldberg du Naval Research Laboratory, étudie la possibilité de synchroniser par injection optique un laser sur une des bandes latérales d'un laser modulé. Il parvient ainsi à accrocher le laser esclave sur la cinquième harmonique du laser maître modulé à 1.9 GHz. En outre, il observe un battement électrique de grande pureté spectrale en détectant le battement entre le laser maître et le laser esclave. Ceci constitue donc une première méthode de génération de micro-onde et a donné lieu à plusieurs améliorations techniques. Elle présente cependant le désavantage de

partager la puissance optique du laser maître.

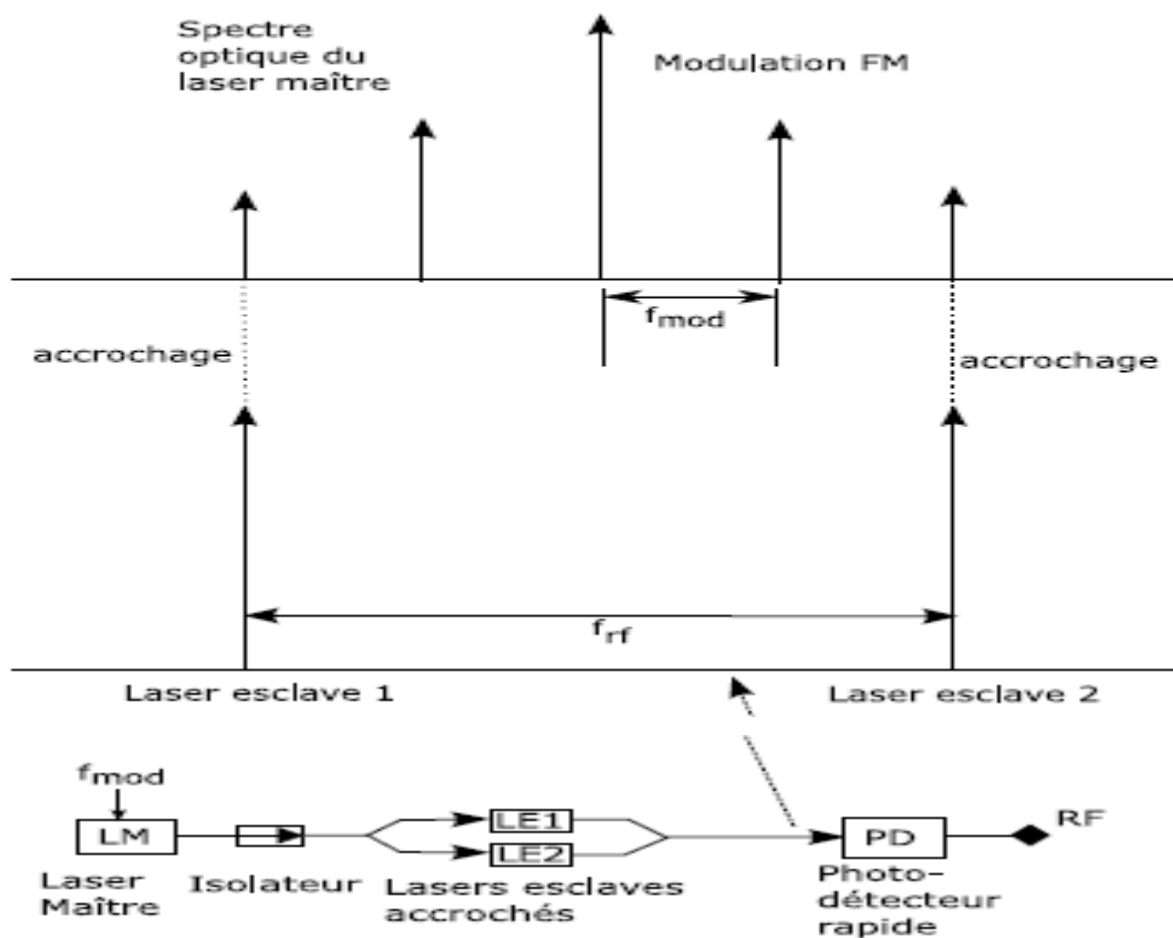


FIG 7 : détection de battement optique deux lasers corrélés

Entre de nombreuses bandes latérales dont une seule est utilisée pour le battement hétérodyne, le bilan de puissance est donc faible car la puissance optique fournie par le laser maître est faible. Un autre montage est ensuite proposé par L. Goldberg utilisant alors non plus un laser maître et un laser esclave, mais deux lasers esclaves chacun accroché sur une des bandes latérales du laser maître modulé, comme le présente la figure 14. Par conséquent, le laser maître ne participe plus en terme de puissance au battement hétérodyne et on peut profiter de l'ensemble de la puissance délivrée par les lasers esclaves.

En modulant le laser maître à 2.63 GHz, il parvient à générer une fréquence microonde de 10.52 GHz en accrochant les deux lasers sur les bandes latérales respectivement -2 et +2. La largeur spectrale du battement apparaît alors uniquement limitée par la largeur spectrale de l'oscillateur subharmonique utilisé pour moduler le laser maître.

6.Transmission de données utilisant la radio-sur-fibre et la génération

hétérodyne

Après avoir présenté la méthode de génération et de transport de porteuses micro-ondes par battement hétérodyne, nous allons maintenant présenter comment un tel système peut être utilisé pour transporter des données binaires de la station de contrôle à la station mobile via une station de base.

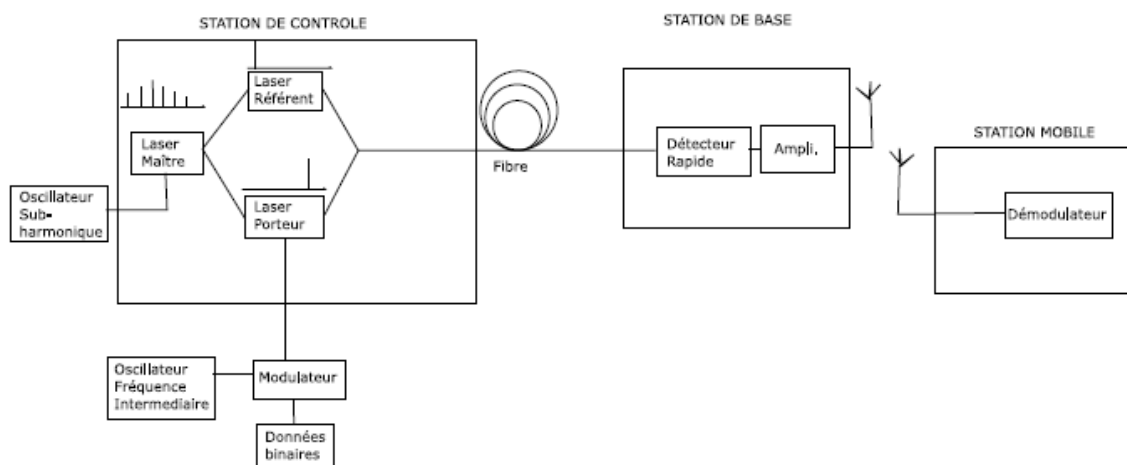


FIG 8 : Schéma général du système de télécommunications hybride opto/micro-onde basé sur le battement laser hétérodyne corrélé par synchronisation sur bandes latérales de modulation

6.1 Principe général de communications

Nous avons représenté sur la figure 8 la manière selon laquelle le système de génération micro-onde par battement laser s'insère dans un canal physique de communication de type radio-sur-fibre.

Du point de vue fonctionnel, un système de génération de micro-onde par battement laser simple (par exemple à l'aide d'un laser bi-mode) est un générateur de micro ondes alors qu'un système de génération basé sur l'accrochage sur des bandes latérales de modulation est un multiplicateur de fréquence en même temps qu'un moyen d'acheminer optiquement une porteuse d'un point à un autre par voie optique.

Du point de vue système de communication, la technique hétérodyne fonctionne comme un convertisseur de fréquence porteuse. En effet, en amont les données numériques sont traduites physiquement par une porteuse radio modulée, par exemple une porteuse radio de 200 MHz modulée par des données à 100 MBit/s. Cette porteuse modulée peut être appliquée sur le courant d'un des deux lasers, celui que nous appellerons le laser porteur, l'onde d'optique devient alors la porteuse et l'onde radio la sous porteuse modulée. Les données sont donc transportées sur une

porteuse optique jusqu'au photo détecteur situé dans la station de base.

L'onde optique du laser porteur va alors battre avec l'onde optique du second laser, dit de référence, et provoquer la génération d'un photo courant dans la bande micro-onde. Les données sur la sous porteuse radio passent donc de la porteuse optique à la porteuse micro-onde uniquement grâce à un photodétecteur. On réalise donc simultanément la génération de la porteuse et la modulation de la porteuse. Grâce à la porteuse micro-onde, les données peuvent alors être acheminées sans fil jusqu'à la station mobile.

7. Les techniques de multiplexage dans les systèmes RoF

7.1 Le multiplexage de sous-porteuses

Le multiplexage de sous-porteuses (SCM) est une technique simple et rentable pour l'exploitation de la bande passante des fibres optiques dans les systèmes de communication optiques analogiques en général et dans les systèmes RoF en particulier. Dans SCM, chaque signal RF (ou sous-porteuse) est utilisé pour moduler une même porteuse optique de fréquence f_0 . Il en résulte un spectre optique composé du signal d'origine à la fréquence f_0 et de deux bandes situées à $f_0 + f_{sc}$ et à $f_0 - f_{sc}$ avec f_{sc} est la fréquence de la sous porteuse. Si la sous-porteuse (f_{SC1}) est modulée avec des données (canal 1), alors les bandes latérales centrées autour de 1 peuvent être produites comme illustré sur la figure ci-dessous.

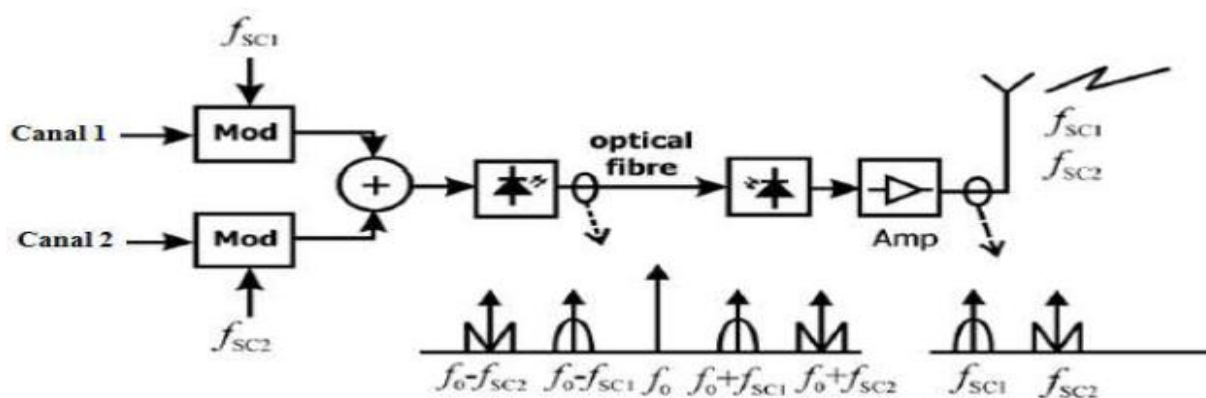


FIG 9 : Multiplexage de deux canaux sur une seule porteuse optique

Pour multiplexer plusieurs canaux sur une seule porteuse optique, de multiples sous porteuses sont d'abord combinées, puis utilisées pour moduler la porteuse optique comme le montre la figure ci-dessus. Au niveau du récepteur, les sous-porteuses sont récupérées par une détection directe et ensuite rayonnées. Différents schémas de modulation peuvent être utilisés sur des sous-porteuses différentes. Une sous-porteuse peut transporter des données numériques, alors qu'une

autre peut être modulée avec des données analogiques telles que la vidéo ou le trafic téléphonique. De cette façon, la technique SCM supporte divers types de multiplexage de données à large bande. La modulation de la porteuse optique peut être faite soit par une modulation directe du laser, ou en utilisant des modulateurs externes tels que le MZM comme décrit précédemment.

Un des principaux avantages de la technique SCM est qu'elle supporte tout type de données. Chaque sous-porteuse peut transporter un signal ayant un format de modulation différent. Par conséquent, cette technique peut être utilisée pour une large gamme d'applications telles que les réseaux câblés et les réseaux locaux sans fil. C'est une conséquence du fait que la technique de modulation utilisée et les formats de modulation des données transportées sur chaque sous-porteuse sont indépendants des sous-porteuses utilisées. Par ailleurs, dans le cas où les sous-porteuses sont à faibles fréquences, les composants optoélectroniques nécessaires à la réalisation des systèmes à base de SCM sont largement disponibles.

L'inconvénient de cette technique est le fait d'être une technique de communication analogique et de ce fait, elle est plus sensible aux effets du bruit et des distorsions dues aux non-linéarités. Cela place la linéarité dans les exigences strictes sur la performance des composants en particulier pour les applications vidéo pouvant nécessiter des valeurs de rapport signal sur bruit élevé ($CNR > 55$ dB). Le RIN du laser est la principale source de bruit et devrait être maintenu aussi bas que possible.

7.2 Multiplexage en longueurs d'ondes

La technique WDM consiste à injecter simultanément plusieurs canaux d'informations de N porteuses optiques, à différentes longueurs d'onde transmettant chacune un débit D , dans une même fibre optique en partant du principe que les différentes longueurs d'onde d'une impulsion de lumière se propageant sur la fibre optique à des vitesses différentes.

L'utilisation du multiplexage WDM nécessite un ensemble de diodes lasers émettant à des longueurs d'ondes différentes mais assez proches (dans le voisinage des 1550 nm).

A la réception un démultiplexeur optique pour combiner/séparer les différentes longueurs d'onde qui sont ensuite converties vers le domaine électronique au moyen de photodiodes. La Figure 12 représente un exemple d'une liaison utilisant le multiplexage WDM.

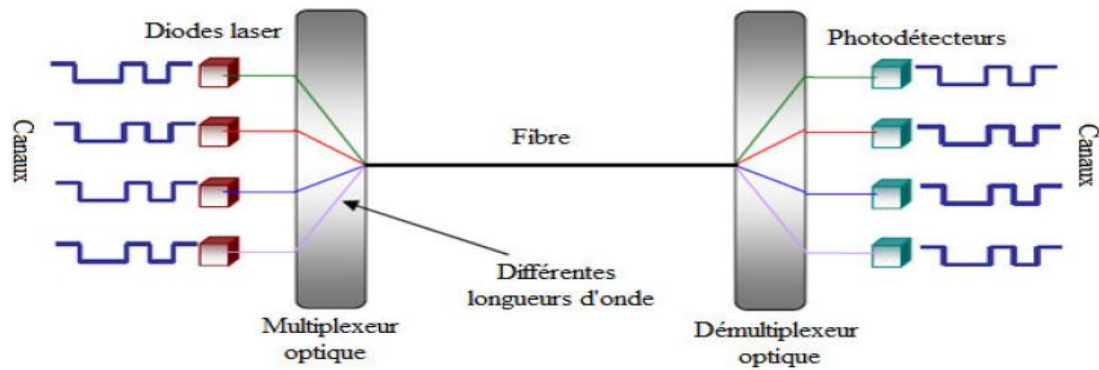


FIG 10 : Schéma de principe du multiplexage en longueur d'onde

8. Equation de Schrödinger non linéaire

Une impulsion lumineuse, d'enveloppe lentement variable $A(0,t)$, qui se propage dans une fibre optique peut être décrite par l'équation de Schrödinger non linéaire générale suivante :

$$\frac{\partial A}{\partial z} + i \underbrace{\frac{\beta_2}{2} \frac{\partial^2 A}{\partial t^2} - \frac{\beta_3}{6} \frac{\partial^3 A}{\partial t^3}} + \underbrace{\frac{\alpha_L}{2} A}_{\text{Atténuation}} - \underbrace{i\gamma |A|^2 A}_{\text{Effet de Kerr}} = 0 \quad (1)$$

Propagation Dispersion chromatique Atténuation Effet de Kerr

Théoriquement, les effets de la dispersion sont exprimés par le développement limité en série de Taylor de la constante de propagation autour de la fréquence de la porteuse comme suivant :

$$\beta(\omega) = \frac{\omega}{c} n(\omega) = \beta_0 + \beta_1(\omega - \omega_0) + \frac{\beta_2}{2}(\omega - \omega_0)^2 + \frac{\beta_3}{6}(\omega - \omega_0)^3 + \dots + \frac{\beta_m}{m!}(\omega - \omega_0)^m \quad (2)$$

$$\text{Avec } \beta_m = \left(\frac{\partial^m \beta}{\partial t^m} \right)_{(\omega=\omega_0)} \quad \text{ou} \quad \beta_3 = \left(\frac{\partial^3 \beta}{\partial t^3} \right)_{(\omega=\omega_0)} \quad (3)$$

β_3 est la dispersion chromatique d'ordre 3.

Alors que β_2 traduit le fait que deux fréquences voisines voient une vitesse de groupe différente.

Il est communément appelé coefficient de dispersion de la vitesse de

$$\text{groupe: } \beta_2 = \left(\frac{\partial^2 \beta}{\partial t^2} \right)_{(\omega=\omega_0)} = \frac{1}{v_g^2} \frac{\partial v_g}{\partial \omega} = \frac{1}{c} \left[2 \frac{\partial n}{\partial \omega} + \omega \frac{\partial^2 n}{\partial \omega^2} \right] \quad (4)$$

Cependant, la communauté scientifique des télécommunications préfère l'utilisation d'un autre

paramètre D en (ps/(nm.km)). Les deux paramètres sont liés par la relation suivante : $D = -\frac{2\pi c}{\lambda^2} \beta_2$

(5)

La longueur de la fibre correspond à la distance au bout de laquelle l'impulsion initiale d'une largeur temporelle à 1/e de T_0 s'est élargie d'un facteur $\sqrt{2}$ s'exprime comme suite : $L_D = \frac{T_0^2}{|\beta_2|}$

(6)

Un champ électrique incident est modulé autour d'une porteuse à ω_0 , modifié par sa seule présence l'indice du milieu qu'il traverse, cette modification provient de l'effet de Kerr est dictée par le profil de la puissance :

$$P(z, t) = |A(z, t)|^2 \quad (7)$$

Comme l'indique l'équation : $n = n_0 + \frac{P(z, t)}{A_{eff}}$ (8)

n_0 : l'indice de réfraction normal, n_2 est l'indice de réfraction non linéaire, A_{eff} représente la section effective de la fibre.

Le coefficient de Kerr γ s'exprime par l'équation suivante :

$$\gamma = \frac{\omega_0 n_2^l}{c A_{eff}} \quad (9)$$

Le déphasage provient de l'auto modulation de phase est donné par l'expression suivante:

$$\varphi_{NL} = \gamma |A(0, t)|^2 z \quad (10)$$

$$\text{Il se traduit un glissement : } \delta\omega(t) = -\frac{\partial \varphi_{NL}}{\partial t} = -\gamma \frac{\partial |A(0, t)|^2}{\partial t} z \quad (11)$$

La longueur de la fibre pour laquelle les effets non linéaires deviennent importants s'exprime par l'équation suivante :

$$L_{NL} = \frac{1}{\gamma P_0} \quad (12)$$

9. Conclusion

La technologie « Radio sur Fibre » tente de répondre à la problématique de coût des systèmes de communications en déplaçant la complexité technologique présente dans chacune des stations fixes locales vers la seule station centrale ; Un grand nombre d'autres avantages est apporté par la technologie « Radio sur Fibre » parmi lesquels, une bande passante théorique de plusieurs THz , une très faible atténuation dans la fibre

Pour transmettre des données de la base station jusqu'à la station mobile, il faut créer une porteuse millimétrique au niveau de la BS (signal modulant) cette porteuse sert à moduler le signal des données et envoyer jusqu'à la station mobile.

Introduction

On va présenté dans ce chapitre l'applications de la technologie radio sur fibre pour les réseaux optiques (accès domestique) et les réseaux radio (mobile, fixe et domestique). Puis, nous présentons les architectures radio sur fibre point à point et point à multipoints pour l'accès et enfin les architectures pour en intérieur (ou indoor) et le domestique.

1. Applications et architectures radio sur fibre dans l'accès

Cette section présente d'abord les domaines d'applications de la technologie radio sur fibre pour les différents systèmes optiques et radio abordés dans les sections précédentes. Ensuite nous décrirons les architectures radio sur fibre utilisées pour le réseaux d'accès d'une part, les réseaux indoor et domestique d'autre part.

1.1 Applications

1.1.1 Réseaux optiques

L'intérêt de la technologie radio sur fibre, pour les réseaux d'accès optiques, est de pouvoir partager les infrastructures optiques d j  ploy es. Elles permettent d'une part de proposer des services radio aux utilisateurs sans devoir déployer d'autres réseaux. D'autre part le partage des coûts du déploiement d'un réseau optique entre les systèmes optique et les systèmes radio est possible.

Les premières applications partageant la même infrastructure optique sont celles des réseaux câblés pour la télévision . Pour cette application, une longueur d'onde est dédiée aux applications haut-débit, et une autre pour la télévision câblée.

Pour les réseaux domestiques optiques, l'intérêt est d'avoir plusieurs services (haut débit, télévision, WiFi . . .) utilisant la même infrastructure, plutôt que d'avoir un réseau indépendant pour chaque service.

1.1.2 Res aux UMTS

Définition

L'UMTS a été envisagé comme successeur du Global System for Mobile (GSM). C'est la première version de la troisième génération de technologie pour les réseaux de mobiles. Il répond aussi à une demande croissante d'applications Internet et nomades. L'UMTS permet une augmentation des débits jusqu'à 2 Mbps. Il utilise deux gammes de fréquences : l'une pour la voie montante (1920-1980MHz), l'autre pour la voie descendante (2110-2170MHz). La téléphonie 3G utilise la modulation Quadrature Phase Shift Keying (QPSK) associée à la technique du Wideband Code Division Multiple Access (W-CDMA).

- les contraintes liées au déploiement de l'UMTS.

L'utilisation de la technologie radio sur fibre répond à certaines de ces contraintes comme :

- la difficulté de trouver de nouveau site pour déployer l'UMTS
- l'augmentation du nombre de cellule
- la couverture indoor des systèmes UMTS

Dans le cas où un nouveau site pour déployer l'UMTS est difficile à trouver, la technologie radio sur fibre permet de réaliser un déport de l'antenne

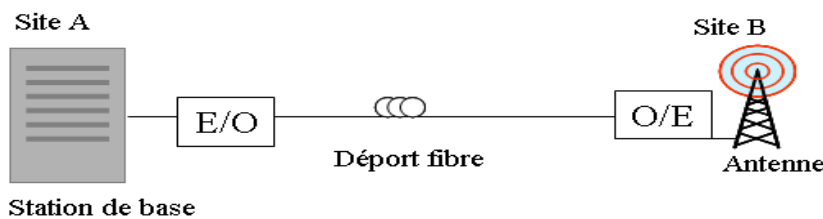


FIG 11 : Déport d'antenne par fibre optique pour l'UMTS

Pour l'augmentation du nombre de cellules, la fibre permet de regrouper plusieurs Stations de bases sur un même site , Cela facilite l'entretien du réseau mobile en cas de panne. Toute la partie intelligente est située au central, alors que les extrémités sont juste constituées d'une antenne d'émission et de réception.

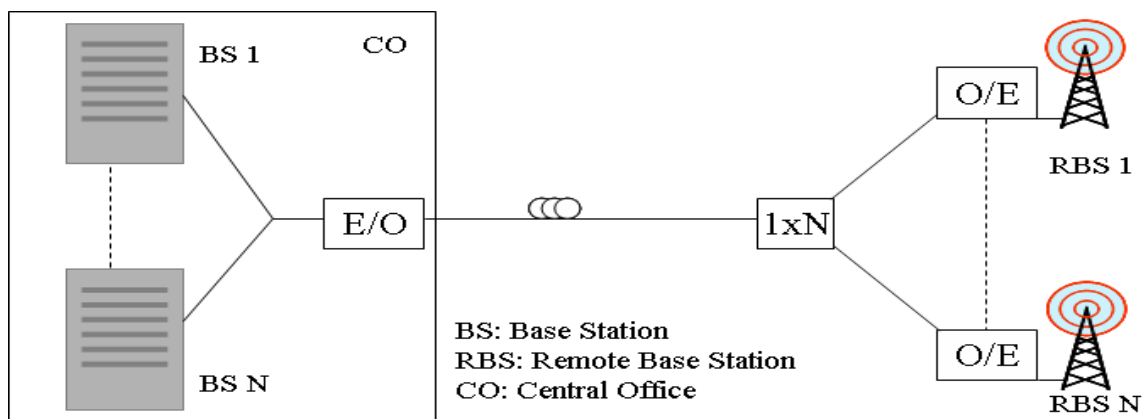


Fig 12 : Plusieurs stations de bases UMTS sur un même site

1.1.3 Réseaux WiMAX

Définition

Le WiMAX (ou 802.16-2004) est une norme destinée aux réseaux métropolitains sans fils fixe (WMAN : Wireless Metropolitan Area Network) L'objectif du WiMAX est de fournir une connexion Internet haut débit sur une zone de couverture de plusieurs kilomètres de rayon. Ainsi, en théorie, le WiMAX permet d'obtenir des débits montants et descendants de 70 Mbit/s avec une portée de 50 kilomètres. Le standard WiMAX possède l'avantage de

permettre une connexion sans fil entre une station de base (en anglais Base Transceiver Station, notée BTS) et des milliers d'abonnés sans nécessiter de ligne visuelle directe (LOS : Line Of Sight ou NLOS : Non Line Of Sight). Dans la réalité le WiMAX ne permet de franchir que de petits obstacles tels que des arbres ou une maison mais ne peut en aucun cas traverser les collines ou les immeubles. Le débit réel lors de la présence d'obstacles ne pourra ainsi excéder 20 Mbit/s.

- les contraintes liées au déploiement d'un système WiMAX

Les contraintes, pour lesquels la radio sur fibre est une solution, sont :

- la nécessité de disposer d'un point haut
- la nécessité de desservir les stations de bases WiMAX par un réseau de collecte Dans le cas du déploiement d'une antenne sur un point haut, la radio sur fibre est une solution pour parcourir un grande distance entre la station de base et l'antenne.

Les stations de bases WiMAX doivent être desservies par un réseau de collecte.

Dans les zones rurales où le point de collecte peut être éloigné de la zone à couvrir en WiMAX, la technologie radio sur fibre est une solution pour transporter le signal WiMAX.

Dans les zones denses, la technologie radio sur fibre peut aussi être utilisée en ajoutant une longueur d'onde sur un système optique de type PON pour transmettre le signal WiMAX

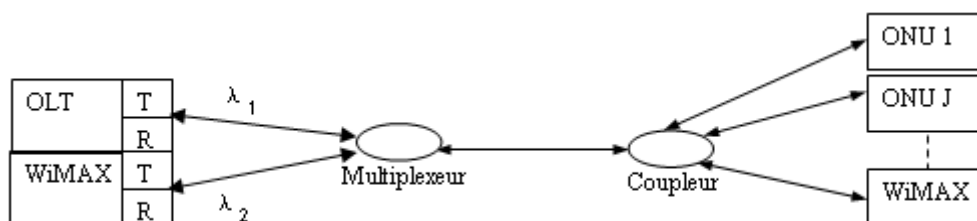


Fig. 13 : Exemple d'architecture radio sur fibre couplée avec un réseau d'accès optique

1.1.4 Réseaux WiFi

Définition

Le WiFi (Wireless Fidelity ou 802.11) est une norme destinée aux réseaux locaux sans fil issue du groupe de travail 802.11. Il utilise les bandes de fréquence ISM (industries, Sciences, et médical) 2,412GHz-2,848Ghz en Europe. Les formats de modulation varient en fonction de la puissance reçue, une modulation QPSK pour les faibles puissances et une modulation 64QAM pour une bonne liaison radio.

- les contraintes liées au déploiement d'un réseau WiFi.

Les contraintes sont :

- la nécessité de trouver un accès internet
- la puissance limitée à 18dBm

Dans une zone rurale lorsque la distance entre le point de collecte et la zone de déploiement d'une borne d'accès haut débit est grande, la technologie radio sur fibre peut être utilisée pour réaliser un déport d'antennes WiFi. Dans les zones denses, une longueur d'onde portant le signal WiFi peut être couplée au réseau d'accès optique pour alimenter un ou plusieurs points d'accès haut débit sans fils

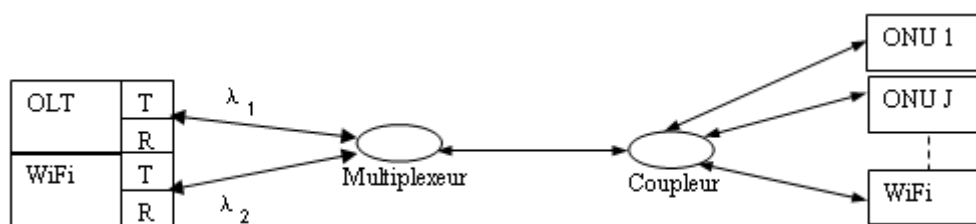


Fig. 14 : Exemple d'architecture radio sur fibre couplée avec un réseau d'accès optique

La puissance d'émission d'un signal WiFi étant limitée à 18dBm, la distance de propagation du signal est limitée à 50 mètres en intérieur et 300 mètres en extérieur.

L'utilisation de la radio sur fibre permet d'augmenter la distance de propagation du signal et de couvrir alors tout un bâtiment ou campus, en utilisant un système composé de plusieurs antennes déportées

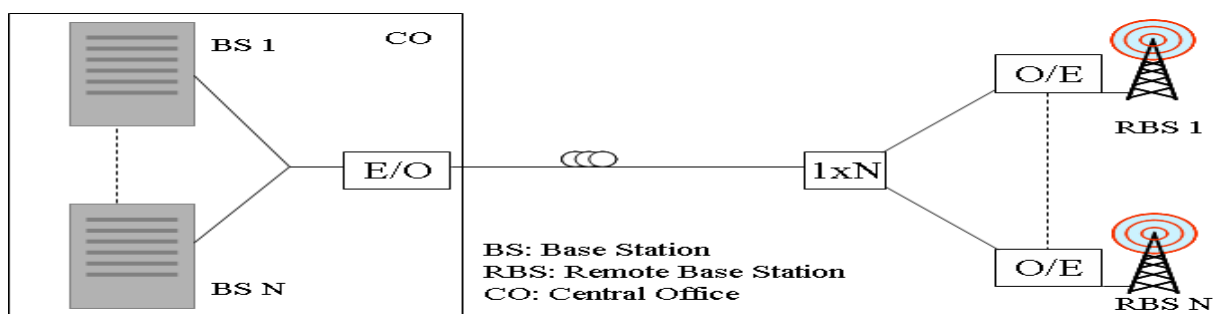


Fig 15 : Exemple d'architecture radio sur fibre pour un système WiFi

1.1.5 Réseaux UWB

Définition

La première définition de l'Ultra Large Bande (ULB) est donnée par Taylor . Un signal est dit ultra large bande lorsque la largeur de bande relative LBR supérieure à 25% de sa fréquence centrale f_c :

$$LB_R = \frac{f_H - f_L}{f_C} \text{ avec } f_c = \frac{f_H + f_L}{2} \quad (1.1)$$

f_H fréquence haute (High Frequency), et f_L est la fréquence basse (Low Frequency).

- les contraintes liées au déploiement des systèmes UWB sont :
 - sa densité spectrale limitée $-41, 3\text{dBm/MHz}$
 - interférences avec les autres systèmes radio

Les systèmes UWB étant toujours en cours de recherche, pour répondre à ces contraintes, plusieurs solutions sont envisagées, il existe des solutions qui consistent à modifier la façon de générer le signal en bande de base et d'autres qui utilisent la technologie radio sur fibre.

Parmi Les solutions pour augmenter la portée des systèmes UWB sont les suivantes:

- utilisation de points de relayage fixés à différents endroits stratégiques de la structure
- utilisation du réseau électrique (courants porteurs) comme réseau dorsal ou backbone La dernière solution utilise la technologie radio sur fibre. Cette solution permet d'étendre le système UWB à tout un bâtiment.

1.2 Les architectures générale de la radio sur fibre

1.2.1 l'architecture point à point radio sur fibre

L'architecture d'un système point à point radio sur fibre est assez simple. Pour la voie descendante (central vers le client) le central (Base Station : BS) convertit les données venant du réseau coeur en un signal radio, ce signal vient moduler un convertisseur électro-optique (Master Unit), traverse ensuite la fibre puis est détecté par un convertisseur opto-électrique (Remote Unit). Ce signal est amplifié avec un amplificateur forte puissance puis transmis dans air jusqu'à un terminal. En ce qui concerne la voie montante (client vers central) la même chaîne est utilisée en sens inverse, si ce n'est qu'au lieu d'utiliser un amplificateur forte puissance avant la fibre nous utilisons un amplificateur faible bruit (Low Noise Amplifier : LNA) (Remote Unit) pour éviter de trop dégrader le rapport signal sur bruit . Cette architecture est utilisée pour réaliser des dépôts d'antennes UMTS.

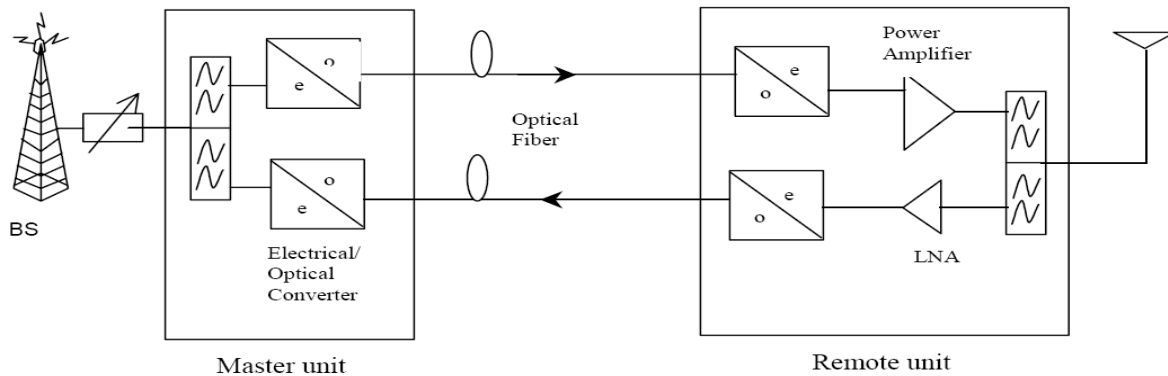


Fig 16 :Schéma d'un système d'antenne distribué utilisant la fibre optique en P2P

1.2.2 Les architectures point à multipoints radio sur fibre

Comme pour le réseau d'accès, les architectures point à multipoints sont aussi utilisées pour la radio sur fibre. Les premières applications de ces architectures ont été utilisées pour transmettre un signal de télévision par les câblo-opérateurs .

La technique employée est de transmettre le multiplex de fréquences des chaînes de télévisions sur une même longueur d'onde optique (SCM : Sub Carrier Multiplexing) puis de la distribuer aux abonnéses via un réseau optique passif. La figure ci dessous présente l'architecture des réseaux câblés optiques.

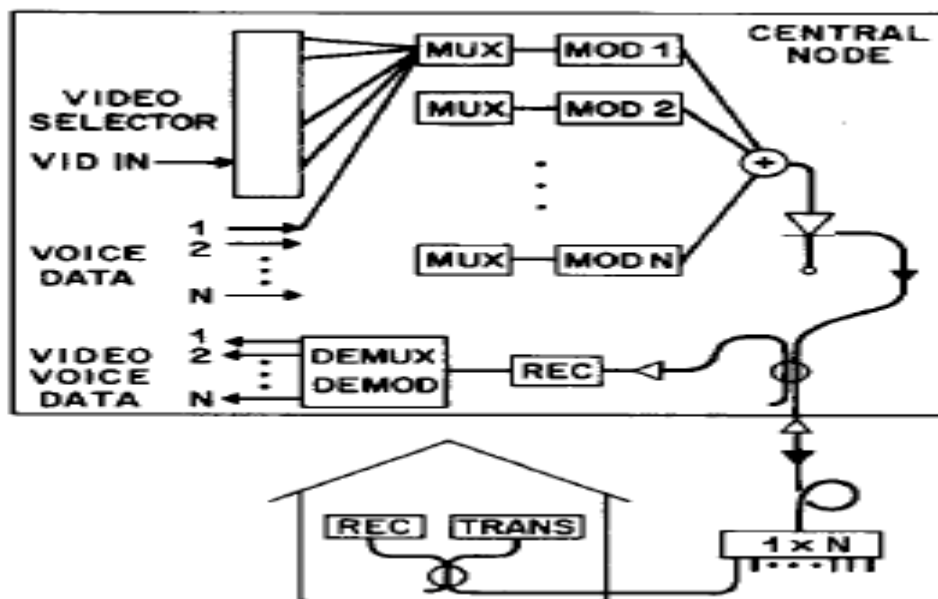


Fig 17 : Exemple d'un signal utilisant le multiplexage fréquentiel (CATV)

L'architecture passive peut être aussi utilisée pour transmettre des signaux pour les téléphones mobiles de troisième génération. Cette architecture se propose de fournir plusieurs stations de bases radio mobiles à l'aide d'un réseau optique passif.

Au Central, un seul laser est utilisé pour transporter les différents signaux radios des différentes stations déportées. Ces différentes stations sont multiplexées sur la même longueur d'onde à l'aide de la technique de multiplexage des sous porteuses (SCM).

Le signal optique est ensuite transmis dans la fibre puis passe par un coupleur optique qui sert à distribuer le signal aux différentes stations déportées. Le laser utilisé pour aller du central aux stations déportées est un laser Fabry-Perot dans un souci de limiter les coûts.

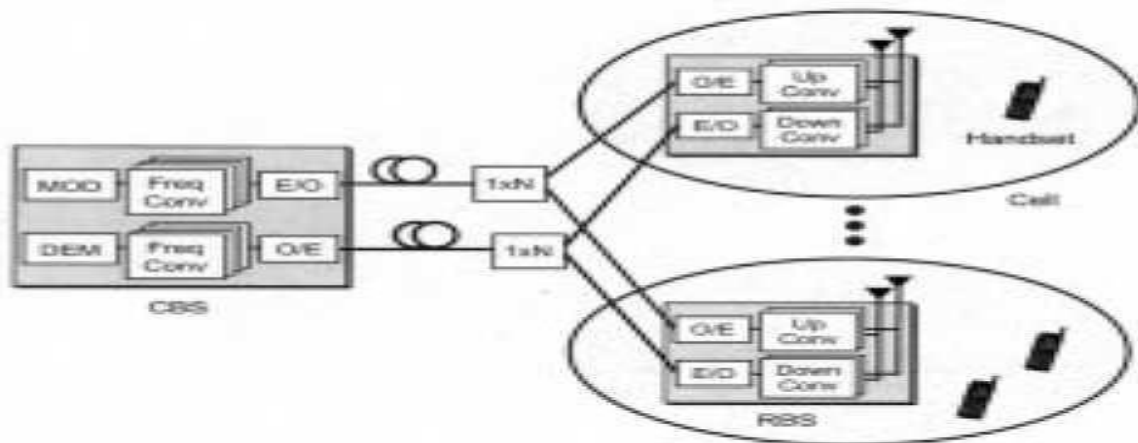


Fig. 18 : PON pour les systèmes radio-mobile

1.2.3 Les architectures radio sur fibre indoor et domestique

Avec l'introduction de la téléphonie mobile de troisième génération, de nouveaux problèmes ont été identifiés. Ces problèmes sont surtout au niveau de la couverture radio dans les bâtiments. Pour avoir du débit, la puissance reçue par les mobiles doit être suffisamment forte, or le passage à travers les murs d'un signal radio réduit fortement la puissance et donc le débit. Il est alors nécessaire de déployer un réseau radio dans le bâtiment. Tant pour des questions de coût et d'esthétique que de limitation d'espace, il faut une architecture centralisée avec des antennes déportées.

Ce type d'architecture s'appelle en anglais Distributed Antenna Systems (DAS). Pour transmettre le signal radio, les câbles coaxiaux n'ont pas les propriétés physiques nécessaires pour ce type d'architecture. En effet les fréquences utilisées pour les signaux mobiles de troisième génération sont trop élevées, et donc les pertes RF sont trop importantes. L'utilisation de la fibre optique s'impose dans ce cas. Elle est aussi utilisée pour diffuser des signaux WiFi et autres. Plusieurs articles parlent de ce type d'architecture radio sur fibre pour un bâtiment.

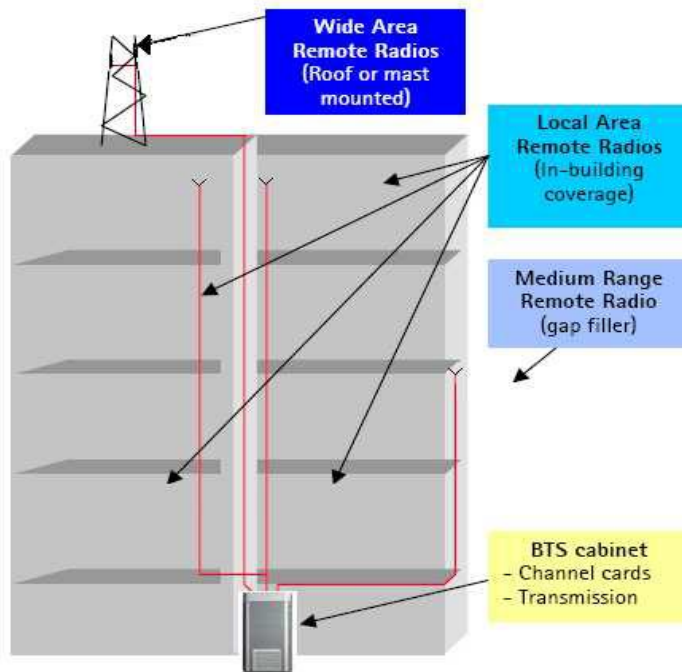


Fig 19 : Exemple d'architecture radio sur fibre pour les bâtiments

Conclusion :

En raison de besoins croissants en mobilité, en connectivité et en bande passante, l'utilisation des technologies radio sur fibre qui est en croissance continue présente un intérêt grandissant au niveau des réseaux d'accès, notamment pour étendre la couverture des réseaux sans fils dans les lieux publics.

La technologie ROF est l'une des meilleures solutions pour la réduction de la taille des cellules de couverture afin d'envisager le déploiement de réseaux d'accès pico cellulaires à grande échelle. Nous pouvons synthétiser les principaux éléments clés du déploiement de la technologie radio sur fibre :

- mutualisation de l'infrastructure
- signaux radio large bande
- multiplicité de petites cellules de faible puissance
- faible portée des systèmes sans fils locaux (WiFi) et domestiques (UWB)

Les architectures radio sur fibre en intérieur présentent un intérêt croissant pour disposer d'une bonne couverture radio. De plus, étant donné l'augmentation des fréquences porteuses radio et de leur bande passante des futures générations de signaux radio, les pertes RF des câbles coaxiaux sont trop importantes et nécessitent alors l'usage de la fibre optique pour réaliser des déports d'antennes.

Simulation

1. Création d'une porteuse millimétrique

On présente ci dessous le schéma du montage du système délivrant la porteuse millimétrique

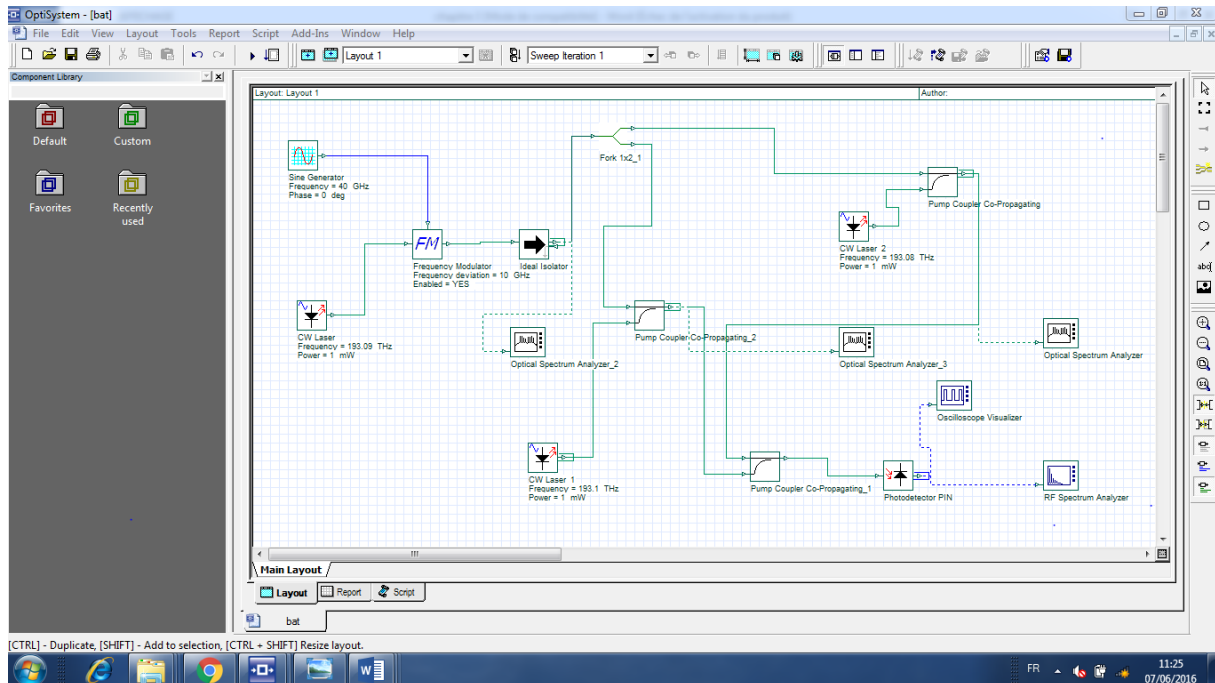


FIG 19 : Schéma de la source RF obtenue par battement de lasers

Cette figure représente une méthode de création d'une porteuse millimétrique par battement de source maître esclaves.

Dans un premier temps on a appliqué au modulateur de fréquence un signal sinusoïdal délivré par un générateur RF (laser maître).

Ensuite on accroche les deux lasers esclaves sur la bande latérale du laser maître pour faire un battement. Ce battement entre le laser maître et le laser esclave va créer la porteuse millimétrique détectée grâce à la photodiode

1.1 . Résultats de la simulation

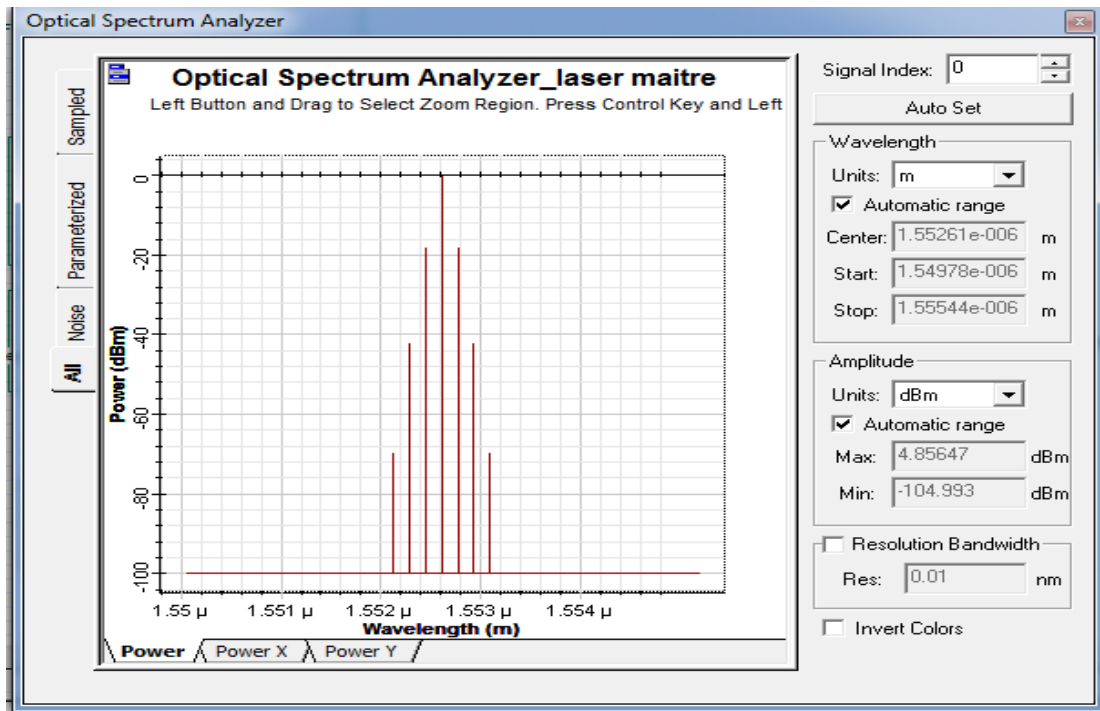


FIG 20 : Le Signal de la sortie de la diode laser maitre après la modulation de fréquence

Le résultat de l'accrochage de laser maitre et esclaves nous donne le signal RF de fréquence =10Ghz

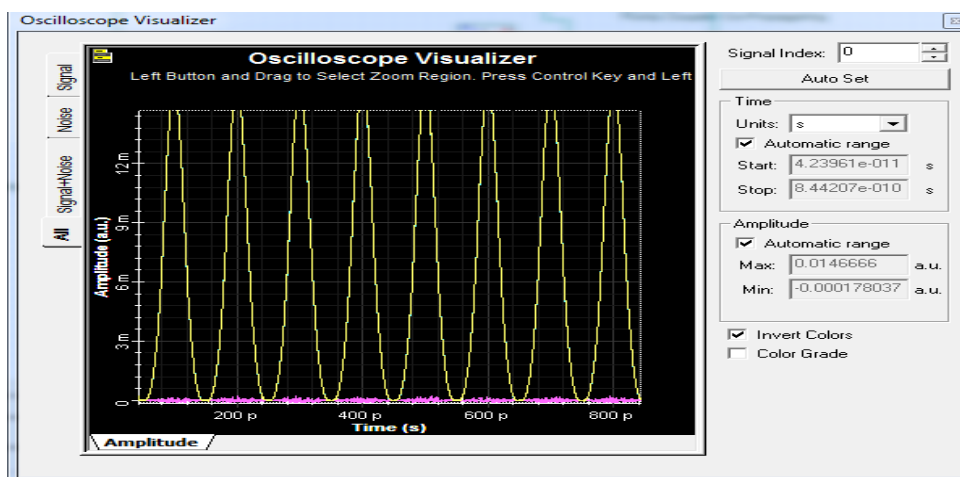


FIG 21 : Le Signal de la sortie de la photodiode

La longueur d'onde = 30mm

2. Système WDM à 16 Canaux de débit égal à 60Gb /s Codé NRZ modulée par une sous porteuse millimétrique

L'émetteur est constitué de 16 sources lasers optique émettant 16 porteuses une onde sinusoïdale, suivie d'un Modulateur externe. La source choisie dans la simulation est une source continue, la puissance utilisée pour toutes les diodes est 3.99 dB.

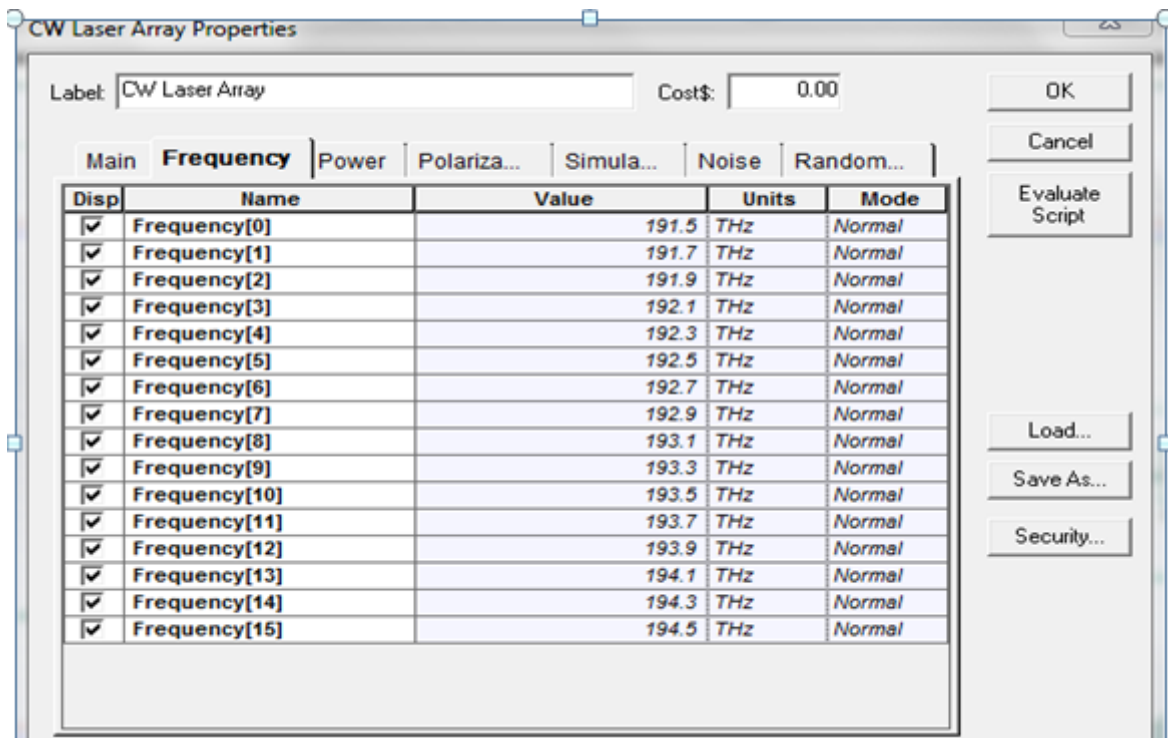


FIG 22 : longueur d'onde des 16 canaux

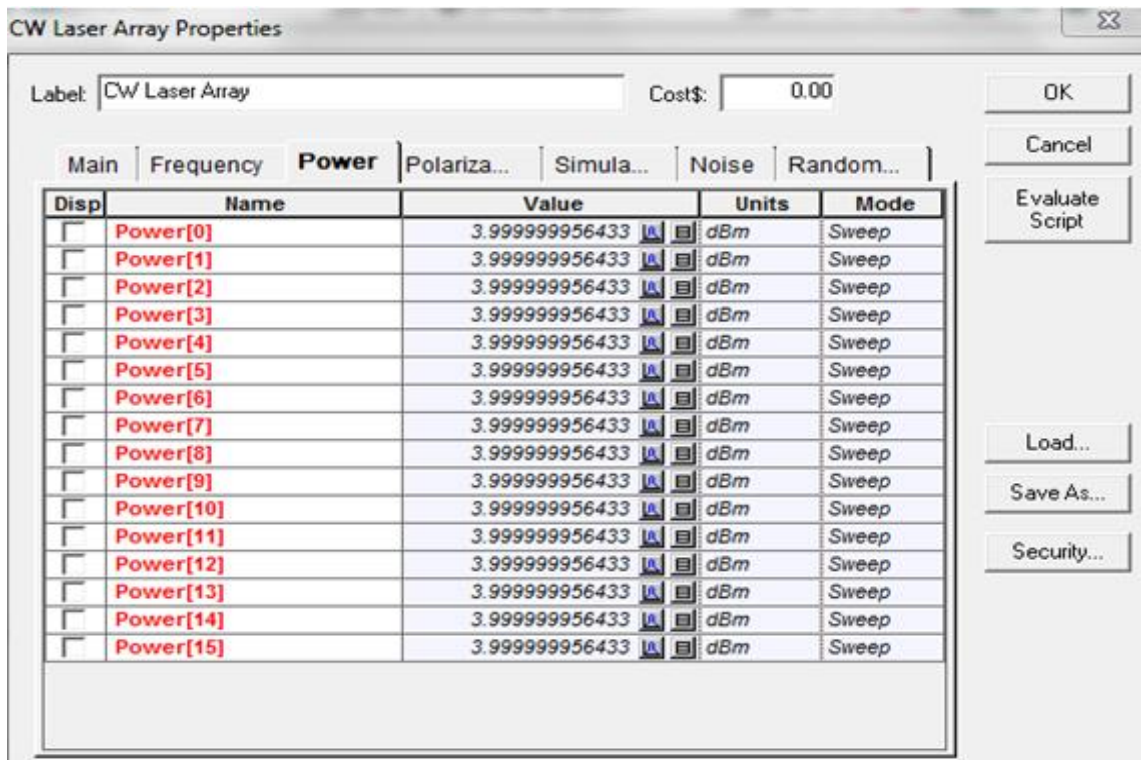


FIG 23 : puissance d'émission pour chaque canal

2.1 Partie émission

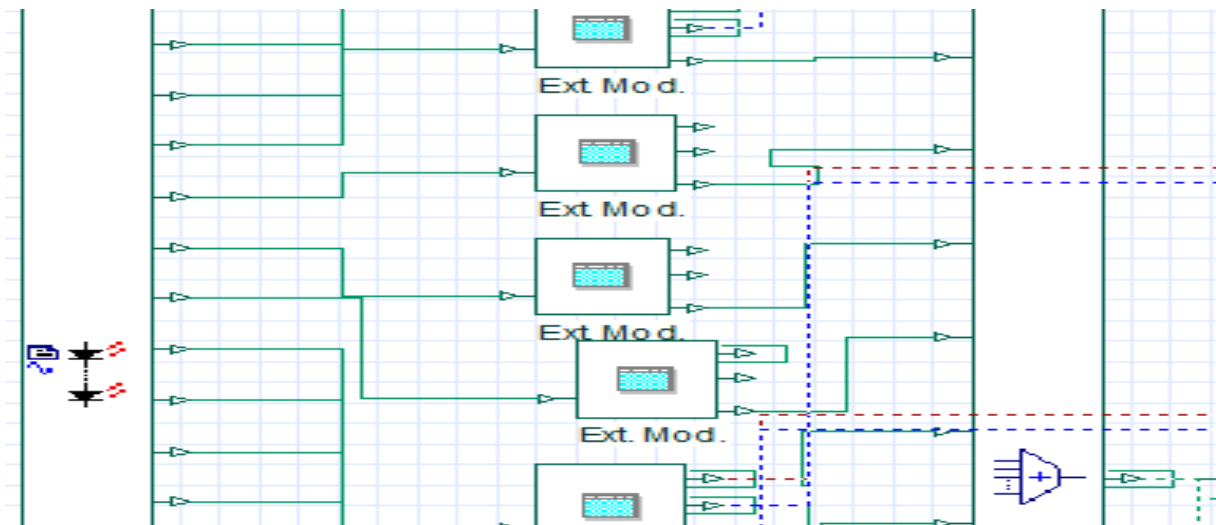


FIG 24 : partie émission a 16 canaux

2.2 ligne de transmission

Nous avons une fibre monomode (SMF), caractérisée par une longueur de fibre L_{SMF} 50 km, une longueur d'onde égale 1550 nm de référence, de dispersion égale $D= 16.75$ ps/nm/km.

Nous avons également une fibre compensatrice de dispersion (DCF) de longueur L_{DCF} 10 km et de longueur d'onde égale 1550 nm de référence, de dispersion égale $D= -83.75$ ps/nm/km.

Enfin deux amplificateurs optiques EDFA de gain $G_1= 10$ dB et $G_2= 5$ dB respectivement pour amplifier le signal affaibli.

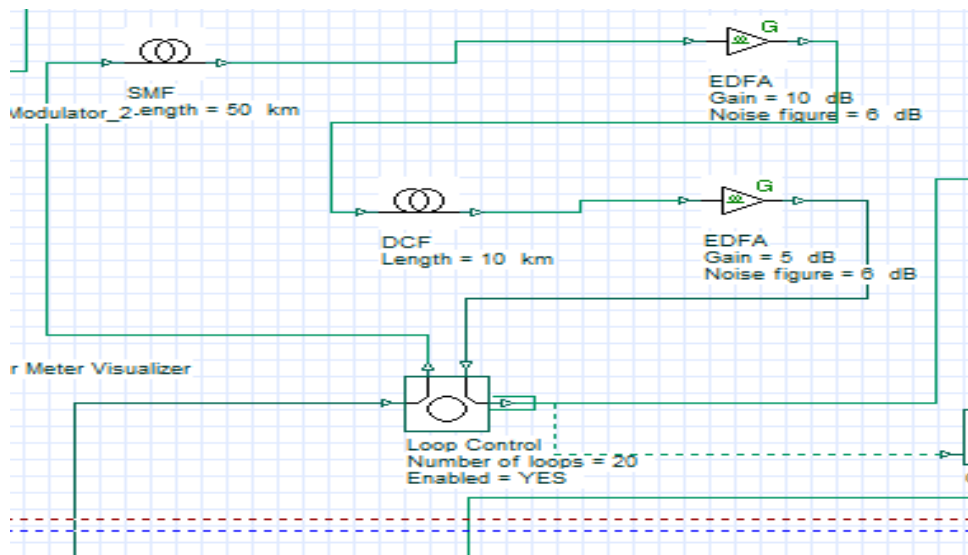


FIG 25 : ligne de transmission par fibre optique

3. Performance du système de transmission

Pour évaluer la qualité de transmission d'un system, il existe trois principaux critères : taux d'erreurs binaires (BER), le facteur de qualité (Q) et le diagramme de l'œil.

3.1 Taux d'erreurs binaires

La qualité de transmission numérique binaire est intrinsèquement simple à évaluer puisqu'il suffit de comparer la séquence de symboles envoyés avec la séquence de symboles reçus, et de compter les erreurs c'est-à-dire le nombre de fois d'un « 0 » est détecté pour un symbole « 1 » émis ou vice versa. On définit alors le taux d'erreurs binaires ou Bite Error Rate en anglais (BER) correspondant au nombre d'erreurs sur le nombre de bits transmis pendant la durée de la mesure.

$$\text{BER} = \frac{\text{Nombre de bits érronés}}{\text{Nombre de bits transmis}}$$

La plupart des systèmes spécifie un BER de 10^{-9} minimal pour les exigences d'exploitation.

3.2 Facteur de qualité

Le signal mesure à l'entrée du canal de l'oscilloscope contient une contribution due au signal utile ainsi qu'un apport en bruit dû à l'ensemble des éléments de la chaîne de transmission.

Dans le diagramme de l'œil qui retrace le signal mesure, le signal utile est représenté par les niveaux moyens μ_1 et μ_0 . Le 'bruit' représente les déviations des puissances optiques autour de ces niveaux moyens, il est quantifié en combinant les écarts-types σ_1 et σ_0

On définit donc le facteur Q à partir du relèvement du diagramme de l'œil par :

$$Q = \frac{\mu_1 - \mu_0}{\sigma_1 + \sigma_0}$$

Si le facteur Q est élevé l'œil est bien ouvert. La valeur minimale de facteur Q est 6.

3.3 Diagramme de l'œil

La façon la plus « visuelle » de juger la qualité d'un signal est d'observer le diagramme de l'œil qui représente la superposition synchrone de tous les symboles binaires de la séquence transmise.

Plus le signal est de mauvaise qualité, plus le diagramme de l'œil est fermé, plus le facteur de qualité est faible et ainsi plus la détection du signal sans erreur est difficile. Le diagramme de l'œil est donc un excellent moyen visuel de juger de la qualité du signal dans la limite de la réponse de la photodiode et de l'oscilloscope utilisé.



FIG 26 : Diagramme de l'œil d'un signal NRZ

4. Schéma de la liaison WDM ('multiplexage en longueur d onde) en modulation externe:

Simulation d'un système WDM par logiciel OPTISYSTEM0.7 comme illustré sur la figure ci dessous

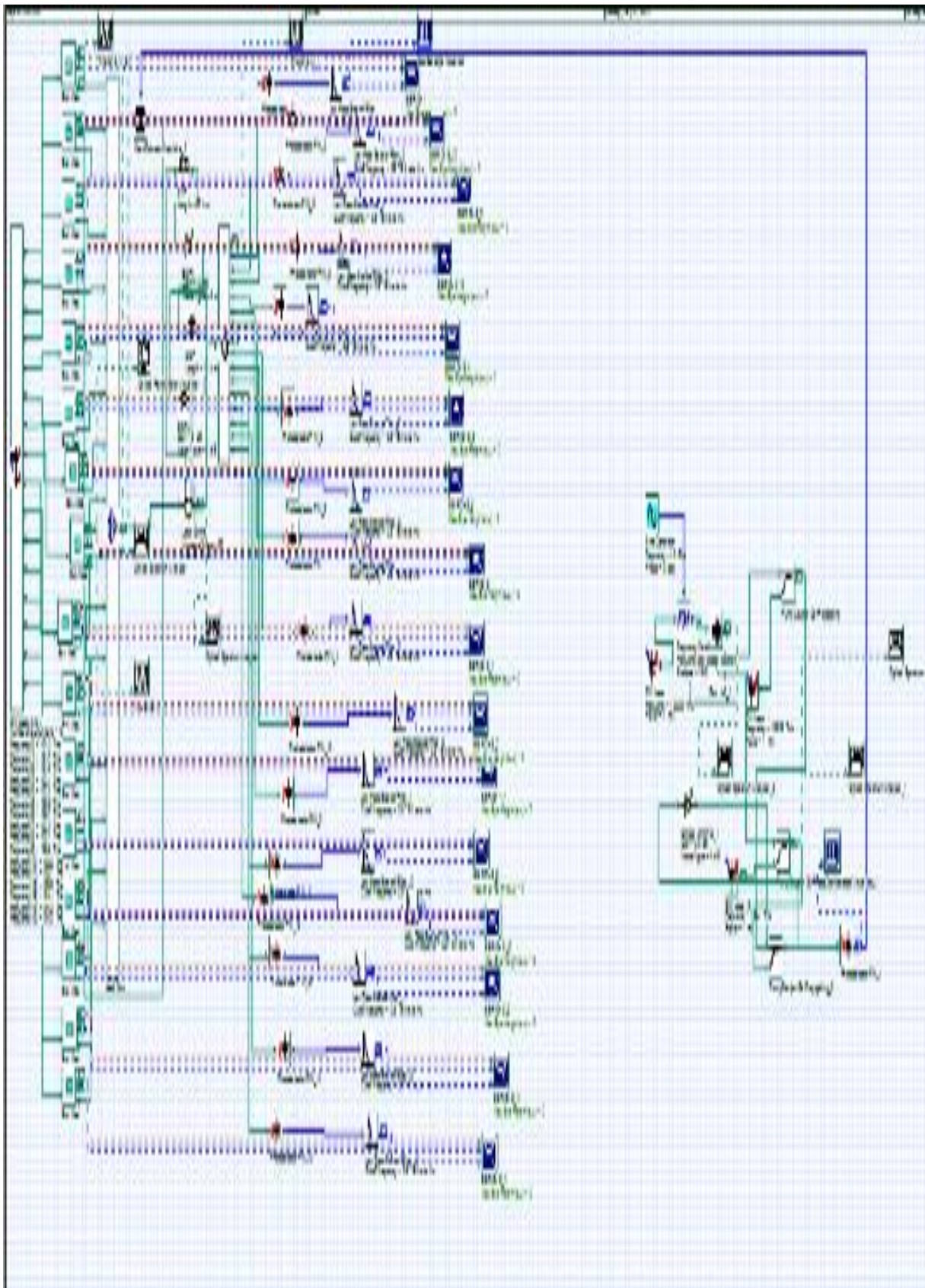


FIG 28 : Schéma globale de la liaison par fibre optique avec la source RF

Résultat obtenu sur les signaux de la liaison : on choisi la modulation externe pour maintenir une qualité de transmission correcte

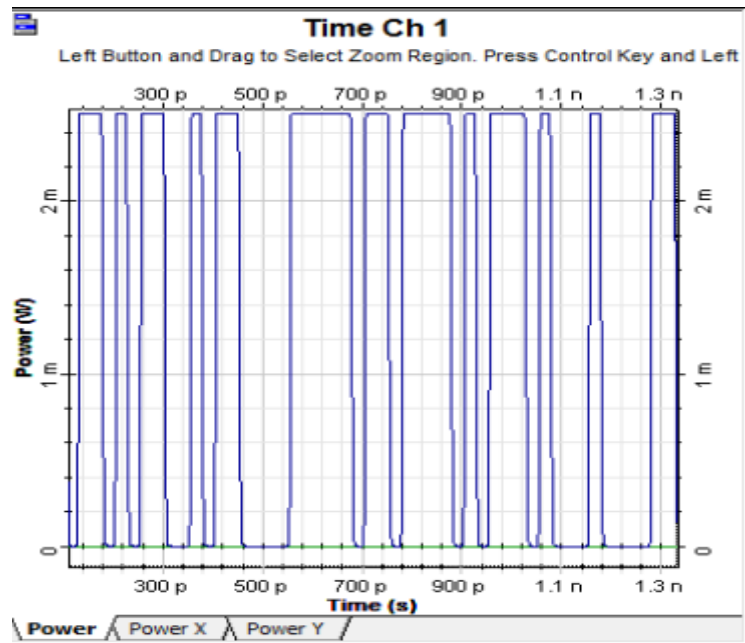


FIG 29 : signal obtenu du canal 1

Le signal a la sortie de la fibre SMF :

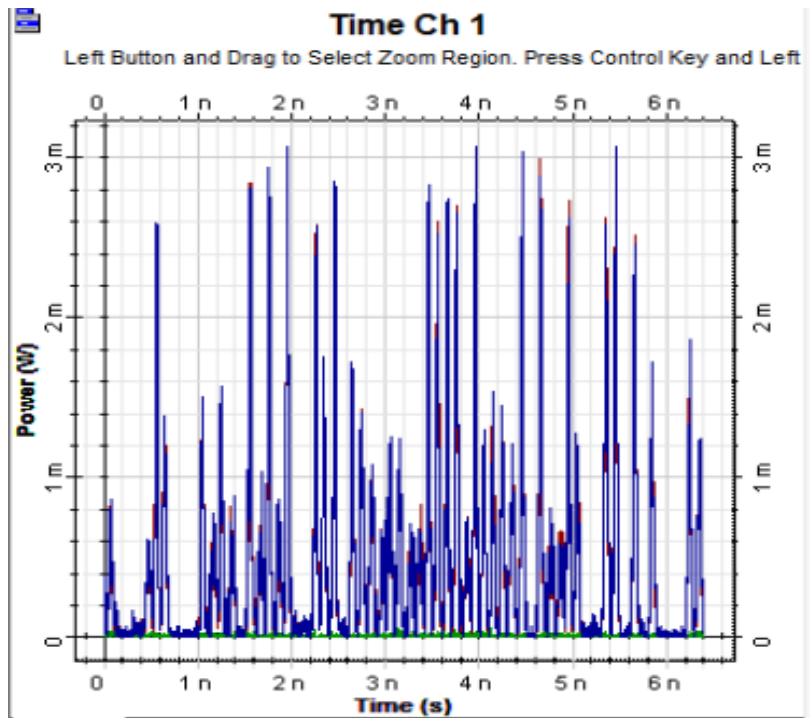


FIG 30 : signal a la sortie de Démultiplexeur

Les diagramme de l'œil de sortie des canaux de la modulation externe

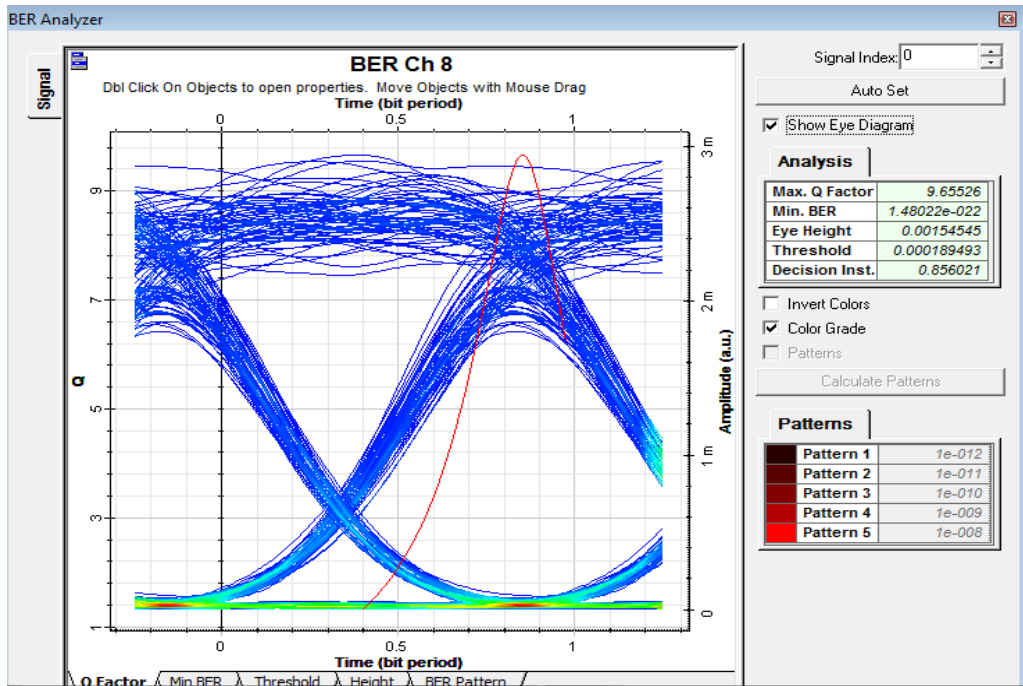


FIG 31: Diagramme de l'œil pour canal 8

Facteur de qualité $Q=9.655$

Taux d'erreurs binaires $TER=1.480 \times 10^{-22}$

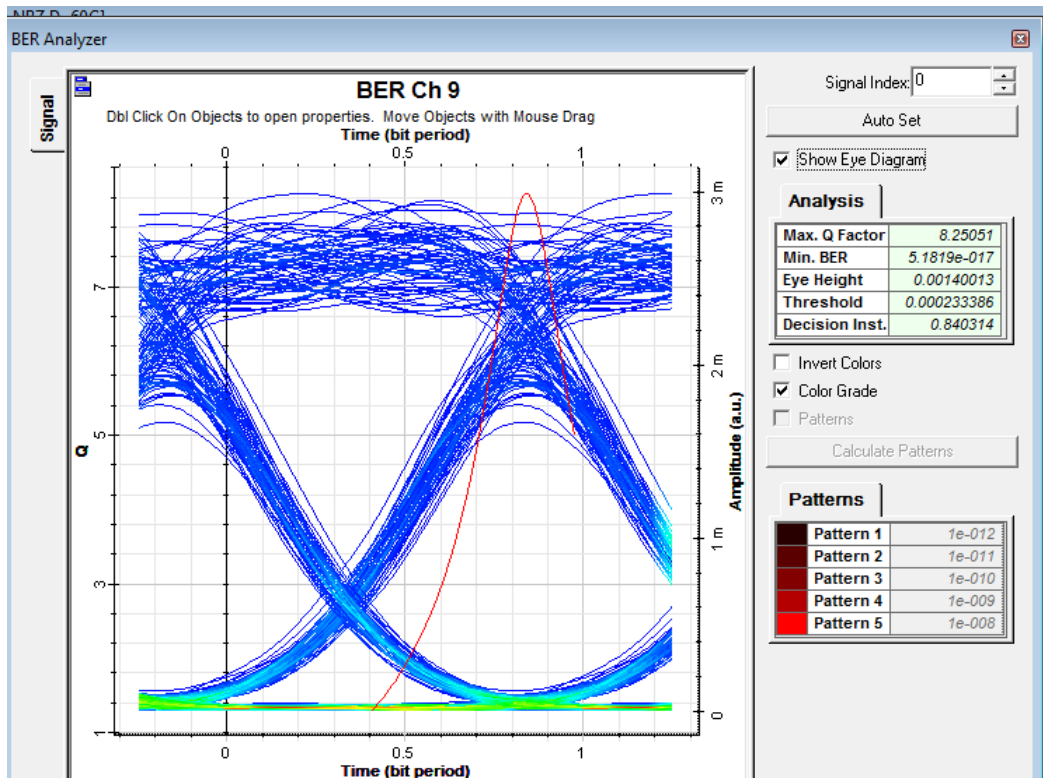


FIG 32 : Diagramme de l'œil pour canal 9

Facteur de qualité $Q=8.81$

Taux d'erreurs binaires $TER=5.181 \times 10^{-17}$

5. Modulation interne :

16 canaux 60Gbit/s codée NRZ a distance 1200km

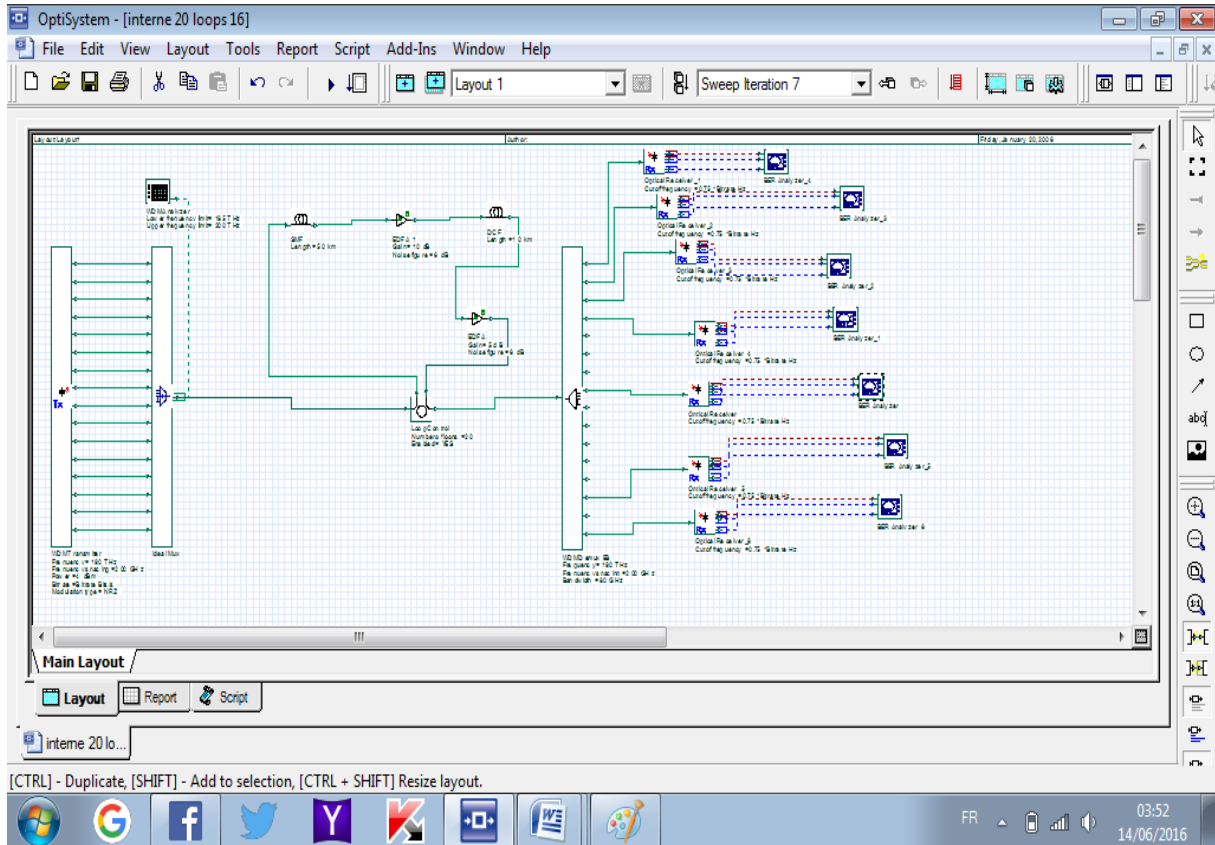


FIG 33 ; Schéma de la modulation interne 16 canaux*60Gb/s

Frequency (THz)	Signal Power (dBm)	Noise Power (dBm)
190	-0.76942009	-27.716906
190.2	-0.87531532	-27.780789
190.4	-0.90444099	-27.486751
190.6	-0.907524	-27.303859
190.8	-0.70262342	-27.604356
191	-0.60964665	-27.593613
191.2	-0.6069348	-27.127466
191.4	-0.76483035	-27.916323
191.6	-0.81054326	-27.570421
191.8	-0.58759771	-27.540918
192	-0.59008481	-27.703068

FIG 34 : la longueur d'onde de 16 canaux et la puissance d'émission de chaque canaux

Le diagramme de l'œil de la modulation interne

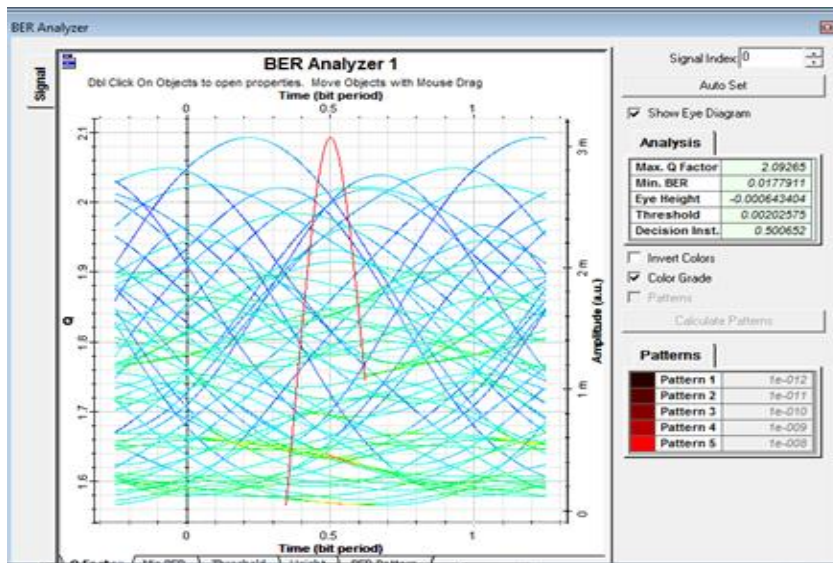


FIG 35 :diagramme de l'œil du canal 1 de la modulation inetrne
 Facteur de qualité $Q=2.092$
 Taux d erreurs binaires $TER=0.017$

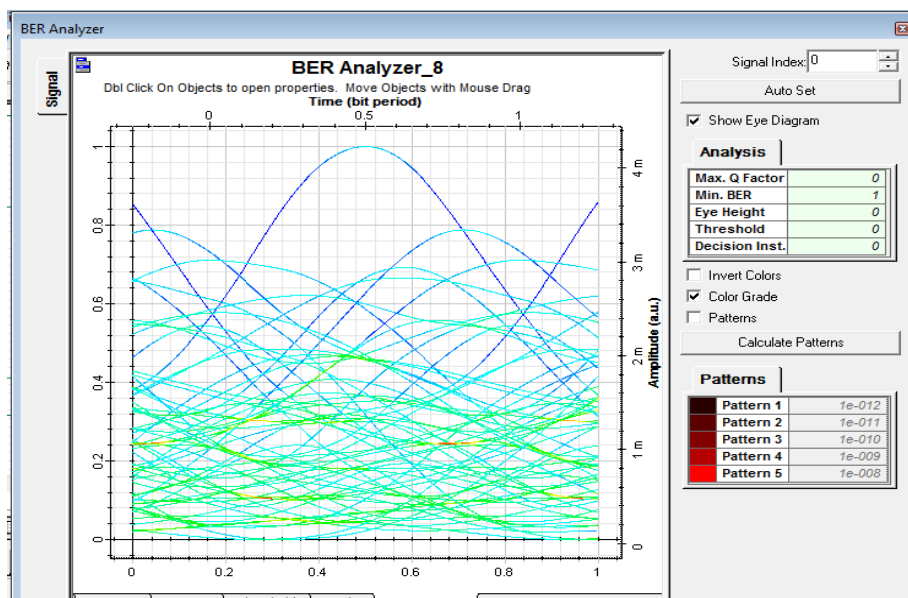


FIG 36 : diagramme de l'œil du canal 8 de la modulation inetrne
 Facteur de qualité $Q=0$
 Taux d erreurs binaires $TER=1$

On a pas trouvé des bon résultat dans la modulation interne d'après le diagramme de l'œil et le facteur de qualité alors on va essayer de diminuer le débit a 40Gb/s et doublé le numéro des canaux

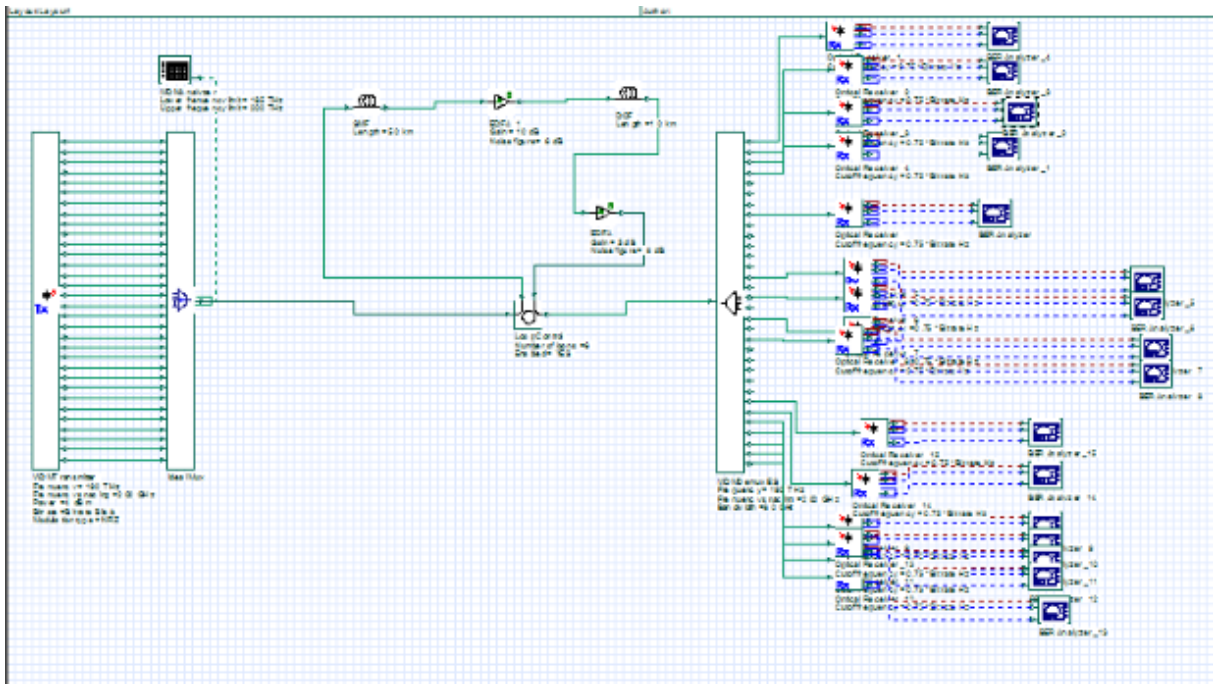


FIG 37 : schéma de la modulation interne 40Gb/s et 32canaux

Diagramme de l'œil de la modulaion interne 40 Gb/s et 32 canaux:

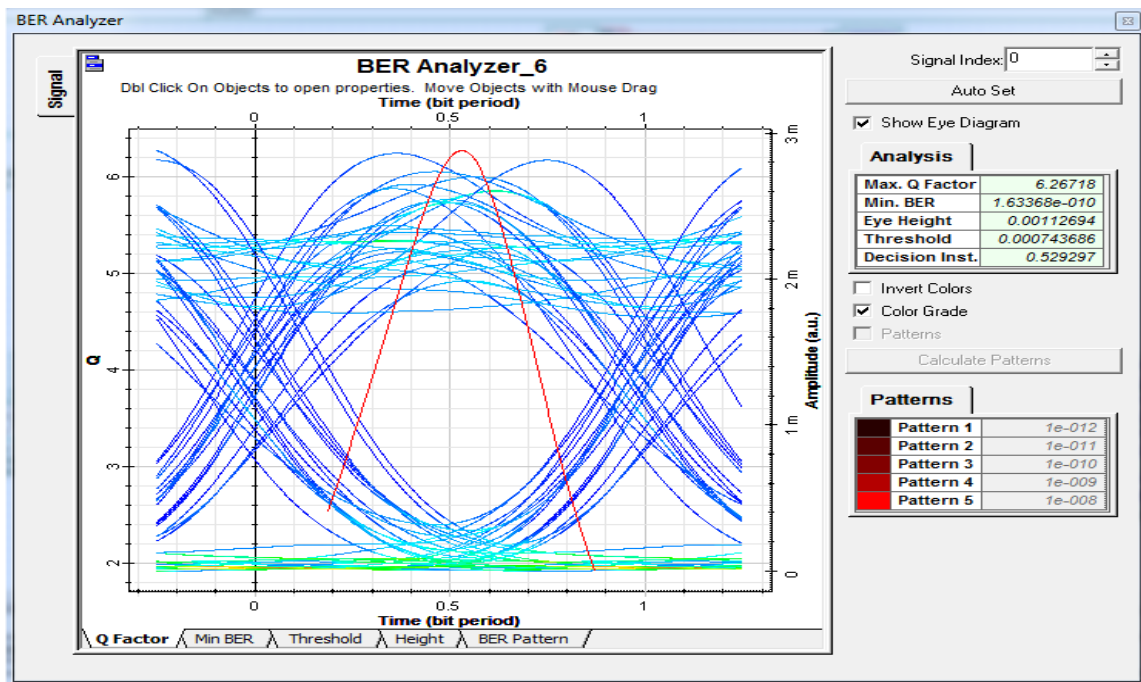


FIG 38: diagramme de l'œil pour le canal 6

Facteur de qualité $Q=6.267$

Taux d erreurs binaires TER=1.633

Nous avons essayer la simulation avec une distance 360 km nous n avons pas déboucher sur des mauvais résultat presque tous les canaux

6. Conclusion

Pour transmettre des données de la CS jusqu'à l'accès réseaux sans fil, il faut créer une porteuse millimétrique pour transmettre ces données. Dans ce qui précède, on a présenté la méthode de création de cette porteuse, ensuite on a simulé un système WDM à 16 canaux de débit 60 Gbit/s sur une portée 1200 Km de distance ou a lieu (en réception) la détection des données transmis initialement. A ce niveau ces données sont modulées par une porteuse millimétrique pour être retransmis de nouveau par radiofréquence. La qualité des signaux transmis aux abonnés est obtenue en termes de taux d'erreurs binaires (BER), facteur de qualité (Q) et diagramme de l'œil. Et on a utilisé la modulation externe pour maintenir une qualité de transmission correcte et car elle a donné des résultats mieux que la modulation interne

Conclusion générale

CONCLUSION GENERALE

Ce mémoire fera le point sur les principes de la technologie Radio-sur-Fibre. Une étude approfondie a été faite sur les architectures par fibre optique vers les réseaux d'accès et réseaux de communication sans fil. Nous avons procédé, à travers la simulation à choisir les différents paramètres pour évaluer les performances de ces systèmes en tenant compte des différentes contraintes du canal sur fibre optique. Nous avons aussi simulé le battement de deux lasers pour générer la porteuse millimétrique destinée au réseau d'accès. Notre ligne de transmission comporte 16 canaux centrés sur 1550 nm transmettant les données codées NRZ. Avec modulation interne et externe modulées qui ont donné les meilleures performances avec une portée sur fibre optique de 1200 km et un débit de 60 Gb/s.

Référence

Référence

Transmission radio haut débit multiservices sur fibres optiques. Application à l'optimisation de la capacité multi-utilisateurs en emprises de transport

Dafa Seynabou Loum /2012, Université Valenciennes

Mohamed Amine 2009 ELAJI Etude et modélisation d'un système de transmission radio-sur-fibre ,Rapport final de projet de fin d'étude

Différents types de transmission de donnée par fibre optique (mémoire en ligne)

Bouzidi tani asma .2013 : effet de l'espacement inter-canal et du débit binaire sur une liaison WDM , Mémoire de fin d'études pour l'obtention du diplôme de master en télécommunication .UNIVERSITE – TELEMEN

ABOU –BEKR BELKAID

Hexin LIU .2013 ,Radio sur fibre ; réseaux, couverture radio , architecture et dimensionnements matériel (thèse doctorat) département micro onde de TELECOM Bretagne

M .HUGUES E BRAS .2008 : Etude des réseaux radio sur fibre dans le contexte des réseaux d'accès et privés .pour obtenir le grade de DOCTEUR de L UNIVERSITE PIERRE ET MARIE CURIE

Mémoire Boudia .N : R.MOKDAD « Etude d'un laser fibré passivement 2011

Université MOULOUD MAAMMRI tizi-ouazou

F.payoux Etude des réseaux d'accès optique exploitant le multiplexage en longueur d'onde .Thèse doctorat .Ecole national supérieur des télécommunication de Bretagne

Référence

Glossaire

Glossaire

RoF : Radio sue fibre

RF : radio fréquence

RI : Fréquence intermédiaire

IF : fréquence intermédiaire

Cs : station central

BS : base station

MS : mobile station

O/E et E/O : Optique/Electrique et Electrique/Optique

SMF : fibre monomode

MMF : fibre multi mode

ADSL: Asyetric Digital Subscriber Line,

Backbone : réseau dorsal,

BER : Bit Error Rate,

BPSK: Binary Phase Shift Keying

BS :Base Station

CDMA :Code Division Multiple Access

CSMA/CA :Carrier Sense Multiple Access/Collision Avoidence,

CSMA/CD: Carrier Sense Multiple Access / Collision Detection,

CWDM : Coarse Wavelength Division Multiplexing,

DAS : Distributed Antenna System

DC : Dispersion Chromatique,

DPSK: Differantial Phase Shift Keying

DS : Distribution System

DWDM : Dense Wavelength Division Multiplexing

FM : Frequency Modulation

GSM : Global System for Mobile

MZM : Mach-Zehnder Modulator

NRZ : Non Return à Zero

P2P :Point To Point

PD : PhotoDiode,

PIN : Positive Intrinsic Negative

PON : Passive Optical Network,

Glossaire

Multiplexing

QPSK: Quadrate Phase Shift Keying

RBS : Remote Base Station

RF : Radio Frequency

Sc : Single carrier

SMF : Single Mode Fiber

SNR: Signal to Noise Ratio

ULB : Ultra Large Bande

UMTS : Universal Mobile Telecommunications System,

W-CDMA :Wideband Code Division Multiple Access

WDM :Wavelength Division Multiplexing

WiFi :Wireless Fidelity

WiMAX : Worldwide Interoperability for Microwave Access,

xDSL : x Digital Subscriber Line

Liste de figures

Liste des figures

Chapitre 1

- FIG 1** - Synoptique d'un système radio sur fibre classique.....(1)
- FIG 2** - Affaiblissement de la fibre multimode { gradient d'indice en fonction de la longueur d'ondes.....(2)
- FIG 3** : Système ROF utilisant un transport de signal RF.....(4)
- FIG 4** : système ROF utilisant un transport de signal IF(5)
- FIG 5** : Modulation directe d'une diode.....(6)
- FIG 6** : détection de battement optique de deux lasers indépendants.....(7)
- FIG 7** : détection de battement optique deux lasers corrélés(9)
- FIG 8** : Schéma général du système de télécommunications hybride opto/micro-onde basé sur le battement laser hétérodyne corrélé par synchronisation sur bandes latérales de modulation.....(10)
- FIG 9** : Multiplexage de deux canaux sur une seule porteuse optique.....(11)
- FIG 10** : Schéma de principe du multiplexage en longueur d'onde.....(13)

Chapitre 2

- FIG 11** : déport d'antenne par fibre optique pour l'UMTS.....(17)
- FIG 12** : plusieurs stations de base UMTS sur un mm site.....(17)
- FIG 13** : exemple d'architecture radio sur fibre couplée avec un réseau d'accès optique....(18)
- FIG 14** : exemple d'architecture radio sur fibre couplée avec un réseau d'accès optique..(19)
- FIG 15** : exemple d'architecture radio sur fibre pour un système WiFi.....(19)
- FIG 16** : exemple d'un signal utilisant le multiplexage fréquentiel (CAVT)..... (21)
- FIG 17** : exemple d'un signal utilisant le multiplexage fréquentiel (CAVT)..... (21)

Liste de figures

FIG 18 : PON pour les système radio mobile.....(22)

Fig 19 : Exemple d'architecture radio sur fibre pour les bâtiments.....(23)

Chapitre 3

FIG 19 : Schéma de la source RF obtenue par battement de lasers.....(24)

FIG 20 : Le Signal de la sortie de la diode laser maitre après la modulation de fréquence(25)

FIG 21 : Le Signal de la sortie de la photodiode.....(25)

FIG 22 : longueur d'onde des 16 canaux.....(26)

FIG 23 : puissance d'émission pour chaque canal(26)

FIG 24 : La Partie émission.....(27)

FIG 25 : La Partie émission.....(28)

FIG 26 : Diagramme de l'œil d'un signal NRZ.....(29)

FIG 27 : schéma de la liaison WDM 16*60Gbit/s(30)

FIG 28 : Schéma de la modulation externe(31)

FIG 29 : signal obtenu du canal 1.....(32)

FIG 30: signal a la sortie de Démultiplexeur.....(32)

FIG 31 : Diagramme de l'œil pour canal 8.....(33)

FIG 32 : Diagramme de l'œil pour canal 9.....(33)

FIG 33 ; Schéma de la modulation interne 16 canaux*60Gb/s.....(34)

FIG 34 : la longueur d'onde de 16 canaux et la puissance d'emission de chaque canaux ..(34)

FIG 35 :diagramme de l'œil du canal 1 de la modulation inetrne(35)

FIG 36 : diagramme de l'œil du canal 8 de la modulation inetrne.....(35)

FIG 37 : schéma de la modulation interne 40Gb/s et 32canaux.....(36).

FIG 38: diagramme de l'œil pour le canal 6(36)