

12 JANVIER 2022



**CONCEPTION ET SIMULATION D'UN SYSTÈME RADIO
SUR FIBRE ET SON ANALYSE DES PERFORMANCES**

SYSTEMES ROF

REALISE PAR :

CHAIMAA MOUHCINE

CHAIMAE KOURDOU

HAITAM KARAOUI

PARTIE THEORIQUE

I. INTRODUCTION

La croissance sans cesse de la demande des débits de données élevés durant ces dernières décennies, soutenue par le déploiement des réseaux optiques permettant un débit de l'ordre de plusieurs Gbit/s a conduit naturellement vers l'intérêt de développement des applications à 60 GHz dans les réseaux locaux. Des normes telles que l'IEEE 802.15.3c et IEEE 802.11ad pour la transmission sans fil en bande millimétrique ont été proposées. A de telles fréquences, les pertes en espace libre sont très élevées et les ondes radios ne traversent pas les murs.

Les systèmes ROF (radio over fiber) est une solution prometteuse solution à la demande croissante de capacité de transport, et la flexibilité, tout en offrant un avantage économique grâce à sa large bande passante et ses caractéristiques de faible atténuation.

II. DEFINITION DES SYSTEMES ROF

La radio sur fibre (ROF) est une technologie plus récente où la lumière est modulée avec des signaux radiofréquence et transmis sur la fibre optique pour faciliter l'accès et la transmission sans fil.

Radio Over Fiber est en fait une liaison optique analogique qui transmet des signaux RF modulés. Il transmet le signal RF en liaison descendante et montante, vers et depuis la station centrale (CS) et vers la station de base (BS). Les principales exigences d'une architecture de liaison ROF sont un fonctionnement en duplex (liaison descendante-liaison montante), une longueur raisonnable et des composants optiques hautes performances.**Radio Over Fiber**

La radio sur fibre (RoF) fait référence à une technologie de transmission analogique sur fibre dans laquelle la lumière est modulée en amplitude par un signal radio et transmise sur une liaison à fibre optique pour faciliter l'accès sans fil.

Bien que la transmission radio sur fibre soit utilisée à des fins multiples, comme dans les réseaux de télévision par câble (CATV) et dans les stations de base par satellite, le terme RoF est généralement appliqué lorsqu'il s'agit d'un accès sans fil.

Dans les systèmes RoF, les signaux sans fil sont transportés sous forme optique entre une station centrale et un ensemble de stations de base avant d'être rayonnés dans l'air. Chaque station de base est adaptée pour communiquer par liaison radio avec au moins une station mobile d'utilisateur située dans la portée radio de ladite station de base.

i. LES PRINCIPALES CATEGORIES DES SYSTEMES DE TRANSMISSION ROF

Les systèmes de transmission RoF sont généralement classés en deux catégories principales (**RF-over-Fiber** ; **IF-over-Fiber**) en fonction de la gamme de fréquences du signal radio à transporter.

➤ RF-over-Fiber

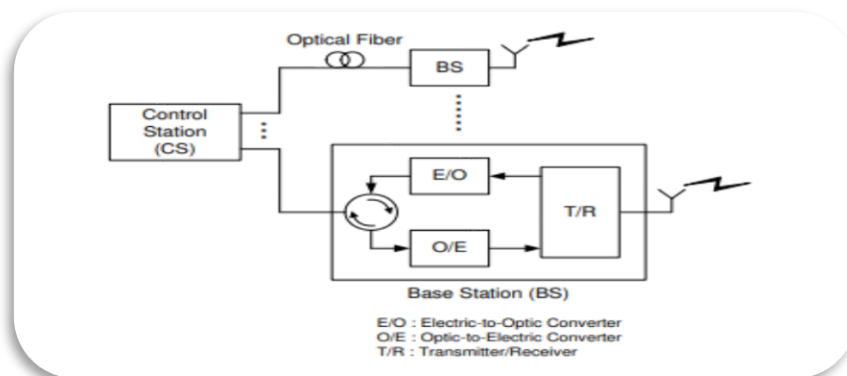
Dans l'architecture RF-over-Fiber, un signal RF (Radio Fréquence) porteur de données avec une fréquence élevée (généralement supérieure à 10 GHz) est imposé à un signal d'onde lumineuse avant d'être transporté sur la liaison optique. Par conséquent, les signaux sans fil sont distribués optiquement aux stations de base directement à hautes fréquences et convertis du domaine optique au domaine électrique au niveau des stations de base avant d'être amplifiés et rayonnés par une antenne. En conséquence, aucune conversion montante/descendante de fréquence n'est requise au niveau des diverses stations de base, ce qui permet ainsi une mise en œuvre simple et plutôt rentable au niveau des stations de base.

➤ IF-over-Fiber

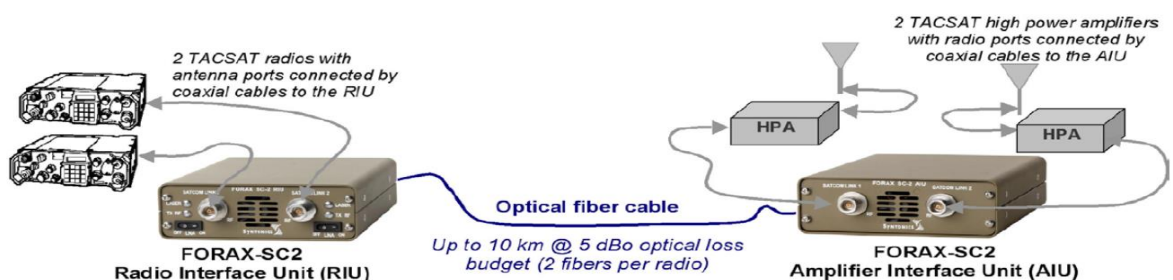
Dans l'architecture IF-over-Fiber, un signal radio IF (Intermediate Frequency) avec une fréquence inférieure (inférieure à 10 GHz) est utilisé pour moduler la lumière avant d'être transporté sur la liaison optique. Par conséquent, avant le rayonnement dans l'air, le signal doit être converti en RF à la station de base.

III. ARCHITECTURE GENERALE DES SYSTEMES ROF

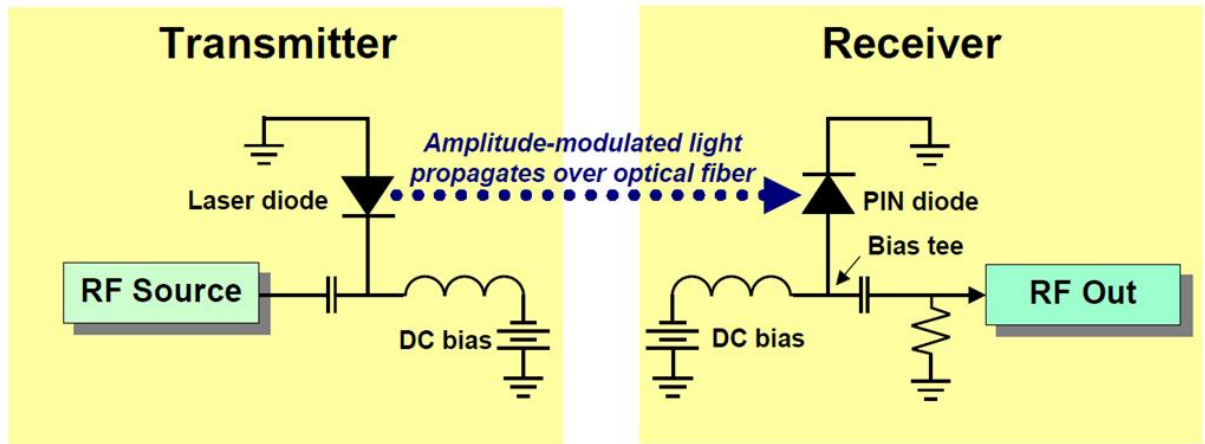
La figure suivante montre une architecture RoF générale. Au minimum, une liaison RoF comprend tout le matériel requis pour imposer un signal RF sur une porteuse optique, la liaison à fibre optique et le matériel requis pour récupérer le signal RF de la porteuse. La longueur d'onde de la porteuse optique est généralement choisie pour coïncider avec la fenêtre de 1,3 μm , à laquelle la fibre monomode standard a une dispersion minimale, ou la fenêtre de 1,55 μm , à laquelle son atténuation est minimale.



IV. LE FONCTIONNEMENT DES SYSTEMES RoF :



Un signal RF peut être transmis jusqu'à plusieurs GHz selon le laser et son schéma de modulation. La sortie RF doit être amplifiée pour fournir un signal utilisable.



V. AVANTAGES DE LA RADIO SUR FIBRE :

La centralisation des fonctions de traitement des signaux RF permet le partage d'équipements, l'allocation dynamique des ressources, l'exploitation et la maintenance simplifiées du système.

1. Faible atténuation

C'est un fait bien connu que les signaux transmis sur fibre optique s'atténuent beaucoup moins que via d'autres supports, en particulier par rapport au support sans fil. En utilisant la fibre optique, le signal se déplacera, réduisant encore le besoin de répéteurs.

2. Faible complexité

RoF utilise le concept de station distante (RS). Cette station se compose uniquement d'un convertisseur optique-électrique (O/E) (et d'un convertisseur de fréquence en option), d'amplificateurs et d'une antenne. Cela signifie que les circuits de gestion des ressources et de génération de signaux de la station de base peuvent être déplacés vers un emplacement centralisé et partagés entre plusieurs stations distantes, simplifiant ainsi l'architecture.

3. Moindre coût

Une structure plus simple de la station de base distante signifie un coût d'infrastructure inférieur, une consommation d'énergie réduite par les appareils et une maintenance plus simple, tout cela a contribué à réduire le coût global d'installation et de maintenance. Une réduction supplémentaire peut également être réalisée en utilisant une fibre optique polymère à gradient d'indice à faible coût.

4. Preuve du futur

Les fibres optiques sont conçues pour gérer des vitesses gigabits, ce qui signifie qu'elles seront capables de gérer les vitesses offertes par les futures générations de réseaux pour les années à venir. La technologie RoF est également transparente en termes de protocole et de débit binaire, elle peut donc être utilisée pour utiliser toutes les technologies actuelles et futures.

VI. APPLICATIONS DE LA RADIO SUR FIBRE

➤ Accès aux zones mortes

Une application importante de RoF est son utilisation pour fournir une couverture sans fil dans la zone où la liaison terrestre sans fil n'est pas possible. Ces zones peuvent être des zones à l'intérieur d'une structure telle qu'un tunnel, des zones derrière des bâtiments, des endroits montagneux ou des zones isolées telles que des jungles.

➤ FTTA (fibre à l'antenne)

En utilisant une connexion optique directement à l'antenne, le fournisseur d'équipement peut bénéficier de plusieurs avantages tels que de faibles pertes de ligne, une immunité aux coups de foudre/décharges électriques et une complexité réduite de la station de base en fixant un convertisseur optique-électrique (O/E) léger. directement à l'antenne.

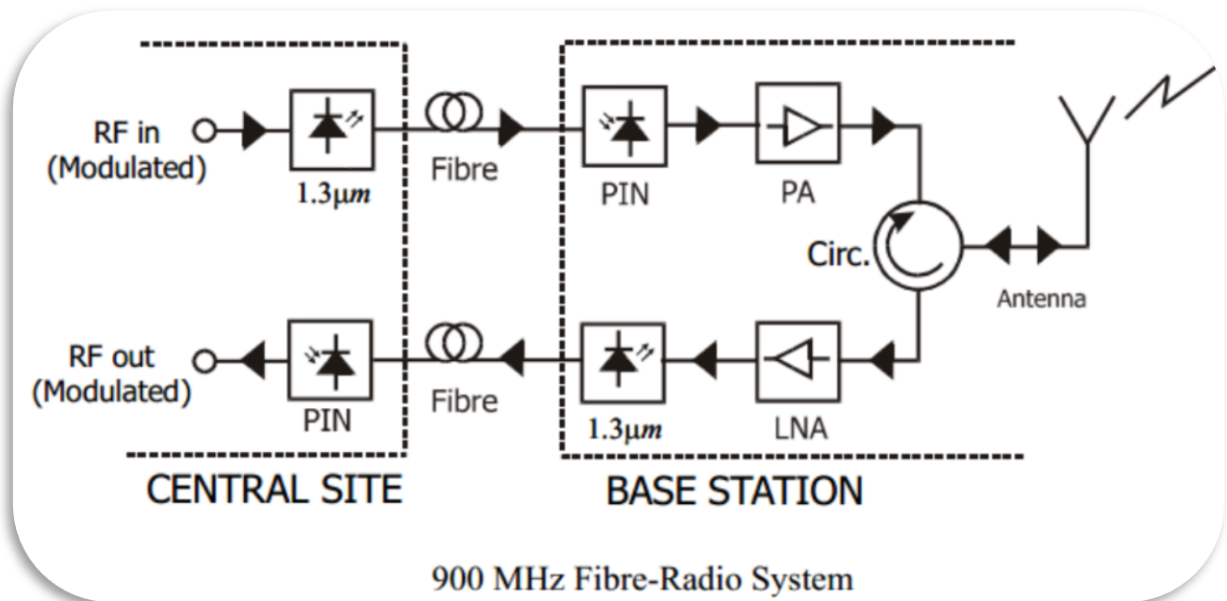
➤ Autres exemples

L'une des implémentations pionnières du système RoF est illustrée dans la figure suivante. Un tel système peut être utilisé pour distribuer des signaux GSM, par exemple.

Le signal RF est utilisé pour moduler directement la diode laser dans le site central (headend). Le signal optique modulé en intensité résultant est ensuite transporté sur la longueur de la fibre jusqu'à la BS (RAU).

Au RAU, le signal RF transmis est récupéré par détection directe dans le photodétecteur PIN. Le signal est ensuite amplifié et rayonné par l'antenne. Le signal de liaison montante de la MU est transporté de la RAU à la tête de réseau de la même manière.

Cette méthode de transport des signaux RF sur la fibre est appelée modulation d'intensité avec détection directe (IM-DD) et constitue la forme la plus simple de la liaison RoF.



VII. TYPES DES SYSTEMES RoF

- A. ROF analogique
- B. ROF en bande de base
- C. ROF numérisé

PARTIE THECHNIQUE - SIMULATION

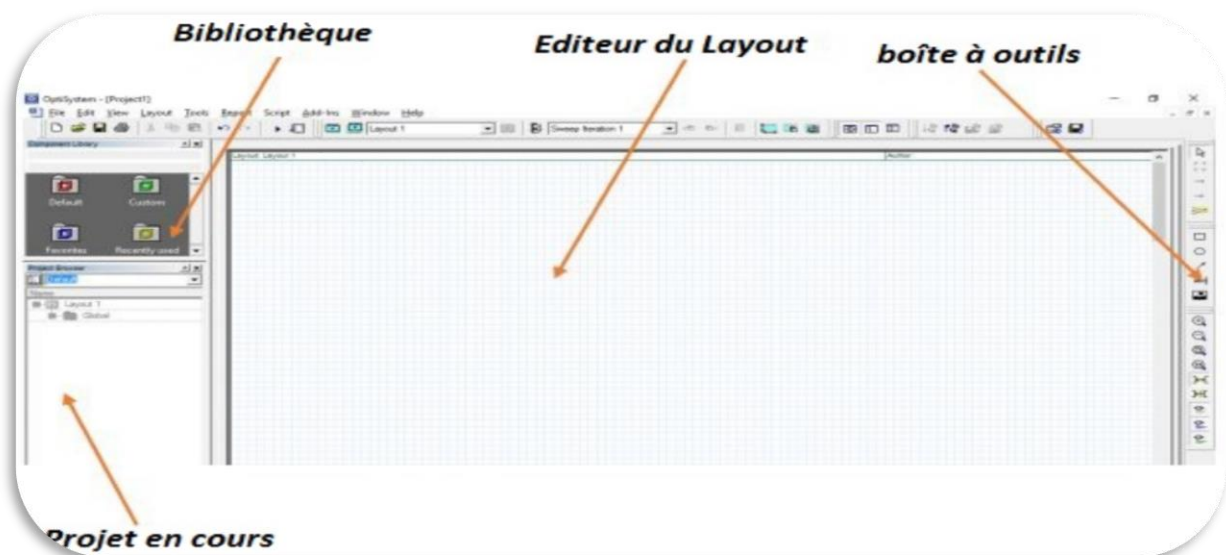
I. LE CHOIX DU LOGICIEL DE SIMULATION

Après une étude approfondie sur les logiciels existants, le logiciel OPTISYSTEM a été utilisé pour réaliser la simulation demandée.

1. LE LOGICIEL OPTISYSTEM

Optisystem est un logiciel de conception, de tests et d'optimisation de n'importe quel type de liaison optique. En ajoutant des composants utilisateur, on peut facilement étendre ses fonctions et interagir de manière transparente avec divers outils. Il dispose ainsi d'une interface utilisateur graphique complète (GUI) qui permet de contrôler la disposition des composants optiques, des listes de réseaux, des modèles de composants et des graphiques de présentation. Ainsi, grâce à l'analyse des paramètres, on peut étudier l'impact de spécifications d'appareils particuliers sur les performances du système.

- Bibliothèque : une base de données de divers composants existants.
- Editeur du Layout : permet l'édition et la configuration du schéma en cours de conception.
- Projet en cours : visualisation des divers fichiers et composants correspondant au projet en cours.
- Une boîte à outils : elle vous permet d'ajouter certaines indications (texte, rectangle, etc.) dans l'espace de travail pour plus de compréhension.



OptiSystem est un logiciel très performant qui permet aussi de concevoir et de modéliser des composants optiques.

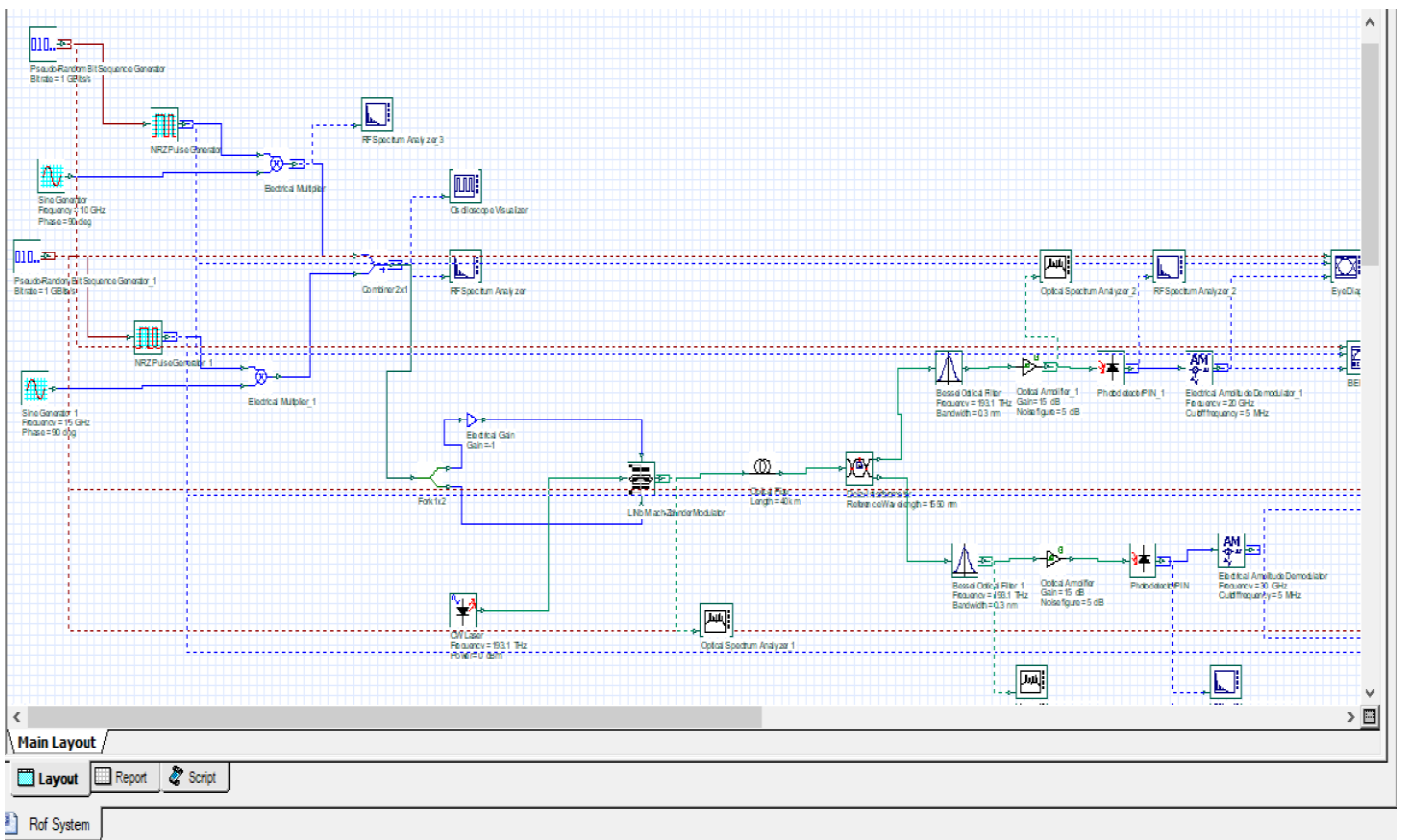
II. SIMULATION REALISEE ET RESULTATS

1. PRINCIPE

Le schéma ROF est proposé pour générer et transmettre simultanément des signaux filaires et sans fil en utilisant un seul MZM à double électrode. Dans le central téléphonique (CO), Deux signaux de bande de base pour le service sans fil sont mélangés avec deux porteuses 10 et 15 GHz. Le signal mixte et le signal câblé en bande de base sont appliqués simultanément pour piloter le modulateur Mach-Zehnder à double électrode (MZM) polarisé en régime linéaire. En conséquence, le signal sans fil en bande de base est transporté sur des sous-porteuses séparées par une fréquence de LO dans le domaine optique tandis que le signal en bande de base filaire est imposé sur la porteuse optique.

2. SIMULATION

La simulation est réalisée avec le logiciel commercial Optisystem. Le schéma de simulation pour la génération simultanée de signaux filaires et sans fil en utilisant un MZM à double électrode. Le laser à onde continue (CW) d'une longueur d'onde de 193,1 THz généré par un laser à rétroaction distribuée est délivré à un MZM à double électrode. Le MZM est biaisé en régime linéaire. Deux RF signal pour les services sans fil est mélangé avec les porteuses 10 et 15 GHz. Le signal mélangé est appliqué à une électrode du modulateur Mach-Zehnder à deux électrodes. De plus, un signal en bande de base pour le service filaire est directement introduit dans l'autre électrode du MZM à double électrode [8], le signal modulé est ensuite transmis à travers la fibre optique conventionnelle avec une longueur d'onde de référence de 1550 nm et une longueur de fibre de 30 km. Après transmission, les signaux sont filtrés à l'aide d'un filtre de Bessel et démodulés dans le démodulateur AM. Les figures ci-dessous montre le diagramme de l'œil clair des signaux sans fil et câblés reçus, respectivement.

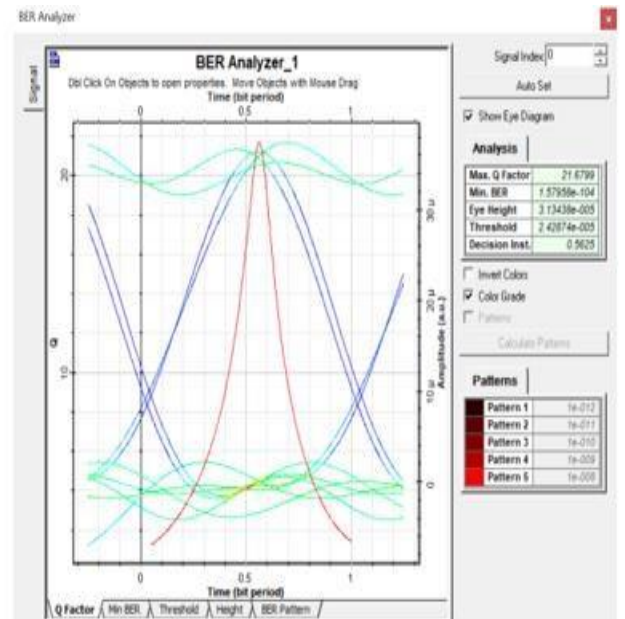
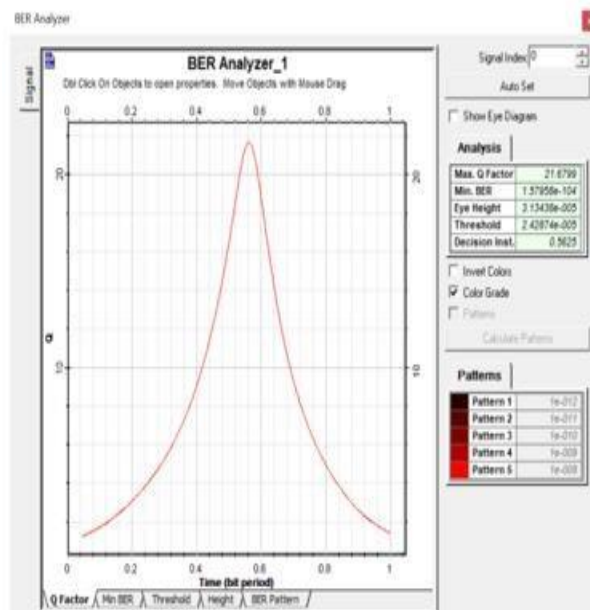
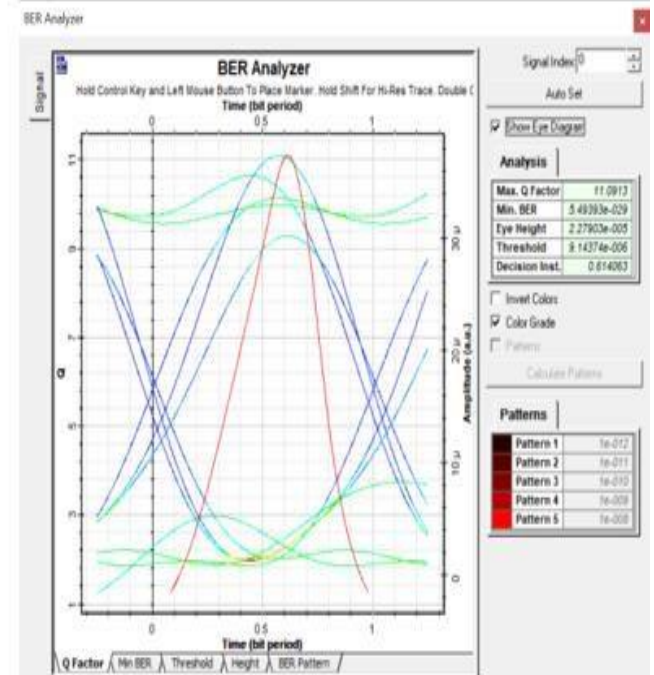
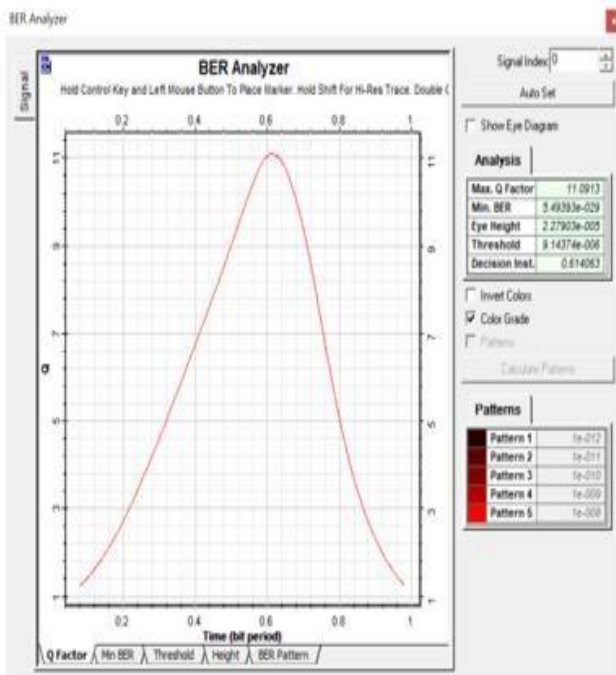


La figure précédente présente l'architecture générale de notre liaison simulée par **Optisystem**.

3. RESULTATS

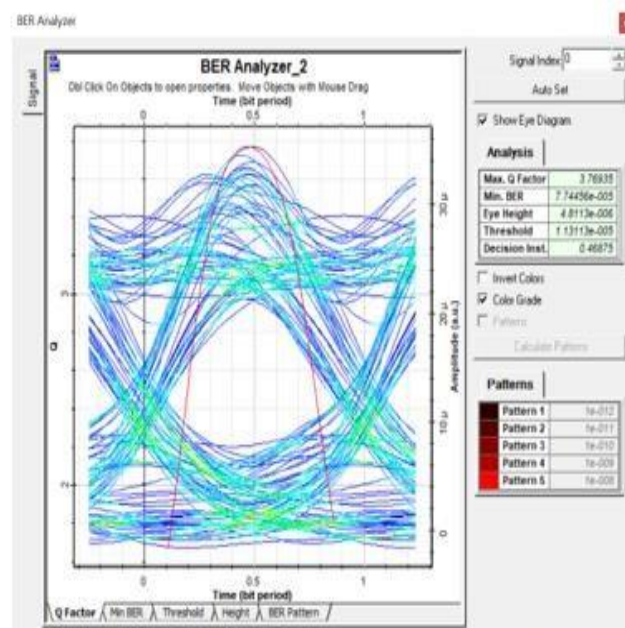
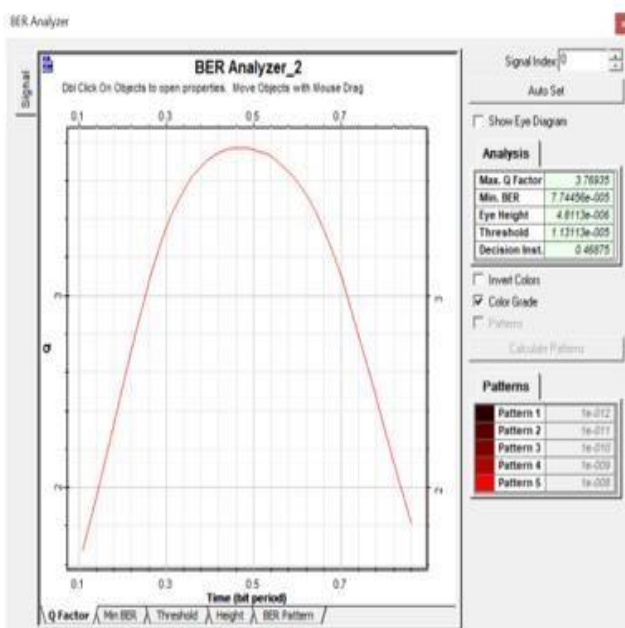
Les figures ci-dessus montrent clairement les diagrammes de l'œil pour une distance de 30 Km. Le BER reste très en dessous de la limite fixée à 10^{-9} . L'interprétation du diagramme de l'œil montre une ouverture assez large. Ces données démontrent nettement une transmission réussie du signal.

Bit error and Eye Diagram analyzer for 10 GHz RF signal



Bit error and Eye Diagram analyzer for 15 GHz RF signal

Bit error and Eye Diagram analyzer for wired signal



Les figures ci-dessus montrent clairement les diagrammes de l'œil pour une distance de 30 Km. Le BER reste très en dessous de la limite fixée à 10^{-9} . L'interprétation du diagramme de l'œil montre une ouverture assez large.

Ces données démontrent nettement une transmission réussie du signal.