

## TP N°2

### Simulation d'une liaison optique sans amplification avec le logiciel OptiSystem

#### Objectif du TP :

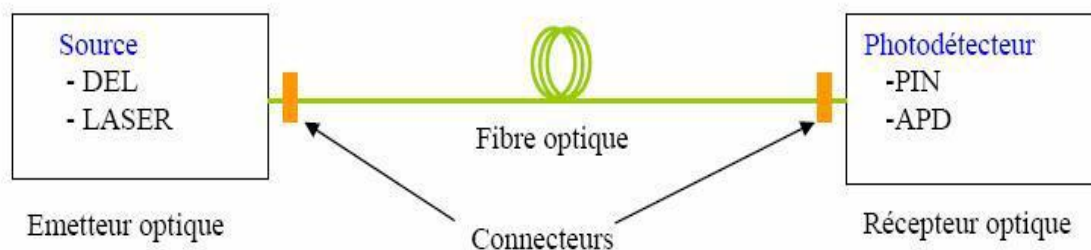
Dans ce TP, nous utiliserons un logiciel de simulation optique « **OptiSystem** » afin de simuler une liaison optique sans amplificateur. Ce TP permet aussi aux utilisateurs la mise en main du logiciel retenu pour la simulation.

#### I. Système de transmission sur fibre optique

Un système de transmission optique est composé de trois éléments principaux : l'émetteur, le canal de transmission et le récepteur :

- Une source optique (DEL ou LASER).
- Une ligne de transmission (fibre optique, amplificateur).
- Un récepteur (PIN ou APD).

La figure 1 illustre la structure générale d'une liaison de transmission par fibre optique.



**Figure 1:** Schéma synoptique d'une liaison optique.

#### II. Qualité de transmission d'une liaison

Pour définir la qualité d'une transmission optique, différents critères existent. Les trois principaux critères de qualité d'un signal transmis sont le taux d'erreur binaire BER et le facteur de qualité Q et le diagramme de l'œil. Ces trois critères sont décrits dans la suite.

## II.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.

## II .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'oeil qui retrace le signal mesure, le signal utile est représenté par les niveaux moyens  $\mu_1$  et  $\mu_0$ . Le 'bruit' représente les déviations des puissances optiques autour de ces niveaux moyens, il est quantifié en combinant les écarts-types  $\mu_1$  et  $\mu_0$ . On définit donc le facteur Q à partir du relevé du diagramme de l'oeil par :

$$Q = \frac{\mu_1 - \mu_2}{\sigma_1 + \sigma_2}$$

Si le facteur Q est élevé l'oeil est bien ouvert. La valeur minimale du facteur Q est 6.

## II.3 Diagramme de l'oeil

La façon la plus « visuelle » de juger la qualité d'un signal est d'observer le diagramme de l'oeil 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'oeil est fermé, plus le facteur de qualité est faible et ainsi plus la détection du signal sans erreur est difficile. Le diagramme de l'oeil 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.

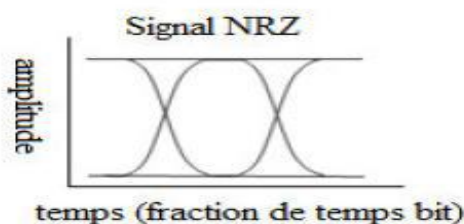


Figure 6 : Diagramme de l'oeil d'un signal NRZ

## II. Etapes à suivre pour la réalisation de la chaîne simulée

Pour réaliser le schéma de simulation il faut suivre les étapes suivantes :

### II.1. Démarrage de l'Optisystem

OptiSystem est un logiciel développé par une société canadienne **Optiwave** ; Optical Communication System Design Software, il permet aux ingénieurs et aux chercheurs de concevoir, simuler et d'analyser des systèmes de transmission optique. La diversité des systèmes simulés peut être étendue par la possibilité d'insérer des fonctions réalisées par l'utilisateur et qui peuvent être ajoutées aux systèmes simulés.

Le logiciel OptiSystem permet de tester et optimiser pratiquement n'importe quel type de liaison optique, il est basé sur la modélisation réaliste des systèmes de communications par fibre optiques.

Pour démarrer OptiSystem, procédez comme suit:

- Dans la barre des tâches, cliquez sur Démarrer.
- Sélectionnez Programmes > Logiciel Optiwave > OptiSystem 7 > OptiSystem.

OptiSystem s'ouvre et l'interface graphique apparaît (voir la figure 2).

Ensuite, il faut ouvrir un nouveau projet, dans la barre d'outils principale.

- Fichier > Nouveau. Une disposition principale vierge apparaît dans la fenêtre de disposition du projet (Figure 2).

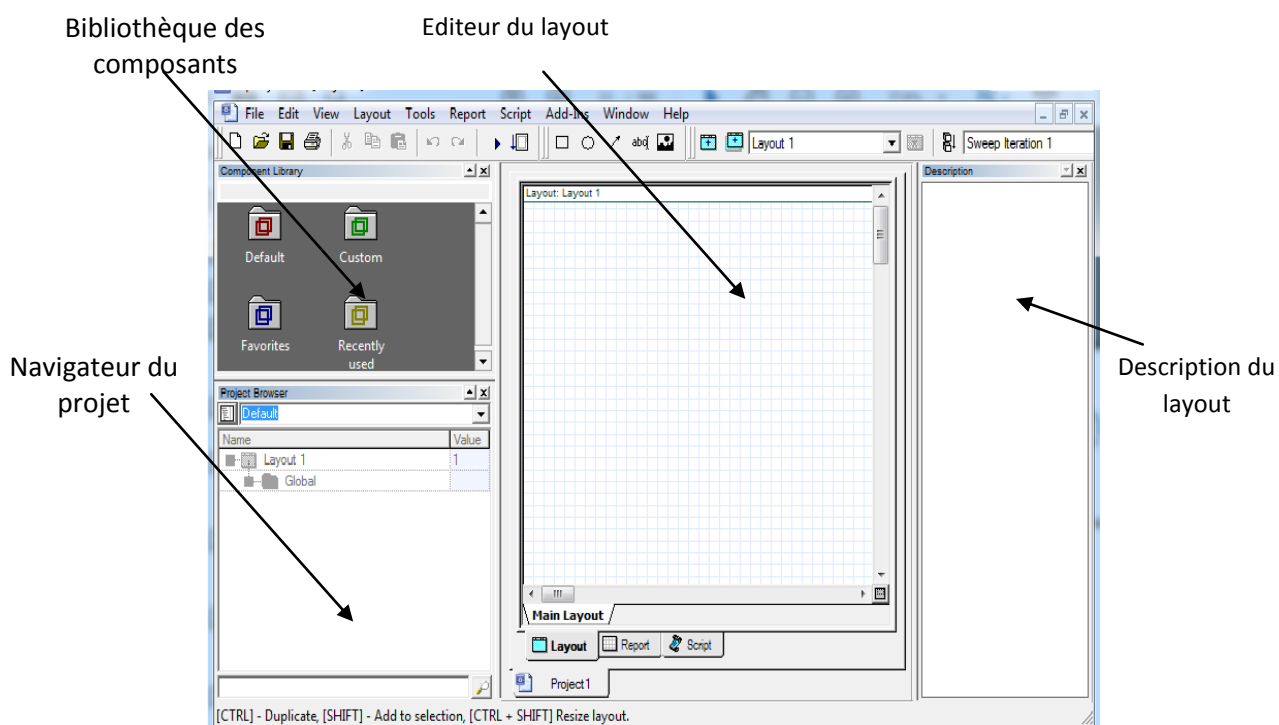


Figure 2 : Interface utilisateur graphique OptiSystem

## II.2. Utilisation de la bibliothèque de composants

Les différents composants sont fournis à partir de la bibliothèque des composants.

Dans la bibliothèque de composants, sélectionnez :

- Par défaut> Bibliothèque de transmetteurs> Sources optiques.  
Faites glisser le laser CW vers la disposition principale.
- Par défaut > Transmetteurs> Modulateurs optiques.  
Faites glisser le modulateur Mach-Zehnder vers la présentation principale.
- Par défaut> Bibliothèque de transmetteurs > Générateurs de séquence de bits.  
Faites glisser le générateur de séquence de bits pseudo-aléatoires vers la présentation principale.
- Par défaut> Émetteurs> Générateurs d'impulsions> Électrique.  
Faites glisser le générateur d'impulsions NRZ vers la disposition principale.
- Par défaut > Récepteurs > photodetector PIN  
Faites glisser le générateur d'impulsions NRZ vers la disposition principale
- Par défaut > optical fibers library > Optical fiber  
Faites glisser la fibre vers la disposition principale
- Par défaut> Filters library > Electrical > Low Pass Bessel filter  
Faites glisser la fibre vers la disposition principale

## II.3. Visualiser les résultats

OptiSystem vous permet de visualiser les résultats de la simulation de différentes manières. Le dossier Visualizer Library de la bibliothèque de composants vous permet de post-traiter et d'afficher les résultats d'une simulation. Le visualiseur est classé en tant que visualiseur électrique ou optique en fonction du type de signal d'entrée.

Pour visualiser les résultats, procédez comme suit :

**1.** Dans la bibliothèque de composants, sélectionnez

par défaut> Bibliothèque de visualiseurs> Electrique > BER.

Placez le visualiseur BER dans la structure principale.

**2.** Dans la bibliothèque de composants, sélectionnez Par défaut > Bibliothèque de Visualizer > Optique > optical Spectrum Analyzer.

Placez le visualiseur optical Spectrum Analyzer dans la structure principale.

## III. Manipulations

La chaîne de transmission optique a simulée est constituée d'un module d'émission, d'un module de réception et d'un support de transmission qui est la fibre optique.

### III.1. Schéma de simulation d'une liaison sans amplification

Le schéma bloc de cette simulation est représenté par la figure ci-dessous:

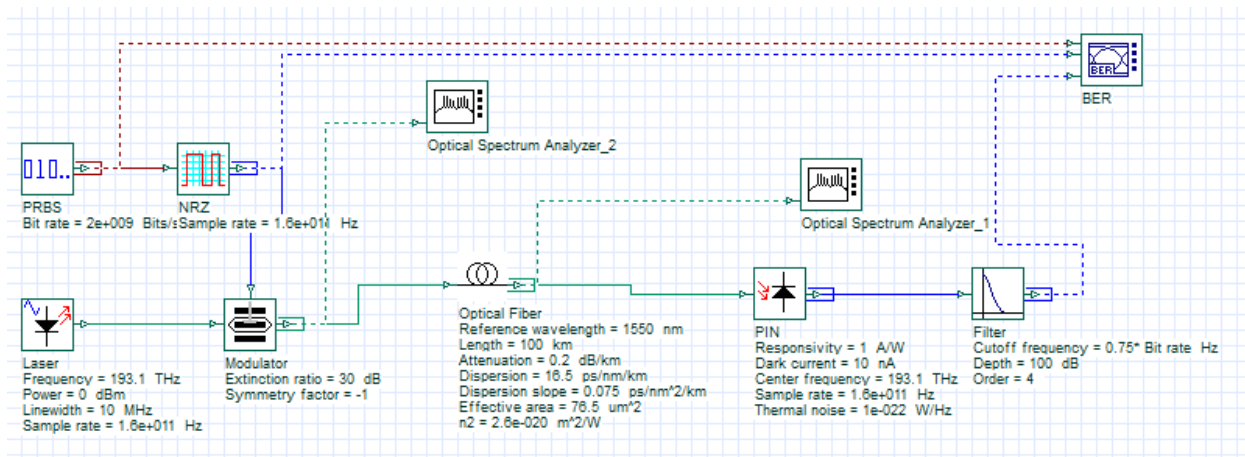


Figure 3 : Chaîne de liaison sous le logiciel OptiSystem

#### A. Bloc d'émission

Ce bloc est constitué d'une **Diode laser**. La puissance d'entrée est de 1mWatt (0dBm), la fréquence est 193.1THz qui correspond à la longueur d'onde  $1.55\mu\text{m}$  (on a  $f=c/\lambda$ ). Un signal binaire pseudo aléatoire NRZ est envoyé avec un débit **D=2.0 Gbps** de l'émetteur vers le récepteur. et un modulateur externe de type Mach-Zehnder (MZM).

#### B. Support de transmission :

La liaison se compose d'une fibre optique standard SMF (G652) de longueur **L=100 km**, dont les caractéristiques sont présentées dans le tableau ci-dessous :

	Dispersion	$A_{\text{eff}}$	$n_1$	Atténuation
	Ps/nm/Km	$\mu\text{m}^2$	$\text{m}^2/\text{W}$	dB/Km
<b>SMF</b>	16.5	76.5	2.6e-020	0.2

#### C. Bloc de réception :

Dans ce projet, le signal optique est reçu par une photodiode PIN qui permet de traduire le signal optique en signal électrique. Ce dernier, sera traité par des dispositifs électroniques (un filtre passe-bas Bessel). Ensuite, il sera analysé par un analyseur BER et un analyseur du spectre optique.

#### Questions :

- Réaliser le schéma de la figure 3.
- Pour une diode laser de puissance **P=0 dBm**. En utilisant l'analyseur du spectre optique :
  - Visualiser le Spectre optique à l'entrée de la fibre optique du canal de transmission).
  - Visualiser le spectre optique à la sortie du canal (**L=100 km**).
- En utilisant le dispositif de mesure de la puissance optique (Power), mesurer la puissance injectée à l'entrée du canal ( $P_{\text{in}}$ ) et la puissance à la sortie du canal ( $P_{\text{out}}$ ).

4. Maintenant, on utilise une diode laser de puissance **0 dBm**. Remplir le tableau suivant, puis Tracer l'évolution de  $P_{out}$ ,  $Q_{max}$  et  $\log(TEB_{min})$  en fonction de la longueur du canal.

Longueur du canal (Km)	$P_{out}$ (dBm)	$Q_{max}$	$TEB_{min}$
20			
40			
60			
80			
100			
110			
120			

5. On fixe maintenant la longueur du canal à **80 km**. Remplir le tableau ci-dessous, puis tracer l'évolution de  $Q_{max}$  et  $\log(TEB_{min})$  en fonction de la puissance d'entrée.

Puissance P (dBm)	$Q_{max}$	$TEB_{min}$
-10		
-8		
-6		
-4		
-2		
0		
2		
4		
6		
8		
10		

6. On fixe maintenant la longueur du canal à 80 km, la puissance de la diode laser  $P = 0$  dBm et en utilisant l'analyseur BER.

Tracer l'évolution de  $Q_{max}$  et  $BER_{min}$  en fonction le taux de débit.

Taux de Débit D en (GB/s)	$Q_{max}$	$BER_{min}$
1		
2		
3		
4		
5		
6		