

TP N° 5 : Simulations de composants passifs: coupleurs, multiplexeurs et demultiplexeurs

Rappel : N'oubliez pas de rendre votre compte-rendu (fichier Word) à la fin de la séance !

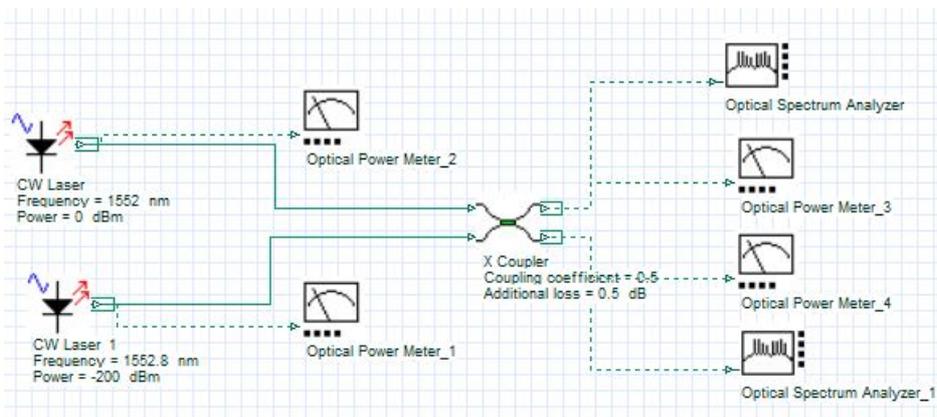
Matériel à votre disposition :

- Ordinateur avec le logiciel « OptiWave »
- Fichier « feuille de calcul optisystem : equipments FTTH »

Exercice 1 : Coupleurs :

Cette partie est consacrée à l'étude de coupleurs 2 voies vers 2 voies (2x2). Les voies 1 et 2 sont les entrées et les voies 3 et 4 sont les sorties.

a) Realiser le schéma suivant à l'aide du logiciel « optiwave »



Il est possible de visualiser la puissance injectée dans les voies 1 et 2 (optical power meter 1 et 2) et les puissances qui sortent des voies 3 et 4 (optical power meter 3 et 4).

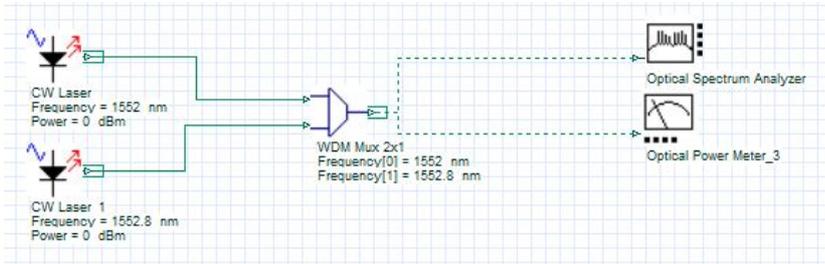
b) La puissance du laser 1 est fixée a **-200 dBm** : analogue a un laser éteint. La puissance du laser (**1552 nm**) est fixée a **0 dBm**. Pour des pertes en excès (additional coupling) égale a **0 dB** puis de **0,5 dB**, le coefficient de couplage du coupleur est fixé a **60/40** . Remplir le tableau ci-dessous et a inserer dans votre compte rendu « fichier word du bureau):

Pertes en excès en dB	0	0.5
P3 voie 3 en mW		
P3 voie 3 en dBm		
Pertes de couplage voie 3		
P4 voie 4 en mW		
P4 voie 4 en dBm		
Pertes de couplage voie 4		
P3+P4 en mW		
P3+P4 en dBm		
Pertes d'insertion voie 3		
Pertes d'insertion voie 4		

- c) La puissance du laser 1 est fixée a **0 dBm** . La puissance du laser (**1552 nm**) est fixée a **-200 dBm**. Que constatez vous en ce qui concerne les puissances en sorties P3 et P4 ?

Exercice 2 : Multiplexeurs/demultiplexeurs :

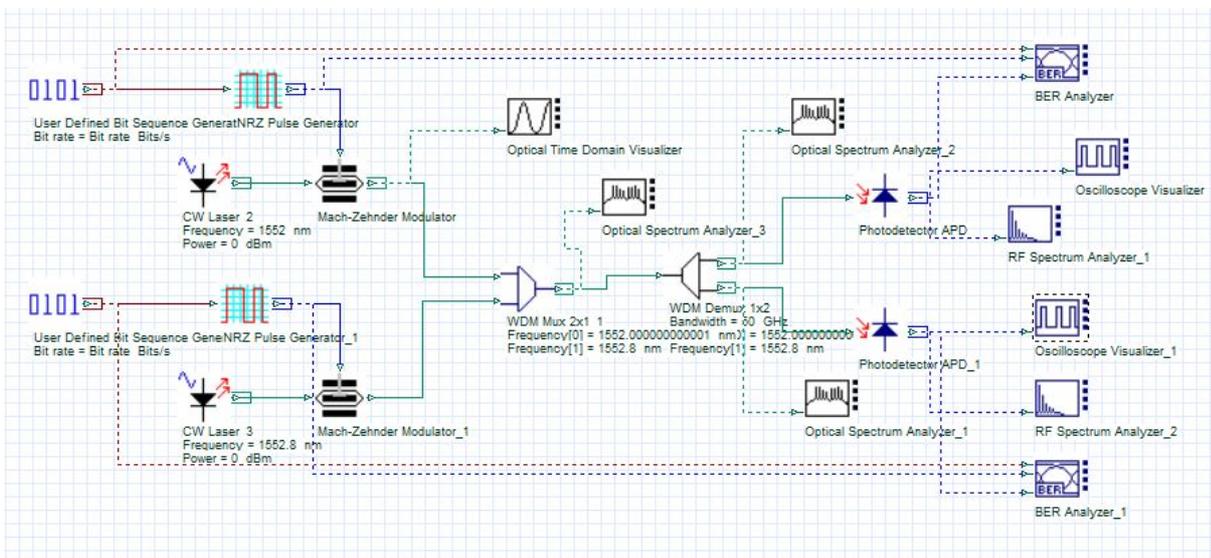
- a) Réaliser le schéma suivant :



- b) Vérifier que sans pertes en excès, le multiplexeur mélange bien les deux longueurs d'onde dans la sortie commune et cela sans pertes de puissance. Sauvegarder les spectres nécessaires dans votre compte rendu permettant de bien illustrer cette partie.
- c) Mettre une perte en excès de **0,5 dB** : Comment sont modifiées les puissances de sortie ?

Exercice 3 : Démultiplexage :

- a) Réaliser le schéma suivant :

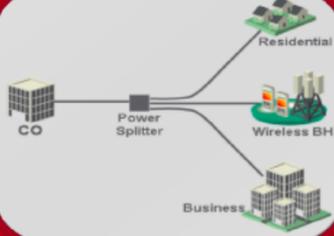
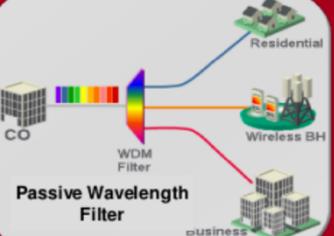


Le but du schéma suivant est de montrer que la largeur de bande (bandwidth) est critique sur l'obtention d'un BER correct (10^{-9}).

- b) Modifier la bande passante du multiplexeur et démultiplexeur pour obtenir un BER correct et une trame temporelle en sortie (oscilloscope visualiser) identique à celle faite par le laser (optical time domain visualiser). Pour un débit de **10 Gbits/s** qu'elle bande passante (en GHz) faut il mettre pour obtenir un BER mieux que 10^{-9} ? Sauvegarder les spectres, BER, Trames temporelles nécessaires dans votre compte rendu permettant de bien illustrer cette partie.

Annexe :

Exemple de réseau FTTH, le WDM PON fait partie du futur très proche :

TDM / GPON	Point to Point	WDM PON
		
<ul style="list-style-type: none"> ↑ Simplified CO Fiber Management ↑ Passive OSP Plant Solution ↑ Low power consumption ↑ Standards/Mature Technology ↑ Subscriber Density ↔ Interoperability ↓ Shared Bandwidth (DS & US) 	<ul style="list-style-type: none"> ↑ Future Proof Architecture ↑ Follows Telco wiring Practices ↑ Simple Engineering & Planning ↑ Interoperability ↓ CO Fiber Management ↓ Fiber Availability ↓ Power Consumption ↓ Subscriber Density 	<ul style="list-style-type: none"> ↑ Future Proof Architecture ↑ Follows Telco wiring Practices ↑ Carrier Grade Ethernet ↑ Simple Engineering & Planning ↑ Interoperability ↑ Simplified CO Fiber Management ↑ Passive OSP Plant Solution ↑ Colourless Optics ↔ Subscriber Density ↔ Power Consumption ↓ Standards Maturity

TP N° 6 : Modulation directe ou indirecte et Réseaux FTTH

Rappel : N'oubliez pas de rendre votre compte-rendu (fichier Word) à la fin de la séance !

Matériel à votre disposition :

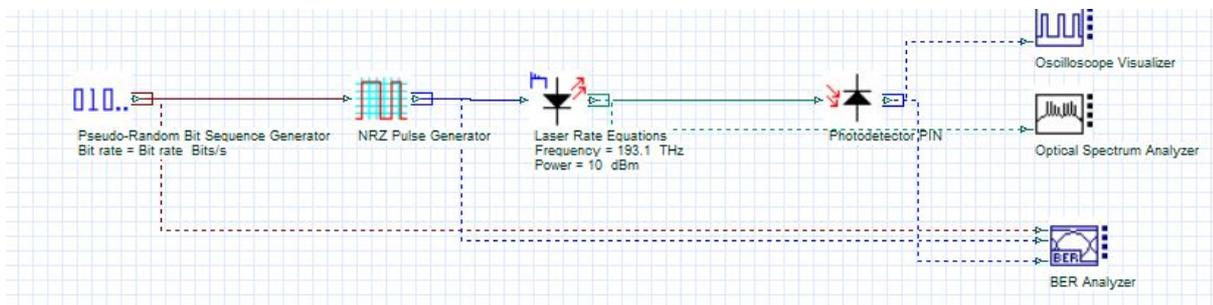
- Ordinateur avec le logiciel « OptiWave »
- Fichier « feuille de calcul OptiSystem : équipements FTTH »

Les composants utilisés sont déjà dans un fichier « feuille de calcul OptiSystem : équipements FTTH » présent sur le bureau de l'ordinateur dans la partie haute à droite de l'écran. Les étudiants doivent créer un fichier word sur le bureau de l'ordinateur pour répondre pendant la séance aux questions posées. Les étudiants doivent aussi créer une nouvelle feuille de calcul sur laquelle ils viendront insérer les composants de la feuille « équipements FTTH et ne l'effaceront pas.

Exercice 1 : Émetteurs

Deux schémas de réalisation d'interface d'émission de bits sont étudiés dans cette partie. La modulation interne (ou directe) et la modulation externe. Ces deux schémas sont réalisés sur la même feuille de calcul afin de permettre la comparaison spectrale, temporelle et du BER pour chaque type de modulation.

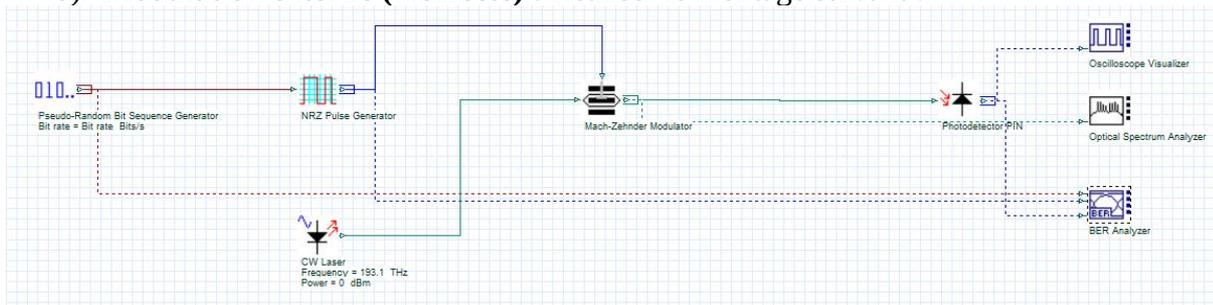
- a) **Modulation interne (directe) :** La réalisation d'impulsion optique (bit) se fait dans cette méthode en modulant directement le courant d'alimentation du laser semi-conducteur. Réaliser le montage suivant :



Le courant d'alimentation du laser est directement modulé selon un codage NRZ (Non Return to Zero).

L'oscilloscope permet de visualiser la trame NRZ, l'analyseur de spectre optique permet d'observer le spectre et le BER (Bit Error Rate) permet de tester la qualité de la liaison ou de la modulation.

- b) **Modulation externe (indirecte) :** Réaliser le montage suivant :



Dans ce type de modulation, le laser a son courant d'alimentation fourni en continu et la puissance est émise en continue (CW : continuous wave). La modulation est effectuée à l'aide du modulateur

Mach Zehnder qui est alimenté par le courant modulé.

L'oscilloscope permet de visualiser la trame NRZ, l'analyseur de spectre optique permet d'observer le spectre et le BER permet de tester la qualité de la liaison ou de la modulation.

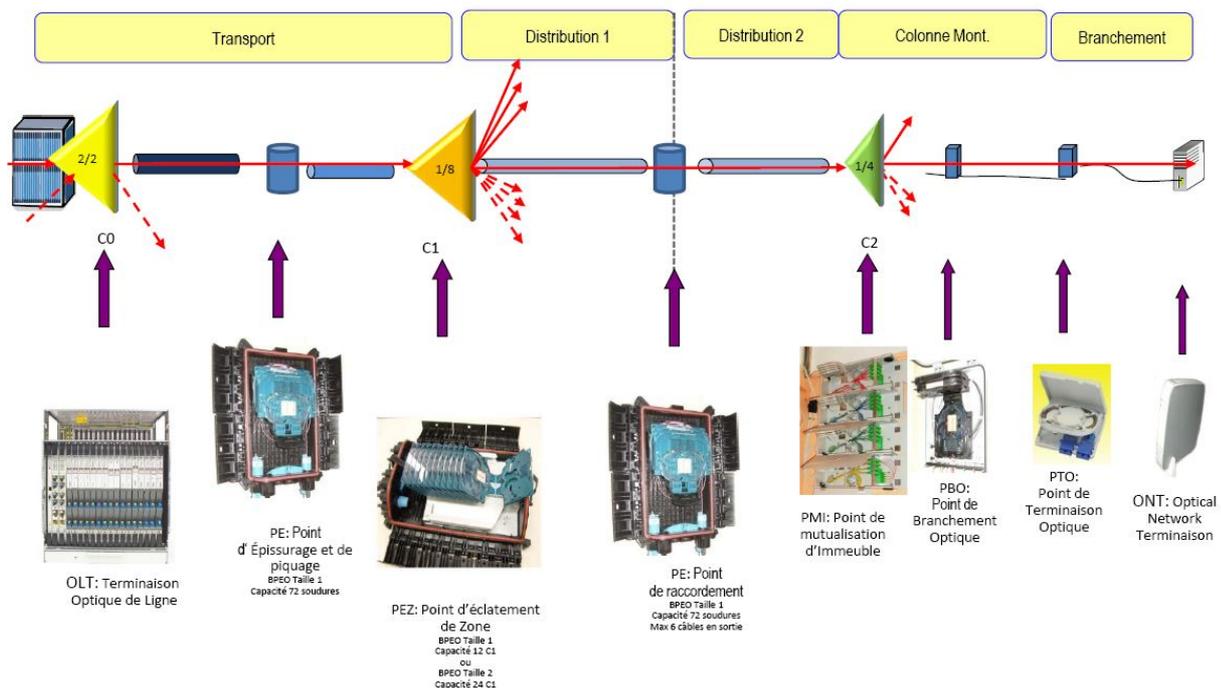
- c) Montrer que la modulation directe produit un spectre plus large que la modulation indirecte. Sauvegarder deux spectres permettant de bien montrer ce phénomène dans un fichier que vous aurez créer sur le bureau de l'ordinateur. Ce phénomène est appelé « chirp » en anglais (variation de la fréquence ou de la longueur d'onde de l'émetteur). Expliquer d'où provient ce phénomène.
- d) Montrer que la modulation directe produit des « surintensités » au debut du bit alors que la modulation externe ne produit pas ce phénomène. Sauvegarder deux trames temporelles permettant de bien montrer ce phénomène dans un fichier que vous aurez créer sur le bureau de l'ordinateur. Expliquer d'où provient ce phénomène.
- e) Dans quels cas de schéma de modulation le BER se dégrade le plus vite lorsque le débit passe de **100 Mbits/s** à **10 Gbits/s**. Expliquer d'où provient ce phénomène. Dans quelles parties des réseaux optiques peut on utiliser ces deux types de modulations.

Exercice 2 : Réseaux FTTH

Deux types de réseaux existent dans les déploiements actuels FTTH : les réseaux P2P et les réseaux P2M 64 abonnés.

On souhaite réaliser une liaison de **200 Mbits/s** du Nœud de Raccordement Optique (ou encore appelé Terminaison optique de Ligne) à la prise terminale optique de l'abonné (appelée ONT optical Network Terminaison). La liaison est de **8 km** de long. Elle comprend : le Nœud de Raccordement Optique NRO, un point d'épissurage PE, un point d'éclatement de zone PMZ, un point de raccordement, un point de mutualisation d'immeuble PMI, un Point de Branchement Optique PBO, un point de terminaison optique PTO , un boîtier d'abonné ONT (voir figure ci dessous). On souhaite que dans les deux cas, il soit possible d'upgrader les débits jusqu'à du **1 Gbits/s** en du NRO vers l'abonné et du **200 Mbits/s** de l'abonné vers le NRO.

Voici le Schéma du réseau P2M 64 abonnés:

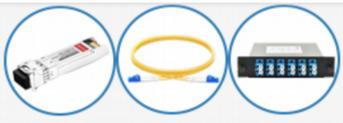


Le réseau P2P passera également dans les mêmes chambres et boîtiers (c'est à dire PE, PEZ, PMI, PBO PTO et ONT)

- a) Proposer dans chaque cas (P2P et P2M) une architecture de réseau permettant de transmettre le débit avec un BER de 10^{-9} .

Annexes :

Exemple d'émetteurs récepteurs :



Connexion de Câblage Optique Cisco Compatible 10GBASE-ER SFP+

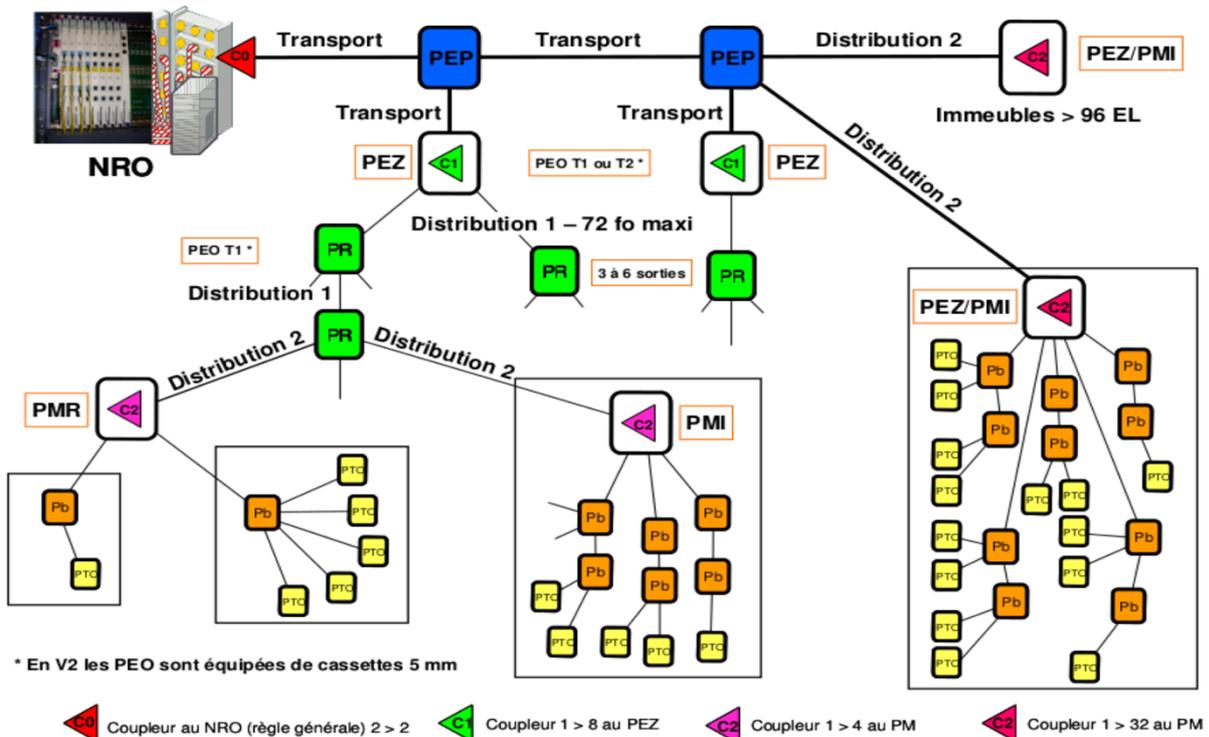
[En Savoir Plus](#)

Cisco Compatible 10GBASE-ER SFP+, qui vous offre des solutions efficaces, pratiques et flexibles.

Détails du Produit

Cisco Authentique	SFP-10G-ER	Nom du Fournisseur	Fiberstore
Format	SFP+	Débit de Données	10 Gbps
Longueur d'Onde	1550nm	Distance de Transfert Maxi	40km
Interface	LC duplex	Composant Optique	EML 1550nm
Type de Câble	SMF	DOM	OUI
Puissance d'Émission	-4.7~4dBm	Sensibilité du Récepteur	< -15.8dBm
Plage de Température Commerciale	0 ~ 70°C (32 ~ 158°F)	Code HS	8517706000

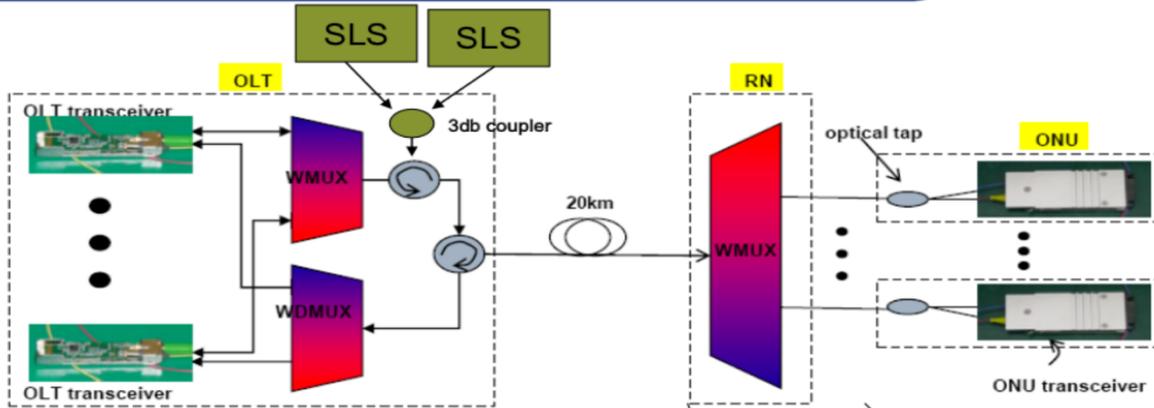
Exemple de structure de PON :



Exemple de budget en puissance pour un WDM PON :

Optical power budget

www.corecess.com



Downstream				
OLT TX power Max = 5 dBm Min = 3 dBm	Max loss = 3.5 dB Min loss = 2 dB	Max loss = 10 dB Min loss = 0 dB Link margin= 2 dB	Max loss = 4 dB Min loss = 2 dB	Max input = 0 dBm Min input = -16.5 dBm
Upstream				
Max input = -2 dBm Min input = -23 dBm	Max loss = 3.5 dB Min loss = 2 dB	Max loss = 10 dB Min loss = 0 dB Link margin= 2 dB	Max loss = 4 dB Min loss = 2 dB	Max = 2 dBm Min = -3.5 dBm

TP N° 7: Initiation au réflectomètre

Rappel : N'oubliez pas de rendre votre compte-rendu (sur papier libre) à la fin de la séance !

Matériel à votre disposition :

- Réflectomètre
- Bobines amorce
- Un réseau point-à-point pré-préparé (fibre G652D)
- Une bobine de fibre G653
- Fiches de spécifications des fibres sur le réseau

Exercice 1 : Bonnes pratiques avec le réflectomètre

Exercice 2 : Paramétrage du réflectomètre :

- Brancher le réflectomètre correctement au réseau pré-préparé utilisant les bobines amorce.
- Lancer des mesures OTDR avec le réflectomètre paramétré à 3 valeurs différentes de n_g , par exemple **1,41 ; 1,46 ; et 1,51**. La valeur de n_g impacte sur quoi dans la trace [observez par exemple la position du pic de fin de fibre] ? Expliquer pourquoi.
[Attention, le réflectomètre doit être paramétré à chaque longueur d'onde !]
- Pourquoi est-il important de paramétrer le réflectomètre à une valeur de n_g égale à celle de la fibre sous test ?
- Lancer des mesures OTDR avec le réflectomètre paramétré à 3 valeurs différentes de K , le coefficient de rétrodiffusion de Rayleigh, par exemple **-71 dB ; -81 dB ; -91 dB**. La valeur de la rétrodiffusion impacte sur quoi dans la trace [observez par exemple la hauteur d'un pic réfléchif] ? Expliquer pourquoi.
- Pourquoi est-il important de paramétrer le réflectomètre à une valeur de K égale à celle de la fibre sous test ?
- Régler n_g et K aux valeurs de la fibre sous test telles que définies dans la fiche de spécifications de la fibre. Noter les valeurs.

Exercice 3 : Mesures « manuelles » avec le réflectomètre :

- Mesurer une trace OTDR sur le réseau pré-préparé. Utiliser les **paramètres d'acquisition** suivants : Longueur d'onde : **1550 nm** ; Portée : **5 km** ; Durée d'impulsion : **30 ns** ; Temps de mesure : **30 s**.
- Trouver l'onglet « Mesures » où on peut réaliser des mesures à l'aide des curseurs.
- Événement non-réfléchissant : En trouver un dans la trace. Mesurer sa position et ses pertes d'insertion manuellement à l'aide des curseurs. Noter le résultat.
- Section de fibre : En trouver une dans la trace. Mesurer sa position, ses pertes d'insertion et son atténuation. Noter le résultat.
- Événement réfléchissant : En trouver un dans la trace. Mesurer sa position, ses pertes d'insertion et sa réflectance. Noter le résultat.
- Bilan de liaison : Le mesurer. Noter le résultat.
- Illustrer avec des dessins comment « pertes d'insertion », « atténuation » et « réflectance » sont mesurées à partir d'une courbe OTDR.
- Les pertes d'insertion, les réflectances et les atténuations réelles devraient logiquement être indépendantes des paramètres d'acquisition. Vérifier sur un événement que vos mesures donnent la même chose indépendamment des paramètres d'acquisition.

Exercice 4 : Réflectomètre en mode AUTO :

- a) Sur le même réseau, mesurer une trace OTDR avec le réflectomètre en mode « AUTO ».
- b) Comparer le résultat avec ce que vous avez trouvé dans l'Exercice 2. Commenter.

Exercice 5 : Jonctions entre différents types de fibres :

- a) Branchez le réflectomètre à la bobine de fibre G653. Vous avez alors des jonctions entre deux fibre de types différents : G652D (bobines amorce) et G653.
- b) Mesurer la trace OTDR dans un sens, puis dans l'autre.
- c) Trouver les pertes d'insertion réelles de chaque jonction. Expliquer comment vous avez procédé.

Exercice 6 : Coupleurs :

- a) Brancher le réflectomètre à un coupleur 2x2 ou 1x8. Mesurer la trace OTDR. Mesurer à **1310 nm** et **1550 nm** et utiliser une durée d'impulsion de **5 ns**. Mesurer les pertes d'insertion. Noter le résultat.
- b) Si les deux sorties d'un coupleur 2x2 sont branchées à des bobines de longueurs différentes L_1 et L_2 quelle va être l'allure de la trace OTDR ? Expliquer pourquoi.

TP N° 8: Facteurs affectant la performance du réflectomètre

Rappel : N'oubliez pas de rendre votre compte-rendu (sur papier libre) à la fin de la séance !

Matériel à votre disposition :

- Réflectomètre
- Bobines amorce
- Un réseau point-à-point pré-préparé (fibre G652D)
- Fiches de spécifications des fibres sur le réseau

Exercice 1 : Résolution en distance :

- Mesurer la résolution en distance (le pas d'échantillonnage) pour portée **1.3 km ; 10 km ; et 80 km**. Noter les résultats.
- Comment choisir au mieux la portée avant mesurer un réseau de longueur donnée ?

Exercice 2 : Zone mortes en événement :

- On peut définir la zone morte en événement comme « la distance après un pic réflectif où le signal a descendu **1,5 dB** ».
- Trouver le pic réflectif avec la plus grande réflectance dans la trace OTDR. L'utiliser pour mesurer la zone morte en événement pour longueur d'impulsion d'environ **1 m ; 20 m**. Noter les résultats.
- Quelle relation observez-vous entre longueur d'impulsion et la zone morte en événement ?

Exercice 3 : Zone mortes en affaiblissement :

- On peut définir la zone morte en événement comme « la distance après un pic réflectif où le signal retourne à un niveau de **0,5 dB** au-dessus du fond de rétrodiffusion ».
- Trouver le pic réflectif avec la plus grande réflectance dans la trace OTDR. L'utiliser pour mesurer la zone morte en affaiblissement pour longueur d'impulsion d'environ **1 m ; 20 m**. Noter les résultats.
- Quelle relation observez-vous entre longueur d'impulsion et la zone morte en affaiblissement ?

Exercice 4 : Réserve dynamique :

- Comment mesurer la réserve dynamique à partir d'une trace OTDR ?
- Mesurer la réserve dynamique pour longueur d'impulsion d'environ **1 m ; 20 m**. Noter les résultats.
- Quelle relation observez-vous entre longueur d'impulsion et réserve dynamique ? La dépendance observée est-elle en accord avec vos attentes ?
- Mesurer la réserve dynamique pour durée de mesure d'environ **5 s ; 90 s**. Noter les résultats.
- Quelle relation observez-vous entre durée de mesure et réserve dynamique ? La dépendance observée est-elle en accord avec vos attentes ?

Exercice 5 : Rapport signal sur bruit (pertes) :

- Mesurer une trace OTDR pour longueur d'impulsion d'environ **1 m ; 20 m ; et temps de mesure 5 s**. A chaque fois mesurer la réserve dynamique et le bruit à **0 m** (on peut utiliser les curseurs pour estimer le bruit). Noter les résultats.

- b) Mesurer une trace OTDR pour longueur d'impulsion **1 m** ; et temps de mesure d'environ **5 s ; 90 s**. A chaque fois mesurer la réserve dynamique et le bruit à **0 m** (on peut utiliser les curseurs pour estimer le bruit). Noter les résultats.
- c) D'après une extrapolation de vos mesures, de quelle réserve dynamique minimale a-t-on besoin pour atteindre un bruit inférieur à **0,1 dB** ? Votre conclusion est-elle en accord avec vos attentes ?
- d) Quel est donc la critère pour atteindre un niveau de bruit inférieur à **0,1 dB** en fin de réseau où le bruit est, en général le plus élevé ?

Exercice 6 : Rapport signal sur bruit (réflectance) :

- a) Le bruit sur les réflectances mesurées est fortement impacté par les paramètres d'acquisition.
- b) Mesurer la réflectance d'un connecteur sur le réseau pour plusieurs jeux de paramètres.
- c) Comment choisir les paramètres d'acquisition afin d'avoir la meilleure précision sur la réflectance ?

Exercice 7 : Écho parasite :

- a) Trouver une combinaison de paramètres où des échos parasites apparaissent dans la trace OTDR. Noter les paramètres. Expliquer la provenance des échos parasites.

Exercice 8 : Mesure de réflectométrie sur réseaux FTTH :

- a) Si le temps le permet, faire des mesures de réflectométrie sur les réseaux de la salle de TP et interpréter les courbes. Trois architectures de réseaux différentes sont déployées : point-à-point (P2P) ; passive optical network (PON1 ; PON2).