

CONTROLE D'UNE LIAISON FIBRE OPTIQUE

PAR REFLECTOMETRIE

TRAVAIL PREPARATOIRE

Pour tout renseignement complémentaire, consulter les documents **GLOSSAIRE DU CABLAGE OPTIQUE** et **MESURES ET RECETTE D'UN CABLAGE OPTIQUE** sur <http://www.cercle-credo.com/index.php/Documents/Guide-C.R.E.D.O>

1. Les étapes du contrôle

Le tableau ci-dessous résume les étapes de la réalisation d'un câblage optique, des contrôles et mesures qui doivent être effectués à chacune de ces étapes. Il faut délimiter les responsabilités de chaque intervenant. Il est issu du document officiel du CREDO (Cercle de Réflexion et d'Etudes pour le Développement de l'Optique) et est conforme aux recommandations de la FICOME (Fédération Interprofessionnelle de la Communication d'Entreprise) :

	Etape	Type Contrôle	Point de contrôle
1	Réception Câble	Visuel + PV Fournisseurs	Obligatoire
2	Avant tirage	Réflexométrie fibre nue	Obligatoire si fourniture et pose sont dissociées. Conseillée dans tous les cas de liaisons longues
3	Après tirage, avant pose connecteurs et épissures en ligne	Réflexométrie fibre nue	Obligatoire si pose et raccordement sont dissociés
4	Pendant connecteurisation et épissurage	Visuel - fiches connecteurs	Obligatoire
5	Après pose connecteurs - validation	Visuel + réflexométrie fibre connectorisée	Obligatoire
6	Recette	Visuel + mesures par prélèvement en option	Obligatoire

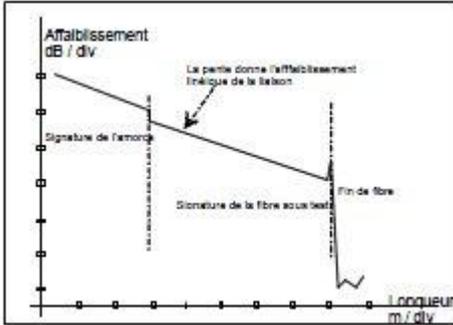
Compléter la dernière colonne du tableau en indiquant, pour chaque étape, le (ou les) moyen de contrôle que vous préconisez.

	Etape	Points contrôlés	Moyens de Contrôle
1	Réception du câble	Etat général du touret Nombre de fibres, code couleur, nombre de faisceaux Etat des éléments de protection	
2	Avant le tirage	Longueurs Affaiblissement linéique de chaque fibre Absence de contraintes et d'incidents ponctuels	
3	Après le tirage, avant la pose des connecteurs et les épissurages	Absence de défauts d'aspect (blessures) Longueurs Affaiblissement linéique de chaque fibre Absence de contraintes et d'incidents ponctuels	
4	Pendant la connecteurisation et l'épissurage	Etat de surface et poli Absence de rayures ou fractures Absence de colle	
5	Après la connecteurisation, validation par l'installateur	Longueur de liaison Affaiblissement global de la liaison Affaiblissement des composants de la liaison Réflectance des composants Visualisation des contraintes subies par la fibre Cartographie complète de la liaison	
6	Recette par le client	Analyse des documents de validation, mesures complémentaires ou contradictoires	

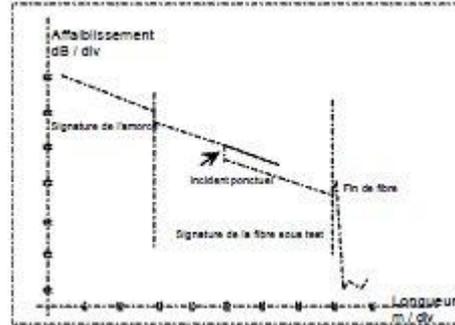
2. Mesure avant tirage

Au cours du contrôle à la réception d'un câble de 8 fibres une mesure par réflectométrie sur fibre nue fournit des traces ayant l'allure suivante :

Pour les fibres N° 0, 1, 2, 3, 4,, 6 et 7



Pour la fibre N° 5



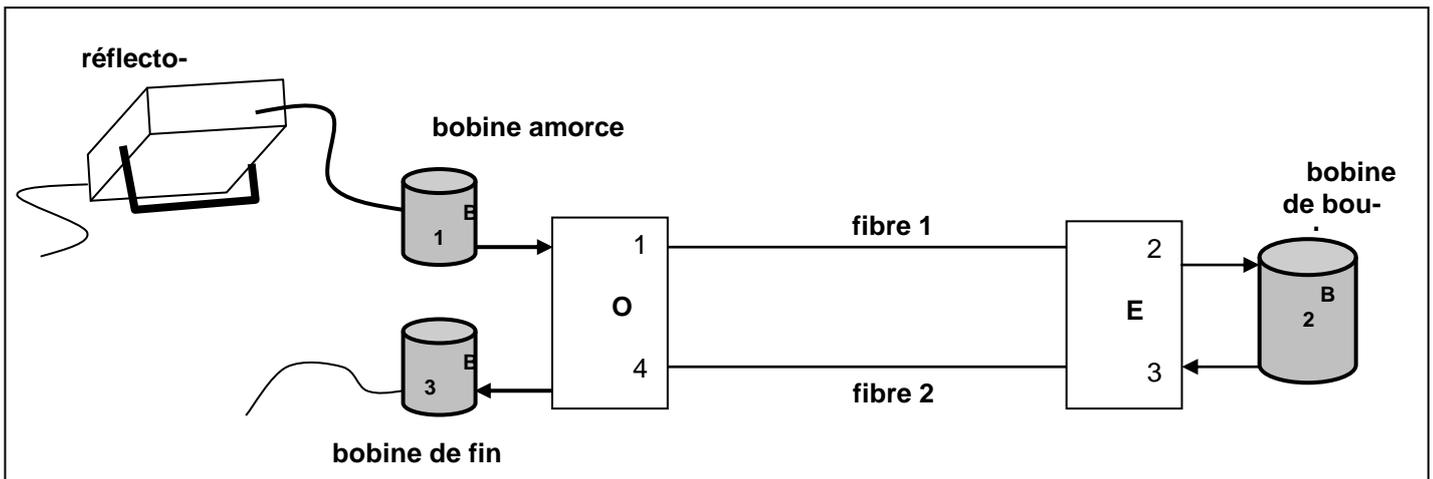
Que peut-on conclure de ces traces

Que doit-on introduire entre le réflectomètre et le touret de fibres pour effectuer ces mesures dans les conditions préconisées ?

Réponse :

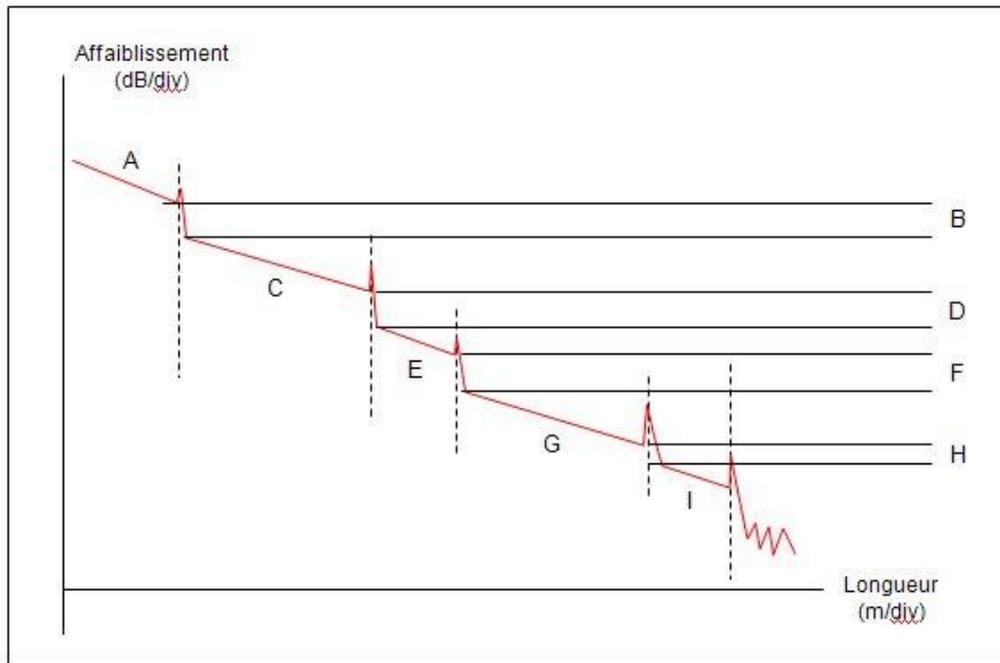
3. Protocole de contrôle d'une liaison courte

Conformément aux recommandations de la FICOME on réalise le schéma de mesure suivant :



cadre : schéma du montage de mesure de la liaison

On obtient alors une trace présentant l'allure suivante :



Indiquer, en complétant le tableau ci-dessous, à quoi correspondent les différentes zones (A à I) de la trace obtenue.

Zone	Composante de la liaison	Sens
A	bobine amorce	
B	Connecteur 1	O -> E
C		
D		
E		
F		
G		
H		
I		

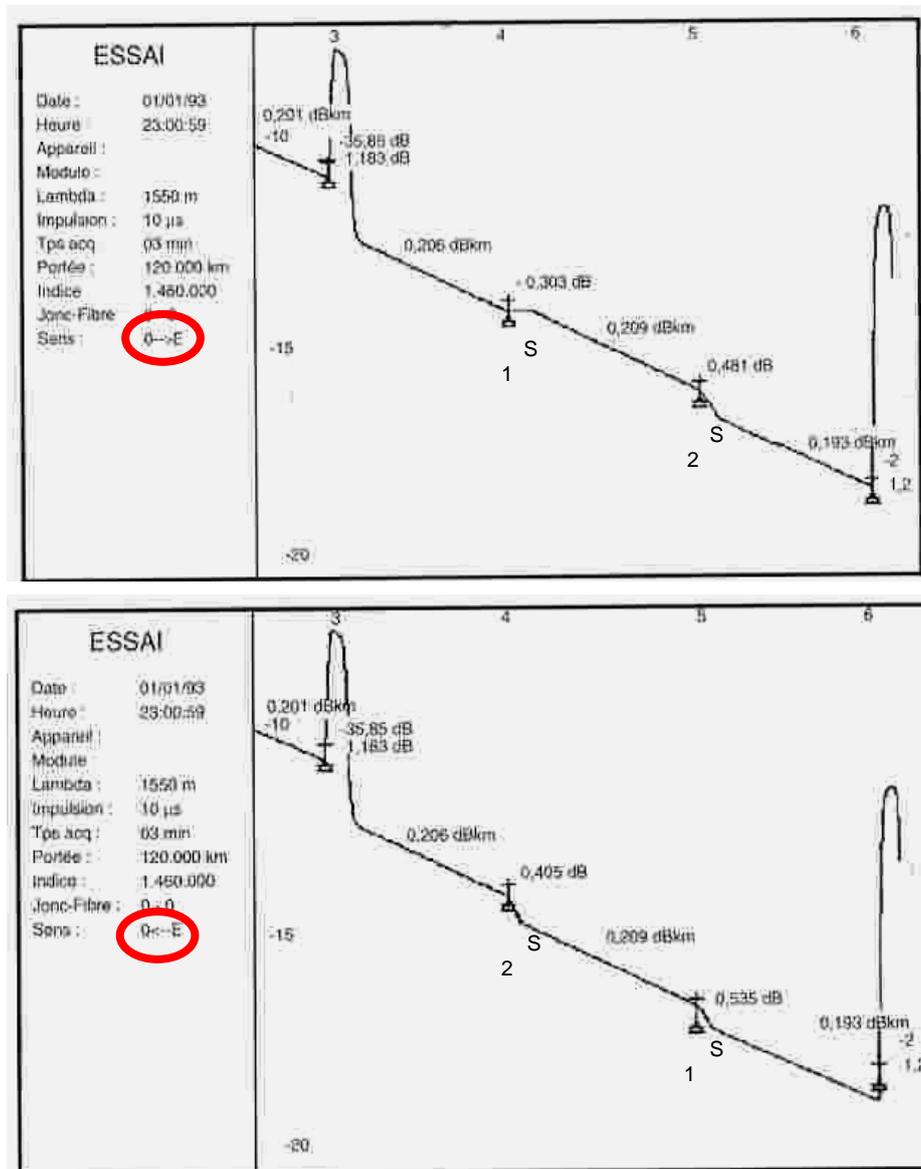
Pour obtenir la caractérisation complète de la liaison, la mesure de chacune des composantes de la liaison doit être effectuée dans les deux sens (O->E et E->O).

Comment doit-on modifier le montage pour obtenir une trace permettant de compléter la mesure précédente afin de caractériser totalement la liaison ?

Réponse :

4. Contrôle de la connectique d'une liaison

Les traces obtenues lors du contrôle d'une liaison optique monomode comportant deux soudures S1 et S2 sont données ci-dessous (notez les deux sens de mesure)



Calculer l'atténuation introduite par chacun des connecteurs S1 et S2

Epissure	Calcul	Atténuation (dB)
S1		
S2		

5. Paramétrages d'un réflectomètre

On dispose de deux réflectomètres de chantier adaptés aux 2 types de fibres suivants :

- Un réflectomètre multimode de longueur d'onde $\lambda = 850\text{nm}$ (pour fibres ayant une atténuation linéique inférieure à 3dB/km).
- Un réflectomètre monomode de longueur d'onde $\lambda = 1550\text{nm}$ (pour fibres ayant une atténuation linéique inférieure à 0,3dB/km).

Les caractéristiques de chaque réflectomètre sont les suivantes :

Réflectomètre	Largeur d'impulsion	La dynamique
Multimode $\lambda = 850 \text{ nm}$	$\delta t = 10\text{ns}$	Dy = 10dB
	$\delta t = 100\text{ns}$	Dy = 20dB
Monomode $\lambda = 1550 \text{ nm}$	$\delta t = 10\text{ns}$	Dy = 15dB
	$\delta t = 1\mu\text{s}$	Dy = 35dB

Réflectomètre optique OTDR (Optical Time Domain Reflectometer)

Un réflectomètre est un appareil de mesure destiné à analyser la réponse de la fibre optique afin de qualifier : l'affaiblissement, la linéarité, les pertes d'insertion, les épissures, les soudures, la longueur et la localisation des défauts des fibres optiques, d'en déduire la réflectance. La méthode de mesure est basée sur la technique de rétrodiffusion ou de réflectométrie optique dans le domaine temporel. Les réflectomètres sont différenciés suivant qu'ils sont destinés à mesurer des fibres optiques monomodes ou multimodes. Dans la plupart des cas le réflectomètre est spécifié pour une longueur d'onde déterminée, mais beaucoup d'appareils peuvent s'adapter à plusieurs longueurs d'ondes par des tiroirs interchangeables.

Les performances d'un réflectomètre dépendent de plusieurs de ses caractéristiques :

- **dynamique de mesure** : c'est une des caractéristiques d'un réflectomètre qui permet de déterminer la longueur maximale de fibre analysable. Cette caractéristique dépend de la largeur d'impulsion émise par le faisceau du laser.

- **linéarité** d'un réflectomètre se définit comme étant la constance de la dynamique tout au long de la ligne contrôlée.

- **zone aveugle** : ce paramètre représente la valeur de la zone non exploitable à partir du connecteur de sortie de l'appareil de mesure. Afin de minimiser les effets de cette zone et de conserver aux mesures une bonne reproductibilité, une fibre ou une bobine amorce est insérée entre le réflectomètre et la liaison à caractériser (voir fibre amorce).

- **zone morte** : ce paramètre donne la valeur de zone inexploitable qui suit tout défaut réfléchissant.

- **résolution spatiale, pouvoir séparateur d'un réflectomètre** : paramètre qui traduit l'aptitude d'un réflectomètre à identifier deux défauts proches l'un de l'autre.

Nota : ces caractéristiques sont fonction du défaut et de son amplitude et directement liés à la largeur d'impulsion laser utilisée.

D'après le glossaire précédent, on considère que la résolution l d'un réflectomètre dépend de la largeur δt de l'impulsion : $l = \frac{c \cdot \delta t}{2 \cdot n}$. (n est voisin de 1,465) et que la portée est égale à la dynamique divisée par l'atténuation linéique.

Indiquer pour chaque type de réflectomètre et chaque largeur d'impulsion, la résolution et la portée de l'appareil.

Type de réflectomètre	Multimode $\lambda = 850 \text{ nm}$	Multimode $\lambda = 850 \text{ nm}$	Monomode $\lambda = 1550 \text{ nm}$	Monomode $\lambda = 1550 \text{ nm}$
Largeur d'impulsion	10ns	100ns	10ns	1 μs
Résolution				
Portée				

MATERIEL / LOGICIELS A VOTRE DISPOSITION

Kit EducOptic.- Notice EducOptic – Oscilloscope numérique Tektronix TDS310 – Réflectomètre SCHLUMBERGER - Micro-ordinateur - Logiciel *Reflecto* - Logiciel EXCEL - Logiciel WINTRACE.

PRECAUTIONS

Lire les précautions d'emploi dans la notice EducOptic (fichier à votre disposition).

Veiller à ce que les potentiomètres soient en position minimum avant la mise sous tension et avant la coupure du circuit d'alimentation.

Toujours protéger les connecteurs optiques par des embouts plastiques et ne pas leur faire subir de chocs. Nettoyer les connexions.

Les courants sont toujours mesurés indirectement *en prélevant la tension au bord d'une résistance connue.*

Intensité : multimètre sur position voltmètre.

MANIPULATIONS.

1 Etude de la PDA au Si du module rétrodiffusion.

- Relier la sortie de la DEL du module 850 nm à l'entrée de la bobine F1.
- Relier la sortie de F1 à la photodiode PDA au silicium du module rétrodiffusion.
- Brancher les voltmètres pour mesure i_f de la DEL et i_R de la PDA. La PDA fonctionne à V_R variable.
- Après avoir réglé la DEL du module 850 nm à son intensité maximale et alimenté la PDA sous sa tension inverse maximale V_{Rmax} , mesurer la tension image V_S du courant i_R à la sortie de la PDA.

REMARQUE : lorsque $V_R = V_{Rmax}$, on veillera à ce que la PDA ne soit jamais en saturation. Diminuer si besoin le courant i_f de la DEL, afin que la tension V_S reste inférieure à 9 V. Ne plus toucher au courant de la DEL.

- i_R dépend de P et de V_R . : $i_R = M.S.P$ (M : coefficient d'amplification dépendant de V_R).
- A la sortie rétrodiffusion, relever $V_S = R.i_R = f(V_R)$ et particulièrement $V_{S0} = R.i_{R0}$ pour $V_R \approx 20$ V (la lecture de V_{S0} est difficile à faire ; prendre la valeur de V_S qui se stabilise quand on diminue lentement V_R pour des valeurs faibles). Faire un tableau V_R, V_S, i_R
- M est égal au rapport du courant i_R , pour une tension V_R quelconque, sur le courant i_{R0} , pour une tension $V_R \approx 20$ V. Calculer, pour les différentes valeurs de V_R :

$$M = \frac{i_R}{i_{R0}}$$

- Tracer la caractéristique $M = f(V_R)$ de la PDA en prenant $M = 1$ pour $V_R \approx 20$ V. Conclusion.

2 Etude de réflectométrie

2.1 Utilisation du logiciel Wintrace

Lancer le logiciel disponible sur le bureau.

Ouvrir successivement les fichiers :

- small ghost in fibre
- France telecom st etienne 00

Demander à un professeur qu'il vous montre comment mesurer une atténuation linéique et une perte de connecteur.

Dans chaque cas :

- Faire un zoom sur la longueur de l'installation (ne plus afficher le bruit de fond)
- Valider le pavé Auto, afficher le tableau des résultats. et imprimer l'écran.
- Identifier les épissures et les connecteurs démontables
- Dans quel cas voit-on un pic fantôme ? Comment expliquer son existence ?
- Commenter sur la feuille en fléchant les paramètres suivants :
 - la longueur d'onde utilisée et type (mono ou multimode) de fibre contrôlé ?
 - indice de réfraction à cette longueur d'onde ?

- la plage maximale (dynamique) que l'on peut analyser ?
- la durée du moyennage ?
- la largeur d'impulsion ?
- la longueur totale de l'installation ?
- la longueur de chaque fibre ?
- l'atténuation linéique de chaque fibre.
- les pertes de chaque connecteur.

2.2 Mesures sur le réflectomètre didactisé EducOptic

On utilise exclusivement le module rétrodiffusion du kit EducOptic (850 nm).

2.2.1 Caractérisation de la diode laser pulsée et de son alimentation.

Caractériser à l'oscillo :

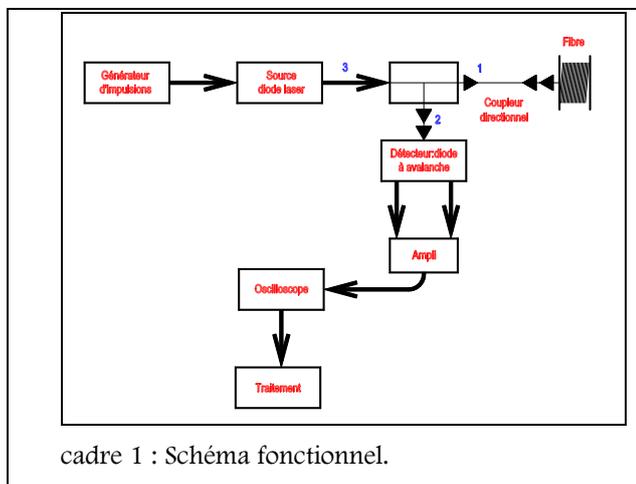
- le signal de synchronisation délivré par le générateur d'impulsions qui commande la diode laser pulsée (niveau, fréquence).
- le courant qui traverse la diode laser (intensité maximale, fréquence, durée de l'impulsion à mi-hauteur).

2.2.2 Signal réfléchi : mesure de la longueur L de chaque bobine

L'étude sera d'abord faite sur chaque bobine de fibre prise séparément (F1 puis F2).

- Réaliser le montage décrit cadre 1. Ne pas trop amplifier le signal de manière à n'observer que la réflexion.
- Mesurer (en précisant l'incertitude) le temps Δt qui sépare les 2 pics de réflexion sur l'entrée et la sortie de F1 (puis de F2). Éloigner le plus possible les pics et placer les curseurs au même niveau sur le début des fronts montants.

Utiliser le programme *Reflecto* pour transmettre les données vers l'ordinateur. Sélectionner le port série sous *Oscilloscope/TDS 310*, la voie de lecture. Par *Oscilloscope/TDS 310 LECTURE*, faire l'acquisition des oscillogrammes pour la fibre F1 et



la fibre F2. Sauvegarder les acquisitions sous *F1.txt* et *F2.txt*.

- Faire une sortie imprimante des acquisitions. Noter sur le graphe la valeur de Δt et son incertitude (en précisant les causes d'incertitude).
- Calculer la longueur des fibres F1 et F2 par : $2L = \frac{c \cdot \Delta t}{n}$ Prendre $n = 1,465 +$ ou $- 0,005$
- Estimer la précision des mesures en calculant les incertitudes par :

$$\frac{\Delta L_1}{L_1} = \sqrt{\left(\frac{\Delta \Delta t_1}{\Delta t_1}\right)^2 + \left(\frac{\Delta n}{n}\right)^2}$$

- Comparer à la valeur mesurée à celle donnée par le constructeur.
- Mettre les 2 fibres bout à bout. Sauvegarder les acquisitions sous *F1+F2_reflexions.txt*
- Imprimer le graphe *F1+F2_reflexions*. Combien observe-t-on de pics et que représentent-ils ?

2.2.3 Signal rétrodiffusé : mesure de l'atténuation linéique A_l et de la perte de la connexion

2.2.3.1 A l'aide du logiciel

- Amplifier sur l'oscillo le signal pour obtenir un signal important entre les pics (**signal rétrodiffusé**). Utiliser la fonction "AVERAGE" pour supprimer les bruits aléatoires. Faire une moyenne sur 256 valeurs. La partie située entre 2 pics est une branche d'exponentielle décroissante.
- A l'aide du programme *Reflecto*, transmettre les données vers l'ordinateur. Sauvegarder les acquisitions sous *nom_liaisonF1F2*
- On traite ce signal pour obtenir un signal identique à celui obtenu sur un réflectomètre industriel. Sélectionner l'onglet *Calcul P=f(L)* valider le bouton *Calcul P=F(L)*.

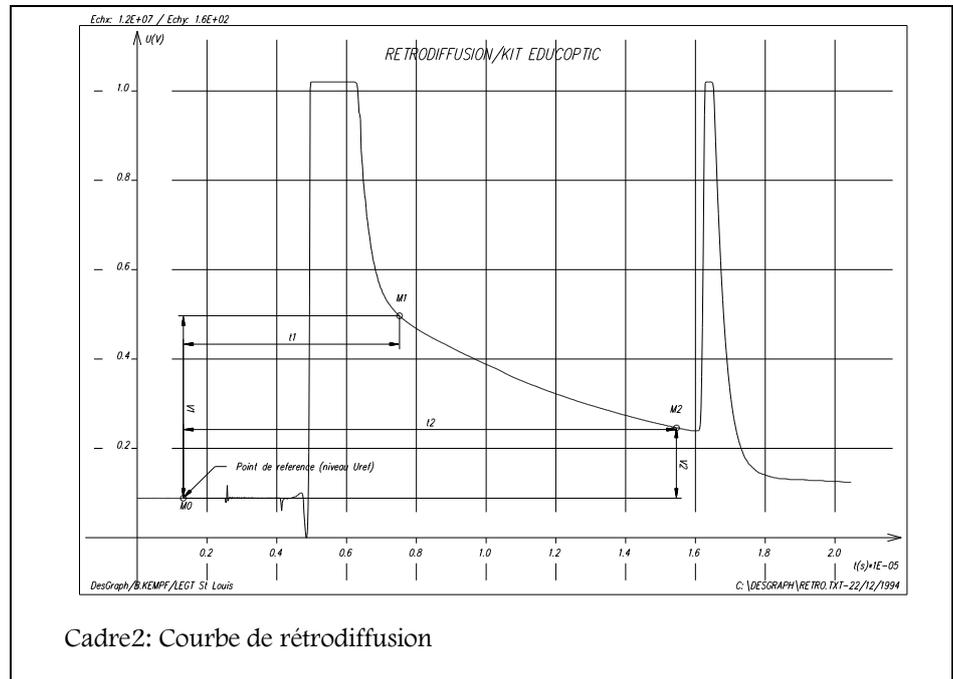
Montrer le signal à un professeur.

- d) Analyser à l'aide du logiciel la courbe niveau(dB) = f(l(km)) . Mesurer le coefficient d'atténuation linéique (pente de la dmc de chaque partie linéaire) de la fibre F1 puis de la fibre F2 à 850 nm.
- e) Comparer les coefficients d'atténuation linéique aux valeurs données par le constructeur dans le dossier technique.
- f) Estimer la perte du connecteur (la jarretière).
- g) Imprimer le graphe Niveau(dB) = f(l(km)).

2.2.3.2 Calcul de A_1 à partir du graphe $U = f(t)$

Imprimer le graphe $U = f(t)$ lu à l'oscillo du fichier [nom_liaisonF1F2](#). S'aider des curseurs et relever les coordonnées des point M1 et M2 par rapport à une origine en M0
Calculer A_1 de la première fibre(Voir cadre 2 pour la signification des grandeurs) :

$$A_1 = \frac{10 \log \frac{V_2}{V_1}}{c(t_2 - t_1)} \cdot n$$



2.3 Mesure de rétrodiffusion à l'aide du réflectomètre Schlumberger

Consulter la notice Schlumberger dans le dossier technique. Mettre en œuvre le réflectomètre en introduisant la valise amorce entre le réflectomètre et la bobine F1.

Utiliser le logiciel [Reflecto /Reflectometre Schlumberger 7721](#) pour transmettre les données vers l'ordinateur. Sélectionner le port série (COM de valeur la plus élevée) correspondant au câble USB connecté au réflectomètre.

Choisir une impulsion longue et faire un moyennage sur 512 échantillons.

Valider le bouton lecture pour faire l'acquisition du graphe.

Récupérer le fichier et le sauvegarder sous *VA+F1+F2.txt*. Imprimer le graphe.

Relever :

- La position des pics de réflexion
- L'atténuation linéique des fibres F1 et F2 (utiliser les curseurs et la fonction calcul du logiciel)
- L'atténuation de la jarretière entre les fibres F1 et F2

Imprimer ces valeurs sur le graphe.

NOMS :

Date :

.....
.....

FEUILLE A RENDRE EN FIN DE SEANCE

Barème de correction

§	Travail à faire	Pts sur place	Pts. rapport	Remarques
	TRAVAIL PREPARATOIRE		___/5	
	MANIPULATIONS			
1	Etude de la PDA au Si	___/1	___/1	
2	Utilisation du logiciel Wintrace et exploitation		___/2	
3.2.1	Caractérisation de la diode laser pulsée et de son alimentation	___/1	___/1	
3.2.2	Signal réfléchi et mesure de longueurs	___/1	___/2	
2.2.3.1	Signal rétrodiffusé et mesures de l'atténuation linéique et de la perte du connecteur		___/2	
2.2.3.2	Calcul de A_i à partir du graphe $U = f(t)$		___/1,5	
2.3	Mesure de rétrodiffusion à l'aide du réflectomètre Schlumberger	___/1	___/1,5	
Les points dans les champs grisés sont attribués sur place. À la correction, ces points ne seront plus reportés sur le compte-rendu.		Note : ___/20		

Remarques des élèves (problèmes matériels, erreurs dans le sujet, ...) :