

LES TESTS OPTIQUES SUR UN RÉSEAU FTTH

Le couteau suisse de la fibre optique => l'OTDR

Mission 2: validation des liens optiques

Établir un BILAN OPTIQUE de liaison qui servira de référence pour les diagnostics de défaillance éventuelle future.

Vérifier que la distribution et les valeurs d'atténuation de chaque composant installé sur le lien optique.

Vérifier que le bon câblage de l'ensemble des liens n'engendre pas de signaux de réflectance préjudiciable aux transmissions de données.

Valider la base de données opérateur relative à l'infrastructure du réseau optique.

Le couteau suisse de la fibre optique => l'OTDR

Mission 3: diagnostic et dépannage

Il permet la mise en évidence et la localisation presque simple des contraintes en ligne.

Il permet de localiser rapidement toutes les anomalies liées à une valeur d'atténuation anormale voire une perte totale de signal transmis.

Il permet de façon très rapide de disculper le câblage optique de tout problème de transmission imputé à l'infrastructure optique du réseau. Le problème rencontré est-il un problème de liaison ou de transmission pure et simple!

Attention si l'OTDR sait faire beaucoup de tests, il ne peut pas tout faire.

Test de réflectométrie optique sur des courtes longueurs de câble imprécis voire impossible ($l < 100\text{m}$)

Impossibilité de discerner deux événements réfléchissants ou non très rapprochés (faible résolution spatiale dans la pratique) tel un connecteur optique suivi d'une soudure à quelques mètres (cas typique de la colonne montante)

Impossibilité parfois de « passer » au travers des coupleurs optiques (dynamique optique trop faible)

Validation des coupleurs difficile car l'interprétation des résultats obtenus n'est pas aisée.

L'automate de photométrie:

Il en existe deux types

Ceux qui ne font que la mesure de puissance optique disponible sur un lien donné automatiquement dans les deux sens

Ceux qui assurent la même mesure mais en séparant les longueurs d'onde qu'ils testent et en indiquant le sens de propagation pour chacune. (indication de présence ou absence partielle de signal)

Mission:

Vérifier les niveaux d'énergie optique effectivement disponibles aux différents endroits accessibles du réseau

Déterminer et comparer les valeurs mesurées avec les valeurs théoriques des bilans de liaison.

Diagnostiquer les éventuelles dérives qui pénalisent le réseau.

Les sondes d'inspection visuelle:

Il en existe deux types

Les microscopes optiques portatifs.



Les sondes électroniques connectables sur un ordinateur ou sur un réflectomètre optique. réalisation dédiée

Mission:

Vérifier concrètement l'intégrité des faces optiques.

Faciliter la vérification de pollution éventuelle des connecteurs optiques montés dans les raccords sans démontage (cas des connecteurs optiques installés dans les panneaux de brassage optique).

Diagnostiquer et dépanner les problèmes de réflectance localisée ou totale sur le réseau.



Le testeur de trafic en temps réel sans intrusion:

Une fibre optique raccordée ne doit jamais être débranchée sans en avoir eu l'autorisation donnée par l'exploitant du réseau.

Mais rien n'indique qu'aucun signal lumineux la traverse effectivement, ni dans quel sens celui-ci circule dans son cœur.

La sonde de trafic permet de vérifier sans intrusion

la présence de tout signal lumineux et détermine sa direction et sa vitesse de propagation.

Mission:

Permettre de façon simple la vérification de la présence ou de l'absence de tout signal lumineux dans une fibre même si elle est placée dans une gaine externe de 2.8 mm de diamètre.

Détecter la fibre dans laquelle un réflectomètre optique est en train d'exécuter un test.



Le visualisateur de défaut:

Une fibre optique est cassée au niveau d'un connecteur optique. Une contrainte optique est entretenue dans une cassette de protection d'épissure. Le visualisateur de défaut envoie un signal lumineux rouge, directement visible par l'œil humain, qui indiquera immédiatement l'endroit où la cassure existe et où la contrainte se trouve dans la cassette.

Mission:

Permettre de façon simple la vérification d'un connecteur cassé dans un rack de brassage.

Détecter toute contrainte entretenue dans un rack de brassage ou dans une cassette de protection d'épissure.



Procédure de la mesure de photométrie

Les unités de mesures de photométrie

Le bilan optique de liaison

Procédure de la mesure de photométrie

Au préalable, on calibre l'affichage du photomètre pour que la quantité de lumière émise par la source donne une valeur lue normalisée à **0 dB** (valeur relative)

Puis on injecte une quantité de lumière la plus stable possible dans la fibre et on mesure celle qui en ressort à l'autre extrémité.

La valeur lue est négative (sauf en cas de présence d'un amplificateur optique dans le circuit de la lumière) ce qui signifie une atténuation de la quantité de lumière injectée.

L'atténuation de la lumière est due

à la fibre elle-même

à tout ce qui se trouvera sur le passage de la lumière (connectique optique, soudure, coupleur, multiplexeur optique...)

Les unités de mesure: Mesure absolue

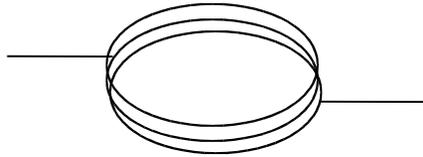
Qualification	Unité de mesure	Quantification
Paramètre ou Grandeur physique	Système International des unités de mesures	étalon primaire étalon secondaire
Intensité lumineuse Flux de lumière	Le candela « cd » Le lumen « lm »	Par définition originelle : la « chandelle » Aujourd'hui plusieurs sources laser servent d'étalons primaires et secondaires d'émission de lumière.
Éclairement	Le lux = 1 lumen /m² « lx »	

Les unités de mesure: **Mesure relative**

La mesure relative est par définition **sans « unité »** car elle résulte d'une comparaison entre deux valeurs de même unité:

Exemple: valeur transmise rapportée à la valeur injectée de la lumière

Puissance lumineuse injectée
P injectée



Puissance lumineuse transmise
P trans

Valeur absolue

Valeur absolue



Atténuation lumineuse = **P trans / P injectée** ♦ **valeur sans unité**

Les mesures sur le réseau FTTH

Mesures de photométrie optique – le décibel optique

Il est défini comme le dixième du rapport de deux puissances

$$\text{dB} = 10 \log_{10}(P1 / P0)$$

Cette unité permet de quantifier en deux valeurs entre elles, par exemple une puissance transmise par rapport à une puissance injectée.

Si on rapporte la mesure à une valeur de référence on obtient par exemple:

le **dBm** valeur relative à une puissance de référence de **1 mW**

le **dBW** valeur relative à une puissance de référence de **1 W**

Le décibel est utilisé pour caractériser rapidement

un gain valeur positive en dB

une perte valeur négative en dB

Le bilan optique de liaison

C'est la première opération que doit savoir faire un technicien fibre optique

Le bilan optique est la quantité maximale de lumière consommée au cours du trajet le long de la fibre.

Ces pertes sont dues à tous les éléments constitutifs de liaison:

- la fibre elle-même

- les connecteurs optiques

- les épissures optiques mécaniques

- les soudures optiques par fusion des fibres

- les composants optiques insérés dans le trajet optiques:

 - multiplexeurs, coupleurs, filtres atténuateurs

 - amplificateurs optiques...

Le bilan optique de liaison

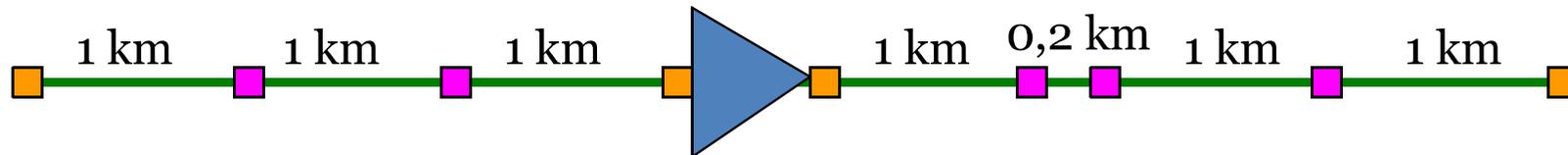
Le cumul des Pertes en insertion d'un bout à l'autre de la liaison donne
le bilan optique ou budget optique de la liaison à tester.

La mesure de photométrie permet de **quantifier la valeur globale** du bilan optique

Le réflectomètre optique permet de « **voir** » les **différentes pertes d'insertion et leurs valeurs relatives** le long de la liaison.

Il permet aussi de quantifier les pertes en réflexion de la liaison.

Exemple de bilan optique de liaison:



	Composant	Atténuation type:	Quantité	Bilan des énergies
	Fibre SM	0,3dB/km à 1,3 μ m	6,2 km	-1,86 dB
	Connecteur + raccord + connecteur	0,5 dB	4	-2,0 dB
	Soudure par fusion	0,15 dB	5	-0,75 dB
	Amplificateur optique	-15 db	1	+15 dB
			Total consommé	10,39 dB

Exemple de bilan optique de liaison:

Liaison testée
entourée de deux
bobines amorces

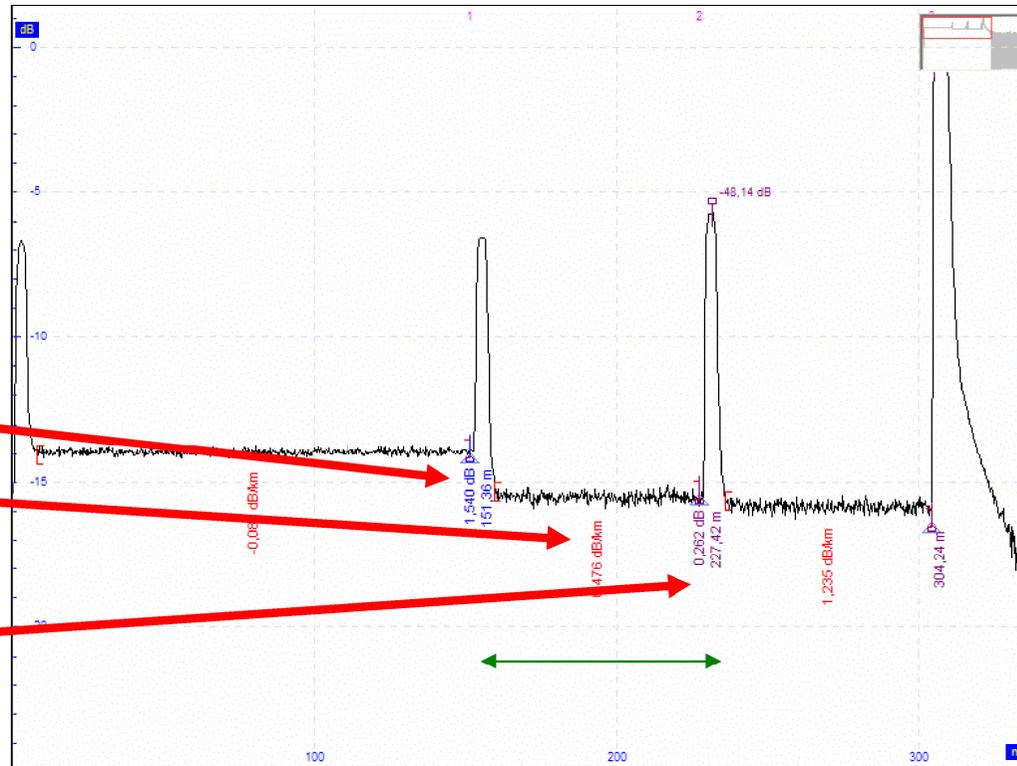
Bilan optique

Perte due au
connecteur entrée

Perte liée à la fibre

Perte due au
connecteur de
sortie

Mais aussi...



Exemple de bilan optique de liaison:

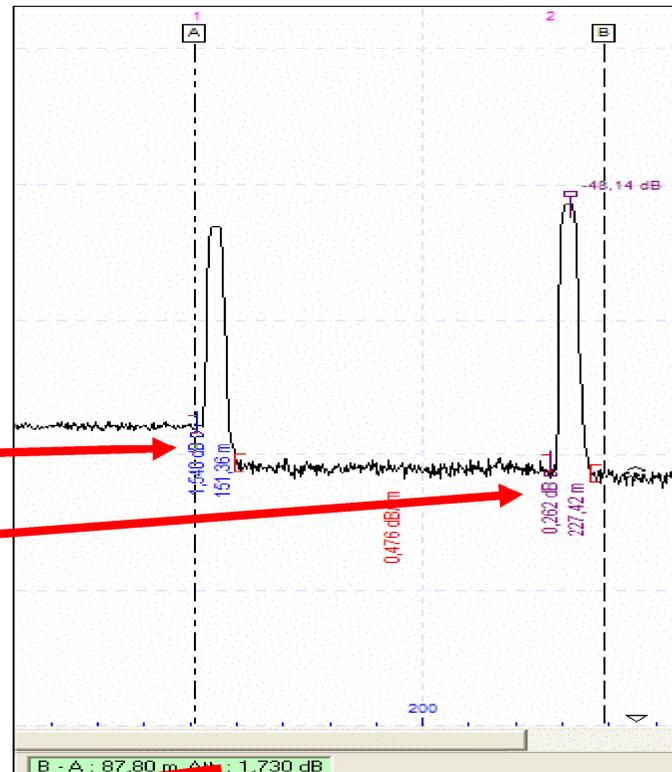
Liaison testée entourée de deux bobines amorfes

Bilan optique

Énergie avant le connecteur entrée

Énergie après le connecteur de sortie

Lecture directe



B - A : 87,80 m Att. : 1,730 dB

Mesure de photométrie

Procédure de mesure par photométrie

Pratique de la photométrie de terrain

Limite de la technologie de mesure photométrique

Procédure de mesure par photométrie

Le raccordement des équipements de test

La source optique

Le récepteur optique

La bretelle d'adaptation



Procédure de mesure par photométrie

Le raccordement des équipements de test

Utilisez une bretelle optique d'adaptation de bonne qualité avec des connecteurs et raccords à faible perte.

Les conditions d'injection de la lumière dans la fibre à tester sont très importantes.

Elles doivent rester très stables pendant tout le temps de la mesure.

La source optique

Elle doit permettre l'émission de lumière aux longueurs d'ondes caractéristiques de ces fibres (1310 nm, 1490 nm et 1550 nm)

Elle doit être la plus stable possible en émission (compatible avec l'établissement d'une mesure).

Procédure de mesure par photométrie

Le récepteur optique

Il doit présenter des calibres correspondants aux longueurs d'onde de travail de liaison.

Son connecteur d'entrée doit permettre la récupération de la totalité de la lumière qui sort de la fibre sous test.

Il doit être le plus stable possible pour effectuer une mesure répétitive.

La bretelle d'adaptation

Elle doit permettre l'adaptation de la source au lien optique à tester à l'aide d'un raccord de référence compatible avec le type de connecteur optique installé sur le lien sous test.

Pratique de la photométrie de terrain

Se raccorder sur les fibres du réseau

Quelle source utiliser ?

Détecter une fibre particulière

Interpréter la mesure effectuée par le photomètre

Pratique de la photométrie de terrain

Se raccorder sur les fibres du réseau

Avec des bretelles d'adaptation équipées de connecteurs optiques et de raccords de référence (s'il n'est pas intégré au tiroir de distribution optiques).

L'atténuation optique engendrée par la bretelle sera prise en compte lors de l'étape de normalisation à « zéro » du photomètre.

Prévoir un raccord de référence au cas où celui intégré au tiroir de distribution n'assurait pas une stabilité optimale pour la répétabilité de la mesure

Prévoir un dispositif de nettoyage des faces optiques intégrées dans un raccord



SC-PC
monomode



SC-APC
monomode



SC-PC
multimode



Pratique de la photométrie de terrain

Quelle source utiliser ?

à diode électroluminescente

de puissance plus faible mais assurant un remplissage efficace de tous les modes des fibres (moins d'importance avec les fibres monomodes)

à diode laser

de puissance beaucoup plus grande, permet de caractériser toutes les longueurs de liaisons optiques

Le connecteur optique doit prévoir une adaptation et un remplissage optimal du mode fondamental des fibres monomodes utilisées en FTTH.

Pratique de la photométrie de terrain

Détecter une fibre particulière

En utilisant une astuce : une modulation basse fréquence du signal injecté dans la fibre.

1 Hz, 270 Hz ou 330Hz

le photomètre est capable de détecter cette fréquence de modulation de façon sélective.

Vous pouvez ainsi détecter une fibre par plusieurs en recherchant une fréquence de modulation générée par la source de test elle-même.

Pratique de la photométrie de terrain

Interpréter la mesure effectuée par le photomètre

La mesure de photométrie donne une **information brute de l'énergie** effectivement disponible à une extrémité de fibre.

Cette énergie lumineuse provient

soit d'une source indépendante (système de test, réflectomètre optique) :

alors la valeur lue sur le photomètre représente le bilan optique de la liaison.

Soit d'un élément actif du réseau :

Dans ce cas la valeur lue représente la quantité d'énergie effectivement disponible à cette extrémité de fibre telle que le verrait le circuit de réception de l'élément actif.

Limite de la technologie de mesure photométrique

Répétabilité de la mesure

Stabilité de la source

Puissance disponible de la source

Sensibilité du photomètre

Ignorance de la pollution des faces optiques

Information globale sans localisation de dysfonctionnement

Limite de la technologie de mesure photométrique

Répétabilité de la mesure

Soit comment être certain de la valeur de plusieurs mesures de photométrie réalisées à la suite l'une de l'autre.

Pour obtenir les conditions de mesures les plus stables possible il faut que chacun des éléments constitutifs de la mesure soit lui-même le plus stable

- La source optique (autonome ou élément actif du système de transmission)

- Les connexions optiques

- Le photomètre optique (autonome ou récepteur de l'élément actif)

Limite de la technologie de mesure photométrique

Stabilité de la source

Elle dépend

essentiellement de la **température de fonctionnement**

de la **stabilité de l'alimentation électrique** disponible

Limite de la technologie de mesure photométrique

Puissance disponible de la source

à diode électroluminescente quelques centaines de μW

à diode laser jusqu'à quelques mW

Limite de la technologie de mesure photométrique

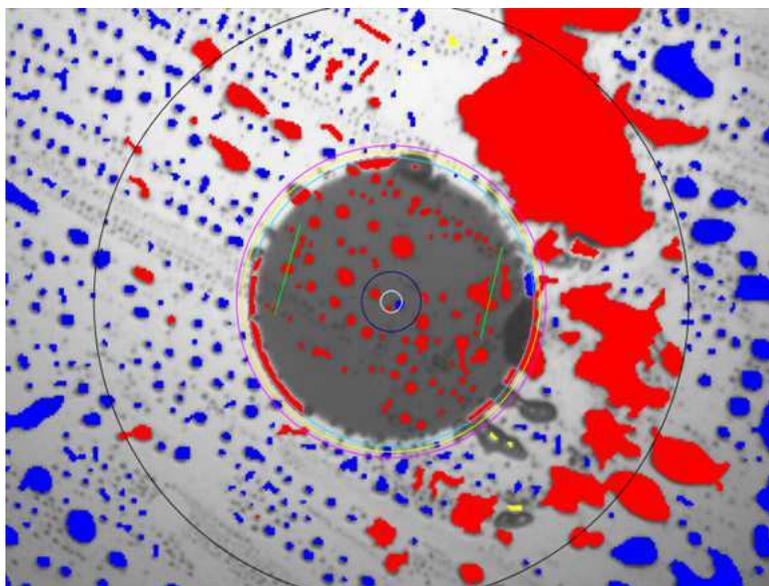
Seuil de sensibilité du photomètre

C'est la valeur du plus petit signal optique discriminable du bruit du matériau photodétecteur

Dépend de la nature du matériau photodétecteur

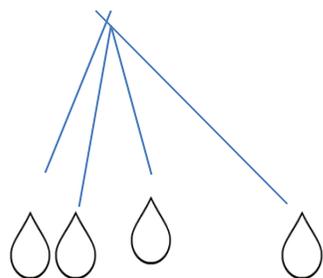
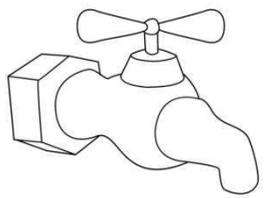
Matériau	Silicium	Germanium	InGaAs
Plage de longueur d'onde	de 400 à 900 nm	de 800 à 1700 nm	de 800 à 1700 nm
Seuil de sensibilité	-50 dBm	-60 dBm	-65 dBm

Limite de la technologie de mesure photométrique
Ignorance de la pollution des faces optiques



Limite de la technologie de mesure photométrique

Information globale sans localisation de dysfonctionnement



Mesure de réflectométrie optique

Procédure de mesure par réflectométrie optique

Pratique de la réflectométrie optique de terrain

Le réflectomètre optique JDSU MTS 2000 LA

Description

Branchement pour faire une recette initiale, une recherche de défaut

Paramétrage avant mesure

Limite de la technologie de mesure réflectométrie optique

Mesure de réflectométrie optique

La rétrodiffusion de la lumière par la matière

La chronométrie et le rangement des signaux

Structure du réflectomètre optique

La mesure d'atténuation d'un événement

Les événements rencontrés

événements réfléchissants

événements non réfléchissants

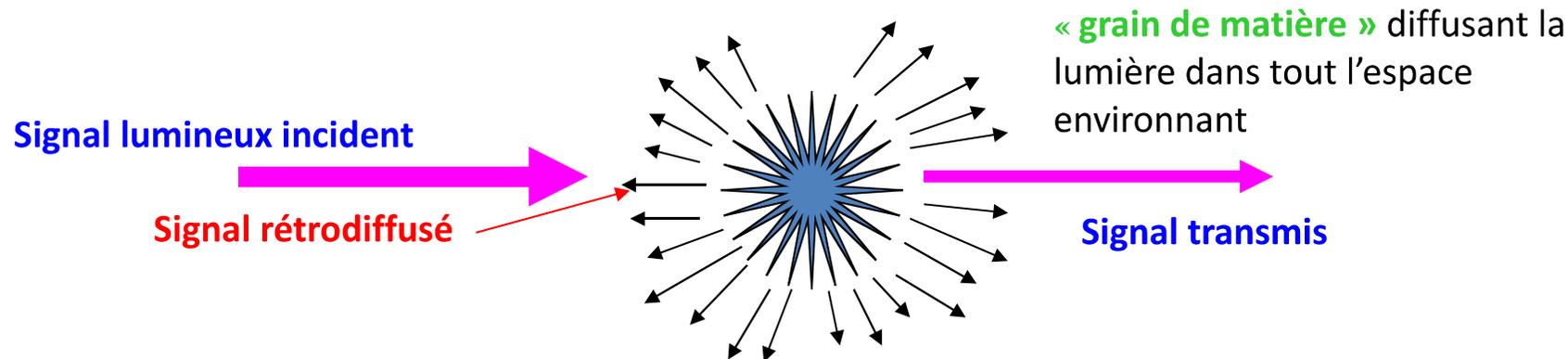
les apparitions de fantômes

Mesure de réflectométrie optique

La rétrodiffusion de la lumière par la matière

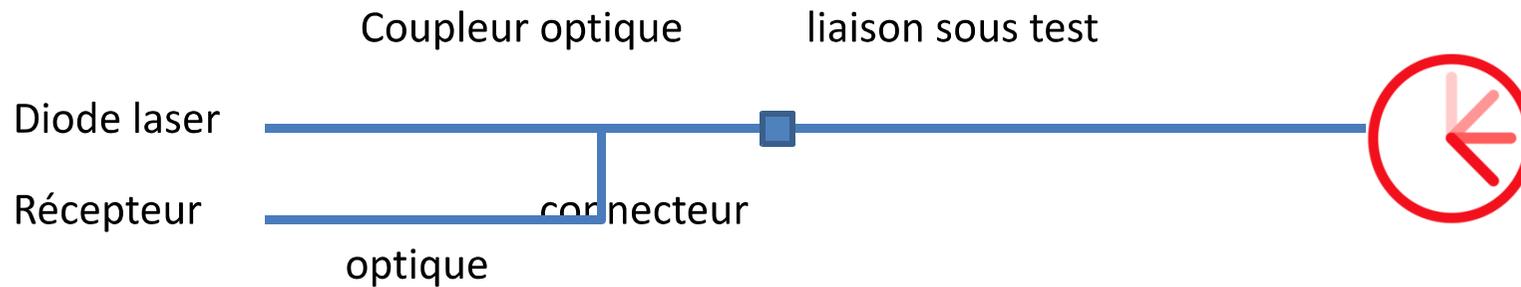
La lumière qui « traverse » le verre rencontre des « hétérogénéités » qui ont un effet de diffusion sur elle. Cette diffusion localisée repart dans toutes les directions de l'espace autour du lieu de la discontinuité.

Seule la toute petite partie du signal rétrodiffusé nous sera extrêmement utile car elle est représentative de la matière qu'elle aura traversé.



Mesure de réflectométrie optique

La chronométrie et le rangement des signaux



Le réflectomètre optique

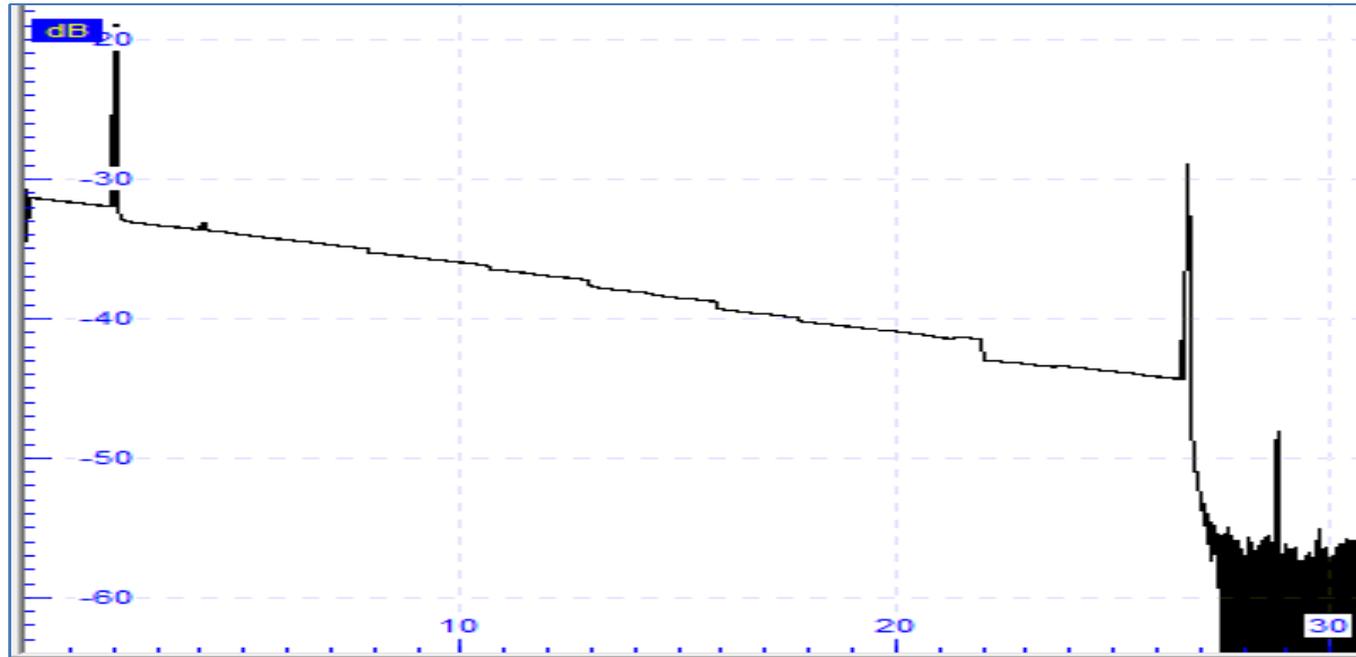
génère des impulsions lumineuses par la diode laser

Entre deux impulsions, le récepteur attend, reçoit et convertit en signal électrique les photons rétrodiffusés en tout endroit de la fibre sous test.

L'électronique de visualisation les « range » par ordre d'arrivée ce qui correspond à leur temps requis pour revenir de tous les points de la fibre sous test

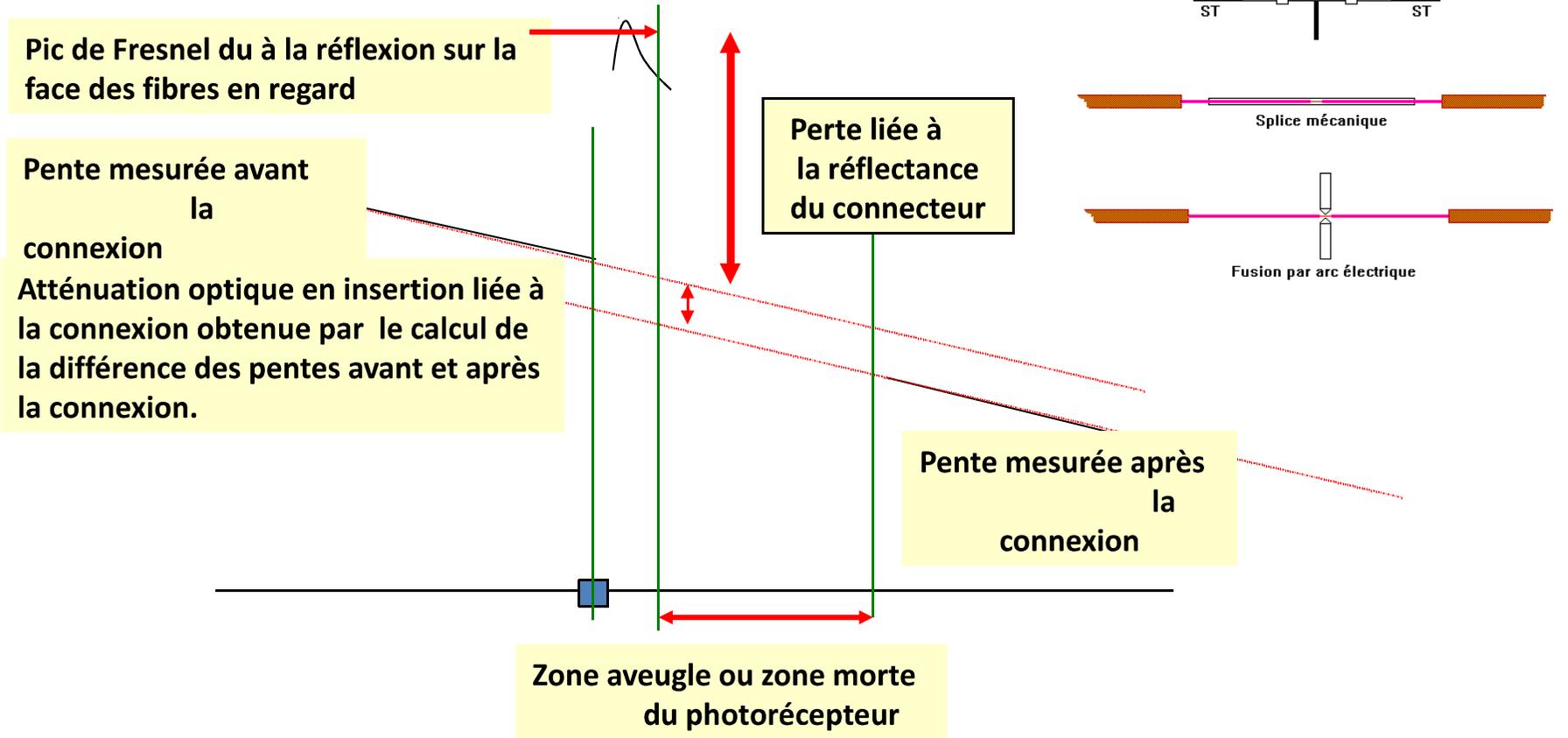
Mesure de réflectométrie optique

Trace typique du réflectomètre optique

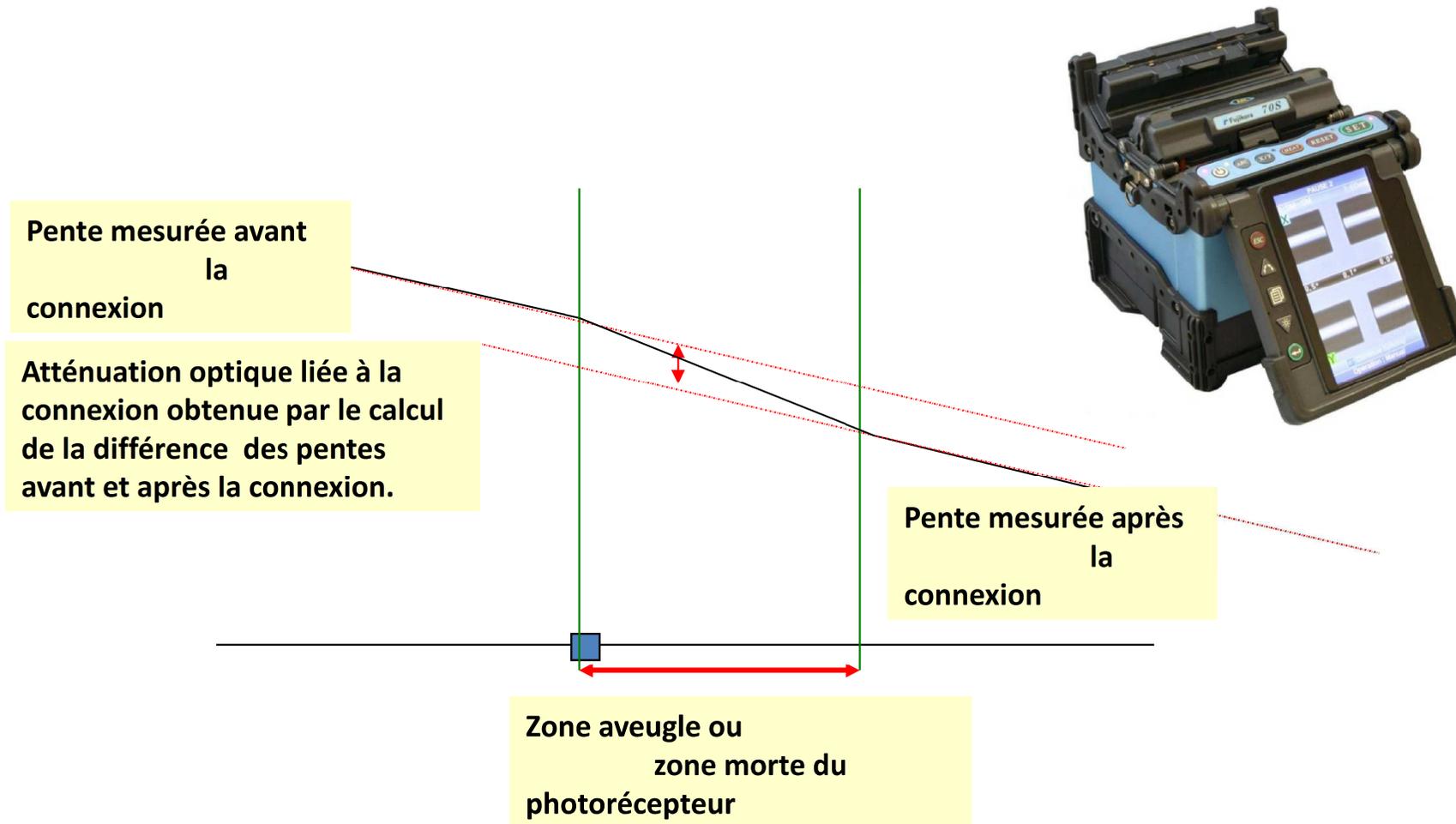


Axe des temps => position de la source des signaux rétrodiffusés

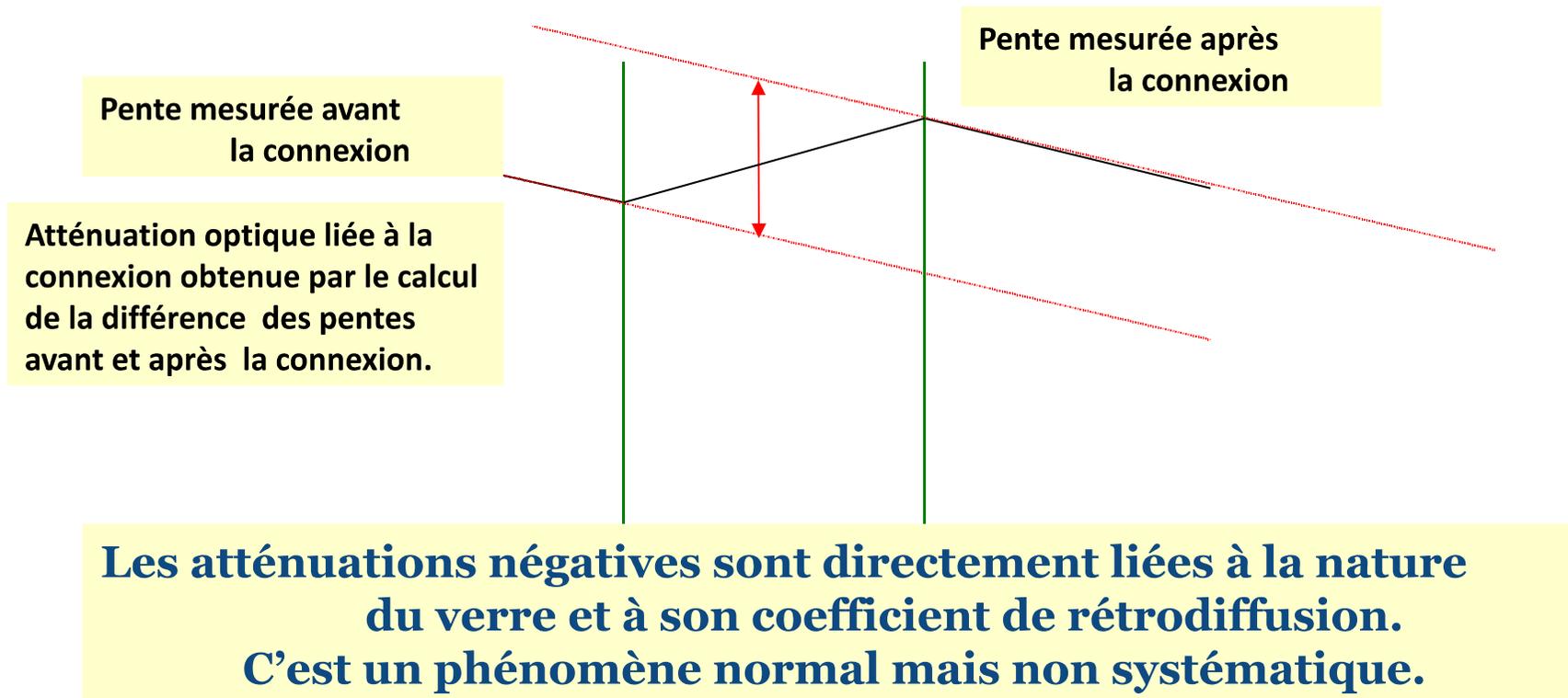
La mesure d'atténuation d'un événement réfléchissant



La mesure d'atténuation d'un événement non-réfléchissant

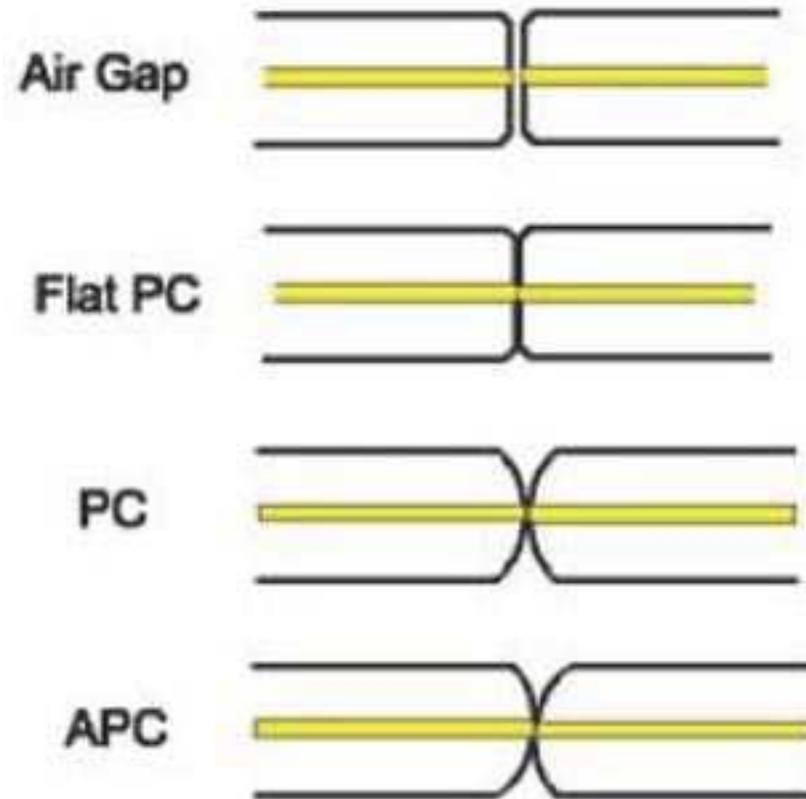


La mesure d'atténuation négative d'un événement non-réfléchissant



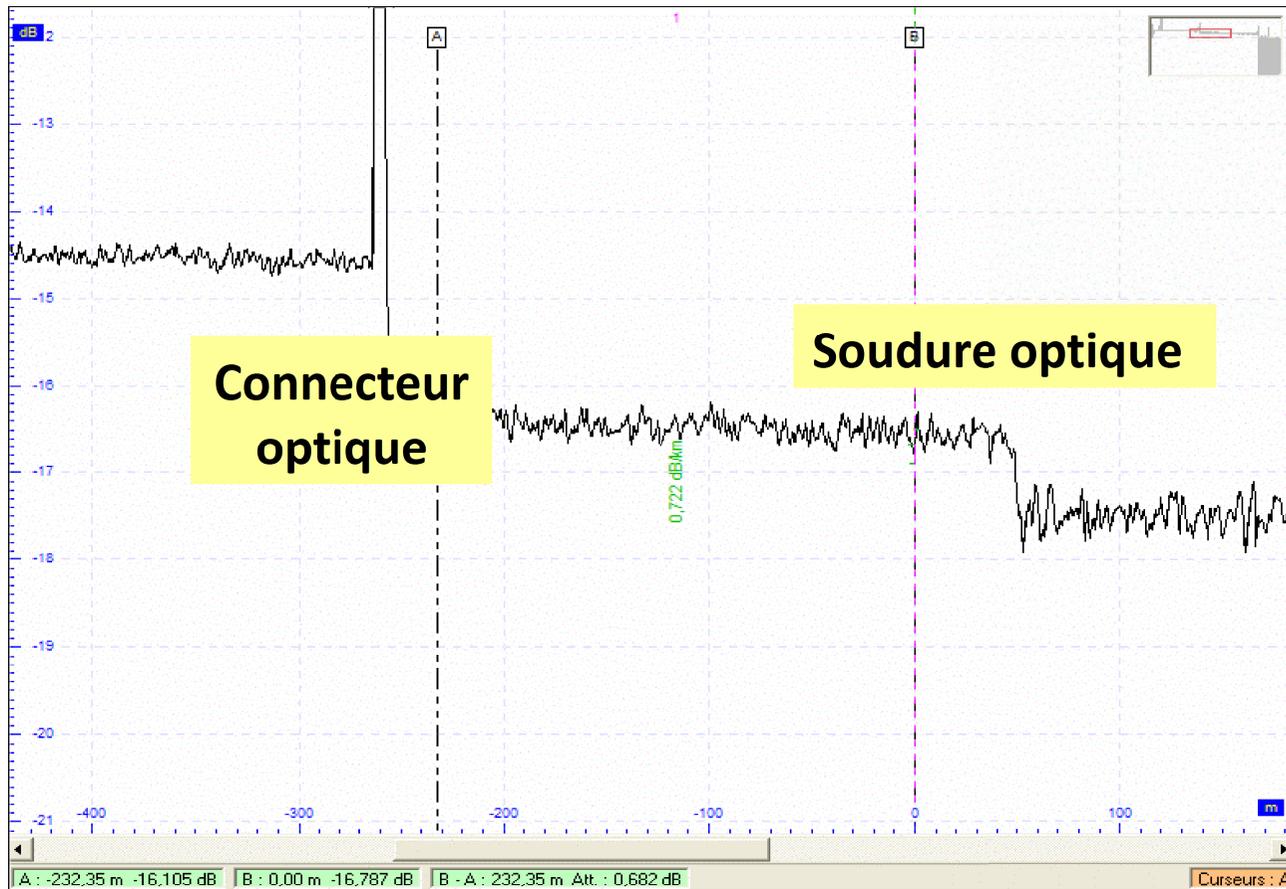
Les événements rencontrés

événements réfléchissants: toute discontinuité optique

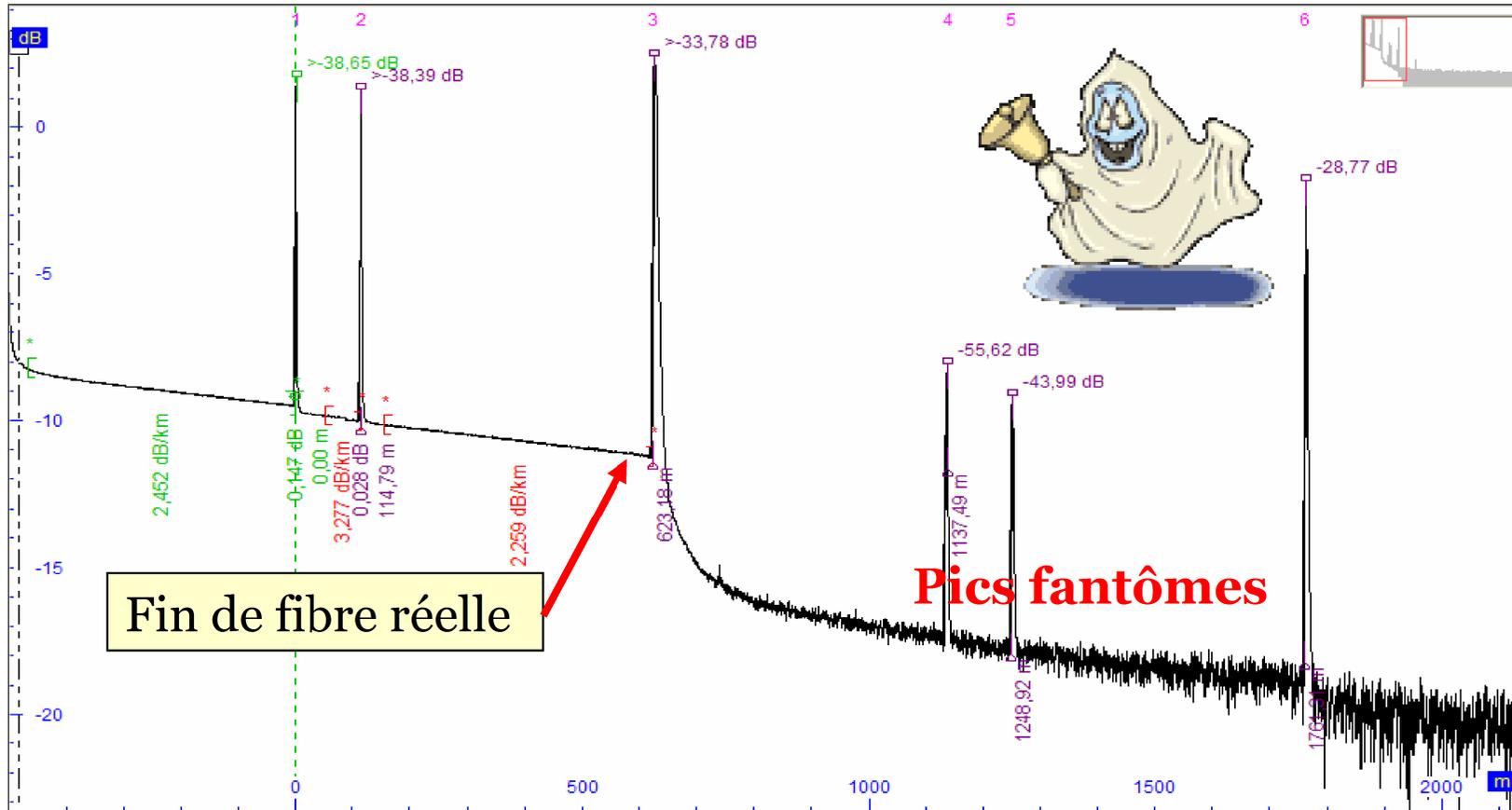


Les événements rencontrés

événements non réfléchissants: les soudures optiques

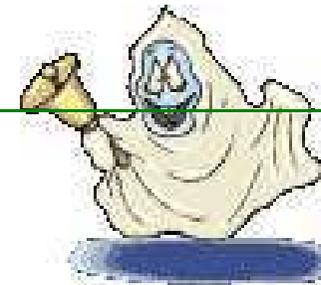
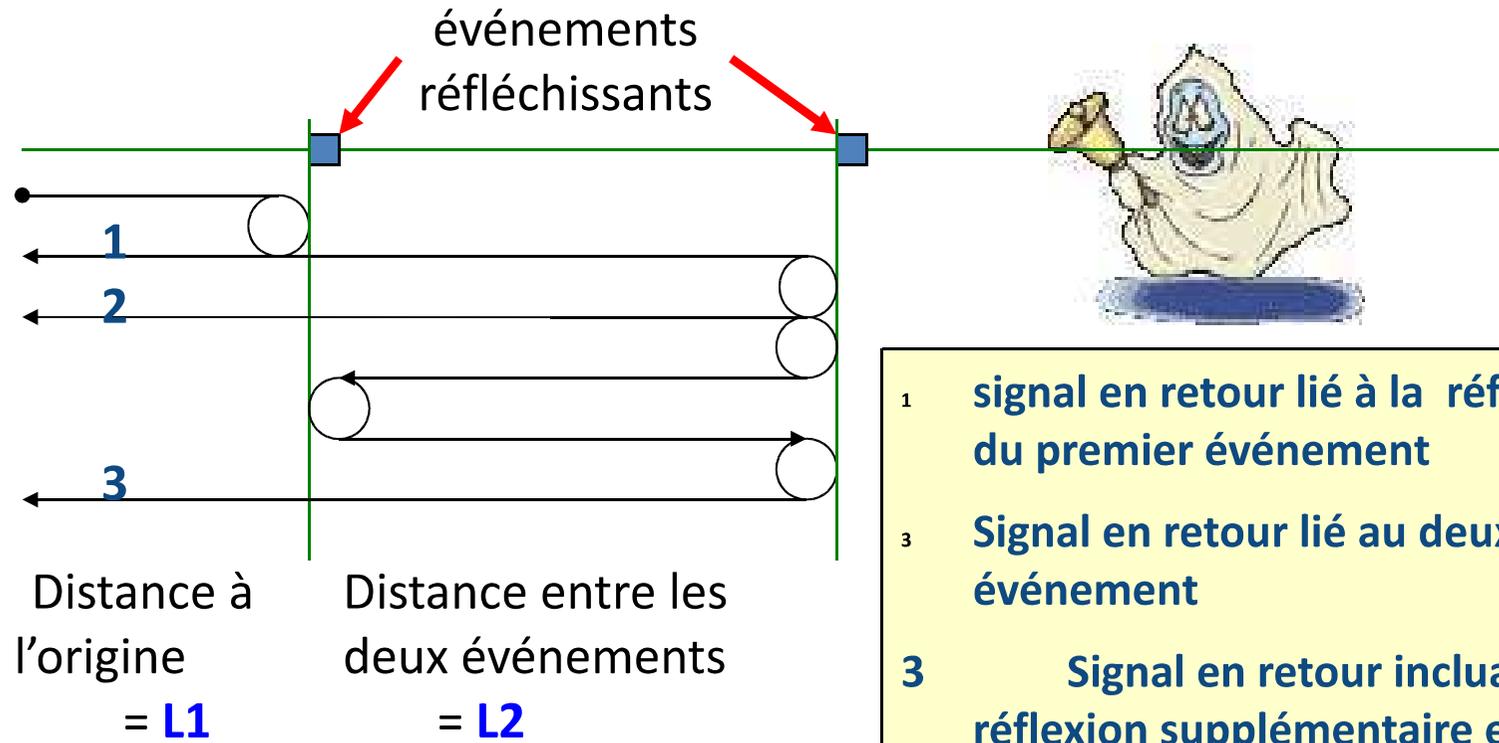


Les événements rencontrés
les apparitions de fantômes



Les événements rencontrés

les apparitions de fantômes



- 1 signal en retour lié à la réflectance du premier événement
- 3 Signal en retour lié au deuxième événement
- 3 Signal en retour incluant la réflexion supplémentaire entre les deux événements

Les événements rencontrés

les apparitions de fantômes



	Trajet lumineux	Distance parcourue par la lumière
1	signal en retour lié à la réflectance du premier événement	$2 \times L1$
2	signal en retour lié à la réflectance du deuxième événement	$2 \times (L1+L2)$
3	signal en retour incluant les réflexions multiples supplémentaires entre les deux événements	$2 \times (L1+2n \times L2)$ n = nombre d'aller-retour entre les deux connecteurs

A chaque « n » correspond un pic fantôme visible sur la trace

Procédure de mesure par réflectométrie optique

Cas d'une recette initiale d'un lien optique

Mesure simple sur une seule fibre avec qualification des connecteurs d'entrée et de sortie

Mesure en boucle sur deux fibres avec qualification des connecteurs d'entrée et de sortie

Cas d'une intervention après découverte d'une panne

Cassure franche

Panne non franche