



Câblage reseaux - Définition des paramètres de mesure

Tarek BEJAOU

2019 – 2020

<https://sites.google.com/site/tarekbejaoui/>



Les Mesures

- ✓ Le Plan de câblage (Wiremap)
- ✓ Résistance
- ✓ Propagation
- ✓ Différence de propagation (SKEW)
- ✓ Longueur
- ✓ Atténuation
- ✓ NEXT (Paradiaphonie locale)



Les Mesures

- ✓ FEXT (Paradiaphonie distante)
- ✓ ELFEXT (Paradiaphonie distante compensée)
- ✓ ACR
- ✓ Return Loss
- ✓ Puissance cumulée de NEXT (PSNEXT)
- ✓ Puissance cumulée de ELFEXT (PSELFEXT)
- ✓ Puissance cumulée de ACR (PSACR)



Le Plan de Câblage - Wiremap

- ✓ Ce test permet d'identifier les problèmes de câblage suivant:
 - ✓ Brochage correct des fils de la liaison à chaque extrémité, masse comprise (pour câbles STP).
 - ✓ La continuité jusqu'à l'extrémité distante.
 - ✓ Les court-circuits entre les conducteurs.
 - ✓ Les paires croisées.
 - ✓ Les paires mélangées.
 - ✓ Les paires inversées.



Résistance

Ce test permet de mesurer la résistance de deux conducteurs qui ont été rebouclés.

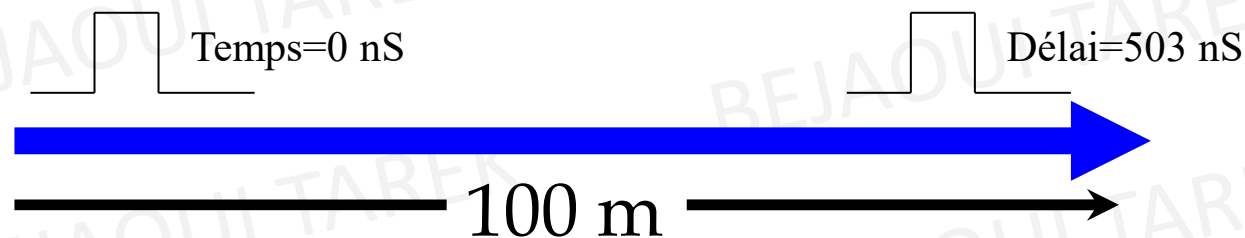
- ✓ La valeur de résistance varie en fonction de la longueur du câble.

cabling class	Class A	Class B	Class C	Class D	Class E	Class F
Maximum loop resistance Ω	560	170	40	40	40	40



Propagation ou Délai

- ✓ La vitesse de propagation (ou délai) est la mesure du temps que met un signal pour se propager le long d'un câble.
- ✓ Le délai est mesuré en nanoseconde



- ✓ **NVP: Nominal Velocity of Propagation** est la vitesse que met un signal à traverser un câble par rapport à la vitesse de la lumière dans le vide (c). NVP est exprimé un % de c : exemple 72% ou $0.72c$.



Différence de Propagation - Skew

La différence de propagation (SKEW) correspond au delta de la valeur la plus faible et de la valeur la plus élevée du temps de propagation entre paire.

- ✓ Le délai est mesuré en nanoseconde
- ✓ Le pas de torsade varie par paire.
- ✓ Les paires utilisent des matériaux isolants différents.
- ✓ Différentes vitesses sur différentes paires.
- ✓ Des mesures de longueur différentes par paire.
- ✓ Critique pour Ethernet Gigabit qui utilise les 4 paires.
- ✓ Le delta des délais de chaque paire doit être inférieur à 50ns sur 100 mètres de câble, inférieur à 25ns il sera excellent.



Longueur

- ✓ La mesure du délai de propagation est nécessaire pour obtenir la longueur d'un câble.
- ✓ **NVP: Nominal Velocity of Propagation** est la vitesse que met un signal à traverser un câble par rapport à la vitesse de la lumière dans le vide (c). NVP est exprimé en % de c : exemple 72% ou $0.72c$.
- ✓ Actuellement les câbles ont un coefficient de vélocité compris entre $0.6c$ et $0.9c$ pour les meilleurs
- ✓ La NVP d'un câble peut être déterminée par sa longueur



Atténuation

- ✓ Tous les signaux électromagnétiques perdent de leur amplitude lorsqu'ils se propagent et les signaux des réseaux locaux LAN n'échappent pas à cette règle.
- ✓ Cette perte de signal dans un câble s'appelle l'**ATTENUATION**
- ✓ L'atténuation augmente en fonction de deux critères: la **FREQUENCE** et la **LONGUEUR**
- ✓ L'atténuation est exprimée en dB. -10dB est une valeur de signal plus faible que -8dB

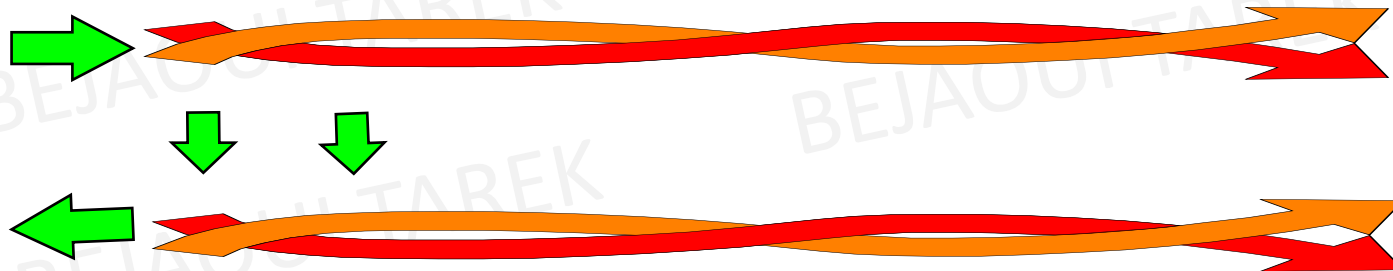
Emetteur (P1)-----paire-----récepteur (P2)

$$Att = 10 \cdot \log(P1/P2)$$



Diaphonie Local - Next

- ✓ Lorsque qu'un courant traverse un fil, un champ électromagnétique est créé interférant sur les signaux des fils adjacents.
- ✓ Le NEXT est la portion de signal émis qui est couplé électromagnétiquement sur le signal de réception





Diaphonie Local - Next

- ✓ Le NEXT est mesuré du même côté que du celui signal généré.
- ✓ Lorsque la fréquence augmente, cet effet devient plus important (Classe E et F).
- ✓ Chaque paire est torsadée pour permettre d'opposer les champs entre paires et d'annuler cet effet.
- ✓ Le maintien du ratio des pas de torsade est le facteur le plus important pour garantir une installation

Emetteur (P1)-----paire1-----

Récepteur (P2)-----paire2-----

$$\text{NEXT} = 10 \cdot \log(P1/P2)$$

Diaphonie Distant - Fext

- ✓ La diaphonie distante est similaire à la diaphonie locale excepté que le signal est émis d'un côté du câble et la mesure est réalisée à l'autre extrémité.
- ✓ Les résultats ne sont pas significatifs sans les valeurs d'atténuation du lien.
- ✓ Les résultats du FEXT seront utilisés pour le ELFEXT





Elfext

- ✓ La valeur de ELFEXT (Equal Level Far End Crosstalk, diaphonie distante à valeur constante) est le résultat d'un calcul et non pas d'une mesure directe.
- ✓ ELFEXT est le FEXT compensé pour l'atténuation pour obtenir une valeur normalisée.
- ✓ Il y a 12 valeurs de ELFEXT calculées à chaque extrémité soit un total de 24 valeurs.

PAIRES			
12/36	36/12	45/12	78/12
12/45	36/45	45/36	78/36
12/78	36/78	45/78	78/45



ACR (Rapport Signal/Bruit en transmission full duplex)

- ✓ ACR est la différence entre la diaphonie (NEXT) et l'atténuation d'une même paire d'un lien Permanent ou Canal, appelé Ecart diaphonique

$$\text{ACR (dB)} = \text{NEXT} - \text{Att}$$

- ✓ ACR est une valeur très importante pour un câble paires torsadées car il permet de connaître les performances du câble.
- ✓ Ainsi, plus grand sera la valeur de l'ACR, plus le câble sera performant.
- ✓ Comme les caractéristiques du NEXT sont uniques à chaque extrémité du lien, les résultats de l'ACR le seront. La pire valeur ACR sera utilisée pour le test BON/ECHEC.



ACR (Attenuation Crosstalk Ratio - Rapport Signal/Bruit en transmission full duplex)

Emetteur1 (P1)-----paire1-----récepteur (X)

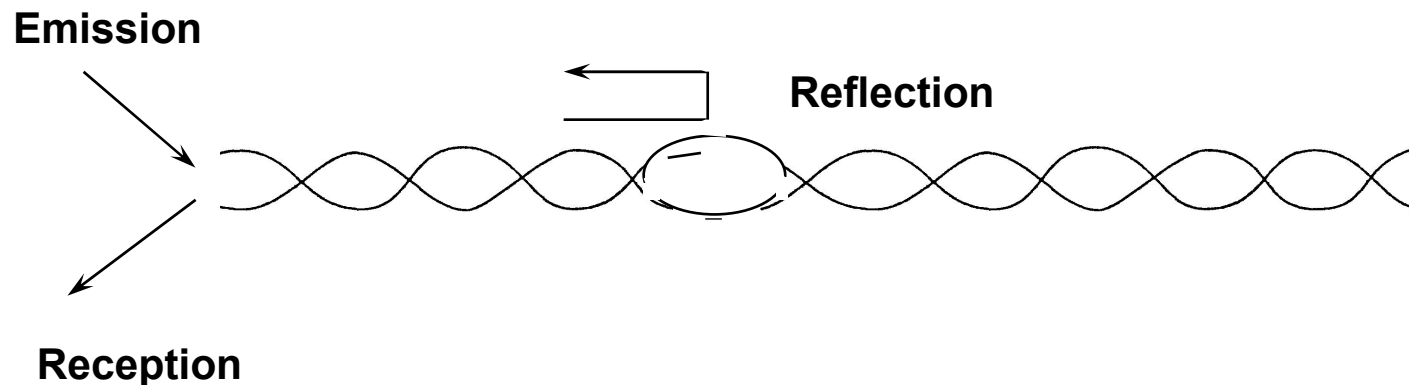
-----paire2-----émetteur2 (P2)

Le signal X est reçu de l'émetteur1 et atténué. Ce signal est perturbé par un signal venant de l'émetteur2 par diaphonie.

$$\text{ACR (dB)} = \text{NEXT} - \text{Att}$$

Return Loss

- ✓ Le Return Loss est le ratio de la puissance de signal transmis dans un système de câblage sur la puissance réfléchie (c'est à dire "renvoyée").
- ✓ Toute variation d'impédance sur câble à partir de la source "renvoie" une partie du signal.



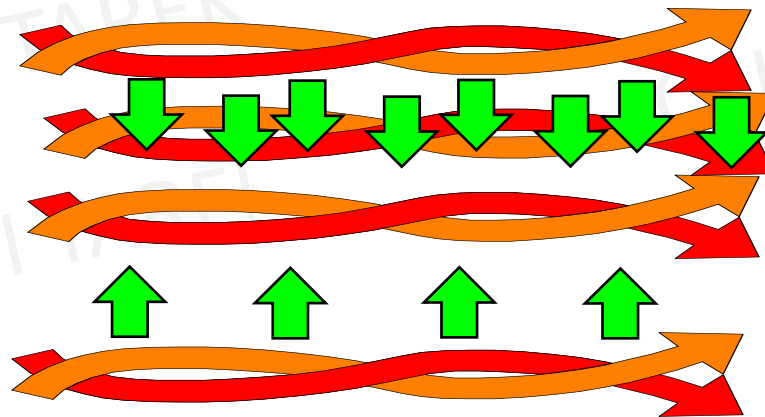


Return Loss

- ✓ Tous les composants constituant une chaîne de liaison n'ont pas une impédance uniforme et tous les points de connexion peuvent contribuer à un changement d'impédance.
- ✓ Chaque changement cause une perte de signal (atténuation) et provoque donc le RL.
- ✓ En Classe E/Cat6 il est important de respecter la chaîne de mesure en gardant la qualité de connectique et de câble.

Paradiaphonie Cumulée - PS Next

- ✓ Effet de perturbation des paires sur une paire.
- ✓ Un résultat par paire.
- ✓ Calculée (non mesurée) à partir des 6 mesures de la Paradiaphonie paire à paire.
- ✓ PSNEXT est un critère très important pour les câbles devant supporter des réseaux hauts débits utilisant 4 paires tel que le Gigabit





PS Elfext

- ✓ La puissance cumulée de ELFEXT est actuellement un calcul issu de la somme des valeurs de ELFEXT de chaque paire par rapport au trois autres paires.



PS ACR

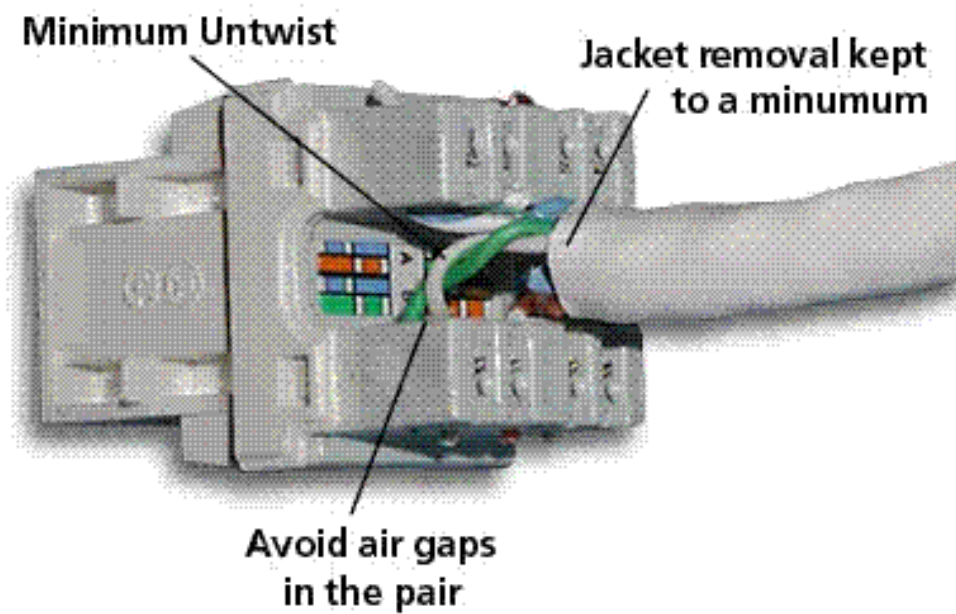
- ✓ La puissance cumulée de ACR est actuellement un calcul issu de la somme des valeurs individuelles de ACR.
- ✓ Il y a quatre résultats par extrémité pour un lien.
- ✓ Une valeur importante est préférable (plus de signal et moins de bruit) à une valeur faible (plus de bruit et moins de signal).



Equipements de mesure

- HDTDR : réflectométrie à dimension temporelle haute définition → Utilisé pour rechercher des anomalies du câble et mesurer la longueur et l'impédance caractéristique du câble
- HDTDX : Diaphonie à dimension temporelle haute définition → identifie les sources de NEXT le long du câble

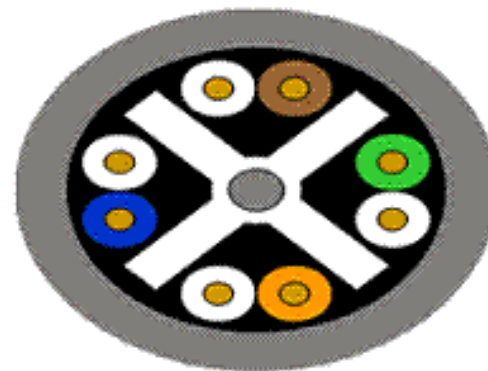
Règles d'installations (1)



Règles d'installations (2)



Câble normal



Câble écrasé

Sensibilité pour cat 6

Analyseur HDTDX (1)

S-28 RED #2

Summary | Wire Map | Pair Data | Attenuation | NEXT | PSNEXT | ACR | PSACR | ELFEXT | PSELFEXT | RL

DSP-4300 Test Limit: TIA Cat 6 BL (1999) Cable Type: UTP 100 Ohm Cat 6

Main Results: * FAIL

Pair	Value (dB)
12-36	38.3
12-45	161.5
12-78	38.4
36-45	-0.1
36-78	
45-78	

Frequency (MHz): 159.0

Limit (dB): 38.4

Margin (dB): -0.1

Plot

* Measurement is within the accuracy limits of the instrument.

Remote Results: PASS

Pair	Value (dB)
12-36	41.8
12-45	159.0
12-78	38.6
36-45	3.2
36-78	
45-78	

Frequency (MHz): 159.0

Limit (dB): 38.6

Margin (dB): 3.2

Plot

S-28 RED #2

Summary | Wire Map | Pair Data | Attenuation | NEXT | PSNEXT | ACR | PSACR | ELFEXT | PSELFEXT | RL

DSP-4300 Test Limit: TIA Cat 6 BL (1999) Cable Type: UTP 100 Ohm Cat 6

Length

Pair	Result
12	77.8 m
36	80.9 m
45	81.1 m
78	76.7 m

Limit: 94.0 m

Propagation Delay

Pair	Result
12	358 ns
36	372 ns
45	373 ns
78	353 ns

Limit: 518 ns

Delay Skew

Pair	Result
12	5 ns
36	19 ns
45	20 ns
78	0 ns

Limit: 45 ns

Resistance

Impedance

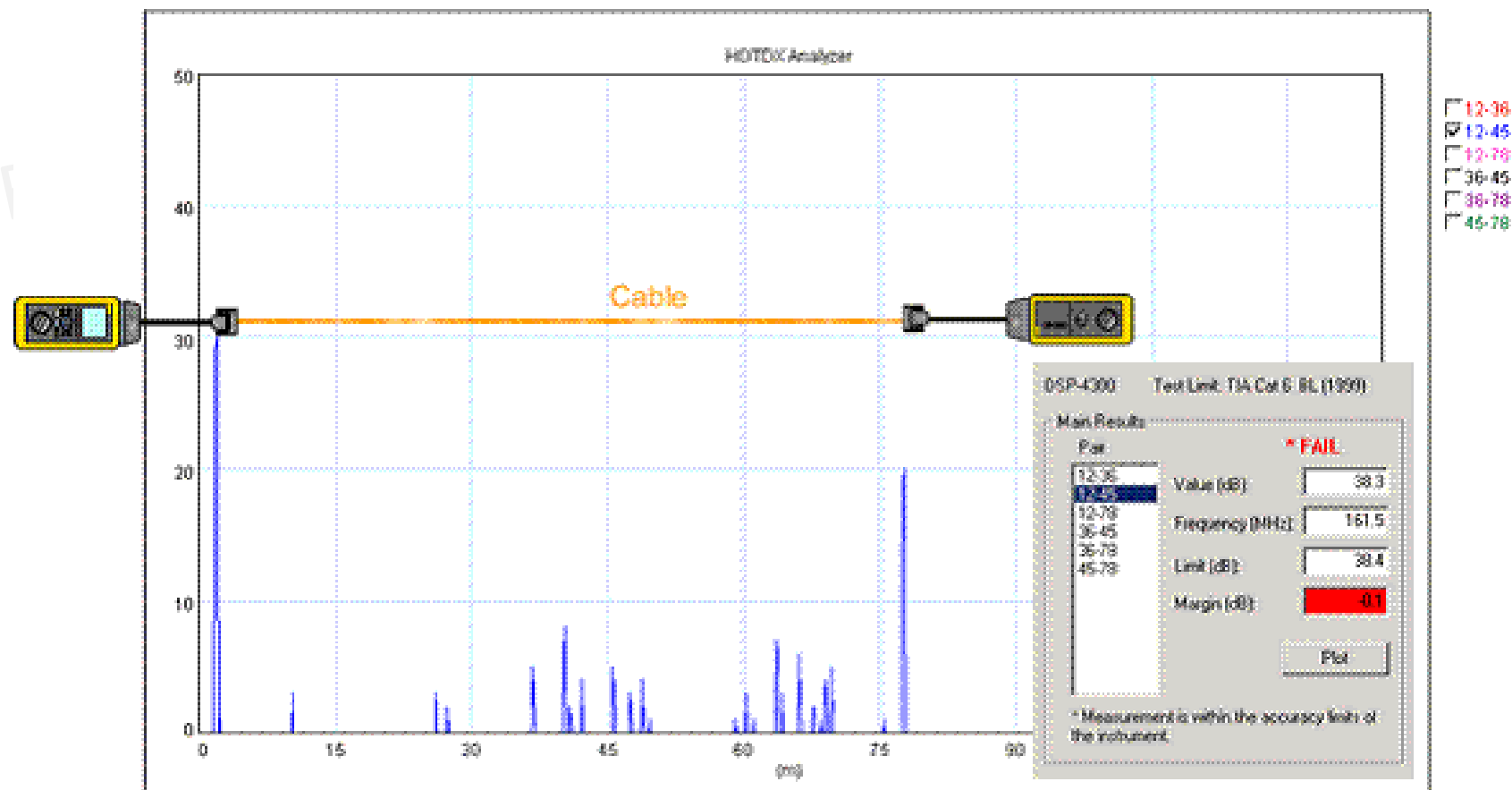
HDTDR

Plot

HDTDX Analyzer

Plot

Analyseur HDTDX (2)



Rapport de Mesures Câblage à paires torsadées



DESCRIPTION DU RESULTAT DU RAPPORT

Circuit ID : Numéro de la Prise	Date : Date	Projet Name : Nom du Projet
Test Result : Résultat du Test	Autotest : Norme	Cable : Nature de Câble
Owner : Propriétaire	NVP : Coefficient de Vitesse	
Serial Number : Numéro de Série de l'Équipement		
Remote SN : Numéro de Série de l'Équipement Distant		
OMNI Adapter : Nature du Test		
Remote Adapter : Nature du Test		

Building : Bâtiment	Floor : Etage	Hub : Nœud
Closet : Armoire	Port : Port	
Rack : Rack		
Slot : Slot		

Wire Map : Caractéristique du Câble	Length : Longueur	Delay : Temps de Propagation
Near : Début	Skew : Différence Entre la Plus Longue et la Plus courte delay	
Far : Fin		

	RESISTANCE	Atténuation : Affaiblissement
Pr. : Paire	VALEURS DU TEST	VALEURS DU TEST
12 : Paire (1-2)		
36 : Paire (3-6)		
45 : Paire (4-5)		
78 : Paire (7-8)		

NEXT : PARADIAPHONIE	ACR : RAPPORT SIGNAL/BRUIT
VALEURS DU TEST	VALEURS DU TEST

T. BEJAOU

Rapport de Mesures Câblage à paires torsadées



Circuit ID: CBRs-017
 Test Result: PASS
 User:
 MNI SW-SW: 50A98100312-VC2.02
 Remote SN: 50B98100400
 MNI Adapter: Test Cable
 Remote Adapter: Test Cable
 Date: 25-Jan-99
 Project Name:
 Autotest: Class D-11801-95
 Cable: AMP FTP CAT5
 NVP: 74

Building:
 Closet:
 Rack:
 Port:
 Floor:
 Hub:
 Port:

Wire Map	Expected	Actual	Length	Delay	Skew
Near:	12345678	12345678	100.0 m	1000 nS	nS: 4
Far:	12345678	12345678			

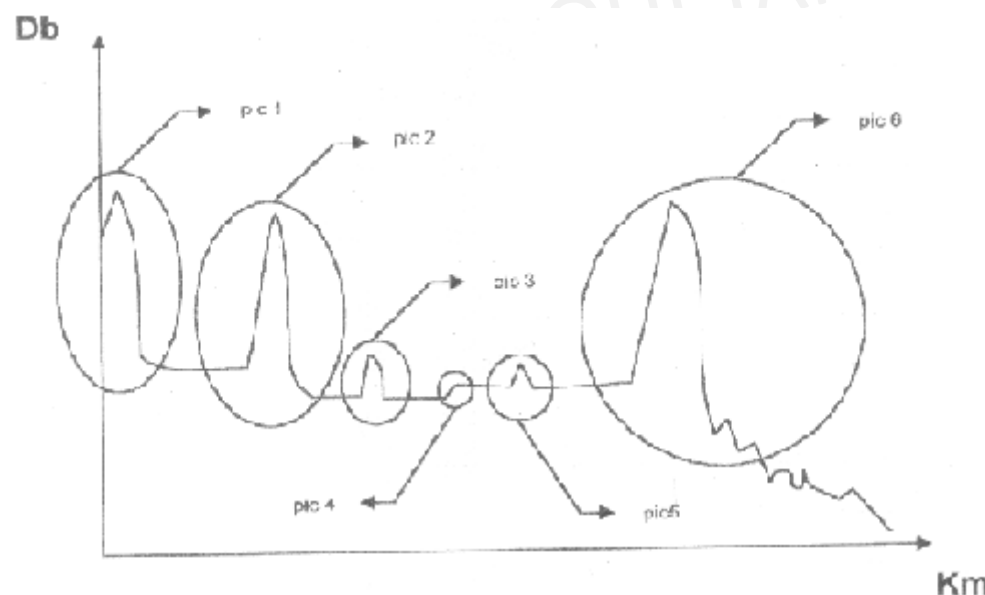
Basis		Attenuation			Omni Ret. Loss		Remote Ret. Loss		
40.0		Class D							
r	(Ohms)	Result (dB)	Limit (dB)	Freq. (MHz)	Result (dB)	Limit (dB)	Freq. (MHz)	Result (dB)	Limit (dB)
2	6.2	7.0	22.9	97.6					
6	6.2	7.0	23.1	99.6					
5	6.0	6.9	23.1	99.6					
8	6.3	6.9	23.0	98.9					

NEXT				ELFEXT			ACR		
Class D							Class D		
Pairs	(dB)	Limit (dB)	Freq. (MHz)	Result (dB)	Limit (dB)	Freq. (MHz)	Result (dB)	Limit (dB)	Freq. (MHz)
12/36	34.6	25.9	75.8				28.0	4.9	96.0
12/45	41.2	24.1	98.7				34.3	4.3	98.7
12/78	36.2	26.7	65.9				30.4	8.0	83.0
36/45	39.5	24.1	98.7				32.5	4.3	98.7
36/78	35.7	24.2	97.6				28.8	4.5	97.6
45/78	44.3	24.8	89.9				37.6	6.4	89.9
36/12									
45/12									
78/12									
45/36									
78/36									
78/45									
12/36	37.9	25.1	85.7				31.4	7.4	85.7
12/45	38.2	25.6	78.9				31.8	4.2	99.2
12/78	35.8	26.7	65.9				30.2	12.2	65.7
36/45	41.6	24.1	97.8				34.7	4.5	97.8
36/78	36.3	26.1	73.1				30.4	10.4	73.3
45/78	44.1	25.0	87.5				37.5	5.0	95.8
36/12									
45/12									
78/12									
45/36									
78/36									
78/45									

Signature: _____ Date: _____

T. BEJAOU

Test sur fibre optique avec réflectomètre optique (1)



- Pic N°1 : Pic de début
- Pic N°2 : représente la perte au niveau d'une paire de connecteurs
- Pic N°3 : représente une épissure mécanique
- Pic N°4 : représente le GAIN, uniquement dans le cas de fusion de deux différents fibres optiques qui ont des indices de réfractions différents.
- Pic N°5 : GHOST ou pic fantôme due à l'écrasement de la fibre.
- Pic N°6 : pic de fin.

Test sur fibre optique avec réflectomètre optique (2)

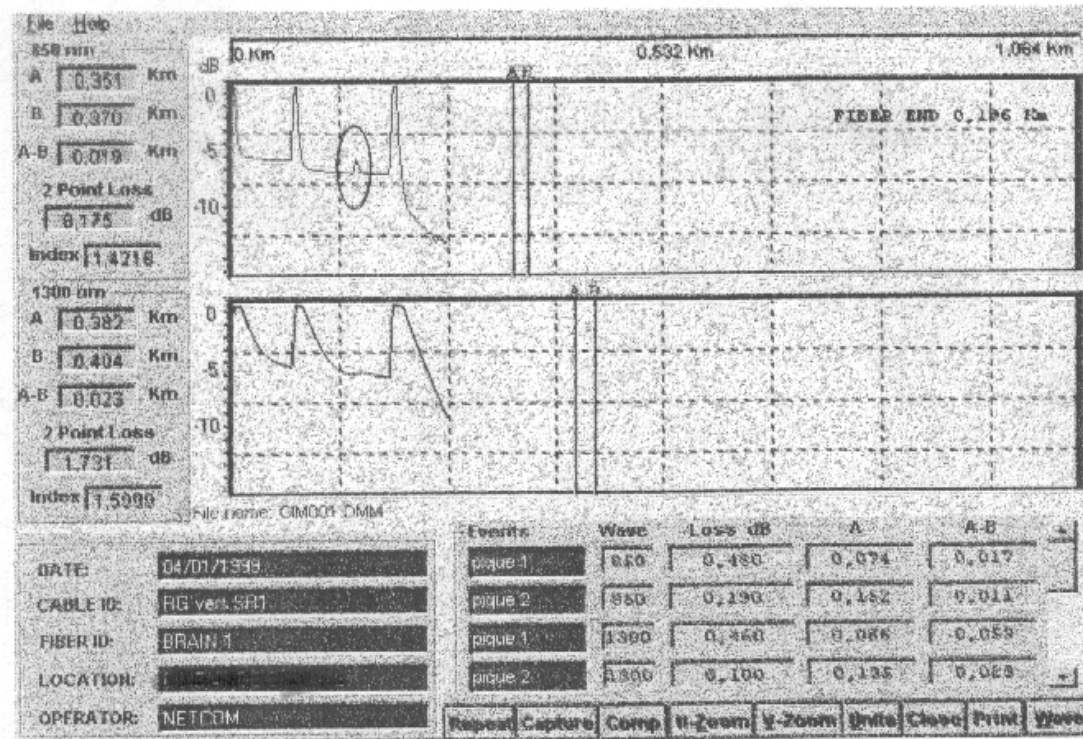
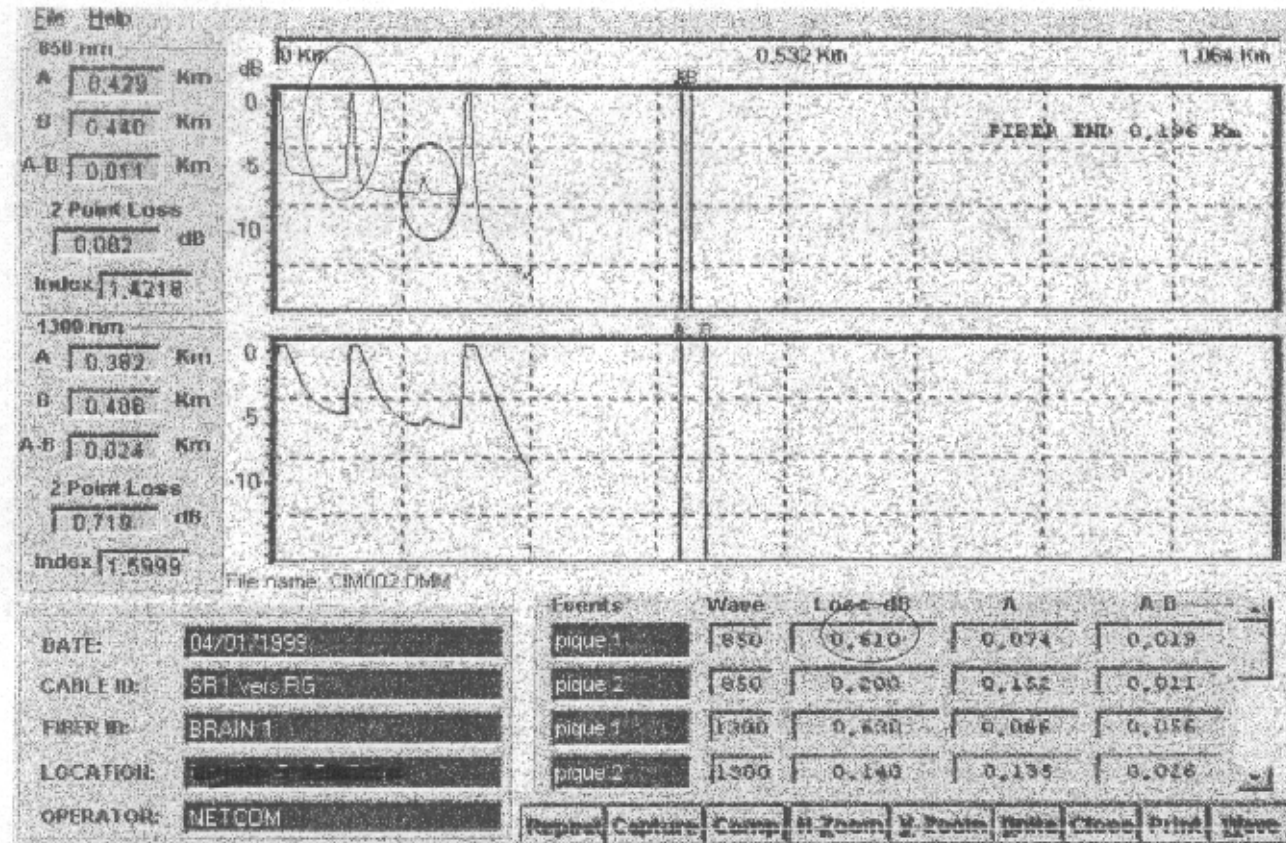


Fig. :1

Le pic encerclé dans cette figure (1) ,représente une perte au niveau de la ligne Fibre optique due à un écrasement ou à une courbure de grande échelle .

Cette anomalie se trouve à une distance d'environ (0,165 Km) à partir du répartiteur général.

Test sur fibre optique avec réflectomètre optique (3)



Nous remarquons deux pics sur la figure (2) :

Le premier pic représente une perte au niveau d'une paire de connecteurs (0,610 dB) au lieu de 0,5 dB prévu par la norme (encerclé en rouge) .

Le deuxième pic représente une perte au niveau de la fibre optique due à une courbure de grande échelle ou à un écrasement , cette anomalie se trouve à une distance d'environ (0,167 Km) à partir du sous répartiteur (SR1).

Test sur fibre optique avec réflectomètre optique (4)

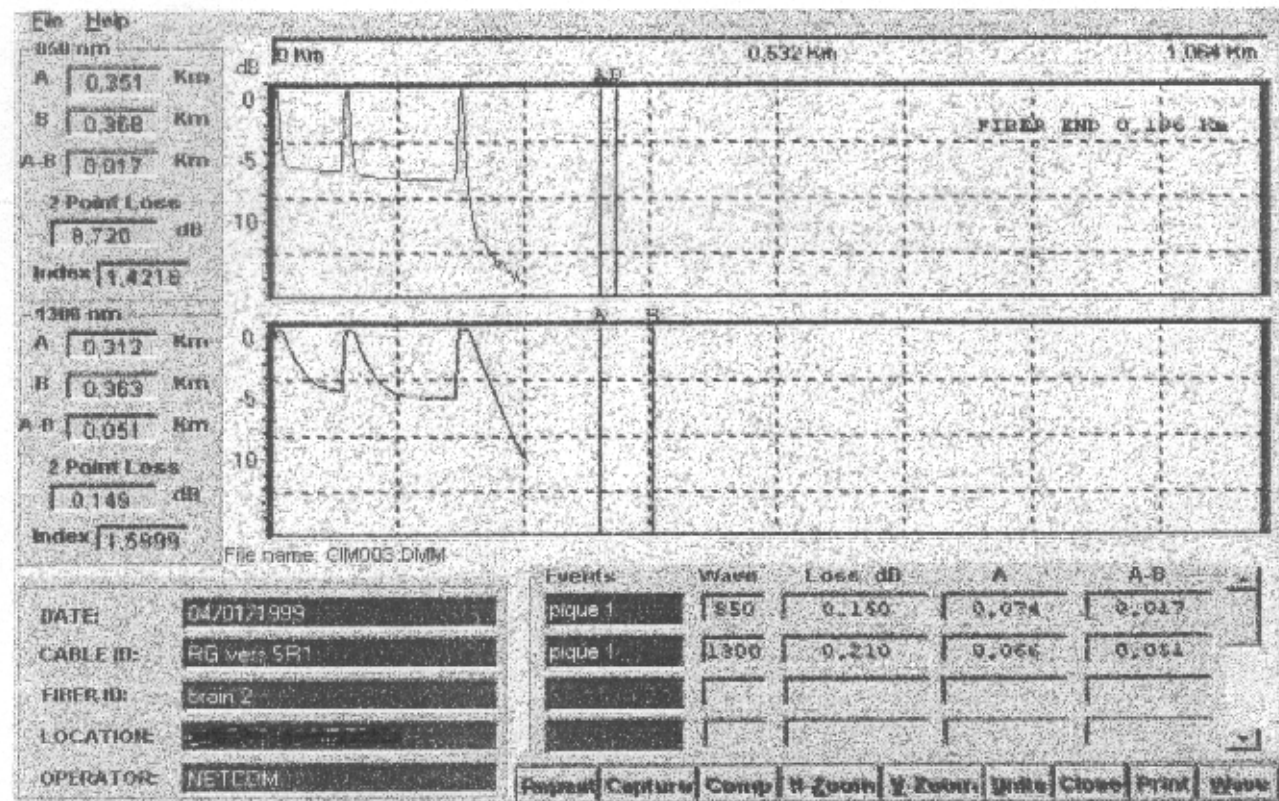
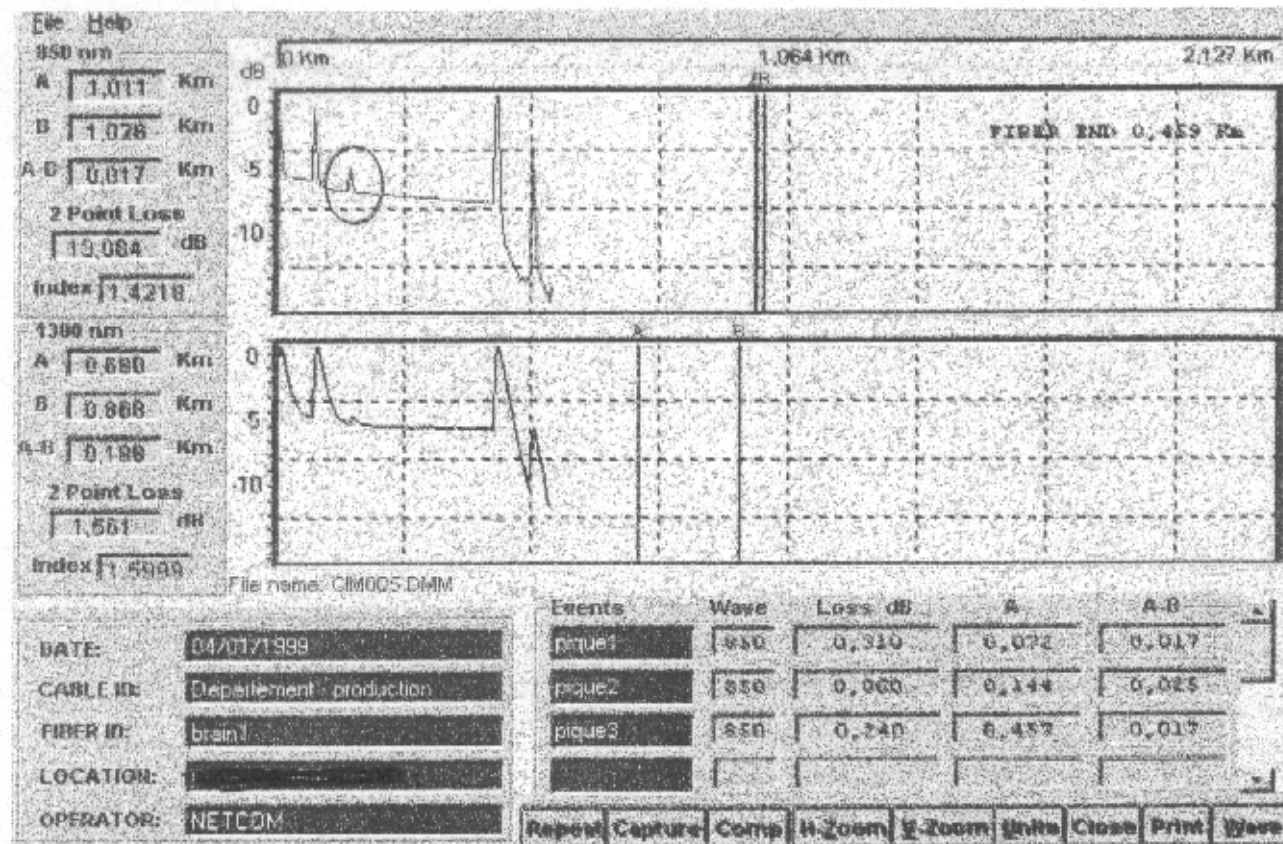


Fig :3

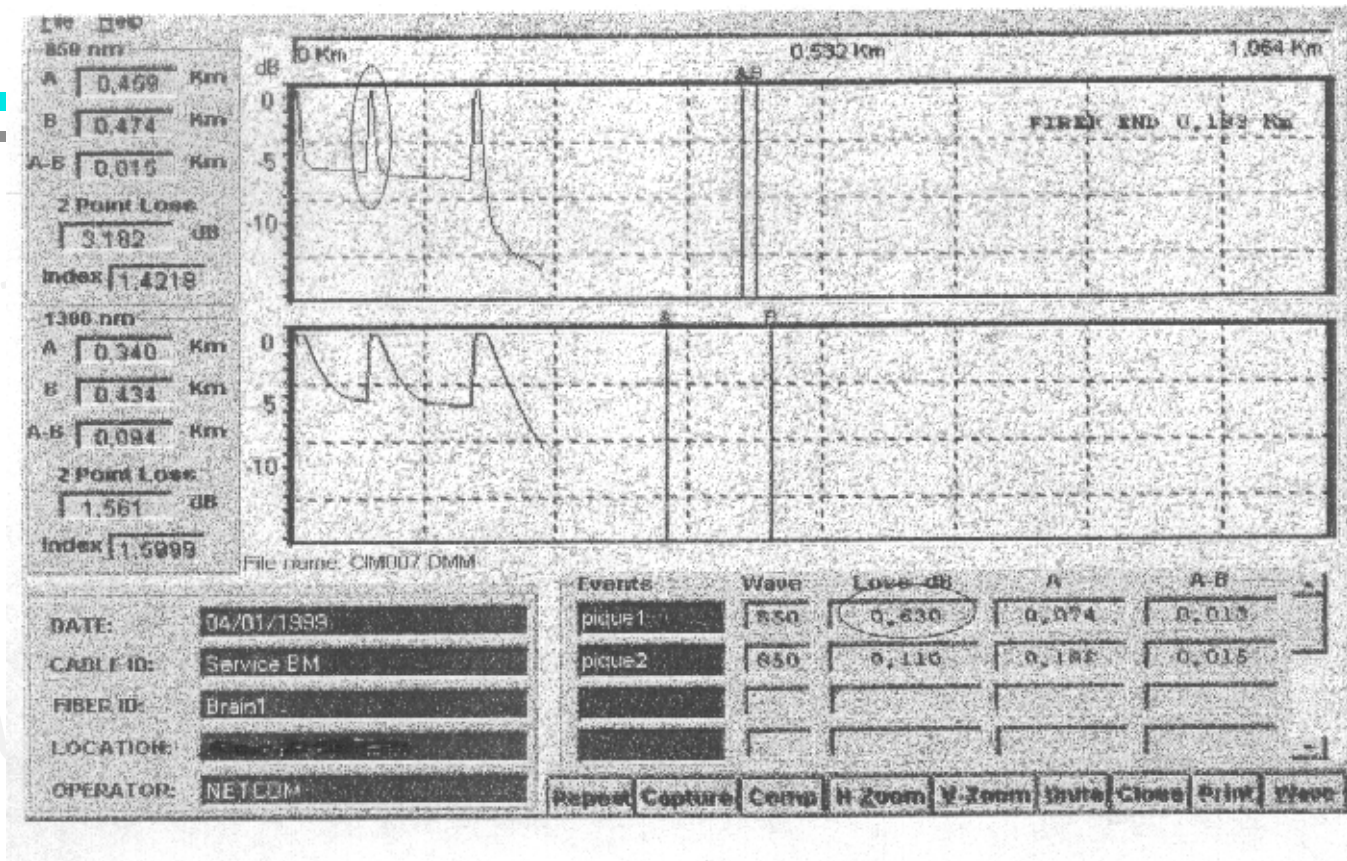
Cette liaison est en bonne état , la perte au niveau des connecteurs ne dépasse pas les 0,5 dB prévue par la norme .

Test sur fibre optique avec réflectomètre optique (5)



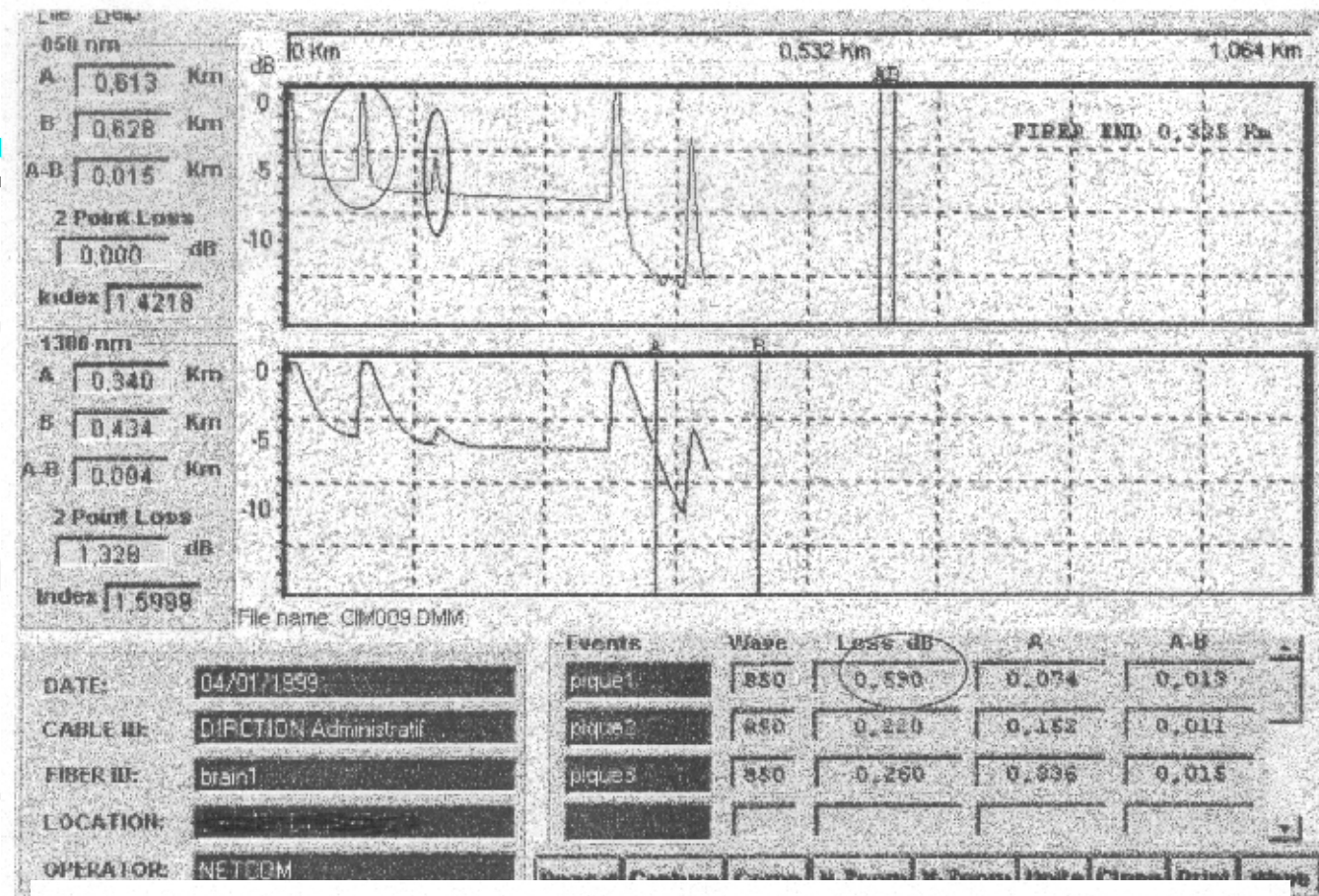
Le pic encerclé dans la figure (5) représente une perte au niveau de la fibre optique due à une courbure à grande échelle ou à un écrasement. Ce défaut se trouve à une distance d'environ 0,169 Km.

Test sur fibre optique avec réflectomètre optique (6)



Une perte importante au niveau des connecteurs (0,63 dB). Ce niveau dépasse celui autorisé par la norme (0,5 dB max) .

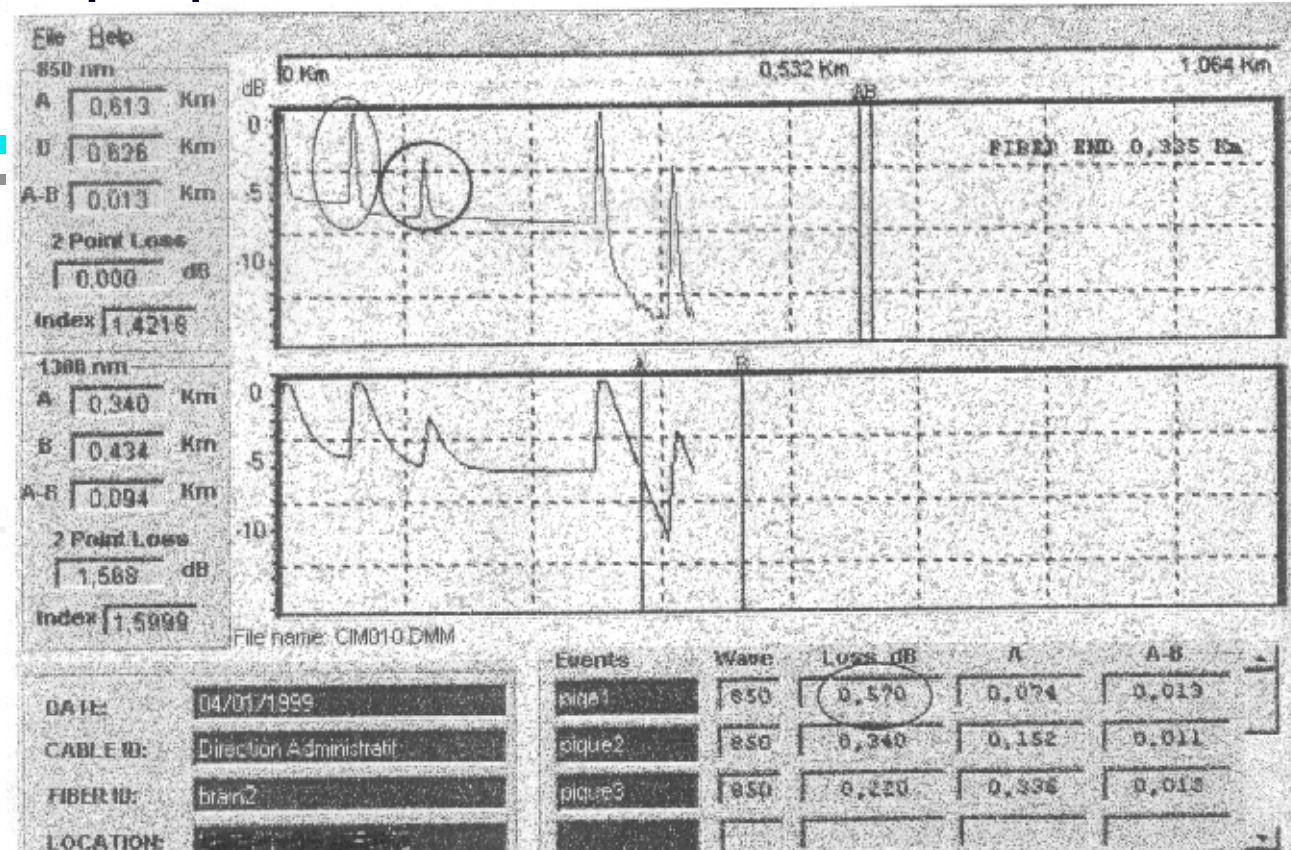
Test sur fibre optique avec réflectomètre optique (7)



Nous remarquons deux pics sur la figure (7) :

- Le premier pic représente une perte au niveau d'une paire de connecteurs de 0,59 dB au lieu de 0,5 dB prévu par la norme (encerclé en rouge).
- Le deuxième pic représente une perte au niveau de la fibre optique due à un écrasement ou à une courbure de grande échelle , cette anomalie se trouve à une distance d'environ (0,167 Km) à partir du répartiteur général (RG).

Test sur fibre optique avec réflectomètre optique (8)

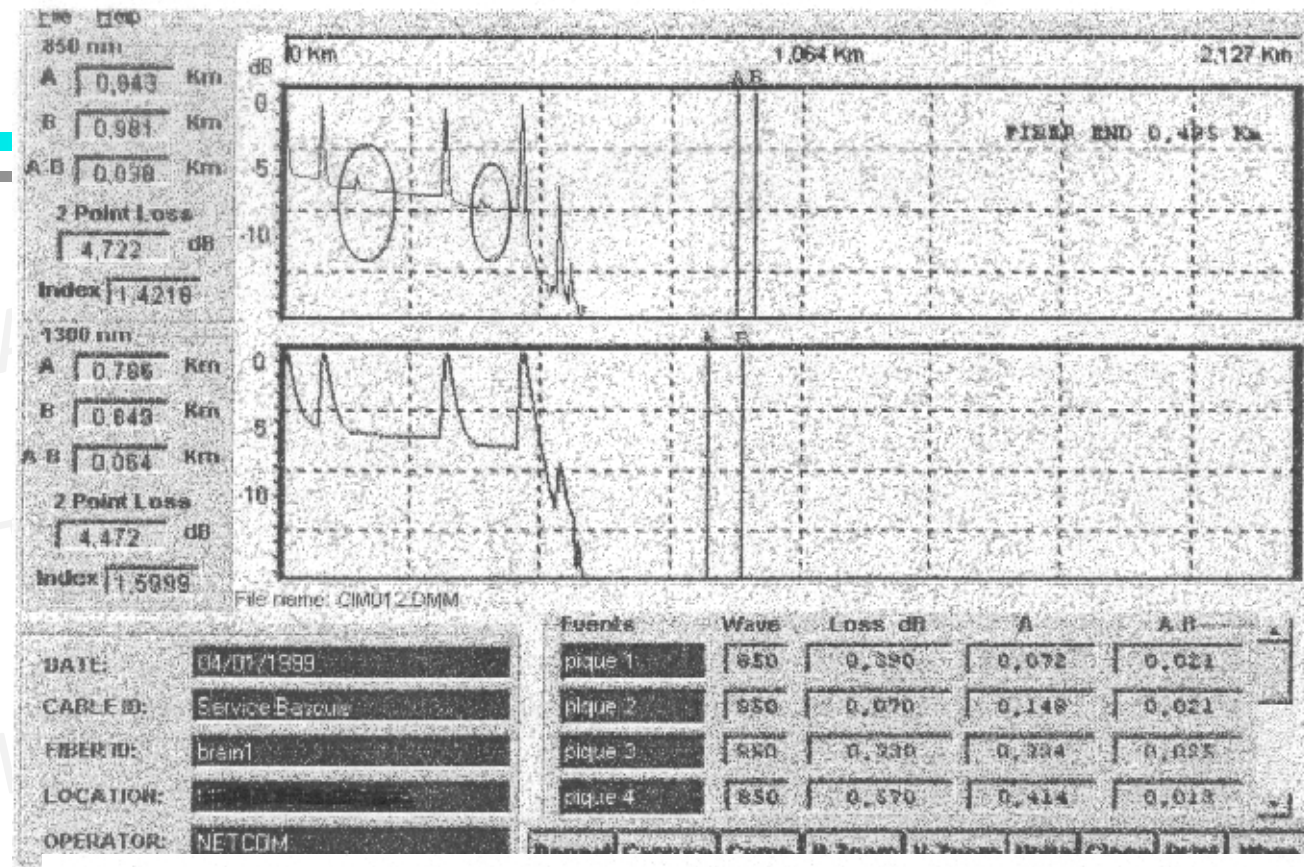


Nous remarquons deux pics sur la figure (8) :

Le premier pic représente une perte au niveau d'une paire de connecteurs de 0,57 dB au lieu de 0,5 dB prévu par la norme (encerclé en rouge).

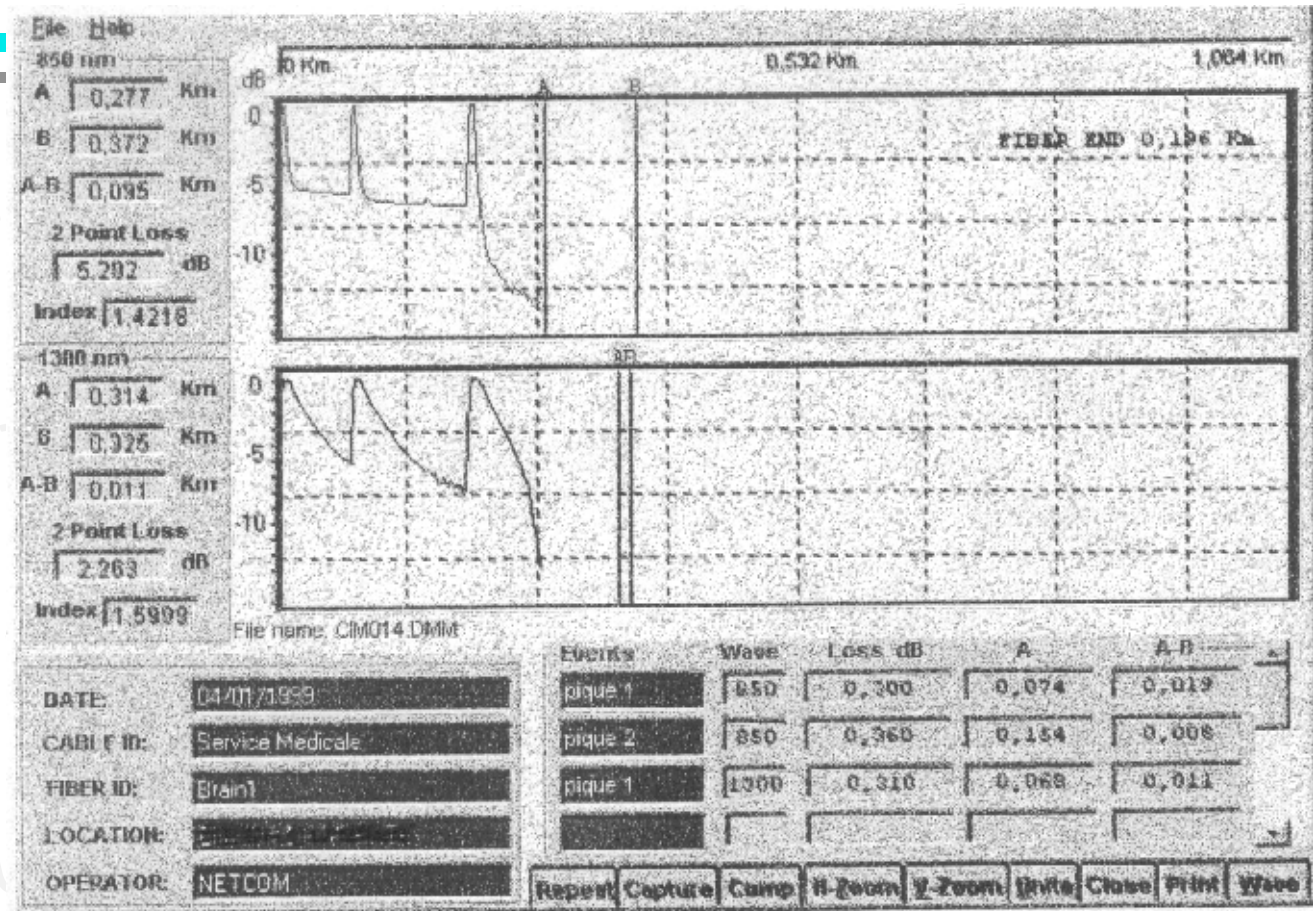
Le deuxième pic représente une perte au niveau de la fibre optique due à un écrasement ou à une courbure de grande échelle, cette anomalie se trouve à une distance d'environ (0,171 Km) à partir du répartiteur général

Test sur fibre optique avec réflectomètre optique (9)



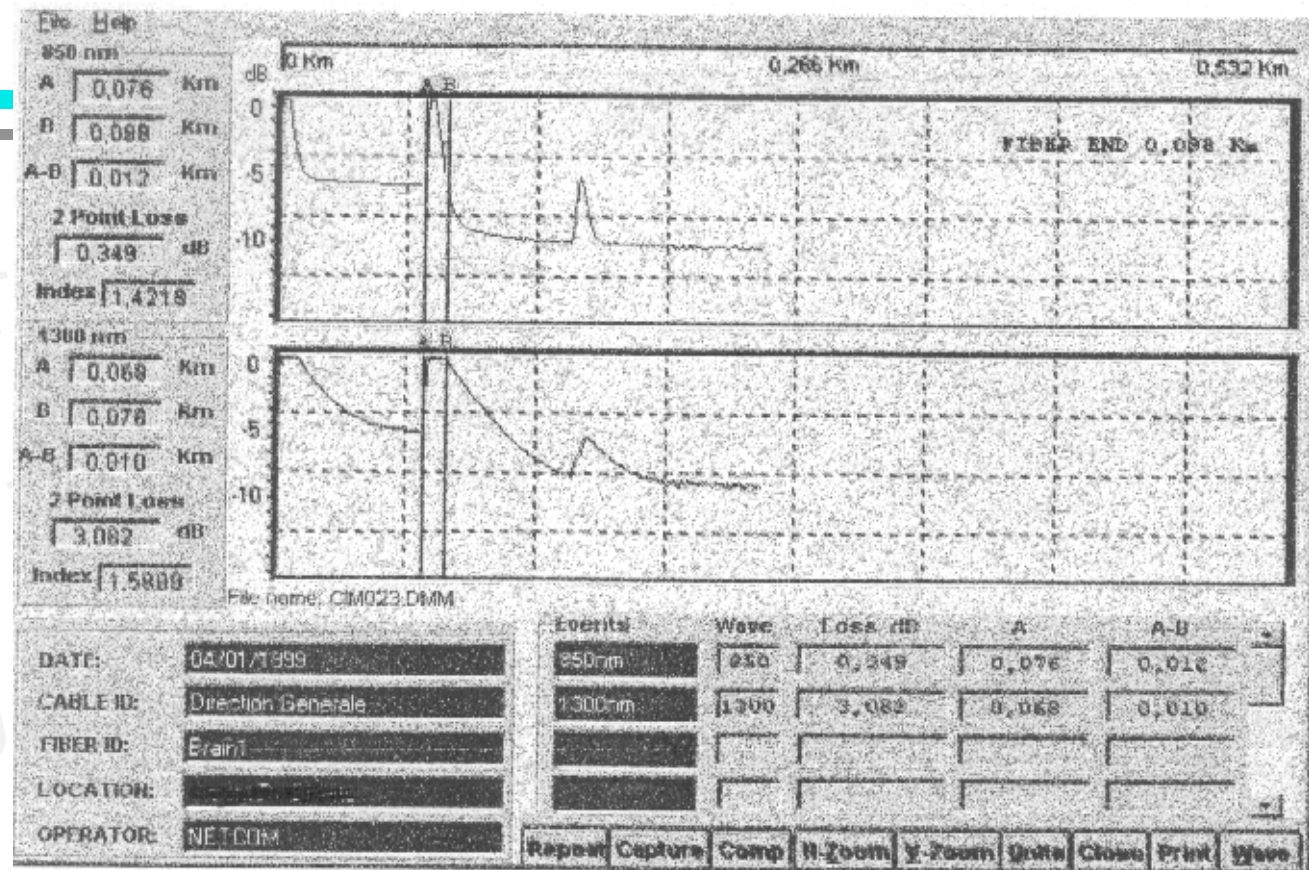
Les deux pics encadrés (figure 9) représentent les pertes au niveau de la fibre optique dues à un écrasement ou à une courbure à grande échelle. La fibre titrée n'est pas en un seul morceau. Le pic N°3 nous informe de la présence d'un point de coupure qui peut être soit une connexion avec des connecteurs ou d'une épissure à une distance d'environ 0,360 Km.

Test sur fibre optique avec réflectomètre optique (10)



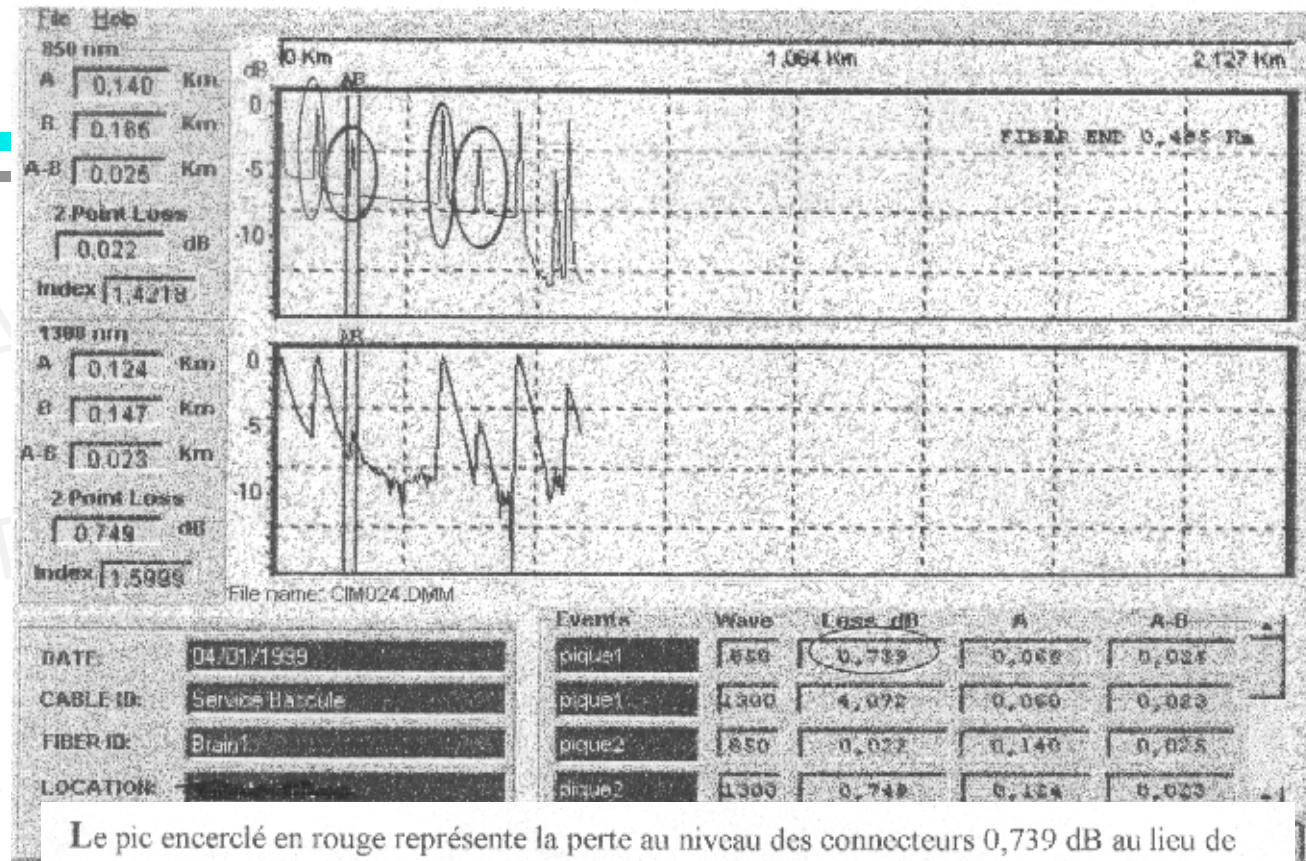
Cette fibre optique est en bonne état, le test correspond à la norme .

Test sur fibre optique avec réflectomètre optique (11)



Cette figure nous montre que la fibre optique est endommagée. On ne peut pas effectuer la mesure.

Test sur fibre optique avec réflectomètre optique (12)



Le pic encerclé en rouge représente la perte au niveau des connecteurs 0,739 dB au lieu de 0,5 dB prévu par la norme.

Les pics encerclés en noir représentent les pertes au niveau de la fibre optique dues à une courbure à grande échelle ou à un écrasement. La fibre tirée n'est pas en un seul morceau le pique N°3 et due à la présence d'un point de coupure qui peut être la connexion de connecteurs ou d'une épissure à une distance d'environ 0,364 Km .