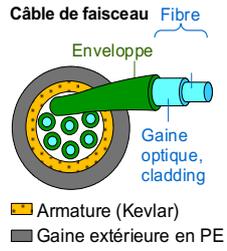
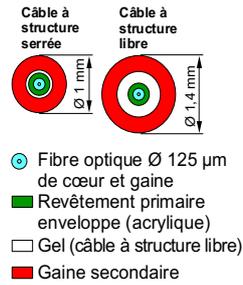




# Fibre optique

## Structure

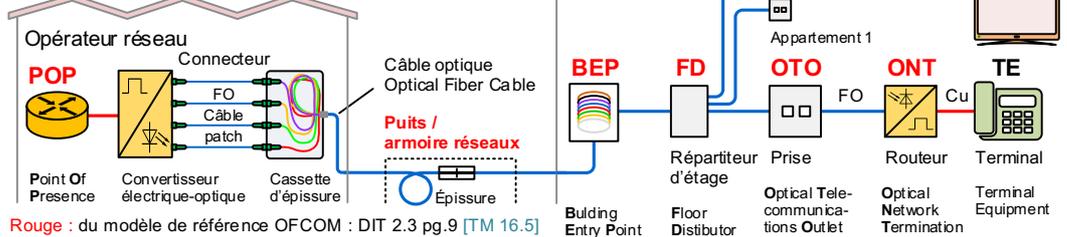


Dessinez la liaison POP jusqu'au terminal →

## Avantages

- En raison de la séparation galvanique, pas de tensions résiduelles (boucles de terre)
- Insensible aux influences électromagnétiques (foudre, diaphonie)
- Faible diamètre extérieur et faible masse
- Taux de transmission élevés sur de longues distances

## Raccordement de fibres optiques



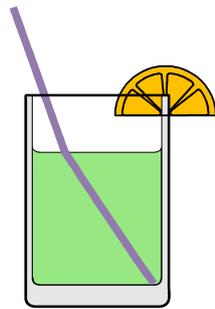
## Composants

- Fibre optique : oxyde de silicium / quartz (SiO<sub>2</sub>) ou matière plastique
- Convertisseur électrique optique : traitement des signaux par diode électroluminescente ou laser
- Convertisseur optique électrique : réception de signal avec photodiode ou phototransistor
- Éléments optiques passifs : prises, connecteurs, épissure, cassettes

## Propagation de la lumière

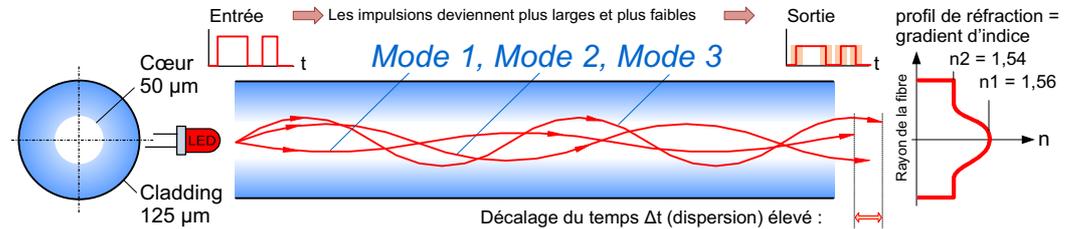
La propagation des ondes dans la fibre optique se base sur le principe de la réfraction de la lumière (exemple : paille plongée dans un verre d'eau). La réfraction se produit lors du passage de la lumière d'un milieu de transmission à un autre lorsque sa vitesse de propagation change. Le profil de réfraction d'une fibre indique où les rayons subissent une réflexion. Les rayons lumineux ayant un angle inférieur à l'angle d'acceptance sont réfléchis et se propagent dans la fibre. Un signal lumineux unique est désigné par le terme « mode » en anglais. Les trois types de fibres suivants sont surtout distingués :

### Réfraction, réflexion



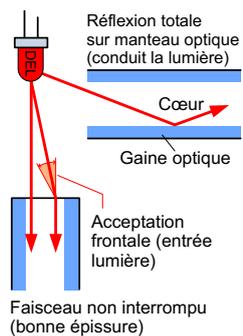
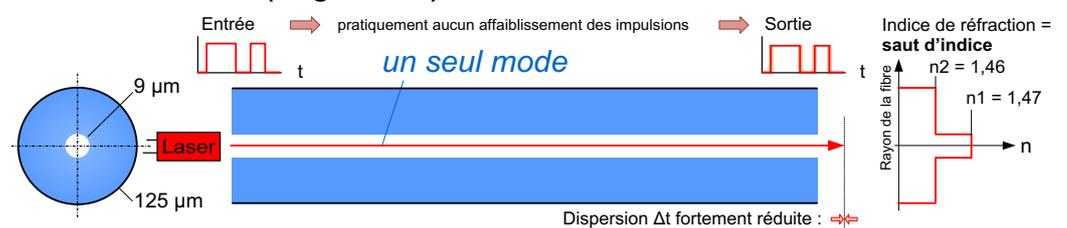
Dessinez les modes dans les fibres. →

### La fibre multimode



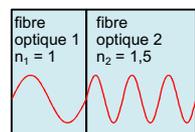
Dans la fibre multimode (MMF) l'indice de réfraction  $n$  change progressivement du cœur à la gaine. En raison des différents temps de transmission, les impulsions lumineuses sont élargies. Application : CUC, câblage de zone, colonne montante, distances de transmission jusqu'à 500 m.

### La fibre monomode (single mode)



Les indices de réfraction  $n_1$  et  $n_2$  sont différents en raison du changement de densité dans la fibre optique.

La vitesse de la lumière décroît.



Dans les fibres monomodes (SMF), le cœur est extrêmement fin. Car seul un mode peut passer, tous les rayons lumineux ont le même temps de parcours. Ceci permet de très grandes vitesses de transmission.

Application : Ligne de l'opérateur réseau, distances jusqu'à 100 km avec un taux de transmission élevé.

### Plastic Optical Fiber (POF)

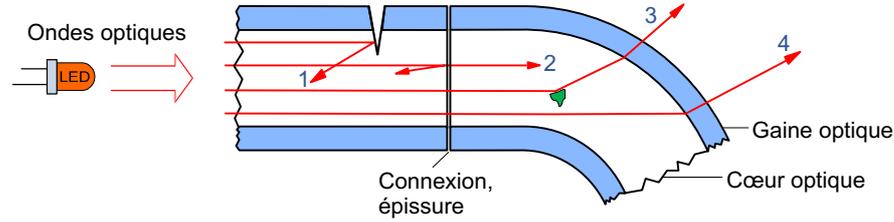
Les fibres optiques plastiques en PMMA (saut d'indice) d'un diamètre de 1 mm conviennent à la transmission de données à courte distance jusqu'à 100 m. Les connexions peuvent être facilement réalisées sans outils coûteux. Le rayon lumineux est le plus souvent généré par des diodes électroluminescentes. Application : LAN, équipement ultérieur d'un CUC dans des tubes basse tension, jusqu'à 100 Mbit/s.

## Atténuation FO

Lorsque les rayons lumineux sont déviés de leur chemin, il se produit des pertes. Ces pertes engendrent une atténuation du signal. Les principales causes de ces pertes de rayonnement sont les diffusions du signal et les connecteurs :

### Diffusion du signal

Dessin pas à l'échelle.

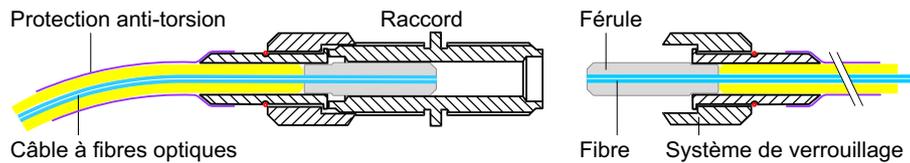


	Avarie	Cause	À quoi l'installateur doit-il faire attention ?
1.	Encoche	Coude du câble	<i>stockage, pose</i>
2.	Réflexions	Épissure, fumée	<i>épissure propre et sans poussière</i>
3.	Inclusions, air	Qualité mauvaise du câble	<i>bonne qualité</i>
4.	Diffusion	rayon trop étroit	<i>pose, stockage</i>

## Connecteurs

Les **connecteurs détachables** (prises) ont une atténuation allant jusqu'à 0,5 dB.

La fibre est fixée dans la fêrulle, puis l'extrémité de la fibre est polie.



Les



Attention, rayon laser !

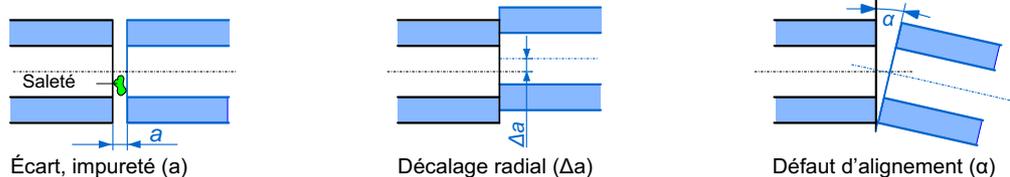
Distance de sécurité avec fibres ouvertes : 25 cm !

Ne jamais utiliser d'instruments optiques (loupe) !

Dessinez les types de problèmes lors d'une épissure.

**connexions fixes** (épissures) ont une atténuation d'env. 0,1 dB.

- Coller avec de la colle visuellement transparente
- Sertissage : Support mécanique rempli de gel optique
- Soudure à l'arc (épissures par fusion).



### Épissure par fusion

L'épissurage des fibres optiques nécessite une machine d'épissure par fusion et de l'expérience. Avant l'épissurage, le revêtement des extrémités doit être retiré à l'aide d'un décapant et les fibres doivent être nivelées à l'aide d'un sectionneur. La machine d'épissure effectue alors un positionnement précis et fusionne ensuite les extrémités des fibres au moyen d'un court arc électrique. Ensuite, le point d'épissure fragile est protégé mécaniquement et contre l'humidité par un dispositif de protection approprié.



## Consignes d'installation

Le câble à fibres optiques doit être protégé contre les atténuations parasites de la façon suivante :

- seul un câble à fibres optiques par tube, ne jamais tirer ensemble avec des câbles cuivre ;
- ne dépasser en aucun cas la force de traction maximale lors de la pose ;
- le rayon de courbure minimal ne doit pas être dépassé (fibre > 30 mm, câble > 300 mm) ;
- le câble à fibres optiques ne peut jamais être comprimé (brides, passe câbles).

Après l'installation, il faut effectuer un contrôle qualité et une mesure :

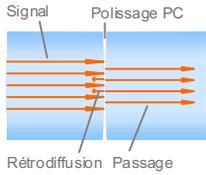
- OTDR et mesure à la lumière rouge (voir directives OFCOM, installation FTTH niveau 1)
- contrôle de l'installation : pose, rayons de câbles, traitement
- marquage (OTO-ID, Flat-ID, BEP, câble), propreté de l'installation.

### Manuel

Réalisation FTTH Inhouse bâtiment neuf / rénovation Swisscom, USIE



## Prise FO



La perte d'insertion indique la perte d'un connecteur. Les valeurs typiques sont de 0,1 ... 0,3 dB. La rétrodiffusion est d'environ 50 dB. Cela signifie que seulement 1/1000 de la puissance revient à l'émetteur. Les connecteurs suivants peuvent être utilisés pour les fibres mono et multimode.

Désignez le type de connecteur et de connexion :

### LC Mécanisme avec levier de déverrouillage

- Câblage LAN selon la norme EN 50173, (connecteur lucide)
- LC / APC (vert) : douille OTO, LC / PC (bleu) : box Internet
- Conception très compacte ; Small Form Factor, SFF.

### SC Mécanisme push-pull

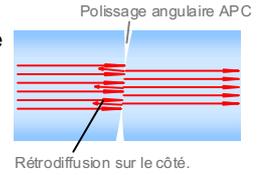
- Standard de câblage LAN selon la norme EN 50173
- Application : SC / PC (bleu) : Routeur Centro
- Polissage normal arrondi (PC) ou angulaire (APC)

### E2000 Mécanisme de connexion avec levier de déverrouillage

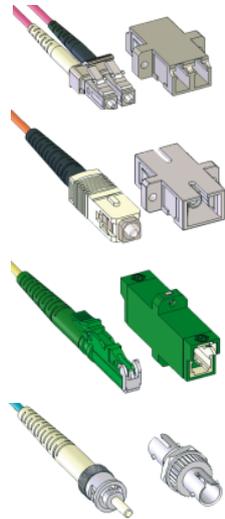
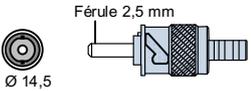
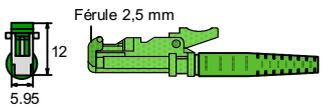
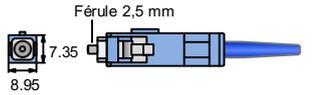
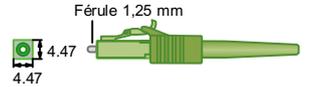
- Clapet de protection laser à fermeture automatique.
- Système de codage couleur et mécanique.
- Conçu comme type de prise simple ou double (2 fibres).

### ST Mécanisme à baïonnette

- Souvent utilisé dans le passé dans les réseaux locaux pour patcher
- Système de verrouillage par baïonnette avec ou sans possibilité de verrouillage.
- La fibre optique est guidée par une fêrulle céramique ou métallique.



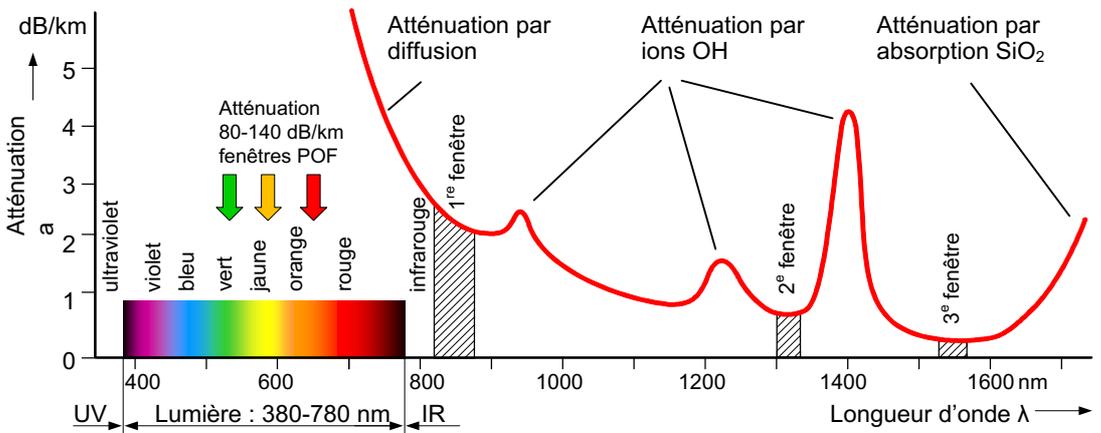
PC arrondi et bout de fibre angulaire APC



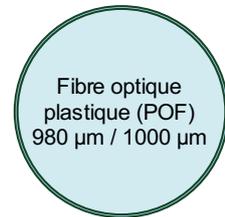
## Fenêtres optiques

Le câble optique a des zones avec différentes atténuations. Les zones où l'atténuation est **plus petite** sont appelées fenêtres optiques. Elles se situent dans le domaine de l'infrarouge (rayonnement IR).

**Atténuation**  
Courbe typique d'atténuation de la fibre optique en PMMA (POF) et SiO<sub>2</sub> (verre)



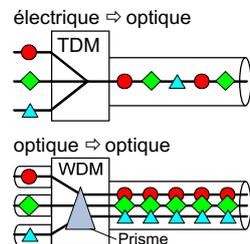
- Comparaison des diamètres**
- Monomode 9 μm / 125 μm
  - Multimode 50 μm / 125 μm



Définissez la longueur d'onde moyenne λ en vous basant sur la courbe typique d'atténuation figurant ci-dessus.

Fenêtres optiques	λ [nm]	Fibre utilisée	Catégorie	Source optique	Portée
vert, jaune, rouge	520-650	monomode, POF	—	LED	100 m
1. (Diffusion)	850	multimode (MMF)	OM1-OM4	LED	550 m
2. (lons OH)	1310	multimode et monomode	OM et OS	LED / laser	10 km
3. (Absorption)	1550	monomode (SMF)	OS1-OS2	laser	40 km

## Multiplexage TDM et WDM



Le multiplexage temporel (**T**ime **D**ivision **M**ultiplex, **TDM**) consiste à transmettre plusieurs signaux provenant de diverses sources en les sérialisant sur une fibre optique. Cf. [TM ⇒ 15.6]

Le multiplexage par longueur d'onde (**W**avelength **D**ivision **M**ultiplex, **WDM**) est un multiplexage fréquentiel optique qui permet de transmettre plusieurs signaux de longueur d'ondes différentes sur une seule fibre optique.

Lors de vitesses de transmission particulièrement élevées, il est question de **DWDM** (**D**ense **W**DM). Vitesses et transmission > 1 téraabit/s.



## Caractéristiques de FTTH Inhouse

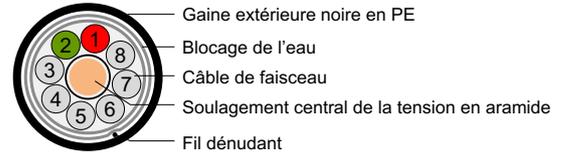
### Câble d'introduction dans le bâtiment

Le câble d'introduction dans le bâtiment (câble de raccordement) mène de l'opérateur réseau câblé (POP, point of presence) via l'armoire réseaux (manhole) au BEP (building entry point). Par appartement / entreprise, 4 fibres plus 4 fibres sont dimensionnées par bâtiment.



Socket Label Flat ID  
 Qui fait le marquage du câble de raccordement à l'entrée du bâtiment ?

### Le partenaire construction de réseau du câble de raccordement



FH 2



Câble de raccordement, HAK

Numéros et couleurs des câbles de faisceau

Faisceau n°	Couleur
1	rouge
2	vert
3	transparent ou blanc
4	transparent ou blanc, etc.

Les fibres de renfort et les autres éléments sont noirs  
 Flat ID = numérotation des appartements

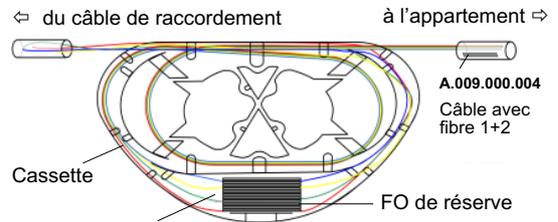
### BEP

Le BEP est le point de transfert optique entre le câble d'introduction dans le bâtiment et le câblage du bâtiment (Inhouse). Il est situé dans un caisson de raccordement et se compose d'épissures.

### Cassette d'épissure

Numéros et couleurs des fibres

Fibre n°	Couleur	Fibre n°	Couleur
1	rouge	7	orange
2	vert	8	noir
3	jaune	9	gris
4	bleu	10	marron
5	blanc	11	rose
6	violet	12	turquoise, etc.



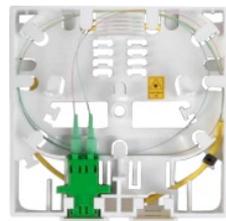
Qui fait le marquage des cassettes d'épissure avec le Socket Label et la Flat ID correspondants ?

Exigence : épissures par fusion avec protection d'épissure thermorétractable 45 mm, atténuation ≤ 0,1 dB par épissure.

### L'installateur Inhouse

### Boîte de raccordement optique (OTO)

Le connecteur optique (OTO) est installé à proximité des appareils (routeur, TV). Swisscom répartit les fibres de manière à ce que les mêmes règles soient appliquées à la répartition des fibres dans toute la Suisse.



Fibre n°	Couleur	Exemple : Cas 1 « autonome »	Exemple : Cas 2 « Coopération FTTH »	Exemple : Cas 3 « deux opératrices réseau »
1	rouge	Swisscom	Partenaire de coopération Swisscom	Opératrice réseau « A »
2	vert	Swisscom		
3	jaune	Réserve	Réserve à 1	Opératrice réseau « B »
4	bleu	Réserve	Réserve à 2	Opératrice réseau « B »



La prise OTO doit être étiquetée avec le Socket Label pour une identification précise.

Fabricant génération label avec coopération

Quelle police / taille / couleur doit être utilisée ?  
 Arial, 12 pt, noir, les logos sont colorés.

Connexion des fibres : Fusion avec protection d'épissure thermorétractable 25 mm, atténuation ≤ 0,1 dB par épissure.



Pigtail : connecteur d'épissure par fusion F-3000 LC / APC

### Mesure OTDR

Avec le processus de rétrodiffusion (OTDR : Optical Time Division Reflectometer) les installations du central jusqu'à l'appartement sont contrôlées. Reliez les points d'une mesure OTDR.

Principe de fonctionnement

