

Les bases de la fibre optique

Les bases de la fibre optique

La fibre c'est quoi ?

Comment fonctionne la fibre optique ?

Les types de fibres optiques

Comment fabrique-t-on les fibres optiques ?

Les câbles à fibres optiques

Les normes appliquées aux fibres optiques

Les moyens de raccordement des fibres optiques

- La connectique optique démontable

- La connectique optique provisoire

- La soudure par fusion des fibres

Les règles de l'art de la mise en œuvre des fibres optiques

Les bases de la fibre optique

La fibre c'est quoi ?



Les bases de la fibre optique

La lumière

Ensemble de rayonnements émis présentant des caractéristiques d'une infinité de longueurs d'ondes continument variables.

Notre œil ne perçoit qu'une toute petite partie du spectre électromagnétique qui nous entoure:
le **spectre visible**.

$$f \text{ (Hz)} = c/\lambda$$

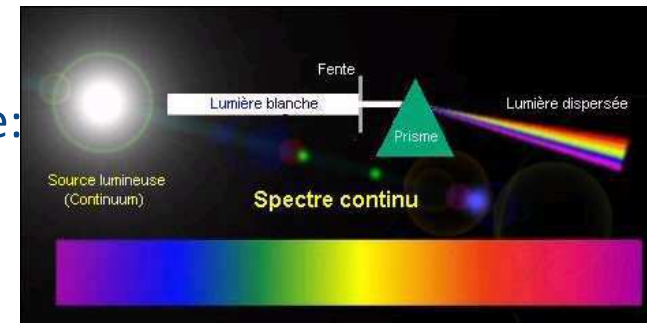
$$\lambda \text{ (m)} = c.T = c/f$$

c : vitesse de la lumière dans le vide sidéral = 300000 km/s soit 3 108 km/s

f : fréquence de l'onde électromagnétique (en Hertz)

T : période de l'onde électromagnétique (en secondes)

λ : longueur d'onde du rayonnement électromagnétique (en nanomètre 10-9 m)



Les bases de la fibre optique

La lumière ultraviolette, visible et infrarouge

Radiométrie

Permet d'exprimer l'énergie d'un rayonnement indépendamment de notre perception oculaire.

Infrarouge

750 nm

700 nm

650 nm

600 nm

550 nm

500 nm

450 nm

400 nm

ultraviolet

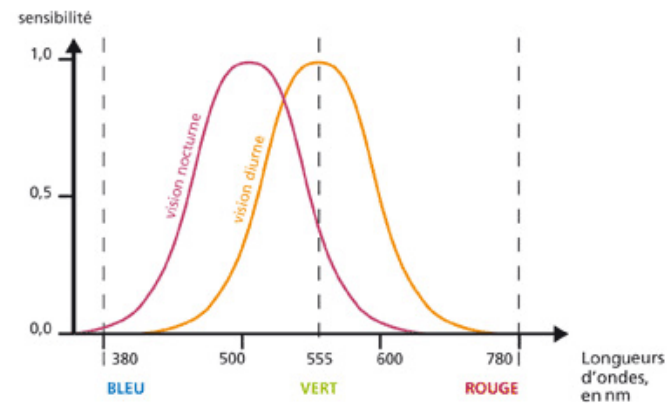


Photométrie

Permet d'exprimer l'énergie d'un rayonnement telle que la perçoit notre œil, qui n'est sensible qu'à une petite partie du spectre.

Vision nocturne

Vision diurne



Les bases de la fibre optique

Comment fonctionne la fibre optique ?

La loi de Snell – Descartes

$$n_1 \sin i_1 = n_2 \sin i_2$$

La lumière passe d'un **milieu 1** (par exemple de l'air) vers un **milieu 2** (par exemple de l'eau). La lumière se propage à des vitesses différentes en fonction du milieu dans lequel elle se trouve.

La vitesse maximale de la lumière est maximale dans le vide sidéral

La vitesse « **v** » est plus faible dans l'air et encore plus faible dans l'eau.

On définit **l'indice de réfraction d'un milieu** : $n = c / v$

Milieu	Vitesse dans le milieu	Indice de réfraction
Vide sidéral	300000 km/s	1
atmosphère	299000 km/s	1,001
eau	225000 km/s	1.33
Verre de silice pure	200000 km/s	1.50

Les bases de la fibre optique

Comment fonctionne la fibre optique ?

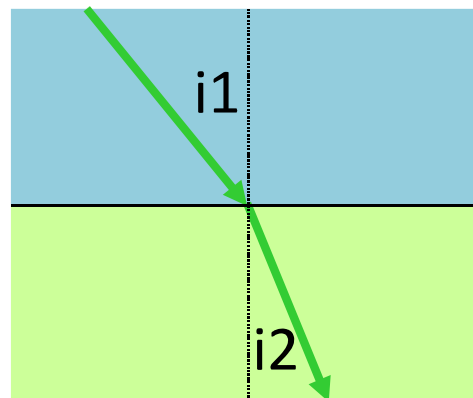
La loi de Snell – Descartes

$$n_1 \sin i_1 = n_2 \sin i_2$$

La lumière traverse ou est réfléchi par l'interface entre les deux milieux en fonction de son angle d'incidence

angle d'incidence i_1

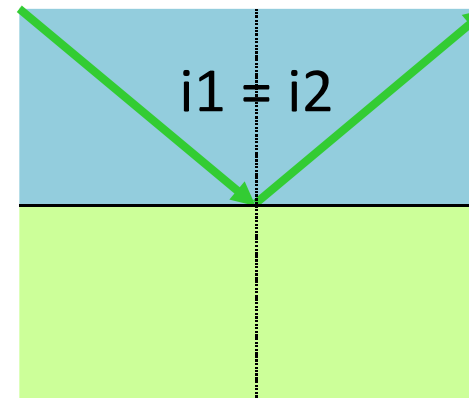
angle d'incidence i_1 angle réfracté i_2



Milieu d'indice n_1

Milieu d'indice $n_2 > n_1$

i_2



Les bases de la fibre optique

Comment fonctionne la fibre optique ?

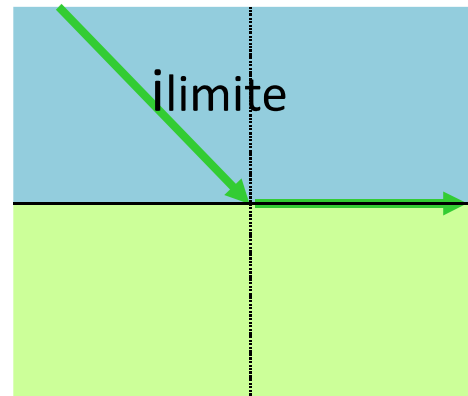
La loi de Snell – Descartes

$$n_1 \sin i_1 = n_2 \sin i_2$$

**La lumière est réfléchiée par l'interface entre les deux milieux dès que
l'angle d'incidence limite est atteint**

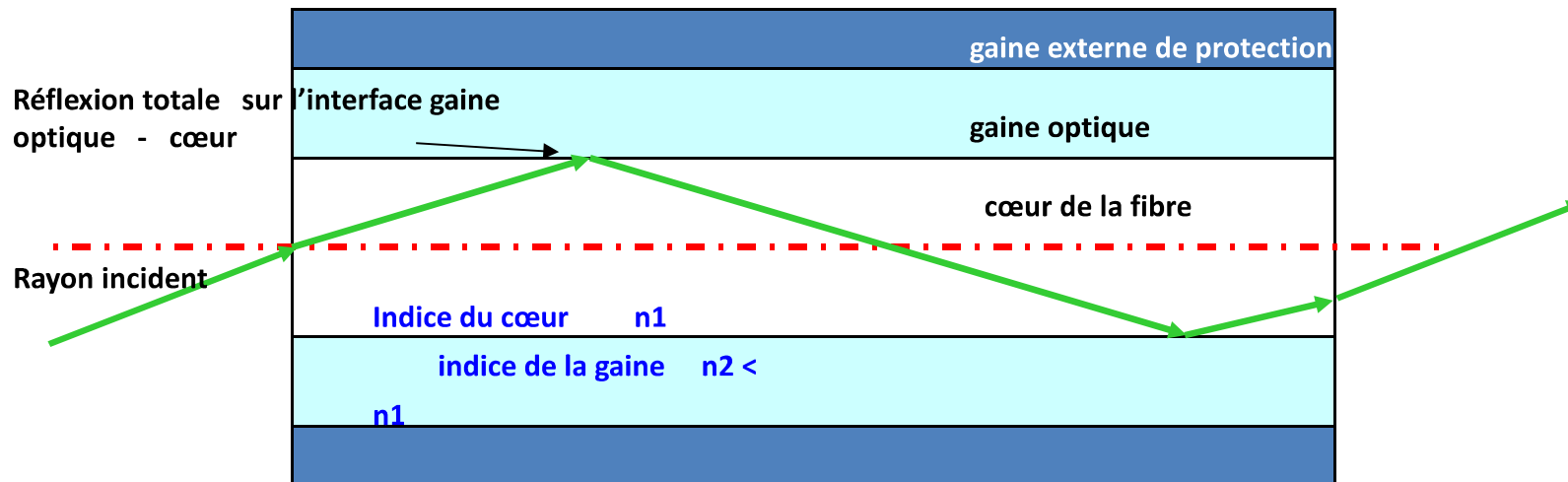
angle d'incidence **limite**

limite



Les bases de la fibre optique

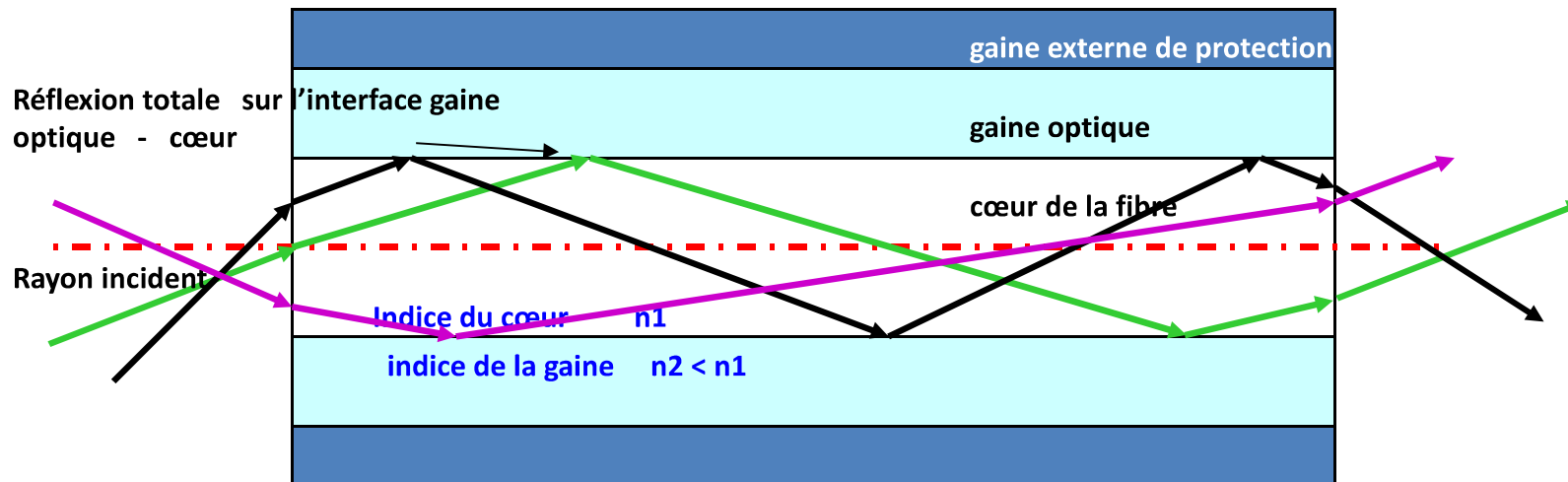
Comment fonctionne la fibre optique ?



Le rayon lumineux se réfléchit successivement sur les interfaces gaine optique – cœur de fibre qu'il rencontre sur son passage jusqu'à la prochaine discontinuité rencontrée (fin de fibre par exemple).

Les bases de la fibre optique

Comment fonctionne la fibre optique ?



Dans une **fibre multimode**, le rayon lumineux se propage en prenant différents chemins optiques correspondants à des Modes de propagation privilégiés.

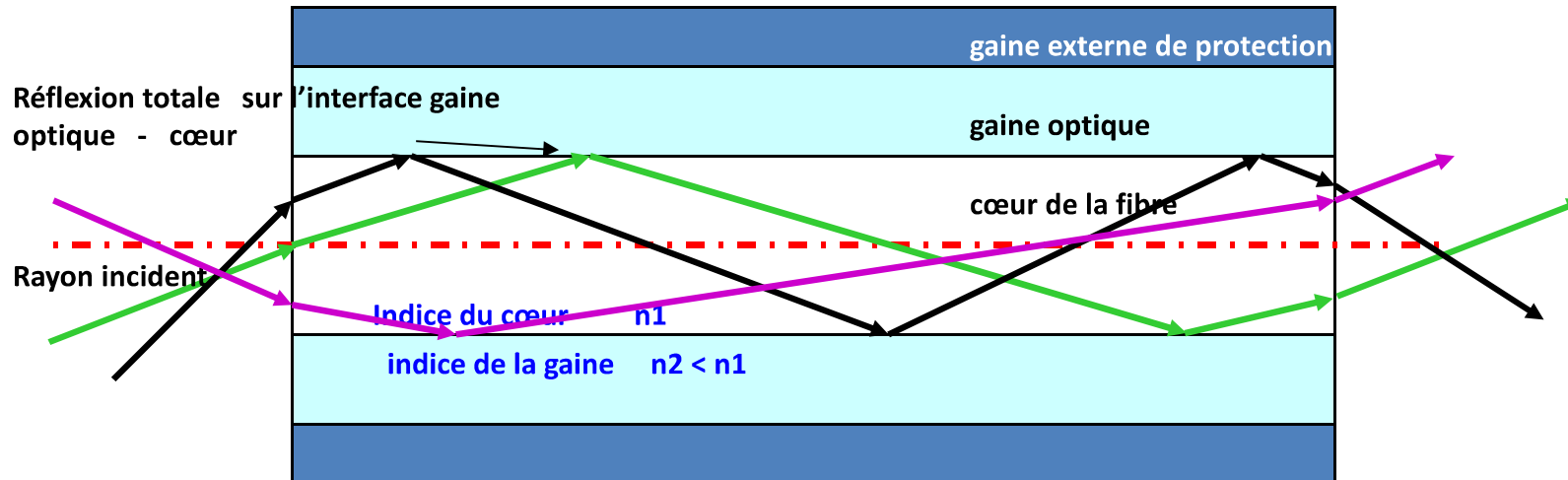
Le **mode le plus direct**, qui suit précisément l'axe optique de la fibre est appelé le **mode fondamental**.

La totalité de l'énergie du signal lumineux incident est **PARTAGÉE** entre tous les modes.

Les bases de la fibre optique

Les types de fibres optiques:

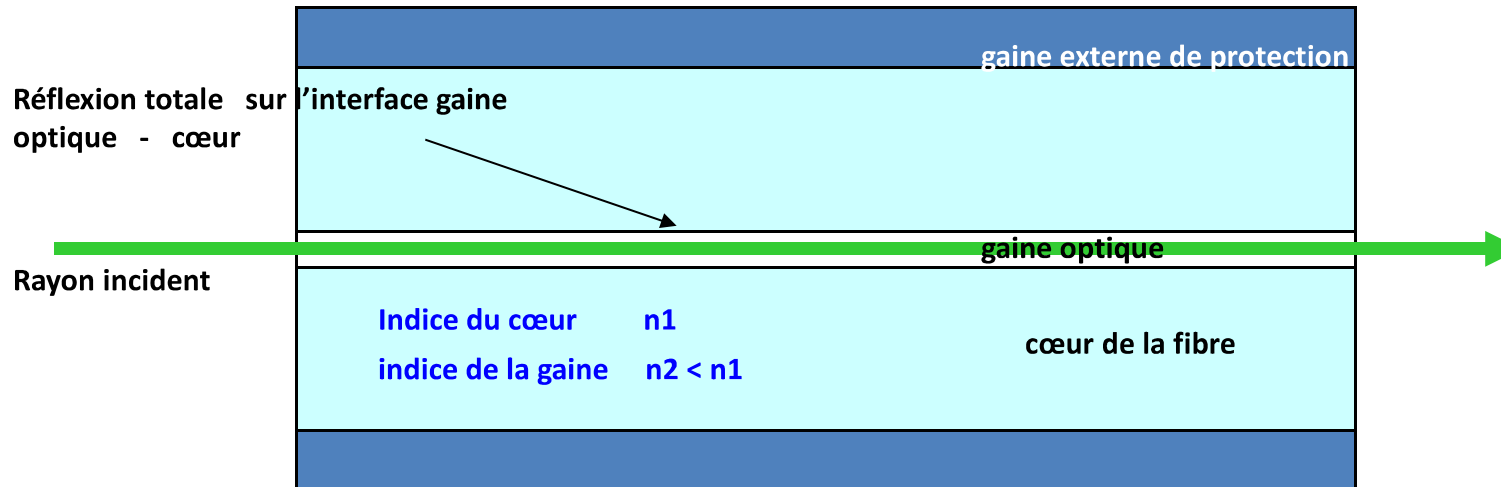
Plusieurs modes de propagation : fibre **multimode** (MM)



Les bases de la fibre optique

Les types de fibres optiques

Un seul mode de propagation : fibre **monomode** (SM)



Dans une **fibre monomode**, le rayon lumineux se propage en un seul mode privilégié : le **mode le plus direct**, qui suit précisément l'axe optique de la fibre et qui est appelé le **mode fondamental**.

La totalité de l'énergie du signal lumineux incident est **intégrée dans ce mode unique**.

Les bases de la fibre optique

Les types de fibres optiques: les fibres télécom **Silice – Silice**

La référence des fibres monomodes est la fibre **CORNING SMF28**

Diamètre de la fibre

externe **125 μm**

du cœur **9 μm**

Diamètre de la gaine

mécanique externe

250 μm - 900 μm



Les types de fibres optiques selon l'IUT-T

- G 651** fibre multimode standard
- G 652** fibre monomode standard (G 652D dernière génération)
- G 655** fibre monomode spéciale réseau D-WDM
- G 656** fibre monomode spéciale FTTH
- G 657** fibre monomode spéciale FTTH nouvelle génération

Les bases de la fibre optique

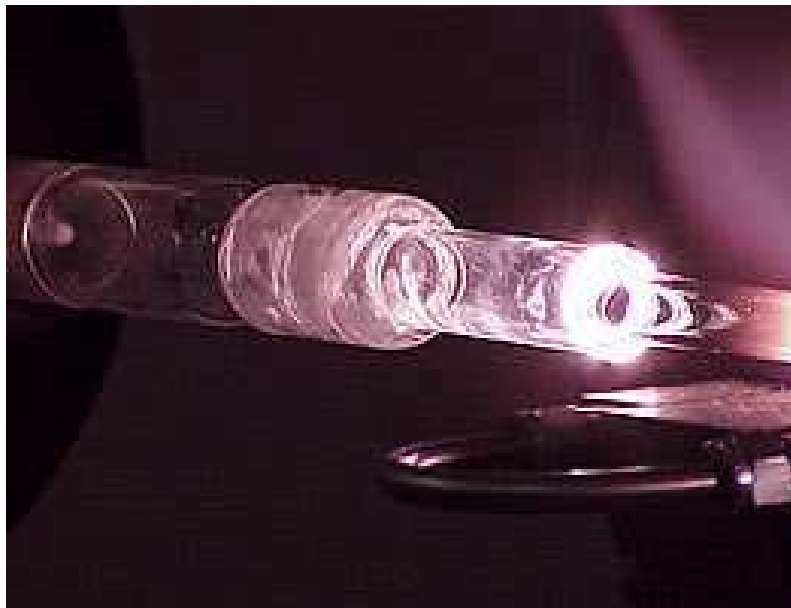
Comment fabrique-t-on les fibres optiques ?

Trois grandes étapes:

- conception et fabrication d'une préforme

- le rétreint

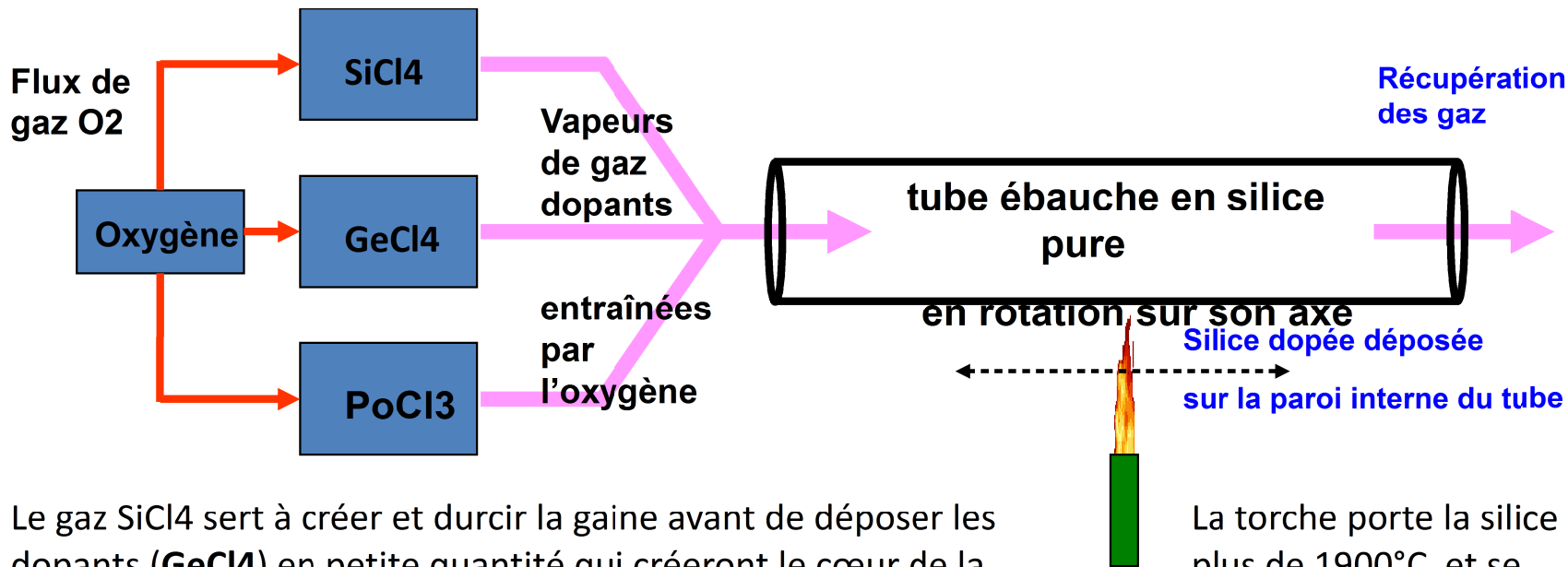
- la phase de fibrage à partir de la préforme



Les bases de la fibre optique

Comment fabrique-t-on les fibres optiques ?

Première étape: le réalisation d'une préforme



Le gaz SiCl₄ sert à créer et durcir la gaine avant de déposer les dopants (**GeCl₄**) en petite quantité qui créeront le cœur de la fibre en changeant localement l'indice de réfraction du tube. Jusqu'à 70 couches seront déposées pour créer la préforme.

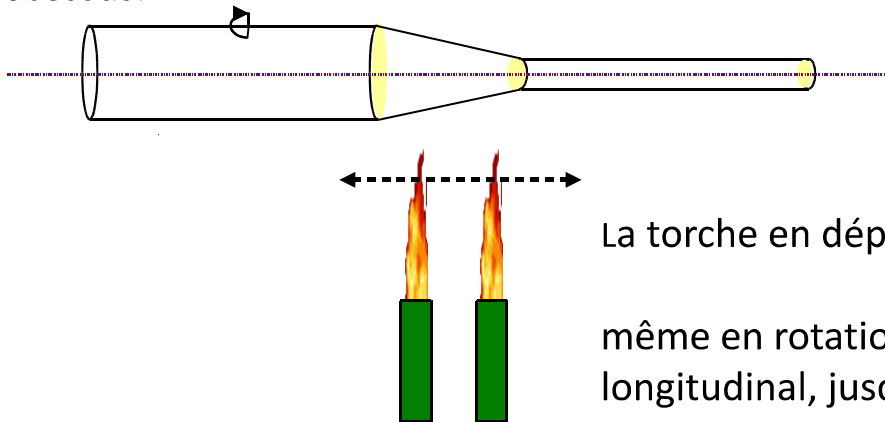
La torche porte la silice à plus de 1900°C et se déplace horizontalement le long du tube, lui-même en rotation sur son axe.

Comment fabrique-t-on les fibres optiques ?

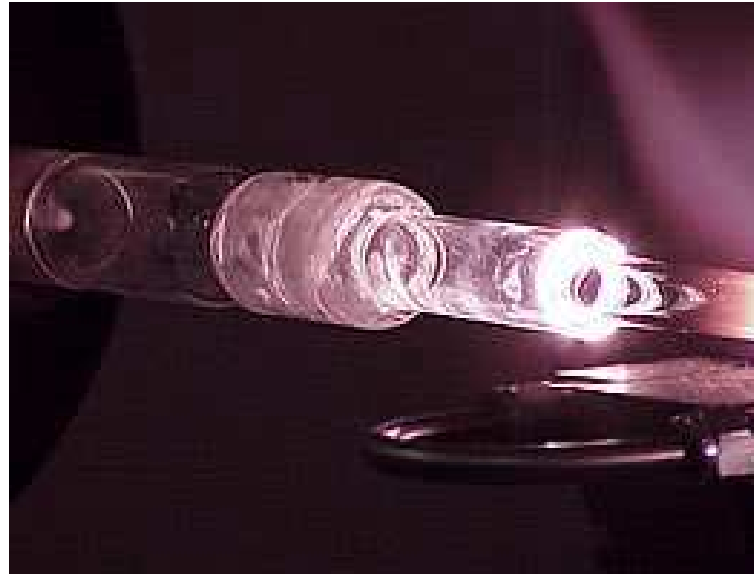
Deuxième étape: le **rétreint** de la préforme

Le chauffage contrôlé permet de rétreindre le tube sur lui-même jusqu'à ne plus avoir de lumière et former un barreau.

Les molécules dopantes se sont déposées en phase vapeur dans le tube en de très nombreuses couches successives concentriques comprimées sur l'axe de la préforme en fin de processus.



La torche en déplacement chauffe le tube ébauche, lui-même en rotation sur son axe longitudinal, jusqu'à obturation totale de sa lumière par le retreint du verre.



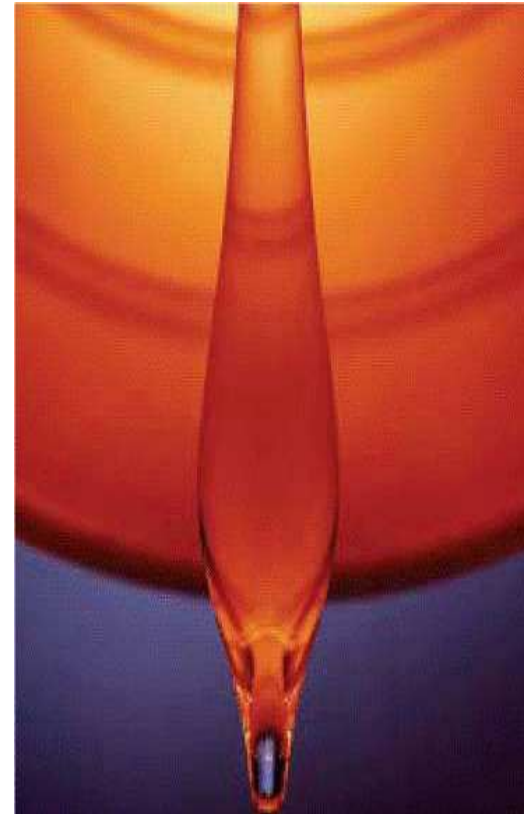
Comment fabrique-t-on les fibres optiques ?

Troisième étape: le **fibrage** ou étirage de la préforme

La préforme est chauffée en haut de la tour de fibrage jusqu'à ce que se détache une « goutte » de verre qui entraînera par gravité, dans sa chute, la formation de la fibre par étirage contrôlé.

Pendant sa chute, le diamètre de la fibre en cours d'étirage est contrôlé dynamiquement puis elle est enduite de son revêtement primaire et secondaire.

La fibre est alors enroulée sur un touret tout en asservissant sa vitesse d'enroulement pour garantir une régularité dimensionnelle.



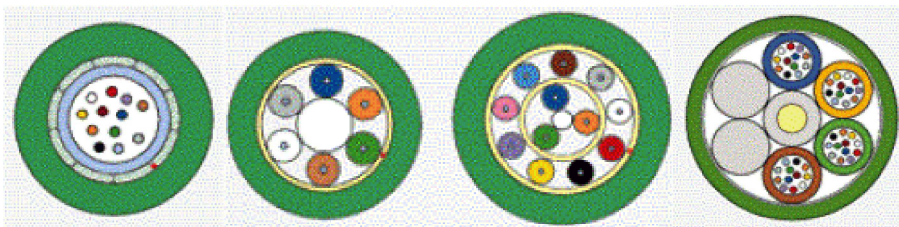
Les bases de la fibre optique

Les câbles à fibres optiques

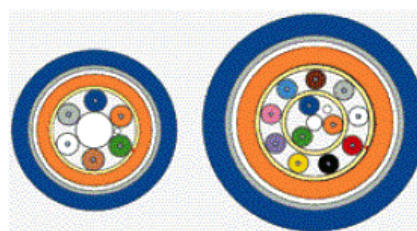
Câbles à jarretière



Câbles d'intérieur



Câbles d'extérieur



Les structures des câbles à fibres optiques:

Structure libre

Structure serrée

Structure semi-serrée

Structure à micro gaine

Structure ruban

Les bases de la fibre optique

Les câbles à fibres optiques

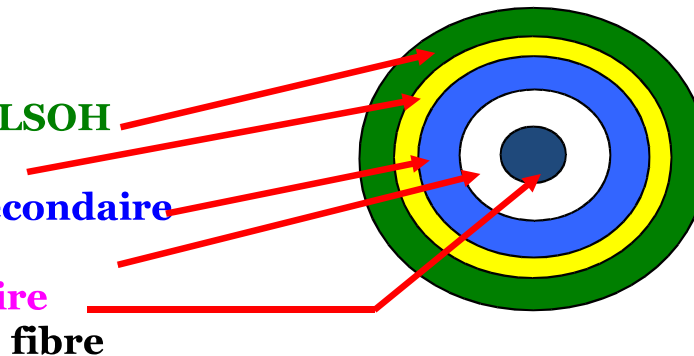
Structure libre:

1. La fibre coulisse librement dans la gaine ou le souplisseau



Structure serrée:

1. La fibre ne peut pas coulisser librement dans sa gaine.



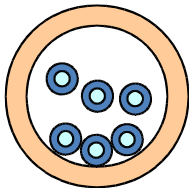
2. Les câbles doivent être montés avec des épanouisseurs pour conserver la liberté de mouvement à la fibre.
2. Les fibres peuvent être utilisées directement sans nécessité d'utiliser un épanouisseur particulier.

Les câbles à fibres optiques à **Structure libre**

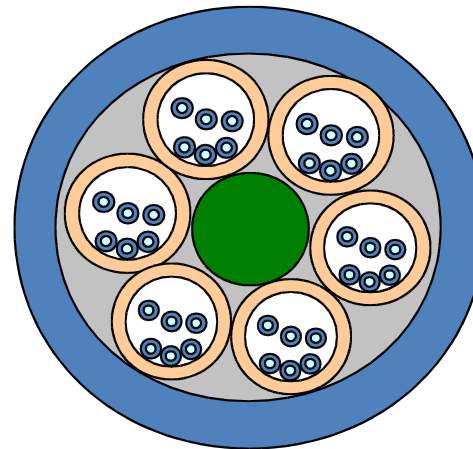
Les fibres sont placées dans un tube souple ou semi-rigide rempli de gel de diamètre sensiblement plus grand afin d'y en placer plusieurs.

Le tube de diamètre important par rapport aux $250\mu\text{m}$ du diamètre de la fibre laisse une liberté de déplacement longitudinale et latéral à la fibre.

Les fibres présentent une sur-longueur par rapport à la longueur du tube de l'ordre de 0,05 à 0,1%.



**Fibres optiques libres
dans un tube**

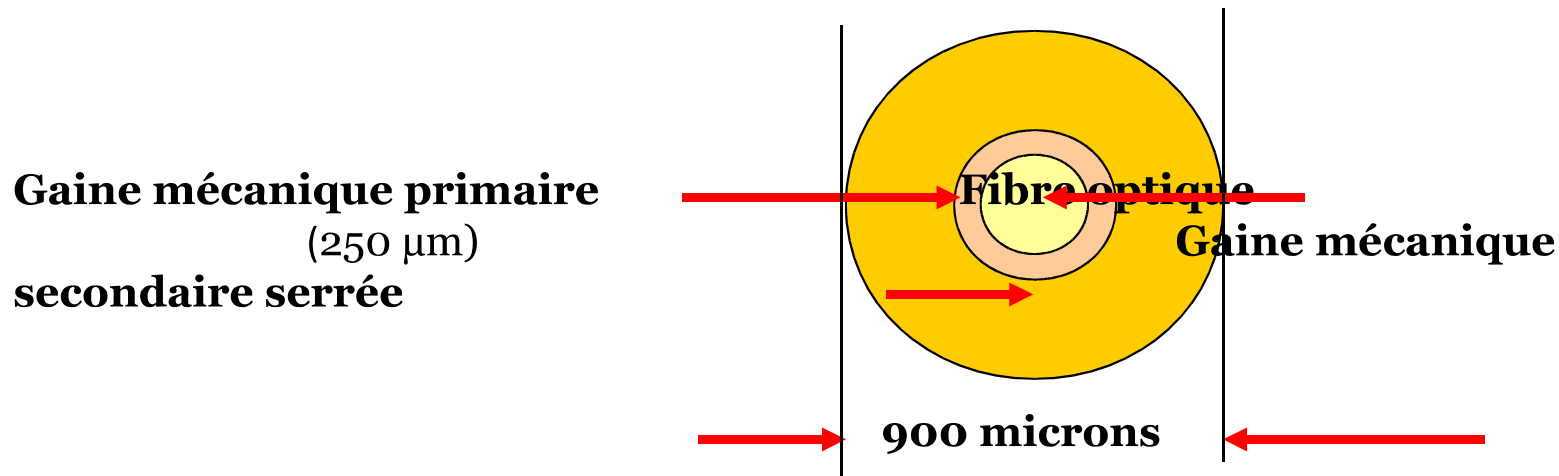


Les câbles à fibres optiques à **Structure serrée**

La fibre est gainée directement avec un matériau thermoplastique jusqu'à obtenir un diamètre externe de 900 μm au lieu des 250 μm de la fibre nue.

Cette gaine qui peut être colorée servira de protection mécanique et de protection contre l'humidité.

Le montage d'un connecteur optique peut être fait directement sur la gaine externe.



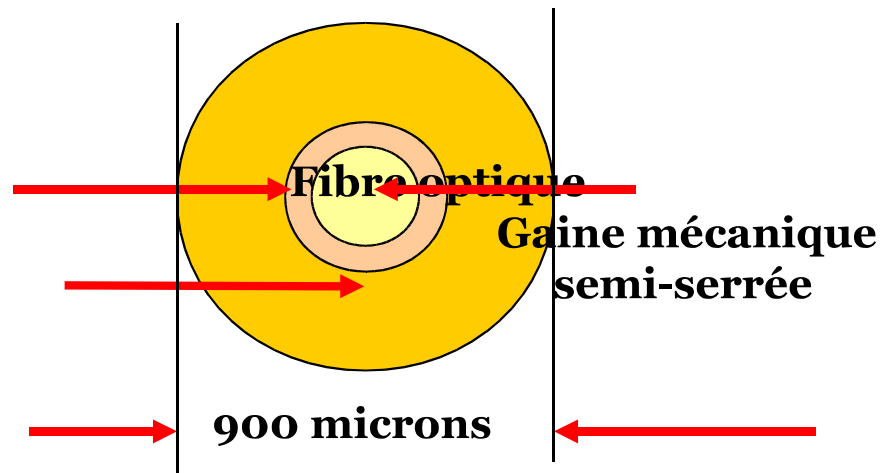
Les câbles à fibres optiques à **Structure semi-serrée**

La fibre est gainée directement avec un matériau thermoplastique jusqu'à obtenir un diamètre externe de 900 μm au lieu des 250 μm de la fibre nue.

Cette gaine qui peut être colorée servira de protection mécanique et de protection contre l'humidité.

La force d'accrochage moindre de la gaine mécanique permet un dénudage plus facile de la fibre.

Gaine mécanique primaire
(250 μm)
secondaire



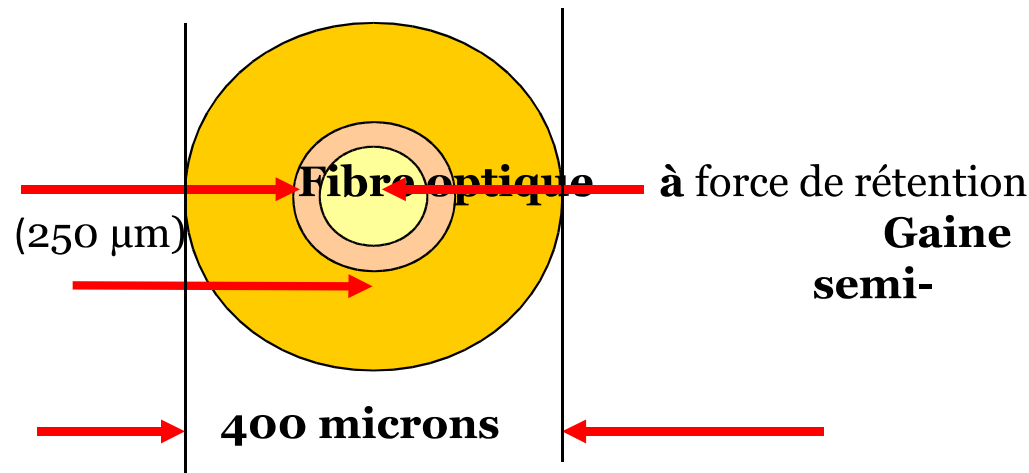
Les câbles à fibres optiques à **Structure à micro gaine**

La fibre est gainée directement avec un matériau thermoplastique jusqu'à obtenir un diamètre externe de 400 μm au lieu des 250 μm de la fibre nue.

Cette gaine qui peut être colorée servira de protection mécanique et de protection contre l'humidité.

La force d'accrochage moindre de la gaine mécanique permet un dénudage plus facile de la fibre.

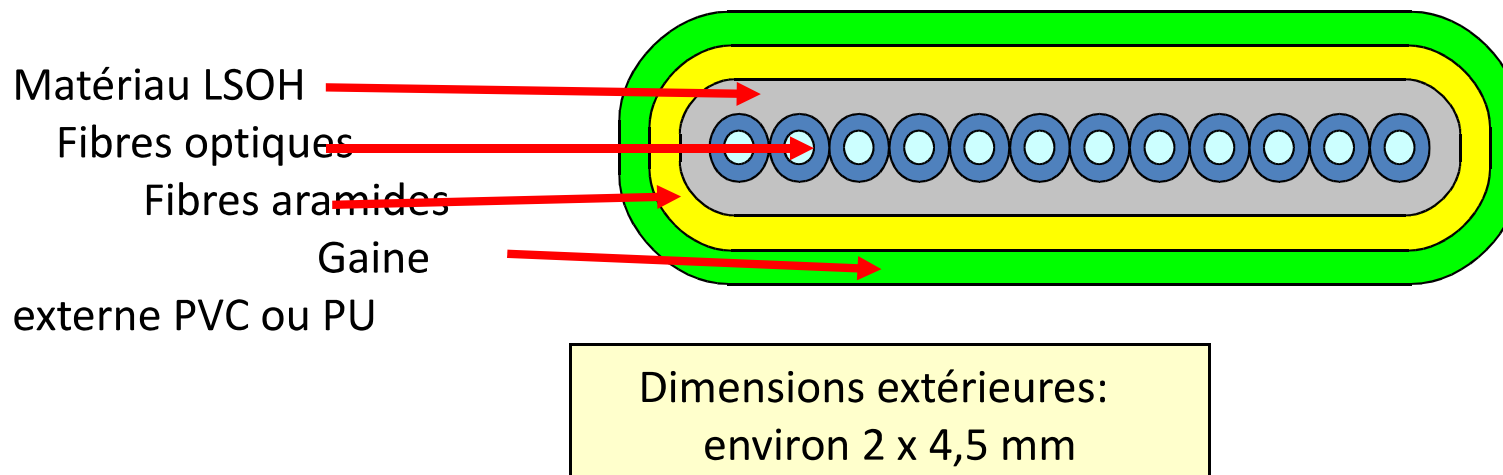
Gaine mécanique primaire
faible
mécanique secondaire
serrée



Les câbles à fibres optiques à **Structure ruban**

Afin de gagner en volume et en nombre de fibres véhiculées, celles-ci sont assemblées en un ruban à l'aide un matériau thermoplastique.

Des fibres aramides assurent la protection mécanique de l'ensemble avant d'y ajouter une gaine mécanique externe.



Les bases de la fibre optique

Les protections des câbles à fibres optiques

Les éléments de traction

La protection anti-humidité

La protection anti rongeur

Les bases de la fibre optique

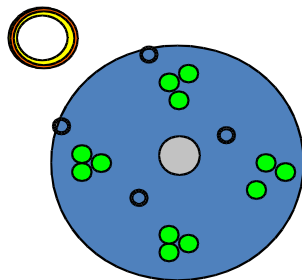
Les protections contre les effets néfastes de la traction des câbles à fibres optiques:

la protection la plus courante est le porteur central

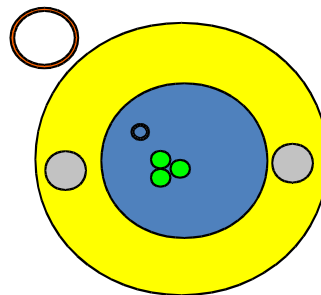
la protection la plus courante dans les câbles prévue pour le câblage des colonnes montante est la mise en place de 2 porteurs diamétralement opposés dans la gaine externe du câble

pour les câblages en aérien un porteur externe (structure en « 8 ») est ajouté lors de la réalisation du câble

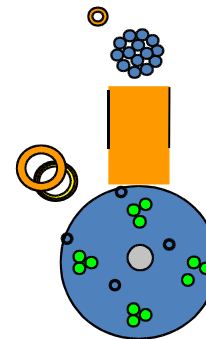
Porteur central



Porteurs latéraux



Structure en « 8 »



Les bases de la fibre optique

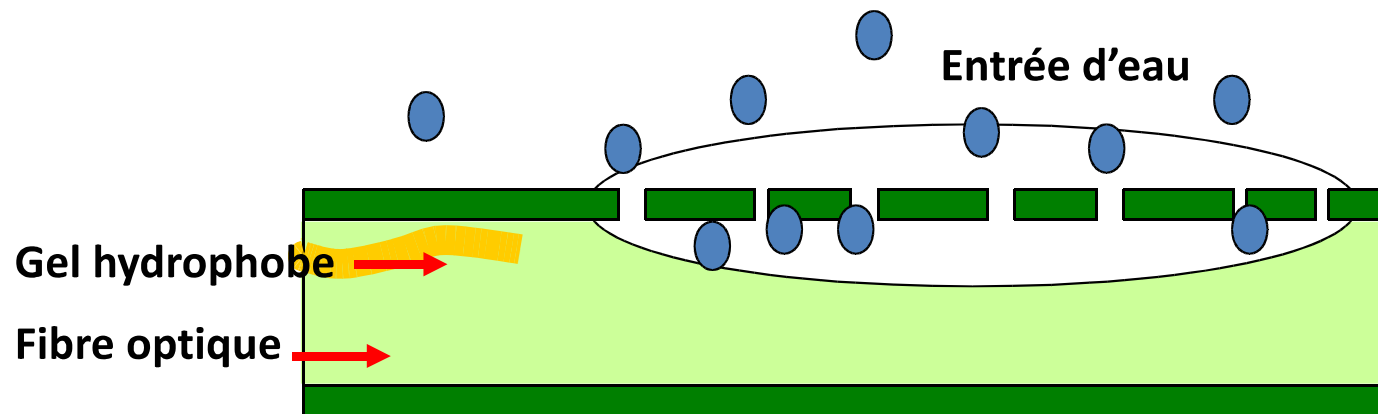
Les protections anti-humidité des câbles à fibres optiques

Protection la plus courante des câbles:

le remplissage des tubes contenant les fibres par gel hydrophobe

Le gel hydrophobe empêche la propagation de la pénétration de l'eau dans le câble et la détérioration des performances des fibres optiques.

Il ne remplace en rien la remise en état du câble endommagé et présentant une voie d'eau (encore plus risqué en cas d'écoulement dans un bâtiment).



Les protections anti-rongeurs des câbles à fibres optiques

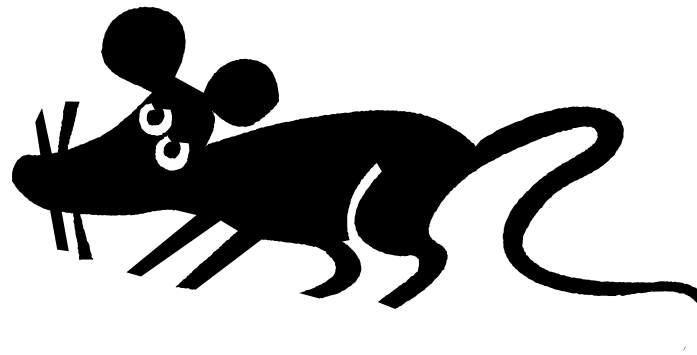
La protection la plus courante des câbles: **l'armature externe**

armatures anti-rongeurs

tube de parois épais

faisceau de fibre de verre

tresse de brins d'acier



armatures diélectriques

faisceau de brins aramides

faisceau de brins de fibre de verre

couronne de fibres aramides

couronne de fibre de verre

L 'environnement normatif

L'environnement normatif

Les normes concernant les fibres optiques

Trois Systèmes de normalisation

L'Union Internationale des Télécommunications

G65x

Le Comité Electro-technique International

CEI 60 793-2



L'Organisation Internationale de Normalisation

ISO 11801 Ed. 2



L'environnement normatif

Les recommandations de l'IEC



CEI 60 793-2
Classification par performances opérationnelles

Les recommandations de l'ISO



ISO 11801 Ed. 2

Classification par performances opérationnelles

Type de fibre	OM1	OM2	OM3	OM4	OS1
Diamètre de cœur (μm)	50 ou 62,5	50 ou 62,5	50	50	
Bande passante modale minimum @850nm (MHz*km)	200	500	1500	3500	
Bande passante modale minimum @1300nm (MHz*km)	500	500	500		
Bande passante effective minimum @850nm (MHz*km)	Non spécifié	Non spécifié	2000	3500	

Les recommandations de l'ITU-T



G 650	définition des paramètres des fibres SM et méthodes de tests associées.
G 651	caractéristiques d'un câble à fibre MM à gradient d'indice de type 50/125 .
G 652	caractéristiques d'un câble à fibre SM.
G 653	caractéristiques d'un câble à fibre SM à dispersion décalée.
G 654	caractéristiques d'un câble à fibre SM longueur d'onde de coupure décalée.
G 655	caractéristiques d'un câble à fibre SM à dispersion décalée non nulle.
G 656	caractéristiques d'un câble à fibre SM à dispersion non nulle pour une utilisation dans les réseaux large bande .
G 657	caractéristiques d'un câble à fibre SM à dispersion non nulle pour une utilisation dans les réseaux FTTH présentant une susceptibilité moindre aux macro et micro-courbures.

Les moyens de raccordement

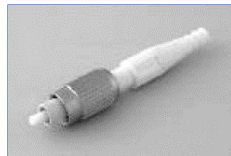
Les moyens de raccordement

Les moyens de raccordement des fibres optiques

La connectique optique démontable

Sont disponibles des fiches et des raccords associés compatibles avec les fibres MM et SM.

à visser FC



à bayonnette



à encliqueter



à encliqueter



Les moyens de raccordement des fibres optiques

La connectique optique provisoire

L'épissure optique rapide



Les moyens de raccordement

Les moyens de raccordement des fibres optiques

La soudure par fusion des fibres

