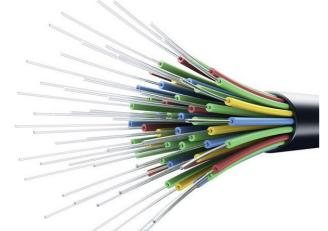
# DIOPTRE PLAN

**ASSOCIATIONS** 

FIBRE OPTIQUE

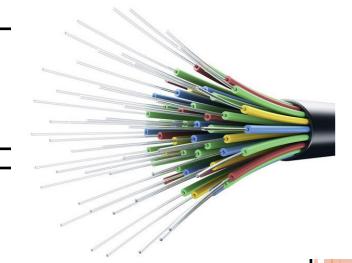
# FIBRE OPTIQUE STRUCTURE



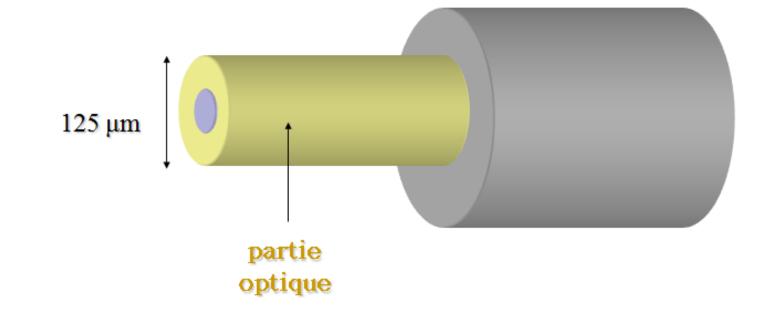
° Fibre nue → Composée de deux parme concentriques distinctes



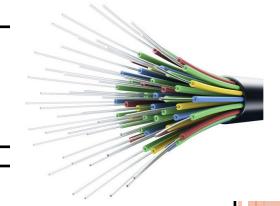
## FIBRE OPTIQUE STRUCTURE



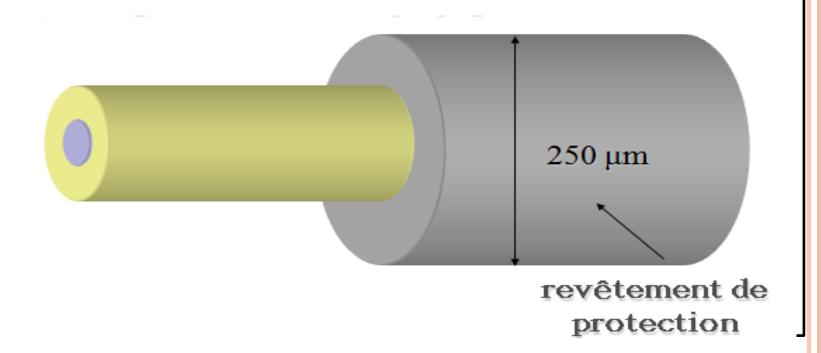
O Une partie optique qui canalise et propage la lumière



# FIBRE OPTIQUE STRUCTURE



• Une couche de protection mécanique appelée revêtement primaire (coating) sans fonction de propagation

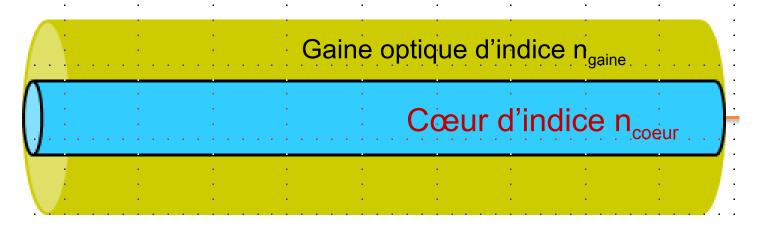


#### FIBRE OPTIQUE STRUCTURE / COUPE LONGITUDINALE DE LA PARTIE OPTIQUE

Cœur d'indice n<sub>coeur</sub>

- Cœur optique (**Core**) → Composé de silice dans lequel se propagent les ondes optiques.
- Gaine optique (Cladding) → Composée en général du même matériau que le cœur mais dopée différemment.
- Elle <u>confine</u> les ondes optiques dans le cœur.

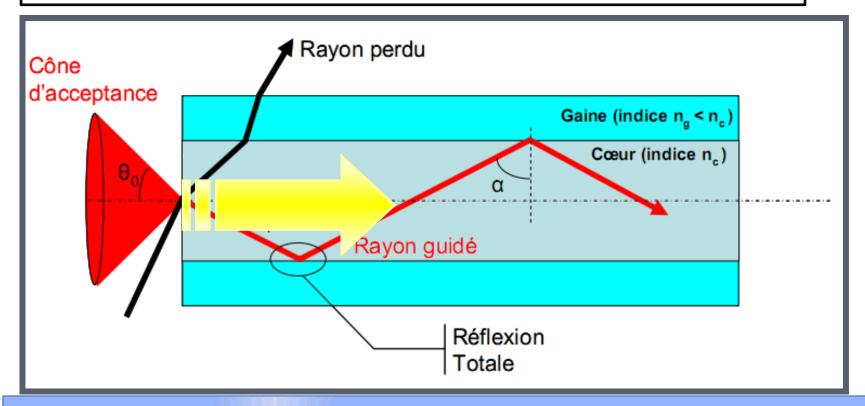
#### FIBRE OPTIQUE CARACTERISTIQUES FONDAMENTALES



Guide d'onde basé → Principe de réflexion totale & Progressive tout le long de la longueur

Différence d'indice des différentes couches de matériaux diélectriques homogènes la constituant permet le confinement de la lumière dans le guide

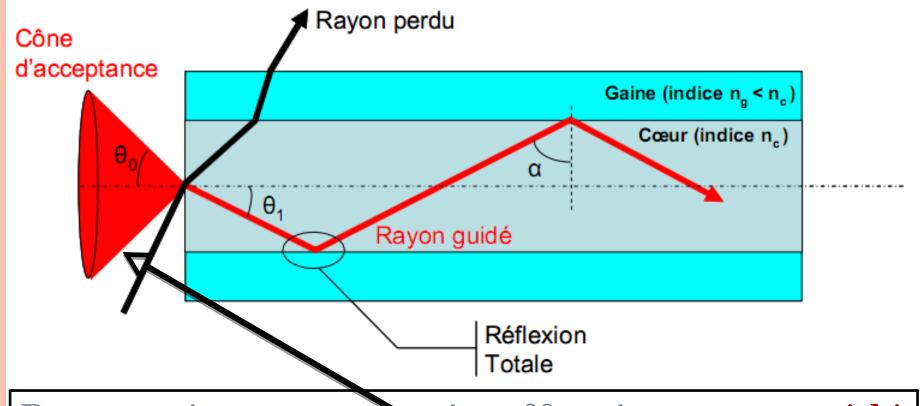
#### FIBRE OPTIQUE APPROCHE OPTIQUE GÉOMÉTRIQUE



Lumière <u>confinée dans le cœur</u> de la fibre et <u>guidée grâce à</u> <u>la gaine</u>, indice plus petit;

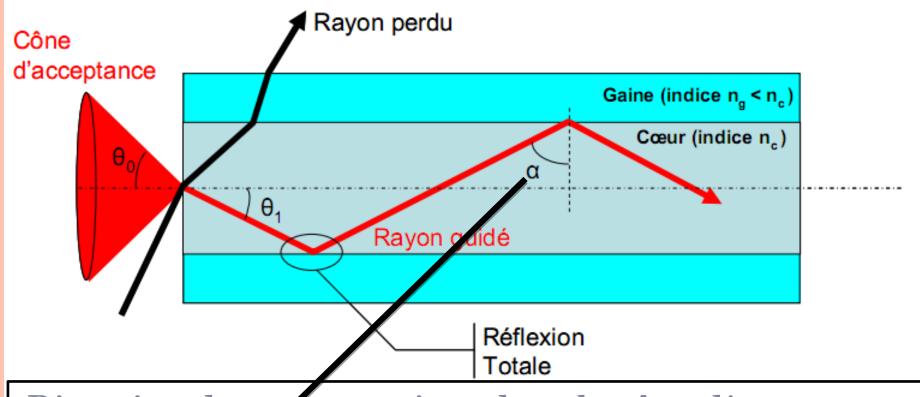
Indice cœur-gaine différents mais  $\Delta n$  faible  $\rightarrow$  **D**opage

#### FIBRE OPTIQUE CONDITION DE GUIDAGE DU RAYON DANS LA FIBRE



Pour qu'un rayon soit effectivement <u>guidé</u> dans le cœur de la fibre → Direction du rayon se situe dans le <u>cône d'acceptance</u>,

# FIBRE OPTIQUE CONDITION DE GUIDAGE DU RAYON DANS LA

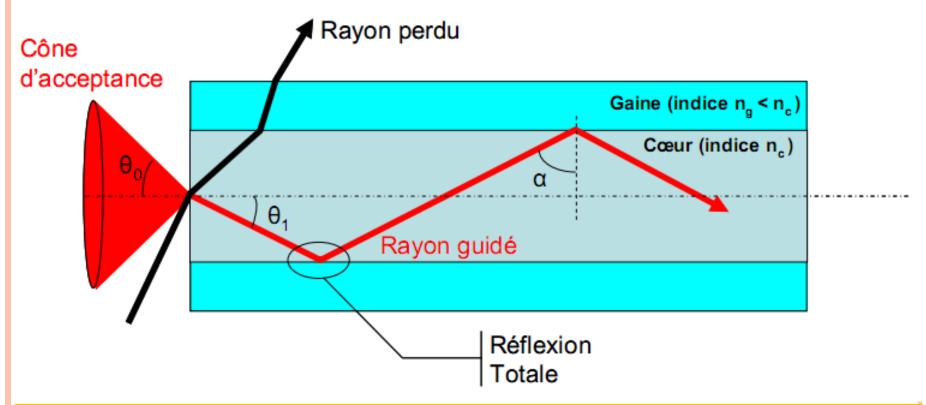


Direction du ration se situe dans le cône d'acceptance  $\rightarrow$  Contient tous les angles qui permettent d'obtenir un <u>angle  $\alpha$ </u> (interface cœur-gaine) qui permettent d'avoir une <u>réflexion totale</u>



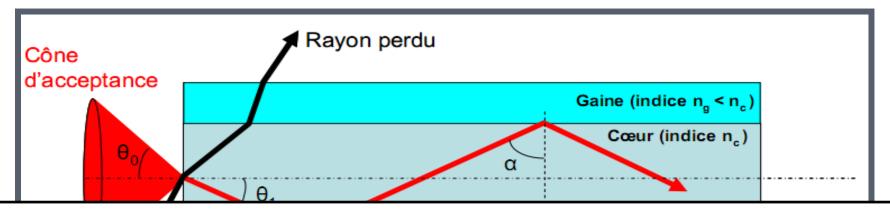
FIGURE 20.20 Total internal reflection in a light pipe.

# FIBRE OPTIQUE CONDITION DE GUIDAGE DU RAYON DANS LA



Un rayon guidé va subir automatiquement une réflexion totale à chaque fois qu'il va rencontrer l'interface cœur-gaine

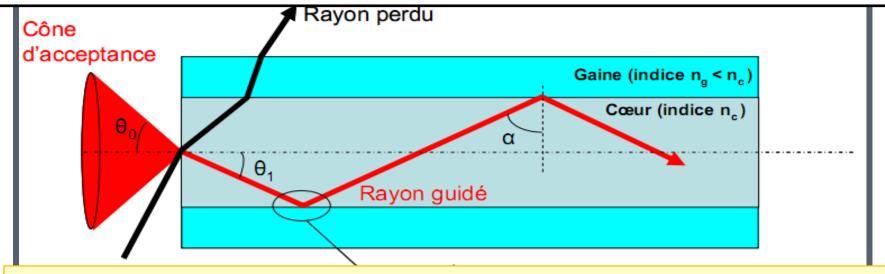
#### FIBRE OPTIQUE CONDITION DE GUIDAGE DU RAYON DANS LA FIBRE RÉSOLUTION OPTIQUE



#### • Méthode :

- Entrée de la fibre → C.Stigmatisme, rayons paraxiaux
- Équation (Snell-Descartes) → Entrée fibre pour éliminer toute réfraction → perte d'information
- Équation (Snell-Descartes) entre le cœur & la gaine
   permettant d'avoir une réflexion totale → condition limite

# Exploiter une fibre → Converger la lumière à l'entrée (cône d'acceptance) ➡ Faisabilité avec une source Laser ou Led

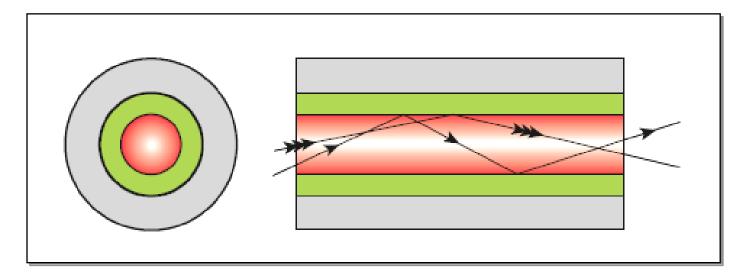


- Rayon hors du cône d'acceptance :
  - Subit une <u>réfraction</u> à l'entrée dans la fibre ensuite à l'interface des deux couches, il passera dans la gaine et sera perdu
  - Angle d'acceptance définie l'ouverture numérique de la fibre :

$$ON = \sin \theta_0 = \sqrt{n_c^2 - n_g^2} \cong \sqrt{2 n_g \Delta n}$$

## FIBRE OPTIQUE DIFFÉRENTS TYPES DE FIBRES

- Deux types de fibres → monomode & multimode
  - Fibre multimode



- fibre est « multimode» → lumière se propage suivant plusieurs « modes », autrement dit elle peut suivre plusieurs trajets à l'intérieur du cœur.
- Réservée aux transmissions courtes distances

#### FIBRE OP' DIFFÉRENT

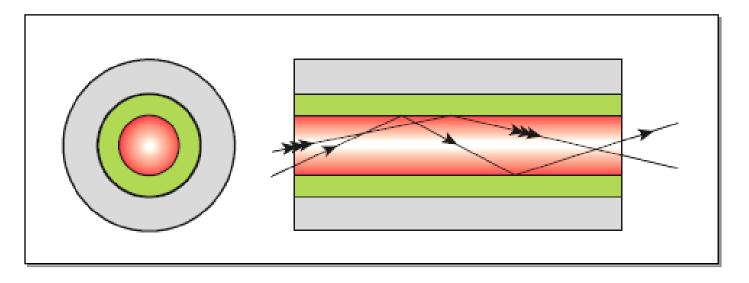
- O Deux types de fi
  - Fibre mu

#### La fibre multimode

## 50 / 125 ou 62,5 / 125

..... diamètre de la gaine en microns (µm)

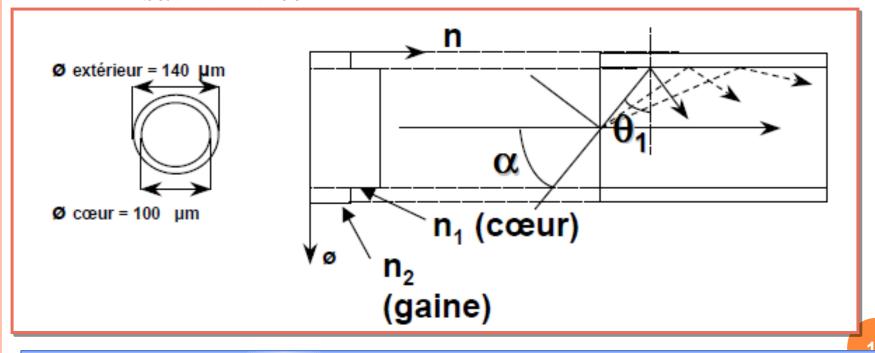
diamètre du coeur en microns (µm)



- fibre est « multimode» → lumière se propage suivant plusieurs « modes », autrement dit elle peut suivre plusieurs trajets à l'intérieur du cœur.
- Réservée aux transmissions courtes distances

#### FIBRE OPTIQUE DIFFÉRENTS TYPES DE FIBRES

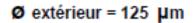
- Fibre multimode (MMF)  $\rightarrow$  à saut ou gradient (d'indice)
  - À saut d'indice

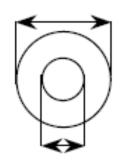


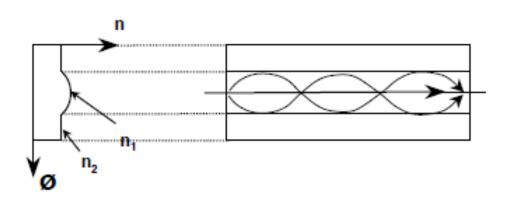
Indice de réfraction dans le cœur n<sub>1</sub> constant

#### FIBRE OPTIQUE DIFFÉRENTS TYPES DE FIBRES

- Fibre multimode (MMF)  $\rightarrow$  à saut ou gradient (d'indice)
  - À gradient d'indice







- Ø cœur = 50, 62.5 ou 85 µm
- 1. Indice du cœur diminue suivant une loi parabolique depuis l'axe jusqu'à l'interface cœur-gaine.
- 2. Diminution de l'indice fait que la lumière se propage plus vite, ce qui réduit la dispersion intermodale

#### FIBRE OPT DIFFÉRENT

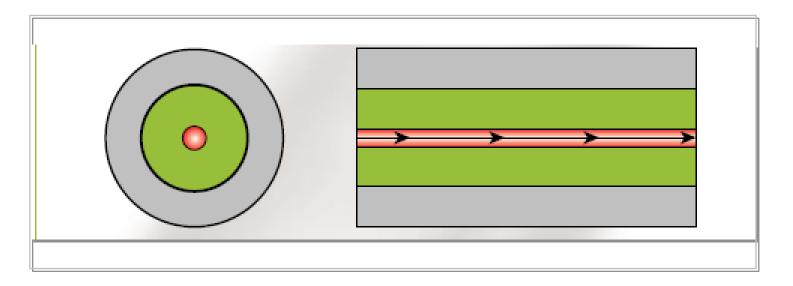
- O Deux types de fibr
  - Fibre mon

#### La fibre monomode

9 / 125

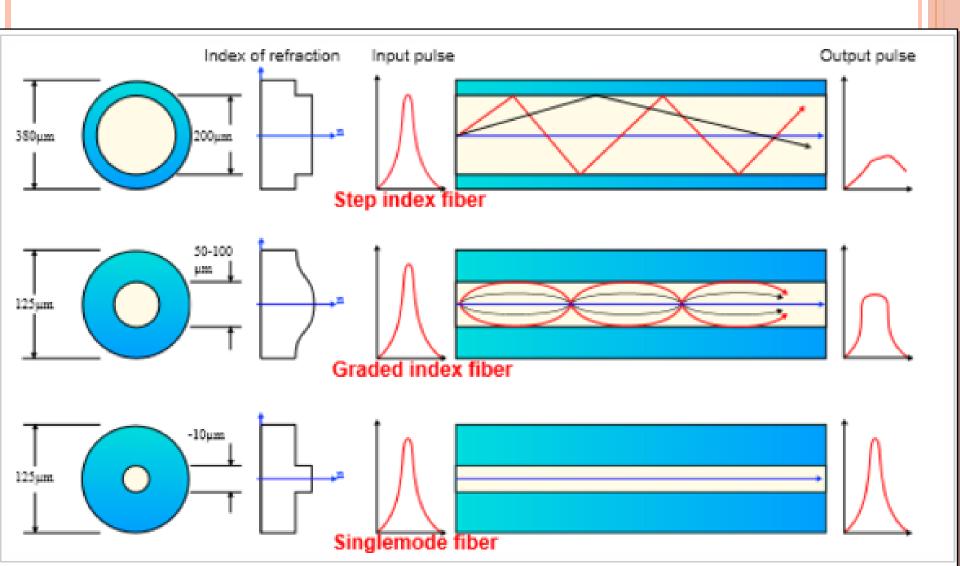
diamètre de la gaine en microns (µm)

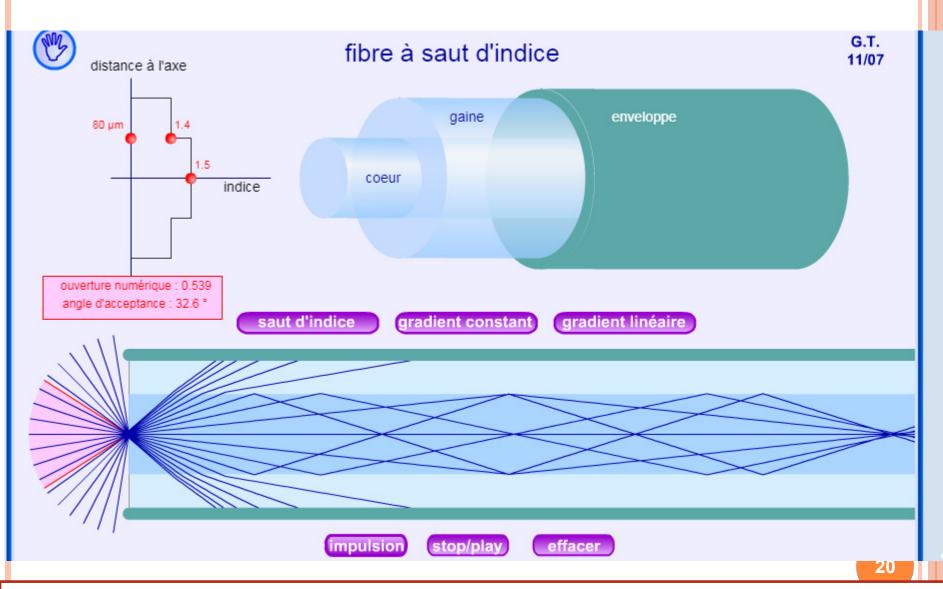
diamètre du coeur en microns (µm)



- fibre est « monomode»  $(SMF) \rightarrow$  en raison de la très petite taille du cœur  $(9\mu m) \rightarrow$  propagation d'un seul mode.
- Solution universelle des systèmes de télécommunications

#### FIBRE OPTIQUE FIBRES À SAUT D'INDICE & GRADIENT D'INDICE





http://www.sciences.univ-nantes.fr/sites/genevieve\_tulloue/optiqueGeo/diop tres/fibre\_optique.html

#### Fibre à saut d'indice:

- 1. Tous les trajets se font à la même vitesse
- 2. Les temps de propagation sont directement proportionnels
   aux distances parcourues → Donc ils dépendent de l'angle d'incidence à l'entrée de la fibre
- 3. Pour augmenter le débit → <u>il faut n'accepter que des</u>

  <u>rayons d'incidence normale</u>
- 4. Le meilleur moyen <u>est de réduire le diamètre du</u> <u>coeur</u>, mais alors <u>la puissance transmise dans le cœur est faible</u>

#### Fibre à gradient d'indice constant

- 1. Profil d'indice <u>est linéaire</u> (le gradient traduit la variation de l'indice en fonction de la distance à l'axe)
- 2. Indice diminue à mesure que l'on s'éloigne de l'axe → Ce qui veut dire que la célérité augmente → un trajet <u>plus</u>
  long est parcouru <u>plus rapidement</u> → cela permet de réduire la dispersion modale

**....** 

#### Fibre à gradient d'indice linéaire

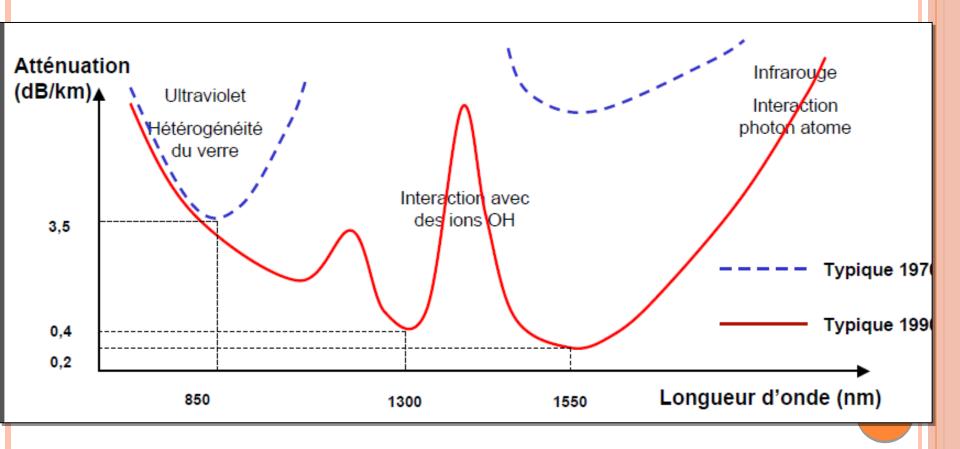
- 1. Profil d'indice parabolique (relation du second degré avec la distance à l'axe).
- 2. Configuration permettant d'obtenir en très bonne approximation chemin optique constant, et donc de <u>réaliser un débit très grand</u>.

http://www.sciences.univ-

nantes.fr/sites/genevieve\_tulloue/optiqueGeo/dioptres/fibre\_optique.php

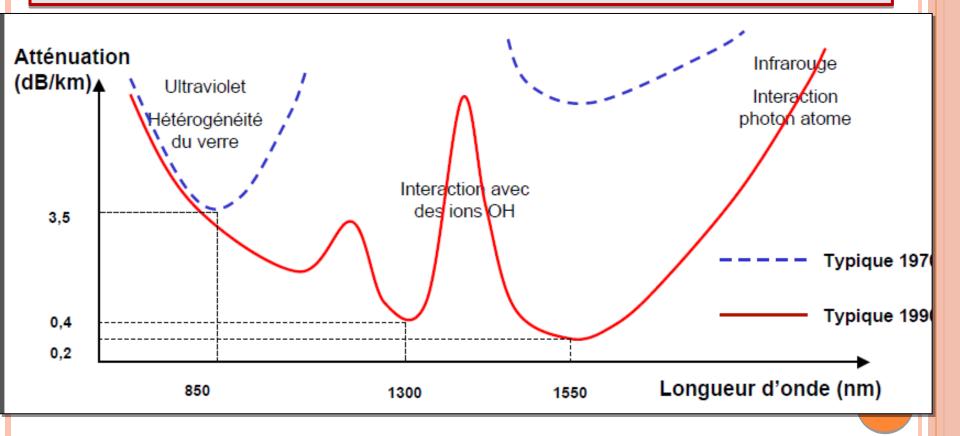
#### FIBRE OPTIQUE CARACTÉRISTIQUES ET PERFORMANCES ATTÉNUATION DANS LA FIBRE

• Atténuation & fenêtres d'utilisation



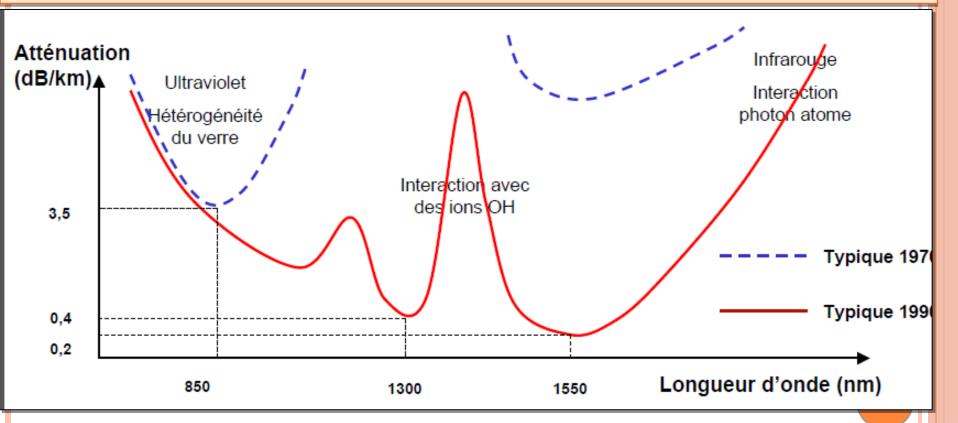
#### Fenêtre $(0.8 - 0.9 \mu m)$ :

- -Atténuation élevée ( ~ 3 dB/km)
- Composants très bon marché (Diodes LED)
- Utilisation en multimode



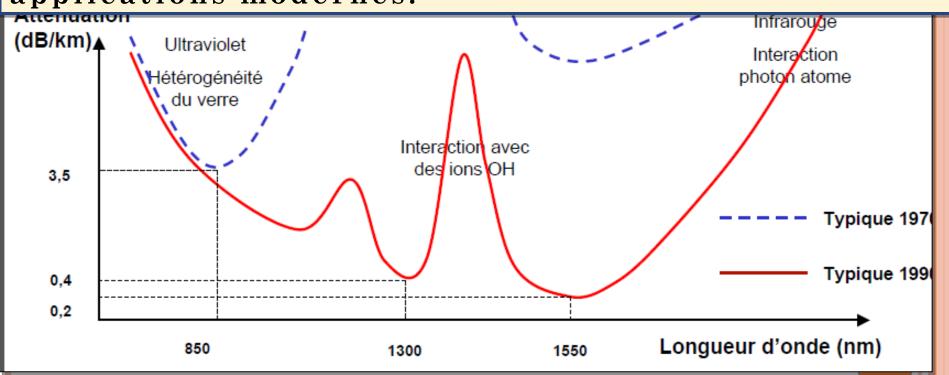
#### Fenêtre (1.28 - 1.33 µm):

- Lasers disponibles depuis longtemps & peu chers
- Atténuation raisonnable (0,33 dB/km)
- Dispersion chromatique nulle
- ⇒est encore largement utilisée



#### Fenêtre $(1.525-1.625 \mu m)$ :

- Atténuation minimale (0,2 dB/km)
- Lasers & amplificateurs performants (assez chers)
- Existence de systèmes très performants (DWDM)
- Fenêtre de choix pour quasiment toutes les applications modernes.



#### FIBRE OPTIQUE

#### ATTÉNUATION & DISPERSION CHROMATIQUE

 <u>Atténuation</u> → explique qu'une partie du signal, sous forme de lumière, est perdue



Le signal qui se propage s'affaiblit

• Puissance au cours de la propagation de la lumière le long de la fibre

$$P(z) = P_{in} e^{-\alpha z}$$

α → Coefficient d'atténuation (Neper/m)

• Atténuation en dB/km

$$A = \frac{1}{L} 10 * \log_{10} \left( \frac{P_{\text{in}}}{P_{\text{out}}} \right)$$

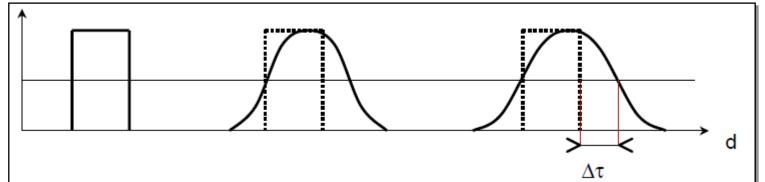
#### FIBRE OPTIQUE

#### ATTÉNUATION & DISPERSION CHROMATIQUE

 ○ <u>Dispersion chromatique</u> → explique la dégradation du signal reçu par rapport au signal



• Dispersion se manifeste par un élargissement des impulsions au cours de leur propagation



# DISPERSION CHROMATIQUE

30

DANS LA FIBRE OPTIQUE

# DISPERSION CHROMATIQUE

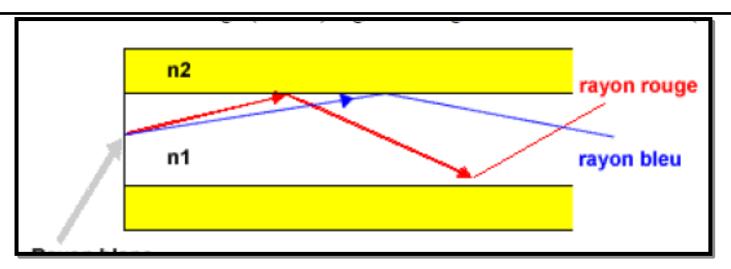
Dispersion chromatique → Si on injecte en entrée d'une fibre optique une impulsion lumineuse de couleur blanche, son spectre contient toutes les lumières Allant De L'infrarouge À L'ultraviolet

• 

ÉLARGISSEMENT DE L'IMPULSION

#### DISPERSION

# CHROMATIQUE -EXEMPLE-



- Dans un milieu *non linéaire*, l'indice optique du cœur  $n_1 \, varie$  en fonction de la *longueur d'onde*:
- ° n₁ 7 lorsque λ ⊿ . → Rouge (650nm) : grande longueur d'onde devant bleu (470nm) → soit n₁ petit

# DISPERSION

# CHROMATIQUE -

En sortie, on constate que l'impulsion s'étale, c'est le *Phénomène De Dispersion*<u>Chromatique</u>

n1 rayon bleu

- Dans un milieu *non linéaire*, l'indice optique du cœur  $n_1 \, varie$  en fonction de la *longueur d'onde*:
- o  $n_1$  → Rouge (650nm): grande longueur d'onde devant bleu (470nm) → soit  $n_1$  petit

#### DISPERSION

# CHROMATIQUE – PARAMÈTRES-

• Expression de la dispersion chromatique

$$\Delta t = K_{mat} \cdot \Delta \lambda \cdot L$$

- $\Delta t \rightarrow en \ picosecondes \ (Ps)$
- Kmat → coefficient dépendant du matériau (Ps.nm<sup>-1</sup>.km<sup>-1</sup>)
- $\Delta \lambda \rightarrow$  largeur spectrale de la source (nm)
- L  $\rightarrow$  longueur de la fibre (km)

#### **DOCUMENTS & LIVRE**

- Livres bibliothèque
  - Les fibres optiques \_Notions fondamentales (câbles, connectique, composants, protocoles, réseaux), Jean-Michel MUR [TERE0243.4]
- O Documents web et partie de livres
  - CÂBLAGE FIBRE OPTIQUE POUR RÉSEAUX LOCAUX notionsinformatique.free.fr/reseaux/cablagefibre %20optique.pdf
  - LES RÉSEAUX \_GUY PUJOLLE (chap4)

https://www.eyrolles.com/Chapitres/9782212119879/Chap4\_Pujolle.pdf

Optical Fiber Communication\_Gerd Keiser

FIN