



# Partie 1/4

## La fibre optique

Emilie Camisard





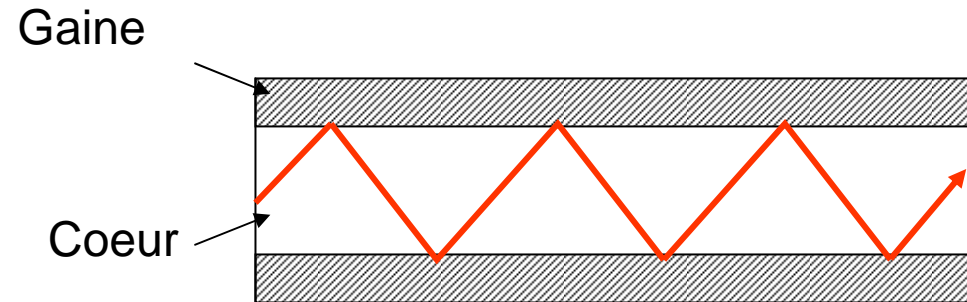
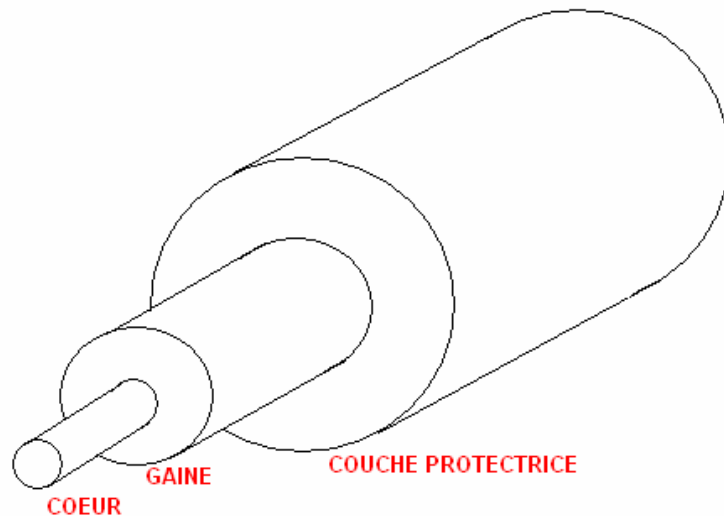
# Plan

- Principe de la transmission optique
- Classification des fibres
- Atténuation et dispersion des signaux
- Standards ITU-T





# Description et principe



- Une onde lumineuse traversant une frontière entre 2 milieux de densité différente est déviée = phénomène de réflexion totale
- La lumière est réfléchiée dans le coeur de la fibre car  $n_{\text{coeur}} > n_{\text{gaine}}$





# Avantages

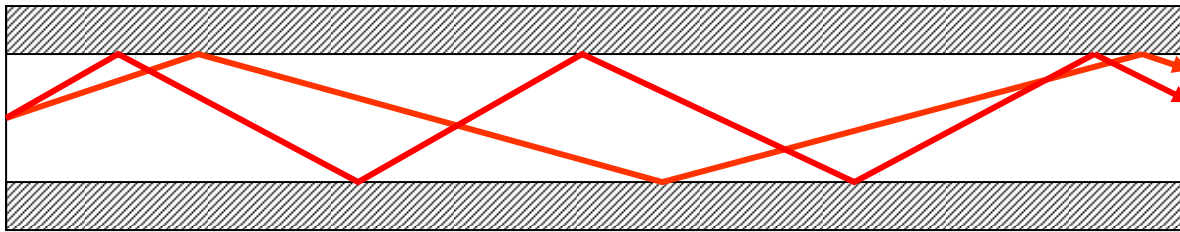
- Faible atténuation du signal
- Transmissions à haut débit
- Insensible aux perturbations électromagnétiques
- Multiplexage spectral
- Avantages de mise en oeuvre



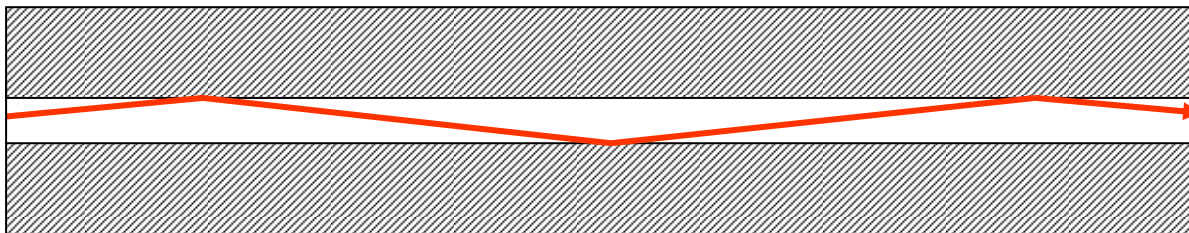


# Les modes

- Un mode est un angle de réflexion de la lumière dans une fibre
- Fibre multimode:



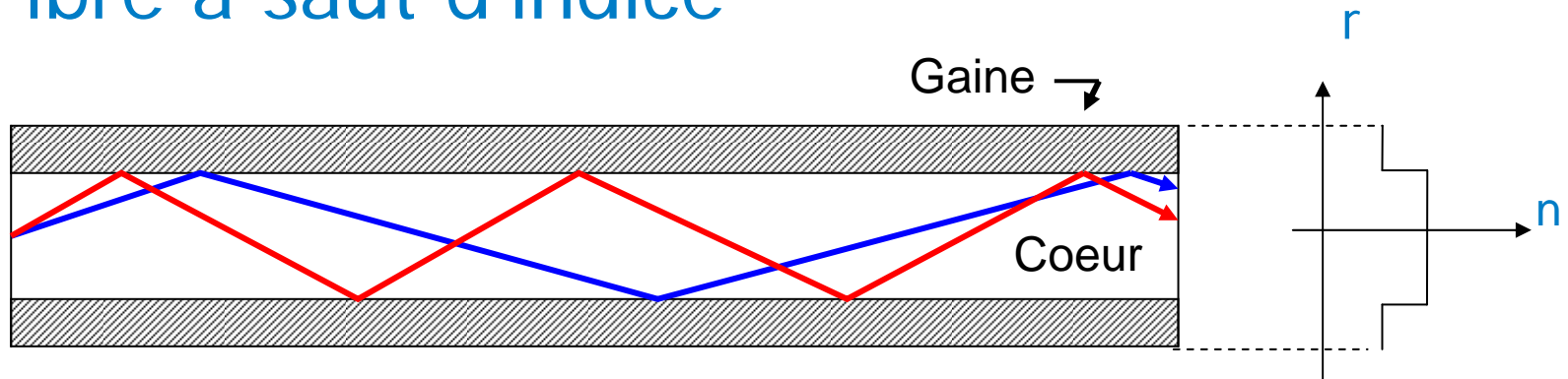
- Fibre monomode:



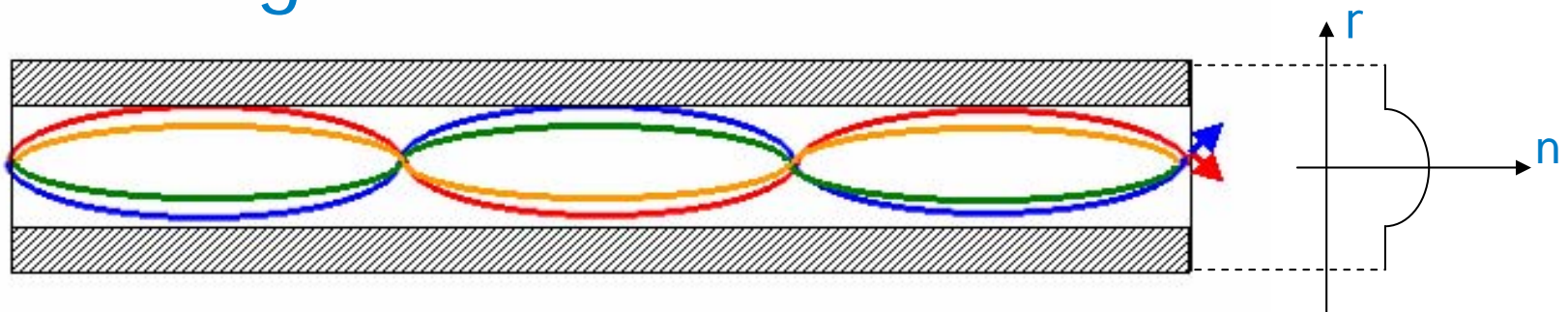


# Indices de coeur

- Fibre à saut d'indice

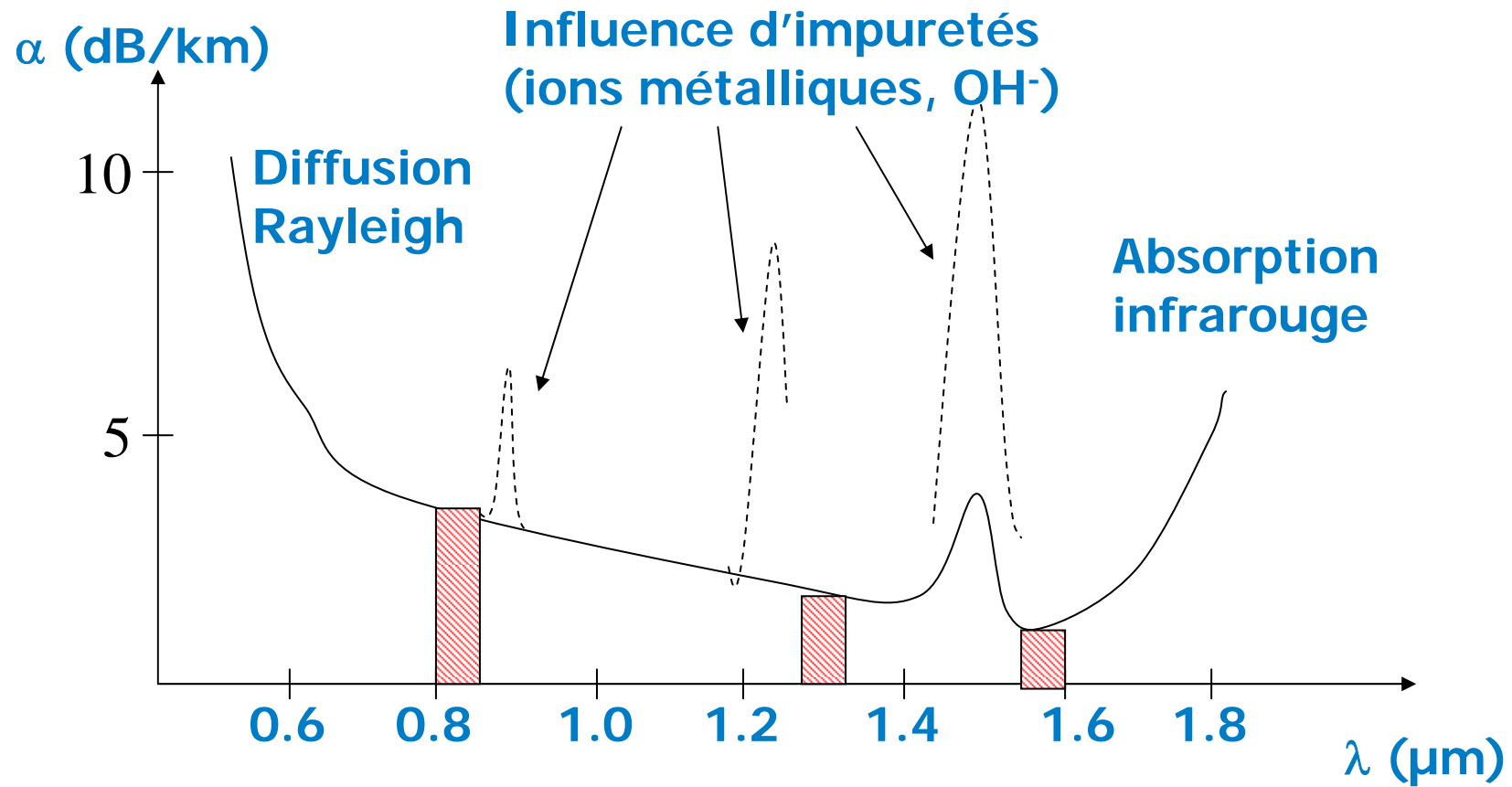


- Fibre à gradient d'indice





# Fenêtres de transmission "historiques"





# Interfaces RENATER

| 850 nm                       | 1310 nm                       |  | 1550 nm                          |
|------------------------------|-------------------------------|--|----------------------------------|
| MMF                          | MMF                           | SMF  | SMF                              |
| Switches GE en Ile de France | Interfaces routeur - switches | Interfaces 2.5G Long Reach pour liaisons louées WDM de RENATER-4 | Interfaces 10G DWDM de RENATER-4 |



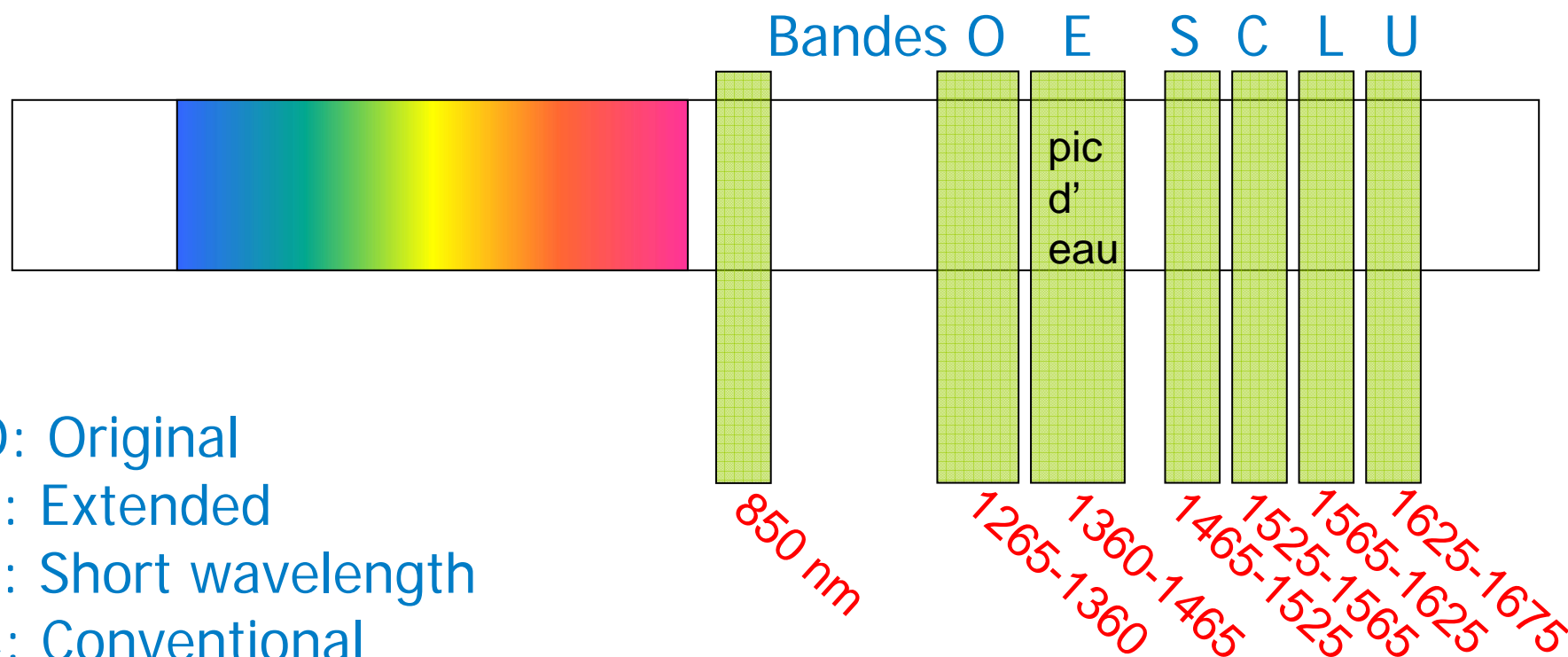


# Fenêtres de transmission

ultraviolet

visible

infrarouge



O: Original

E: Extended

S: Short wavelength

C: Conventional

L: Long wavelength

U: Ultra-long wavelength





# Atténuations

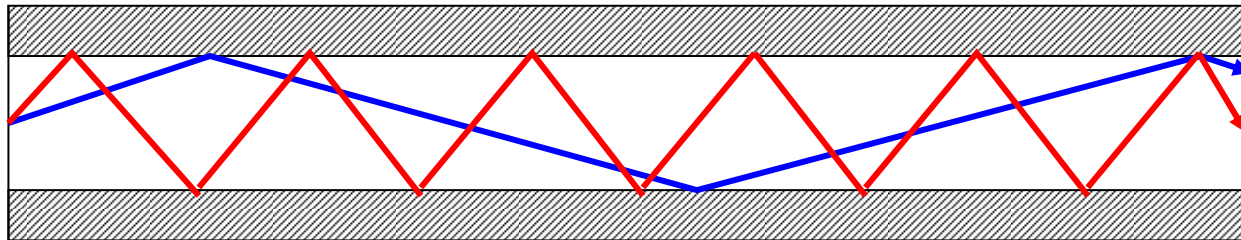
- L'absorption des photons est due à la nature de la silice et des ions  $\text{OH}^-$ .
- Des pertes peuvent également être causées par des courbures du câble, des connecteurs mal positionnés ou sales, des inhomogénéités dans le verre de la fibre.





# Dispersion modale

- La distance parcourue par la lumière dans une fibre dépend du mode utilisé.



- Phénomène prépondérant dans les transmissions multimodes.
- En 1 km, étalement des signaux sur 75 ns entre deux modes extrêmes.





# Dispersion chromatique

- La vitesse d'un photon injecté dans une fibre dépend de sa longueur d'onde.



- Conséquence : élargissement des canaux lumineux. 17 ps/nm/km sur de la fibre monomode classique.
- Phénomène à considérer lors de transmissions monomodes.





# PMD

- Dispersion de mode de polarisation :
  - Modification de la polarisation du signal optique, provoquée par les propriétés physiques de la fibre: température, âge, contraintes mécaniques, défauts de concentricité...
  - Phénomène aléatoire, difficile à prévoir, qu'il faut étudier lors de transmissions haut débit ( $>$  ou égal à 10 Gbit/s).
  - A vérifier lors de la livraison des FON, régulièrement durant la vie du réseau, à chaque planification d'augmentation de la bande passante.





# Standards ITU-T

- **G.651**: fibres multimodes
- **G.652**: NDSF (Non-Dispersion Shifted Fiber), appelée aussi SMF (Single Mode Fiber)
  - Dispersion nulle à 1310nm
  - Affaiblissement le moins important à 1550 nm
  - Fibres les plus couramment installées dans le monde
- **G.653**: DSF (Dispersion Shifted Fiber)
  - Coïncidence de la dispersion nulle et d'une faible atténuation autour de 1550 nm
  - Transmissions très longue distance
  - Très peu utilisée, remplacée par la G.655
- **G.654**: Cut off shifted fiber
  - Cœur très large, en silice pure
  - Très faible atténuation, mais forte dispersion chromatique
  - Transmissions très longue distance, liaisons sous-marines





# Standards ITU-T

- **G.655: NZ-DSF (Non Zero Dispersion Shifted Fiber)**
  - Adaptée à 1550 nm, débits de 40G ou Nx10G
  - Atténuation faible mais non-nulle, effets non-linéaires moins importants
  - **G.655.A** : espacement inter-canal de 200 GHz minimum
  - **G.655.B** : 100 GHz minimum, distance de 400 km
  - **G.655.C** : idem mais distance >400 km
- **G.656: non-zero dispersion for wideband optical transport**
  - WDM possible de 1460 à 1625 nm





# Comparatif...

Dispersion  
chromatique  
(ps/nm/km)

