

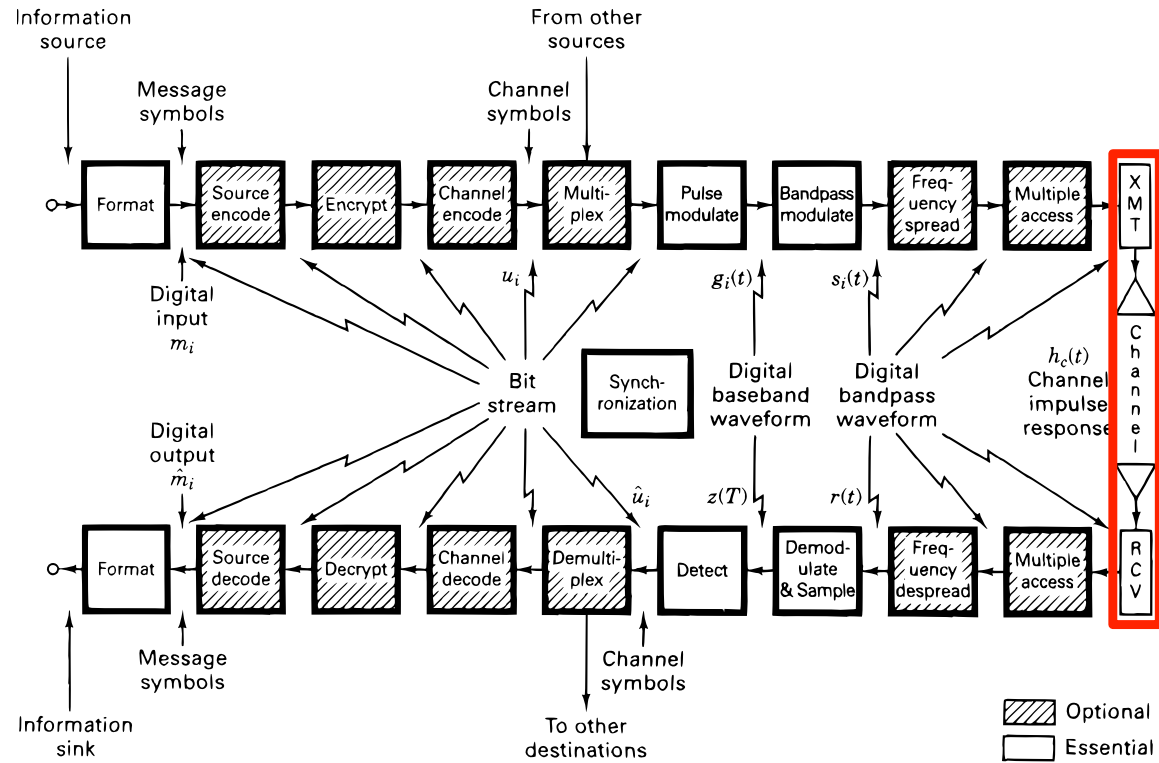
# Supports de Transmission

Transmissions Numériques

Cédric RICHARD

Université Nice Sophia Antipolis

# SUPPORTS DE TRANSMISSION



Digital Communications, B. Sklar, Prentice Hall

# SUPPORTS DE TRANSMISSION

## Caractéristiques

---

Le canal de transmission représente le milieu physique dans lequel le signal émis se propage et arrive au récepteur.

Deux façons selon lesquelles le signal se propage :

▷ **Propagation libre**

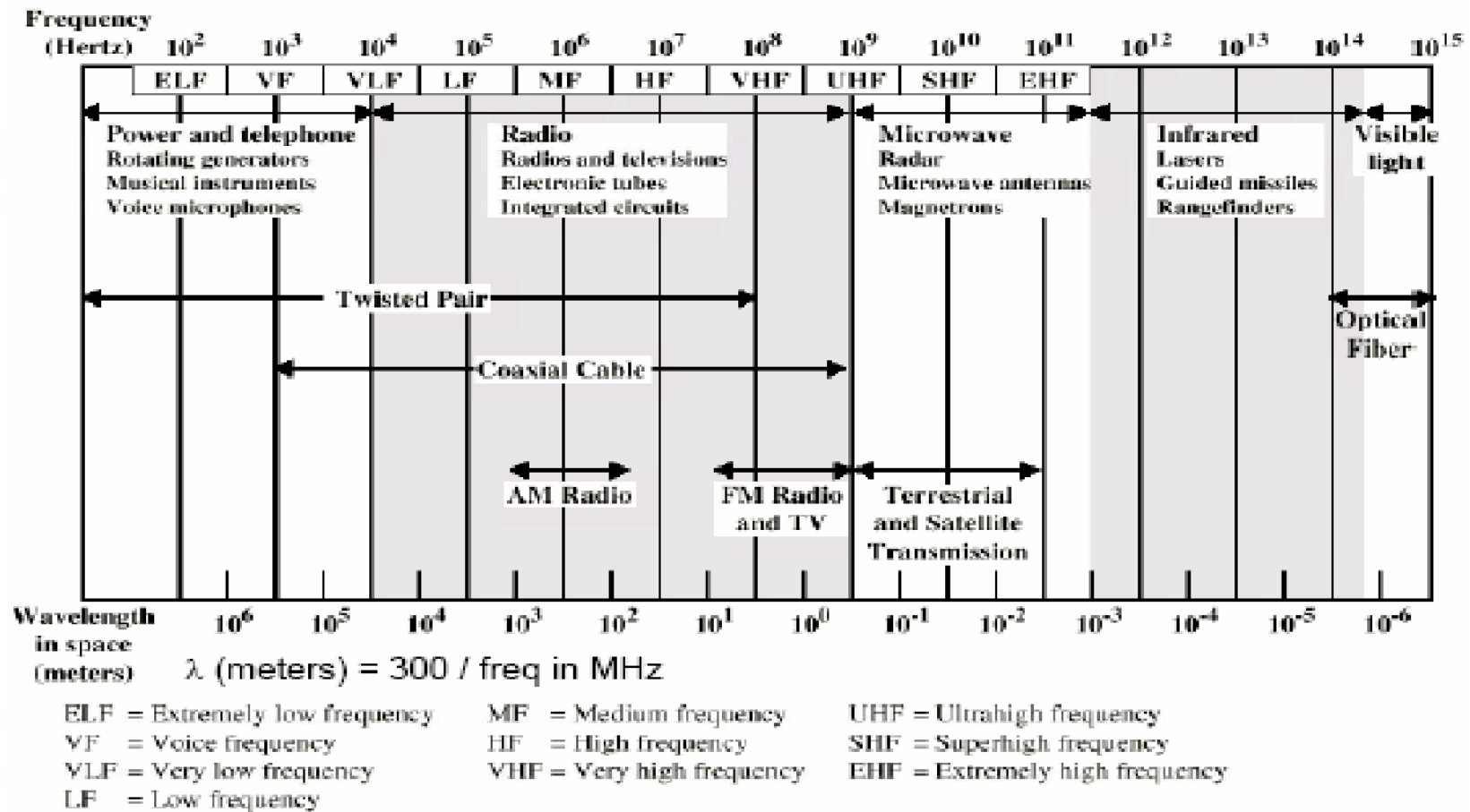
Exemple : terrestre (GSM, AM/FM, ...), spatiale (GPS, TV, ...)

▷ **Propagation guidée**

Exemple : fibre optique, câble coaxial

# SUPPORTS DE TRANSMISSION

## Caractéristiques



# SUPPORTS DE TRANSMISSION

## Propagation libre

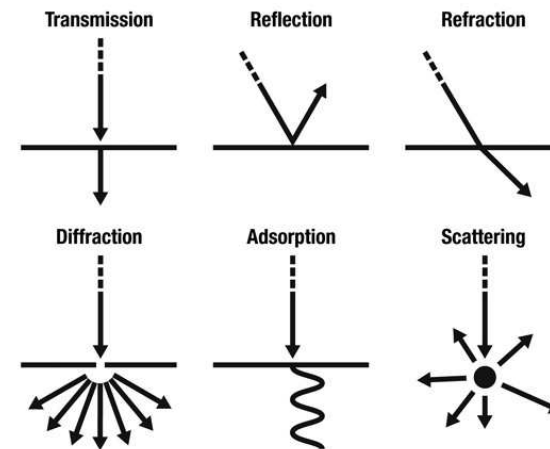
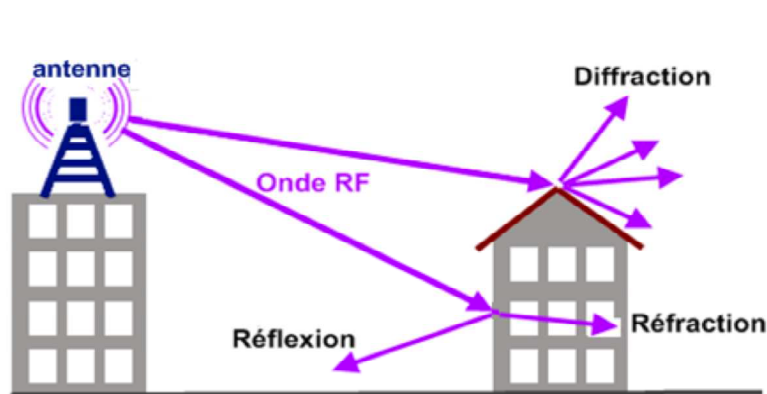
---

L'onde électromagnétique est émise par une antenne.

En espace libre, elle se propage à la vitesse de la lumière :  $c = 3 \cdot 10^8$  m/s.

En pratique, sa puissance par unité de surface subit une atténuation proportionnelle au carré de la distance parcourue.

Elle interagit avec les obstacles et les matériaux qu'elle traverse selon les lois de l'optique.



# SUPPORTS DE TRANSMISSION

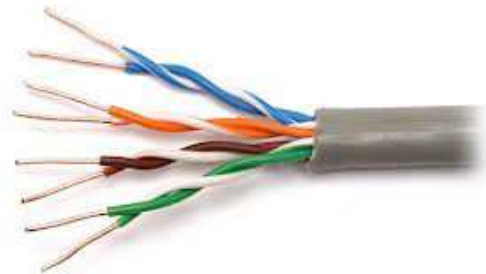
## Transmission par ligne à 2 conducteurs

---

La paire torsadée est composée de 2 conducteurs en cuivre, isolés l'un de l'autre, et enroulé de façon hélicoïdale autour de l'axe de symétrie longitudinale.

Un câble coaxial est constitué de deux conducteurs cylindriques de même axe, séparés par un isolant.

Paire torsadée



Câble coaxial



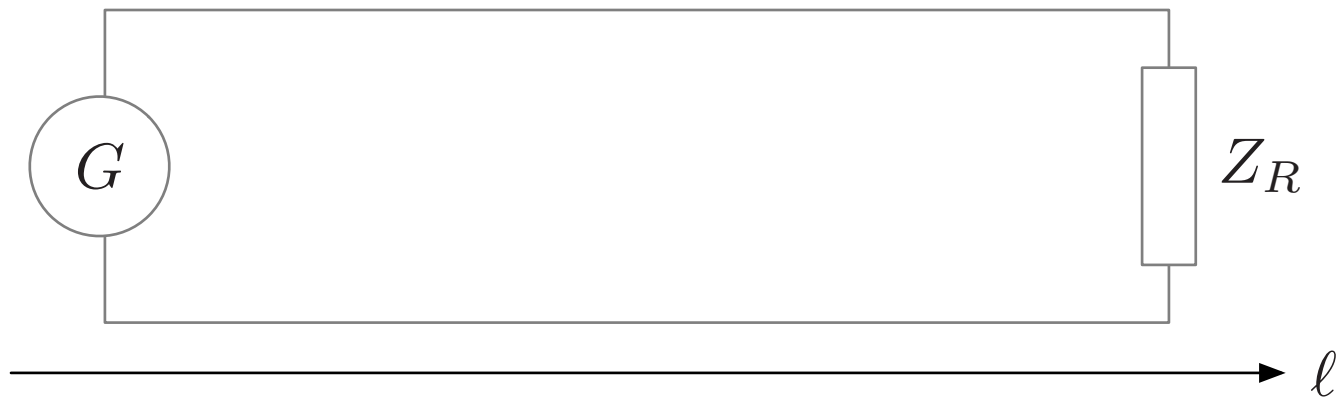
# SUPPORTS DE TRANSMISSION

## Transmission par ligne à 2 conducteurs

---

Soit une ligne de longueur  $\ell$ , alimentée à une extrémité par un générateur  $G$  et fermée à l'autre extrémité sur une impédance  $Z_R$ .

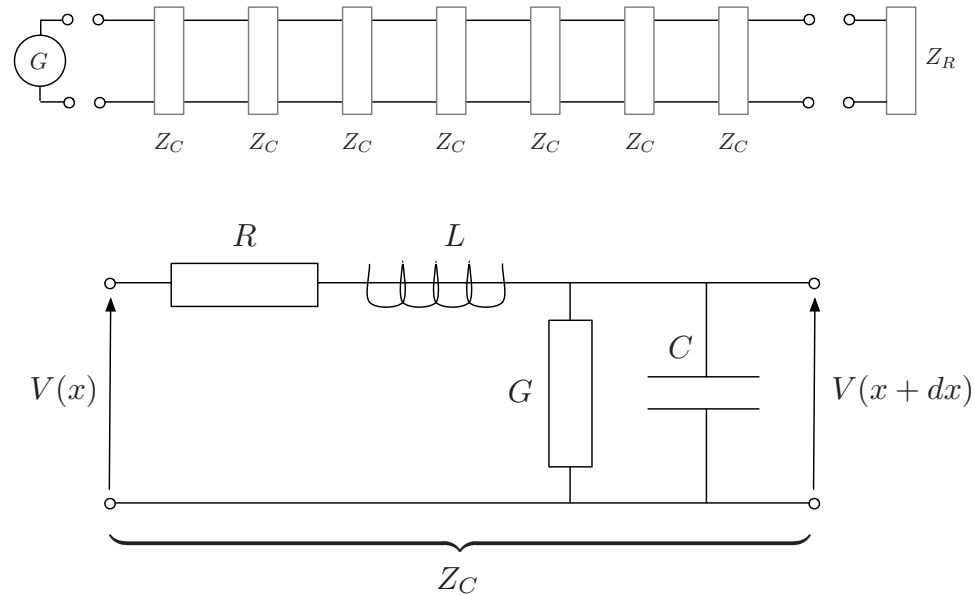
Une caractéristique importante dans l'étude de la propagation le long de la ligne est l'impédance de celle-ci.



# SUPPORTS DE TRANSMISSION

## Transmission par ligne à 2 conducteurs

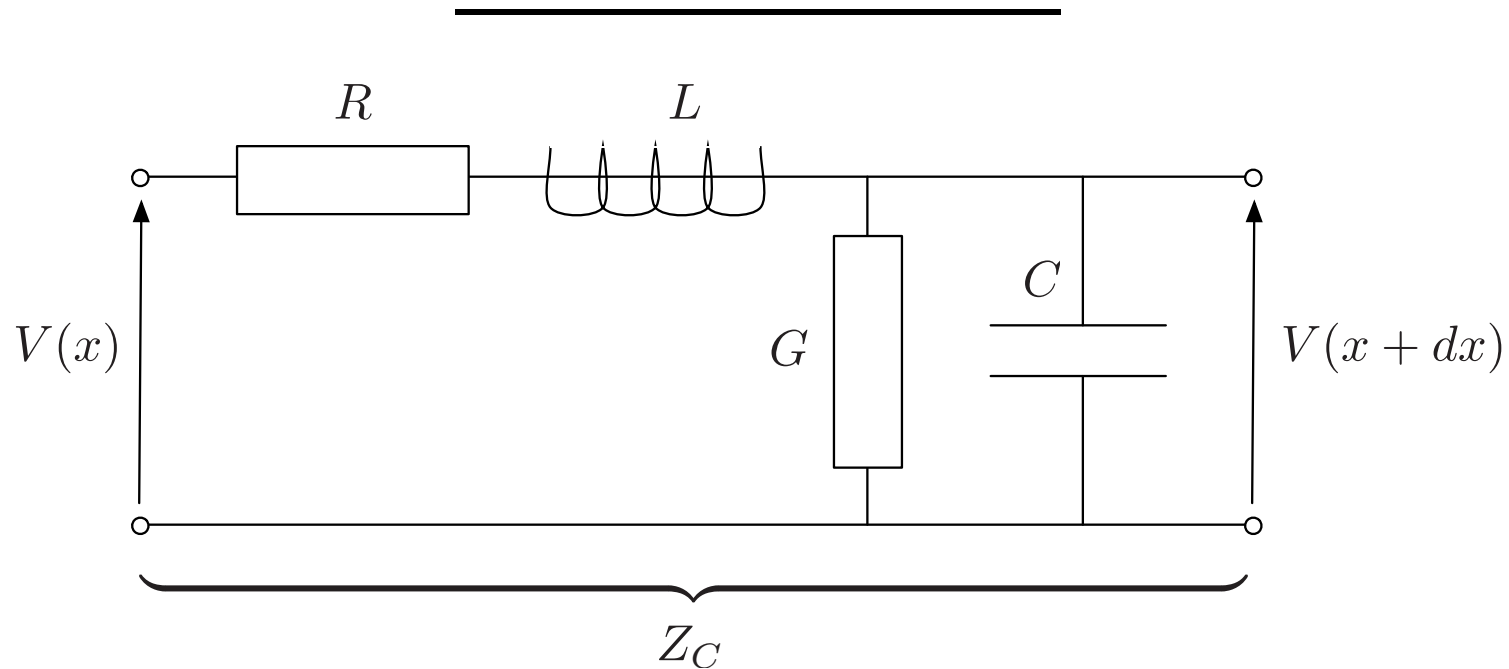
La ligne peut être modélisée comme une suite de cellules élémentaires (une cellule par unité de longueur), à chaque cellule correspondant un circuit équivalent.





# SUPPORTS DE TRANSMISSION

Transmission par ligne à 2 conducteurs



- ▷  $R$  et  $L$  : résistance et inductance du conducteur par unité de longueur
- ▷  $G$  et  $C$  : conductance et capacité de l'isolant par unité de longueur

# SUPPORTS DE TRANSMISSION

## Transmission par ligne à 2 conducteurs

---

L'impédance caractéristique d'une ligne de transmission de longueur infinie vaut :

$$Z_{\text{Caractéristique}} = \sqrt{\frac{R + j\omega L}{G + j\omega C}}$$

Cette quantité joue un rôle similaire à ce qu'on observe avec les ondes sonores ou les ondes électromagnétiques. Quand une onde traverse l'interface entre deux milieux différents, une partie de son énergie est transmise tandis que l'autre est réfléchie.

Dans le cas d'une ligne de transmission idéale (sans perte  $R = G = 0$ ), on a :

$$Z_{\text{Caractéristique}} = \sqrt{\frac{L}{C}}$$

Valeurs typiques de l'impédance caractéristique :

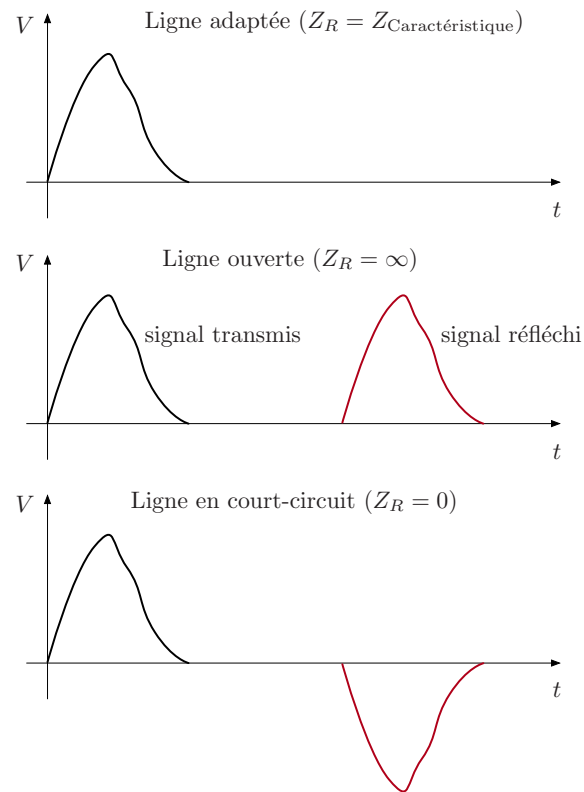
- ▷ 50 ohms (signaux num.) ou 75 ohms (signaux ana.) pour une ligne coaxiale
- ▷ 100 ohms pour une paire torsadée
- ▷ 200 ohms pour une ligne bifilaire

# SUPPORTS DE TRANSMISSION

## Transmission par ligne à 2 conducteurs

---

La réflexion d'un signal mal maîtrisée peut entraîner la destruction de l'émetteur. Il faut adapter la ligne pour ne pas avoir de réflexion.



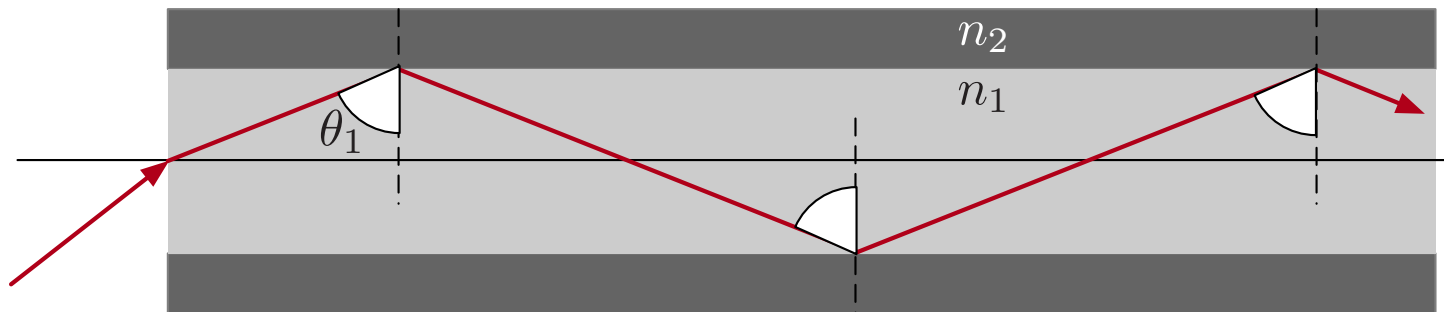
# SUPPORTS DE TRANSMISSION

## Transmission par fibre optique

---

Une fibre optique est constituée par un premier milieu d'indice  $n_1$  (cœur) entouré par un second milieu d'indice  $n_2$  (gaine). L'indice  $n_1$  est supérieur à l'indice  $n_2$ .

La lumière est injectée dans le cœur. Elle se propage, soit en ligne droite (fibre monomode), soit par une succession de réflexions internes (fibre multimode).



# SUPPORTS DE TRANSMISSION

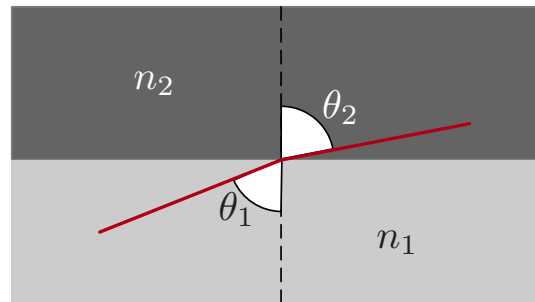
## Transmission par fibre optique

---

### Loi de Descartes :

Un rayon incident se propageant dans un milieu d'indice  $n_1$  vers un milieu d'indice  $n_2$  subit une déviation (rayon réfracté) définie par la relation :

$$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2$$



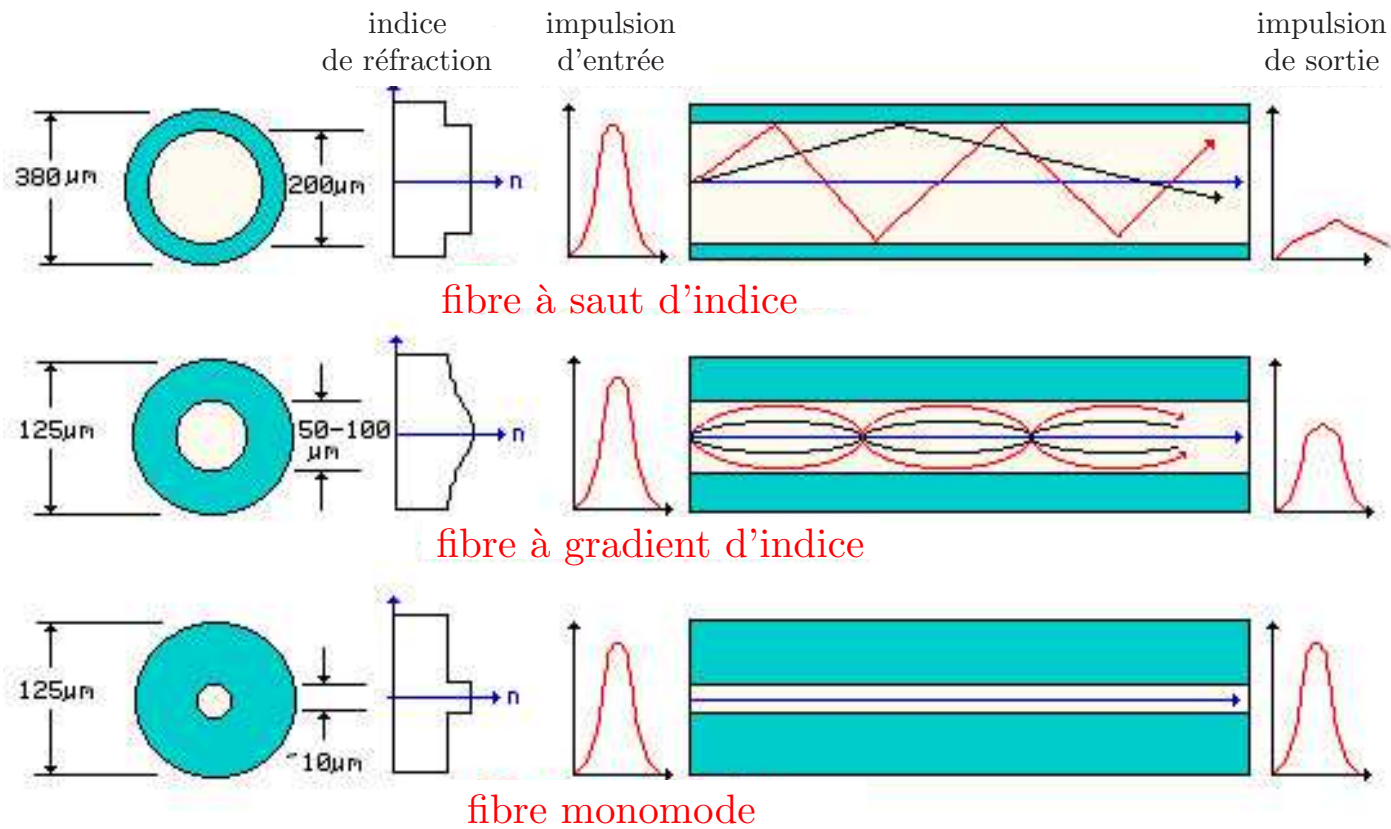
Angle limite pour réflexion totale si  $n_1 > n_2$  :

$$\theta_1 > \theta_{1,\text{lim}} = \arcsin \left( \frac{n_2}{n_1} \right)$$

# SUPPORTS DE TRANSMISSION

## Transmission par fibre optique

---



# SUPPORTS DE TRANSMISSION

## Transmission par fibre optique

---

### **Fibres multimodes à saut d'indice**

- ▷ diamètre du cœur : 100 à 600  $\mu\text{m}$
- ▷ bande passante : 10 à 50 MHz
- ▷ affaiblissement à 850 nm : inférieur à 5 dB/km

pour des liaisons jusqu'à 2 km, avec un débit maximal de 50 Mbits/s

### **Fibres multimodes à gradient d'indice**

- ▷ diamètre du cœur : 100  $\mu\text{m}$
- ▷ bande passante : 500 MHz
- ▷ affaiblissement à 850 nm : inférieur à 5 dB/km

pour des liaisons longue distance, à un haut débit : 150 Mbits/s

### **Fibres monomodes**

- ▷ diamètre du cœur : 10  $\mu\text{m}$
- ▷ bande passante : plusieurs GHz
- ▷ affaiblissement à 850 nm : 2 dB/km

pour des liaisons très longue distance (inter-cont.), à très haut débit : 500 Mbits/s