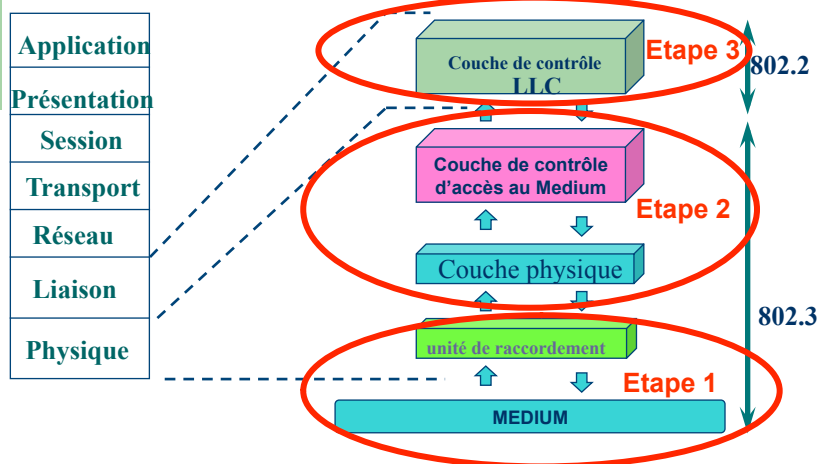


# Transmission de l'information

Support Physique

David Bromberg

## Introduction



## Plan Global

- La classification des réseaux
- Le support physique de l'information
- Les types de transmissions
- Le codage de l'information
- L'interconnexion des réseaux

## Support de cours

- Support de cours
  - <http://www.labri.fr/perso/bromberg>
- TDs
  - <http://www.labri.fr/perso/bromberg>
  - Login: m1
  - Password: Inf465

David bromberg, [www.labri.fr/perso/bromberg](http://www.labri.fr/perso/bromberg)

## Pourquoi un Réseau ?

- Transmission de l'information d'un point à un autre ?
  - Y a-t-il plusieurs solutions ?
  - Notion de topologie !
- Partage de l'information ?
  - Au niveau local ? Régional ? International ?
  - Par quel moyen ?
  - Par quel support ?
  - A quel coût ?

## Classification des réseaux

## Plan

- **Classification des Réseaux**
  - **En fonction de la Distance**
  - **En fonction de la topologie**

## Classification des Réseaux En fonction de la Distance

- Les réseaux sont divisés en trois grandes familles : les LAN, MAN et WAN.
  - **LAN = Local Area Network ou réseau local.**
    - Ce type de réseau s'étend de 1 mètre à 2 kilomètres.
    - De 2 à 200 abonnés.
    - Débit courant 1 à 100 Mbits/s.
    - Le coût d'utilisation se résume à l'achat du matériel et des câbles.
    - Cas d'utilisation : bureau, étage, bâtiment.

## Classification des Réseaux En fonction de la Distance

### **MAN = Metropolitan Area Network ou réseau métropolitain.**

- Ce type de réseau s'étend de 1 mètre à 100 kilomètres
- De 2 à 1000 abonnés.
- Le débit courant : 1 à 100 Mbits/s.
- Cas d'utilisation :
  - Interconnexions de réseaux locaux.
  - Synonyme de backbone ou épine dorsale
- Facturation :
  - Indépendante du nombre d'octets transmis.
  - Tarif forfaitaire recouvrant les frais de fonctionnement, de maintenance et d'administration du réseau.
- Support :
  - Le plus souvent en Fibre Optique

## Classification des Réseaux En fonction de la Distance

### **WAN = Wide Area Network ou réseau grande distance.**

- Ce type de réseau s'étend sur plus de 1000 kilomètres.
- Peut compter plusieurs milliers d'abonnés.
- Le débit : de 50 bits/s à 2 Mbits/s.
- Cas d'utilisation :
  - Réseau public Transpac.
  - Liaisons point-à-point à haut débit entre les grandes villes françaises.
- Inconvénients :
  - Taux d'erreurs relativement élevé
  - Délai de transmission assez important
- Facturation :
  - au volume

## Classification des Réseaux En fonction de la topologie

- Trois grandes formes de topologies
- Chaque topologie possède ses forces et faiblesses
- A chaque topologie correspondent des méthodes d'accès au support physique différentes.

## Classification des Réseaux En fonction de la topologie En bus

- **Le bus**
  - Encore la plus rencontrée.
  - Une connexion multipoint.
  - Le bus est le support physique de transmission de l'information.
  - A chaque extrémité d'un brin => bouchons qui empêchent le signal de se réfléchir.
  - Cas d'utilisation :
    - Réseaux Ethernet (10 base 5).
    - Câble coaxial
    - Deux brins sont reliés entre eux à l'aide de répéteurs.

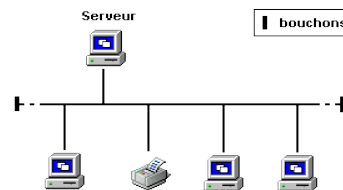
## Classification des Réseaux En fonction de la topologie *En bus ( suite )*

### • Le Bus : Inconvénients

- Plusieurs machines sont reliées à un seul support

=> un protocole d'accès qui gère le tour de parole des stations afin d'éviter les conflits.

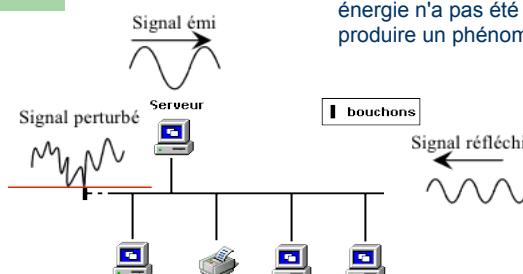
- Si câble défectueux, cassé => réseau paralysé.



## Classification des Réseaux En fonction de la topologie *En bus ( suite )*

### • Le bus

L'inconvénient de cette topologie est que le signal étant émis sur l'ensemble du bus, lorsque celui-ci arrive en fin de ligne l'ensemble de son énergie n'a pas été absorbé, il risque de se produire un phénomène de réflexion du signal.



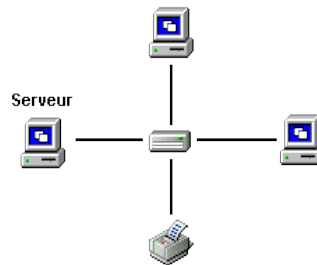
## Classification des Réseaux En fonction de la topologie *En étoile*

### • L'étoile

- Chaque station est relié à un **nœud central**

- **hub** Les performances du réseau / nœud central.

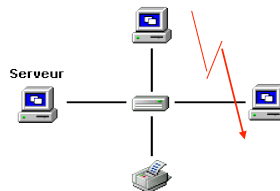
1. Toute l'information passe par le nœud central
2. Ensuite renvoie de ces informations, vers toutes les machines ou uniquement vers celle(s) concernée(s).



## Classification des Réseaux En fonction de la topologie *En étoile (suite)*

### • L'étoile

- Si un câble est défaillant => cela ne touche que la station qui y est connectée, et le reste du réseau n'est pas affecté.
- Le câble employé dans cette topologie est généralement la **paire torsadée**, aussi appelée **10BASE-T**.
  - 100 mètres max
  - ~~Uniquement un nœud par segment.~~
  - Connecteurs du type RJ45.

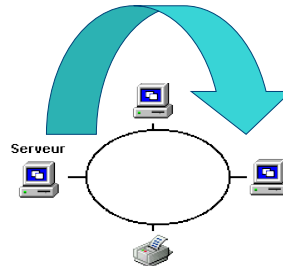




## Classification des Réseaux En fonction de la topologie *En anneau simple*

### ● L'anneau

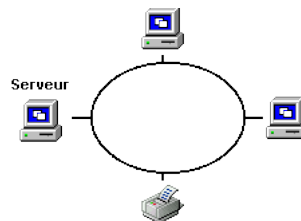
- Sens de parcours du réseau déterminé
- Evite les conflits.



## Classification des Réseaux En fonction de la topologie *En anneau simple ( suite )*

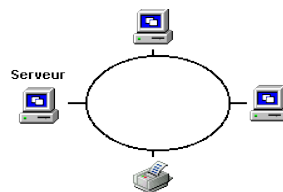
### ● Stations dites actives :

- ⇒ Signal régénérer à chaque équipement.
- ⇒ Pris en amont, recopié en aval
- ⇒ teste au niveau de la couche 2 si cela la concerne.
- ⇒ Si ce n'est pas le cas, les données sont émises à nouveau.
- ⇒ Notion de jetons



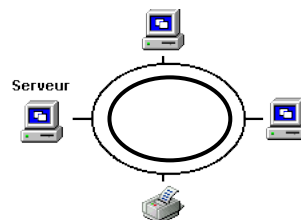
## Classification des Réseaux En fonction de la topologie *En anneau simple (suite 2)*

- **Avantage :**
  - Le temps d'accès est déterminé (une machine sait à quel moment elle va pouvoir parler).
- **Inconvénient :**
  - Si un nœud c'est à dire une station, ne fonctionne plus, le réseau est en panne.
  - Topologie coûteuse en câble et en matériels.



## Classification des Réseaux En fonction de la topologie *En anneau double*

- **L'anneau redondant**
  - Plus fiable que précédemment
  - En pratique, une seule boucle est active
  - Si problème :
    - L'anneau se reconstruit en utilisant la seconde boucle.
  - Exemple : FDDI



# Le support physique de l'information

## Plan

1. **Fils de cuivre**
  1. Câbles symétriques
  2. Câbles asymétriques
2. **Fibre optique**
  - Monomode et multimode
3. **Principe de base du câblage**

## Câble de cuivre

Il en existe 2 Types :

- Câble symétrique
  - Conducteurs de même nature
    - Paire torsadée
    - Quarte : combinable ou étoilée
- Câble asymétrique
  - Le câble asymétrique se caractérise par une paire de deux conducteurs de nature différente.
    - Câble coaxial et twinaxial.

## Câble symétrique

- La paire torsadée
    - Est constituée de deux conducteurs torsadés ensemble
    - Conducteur caractérisé par leur diamètre
      - Plus le diamètre du conducteur est petit, plus grand sera sa résistance
    - Câble caractérisé par l'impédance en ohms ( $\Omega$ ) (résistance opposée par le câble au courant qui le traverse)
      - Valeur caractéristique d'un milieu traversé par une onde électromagnétique (100  $\Omega$ , 120  $\Omega$ , 150  $\Omega$ )
      - Ex: Un câble de catégorie 5 est de 100 ohms
- ⇒ Pour un diamètre donné, plus l'impédance du câble est élevée plus l'atténuation du signal sera faible.

## Câble symétrique *Protection*

- **Écrantage**

- L'écrantage consiste à entourer l'ensemble des paires ou chacune des paires d'un même câble d'un film de polyester recouvert aluminium.

- **Blindage**

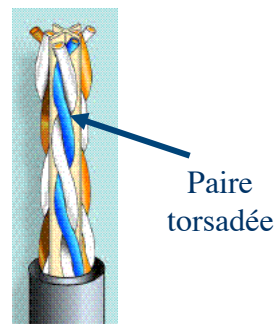
- Le blindage consiste à entourer l'ensemble des paires, d'une tresse métallique pour renforcer l'effet de l'écran.

⇒ Objectif : Constituer une cage de Faraday autour des câbles qui transportent le signal

## Câble symétrique *U.T.P*

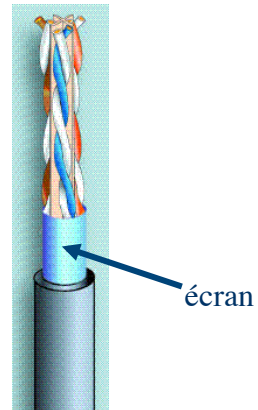
- **U.T.P** (Unshielded Twisted Pair)

- Paires non blindées, non écrantées.
- **Exemple :**  
ATT-Type 5, Alcatel



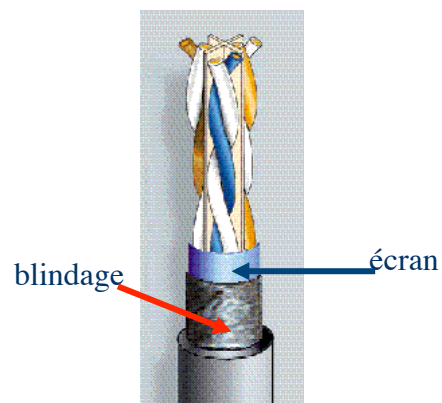
## Câble symétrique *F.T.P*

- **FTP** (Foiled Twisted Pair)
  - Câble écrané.
  - **Exemple :**
    - Câblage L120 de FRANCE TELECOM (120 Ohms)



## Câble symétrique *S.F.T.P*

- **SFTP** (Shielded Foiled Twisted Pair)
  - Câble écrané et blindé :
  - **Exemple :**
    - ITT



## Câble symétrique *S.T.P*

- **STP** (Shielded Twisted Pair)

- Câble à paires blindées uniquement.
- **Exemple :**
  - IBM Type1



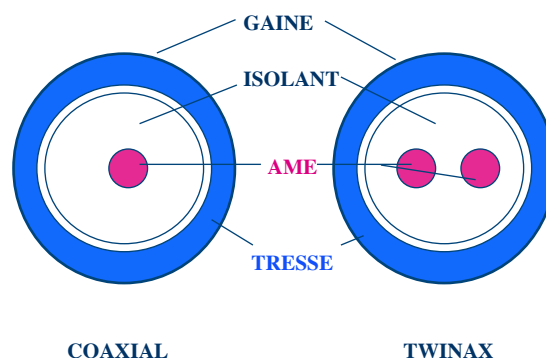
## Câble symétrique

- UTP ou FTP ?
  - En France, 80% du câblage est réalisé en FTP, influencé par France Télécom
  - Avec la croissance des débits, la tendance vers le FTP se marque encore plus
  - Le FTP offre une protection du matériel réseau, ainsi qu'il protège le "monde extérieur" des émissions provenant du câble

## Câble asymétrique

- Câble coaxial
  - Un conducteur central (**âme**) entouré d'une gaine isolante en PVC
  - Un conducteur externe concentrique (**tresse**).
    - Exemples : Ethernet fin et gros
- Câble twinaxial
  - Deux conducteurs centraux entourés d'une gaine isolante en PVC
  - Un conducteur externe concentrique (tresse).
  - Exemples : Raccordement périphériques IBM AS400, Localtalk ...

## Câble asymétrique

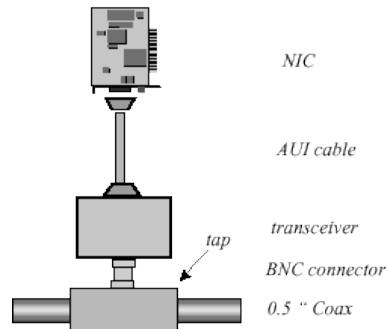




## Câble de cuivre les plus connus

### 10Base5

- 10 Mb/s, Baseband, 500 m
- gros câble (diamètre = 0,4 inch), thick ethernet,
- stations maximum,
- Topologie bus, transceiver vampire,
- couleur jaune recommandée,
- connecteur "N" à chaque bout, terminaison 50 ohms,
- MAU séparés de 2,5 mètres avec connexion par prise vampire,
- environ 4-5€ le mètre.



## Câble de cuivre les plus connus

### 10Base2



- 10 Mb/s, Bande de base, longueur max du segment 185 m
- Câble fin, thin ethernet, souple,
- raccordement transceiver en T, BNC,
- 30 stations maximum par segment,
- Espacement min entre stations  $\geq 0,5$  m
- Terminaison 50 ohms,
- Topologie bus, stations en série,
- permet le chaînage des stations entres elles,
- économique, beaucoup de stations intégrant le transceiver,
- environ 6 F le mètre.

## Câble de cuivre les plus connus

### 10BaseT

- 10 Mb/s, Bande de base (Baseband), Twisted pair
- Double paire torsadée (émission + réception) UTP
- Raccordement prise RJ45,
- Longueur maximum 100 m,
- 30 stations maximum,
- Topologie physique en étoile, raccordement à un hub mais topologie logique en bus,
- Transceiver paire torsadée, intégré à la station,
- Centralisation des équipements, «plus sécurisé»
- Utilisé pour pré-câbler les bâtiments,
- Plus de bande passante par appareil
- Possibilité de travailler en Full Duplex
- Permet d'avoir un câblage dit universel: Téléphone, Fax, Info.etc..
- Environ 4F le mètre.



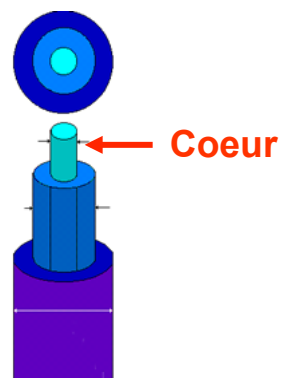
## Transceiver



## Le câble optique

### Câble Optique *Le coeur*

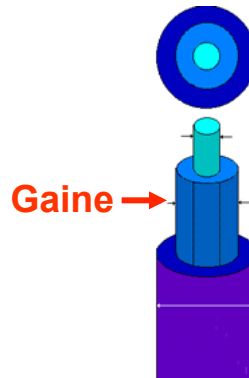
- **Cœur** : Milieu diélectrique intérieur (conducteur de lumière).
  - Silice très pure (minimum d'ions  $\text{OH}^-$ ). Ajout de dopants (germanium, phosphore) qui augmentent l'indice de réfraction.



## Câble Optique

### La gaine

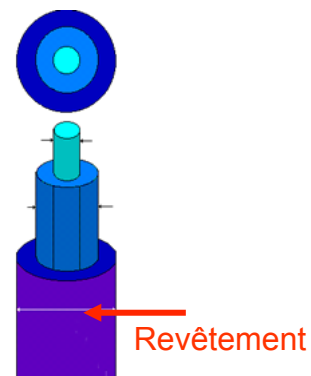
- **Gaine** : Silice d'indice légèrement moins élevé que le cœur
  - Baisse d'indice par l'ajout de dopants (bore, fluor)
  - Réflexion *presque* totale des rayons lumineux sur la gaine
  - Rq : 1 barreau de 1m de long et de 10cm de  $\varnothing$  => 150 Kms de FO



## Câble Optique

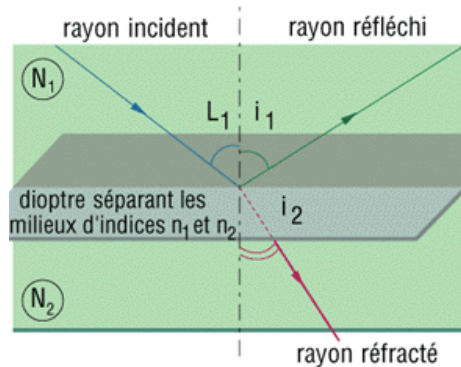
### Le revêtement

- **Revêtement** : Cœur + Gaine entouré d'un revêtement de plastique, pour fournir une protection mécanique. (évite principalement la cassure en cas de courbure).



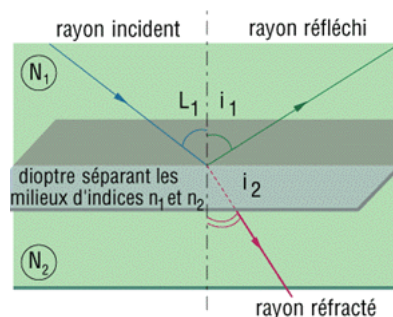
## Câble Optique *Le vocabulaire !*

- **L'indice de réfraction :**
  - Grandeur caractéristique des propriétés optiques d'un matériau.
  - Obtenu en divisant la vitesse de la lumière dans le vide ( $C_v=299\,792\text{ Km/s}$ ) par la vitesse de cette même onde dans le matériau.
  - Plus l'indice est grand, et plus la lumière est lente.
    - Dans l'air, la vitesse de la lumière est à peu près égale à  $C_v$
    - Dans l'eau, elle est égale à 75% de  $C_v$
    - Dans le verre, elle est égale à environ 55% ou 60% de  $C_v$  selon le type de verre.



## Câble Optique *Le vocabulaire !*

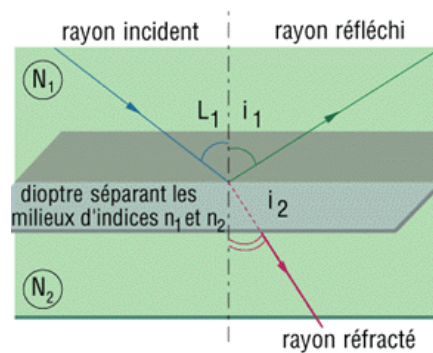
- **Ouverture numérique (O.N) :** Paramètre caractéristique d'une fibre optique. Défini l'angle  $\beta$  maximal du rayon incident pouvant être propagé dans la fibre.
  - $O.N = \sin \beta$



## Câble Optique

### *Le vocabulaire !*

- **Réfraction** : Déviation de la lumière quand celle ci traverse deux milieux transparents, l'angle de réfraction dépend de la nature des milieux et de l'angle d'incidence.



## Câble Optique

### *Le vocabulaire !*

- La vitesse de propagation de la lumière dans le milieu est inversement proportionnelle à l'indice de réfraction .
  - Pour le cœur
    - Indice  $\approx 1.5$
  - Pour la gaine
    - Indice  $\approx 1.47$
  - Vitesse de propagation  $V_{\text{cœur}} = (1/1.5)C \approx 0.67C \approx 2 \cdot 10^8 \text{ m/s}$

## Câble Optique

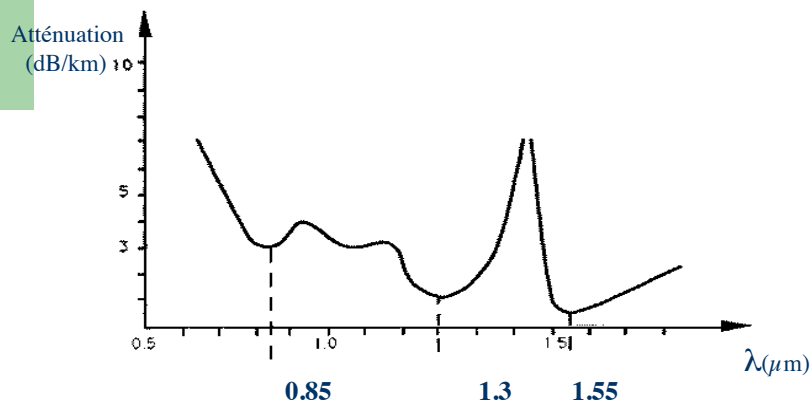
### *Bande passante !*

- **Bande passante utilisable des fibres optiques**
  - Déterminée par la quantité de lumière qu'elle peut transporter.
  - La silice est un bon support dans le proche infrarouge pour les longueurs d'onde suivantes :  
**0.85, 1.3 et 1.55  $\mu\text{m}$**

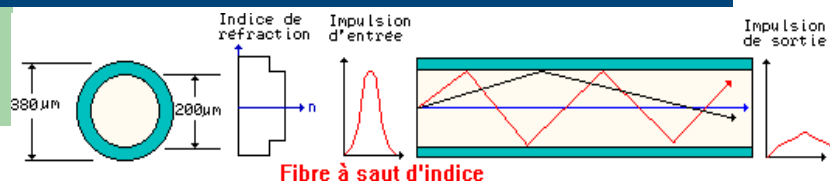
## Les caractéristiques essentielles d'une fibre

- **L'affaiblissement (dB) par unité de longueur (Km)**
  - qui est fonction de la longueur d'onde, soit 0,36 dB/Km à 1300 nm et 0,2 dB/Km à 1550 nm
- **Dispersion inter-mode**
  - dans les fibres multimodes, les modes se propagent avec des vitesses linéaires différentes (chemins différents). Ainsi lorsqu'une impulsion de rayonnement incident excite plusieurs modes, la différence des vitesses de propagation des différents modes entraîne un élargissement de l'impulsion dans le temps.
- **Dispersion chromatique**
  - dispersion due à la différence de vitesse de propagation d'un mode qui est fonction de sa longueur d'onde.
- **La longueur d'onde de coupure.**

## Atténuation



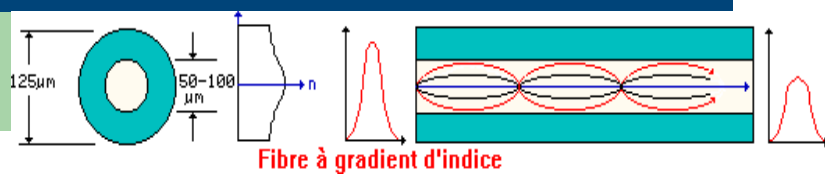
## La fibre à saut d'indice



- **Importante section du cœur**
  - ⇒ une grande dispersion des signaux la traversant
  - ⇒ génère une déformation du signal reçu.
- Taille du cœur : 200  $\mu\text{m}$
- Ouverture Numérique  $\approx 0.30$
- Propagation multi directionnelle des rayons lumineux
- débit limité à 50 Mb/s
- Fenêtre spectrale 850 nm (rouge visible)
  - On utilise des LED Light Emitting Diode (coût réduit)

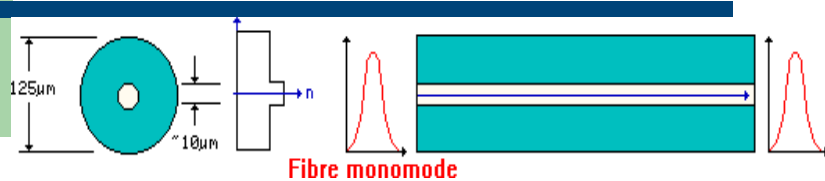


## La fibre à gradient d'indice



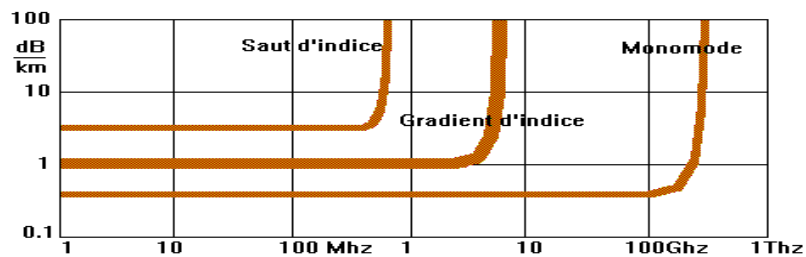
- Taille du cœur : 50 à 100  $\mu\text{m}$ .
- Ouverture Numérique  $\approx 0.20$  à  $0.27$
- Fenêtre spectrale 850 nm et 1300 nm  
 $\Rightarrow$  On utilise les diodes à infrarouge
- la plus utilisée dans les réseaux locaux
- Débit limité à 1 Gb/s
- Egalisation des temps de propagation  
 $\Rightarrow$  Réduction de la dispersion inter-modale

## La fibre monomode



- Taille du cœur (5 à 10  $\mu\text{m}$ ), de la gaine (125  $\mu\text{m}$ ).
- Propagation axiale seulement des rayons lumineux (1 mode)
- Ouverture Numérique  $\approx 0$
- Fenêtre spectrale 1300 nm et 1550 nm (en général)  
 $\Rightarrow$  On utilise les lasers
- Dispersion quasi nulle (modale et chromatique).
- La bande passante transmise presque infinie ( $>10$  Gb/km)

## Atténuation



- L'atténuation reste constante en fonction de la fréquence.
- Dispersion limite la largeur de la bande passante.
- Proportionnalité 1dB/Km => 0.1dB/100m

## Câble Optique Tableaux comparatifs

| Caractéristiques   | Multimode<br>Saut d'indice | Multimode<br>Gradient d'indice       | Monomode         |
|--------------------|----------------------------|--------------------------------------|------------------|
| Ø Cœur (μm)        | 100<Ø<600                  | 50<Ø<100                             | 8<Ø<10           |
| Ø Gaine (μm)       | 140<Ø<1000                 | 125<Ø<150                            | 125              |
| Indice Cœur        | Constant                   | Diminue du centre vers la périphérie | Constant         |
| O.Numérique        | 0.3                        | 0.2 à 0.27                           | 0                |
| BP (MHz/Km)        | < 100                      | < 1200                               | > 10000          |
| Atténuation à 0.85 | 3 à 20 dB/Km               | 2 à 4.5 dB/Km                        |                  |
| Atténuation à 1.3  |                            | 0.6 à 1.5 dB/Km                      | 0.3 à 0.5 dB/Km  |
| Atténuation à 1.55 |                            |                                      | 0.16 à 0.3 dB/Km |

## Câbles à fibres optiques

- Le câble à structure libre tubée
- n fibres dans m tubes de protection libres en hélice autour d'un porteur central
- La capacité type est de 2 à 432 fibres,



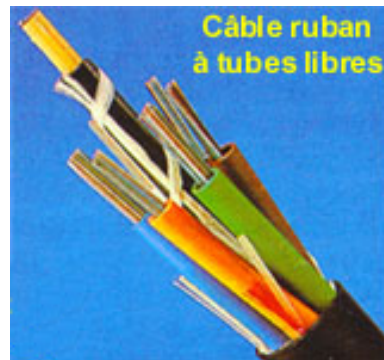
## Câbles à fibres optiques

- le câble ruban à tube central (n fibres les unes à côté des autres dans m rubans dans 1 tube central).
- La capacité type est de 12 fibres par 18



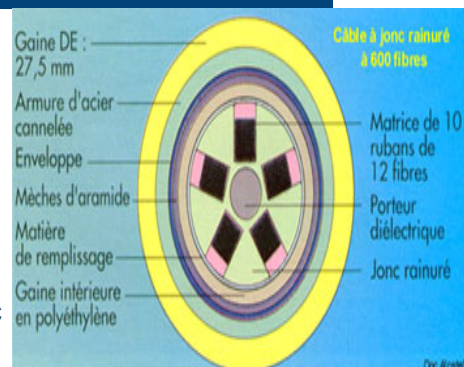
## Câbles à fibres optiques

- le câble ruban à tubes libres (n fibres les unes à côté des autres dans m rubans dans p tubes libres en hélice autour d'un porteur central).



## Câbles à fibres optiques

- le câble à jonc rainuré (n fibres dans m rubans dans p joncs). La capacité type est de  $(8 \text{ à } 12) \times 10 \times 5 = 400 \text{ à } 600$  fibres.
- le câble ruban à jonc rainuré,



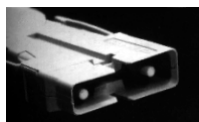
## Connecteurs de fibre optique



*Connecteur ST*



*Connecteur SC*



*Connecteur FDDI ou MIC*

## Principe de base du câblage

## Principes de base du câblage

- Pré ou Post Câblage = Recherche d'économie financière (mélange téléphonie et informatique) et de facilité d'exploitation
  - Optimisation des coûts d'installation et d'exploitation
    - À terme, le pré-câblage est + économique
  - Souplesse d'exploitation et sécurité
    - Pas d'intervention sur la partie fixe du câblage
  - Conformité aux normes internationales,
    - Offres supérieures aux normes dues à la forte évolution de la demande
  - Câbler pour l'avenir (10 à 15 ans).

## Principe de base du câblage

- Banalisation de la connectique (RJ45 pour câble cuivre)
  - Adaptateurs possibles fonction du matériel à brancher
- Banalisation des câbles eux mêmes
  - 4 paires torsadées 100Ω normalisé (ou 120Ω)(pas de mélange)
- Ajout de la fibre optique pour
  - Les longues distances,
  - Les liaisons inter bâtiments ou autres passages difficiles,
  - Pour les dorsales grâce à leurs bandes passantes élevées pour assurer la pérennité dans le temps.

## Principes de base du câblage

- Respect des règles de conception et d'installation
- Répondre à l'ensemble des besoins des utilisateurs
  - Diversités des flux (numérique, analogique)
  - Diversités des protocoles (fréquences variables)
  - Évolutivité (clé de la durée de vie du câblage)
  - Performances (surdimensionnement des besoins en débit)
  - Mobilité (surdimensionnement des besoins en prise)

## Principes de base du câblage

- Topologie de distribution en étoile à la base
  - C'est la plus ouverte
- Indépendance par rapport à l'architecture réseau