



## Les supports de transmission

T. BEJAOUI

<http://tarek.bejaoui.googlepages.com>



# Comment choisir un câble ?

Plusieurs critères entrent en jeu, notamment:

- Combien de matériels doit-on raccorder sur le support ?
- Quel protocole de communication utilise t'on ?
- Quelle longueur de câble faut-il ?
- Quelle vitesse de transmission veut on atteindre?
- Dans quel environnement va se trouver le câble (perturbations magnétiques...) ?



# Comment choisir un câble ?

## Effets sur la transmission

Les données transitent sur le câble au moyen d'un signal qui peut varier à cause :

- de perturbations magnétiques
- d'une distance trop longue à parcourir
- de l'impédance du câble ...



# Comment choisir un câble ?

## Les caractéristiques

Les câbles sont donc caractérisés par:

- L'atténuation du signal
- Sa bande passante (fréquence maximale du signal en Hertz, ou débit en bit/s)
- Son taux d'erreur (le support selon sa qualité est lui-même source d'erreur)
- Sa facilité à être connecté au matériel



# La normalisation (1)

Appellation normalisée par l'IEEE:

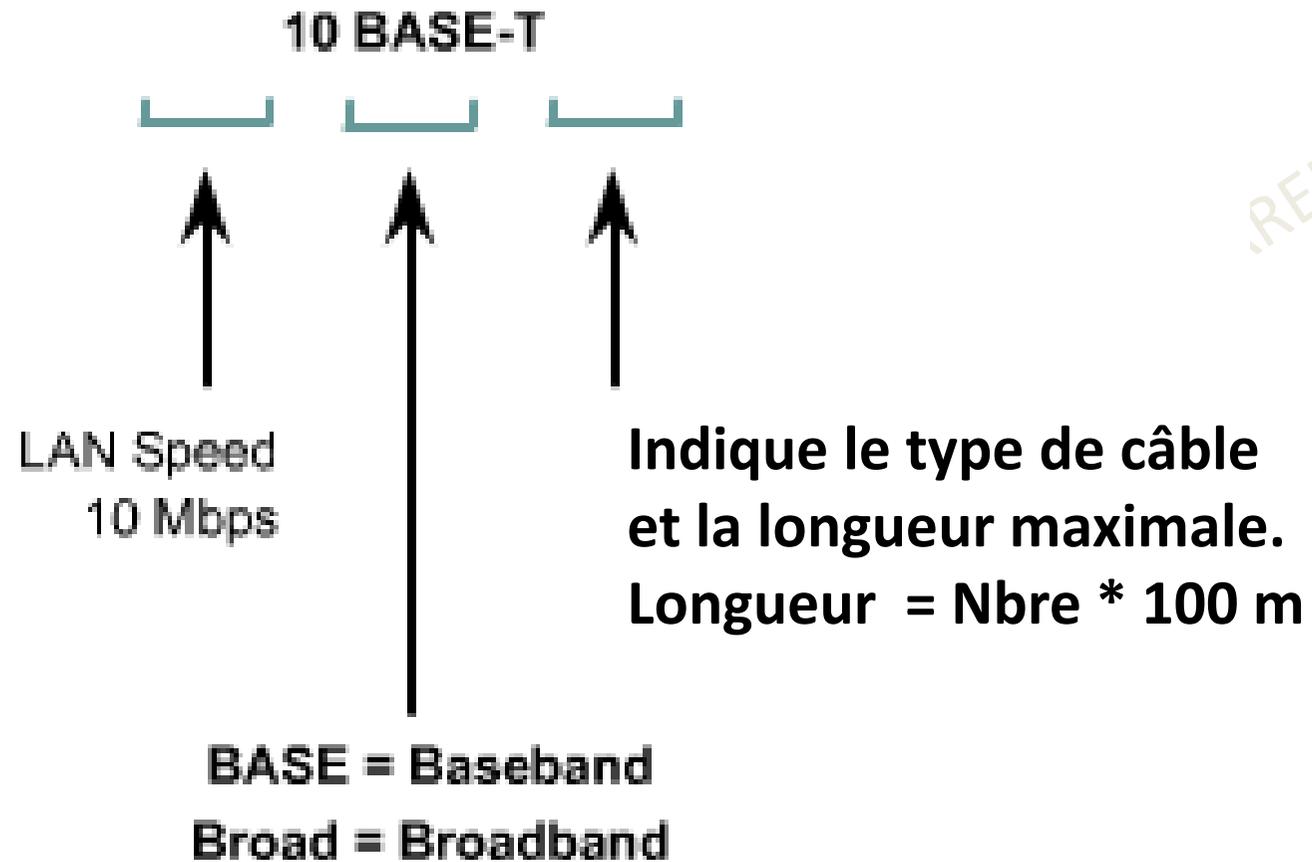
→ Nom composé de trois parties:

- **La fréquence** de transmission du signal en MHz (10 ou 100 MHz) à associer au nombre de Mbit/s vitesse de transmission de l'information
- **Le type de canal** de communication utilisé:
  - Bande de base (Base Band): le canal utilisé ne l'est que par un émetteur à la fois (On peut le comparer avec le téléphone standard où une seule personne peut parler à la fois).
  - Bande large (Broad Band) : Le support est découpé virtuellement en plusieurs canaux. Plusieurs machines peuvent transmettre des données à la fois (On peut le comparer avec la télévision où sur un même câble on reçoit plusieurs chaînes).
- **La longueur maximale** d'un segment en centaines de mètres ou le type de support.

exemples: 10Base2, 10Base5, 10Broad36, 100BaseT, 100BaseF...



# La normalisation (2)



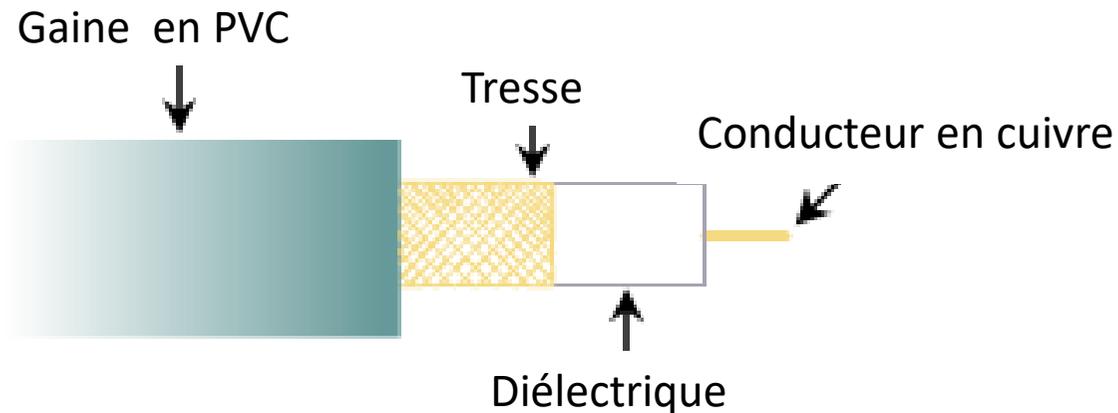


# Le câble coaxial

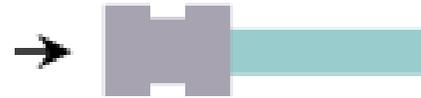




## Le câble coaxial (2)



Connecteur BNC →



- La topologie utilisée est celle du Bus
- Le câble possède une large bande passante
- Peu sensible aux parasites



# Le câble coaxial : 10BASE2

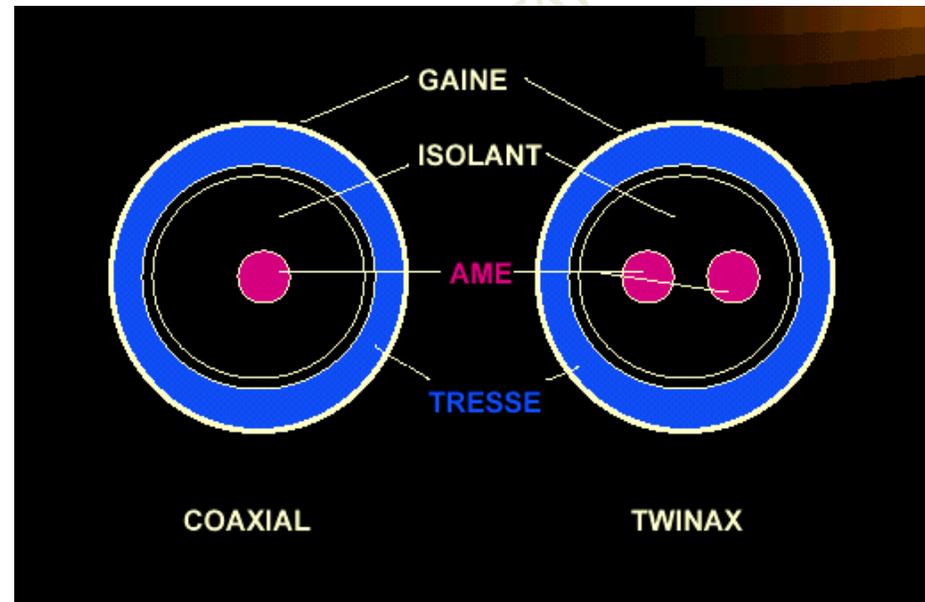
- Appelé aussi **Ethernet fin** ou **Thin Ethernet**.
- Son Impédance à ses extrémités doit être de 50 ohms.
- Vitesse de transmission des informations est de 10 Mbits/s
- Longueur maximale d'un segment est de 185m
- 5 segments max de bout à bout → couverture max de  $5 * 185 = 925m$
- **Seuls 3 des 5 segments peuvent être « porteurs »**
- 30 postes au max peuvent être connectés sur un segment
- Espacement entre chaque poste doit être au minimum 0.5m
- Diamètre du câble de 5 millimètres
- Câble terminé par 2 conducteurs BNC sertis ayant pour impédance 50 ohms
- Connexions se font par des prises en T



# Le câble coaxial : 10BASE5

- Appelé aussi **Gros Ethernet** ou **Thick Ethernet**.
- Son Impédance à ses extrémités de 50 ohms.
- Vitesse de transmission des informations est de 10 Mbits/s
- Longueur maximale d'un segment est de 500m
- On ne peut pas utiliser des longueurs aléatoires de câbles → fréquence utilisée oblige à découper le câble selon certaines règles: longueurs doivent être: 23.4m, 70.2m... **on ajoute 46.8m à chaque fois**
- 5 segments max de bout à bout → couverture max de  $5 * 500 = 2500m$
- **Seuls 3 des 5 segments peuvent être « porteurs »**
- 100 postes au max peuvent être connectés sur un segment
- Espacement entre chaque poste doit être un multiple de 2.5m
- Diamètre du câble de 10 millimètres
- Connexion sur le câble se fait au moyen d'un **Transceiver** qu'il faudra connecter au poste de travail.
- La distance maximale du câble est de 50 m. La connectique utilisée est la prise DB15.

# Le câble Twinaxial



- Deux conducteurs centraux entourés d'une gaine isolante
- Un conducteur externe cocentrique
- Pour un rendement optimal:

$$\frac{\text{diamètre de la tresse}}{\text{diamètre de l'âme}} = 3,6$$

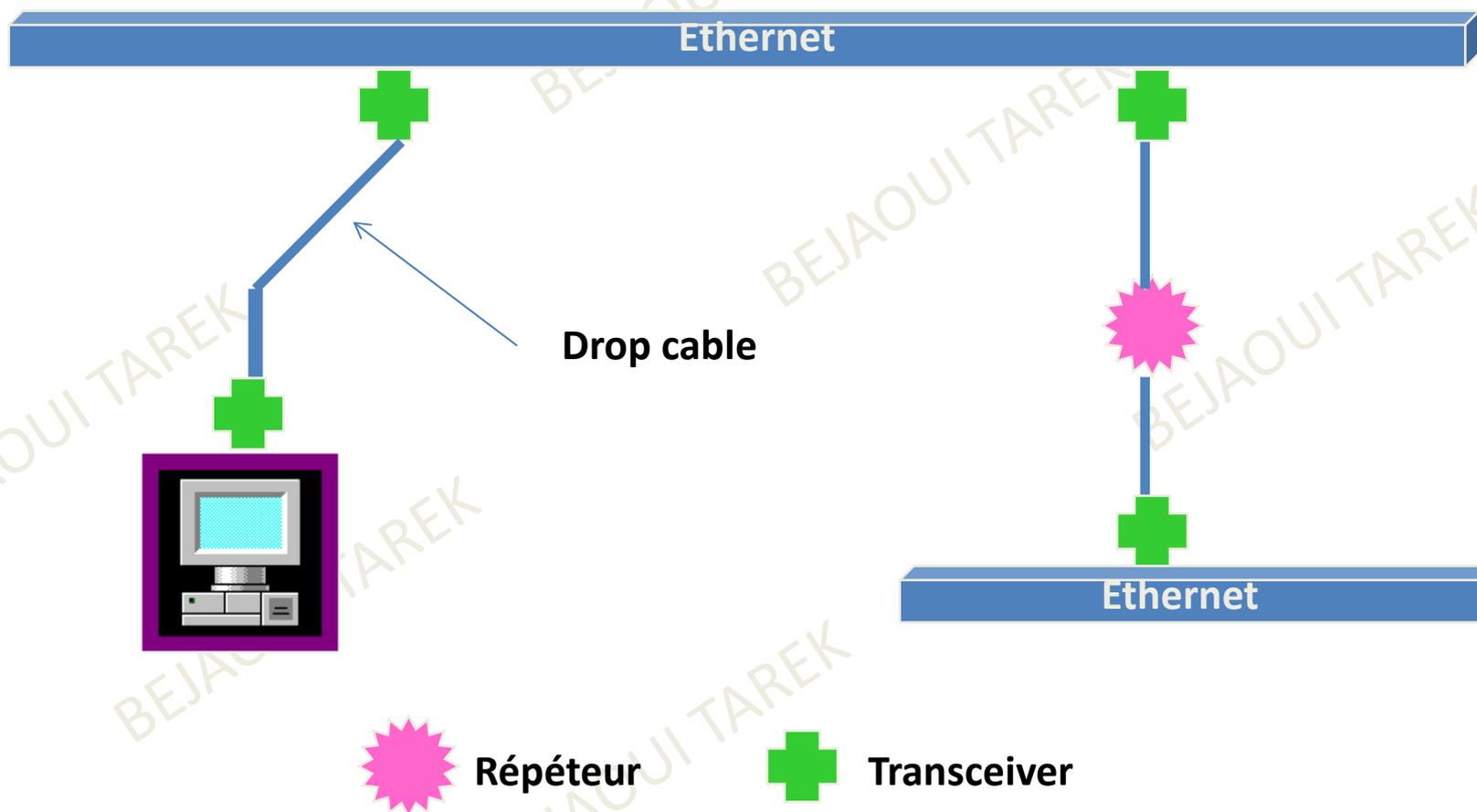


# La connectique (1)

- Entre une station (coupleur Ethernet) et le coaxial:
  - un câble de transceiver (câble de descente: drop cable)
  - un transceiver (appelé également MAU: Medium Attachment Unit)

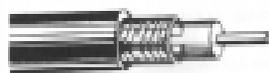


# La connectique (2)

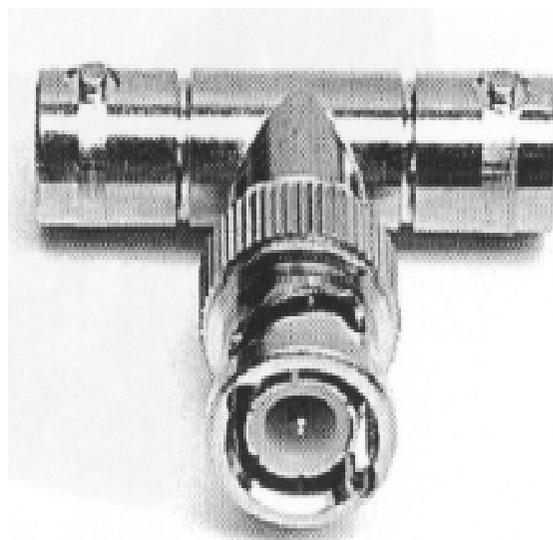




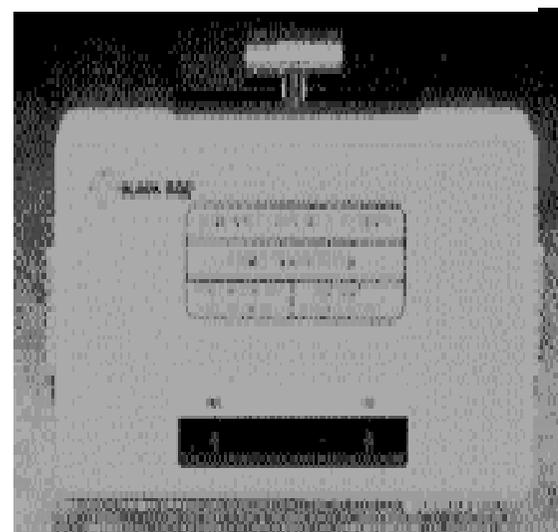
# La connectique 10Base2



câble thin ethernet



prise BNC en T



Transceiver



# Le transceiver (1)

- Fonctions du transceiver
  - transmettre et recevoir les bits,
  - détecter les collisions; la détection de collision est effectuée par comparaison entre les signaux émis et les signaux reçus pendant le RTD, le processus est analogique et nécessite un encodage approprié (Manchester),
  - jabber : limiteur de longueur de trame; si une trame est trop longue, il active le signal de présence de collision (Signal Quality Error ou Heart Beat).



## Le transceiver (2)



Tarek BEJAOU



## Le transceiver (3)

- Le câble de transceiver
  - bleu, également appelé Attachment Unit Interface (AUI), ou câble de descente (drop cable)
  - relie le transceiver au coupleur
  - constitué de 4 ou 5 paires torsadées :
    1. une paire pour l'alimentation
    2. une paire pour les signaux de données en entrées
    3. une paire pour les signaux de données en sortie

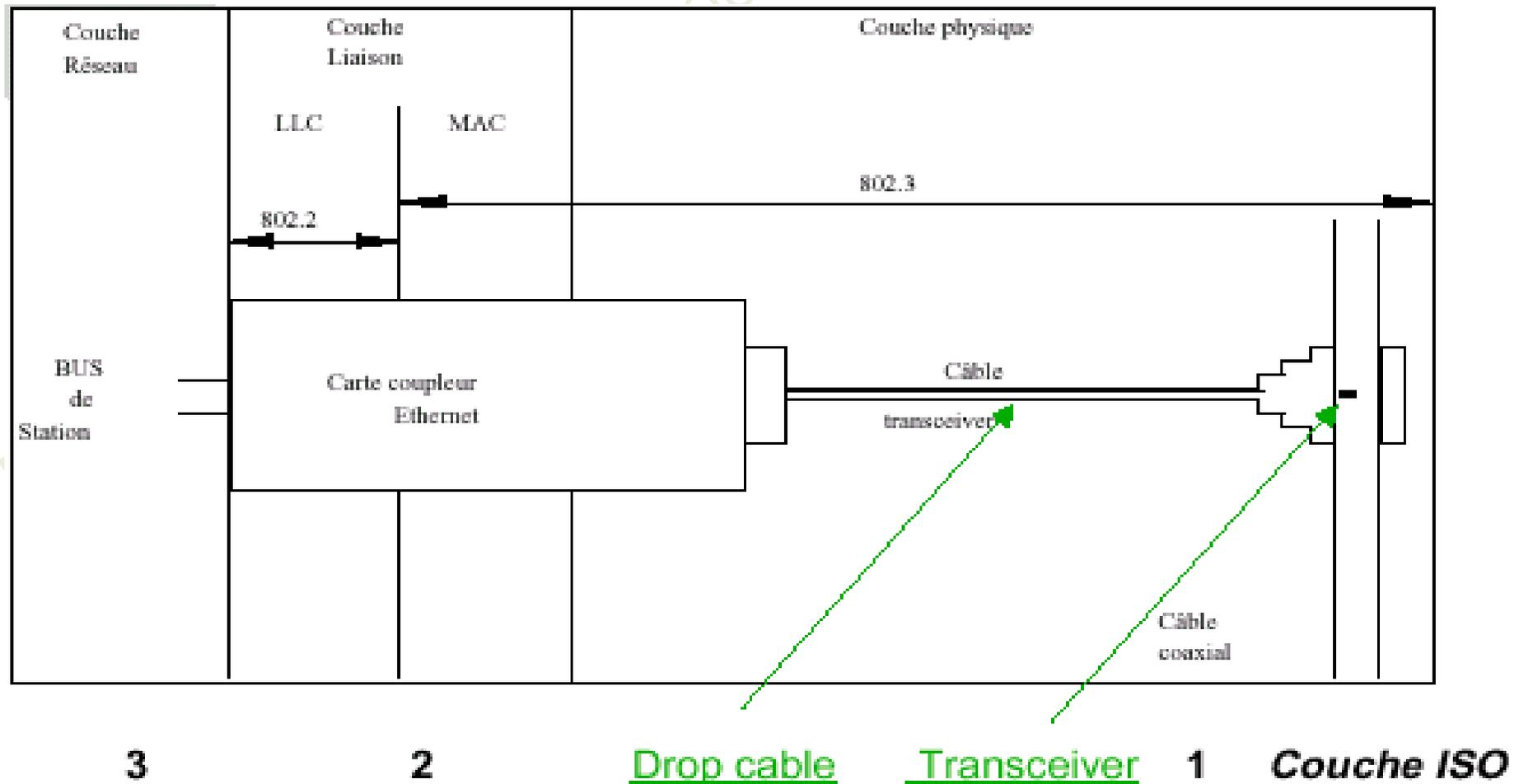


## Le transceiver (4)

4. une paire pour les signaux de contrôle en entrées:
    - ✓ transceiver prêt à émettre,
    - ✓ transceiver non prêt à émettre,
    - ✓ erreur de qualité de signal (SQE) émis sur détection de collision ou trame tronquée (jabber),
  5. une paire optionnelle pour les signaux de contrôle en sortie (coupleur --> transceiver) permettant de commander le transceiver :
    - ✓ entrer en mode monitor,
    - ✓ passer en mode normal,
    - ✓ se rendre prêt à émettre.
- longueur maximum de 50 m,
  - connecteur 15 pins (une paire protégée = 3 fils) dit "prise AUI" de chaque côté.



# Le modèle en couche





# Les câbles à paires torsadées



BEJAOUI TAREK

BEJ

BEJAOUI TAREK

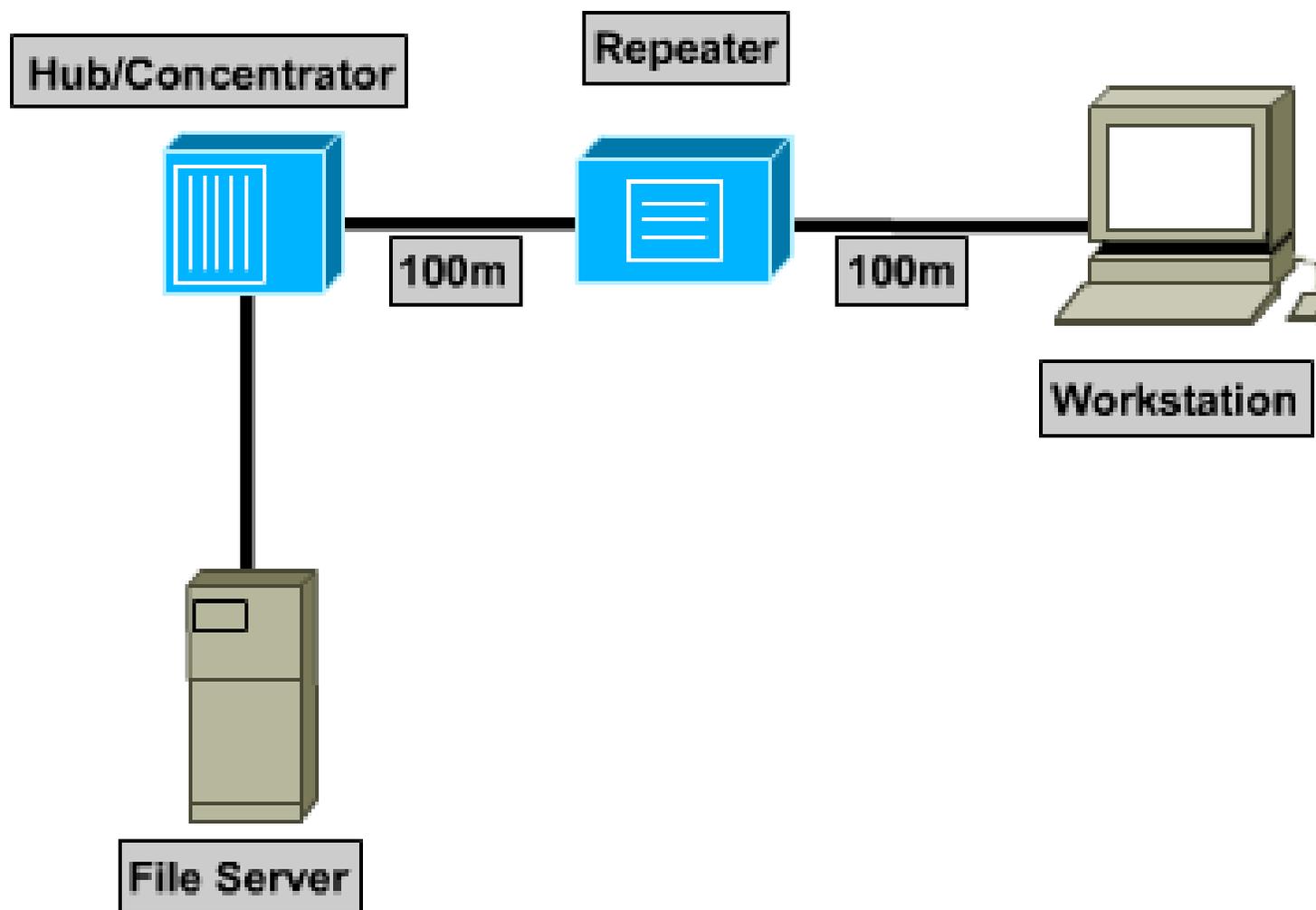


# Les câbles à paires torsadées (1)

- La paire torsadée est constituée de 2 conducteurs torsadés ensemble
- Son impédance caractéristique est constante sur toute sa longueur (100 ohms, 120 ohms, 150 ohms)
  - l'impédance est une valeur caractéristique d'un milieu traversé par une onde:  $Z=E/B$
- Câble utilisé en topologie **étoile**
- La vitesse de transmission est de 100 Mbits/s
- La longueur maximale d'un segment est de 100m
- 4 segments peuvent être mis de bout en bout  
→ couverture max de 400m
- Le nombre de postes connectés dépend du matériel de raccordement utilisé
- Le matériel central peut être un concentrateur ou un commutateur



# Les câbles à paires torsadées (2)



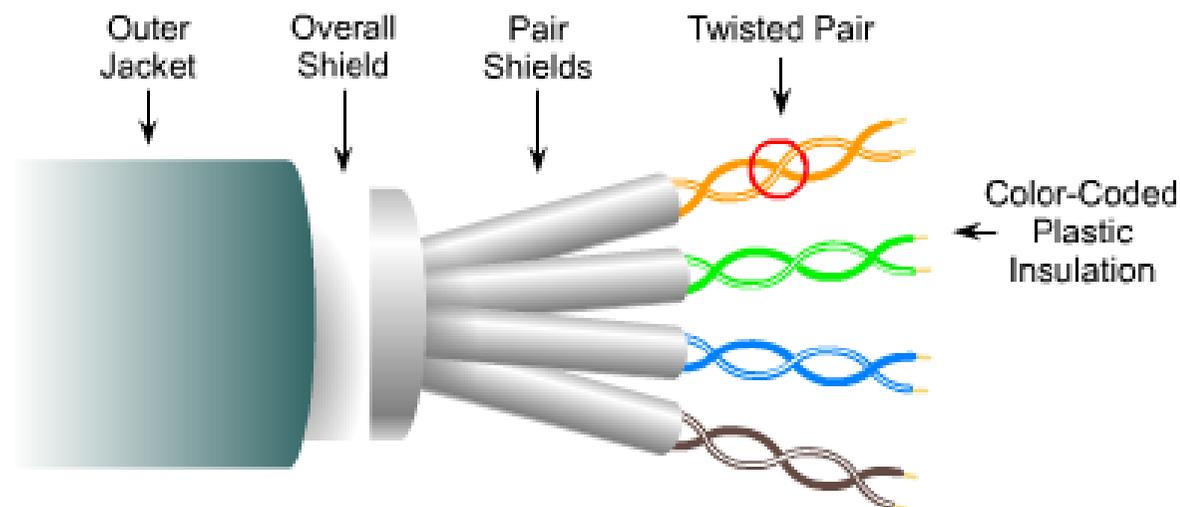


# Catégories des câbles à paires torsadées

- A paires non blindées, non écrantées : UTP (Unshielded Twisted Pair)
- Câbles écrantés : FTP (Foiled Twisted pair)
- Câbles écrantés et blindés: SFTP
- Câbles à paires blindées : STP (Shielded Twisted pair)



# Les câbles à paires blindés (STP: Shielded Twisted pair)



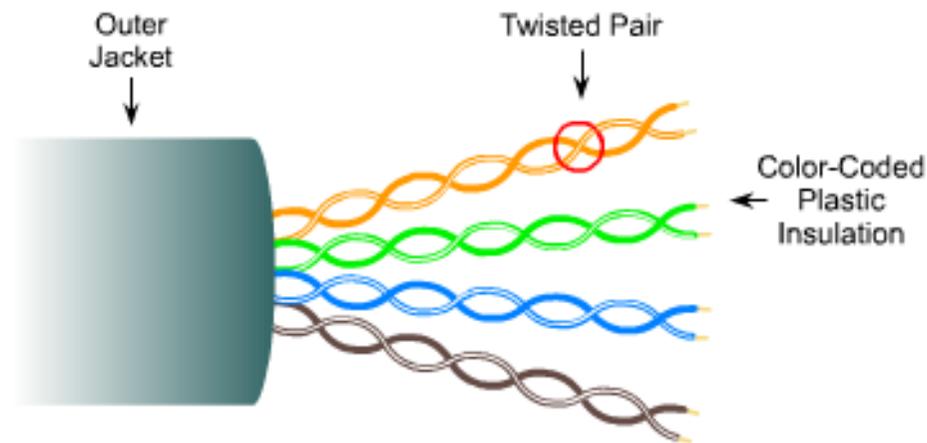
Le blindage consiste à entourer chaque paire d'une tresse métallique ou d'un feuillard fin en aluminium



# Les câbles Ecrantés (FTP: Foiled Twisted Pair)

- L'écrantage consiste à entourer toutes les paires d'un même câble d'une tresse métallique ou d'un feuillard fin en aluminium

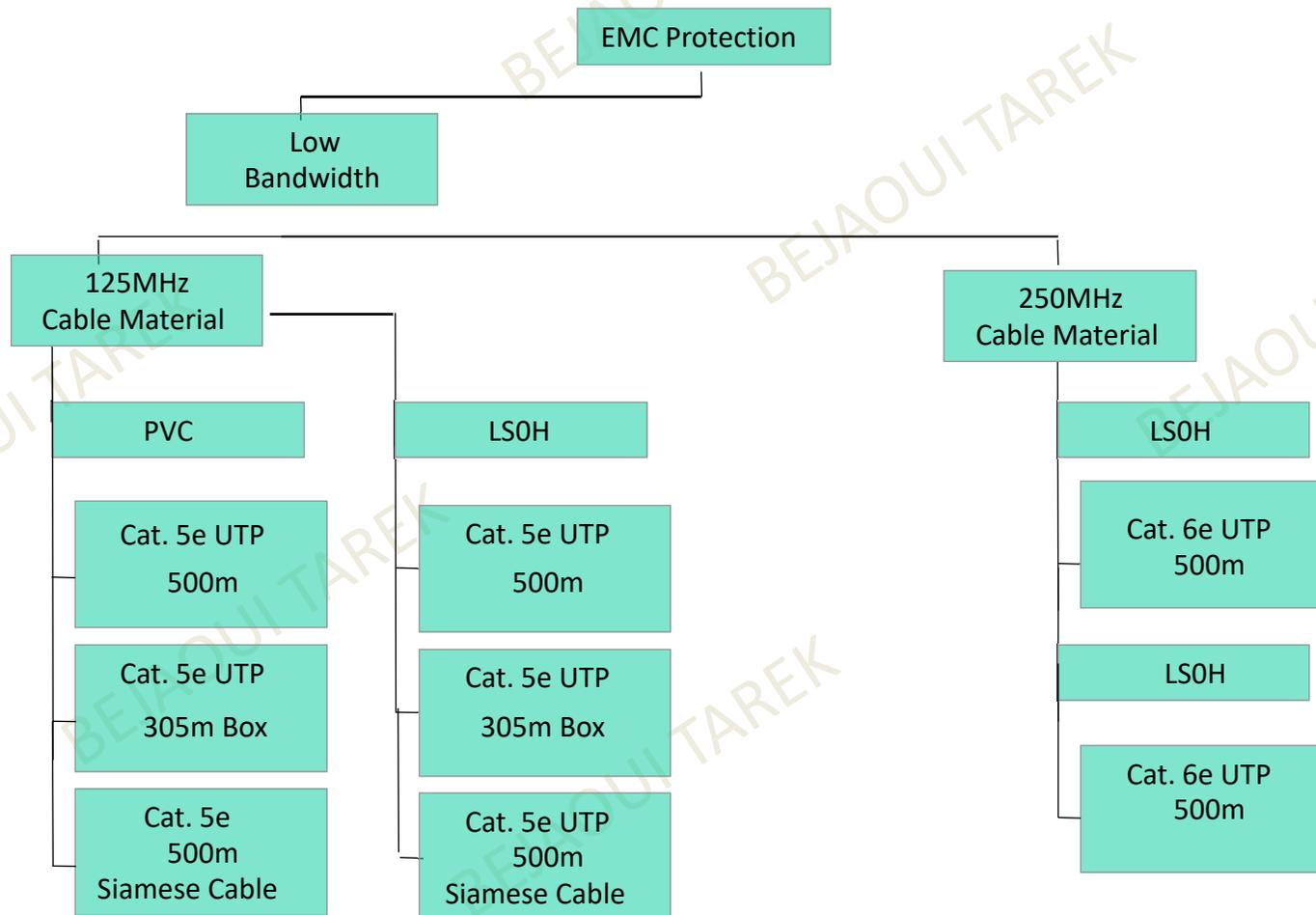
# Les câbles à paires torsadées non blindés, non écrantés (UTP: Unshielded Twisted Pair)



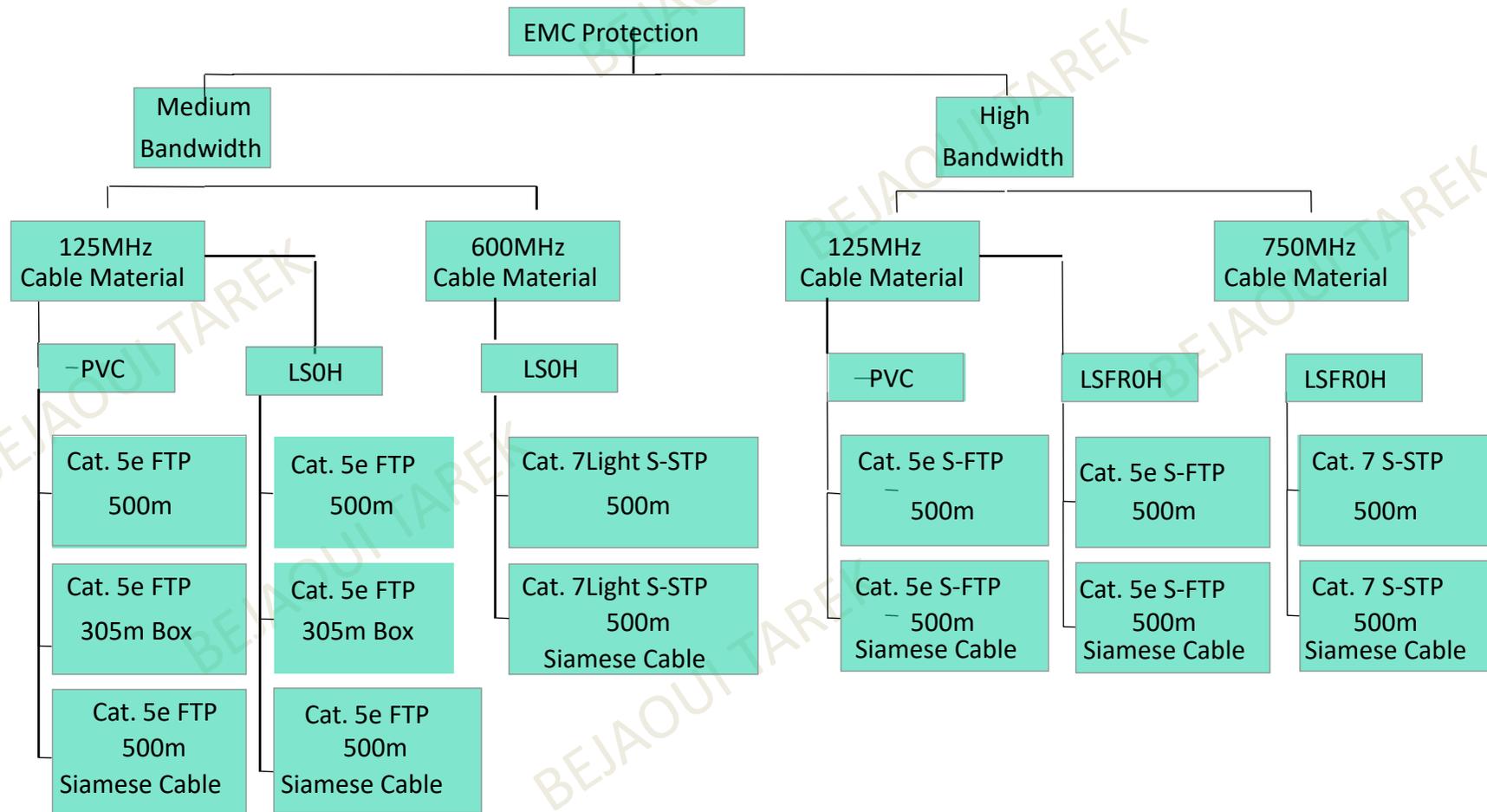
- La vitesse de transmission et débit : 10-100-1000 Mbps (dépend de la qualité/catégorie du câble)
- Prix moyen par nœud: moins cher
- Longueur maximale du câble: 100m



# Table de Décision (Faible Bande-passante)



# Table de Décision (Medium / Haute Bande passante)





# La normalisation

## Caractéristiques

- Tous les câbles doivent répondre aux spécifications **ISO/IEC 11801, EN 50173, EN 50167, EN 50169, EIA/TIA 568A, prEN 50288-X-X.**
- Codes couleurs IEC.
- Des câbles pour différentes utilisations:  
Temperature d'utilisation : -20°C to +75°C

# Performances pour les Câbles d'Installation

## Cat. 5/5e/6/7



	Cat. 5 prEN50288-2-1/-3-1		Cat. 5e EIA/TIA proposal		Cat. 6 prEN50288-5-1		Cat. 7 prEN50288-4-1	
Frequenz [MHz]	Attenuation [dB]	NEXT [dB]	Attenuation [dB]	NEXT [dB]	Attenuation [dB]	NEXT [dB]	Attenuation [dB]	NEXT [dB]
1	2,1	62,0	2,1	65,0	2,1	66,0	2,1	80,0
4	4,3	53,0	4,3	56,0	3,8	66,0	3,9	80,0
10	6,6	47,0	6,6	50,0	6,0	60,0	6,0	80,0
16	8,2	44,0	8,2	47,0	7,6	57,0	7,6	80,0
20	9,2	42,0	9,2	45,0	8,5	55,5	8,5	80,0
31,25	11,8	40,0	11,8	43,0	10,8	52,6	10,6	80,0
62,5	17,1	35,0	17,1	38,0	15,5	48,1	15,0	75,0
100	22,0	32,0	22,0	35,0	19,9	45,0	19,0	71,0
155					25,3	42,2	24,0	68,0
200					29,2	40,5	27,0	66,0
300							33,0	64,0
600							50,0	60,0



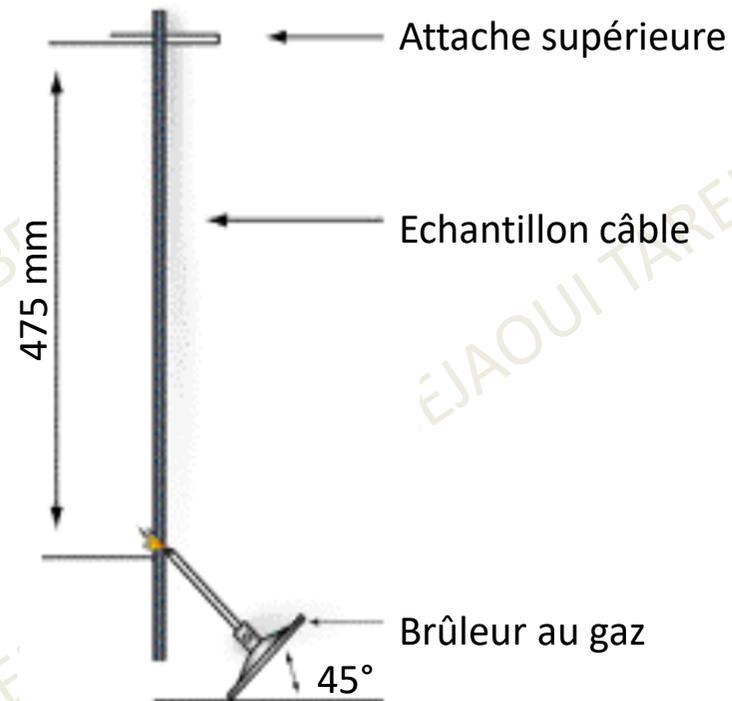
# Feux et Tests d'émanations

- IEC 60332-1:
  - Test sur câble simple.
- IEC 60332-3 Cat. C
  - Test sur câble en toron.
- IEC 61034
  - Mesure densité de fumée sous conditions définies.
- IEC 60754
  - Mesure gaz Halogène dans la combustion de matériaux plastique.

# IEC 60332-1 , Test Feux

- Un brûleur au gaz est positionné contre le câble pendant 1 minute.
- Le brûleur est coupé après 1 minute.
- Le câble doit sortir par lui-même.
- La section brûlée de doit pas excéder 425 mm.

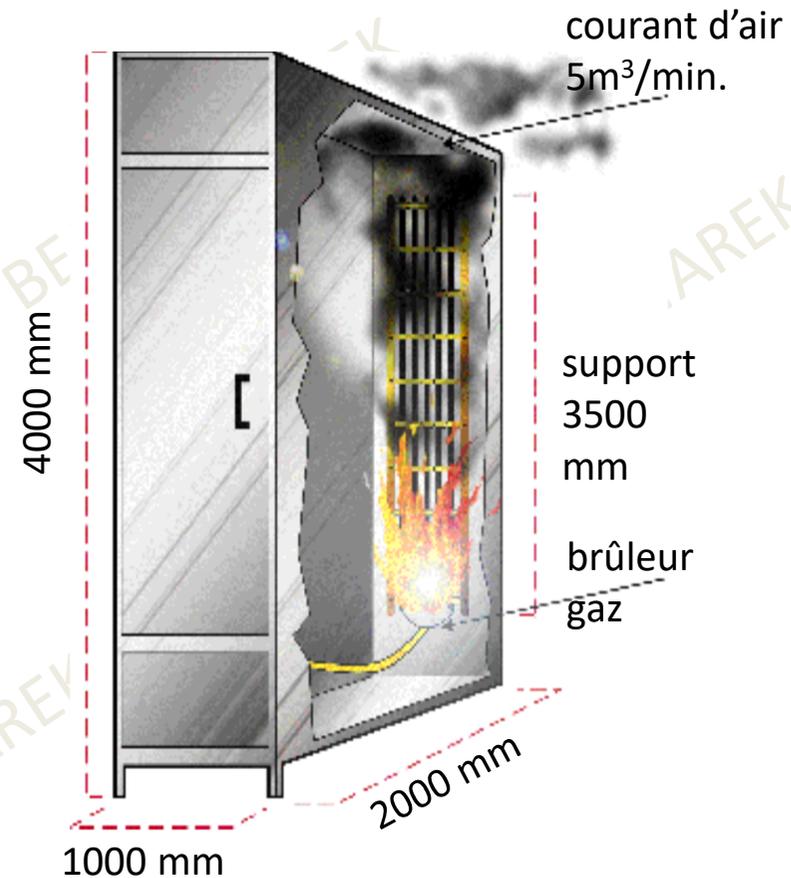
- Test simple.
- PVC et LSOH doivent passer ce test.



# IEC 60332-3 Cat. C , Test Feux sur Câbles en toron



- Complète le test feux. Effectué dans une chambre à feux spéciale
- Demand approx. 100 câbles.
- La période de test est de 20 min. Les flammes de doivent pas excéder 2.5m de hauteur.
- Les câbles FR (flame-retardant) ont un additif spécial.
- Seul les câbles LSFR0H passent ce test.





# Test d'émanation IEC 61034

- Mesure la densité de fumée sous conditions définies.
- Les câbles PVC produisent une épaisse et noire fumée. Visibilité 10%.
- Les sorties de secours ne sont plus visibles. Les émanations de fumée sont nocives.
- Difficulté pour câblages dans canalisations d'air.
- Les câbles LS (low-smoke) produisent moins d'émanations. Visibilité 90%.
- Les sorties de secours sont visibles.
- Les personnes peuvent être secourues.



# Mesure de gaz halogènes IEC 60754

- Mesure la quantité de gaz halogène qui résulte de la combustion des matériaux plastiques .
- Les gaz Halogènes combinés avec l'eau des extincteurs sont hautement corrosifs et provoquent des dégâts aux bâtiments (“rouille” des barres de renfort en fer, etc.)
- Les gaz Halogènes provoquent des symptômes d'intoxication sur les personnes.
- Les câbles PVC contiennent des éléments halogène.
- Les câbles OH (zero-halogen) ne produisent pas de gaz halogène.



# Câble Multipaires , Cat.3

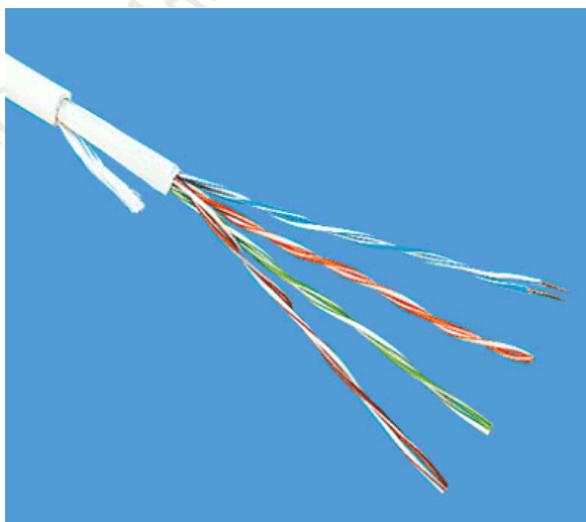
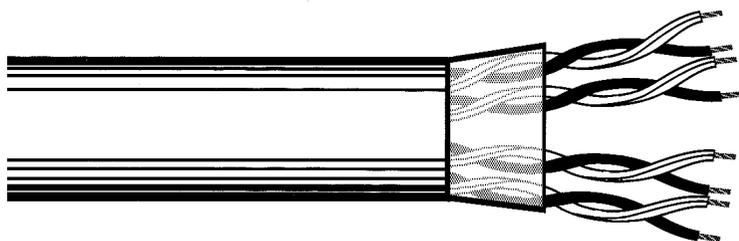


## •Caractéristiques

- Câble pour application téléphonie.
- Convient pour la transmission Voix, vidéo et data jusqu'à la fréquence de 16 MHz
- Dimensions: paire x2x0,5 mm (AWG24) American Wire Gage - A wire diameter specification. The smaller the AWG number, the larger the wire diameter.
- Types: 20, 25, 40, 50 et 100 paires.
- Versions UTP ou FTP
- Gaine PVC ou LSOH
- Flammabilité / zéro-halogène suivant IEC 332-1



# Câble, Cat.5e, UTP



## •Caractéristiques

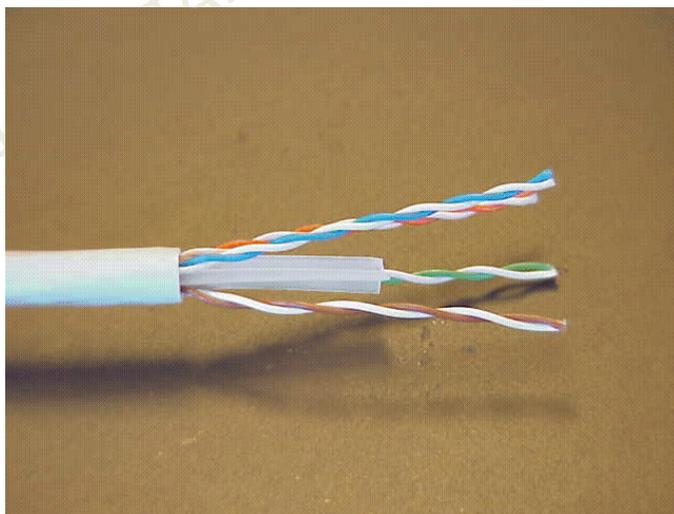
- UTP, 100 ohm.
- 4 paires ou 2x4 paires.
- Diamètre conducteur 0.5mm.
- Symétrie paires optimisée pour un excellent NEXT
- Film transparent protection paires.
- Gaine PVC ou LSOH
- Max. 5.4 mm Diam. sur gaine



# Câble, Cat.6, UTP

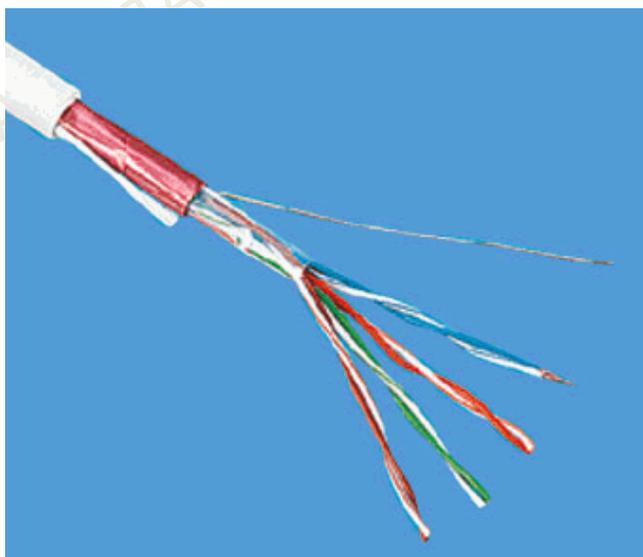
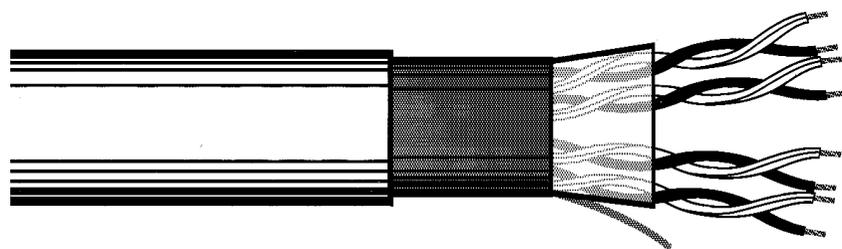
## •Caractéristiques :

- UTP, 100 Ohm
- 4 Paires
- 0.57 mm diam. cuivre
- Spacer pour Next optimisé
- Testé jusqu'à 250 MHz sur tous paramètres
- Gaine PVC ou LSOH





# Câble, Cat.5e, FTP

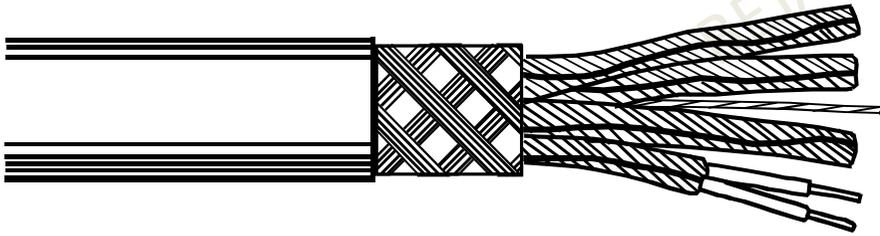


## •Caractéristiques

- Câbles écrantés, 100 Ohm
- 4 paires ou 2x4 paires
- Diam. Cuivre 0.5mm
- Ecran Alu avec drain 0.5mm
- Film autour des paires pour assurer maintien des performances
- Gaine PVC ou LSOH



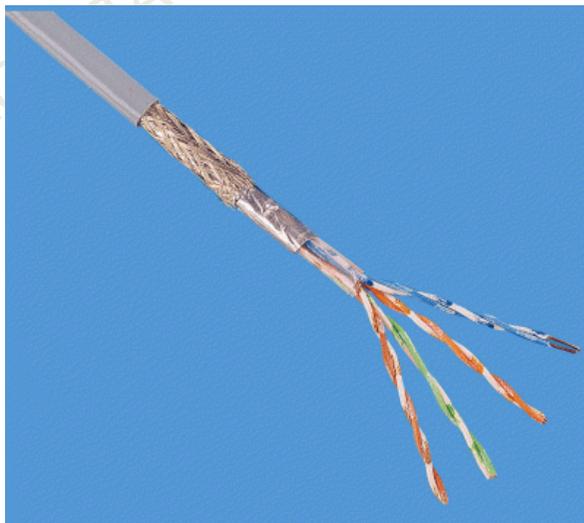
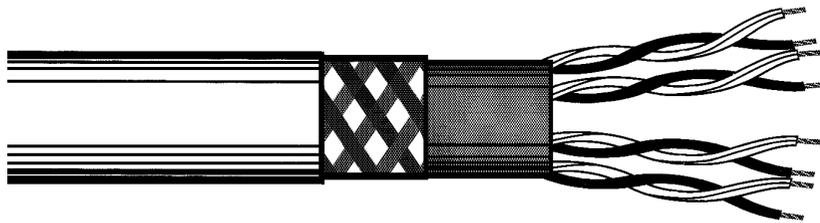
# Installation Cables, Cat.7Light, S-STP



- Ecran par paire, 100 Ohm
- 4 paires ou 2 x 4 paires
- Diamètre Cuivre 0.55mm
- Taux de recouvrement 41%
- Faible diamètre sur gaine (7.4 mm)
- Performances (Cat. 7)
- Gaine LS0H



# Installation Cables, Cat.5e, S-FTP

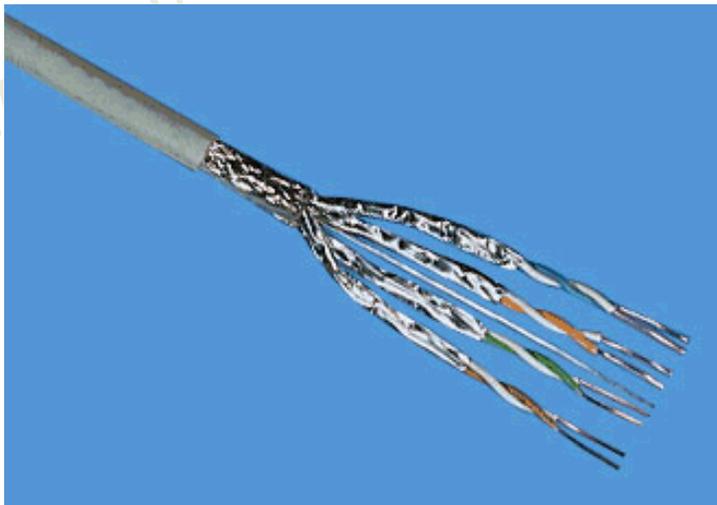
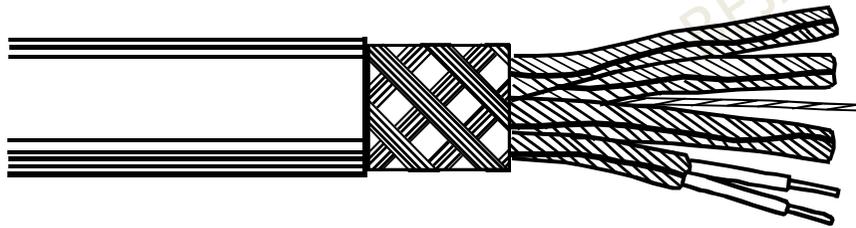


## •Caractéristiques

- Câble écran / tresse- 100 ohm
- 4 paires ou 2x4 Paires
- Diam. sur cuivre 0.5mm
- Double blindage par écran et tresse générale pour efficacité à hautes et basses fréquences
- Gaine PVC et LSFROH
- Flammabilité selon tests EN 60332-3c



# Installation Cables, Cat.7, S-STP



## •Caractéristiques

- Ecran par paire et tresse générale
- Flammabilité selon IEC 332-3c
- 4 paires et 2x4 paires
- Diamètre sur Cuivre 0.57mm
- Taux de recouvrement tresse 65%
- Marge de manoeuvre importante
  - > 30dB ACR à 600MHz



# Manchon RJ45 et Clips Couleur (1)

- Les clips couleurs, qui sont disponibles en 8 couleurs différentes, permettent de marquer et identifier les cordons de brassage en accord avec la séquence pin ou des différents services réseaux.
- Les clips couleurs s'installent en quelques secondes. En cas de modification, il suffit de les remplacer par une autre couleur.

**Clips Couleurs**



**Manchons RJ45**

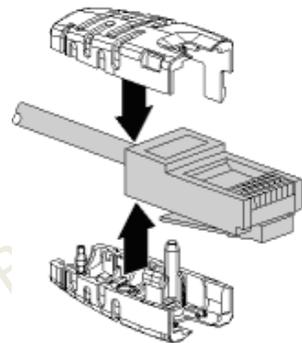




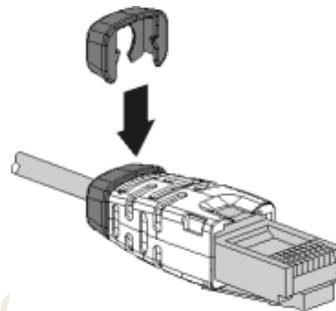
# Manchon RJ45 et Clips Couleur (2)

## Caractéristiques

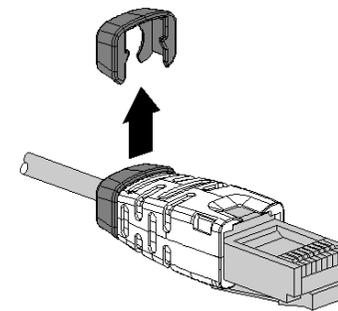
- Identification facile des différents services réseaux (voix, données).
- Clips couleurs échangeables et ré-utilisables.
- Diamètre Câble (3.5 à 6.2 mm).
- Matériau sans-Halogène



Assemblage du plug RJ45



Montage du clip

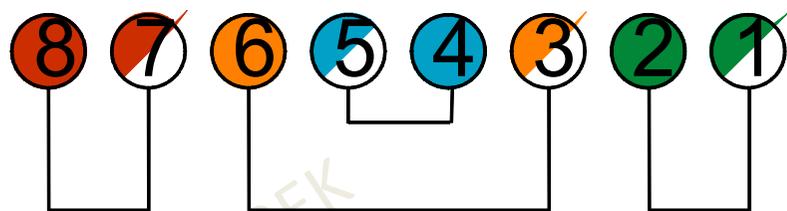


Démontage du clip

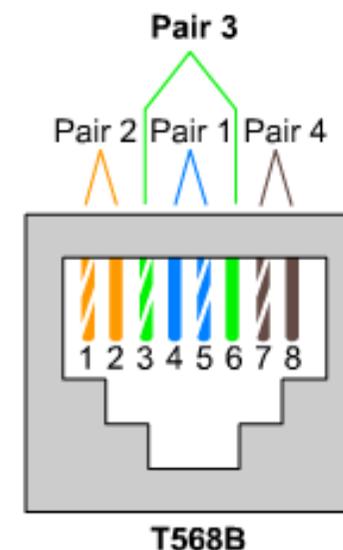
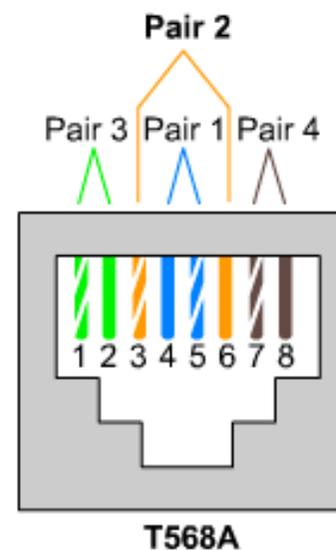
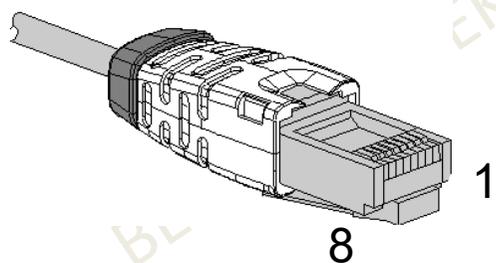


# La connectique

## Câblage Recommandé



## Attribution Pin du plug RJ45





# Câble droit ou croisé ?





# Câble droit ou croisé ?

Pin 1 ----- Pin 1  
Pin 2 ----- Pin 2  
Pin 3 ----- Pin 3  
Pin 4 ----- Pin 4  
Pin 5 ----- Pin 5  
Pin 6 ----- Pin 6  
Pin 7 ----- Pin 7  
Pin 8 ----- Pin 8

BEJA

JUI TAREK

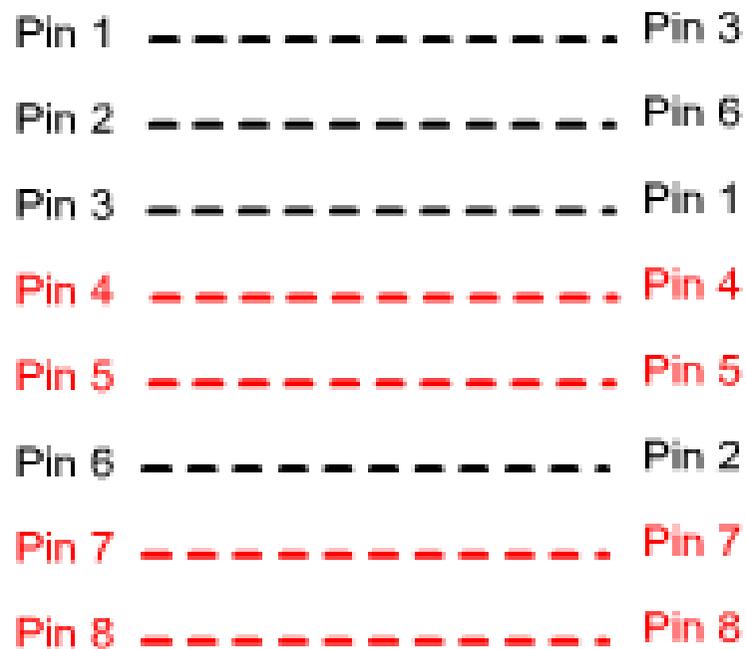


# Câble droit ou croisé ?





# Câble droit ou croisé ?

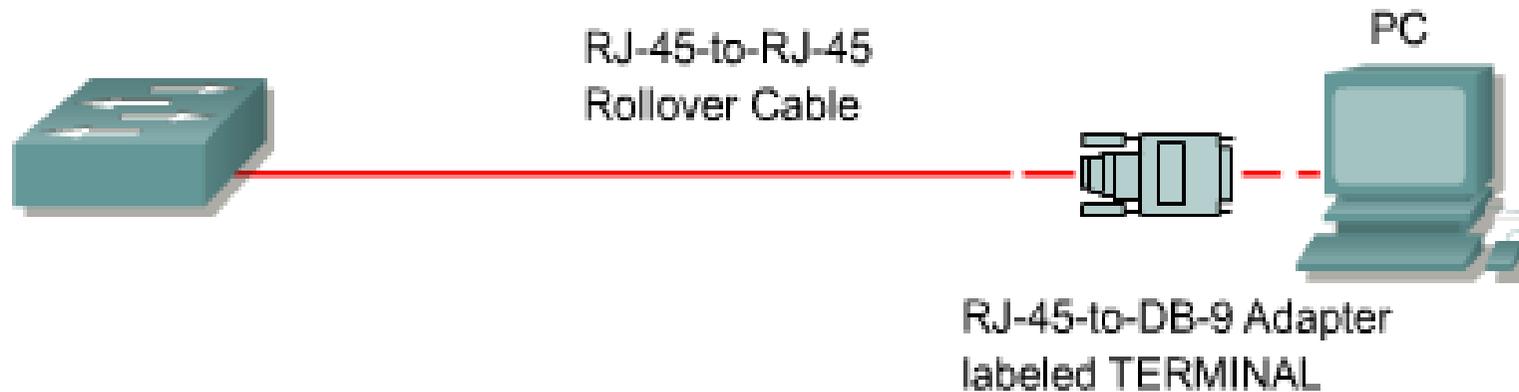


Un câble Ethernet croisé (10BASE-T et 100BASE-TX) possède seulement 4 fils actifs 1,2,3 et 6



# Câble droit ou croisé ?

Device with Console



- Les PCs nécessitent un adaptateur RJ-45/DB-9 ou RJ-45/DB-25
- Les paramètres par défaut du port COM sont 9600bps, 8 bits de données, pas de parité, 1 bit d'arrêt, pas de flux de contrôle



# Câble droit ou croisé ?

Pin 1 ----- Pin 8  
Pin 2 ----- Pin 7  
Pin 3 ----- Pin 6  
Pin 4 ----- Pin 5  
Pin 5 ----- Pin 4  
Pin 6 ----- Pin 3  
Pin 7 ----- Pin 2  
Pin 8 ----- Pin 1

BEJAOUI T/

SI TAREK

BL



# Les supports optiques





# Les supports optiques : constituants

- Les câbles en FO sont souvent utilisés pour des liaisons point à point car ils sont encore chers.
- Les Fo sont composées de trois éléments principaux:
  - **Le cœur** : Milieu diélectrique intérieur (conducteur de lumière) où sera confinée la plus grande part de l'énergie lumineuse véhiculée dans la fibre
  - **La gaine optique** qui permet de conserver les ondes dans le cœur en jouant sur l'indice de réfraction (le cœur est entouré d'un milieu d'indice de réfraction plus faible). Les pertes des rayons lumineux se produisent dans la gaine.
  - **Le revêtement (La protection)**: l'ensemble est entouré de couches concentriques en plastique, pour fournir une protection mécanique.  
Première enveloppe au-dessus de la gaine optique.



# Les supports optiques : Vocabulaire (1)

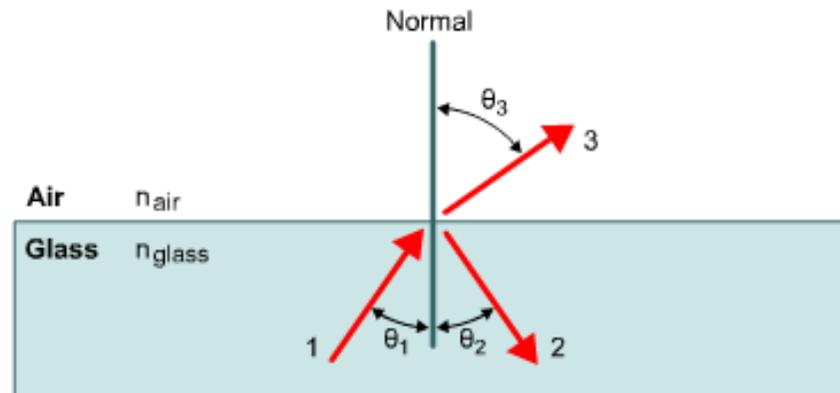
- **DIELECTRIQUE** : Substance qui ne conduit pas le courant électrique (isolant, permittivité).
- **INDICE** : rapport entre la vitesse de la lumière dans le vide et la vitesse de la lumière dans un matériau considéré.

Substance	Index of Refraction
Air	1.000
Glass	1.523
Diamond	2.419
Water	1.333



## Les supports optiques : Vocabulaire (2)

- **REFRACTION** : 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.



Ray 1: Incident ray

Ray 2: Reflected ray

Ray 3: Refracted ray

Law of Reflection:  $\theta_1 = \theta_2$

Law of Refraction: since  $n_{\text{glass}} > n_{\text{air}}$ ,  $\theta_3 > \theta_1$

Tarek BEJAOU



## Les supports optiques : Vocabulaire (3)

- L'indice de réfraction détermine la vitesse de propagation de la lumière dans le milieu.

- Pour la fibre indice # 1.45

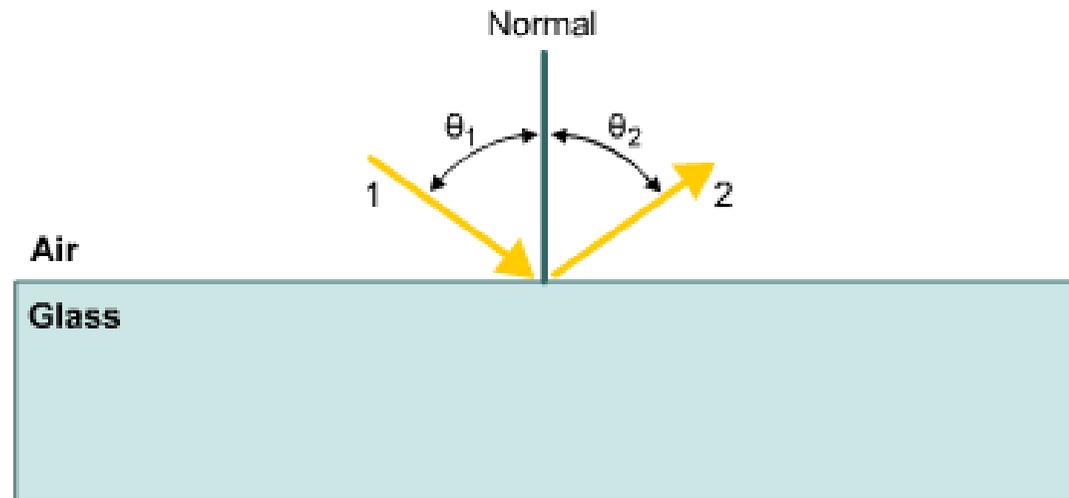
Vitesse de propagation :  $0.69 * C = 2.1 \cdot 10^8$  m/s

comparable à la vitesse de propagation des électrons dans le cuivre.



# Les supports optiques : Vocabulaire (4)

- **REFLEXION :**



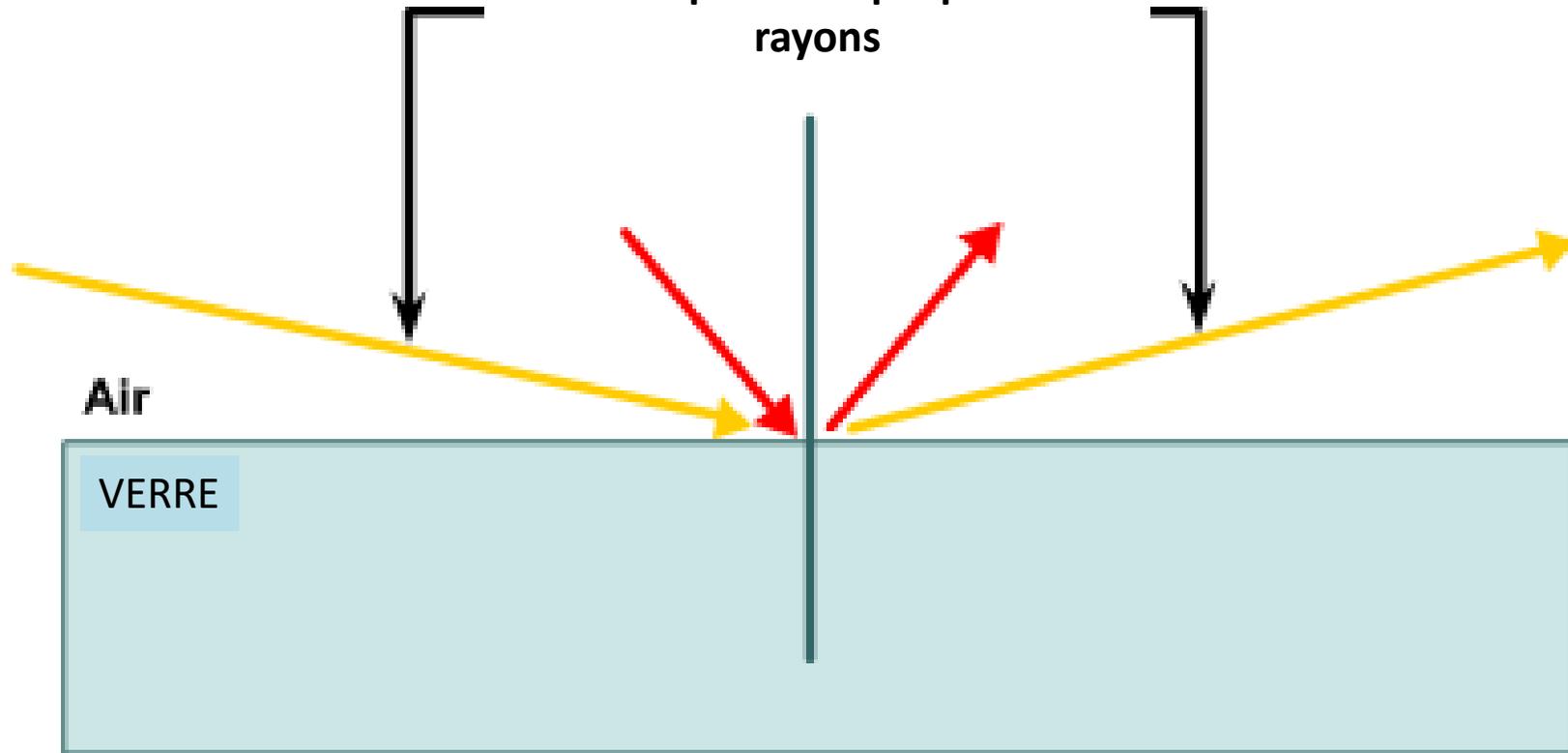
Ray 1: Incident ray, measured  $\theta_1$  degrees from the normal  
Ray 2: Reflected ray, measured  $\theta_2$  degrees from the normal  
Law of Reflection:  $\theta_1 = \theta_2$

Light traveling through the air is reflected off the surface of glass.



# Réflexion

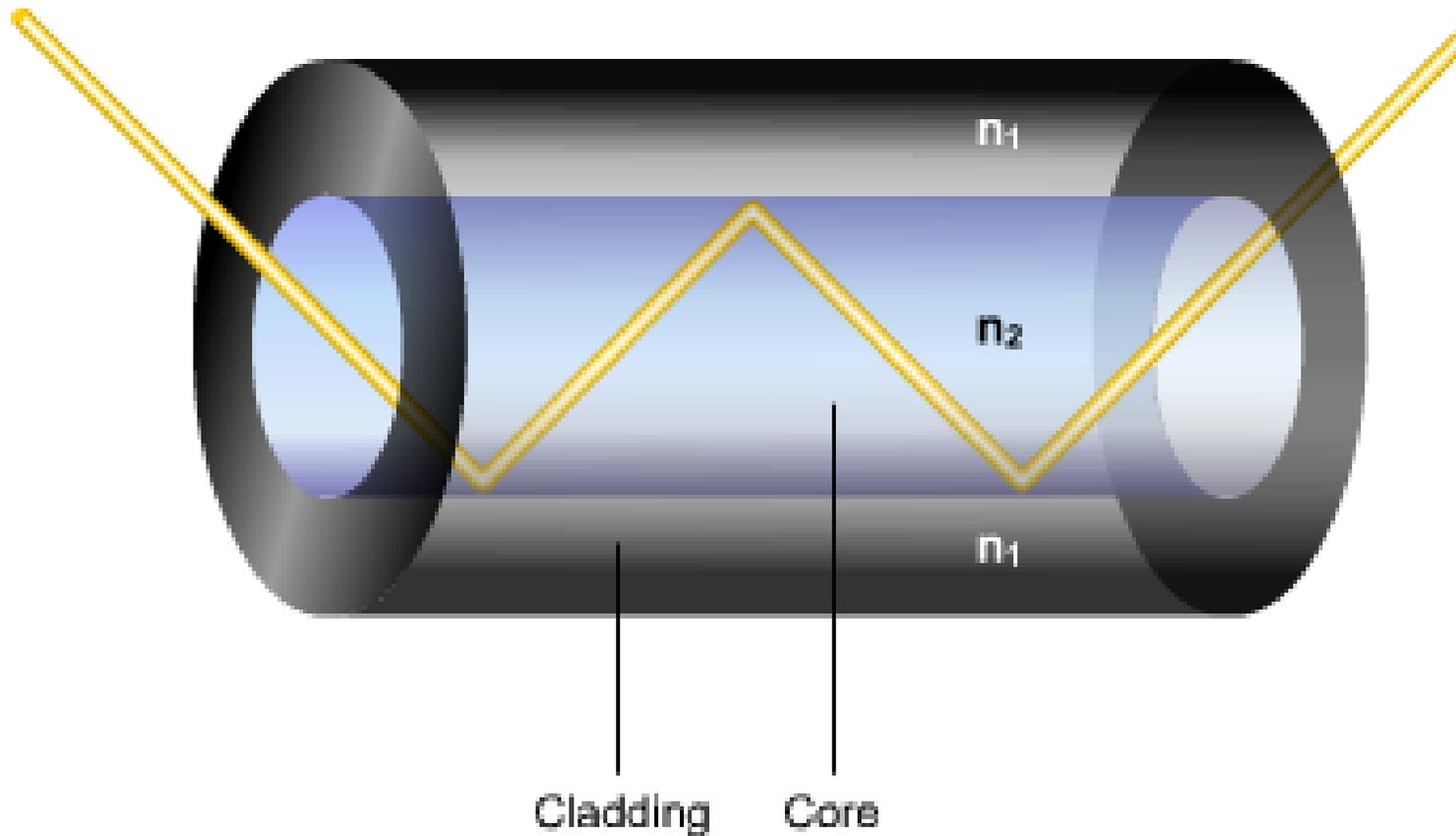
Ces angles doivent être les mêmes pour chaque paire de rayons





# Réflexion interne totale (1)

TAREK



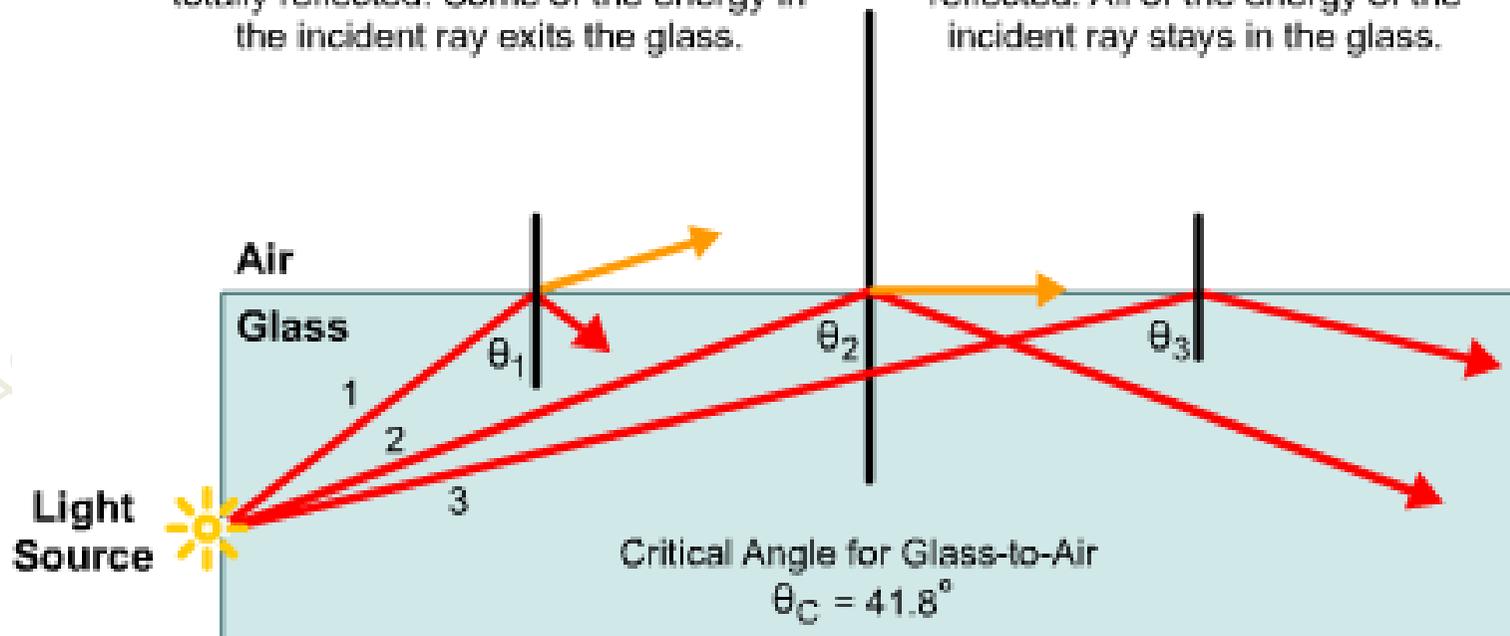
Tarek BEJAOU



# Réflexion interne totale (2)

Light incident at any angle smaller than or equal to the critical angle is not totally reflected. Some of the energy in the incident ray exits the glass.

Light incident at any angle greater than the critical angle is totally reflected. All of the energy of the incident ray stays in the glass.



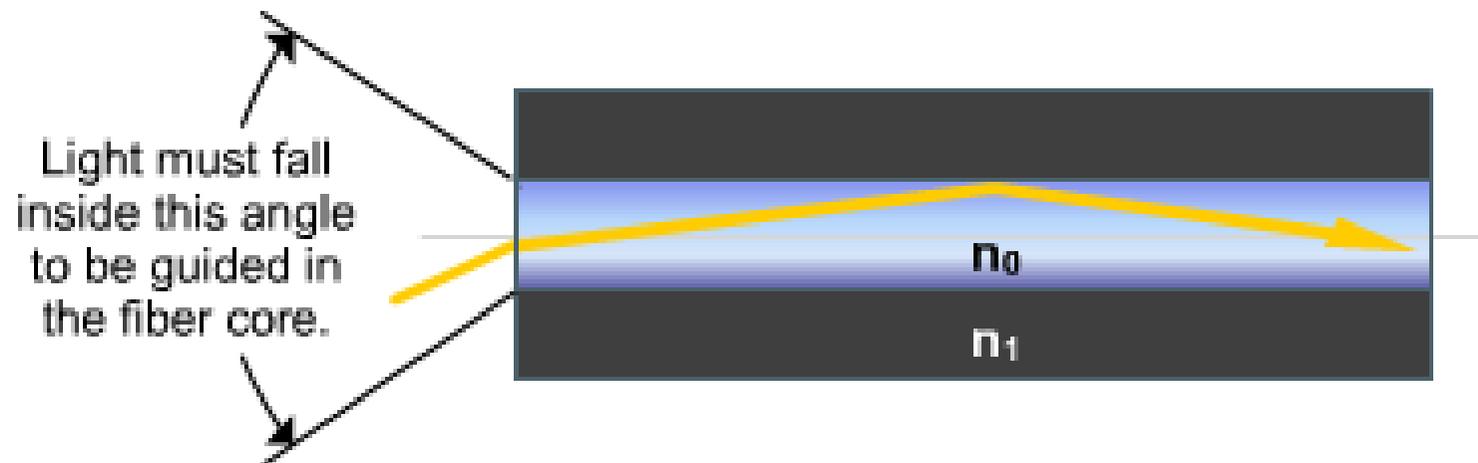
Ray 1:  $\theta_1 < \theta_C$ , so ray reflects and refracts

Ray 2:  $\theta_2 = \theta_C$ , so ray reflects and refracts

Ray 3:  $\theta_3 > \theta_C$ , so ray is totally internally reflected



# Réflexion interne totale (3)





# Les supports optiques : caractéristiques (1)

- Les fibres sont souvent appelées brins
- Brins regroupés par multiples de 2, 6, 8 ou 12
- Principes:  
faire pénétrer des rayons lumineux dans le cœur avec des indices de réfractifs différents.
- Caractéristiques : Bande passante (MHz)  
Atténuation du signal (dB/km)



## Les supports optiques : caractéristiques (2)

- La densité d'information qu'elle peut supporter est plus grande que le câble en cuivre
- Bande passante utilisable des fibres:
  - Déterminée par la quantité de lumière qu'elle peut transporter
  - Elle n'est optimale que pour 3 bandes du spectre centrées autour de 850 nm, 1300 nm, 1550 nm.

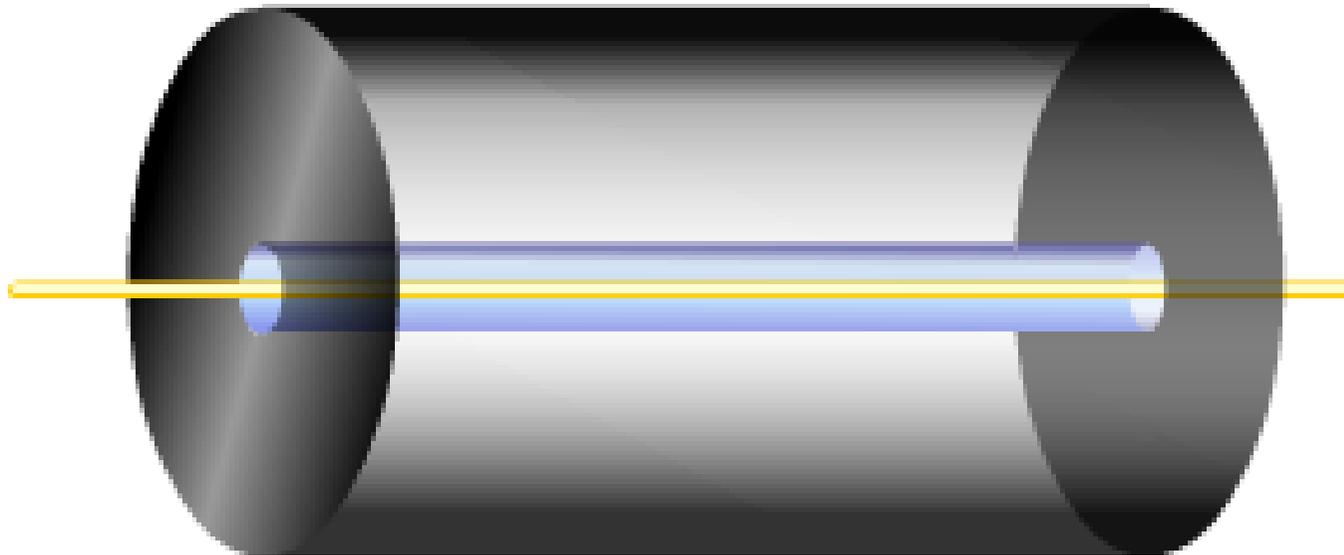


# Les types de fibre optique

- **SILICE**
  - La fibre optique à base de silice est la fibre la plus utilisée
  - Deux types :
    - Monomode
    - Multimode
- **VERRE**
  - La fibre de verre n'a pas d'utilisation à usage professionnel
  - Elle utilise le spectre visible et procure une atténuation très importante
- **PLASTIQUE**
  - La fibre plastique commence juste à être employée



# Fibre optique monomode (1)





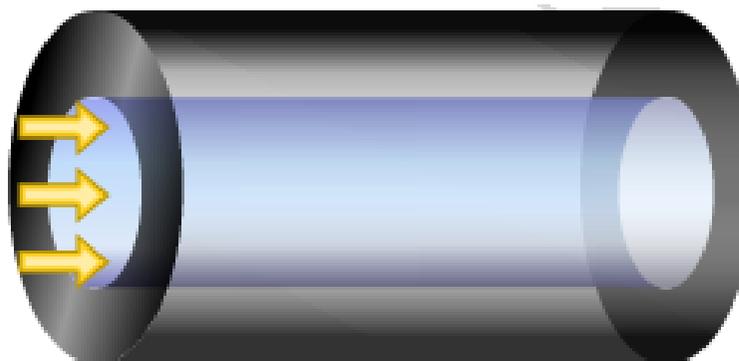
## Fibre optique monomode (2)

- Taille du cœur « 5 à 10 microns », de la gaine « 125 microns »
- Uniquement propagation axiale des rayons lumineux
- Dispersion faible (modale et chromatique: facteurs limitant de la BP)
  - Chromatique: variation de temps de propagation des diverses longueurs d'onde
  - Modale : Phénomène dû à des défauts dans la géométrie des fibres optiques qui entraînent une différence de vitesse de groupe entre les modes se propageant sur différents axes de polarisation de la fibre.
- Elle permet une bande passante très large (10 GHz)
- Fenêtre spectrale 1300 nm et 1550 nm

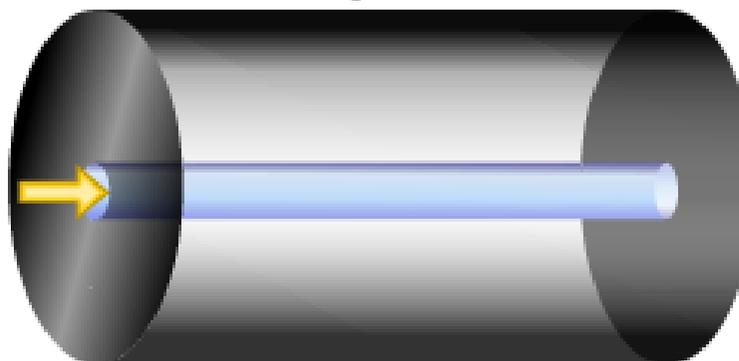


# Fibre optique multimode (1)

Multimode



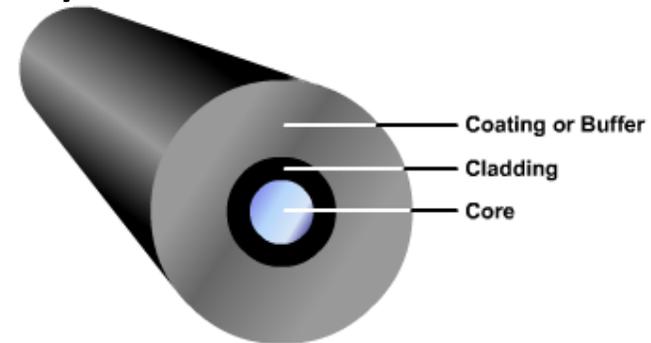
Single Mode





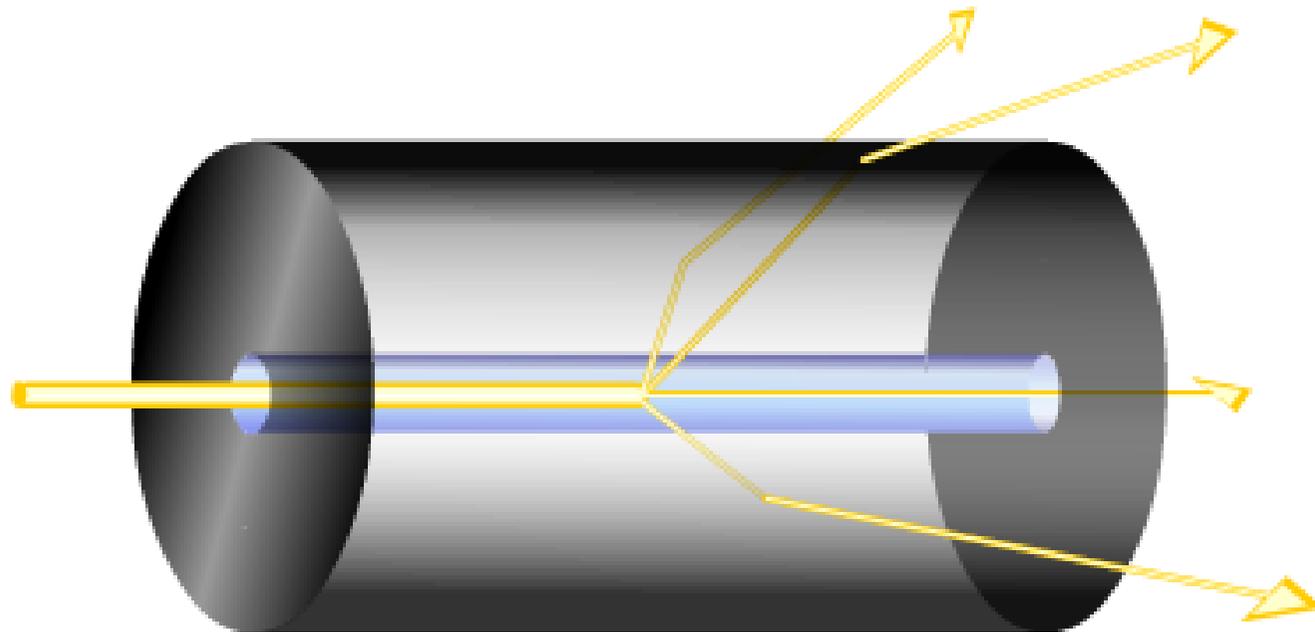
## Fibre optique multimode (2)

- Taille du coeur : 50 et 62.5 microns
- Propagation multidirectionnelle des rayons lumineux
- Selon deux types d'acheminement:
  - SAUT D'INDICE
    - Réflexion totale sur la gaine
    - Bande passante 20 MHz.km
  - GRADIENT D'INDICE
    - L'indice de réfraction du cœur varie avec la distance radiale selon une loi parabolique
    - Bande passante 500 MHz.km
- La fibre multimode à gradient d'indice est la plus utilisée (62.5/125 microns)
- Fenêtre spectrale 850 nm, 1300 nm





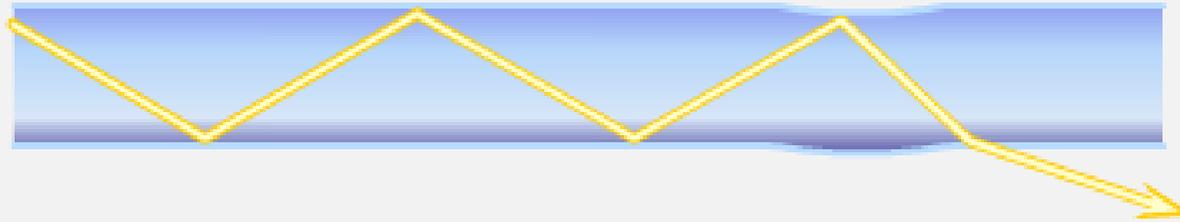
# Pertes dans les fibres



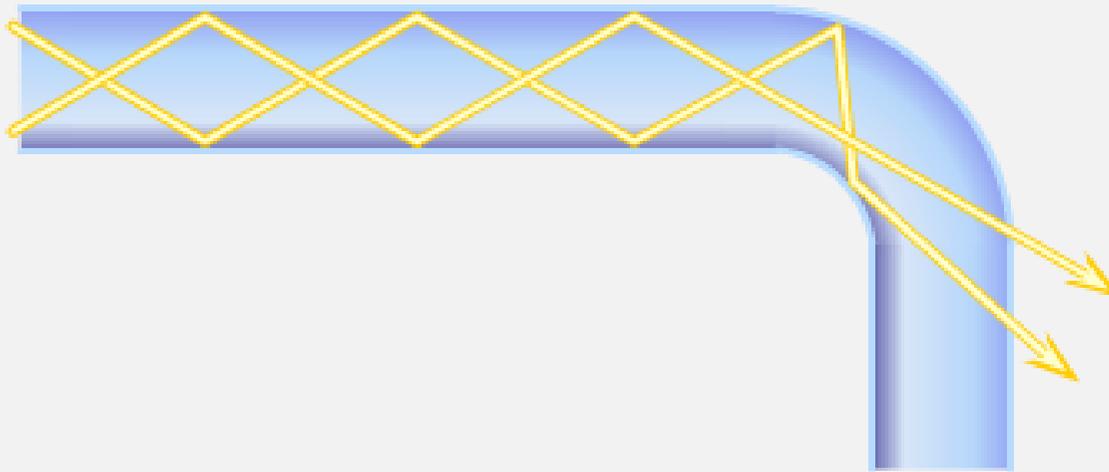


# Courbures

Microbend

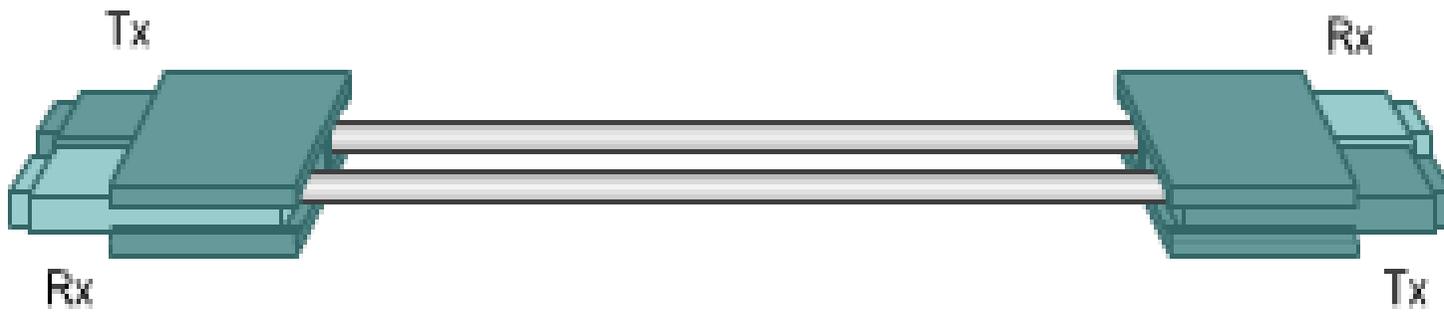


Macrobend



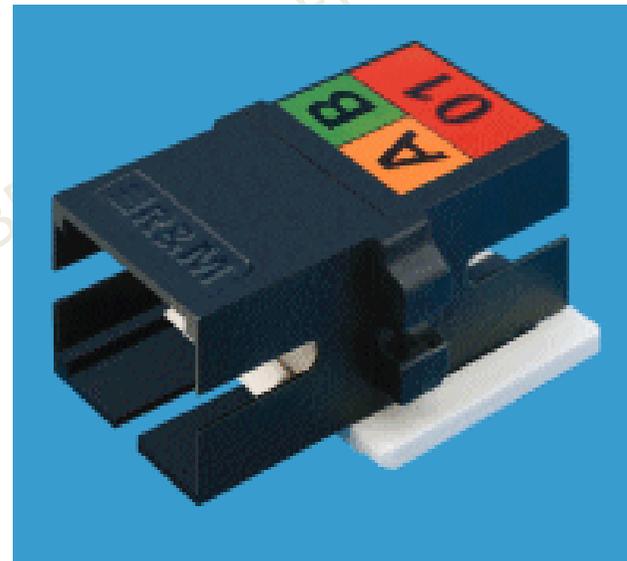
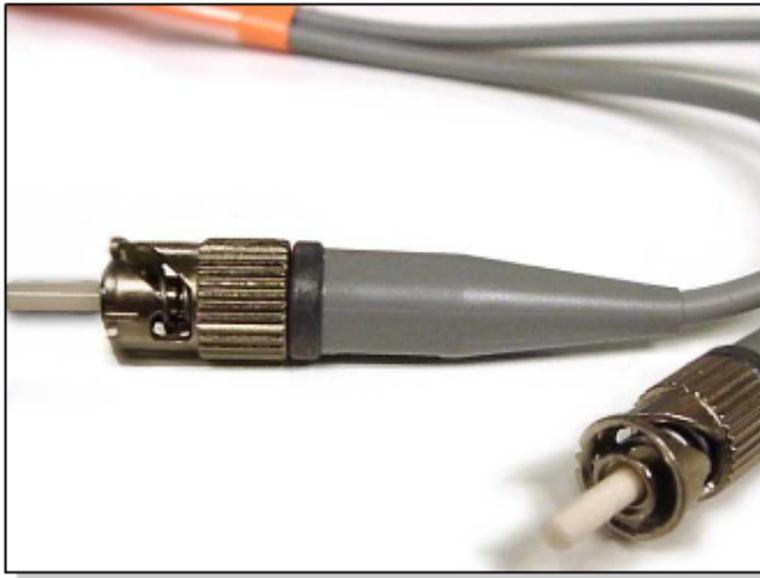


# Transmission Duplex



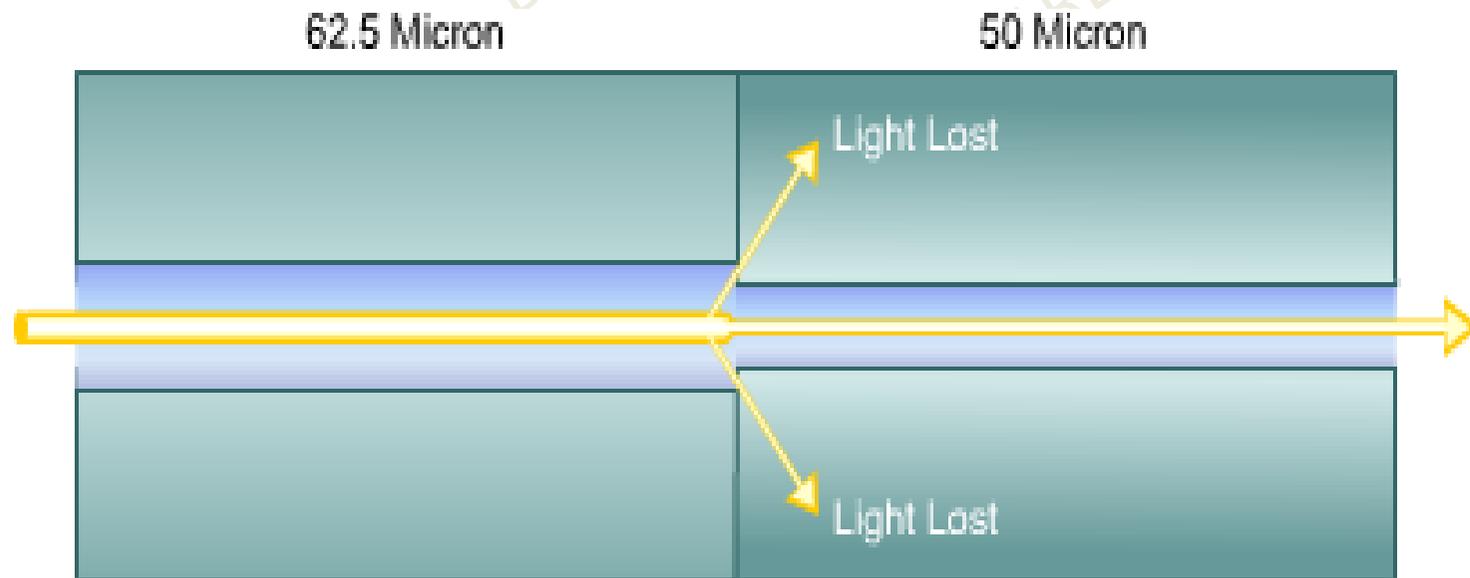


# Connectique





# Soudure de fibres



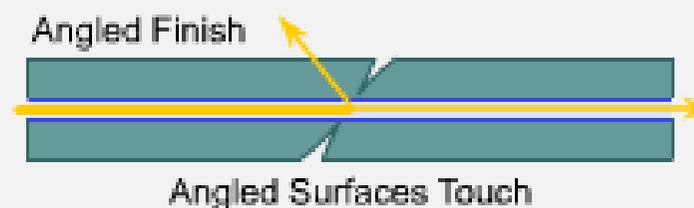


# Finitions des bouts de fibres

**Flat:** Finish causes light to be reflected back into the fiber due to a step in the refractive index caused by the glass-air-glass interface.



**Angle:** Polish connectors cause the reflection to exit the core and dissipate in the cladding.



**Physical Contact (PC):** Finish minimizes backreflection due to the very small refractive index discontinuity.



**Ultra:** Polish connector finish uses several grades of polishing film to achieve an ultra-smooth surface.

