

1 Ingénieur Génie Informatique

Transmission des données

- **Chapitre 2:**
- **Les éléments de transports de l'information**
- **Les supports de transmission**



Baccar Fatma
2022/2023

Plan

- ❑ Les éléments de base de la transmission des données
 - ❑ Equipements voisins
 - ❑ Equipements distants
- ❑ Les supports de la transmission des données
 - ❑ Caractéristiques globales des supports de transmission
 - ❑ Affaiblissement
 - ❑ Bande passante
 - ❑ Déphasage
 - ❑ Les différents types des supports de transmission
 - ❑ Avec guide physique
 - ❑ Câbles à paires torsadées
 - ❑ Câbles coaxiaux
 - ❑ Les fibres optiques
 - ❑ Sans guide physique



Éléments de transport de l'information

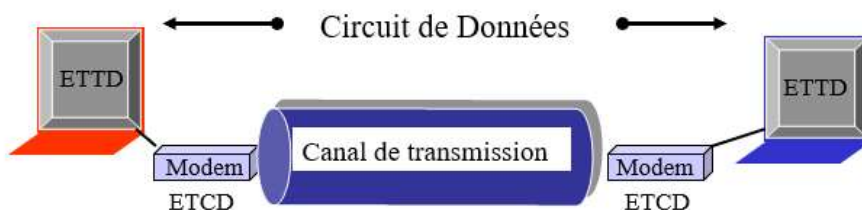
Équipements voisins



- **ETTD** (Équipement **T**erminal de **T**raitement de **D**onnées) ou **DTE** en anglais (**D**ata **T**erminal Equipment) : c'est le système source (traitement des données et la supervision de la transmission)
- **Canal de Transmission** : par exemple une ligne téléphonique
 - Cable coaxial
 - Paires torsadées
 - Fibre optique...

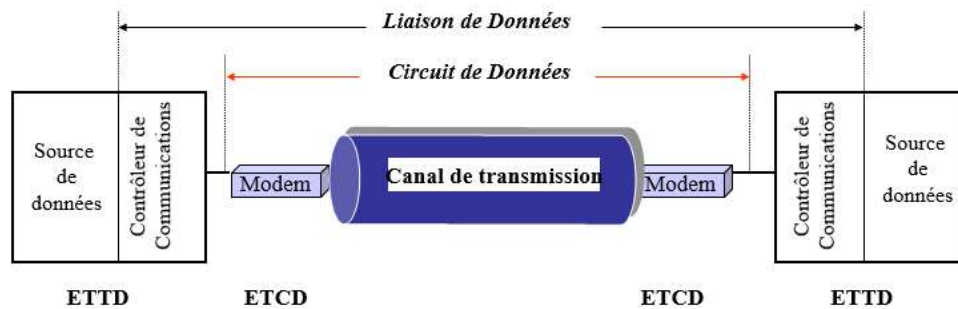
Éléments de transport de l'information

Équipements distants



- **ETCD** (Équipement **T**erminal de **C**ircuit de **D**onnées) ou **DCE** (**D**ata **C**ommunication Equipment) en anglais : c'est l'adaptateur (adapter les données à transmettre au support de communication)
 - Un Modem (Modulateur - Démodulateur) pour la transmission analogique à partir d'un signal numérique
 - Un ERBDB (Emetteur – Récepteur en Bande De Base) pour la transmission numérique.
 - Le signal analogique sera créé grâce à la modulation.

Éléments de transport de l'information



- **Liaison de Données LD** = circuit de données + procédure de transmission
 - permet un transfert intelligent (géré par un ensemble de règles : protocole)

Supports de transmission

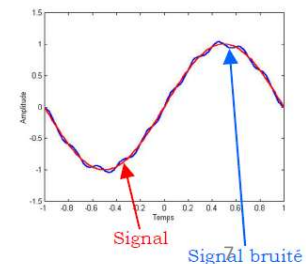
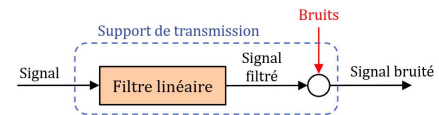
- ❑ L'importance du choix du support de transmission
 - La vitesse de transmission ou débit
 - La distance possible de transmission
 - La résistance ou l'immunité aux perturbations...
- ❑ Un support de transmission agit comme un filtre et est caractérisé par:
 - ❑ **L'affaiblissement du signal**: Un support de transmission atténue l'amplitude du signal qui le traverse
 - ❑ **Le déphasage**
 - ❑ **La bande passante**: un support de transmission ne laisse passer que certaines fréquences
- Sensibilité aux bruits

Signal bruité et signal utile

- **Bruit** : Perturbation indésirable, ayant un caractère aléatoire, qui se superpose au signal et aux données utiles dans un canal de transmission ou dans un système de traitement de l'information.
- **Origine**: support de transmission lui-même ou environnement
- Un signal bruité, par un bruit additif, s'écrit sous la forme :

$$s_{\text{bruité}}(t) = s(t) + b(t)$$

- **Signal $s(t)$** = partie du signal contenant les informations utiles (à traiter ou à transmettre).
- **Bruit $b(t)$** = partie du signal contenant les nuisances.



Signal bruité et signal utile

- **Problème fondamental en traitement du signal** : Extraction du signal utile à partir du signal bruité.
 - Difficulté du problème dépend en particulier de la proportion entre signal et bruit.
 - Ceci est mesuré par le Rapport Signal à Bruit RSB (*Signal to Noise Ratio* en anglais **SNR**).
 - C'est un indicateur de la qualité de la transmission d'information: il permet de mesurer la qualité du signal

Remarque : Le rapport signal sur bruit est le rapport de la puissance du signal, (P_S ou S) par rapport à celle du bruit (P_B ou N):

$$RSB = \frac{P_S}{P_B} = \frac{S}{N}$$

$$RSB_{dB} = \frac{S}{B} = 10 \log \left(\frac{P_S}{P_B} \right)$$

Signal bruité et signal utile

❑ Le Bruit : c'est un signal perturbateur qui s'ajoute au signal transmis en provoquant des erreurs sur celui-ci

- **Bruit blanc** : agitation thermique (de faible puissance sur une large plage de fréquences)
- **Bruit impulsif** : organes électromécaniques, microcoupures (de forte puissance et de durée faible). Il est peu présent dans les réseaux numériques.
- **La diaphonie** : bruit ajouté au signal d'origine d'un conducteur par l'action du champ magnétique provenant d'un autre conducteur.
 - ✓ **Solution**: éloigner les câbles ou utiliser un blindage.
- **L'écho** : réflexion du signal due à un problème d'adaptation d'impédances. Par exemple la



IIT
INSTITUT
INTERNATIONAL
TECHNOLOGIE

liaison téléphonique....

✓ **Solution**: système d'annulation d'écho.

9

Support de Transmission-Affaiblissement

- **Atténuation/Affaiblissement**: Perte d'énergie du signal pendant sa propagation sur le support de transmission/communication

- ❑ Augmente avec la longueur du support de transmission
- ❑ Dépend fortement de la fréquence du signal et de la bande passante du système

$$A = 10 \cdot \log_{10} \left(\frac{P_s}{P_e} \right) \text{ dB}$$

P_s : puissance signal en sortie du support de transmission

P_e : puissance du signal en entrée du support de transmission

Unité: Décibels (dB)

- **Remarque** : Dans la plupart des cas, le taux d'atténuation d'un canal est connu
- Il est possible, en associant des amplificateurs correcteurs, de compenser l'atténuation

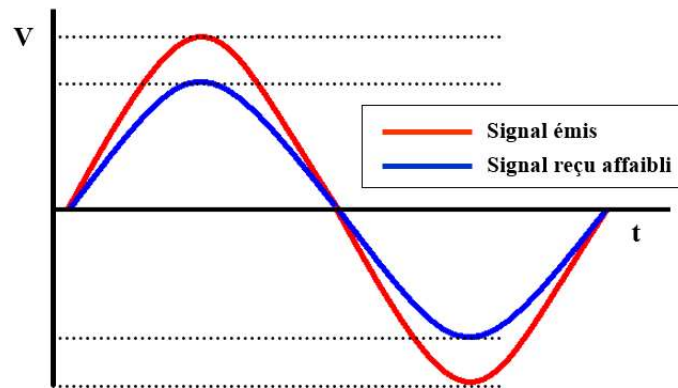


IIT
INSTITUT
INTERNATIONAL
TECHNOLOGIE

10

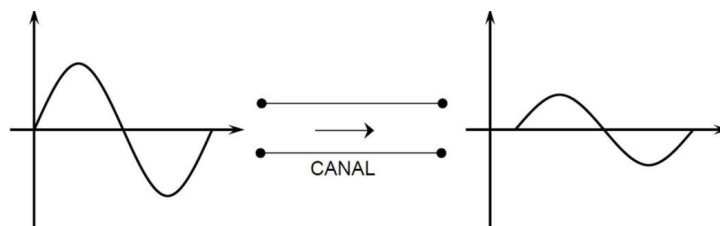
Support de Transmission-Affaiblissement

- L'amplitude du signal diminue en fonction de la distance parcourue (longueur du canal), ce qui se traduit par une perte d'énergie du signal.



Déphasage-Support de Transmission

- **Le déphasage** ou **distorsion de phase** implique un retard du signal reçu par rapport au signal émis
- Comportement similaire à celui d'un filtre de signal introduisant aussi un retard
- **Exemple** : Atténuation et retardement subis par un signal de forme sinusoïdale



Support de Transmission-Bande Passante

- Le **support de communication** est généralement caractérisé par sa **bande passante (BP)** qui correspond à la plage de fréquence où le support offre les meilleures caractéristiques de transmission.

Support de communication

- Filtre**: ne laisse passer qu'une bande limitée de fréquence = **Bande Passante**
- Autres fréquences en dehors de la BP sont fortement atténuées

Exemple:

Téléphone : BP= 300 - 3400Hz. Largeur de bande Passante:3100Hz (3400-300)

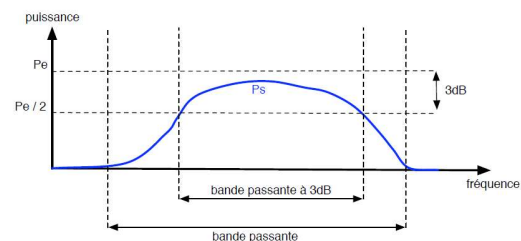
13



Support de Transmission-Bruit et Bande Passante

- Quantification du Bruit => Amplification du Bruit**
- Rapport RSB variable dans le temps et tout au long du support
- La **bande passante à n décibels (dB) W** est la plage de fréquence dans laquelle le rapport signal sur bruit (noté S/B) vérifie :

- P_s = Puissance du signal noté S
- P_b = Puissance du bruit noté N



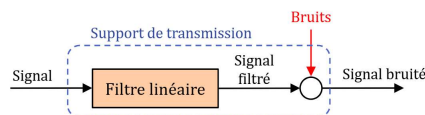
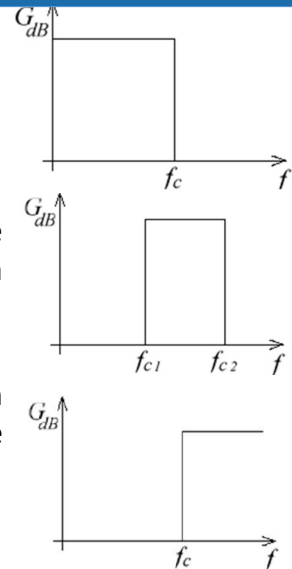
$$W = S/B \text{ à } n \text{ dB} = 10 \log_{10}(P_s/P_b) = 10 \log_{10}(S/N)$$

En général, on caractérise un support par sa bande passante à 3dB (décibels)



Support de Transmission-Filtrage

- **Filtre passe-bas** = Atténue les hautes fréquences tout en laissant passer les basses fréquences inférieures à la fréquence de coupure (f_c) (fréquence à partir de laquelle le signal perd 3dB de sa puissance en entrée).
- **Filtre passe-bande** = Autorise le passage d'une plage de fréquence définie entre la fréquence de coupure basse (f_{c1}) et la fréquence de coupure haute (f_{c2})
- **Filtre passe-haut** = Atténue les basses fréquences tout en laissant passer les hautes fréquences supérieures à la fréquence de coupure (f_c)



Support de Transmission- Rapidité de Modulation Maximale

- La **valence maximale** V_{max} d'un support de transmission est donnée par la **relation de Shannon** (S/N est le rapport signal sur bruit)

$$V_{max} = \sqrt{1 + S/N}$$

- Le **nombre maximal de modulation** (i.e. de changement d'états) d'un signal par unité de temps est lié à la bande passante du support de transmission par le **critère de Nyquist**

$$R_{max} \leq 2 BP$$

- ✓ BP : bande passante (Hz)
- ✓ R_{max} : nombre de modulation maximal (bauds)

*Exemple : une ligne téléphonique a une bande passante comprise entre 300 et 3400 Hz.
La rapidité de modulation maximale est donc de $R_{max} = 2 * (3400 - 300) = 6200$ (bauds)*



Support de Transmission-Capacité

- La **capacité C** (ou **débit binaire maximal**) d'un support de transmission représente la quantité d'information maximale transportée par unité de temps.
- La **formule de Shannon** donne le débit théorique maximum (D) d'un support soumis à un bruit

$$C = D_{max} = R_{max} \cdot \log_2 V_{max} = BP \cdot \log_2(1 + S/N)$$

✓ S/N rapport signal sur bruit

✓ BP: bande passante du support (en Hz)

Exemple :

Soit une liaison téléphonique avec une bande passante de 3100 Hz et un rapport S/B correspondant à 30 dB. Quelle capacité possède cette liaison téléphonique ?

17



Les différents supports de transmission

❑ Permet de transporter des données sous forme de signaux

❑ Il existe deux types de support

➤ Supports **avec un guide physique**

- **Supports en cuivre** (la paire torsadée et le Câble coaxial)
- **Supports optique**

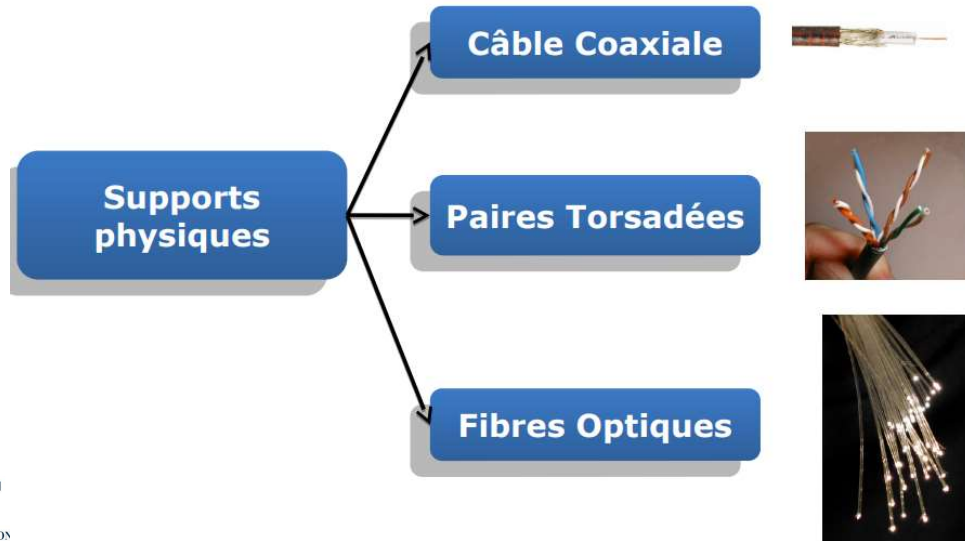
➤ Supports **sans guide physique** : les supports libres

- faisceaux hertziens
- liaisons satellitaires
-

18



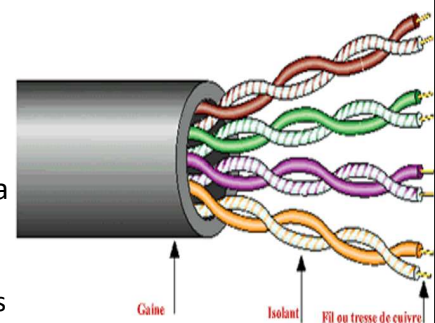
Les supports physiques étudiés



Paires torsadées



- ❑ **Constitution** : Une paire torsadée est une ligne de transmission formée de deux fils conducteurs enroulés en hélice l'un autour de l'autre (deux conducteurs identiques torsadés).
- ❑ Cette configuration a pour but de maintenir précisément la distance entre les fils et de diminuer la **diaphonie** (l'interférence d'un premier signal avec un second où trouve des traces du premier signal dans le signal du second).



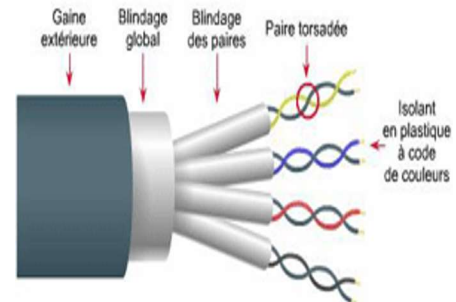
- ❑ Le maintien de la distance entre fils de paire permet de définir une impédance caractéristique de la paire.

Paires torsadées



- ❑ Les caractéristiques géométriques (épaisseur de l'isolant/diamètre du fil) maintiennent l'impédance autour de 100 ohms :

- 100 ohms pour les réseaux ethernet en étoile
- 150 ou bien 105 ohms pour les réseaux token ring
- 100 ou 120 ohms pour les réseaux de téléphonie
- 90 ohms pour les câbles USB



- ❑ Plus le nombre de torsades est important, plus la diaphonie est réduite.
- ❑ Le nombre de torsades moyen par mètre fait partie de la spécification du câble.

21

Paires torsadées



- ❑ Support traditionnel de l'infrastructure téléphonique
- ❑ Support le plus répandu
- ❑ Ré-amplification du signal sur longue distance
- ❑ Quelques dizaines de Km sans régénération
- ❑ La Bande Passante dépend :
 - ✓ du diamètre et de la pureté des conducteurs (le calibre se mesure selon l'échelle AWG (American Wire Gauge)).
 - ✓ de la nature des isolants.

- ❑ Un câble de 24 AWG est plus fin qu'un câble de 22 AWG

- ❑ Bande passante de 250 MHz

22

Paires torsadées



- ❑ Débit de quelques Kbit/s sur des longues distances
- ❑ En réseau local, le débit atteint plusieurs Mbit/s et Gbits/s (pour des distances de 100m).
- ❑ Très utilisé pour les réseaux locaux
- ❑ Un câblage peu coûteux (c'est le moins cher)
- ❑ Une installation et des connexions simples avec la flexibilité des câbles
- ❑ Les connecteurs appropriés:
 - **RJ11** pour les paires torsadées à 2 paires (Exemple: Connecteurs des câbles téléphoniques fixes RTC)
 - **RJ45** pour les paires torsadées à 4 paires (Connecteurs des câbles réseaux ETHERNET)



IIT
INSTITUT
INTERNATIONAL
TECHNOLOGIE

▪ Câble RJ45 droit

▪ Câble RJ45 croisé

23

Paires torsadées-Types

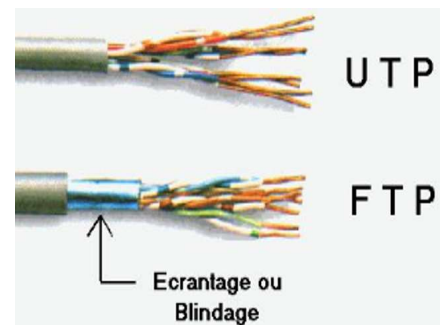


➔ Non Blindée UTP (Unshielded Twisted Pair)

- Dénomination officielle : U/UTP
- Le type le plus utilisé actuellement
- non entourer d'aucun blindage protecteur.

➔ Ecrantée FTP (Foiled Twiwted Pair)

- Dénomination officielle F/UTP
- L'ensemble des paires torsadées a un blindage global assuré par une feuille d'aluminium. L'écran est disposé entre la gaine extérieure et les 4 paires torsadées. Les paires torsadées ne sont pas individuellement blindées.



U T P

F T P

Ecrantage ou
Blindage



IIT
INSTITUT
INTERNATIONAL
TECHNOLOGIE

24

Paires torsadées-Types



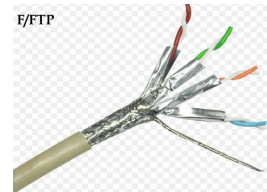
→ Blindée STP (Shielded Twisted Pair)

- Dénomination officielle U/FTP.
- Chaque paire torsadée blindée est entourée d'un écran en aluminium, de façon similaire à un câble coaxial.



→ Doublement écrantée FFTP (Foiled foiled twisted pair)

- Dénomination officielle F/FTP.
- Chaque paire torsadée est entourée d'une couche conductrice de blindage en aluminium. L'ensemble des paires torsadées a un écran collectif en aluminium.



Paires torsadées-Types



→ Ecrantée et blindée SFTP (Shielded foiled twisted pair)

- Dénomination officielle SF/UTP
- Câble doté d'un double écran (feuille métallisée et tresse) commun à l'ensemble des paires. Les paires torsadées ne sont pas individuellement blindées (contrairement à ce que le terme Shielded foiled twisted pair pourrait faire croire).




→ Doublement blindée (SSTP) Shielded shielded twisted pair

- Dénomination officielle S/FTP.
- Chacune des paires est blindée par un écran en aluminium, et en plus la gaine extérieure est blindée par une tresse en cuivre.



Paires torsadées-Types



L'abréviation se décompose donc :
type de blindage pour l'ensemble du câble / type de blindage pour les paires torsadées

TP = twisted pair c.à.d. paire torsadée


U = unshielded c.à.d. non blindé

F = foil shielding c.à.d. blindage par feuillard

S = braided shielding c.à.d. blindage par tresse


Tableau récapitulatif avec les dénominations officielles (norme ISO/IEC 11801)

| Dénomination courante | Dénomination officielle | Blindage de l'ensemble du câble | Blindage des paires individuelles |
|-----------------------|-------------------------|---------------------------------|-----------------------------------|
| UTP | U/UTP | aucun | aucun |
| STP | U/FTP | aucun | feuillard |
| FTP | F/UTP | feuillard | aucun |
| FFTP | F/FTP | feuillard | feuillard |
| SFTP | SF/UTP | feuillard, tresse | aucun |
| SSTP | S/FTP | Tresse | feuillard |




par tresse

Paires torsadées-Types




✓ La plus grande vulnérabilité aux interférences

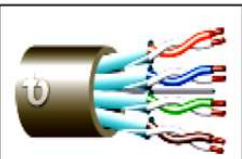
✓ Un choix fiable mais qui ne garanti pas l'intégrité des données transmises sur de longues distances et à des débits élevés...



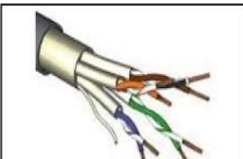
U/UTP (ancienne appellation : UTP)
Câble à paires torsadées non écranté. Il est utilisé dans la téléphonie mais plus rarement dans un réseau local informatique.




F/UTP (ancienne appellation : FTP)
Câble à paires torsadées proposant un blindage général réalisé par une feuille d'aluminium. Il est utilisé en téléphonie et en informatique.



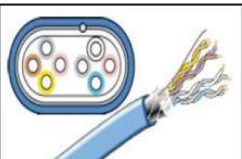
U/FTP (ancienne appellation : FTP PiMF)
Câble à paires torsadées sans blindage général mais dans lequel chaque paire est écrantée individuellement.




F/FTP (ancienne appellation : FFTP)
Câble à paires torsadées avec écran général (feuille d'aluminium) et écran par paire.



S/FTP (ancienne appellation : SFTP)
Câble à paires torsadées avec blindage général (tresse de cuivre) et écranté par paire.




F/UTP (ancienne appellation : FTP)
Câble à paires torsadées. Structure en quarts avec écran général.




par tresse

Paires torsadées




Qualités de paires torsadées

| CATEGORIE | BANDE PASSANTE | APPLICATIONS PRATIQUES |
|--------------------------|----------------|---|
| 1 et 2 | - | Utilisation abandonnée (téléphonie/Token Ring) |
| 3 | 16 MHz | Téléphonie (en cours d'abandon) |
| 4 | 30 MHz | Réseaux locaux type Token Ring et 10BASE-T |
| 5 | 100 MHz | 100BASE-TX (fast ethernet) / Téléphonie, ATM, Token Ring, ... |
| 5 ^E Classe D | 155 MHz | Evolution de la norme 5 : 1000BASE-T (1GBASE-T) sur 30m |
| 6 | 250 MHz | 1000BASE-T (1GBASE-T) sur 100m et 10GBASE-T sur 56m |
| 6 ^a Classe Ea | 500 MHz | Permet le fonctionnement du 10GBASE-T sur 100m |
| 7 Classe F | 600 MHz | Signal de télévision modulé en bande VHF ou UHF (pas satellite) |
| 7 ^a Classe Fa | 1 GHz | 10GBASE-T, 40GBASE-T, environnements industriels « lourds » |
| 8 | 1,2 GHz | Systèmes large bande de télévision câblée, applications SOHO (Small Office/Home Office) |

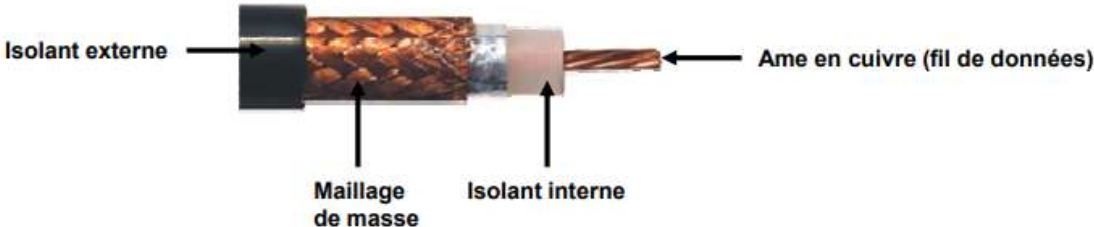


29

Câbles coaxiaux



❑ Basé sur le principe de deux conducteurs dont l'un sert de blindage à l'autre




Isolant externe

Maillage de masse

Isolant interne

Ame en cuivre (fil de données)



30

Câbles coaxiaux



❑ Constitution :

- Ame en cuivre (ou acier cuivré) monobrin ou multibrins
 - Fil sur lequel transitent les données
- Isolant interne
 - Diélectrique en polyéthylène (plein ou aéré) ou plus rarement téflon
- Maillage de masse
 - Conducteur extérieur composé d'une tresse ou/et un feuillard de cuivre (parfois double tresse)
- Isolant externe



- Gaine en PVC servant à protéger la tresse et éviter des infiltrations d'eau

31

Câbles coaxiaux



- ❑ Historiquement le premier support utilisé par les réseaux locaux
- ❑ Câble de 50 ohms pour les transmissions en bande de base et de 75 ohms pour les transmissions analogiques (TV).
- ❑ Bande passante et protection électromagnétique plus importante qu'avec la paire torsadée ➔ Caractéristiques électriques supérieures à la paire torsadée : Meilleure immunité aux bruits extérieurs
- ❑ Débit maximum : 10 Mbit/s sur le Km (plus sur des distances plus courtes).
- ❑ Moins économique que la paire torsadée.
- ❑ Ce support est de moins en moins utilisé au profit de la paire torsadée et de la fibre optique.

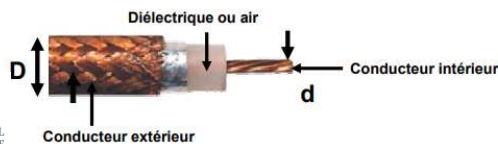


32

Câbles coaxiaux



- Caractéristiques d'un câble cylindrique
 - Impédance caractéristique Z_c
 - $Z_c = (138/\sqrt{\epsilon}) \times \log(D/d)$ avec ϵ correspondant à la permittivité du diélectrique ($\epsilon = \sqrt{\epsilon} = 1$ pour l'air)
 - ✦ 50 ohms : instrumentation et hyperfréquences
 - ✦ 75 ohms : vidéo, radio et audio
 - Coefficient de vélocité V_f
 - $V_f = 1 / \sqrt{\epsilon}$
 - Permet de déterminer la vitesse de propagation du signal : v (en km/s) = $V_f \times c$ (avec $c = 300\,000$ km/s)
 - Pertes à 10 MHz, 100 MHz et 1000 MHz (en dB/100 mètres)
 - Capacité par mètre (en pF/m)
 - Puissance admissible ou tension de service maximale (en kV)
 - Diamètre extérieur (en mm)
 - Nature et souplesse du diélectrique
 - Polyéthylène (PE), téflon (PTFE), aéré ou sous forme d'entretoises,...
 - Prix au mètre (en €/m)



Câbles coaxiaux



- ☐ Bande passante de 350 MHz (même 400 MHz)
- ☐ Le connecteur est de type BNC, AUI ...
- ☐ Plusieurs catégories de câbles existent suivant l'épaisseur de l'âme et la matière constituant la gaine (PVC ou téflon).
 - Le câble coaxial fin : distingué par son diamètre de 6 mm, un fil flexible, un débit de 10Mégabits/s et souvent utilisé pour la télévision.
 - Le câble coaxial épais : présente des caractéristiques de diamètre de 12 mm, un fil rigide, un débit de 10Mégabits/s et essentiellement utilisé pour transmettre des données de plus longue distance grâce à l'épaisseur du fil en cuivre qui résiste mieux aux interférences.
- ❖ Il tend aujourd'hui à être remplacé par la fibre optique.



Fibres optiques



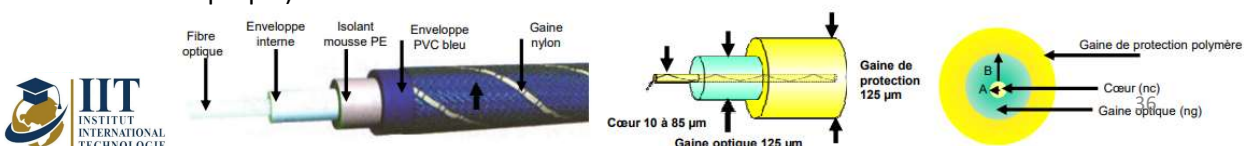
- Assimilable à un fil en verre ou plastique très fin ayant la propriété de conduire la lumière
- **Principe :**
 - Transporter l'information numérique au travers d'une fibre
 - Utiliser une variation d'intensité lumineuse au sein de la fibre pour générer un signal binaire
 - Niveaux logiques bas du signal binaire représentés par une absence de signal lumineux
 - Niveaux logiques haut du signal binaire détectés par la présence d'un fort signal lumineux

Fibres optiques



□ Constitution et fonctionnement:

- Gaine de protection : protection mécanique de la fibre
- Gaine optique : aide à la propagation du signal
- Cœur : confinement de l'énergie lumineuse et propagation du signal
- Cœur et gaine optique : permettre la propagation du signal lumineux au sein de la fibre
 - Propagation liée à la différence d'indice de réfraction des deux milieux (cœur + gaine optique)



Fibres optiques



❑ Principaux avantages de la fibre optique :

- Débit d'informations élevé et nettement supérieur à celui des câbles coaxiaux:
 - Records de 10,2 Tbit/s (10200 Gbit/s) sur une distance de 100km et 3 Tbit/s sur une distance de 7300 km
- Faible atténuation : nettement plus faible que celle des câbles coaxiaux
- Portée supérieure à celle des câbles coaxiaux :
 - De 2 à 100 km (transport sur des longues distances)
- Immunité contre les perturbations électromagnétiques.
- Bande passante au-delà de 10GHz ...
- Optimisation à l'aide d'un multiplexage en fréquence : Wavelength Division Multiplexing (WDM)



37

Fibres optiques



❑ Inconvénients de la fibre optique :

- Répéteurs nécessaires tous les 2 à 100 km en fonction de la fibre optique utilisée et de son usage
- Connectique fragile et couteuse
- Nécessité de respecter un rayon de courbure

❑ Applications pratiques

- ❑ Transmissions terrestres et océaniques de données

❑ Connecteurs fibre optique



Connecteur LC



Connecteur SC



Connecteur ST



Connecteur MTRJ

38

Fibres optiques



Types des fibres optiques :

- ✓ Monomodes : mode unique de propagation de la lumière, en ligne droite
- ✓ multimodes : différents modes de propagation de la lumière au sein du cœur de la fibre
 - Multimodes à gradient d'indice
 - Multimodes à saut d'indice

Caractéristiques évoluant en fonction du type de fibre:

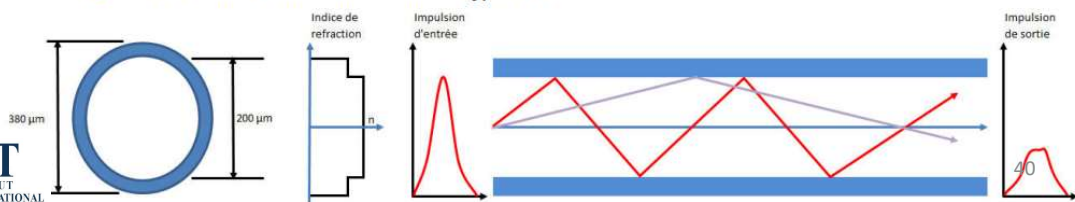
- ✓ Atténuation
- ✓ Bande Passante
- ✓ Portée ...

Fibres optiques



— Fibre multimode à saut d'indices

- Fibre la plus ordinaire
- Utilisation de LED émettrice (850nm)
- Caractérisée par plusieurs modes de propagation de la lumière au sein de son cœur de silice
- Très grande variation entre l'indice de réfraction du cœur et celui de la gaine optique
 - ✦ Les rayons lumineux se propagent par réflexion totale interne en "dent de scie"
- Cœur très large
- Atténuation très importante : différence des impulsions d'entrée et de sortie
- Débit : environ 100 Mbit/s
- Portée maximale : environ 2 km
- Affaiblissement : 10 dB/km
- Utilisée dans les réseaux locaux de type LAN

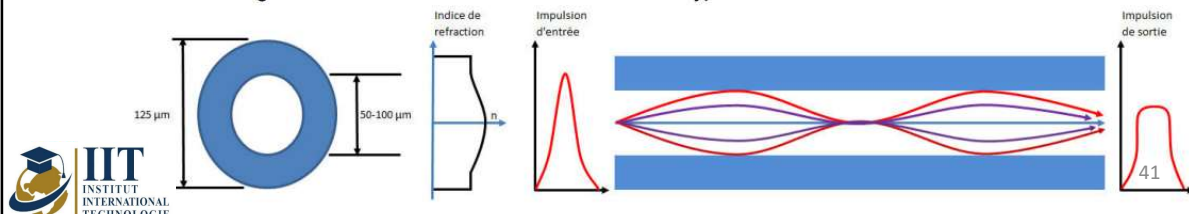


Fibres optiques



— Fibre multimode à gradient d'indice

- Utilisation de LED émettrice (850nm) ou de diode infrarouge (1300nm)
- Caractérisée par plusieurs modes de propagation de la lumière au sein de son cœur de silice
- Faible différence entre l'indice de réfraction du cœur et celui de la gaine optique
- Cœur constitué de plusieurs couches de matière d'indice de réfraction de plus en plus élevé
 - Couches de silice de densités multiples influant sur la direction des rayons lumineux de forme elliptique
- Cœur de taille intermédiaire
- Atténuation moins importante que sur les fibres à saut d'indice
- Débit : environ 1 Gbit/s
- Portée maximale : environ 2 km
- Affaiblissement : 10 dB/km
- Egalement utilisée dans les réseaux locaux de type LAN

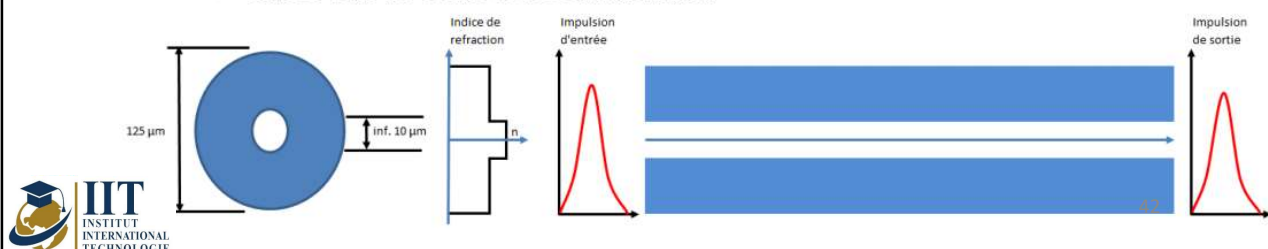


Fibres optiques



— Fibre à saut d'indice monomode

- Meilleure fibre existante à l'heure actuelle
- Utilisation de diode laser (1300nm ou 1550nm)
- Caractérisée par un seul mode de propagation de la lumière : en ligne droite
- Cœur très fin : de la taille d'un cheveu
- Atténuation quasi nulle
- Débit : environ 100 Gbit/s
- Portée maximale : environ 100 km
- Affaiblissement : 0,5 dB/km
- Utilisée dans les cœurs de réseaux mondiaux



• Réseaux sans fil (Wireless Networks)

| SPECIFICATION | PORTEE | DEBIT THEORIQUE | BANDE DE FREQUENCE | TRANSMISSION | APPLICATIONS PRATIQUES | |
|--------------------------|-----------|-----------------|---|---|--|--|
| Infrarouge IrDA | ≤ 10m | ≤ 16 Mbit/s | | | Appareils Mobiles | |
| Bluetooth 1.x (802.15.1) | ≤ 10m | ≤ 1 Mbit/s | 2,4 GHz | saut de fréquence (FHSS) | Réseaux Personnels, Appareils Mobiles, Voix et Données | |
| Bluetooth 2.x (802.15.3) | ≤ 100m | ≤ 20 Mbit/s | | | | |
| DECT | ≤ 50m | ≤ 2 Mbit/s | 1,90 GHz | | Réseaux Domestiques, Réseaux Locaux Sans Fil, Voix | |
| HomeRF | | ≤ 10 Mbit/s | | | | |
| WIFI B (802.11b) | ≤ 100m | ≤ 11 Mbit/s | 2,4 GHz | séquence directe (DSSS) | Réseaux d'Entreprises (sans fil), Multimédia (Voix, Images, Données) | |
| WIFI G (802.11g) | | ≤ 54 Mbit/s | | | | |
| WIFI N (802.11n) | | ≤ 300 Mbit/s | | | | |
| WIFI 5 (802.11a) | | ≤ 54 Mbit/s | 5 GHz | saut de fréquence | | |
| HiperLAN2 | | | | | | |
| Liaison Satellite GEO | 36 000 km | ≤ 155 Mbit/s | 4-6 GHz (Bande C) 11-14 GHz (Bande Ku) 20-30 GHz (Bande Ka) | saut de fréquence spectre étalé(porteuse unique) | Téléphonie fixe, Télévision, Transmission de données | |
| GPRS | ≤ 35km | ≤ 170 kbit/s | 900MHz et 1800MHz (identique au GSM) | saut de fréquence | Internet sur téléphonie mobile. | |
| UMTS | ≤ 35km | ≤ 2 Mbit/s | 1920-1980 MHz et 2110-2170 MHz | saut de fréquence | Internet sur téléphonie mobile. | |

Merci pour votre attention