



# iutenligne

Le catalogue de ressources pédagogiques  
de l'enseignement technologique universitaire.

I.U.T. de Mulhouse – G.E.I.I.

RES3 - Réseaux

**CM 2 – TD1 :**  
**Classification des réseaux**  
**Topologie**  
**Supports de transmission**



- *CM 1 : Généralités Réseaux*
- **CM 2 : Topologie et supports de transmission**
  - TD 1 : Débit et technologie ADSL
- **CM 3 : Codage des informations et contrôle d'intégrité**
  - TD 2 : Codage des informations et contrôle d'intégrité CRC
- **CM 4 : Modèle OSI / Ethernet**
- **CM 5 : Couches transport et réseau (TCP/IP)**
  - TD 3 : Analyse de trames Ethernet / Adresse IP et masque de sous-réseaux
  - TD 4 : Adressage IP / Routage IP
- **CM 6 : Réseaux WLAN et sécurité**
  - TD 5 : Réseaux Wifi et sécurité
- **CM 7 : Réseaux et bus de terrain**
  - TD 6 : Réseaux et bus de terrain
    - TP 1 : Technologie ADSL
    - TP 2 : Analyse de trames et Encapsulation Ethernet
    - TP 3 : Configuration d'un réseau IP / Routage IP / Wifi
    - TP 4 : Réseaux et bus de terrain
    - TP 5 : TP Test
- **CM 8 : Contrôle de connaissances**

**Jean-François ROTH**

Enseignant Vacataire IUT de Mulhouse

Formateur/Consultant en réseaux et télécoms depuis 1999

Jean-Francois.ROTH@UHA.fr

JeanFrancoisROTH@MSN.com

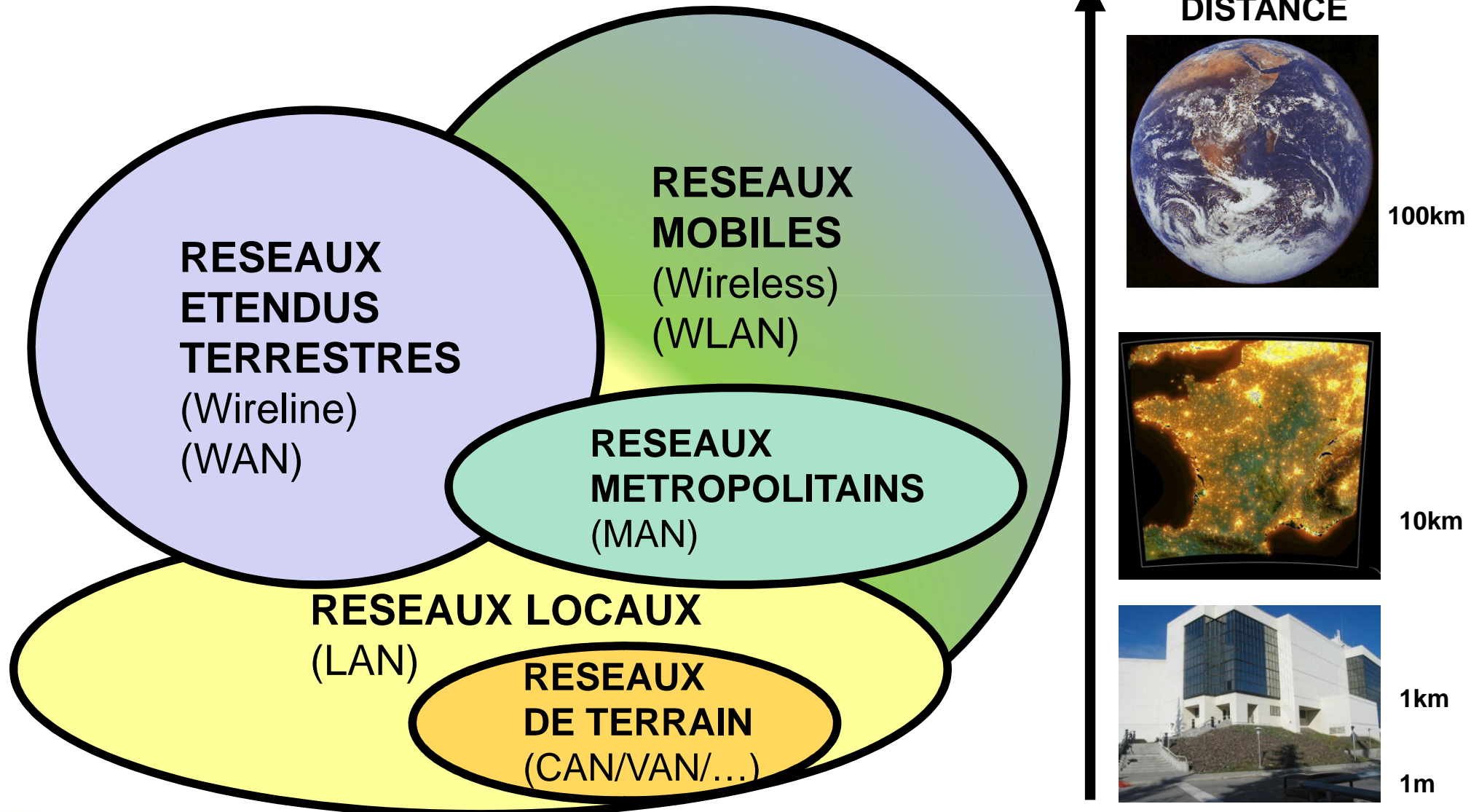
- Classification des réseaux
  - Critères de classification des réseaux
- Topologie réseau
  - Bus
  - Anneau
  - Etoile
  - Hiérarchisée
  - Maillée
- Panorama et débit des réseaux
- Supports de transmission
  - RS232
  - RS485
  - Paire torsadée
  - Câble coaxial
  - Fibre optique
  - Wireless
  - Cas pratique : technologies xDSL et ADSL

- Critères de classification des réseaux
  - Topologie
    - Manière de relier entre eux les équipements sur le ou les réseau(x)
  - Chaque topologie présente des caractéristiques et performances différentes
    - Débits
    - Nombre maximum d'utilisateurs
    - Temps d'accès
    - Tolérance aux pannes
    - Longueur de câblage
    - Types d'applications
    - ...
  - Principaux niveaux de classification utilisés
    - Classification par la taille du réseau
    - Classification par le débit du réseau
    - Classification par le type de topologie

- Classification par la taille du réseau
  - Les réseaux sont divisés en plusieurs catégories en fonction des distances couvertes par le réseau
  - Controller Area Network (CAN) ou autres réseaux de terrain
    - Bus multiplexé destiné à réduire la quantité de câbles
      - Portée : de 1m à quelques kilomètres
      - Débits : de 10kb/s à 1Mb/s
      - Nombre d'utilisateurs : une 20aine par bus
      - Consiste à raccorder à un même câble (un bus) plusieurs calculateurs communiquant à tour de rôle
      - Bus de terrain très répandu dans l'industrie (automobile, aéronautique, ...)
      - Exemple : Bus CAN/VAN (Vehicle Area Network) utilisé dans les véhicules
        - ❖ Des alternatives à CAN seront présentées dans le cours sur les réseaux de terrain
  - Local Area Network (LAN)
    - Ensemble d'équipements appartenant à une même organisation et reliés entre eux par un réseau dans une petite zone géographique, le plus souvent à l'aide d'une même technologie
      - Portée : de 1m à quelques kilomètres
      - Débits : de 10Mb/s à 10Gb/s
      - Nombre d'utilisateurs : une 100 voire quelques milliers
      - Exemple : Ethernet

- Classification par la taille du réseau
  - Metropolitan Area Network (MAN)
    - Interconnecte entre eux plusieurs LAN proches géographiquement à des débits importants
      - Portée : de quelques kilomètres à quelques dizaines de kilomètres
      - Débits : de 1Gb/s à 100Gb/s
      - Nombre d'utilisateurs : plusieurs milliers
      - Formé de commutateurs ou routeurs interconnectés par des liens hauts débits (fibre optique, ...)
      - Exemple : réseau de l'UHA
  - Wide Area Network (WAN)
    - Réseau étendu couvrant une grande zone géographique, à l'échelle d'un pays, d'un continent, voire de la planète entière à très haut débits
      - Portée : plusieurs milliers de kilomètres
      - Débits : de 10Gb/s à 1000Gb/s
        - ❖ Le débit disponible résulte d'un compromis avec le coût des liaisons (augmentant avec la distance) et peut être plus faible
      - Nombre d'utilisateurs : des centaines de milliers à plusieurs milliards
      - Interconnexion de routeurs déterminant le trajet approprié pour atteindre un nœud du réseau
      - Exemple : Backbone Internet

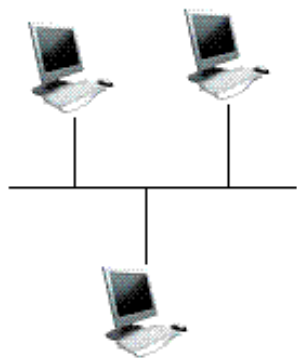
- Classification par la taille du réseau



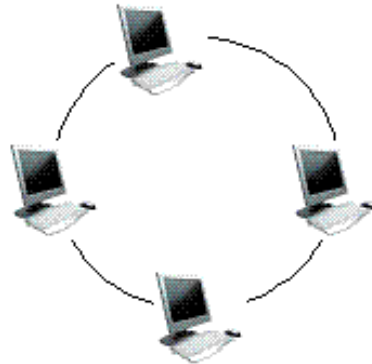
- Classification par le débit du réseau
  - Les réseaux sont divisés en plusieurs catégories en fonction de la rapidité à laquelle les informations circulent sur le réseau
  - Principales catégories de réseaux
    - Réseau bas-débit
      - Débit maximum de 56kb/s
      - Exemple : Réseau Téléphonique Commuté (RTC)
    - Réseau moyen débit
      - Débit compris entre 56kb/s et 256kb/s
      - Exemple : Réseau Numérique à Intégration de Service (RNIS), ReADSL2+, ...
    - Réseau haut-débit
      - Débit compris entre 256kb/s et 30Mb/s
        - ❖ Référence Organisation de Coopération et de Développement Économiques ou OCDE
      - Exemples : ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line), ADSL2+, ...
    - Réseau très haut-débit (ou THD)
      - Débit minimum de 30Mb/s
      - Exemples : réseaux fibre optique Fiber To The Last Amplifier (FTTLA) ou Fiber To The Home (FTTH)



- Classification par le type de topologie
  - Topologies de base se déclinant en multiples combinaisons
    - Bus
    - Anneau
    - Etoile
    - Hiérarchisée ou en Arbre
    - Maillée



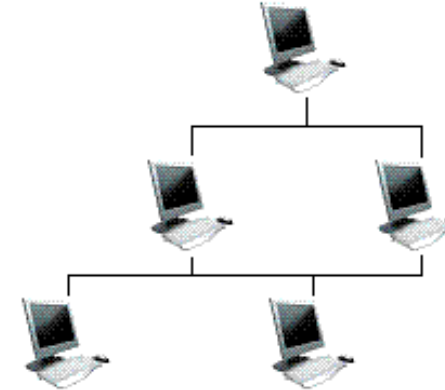
Bus



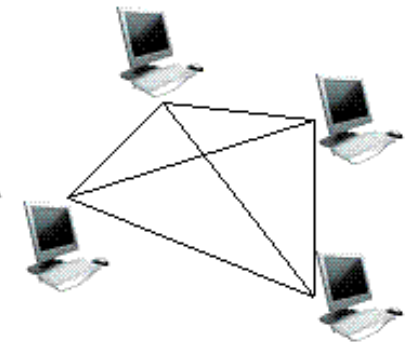
Anneau



Etoile



Hiérarchisée ou arbre

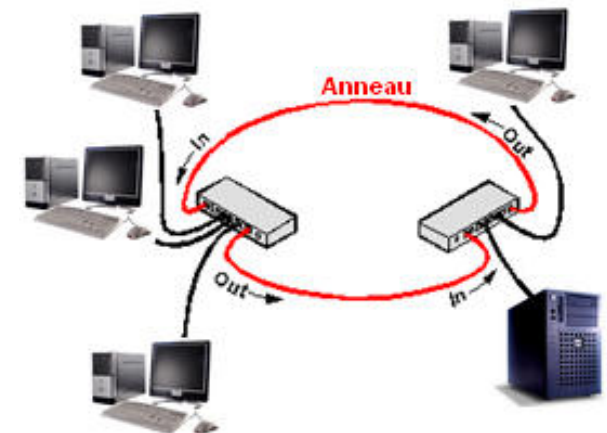


Maillée

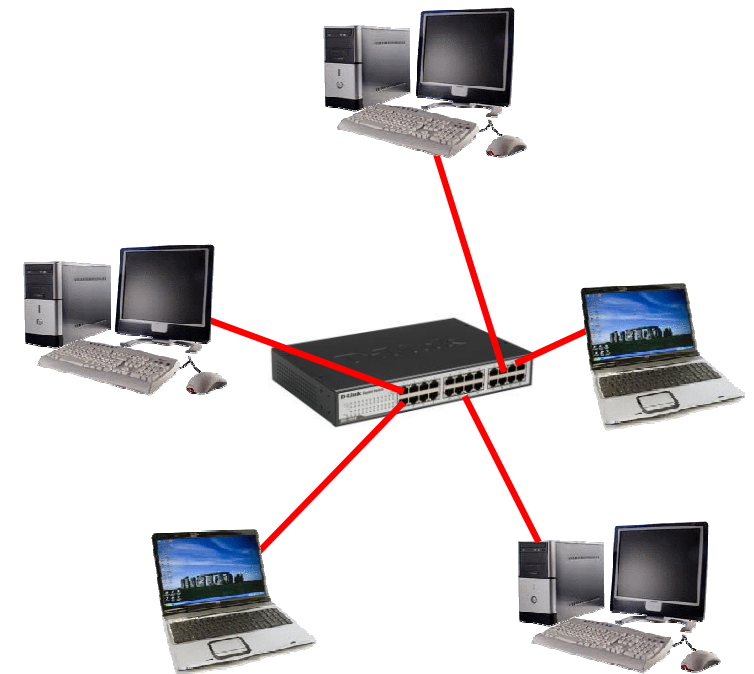
- Topologie en Bus
  - Support de communication unique
    - L'interconnexion est constituée d'un seul fil couvrant l'étendue du réseau (bus)
    - Chaque équipement réseau se raccordant sur cet unique support de transmission
      - Coaxial, paire torsadée, ...
  - Réseau à diffusion (broadcast)
    - L'information émise par une station est diffusée sur le réseau à toutes les stations
  - Avantage
    - Réseau relativement simple à étendre
  - Inconvénients
    - Longueur de câble limitée
    - Conflits sur le bus
  - Application pratique
    - Protocole de supervision inter-automates ProfiBUS



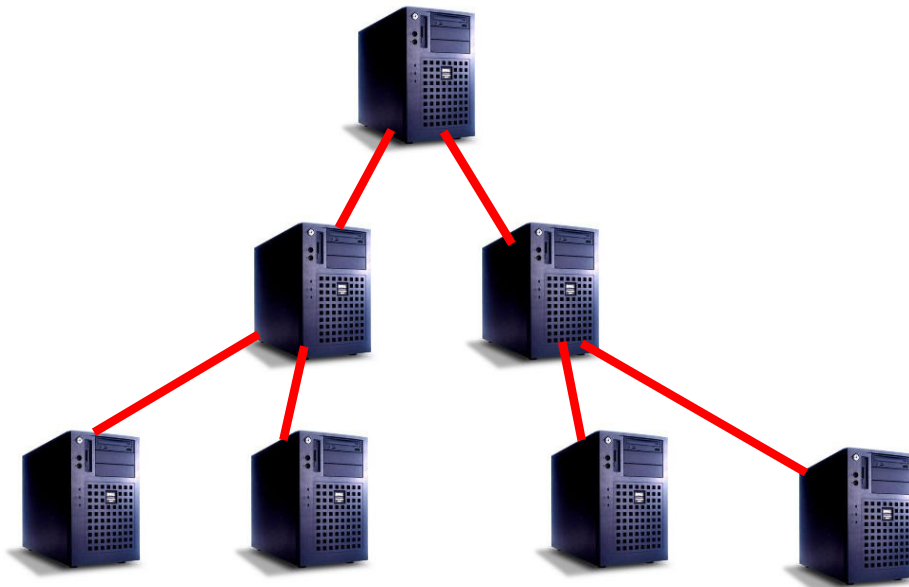
- Topologie en Anneau
  - Liaison point à point avec son successeur
    - Chaque équipement réseau reçoit le message et le régénère
    - Chaque équipement réseau communique avec le suivant à l'arrivée de son tour
  - Avantages
    - Deux chemins possibles en cas de coupure (sécurité)
    - Débit élevé pour les grandes distances (régénération)
  - Inconvénients
    - Segments multiples
    - Sensibilité à la rupture
      - Nécessité de double anneau pour renforcer la sécurité.
  - Application pratique
    - Token Ring (Norme 802.5 anneau à jeton)



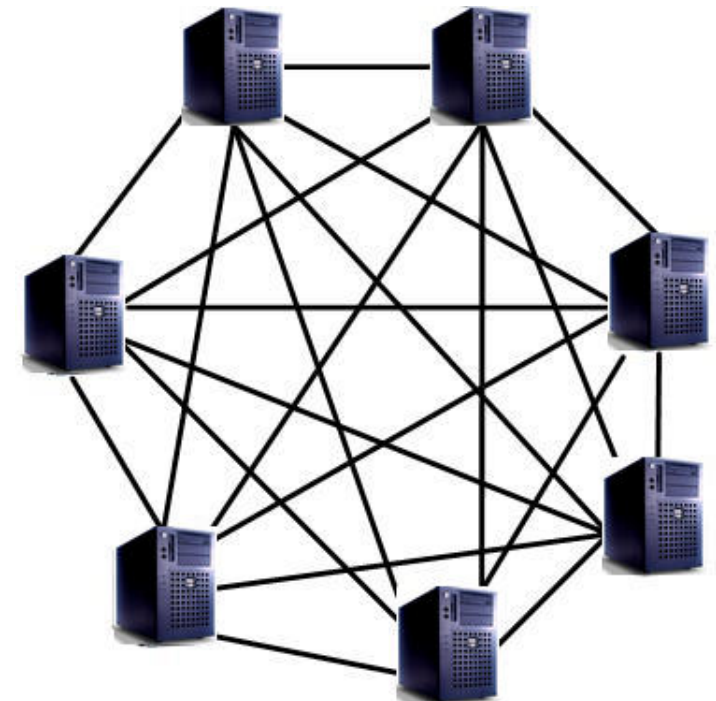
- Topologie en Etoile
  - Toutes les liaisons sont issues d'un point central
    - Communication de type point à point
    - Chaque équipement réseau est relié à un support physique
      - Hub, Switch, ...
  - Avantages
    - Conception facile
    - Liaisons indépendantes les unes des autres
    - Surveillance aisée du trafic
  - Inconvénients
    - Nécessité d'utiliser des câbles de bonne qualité
    - Distance entre les matériels limitée
    - Dépendance au nœud central
  - Application pratique
    - Réseau Ethernet actuel (full duplex)



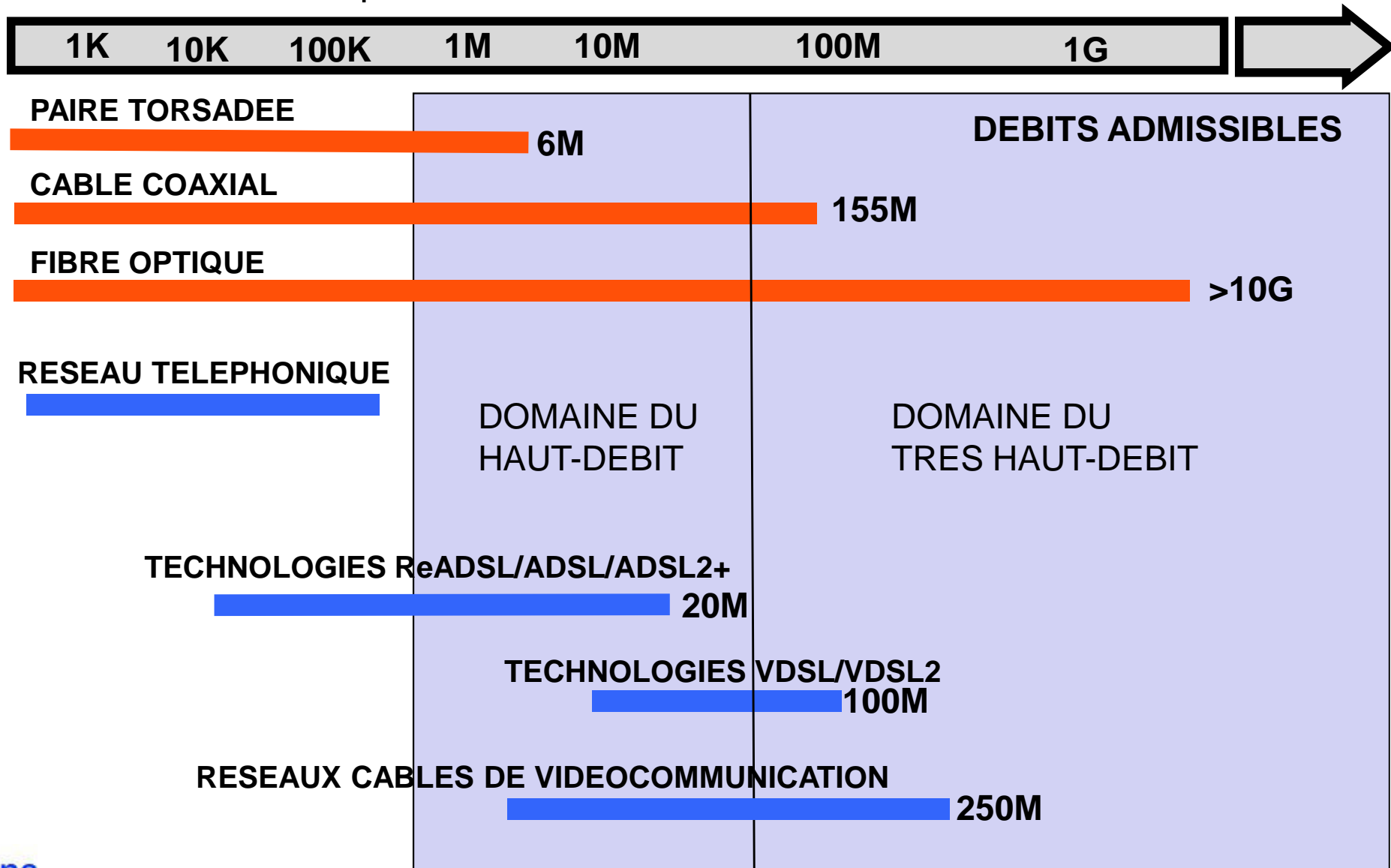
- Topologie en Etoile étendue
  - Repose sur la topologie en étoile
    - Relie les étoiles individuelles entre elles en reliant les nœuds centraux
    - Etend la portée et l'importance du réseau
- Topologie Hiérarchique (ou en Arbre)
  - Fonctionne sur le même principe qu'une topologie en étoile étendue
    - Au lieu de relier les nœuds centraux ensemble, le système est relié à un ordinateur qui contrôle le trafic dans la topologie



- Topologie Maillée (Mesh)
  - Les équipements réseaux sont reliés entre eux pour former une toile (web)
    - Deux stations clientes peuvent être mise en relation par différents chemins
    - Chaque nœud assume la fonction de routeur
  - Avantages
    - Très résistant à la défaillance des nœuds
    - Optimisation des ressources par répartition de la charge (load sharing)
  - Inconvénients
    - Plus complexe à administrer
    - Nécessite beaucoup de câbles
  - Variante
    - Topologie hybride
  - Application pratique
    - Réseaux télécoms



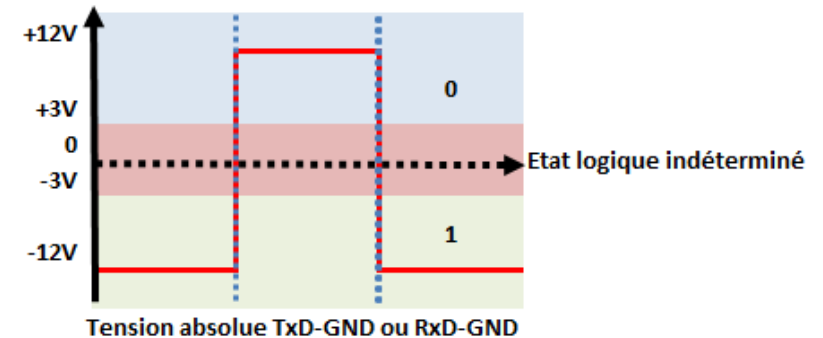
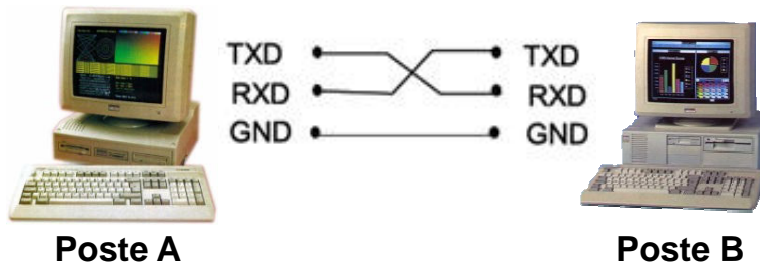
- Débit admissibles pour les réseaux de télécommunications



- RS232 (norme v24 et v28)

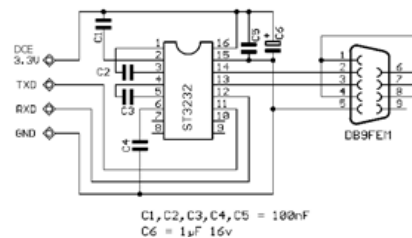
- Interface électrique

- Le signal est transmis selon une tension absolue par rapport à la masse
      - Les niveaux logiques correspondent aux niveaux de tension
    - Caractérisée par une communication half ou full duplex établie sur 3 fils
      - TXD (Transmission), RXD (Réception), GND (Masse)
    - Liaison point à point
    - Distance maximum : 30m
    - Débit maximum : 19200 bauds



- Composant MAX ST232

- Deux récepteurs transformant les signaux RS232 en signaux TTL
    - Deux émetteurs transformant les signaux TTL en signaux RS232



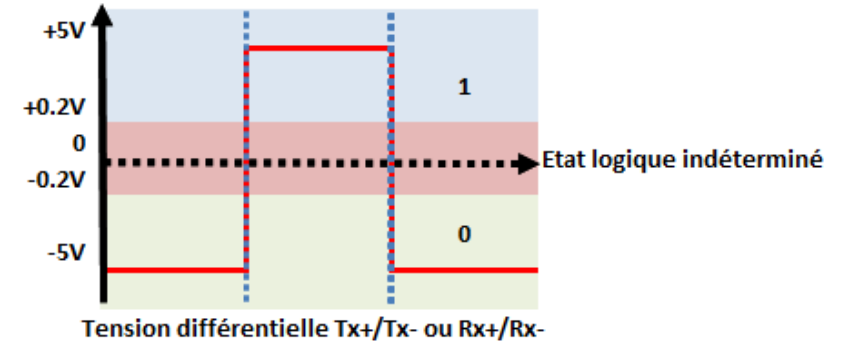
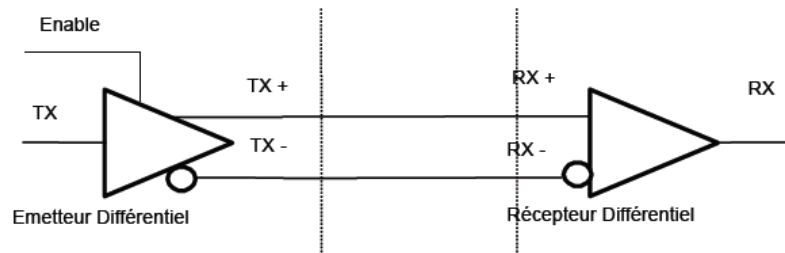
C1, C2, C3, C4, C5 = 100nF  
C6 = 1µF 16v



- RS485 (norme v11)

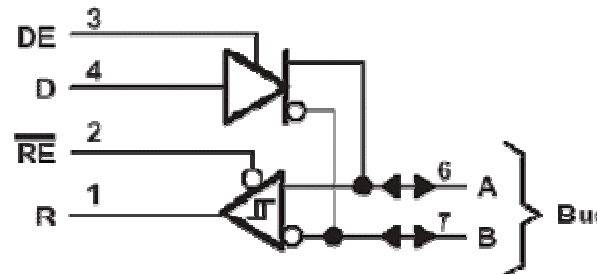
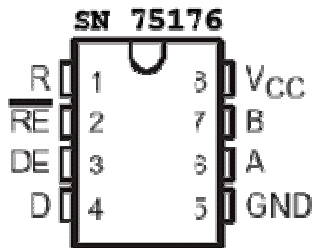
- Interface électrique

- Support de transmission différentiel
      - Limite l'influence des bruits extérieurs et de masse
      - Grande immunité aux parasites
    - Liaison multi-points
    - Distance maximum : 1200m
    - Débit maximum : 12 Mbit/s



- Composant SN 75176

- Signaux différentiels RS485 gérés par des circuits spécialisés



- Comparaison RS232/RS485
  - Liaison non différentielle RS 232
    - Avantages
      - Faible coût
      - Facile à implanter
    - Inconvénients
      - Très sensible aux perturbations électriques et électromagnétiques
      - Faible débit
      - Faible longueur de ligne
  - Liaison différentielle RS 485
    - Avantages
      - Peu sensible à la diaphonie d'autres lignes
      - Bonne réduction de bruit de sources extérieures
      - Bonne réjection du bruit de mode commun
      - Grand débit
      - Grande longueur de ligne
    - Inconvénients
      - Circuits plus complexes
      - Nécessité de paires torsadées
      - Plus cher

- Paire torsadée
  - Constituée de deux conducteurs identiques torsadés (enroulés en hélice)
    - Meilleure immunité aux perturbations électromagnétiques qu'un câble plat
      - Diminution de la diaphonie
    - Impédance proche de 100 Ohm
      - 100 Ohm : réseaux Ethernet en étoile
      - 150 ou 105 Ohm : réseaux Token Ring
      - 100 ou 120 Ohm : réseaux de téléphonie
      - 90 Ohm : câbles USB
  - 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 <sup>E</sup> 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 <sup>a</sup> 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 <sup>a</sup> 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)

- Paire torsadée

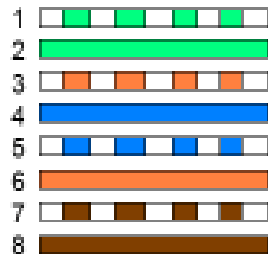
- Types de paire torsadée

- Câble U/UTP (Unshielded/Unshielded Twisted Pairs)
  - Aucun blindage du câble et aucun blindage des paires
  - Impédance 100 Ohm
  - Sensibilité à l'environnement industriel (courant faible)
  - Faible coût
- Câble F/UTP (Foil shielding/Unshielded Twisted Pairs)
  - Blindage du câble par feuillage d'aluminium mais aucun blindage des paires
  - Impédance 100 Ohm
  - Meilleure immunité aux bruits
  - Meilleure Bande Passante
- Variante : câble SF/UTP (Shielded Foil shielding/ Unshielded Twisted Pairs)
  - Rajout d'un tressage métallique au dessus du feuillage d'aluminium du câble
- Câble U/FTP (Unshielded/Foil shielding Twisted Pairs)
  - Aucune blindage du câble mais blindage des paires par feuillage d'aluminium
  - Impédance 100 Ohm
  - Meilleure protection contre les interférences
  - Meilleure Bande Passante
- Variante : câble S/FTP (Shielded/Foil shielding Twisted Pairs)
  - Rajout d'un tressage métallique pour le blindage du câble

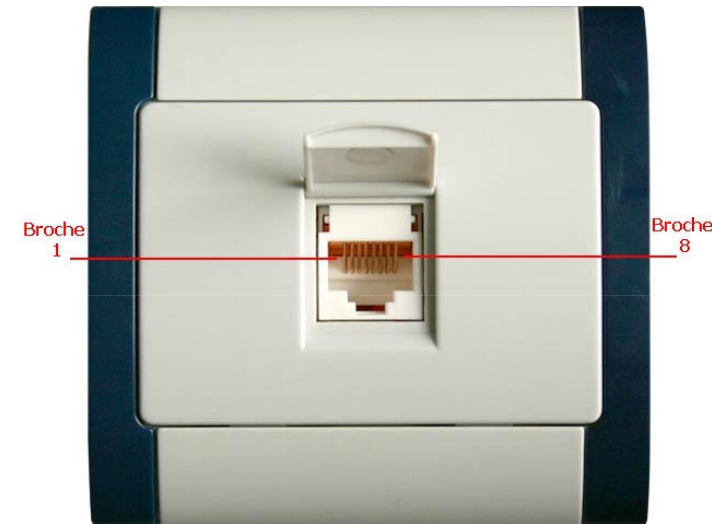


- Paire torsadée
  - Connectique associée
    - RJ45 (Registered Jack ou prise Jack enregistrée)
      - Connecteur usuel pour le câblage d'un réseau ETHERNET
    - Câblage
      - Réseaux 10Mb/s (10 BASE-T) et 100Mbit/s (100 BASE-TX) :
        - ❖ Seules les broches 1-2 et 3-6 sont utilisées pour transmettre les informations (4 broches)
      - Réseaux 1000Mb/s (1000 BASE-T ou 1 GBASE-T)
        - ❖ Les 8 broches sont utilisées
    - Normes de câblage
      - T568A
      - T568B (norme la plus répandue)
      - Normes non compatibles
        - ❖ Nécessité de choisir l'une ou l'autre norme et de ne pas les combiner sur un réseau
        - ❖ Nécessité de respecter la norme déjà utilisée en cas d'extension d'un réseau existant
    - Type de câblage
      - Câble RJ45 droit
      - Câble RJ45 croisé

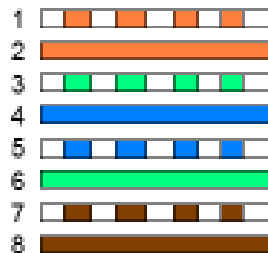
- Paire torsadée
  - Câble RJ45 Droit
    - Norme T568A



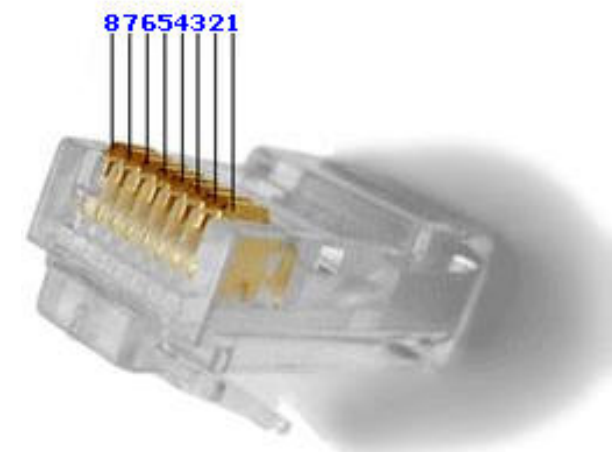
		T568A		
10/100 BASE-T	1000 BASE-T	n° paire	n° broche	Couleur
TD+	BI_DA+	1	1	Blanc-vert
TD-	BI_DA-	1	2	Vert
RD+	BI_DB+	2	3	Blanc-orange
N/A	BI_DC+	3	4	Bleu
N/A	BI_DC-	3	5	Blanc-bleu
RD-	BI_DB-	2	6	Orange
N/A	BI_DD+	4	7	Blanc-Marron
N/A	BI_DD-	4	8	Marron



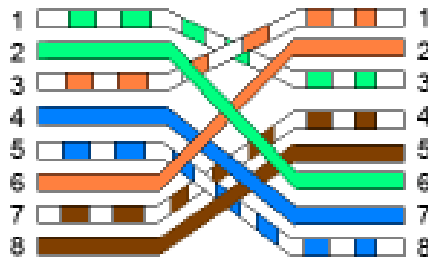
- Norme T568B



		T568B		
10/100 BASE-T	1000 BASE-T	n° paire	n° broche	Couleur
TD+	BI_DA+	1	1	Blanc-orange
TD-	BI_DA-	1	2	Orange
RD+	BI_DB+	2	3	Blanc-vert
N/A	BI_DC+	3	4	Bleu
N/A	BI_DC-	3	5	Blanc-bleu
RD-	BI_DB-	2	6	Vert
N/A	BI_DD+	4	7	Blanc-brun
N/A	BI_DD-	4	8	Brun

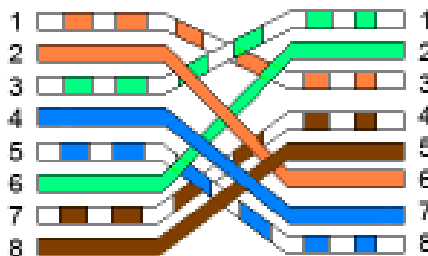


- Paire torsadée
  - Câble RJ45 Croisé
    - Norme T568A



Broche RJ45 (Extrémité 1)	Couleur	Broche RJ45 (Extrémité 2)	Couleur
1	Blanc-vert	1	Blanc-orange
2	Vert	2	Orange
3	Blanc-orange	3	Blanc-vert
4	Bleu	4	Blanc-brun
5	Blanc-bleu	5	Brun
6	Orange	6	Vert
7	Blanc-brun	7	Bleu
8	Brun	8	Blanc-bleu

- Norme T568B



Broche RJ45 (Extrémité 1)	Couleur	Broche RJ45 (Extrémité 2)	Couleur
1	Blanc-orange	1	Blanc-vert
2	Orange	2	Vert
3	Blanc-vert	3	Blanc-orange
4	Bleu	4	Blanc-brun
5	Blanc-bleu	5	Brun
6	Vert	6	Orange
7	Blanc-brun	7	Bleu
8	Brun	8	Blanc-bleu

- Paire torsadée

- Connectique associée

- RJ11/RJ12 (Registered Jack ou prise Jack enregistrée)

- Connecteur usuel pour le câblage en téléphonie fixe
      - RJ11 : 6 pins (broches) / 4 contacts (4 contacts sur 6 utilisables)
      - RJ12 : 6 pins (broches) / 6 contacts (6 contacts sur 6 utilisables)

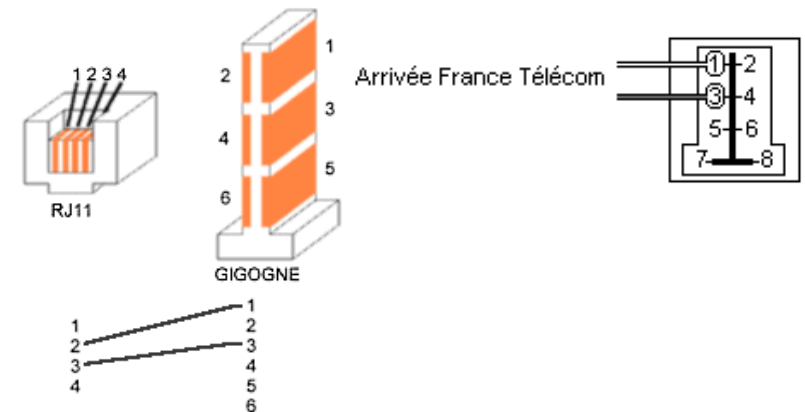
- Câblage

- Téléphonie fixe / RTC (réseau téléphonique commuté)

- ❖ Seules les broches centrales 2-3 sont utilisées pour transmettre les informations sur un connecteur RJ11 (4 broches)
        - ❖ Seules les broches centrales 3-4 sont utilisées pour transmettre les informations sur un connecteur RJ12 (6 broches)

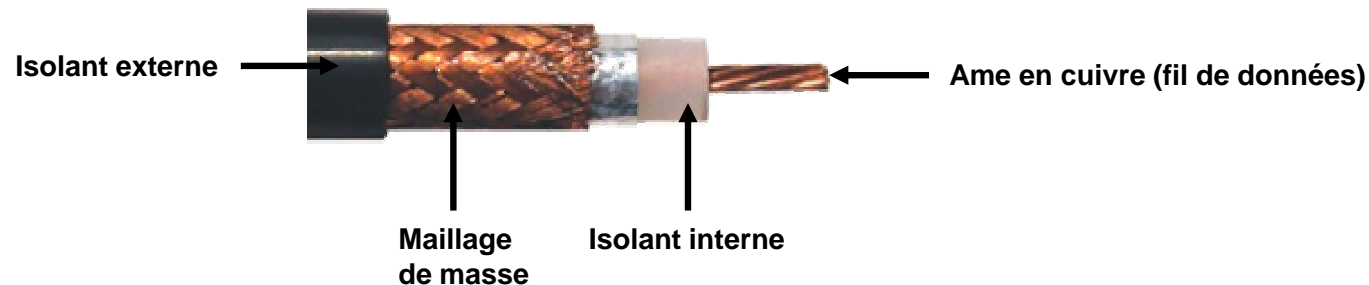
Position	Paire	Broches RJ11	T/R	Couleurs Paire torsadée	Anciennes couleurs	Couleurs allemandes
1	2	N/A	T	blanc/orange	noir	vert
2	1	1	R	bleu	rouge	blanc
3	1	2	T	blanc/bleu	vert	marron
4	2	N/A	R	orange	jaune	jaune

Position	Paire	Broches RJ12	T/R	Couleurs Paire torsadée	Anciennes couleurs	Couleurs allemandes
1	3	N/A	T	blanc/vert	blanc	rose
2	2	N/A	T	blanc/orange	noir	vert
3	1	1	R	bleu	rouge	blanc
4	1	2	T	blanc/bleu	vert	marron
5	2	N/A	R	orange	jaune	jaune
6	3	N/A	R	vert	bleu	gris





- Câble Coaxial
  - Caractéristiques électriques supérieures à la paire torsadée
    - Meilleure immunité aux bruits extérieurs
  - Basé sur le principe de deux conducteurs dont l'un sert de blindage à l'autre
  - Constitution
    - Ame en cuivre (ou acier cuivré) monobrin ou multibrins
      - Fil sur lequel transite 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



- Câble Coaxial

- Caractéristiques d'un câble cylindrique

- Impédance caractéristique  $Z_c$

- $Z_c = (138/\sqrt{\epsilon}) \times \log(D/d)$  avec  $\epsilon$  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)

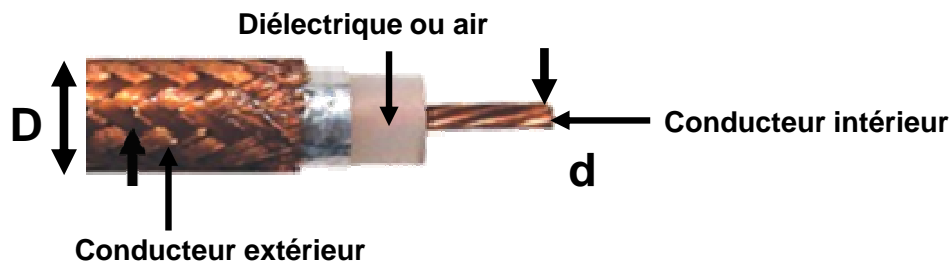
- Puissance admissible ou tension de service maximale (en kV)

- Diamètre extérieur (en mm)

- Nature et souplesse du diélectrique

- Polyéthylène (PE), téflon (PTFE), aéré ou sous forme d'entretoises,...

- Prix au mètre (en €/m)



- Câble Coaxial

- Câble coaxial de liaison RG-11 Classe A



- Caractéristiques mécaniques

- Conducteur : fil acier cuivré (14 AWG)
      - Diélectrique : polyéthylène mousseux de basse densité
      - Blindage: feuille en aluminium 0.18 mm (couverture est au moins de 60%) et enveloppe de fil en cuivre
      - Gaine extérieure: PVC (polychlorure de vinyle)

- Caractéristiques techniques

- Diamètre du conducteur : 1.62 mm
      - Diamètre du diélectrique : 7.11 mm
      - Diamètre extérieur du câble : 10.16 mm
      - Epaisseur de la gaine extérieure : 1.1 mm
      - Poids du câble : 99 kg/km
      - Etendue des températures : de -20°C à +80°C

- Caractéristiques électriques

- Résistance d'ondes : 75 Ohm
      - Fréquence de test : jusqu'à 3 GHz
      - Limite admissible de tension : 5000 V

- Utilisation

- Réseau câblé urbain

- Câble Coaxial
  - Avantages
    - Débit plus élevé que la paire torsadée
    - Sensibilité moindre aux perturbations électromagnétiques par rapport à la paire torsadée
      - Meilleure utilisation en extérieur
  - Inconvénients
    - Support difficile à mettre en place et à raccorder
      - Poids, rigidité, connectique délicate
  - Applications pratiques
    - Réseau câblé urbain
    - Liaison entre antenne TV (râteau TNT ou parabole satellite) et récepteur TV
    - A l'origine, pour les liaisons numériques longues distances
      - Remplacé par la fibre optique

- Fibre Optique

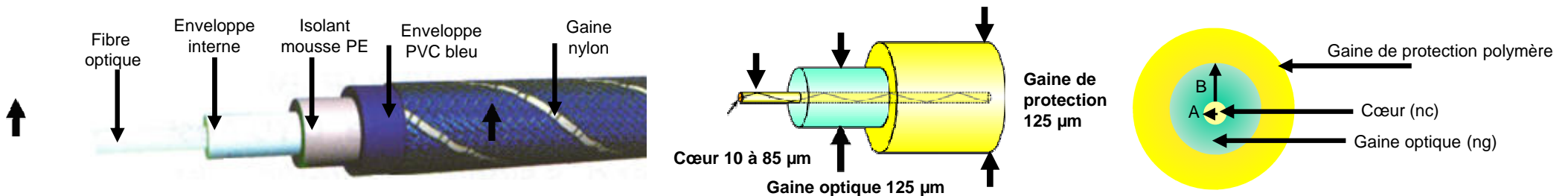
- Assimilable à un fil en verre ou plastique très fin ayant la propriété de conduire la lumière

- 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

- 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)



- Fibre Optique

- Avantages

- Débit 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
    - Portée supérieure à celle des câbles coaxiaux
      - De 2 à 100 km
    - Bande passante au-delà de 10GHz
      - Optimisation à l'aide d'un multiplexage en fréquence Wavelength Division Multiplexing (WDM)
    - Atténuation nettement plus faible que celle des câbles coaxiaux
      - Pouvant être réduite jusqu'à 0,2 dB/km à 1550 nm et permettant d'avoir encore 1% du signal après 100 km
    - Insensible aux perturbations électromagnétiques
      - Taux d'erreurs réduits ( $<10^{-10}$ )
    - Encombrement réduit et haute sécurité
      - Rapport de 6 par câble
      - Localisation aisée des ruptures
    - Cout faible
      - Sur une longue distance comme 200 km son implémentation est moins chère que le cuivre

- Inconvénients

- 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

- Fibre Optique

- Applications pratiques

- Transmissions terrestres et océaniques de données

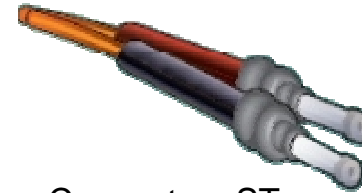
- Connecteurs fibre optique



Connecteur LC



Connecteur SC



Connecteur ST



Connecteur MTRJ

- Types de fibre optique

- Multimode : différents modes de propagation de la lumière au sein du cœur de la fibre
    - Monomode : mode unique de propagation de la lumière, en ligne droite

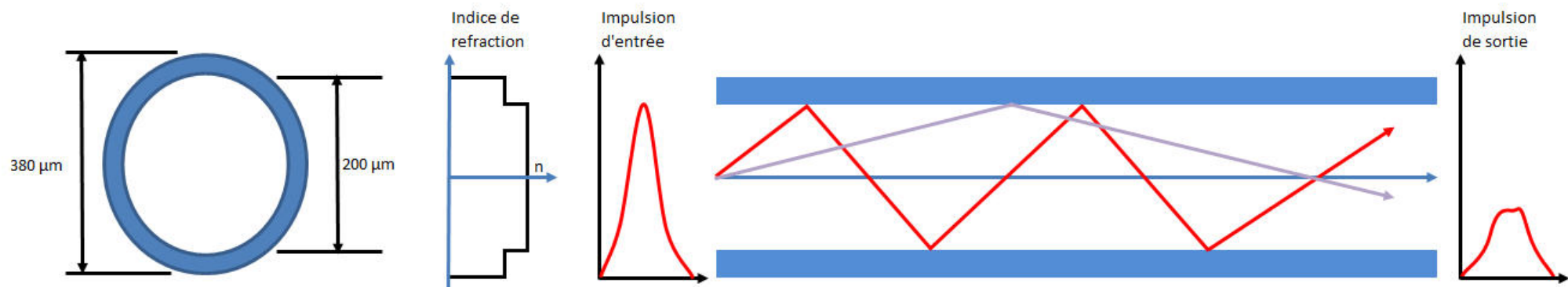
- Caractéristiques évoluant en fonction du type de fibre

- Atténuation
    - Bande Passante
    - Portée
    - ...

- Fibre Optique

- 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

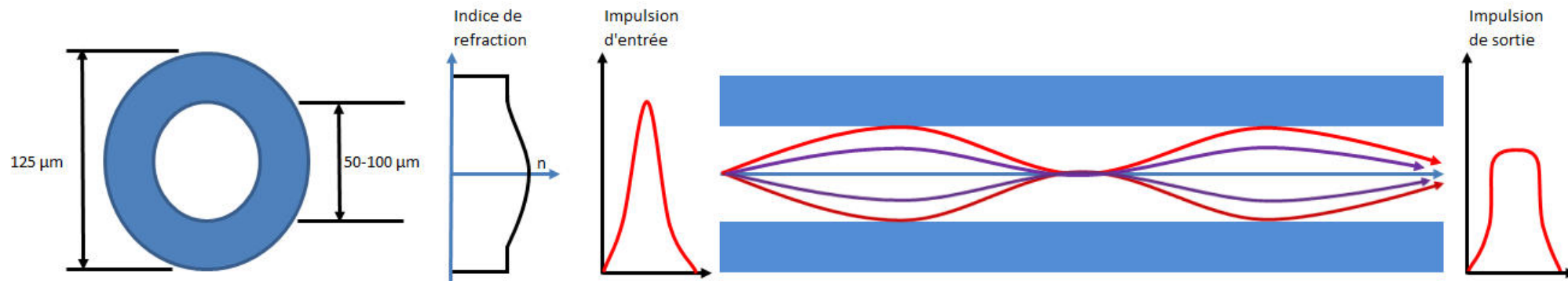




- Fibre Optique

- Fibre multimode à gradient d'indice

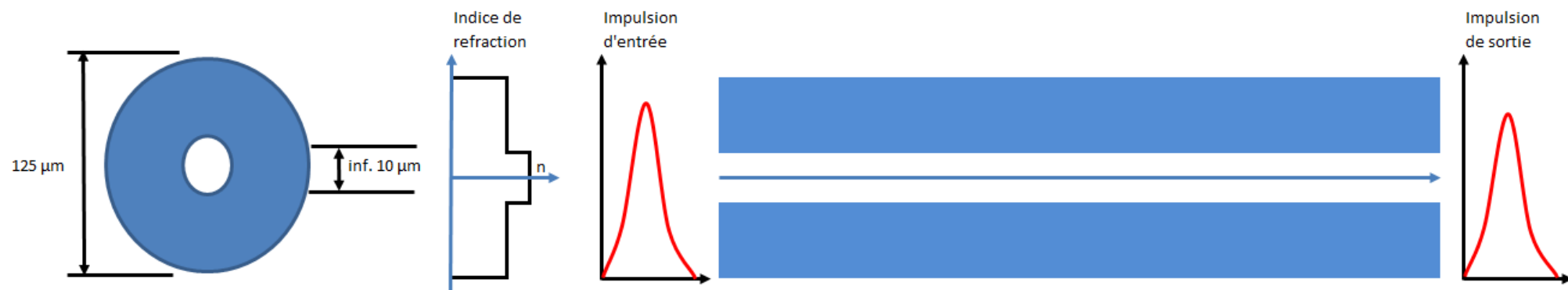
- Utilisation de LED émettrice (850nm) ou de diode infrarouge (1300nm)
    - Caractérisée par plusieurs modes de propagation de la lumière au sein de son cœur de silice
    - Faible différence entre l'indice de réfraction du cœur et celui de la gaine optique
    - Cœur constitué de plusieurs couches 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



- Fibre Optique

- Fibre à saut d'indice monomode

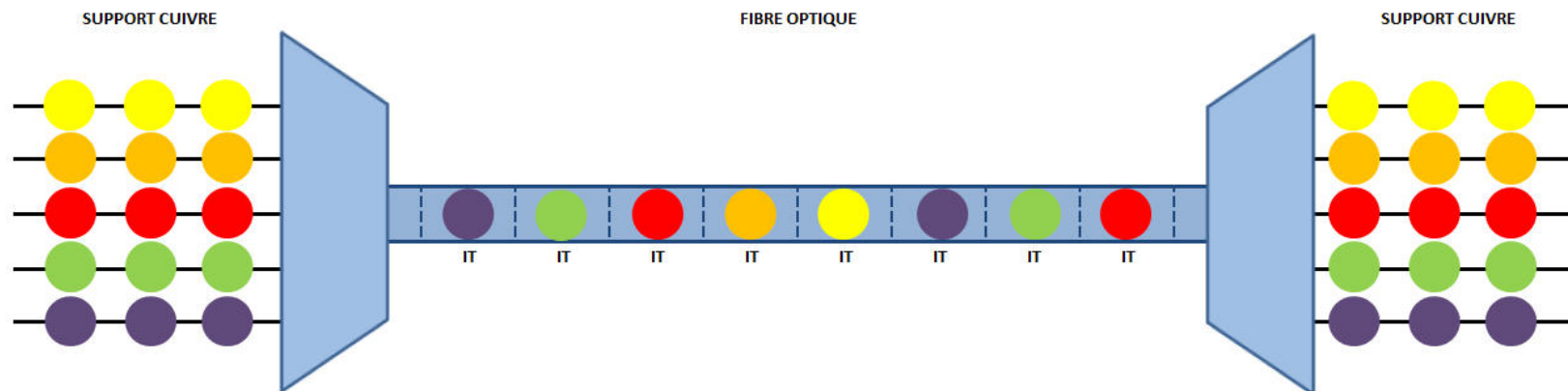
- Meilleure fibre existante à l'heure actuelle
    - Utilisation de diode laser (1300nm ou 1550nm)
    - Caractérisée par un seul mode de propagation de la lumière : en ligne droite
    - Cœur très fin : de la taille d'un cheveux
    - Atténuation quasi nulle
    - Débit : environ 100 Gbit/s
    - Portée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



- Fibre Optique

- Multiplexage

- Consiste à faire passer plusieurs informations sur un seul et unique support de transmission
      - Réduction des coûts d'installation et/ou d'exploitation
      - Moins de câbles pour faire passer la même quantité d'information
    - Multiplexage en temps : Time Division Multiplexing (TDM)
      - Découpage de la bande passante de la fibre optique en intervalles de temps (IT) se partageant les différentes communications
      - Permet de transmettre plusieurs canaux numériques élémentaires à faible débit sur un même support haut débit
      - Répartition du temps d'utilisation entre les communications
      - Chaque signal est commuté à grande fréquence à tour de rôle

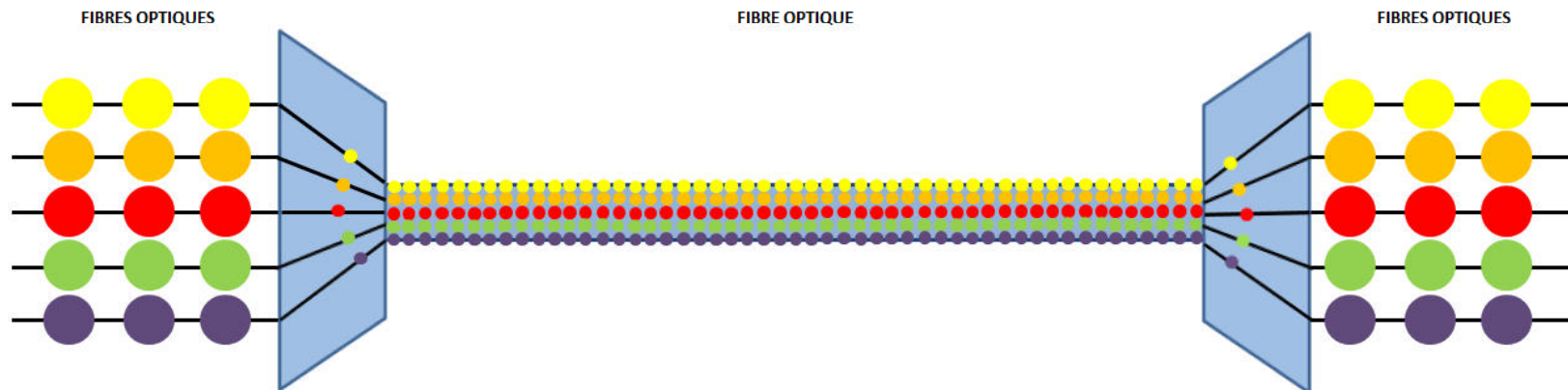


- Fibre Optique

- Multiplexage

- Multiplexage en fréquence : Wavelength Division Multiplexing (WDM)

- Mélange de plusieurs signaux optiques sur une même fibre optique afin de multiplier sa bande passante
      - Les signaux sont portés par des longueurs d'ondes différentes et espacées afin de ne pas interférer les unes avec les autres
      - Allocation des fractions de la bande passante à chaque communication
      - Répartition des signaux dans un espace de fréquences (longueur d'onde)



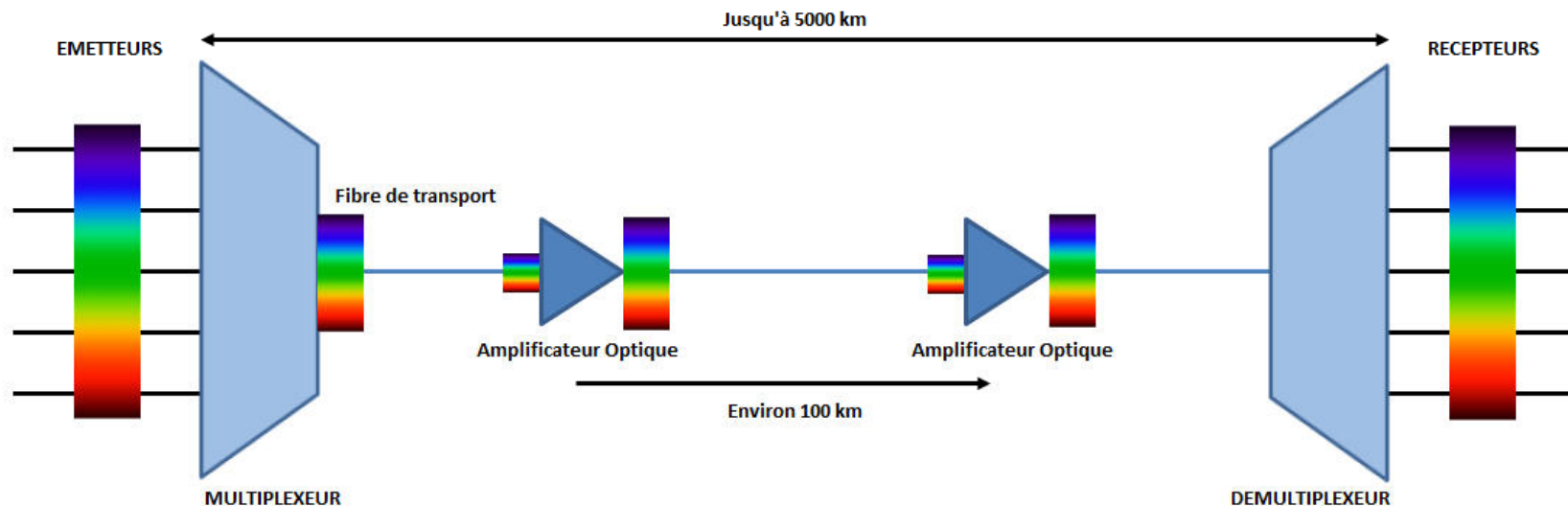
Technologie	Coarse-WDM	Dense-WDM	Ultra-Dense-WDM
Nombre de longueur d'onde	Jusqu'à 16	de 8 à 128	> à 400
Espacement des canaux	20 nm à 25 nm	0.4 nm à 1.6 nm	0.08 nm
Fenêtre spectrale	de 1260 nm à 1620 nm	de 1500 nm à 1600 nm	de 1500 nm à 1600 nm
Débit par longueur d'onde	de 1.25 Gbit/s à 2.5 Gbit/s	de 10 Gbit/s à 40 Gbit/s	> à 40 Gbit/s

- Fibre Optique

- Application pratique d'un réseau optique WDM

- Réseau de type "Backbone" (ou épine dorsale) Internet

- Liaison optique réalisée sur des distances de l'ordre de 5000 km
      - A l'émission, différentes longueurs d'onde sont multiplexées sur une fibre de type monomode
      - Sur le support, le signal est amplifié (remis en forme) tous les 100 km par un amplificateur optique
      - A la réception, le démultiplexeur sépare les différentes longueurs d'onde



- Réseaux sans fil (Wireless Networks)
  - Réseau où au les terminaux se connectent et communiquent entre eux par voie hertzienne, directement ou indirectement en permettant le déplacement des terminaux
  - Types de réseaux sans-fil
    - Utilisant les ondes infra-rouge
      - Utilisés dans la vie quotidienne (télécommandes de télévisions) et les petits réseaux (entre des téléphones portables et des ordinateurs)
    - Utilisant les ondes radios
      - Utilisés par un grand nombre de réseaux sans-fil : Bluetooth, Wifi, réseaux cellulaires, Wimax,...
      - Sensibles aux perturbations extérieures pouvant affecter la qualité des communications

- 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		
HiperLAN2				saut de fréquence	
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.

- Technologies xDSL
  - Introduction
    - Pour remédier aux problèmes des derniers kilomètres de la transmission lors d'une connexion internet, il a été envisagé d'installer de la fibre optique jusqu'à chez l'abonné
      - Investissement onéreux et rentabilité du système compromise
  - Principe des technologies xDSL
    - Doper le réseau téléphonique existant
      - Solution alternative à la fibre permettant de proposer des débits élevés à moindre coût
  - Fonctionnement des technologies xDSL
    - Regroupent les techniques de transmissions haut-débits utilisant la ligne téléphonique
    - La paire torsadée dispose d'une bande passante de 1Mhz et uniquement 3,4kHz sont utilisés pour la transmission de la voix
      - Exploitation de cette bande passante supplémentaire en y créant deux voies de communications
  - Caractéristiques des technologies xDSL
    - Nombre de paires téléphoniques utilisés
    - Vitesse de transmission (débit) en flux montant ou upload (utilisateur vers réseau)
    - Vitesse de transmission (débit) en flux descendant ou download (réseau vers utilisateur)
    - Symétrique (débit Upload = débit Download) ou asymétrique (débit Upload < débit Download)
    - Distance maximale de transmission (portée)



• Technologies xDSL

	ADSL	ADSL 2+	ReADSL 2	RADSL	VDSL	VDSL2	HDSL	HDSL 2	SDSL	SHDSL
TYPE	ASYMETRIQUE				SYMETRIQUE ou ASYMETRIQUE selon la configuration		SYMETRIQUE			
VITESSE DOWNLOAD	de 1 Mb/s à 6,4Mb/s	de 6,4 Mb/s à 20 Mb/s	512 kb/s	de 288 Kb/s à 8 Mb/s	52 Mb/s	250 Mb/s à la source	2 Mb/s en 3 paires, 1,5 Mb/s en 2 paires	2 Mb/s en Europe ou 1,5 Mb/s (EU)	< 1Mb/s disponible jusqu'à 5,6 km 1Mb/s disponible jusqu'à 5 km	192 Kb/s à 2,3 Mb/s (une paire). 384 Kb/s à 4.6 Mb/s (deux paires).
VITESSE UPLOAD	640 kb/s maximum	1 Mb/s maximum	128kb/s	128kb/s à 1Mb/s	16 Mb/s	640 kbit/s à 1 Mbit/s			2Mb/s disponible jusqu'à 2,3 km	
NOMBRE DE PAIRES UTILISEES	1	1	1	1	1	1	2 ou 3	1	1 ou 2 (débit doublé)	1 ou 2
DISTANCE MAXIMUM (PORTEE)	5,6 Km	2,5 Km	8 Km	5,4 Km	300m en mode haute vitesse sinon 1500m.		2,5 Km	2,5 Km	5,6 Km	5 Km
UTILISATION SIMULTANEE DU TELEPHONE	OUI				OUI		NON			
FILTRE DSL	OUI				OUI		NON			

— Temps de transmission d'un fichier de 10Mo (ou MB)

Type de connexion	Analogique		RNIS	ADSL	ADSL 2+	VDSL
Débits théoriques [kbits/s]	9,6	56	128	6 400	16 000	52 000
Durée approximative du transfert	2 à 3 heures	45 minutes	20 minutes	2 minutes	40 secondes	8 secondes

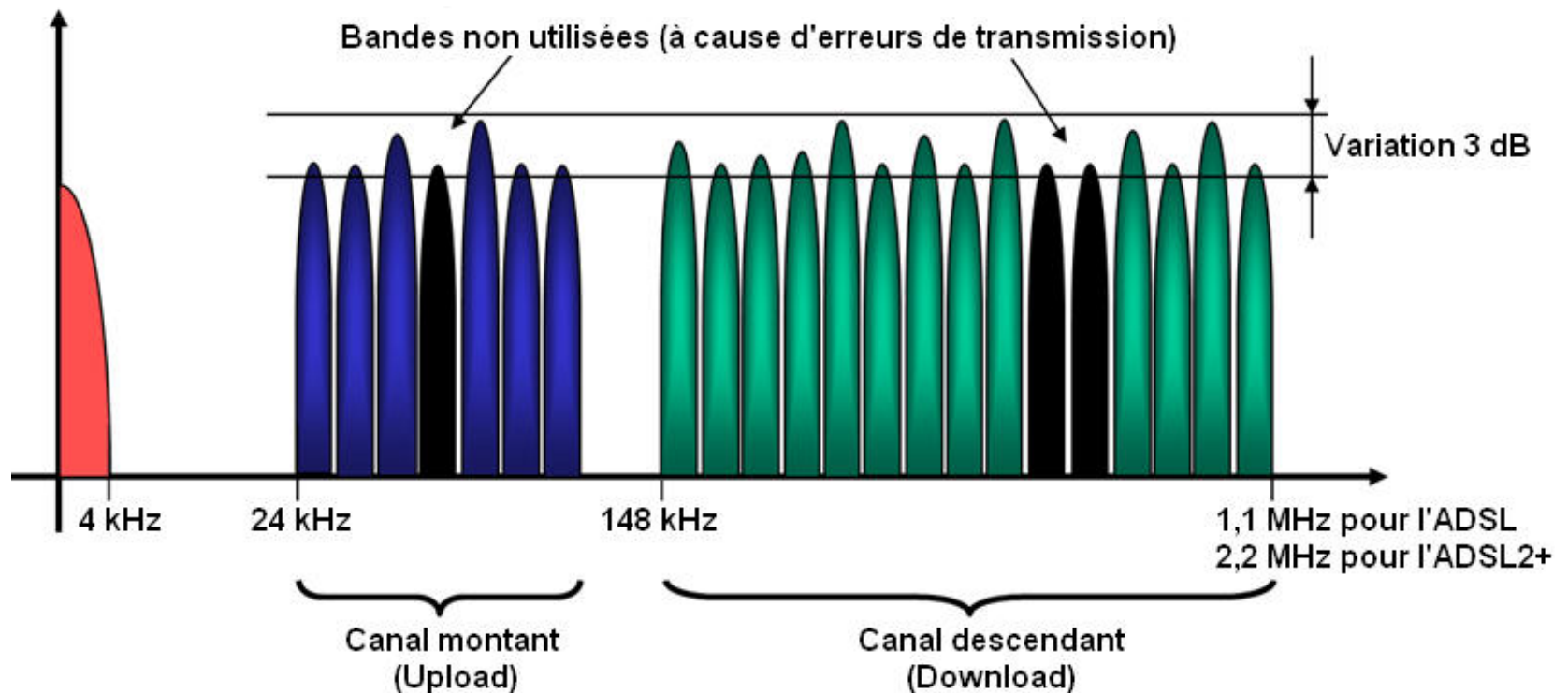
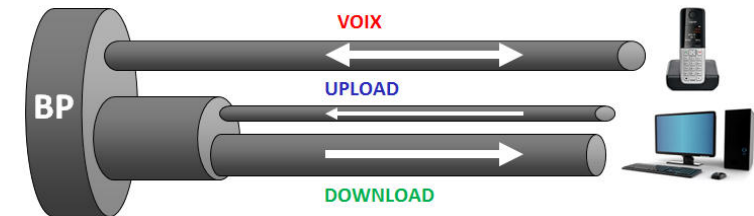
- Technologie ADSL
  - Asymmetric Digital Subscriber Line (ADSL)
    - Solution asymétrique
      - Débit plus faible de l'abonné vers le central (Upload) que du central vers l'abonné (Download)
    - Longueur de ligne téléphonique ou boucle locale maximale (portée) de 5,6 km
    - Affaiblissement théorique maximal de 65 dB
    - Débit variant en fonction de l'affaiblissement
      - De 512 kbit/s à 6,4 Mbit/s (8,4 Mb/s ATM) dans le sens commutateur vers abonné (Download)
      - De 16 kbit/s à 1 Mbit/s dans le sens abonné vers commutateur (Upload)
      - En fonction de la section du/des câble(s) et de l'état de la Boucle Locale
      - En fonction de la longueur de la Boucle Locale
    - Déclinaisons
      - ADSL 2+
        - ❖ Débit pouvant atteindre 20 Mbit/s IP (24 Mb/s ATM)
        - ❖ Seuls les abonnés situés à moins de 1,5 km du DSLAM peuvent en profiter
        - ❖ A partir de 2,5 km, le gain n'est plus significatif par rapport à une connexion ADSL standard
        - ❖ Affaiblissement maximum atteignant 32 dB
      - ReADSL 2 (Reached extended ADSL 2)
        - ❖ Débit pouvant atteindre 512 kbit/s IP
        - ❖ ADSL étendu permettant d'étendre la portée du haut-débit à une distance pouvant atteindre 8 km
        - ❖ Affaiblissement maximum étendu à 80 dB

- Technologie ADSL

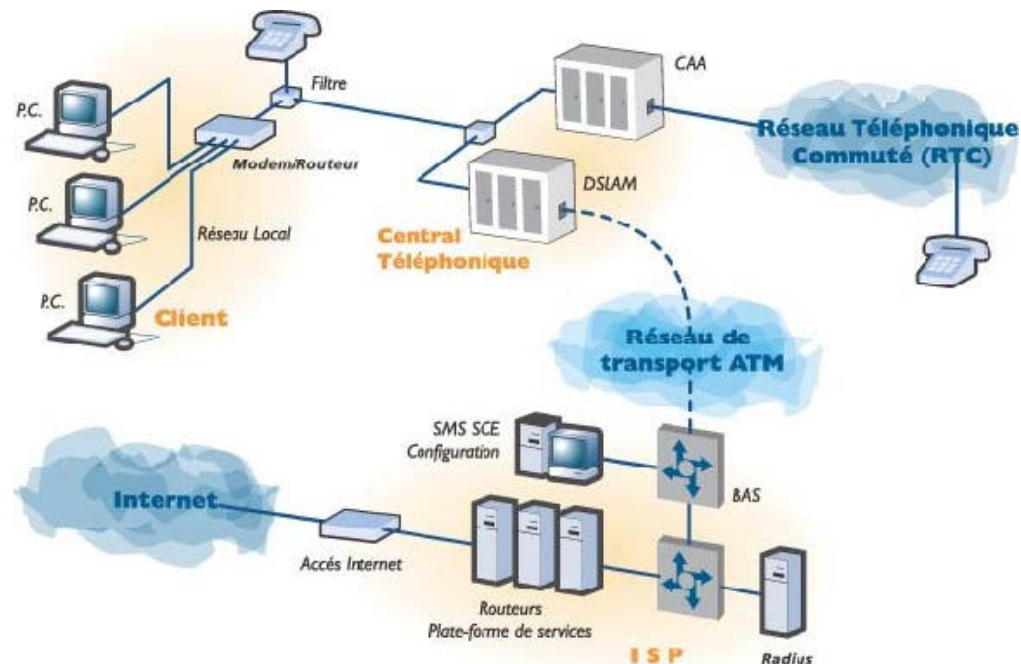
- Codage Discrete Multi Tone (DMT)

- Décomposition de la Bande Passante (BP) en 256 canaux de 4 kHz :

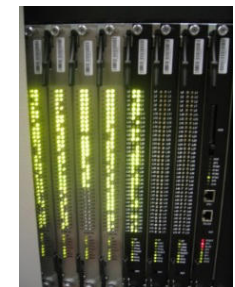
- Le canal 1 est réservé au téléphone
      - Les canaux 2 à 6 sont inutilisés
      - Les canaux 7 à 256 sont réservés aux données
        - ❖ Canaux 7 à 31 réservés pour l'Upload
        - ❖ Canaux 38 à 256 réservés pour le Download



- Technologie ADSL
  - Réseau ADSL



- DSLAM (Digital Subscriber Line Access Multiplexer)
  - Multiplexeur permettant d'assurer un service de type ADSL, ADSL 2+, SDSL... sur les lignes téléphoniques
  - Situé à la terminaison de la Boucle Locale (ligne téléphonique)
  - Premier équipement géré par le Fournisseur d'Accès Internet (FAI)
  - Rassemble le trafic d'un grand nombre de lignes ADSL vers le réseau du FAI
  - Version 1 : 384 abonnés par DSLAM supportant uniquement l'ADSL
  - Version 2 : 1008 abonnés par DSLAM supportant l'ADSL 2+

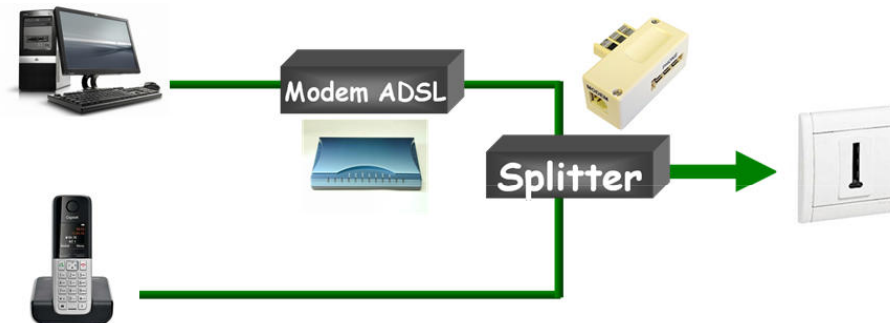


- Technologie ADSL

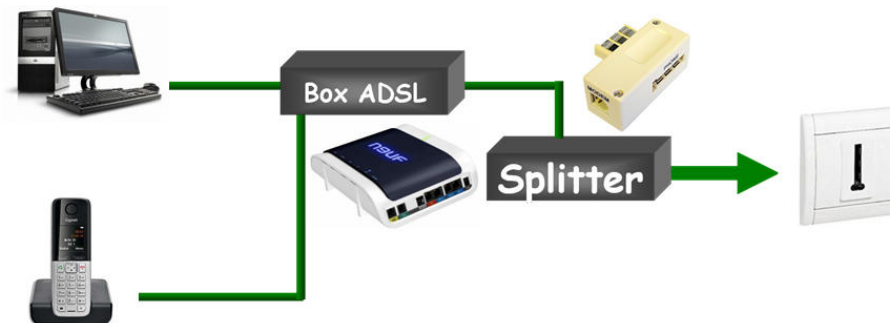
- Dégroupage

- Obligation faite à un opérateur historique de louer une partie de son infrastructure afin de permettre l'interconnexion de sa Boucle Locale avec le réseau d'un opérateur alternatif

- Dégroupage partiel : l'opérateur historique conserve le service téléphonique classique



- Dégroupage total : l'opérateur historique cède la totalité des services



- Une astuce marketing des FAI consiste à indiquer le débit ATM au lieu du débit IP

- Le débit ATM est mesuré entre le DSLAM et Internet et le débit IP entre l'abonné et le DSLAM
      - En règle générale, le débit ATM est 20% plus élevé que le débit IP

- Technologie ADSL

- Affaiblissement de la ligne

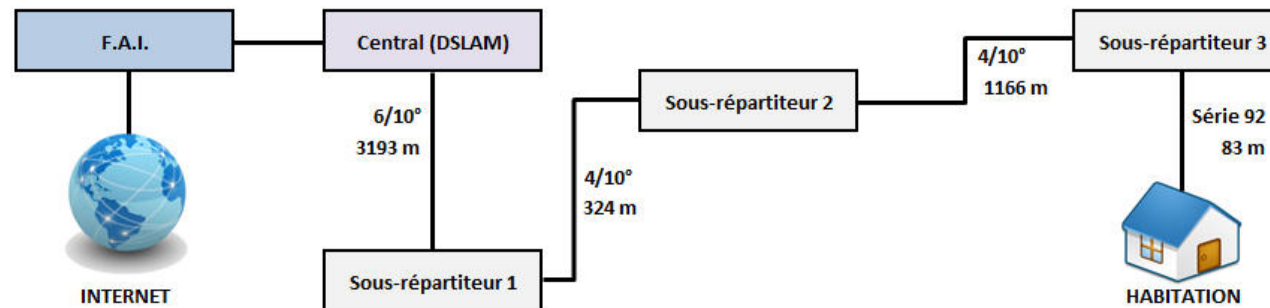
Câbles de transport et de distribution :

Calibre des câbles	4/10°	5/10°	6/10°	8/10°
dB / Km à 300 kHz	15	12,4	10,3	7,9

Câbles de  
branchement :

Type des câbles	5-9	10-9	série 278	série 92
dB / Km à 300 kHz	7,9	10	15	15

- Exemple :



- Calcul de l'affaiblissement théorique total :

- La distance entre la box et la prise téléphonique L0 est considérée comme négligeable
      - $A_{th} = L1 \times C1 + L2 \times C2 + L3 \times C3 + L4 \times C4$
      - $A_{th} = 0,083 \times 15 + 1,166 \times 15 + 0,324 \times 15 + 3,193 \times 10,3 = 56 \text{ dB}$  (<65 dB maxi)

- Longueur de la boucle locale totale :

- $LBL = 3193 + 324 + 1166 + 83 = 4766 \text{ m}$  (<5600 m maxi)

- *CM 1 : Généralités Réseaux*
- *CM 2 : Topologie et supports de transmission*
  - **TD 1 : Débit et technologie ADSL**
- **CM 3 : Codage des informations et contrôle d'intégrité**
  - TD 2 : Codage des informations et contrôle d'intégrité CRC
- **CM 4 : Modèle OSI / Ethernet**
- **CM 5 : Couches transport et réseau (TCP/IP)**
  - TD 3 : Analyse de trames Ethernet / Adresse IP et masque de sous-réseaux
  - TD 4 : Adressage IP / Routage IP
- **CM 6 : Réseaux WLAN et sécurité**
  - TD 5 : Réseaux Wifi et sécurité
- **CM 7 : Réseaux et bus de terrain**
  - TD 6 : Réseaux et bus de terrain
    - TP 1 : Technologie ADSL
    - TP 2 : Analyse de trames et Encapsulation Ethernet
    - TP 3 : Configuration d'un réseau IP / Routage IP / Wifi
    - TP 4 : Réseaux et bus de terrain
    - TP 5 : TP Test
- **CM 8 : Contrôle de connaissances**

- Exercice 1 (15 minutes) :
  - Dans un temps reculé, un Sundgauvien (habitant du territoire rural du Sundgau) souhaitait échanger des données avec un de ses amis résidant en ville (Mulhouse).
  - Etant donné l'éloignement de sa demeure, le coût d'installation d'une ligne de transmission était rédhibitoire.
  - Par conséquent, il a entraîné son St. Bernard à transporter une boîte de 3 disquettes à la place du petit tonneau de rhum.
  - La capacité de chaque disquette était 256 ko et le chien peut tenir la vitesse de 18 km/h
  - Le débit effectif de la ligne que le paysan aurait pu installer est  $D=300$  kb/s
    - Le temps de propagation étant négligeable, indiquez à ce Sundgauvien la distance sur laquelle le St. Bernard était plus efficace que la ligne ?
      - Soit  $d$  la longueur de la ligne en mètre
      - La vitesse du St. Bernard est de 18 km/h soit 5 m/s
      - $T_{\text{StBernard}} = d/V = d/5$
      - $T_{\text{ligne}} = \text{Nombre d'octets à transmettre} / \text{Débit} = 3 \cdot 256 \cdot 8 / 300 = 20,48$  s (Rappel : 1 octet = 8 bits)
      - Le chien est plus efficace si  $T_{\text{StBernard}} < T_{\text{ligne}}$  soit  $d/5 < 20,48$  ce qui donne  $d < 102,4$ m



- Exercice 2 (20 minutes) :
  - Avec une fibre optique ayant un débit  $D = 155 \text{ Mb/s}$  et une longueur  $L = 3000 \text{ km}$ , combien de temps faut-il pour recevoir à l'autre bout la fin d'un paquet de 512 octets avec une vitesse de propagation  $V = 2 \cdot 10^8 \text{ m/s}$  ?
  - Comparez les résultats en utilisant la même vitesse de propagation, avec une paire torsadée de débit  $D = 2 \text{ Mb/s}$  comme support physique de transmission.
    - Que pouvez-vous en conclure ?
      - Avec la fibre optique
        - ❖ Information à transmettre  $N = 512 \text{ octets} = 4096 \text{ bits}$
        - ❖ Pour inscrire les bits sur la ligne il faudra  $N / \text{Débit} = 4096/155 \cdot 10^6 = 26,43 \cdot 10^{-6} \text{ s}$
        - ❖ La ligne mesure  $d = 3000 \text{ km}$
        - ❖ Le temps pour que le signal arrive à destination sera de  $d/V = 3000 \cdot 10^3 / 2 \cdot 10^8 = 0,015 \text{ s}$
        - ❖ Temps total = mise en ligne (transmission) + traversée (propagation) =  $26,43 \cdot 10^{-6} \text{ s} + 0,015 \text{ s} = 15,026 \text{ ms}$
      - Avec la paire torsadée
        - ❖ Pour inscrire les bits sur la ligne il faudra  $N / \text{Débit} = 4096/2 \cdot 10^6 = 2,048 \text{ ms}$
        - ❖ Le temps de propagation étant inchangé, le signal arrivera à destination après  $d/V = 3000 \cdot 10^3 / 2 \cdot 10^8 = 0,015 \text{ s}$
        - ❖ Temps total = mise en ligne (transmission) + traversée (propagation) =  $0,00248 \text{ s} + 0,015 \text{ s} = 17,048 \text{ ms}$
      - Conclusion
        - ❖ En utilisant de la fibre optique, le débit est si important que le temps nécessaire à mettre les bits en ligne devient négligeable par rapport au temps de propagation, ce qui n'est pas le cas avec l'utilisation de la paire torsadée.

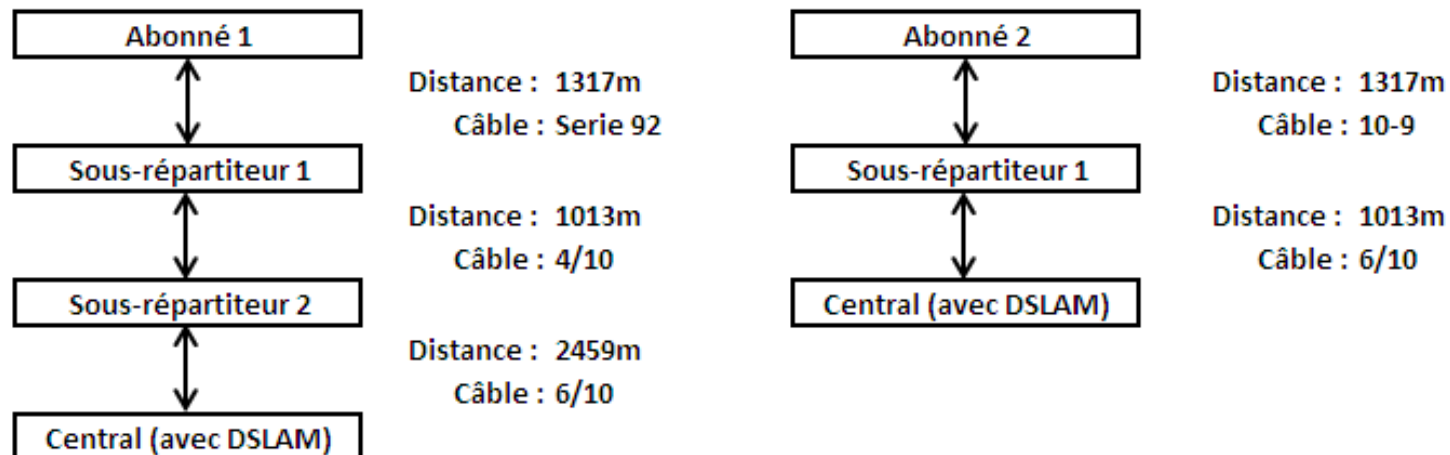
- Exercice 3 (55 minutes) :
  - Pour les deux abonnés ci-dessous, déterminez :
    - Les caractéristiques de la ligne : longueur et affaiblissement total de la ligne en considérant la distance L0 entre la box et la prise téléphonique négligeable
    - Si l'abonné est éligible ou pas à une technologie xDSL et si oui indiquez laquelle (expliquez)
  - Réalisez une analyse par abonné
  - Réalisez une étude comparative entre les deux abonnés

**Transport et distribution**

calibre des câbles	4/10°	5/10°	6/10°	8/10°
dB / Km à 300 kHz	15	12,4	10,3	7,9

**Branchement**

type des câbles	5-9	10-9	série 278	série 92
dB / Km à 300 kHz	7,9	10	15	15



- Exercice 3 (55 minutes) :

- Analyse par abonné

- Abonné 1 :

- $ATH1 = L0 \times C0 + L1 \times C1 + L2 \times C2 + L3 \times C3$  avec  $L0$  négligeable  $ATH1 = L1 \times C1 + L2 \times C2 + L3 \times C3$
      - $ATH1 = 1,317 \times 15 + 1,013 \times 15 + 2,459 \times 10,3 = 60,28 \text{ dB}$  (<65dB mais Affaiblissement élevé)
      - $LBL1 = 4789 \text{ m}$  (LBL est inférieure à 5600m l'abonné est donc éligible à l'ADSL)
      - L'abonné 1 peut bénéficier de ADSL car la longueur de sa boucle locale est inférieure à 5,6km mais supérieure à 2,5km
      - Conclusion : Cet abonné est éligible à l'ADSL mais avec un débit faible car il est loin du central DSLAM.

- Abonné 2 :

- $ATH2 = L0 \times C0 + L1 \times C1 + L2 \times C2$  avec  $L0$  négligeable  $ATH2 = L1 \times C1 + L2 \times C2$
      - $ATH2 = 1,317 \times 10 + 1,013 \times 10,3 = 23,60 \text{ dB}$  (<65dB et Affaiblissement faible)
      - $LBL2 = 2330 \text{ m}$  (LBL est inférieure à 5600m l'abonné est donc éligible à l'ADSL)
      - L'abonné 2 peut bénéficier de l'ADSL 2+ car la longueur de sa boucle locale est inférieure à 2,5km
      - Conclusion : Cet abonné est éligible à l'ADSL 2+ car il est à une distance raisonnable du central mais son débit sera proche d'un abonné ADSL classique car il est assez proche de la limite des 2,5 km

- Exercice 3 (55 minutes) :
  - Analyse comparative entre les deux abonnés

➤ Abonné 1 :

Distance L1 (m) :	1317	Coefficient	Affaiblissement
Type de câble C1 :	Série 92	15	19,76

Distance L2 (m) :	1013	Coefficient	Affaiblissement
Type de câble C2 :	4/10	15	15,20

Distance L3 (m) :	2459	Coefficient	Affaiblissement
Type de câble C3 :	6/10	10,3	25,33

Abonné 2 :

Distance L1 (m) :	1317	Coefficient	Affaiblissement
Type de câble C1 :	10-9	10	13,17

Distance L2 (m) :	1013	Coefficient	Affaiblissement
Type de câble C2 :	6/10	10,3	10,43

- A même distance (L1 = 1317m) l'affaiblissement est plus élevé pour un câble Série 92 (19,76 dB/km) que pour un câble 10-9 (13,17 dB/km)
- A même distance (L2 = 1013m) l'affaiblissement est plus élevé pour un câble 4/10 (15,2 dB/km) que pour un câble 6/10 (10,43 dB/km)
  - ❖ Mise en évidence de l'impact du coefficient du câble sur l'Affaiblissement
- A coefficient égal (6/10) l'affaiblissement est plus élevé pour une distance de 2459m (25,33 dB/km) que pour une distance de 1013m (10,43 dB/km)
  - ❖ Mise en évidence de l'impact de la longueur de la boucle locale sur l'Affaiblissement
- Conclusion : L'abonné 2 aura un meilleur débit que l'abonné 1 parce que la distance entre son domicile et le central contenant le DSLAM est plus courte, mais également parce que les câbles utilisés sont de section plus importante et qu'ils ont donc un coefficient d'affaiblissement plus faible.

• Exercice 4 (25 minutes) :

– Pour l’abonné 1 :

➤ Avec quels câbles de transport et distribution et branchement cet abonné se retrouverait-il avec la technologie ReADSL2 au lieu de l’ADSL ?

– Pour l’abonné 2 :

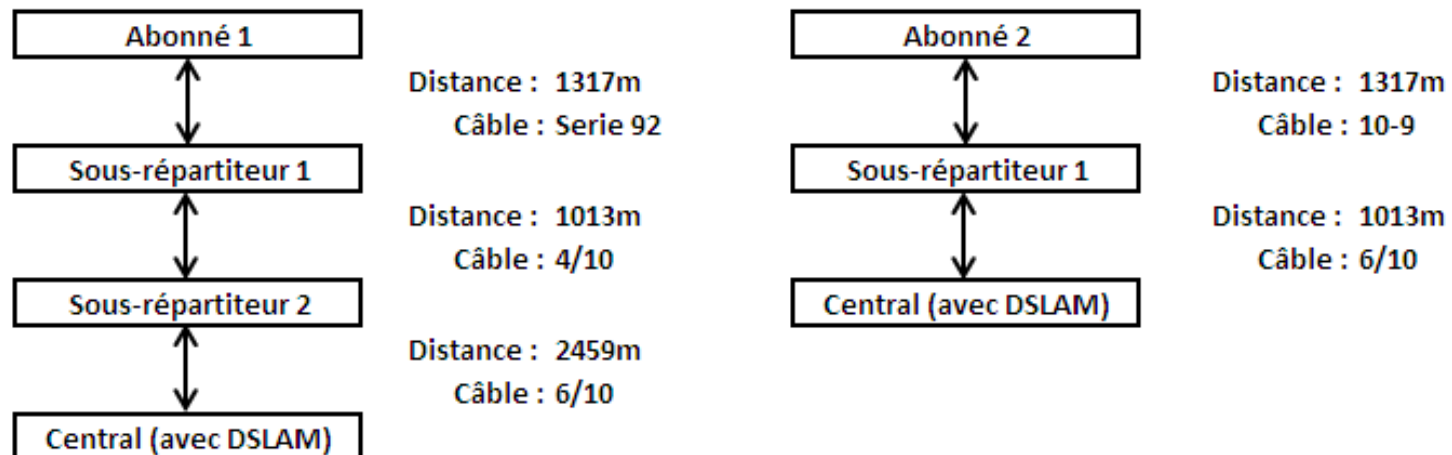
➤ Déterminez à partir de quelle distance son affaiblissement serait supérieur à celui de l’abonné 1 et si dans ce cas l’abonné 2 bénéficiera de la même technologie que l’abonné 1

**Transport et distribution**

calibre des câbles	4/10°	5/10°	6/10°	8/10°
dB / Km à 300 kHz	15	12,4	10,3	7,9

**Branchement**

type des câbles	5-9	10-9	série 278	série 92
dB / Km à 300 kHz	7,9	10	15	15



- Exercice 4 (25 minutes) :

- Pour l'abonné 1

- Les câbles Série 92 et 4/10 ont déjà le coefficient le plus défavorable (15), le seul câble qui pourrait donc plus pénaliser cet abonné est le câble de 4/10 :
      - En le remplaçant par un câble de 5/10 son affaiblissement serait de 65,44 dB, il serait dans les conditions limites pour l'ADSL
      - En le remplaçant par un câble de 4/10 son affaiblissement serait de 71,84 dB, il disposerait donc de la technologie ReADSL (Affaiblissement <80 dB mais supérieur à 65 dB)

Distance L1 (m) :	1317	Coefficient	Affaiblissement
Type de câble C1 :	Série 92	15	19,76

Distance L2 (m) :	1013	Coefficient	Affaiblissement
Type de câble C2 :	4/10	15	15,20

Distance L3 (m) :	2459	Coefficient	Affaiblissement
Type de câble C3 :	4/10	15	36,89

Longueur totale de la Boucle Locale : 4789 m  
 Affaiblissement total de la Boucle Locale : 71,84 dB

- Conclusion : Si l'abonné 1 avait un câble de 4/10 (coefficient de 15) sur le tronçon L3 le reliant au central contenant le DSLAM, son affaiblissement serait trop élevé et il n'aurait plus accès à la technologie ADSL mais devrait se contenter de la technologie ReADSL.

- Exercice 4 (25 minutes) :

- Pour l'abonné 2

- L'affaiblissement de l'abonné 1 est de 60,28 dB et il dispose de la technologie ADSL
    - Pour arriver à cette hypothèse chez l'abonné 2, il est possible de jouer sur 1 (L1 ou L2) ou 2 tronçons (L1 et L2) :

- En jouant uniquement sur le tronçon L1 (câble de branchement 10-9) le basculement se fait à partir de 4986m, cependant la longueur de la boucle locale fait basculer l'abonné en technologie ReADSL.

Distance L1 (m) :	4986	Coefficient	Affaiblissement
Type de câble C1 :	10-9	10	49,86

Longueur totale de la Boucle Locale : 5999 m  
 Affaiblissement total de la Boucle Locale : 60,29 dB  
 Technologique xDSL de la Boucle Locale : ReADSL

Distance L2 (m) :	1013	Coefficient	Affaiblissement
Type de câble C2 :	6/10	10,3	10,43

- En jouant uniquement sur le tronçon L2 (câble de transport 6/10) le basculement se fait à partir de 4575m, cependant la longueur de la boucle locale fait basculer l'abonné en technologie ReADSL.

Distance L1 (m) :	1317	Coefficient	Affaiblissement
Type de câble C1 :	10-9	10	13,17

Longueur totale de la Boucle Locale : 5892 m  
 Affaiblissement total de la Boucle Locale : 60,29 dB  
 Technologique xDSL de la Boucle Locale : ReADSL

Distance L2 (m) :	4575	Coefficient	Affaiblissement
Type de câble C2 :	6/10	10,3	47,12

- En jouant sur L1 et L2 la problématique reste la même, il n'est donc pas possible de conserver la même technologie (ADSL) pour l'abonné 2 que pour l'abonné 1 avec le même affaiblissement (60,28 dB)

Distance L1 (m) :	2939	Coefficient	Affaiblissement
Type de câble C1 :	10-9	10	29,39

Longueur totale de la Boucle Locale : 5939 m  
 Affaiblissement total de la Boucle Locale : 60,29 dB  
 Technologie xDSL de la Boucle Locale : ReADSL

Distance L2 (m) :	3000	Coefficient	Affaiblissement
Type de câble C2 :	6/10	10,3	30,90

- *CM 1 : Généralités Réseaux*
- *CM 2 : Topologie et supports de transmission*
  - *TD 1 : Débit et technologie ADSL*
- **CM 3 : Codage des informations et contrôle d'intégrité**
  - TD 2 : Codage des informations et contrôle d'intégrité CRC
- **CM 4 : Modèle OSI / Ethernet**
- **CM 5 : Couches transport et réseau (TCP/IP)**
  - TD 3 : Analyse de trames Ethernet / Adresse IP et masque de sous-réseaux
  - TD 4 : Adressage IP / Routage IP
- **CM 6 : Réseaux WLAN et sécurité**
  - TD 5 : Réseaux Wifi et sécurité
- **CM 7 : Réseaux et bus de terrain**
  - TD 6 : Réseaux et bus de terrain
    - TP 1 : Technologie ADSL
    - TP 2 : Analyse de trames et Encapsulation Ethernet
    - TP 3 : Configuration d'un réseau IP / Routage IP / Wifi
    - TP 4 : Réseaux et bus de terrain
    - TP 5 : TP Test
- **CM 8 : Contrôle de connaissances**