



RESEAUX TELECOM FIXE/MOBILE :

POLYCOPIE 1 :

3 types de réseaux :

- 1) Réseaux d'entreprise (LAN)
- 2) Réseaux d'opérateur
- 3) Réseaux de collectivité (existe depuis la fracture numérique de 2004)

3 types de convergences :

- 1) IP/Optique
- 2) Fixe/Mobile
- 3) Paquet/Circuit

Remarque : tout ce qui est mobile est rapatrié sur du fixe. ATTENTION à ne pas opposer fixe et mobile.

Réseau \leftrightarrow Client/Serveur

Fournisseur de service

I. TOPOLOGIE

Supports de transmission : métallique (cuivre), électromagnétique (radio), fibre optique (verre : silice).

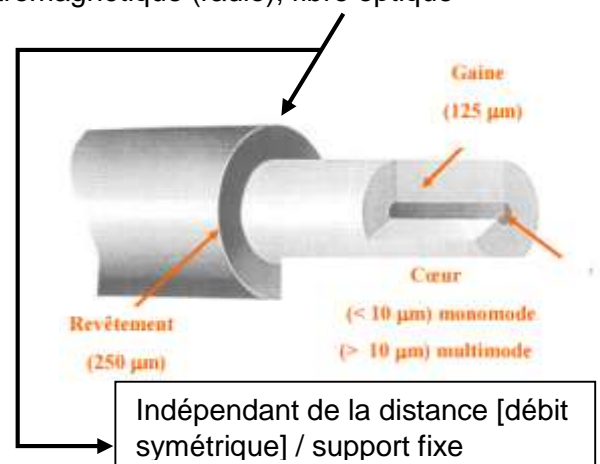
support mobile

Terminaux : conversion entre le réseau et le monde extérieur.

Aiguillage : brasseurs, commutateurs, routeurs.

II. MODELISATION

Sur une paire de cuivre, le signal se dégrade très rapidement quand la distance augmente [débit asymétrique ADSL] / support fixe



Indépendant de la distance [débit symétrique] / support fixe

Voix, données, images

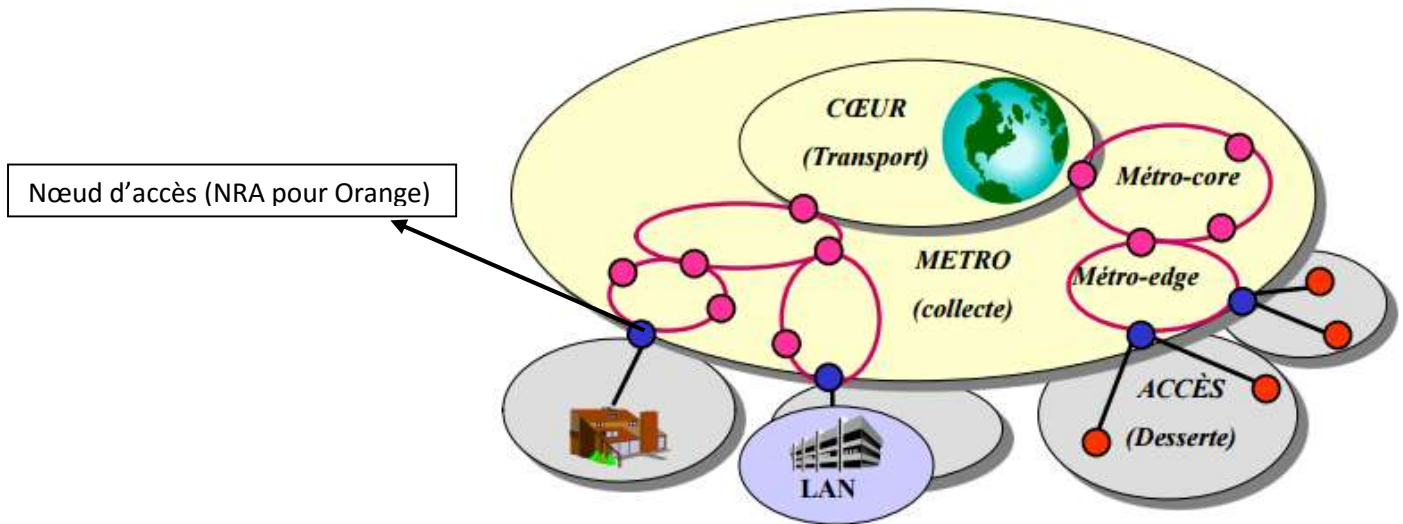
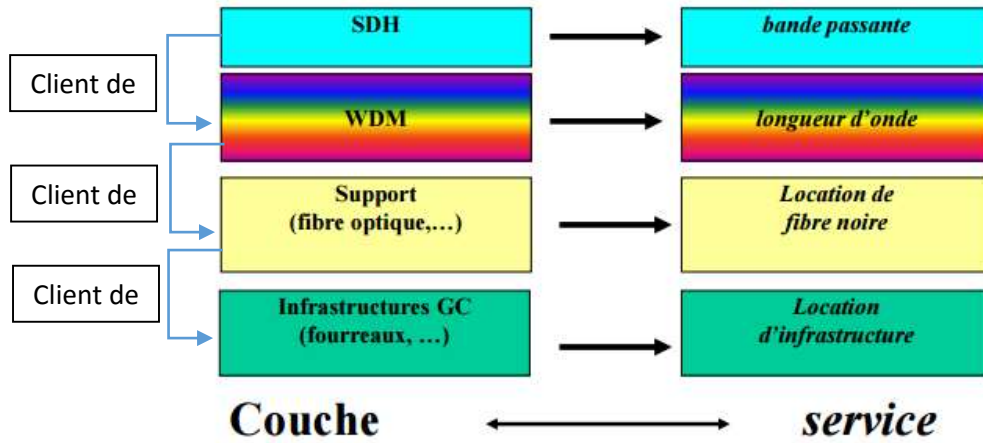
Couche active (énergie nécessaire)

Services

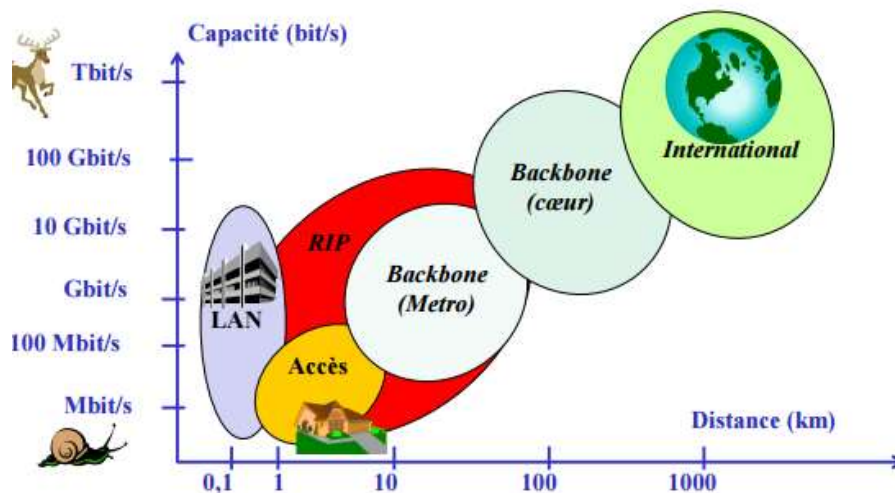
Transport

Infrastructure passive

Couche passive (pas d'énergie)



III. TYPOLOGIE





IV. CARACTERISATION

Couverture géographique (WAN, MAN, LAN, PAN...)

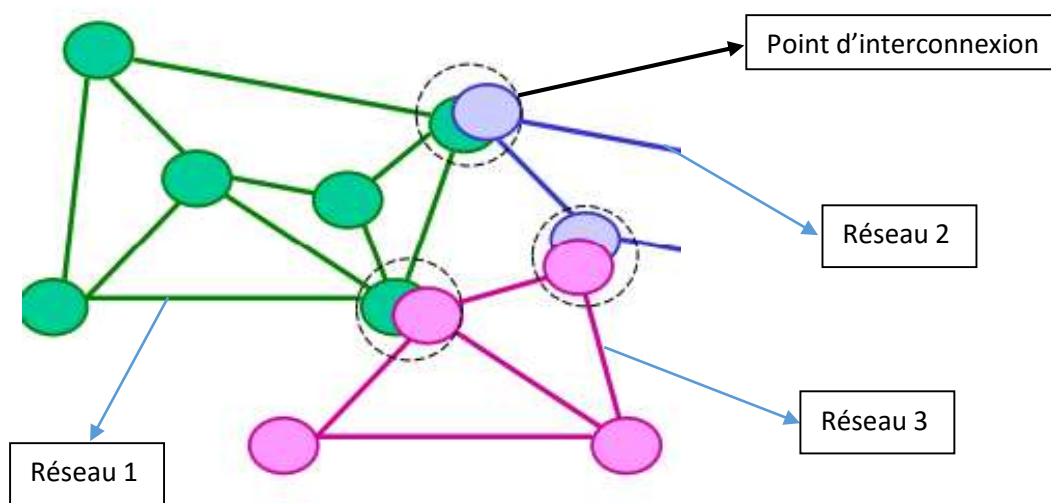
Critère administratif (entreprise, opérateur, collectivité...)

Fonctionnalité (transport, collecte, desserte, accès...)

Technologie (téléphonie, internet, mobile...)

V. INTERCONNEXION

Exemple :

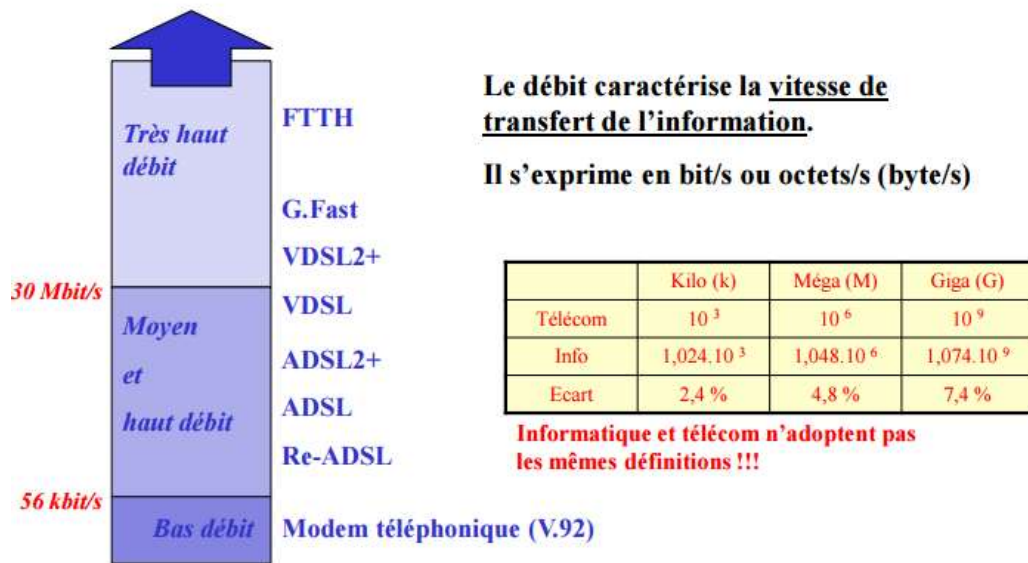


VI. INVESTISSEMENTS ET REVENUS





VII. EVOLUTION DU DEBIT



VIII. RESSOURCES DE TRANSMISSIONS



IX. ATTENUATION ET DISPERSION



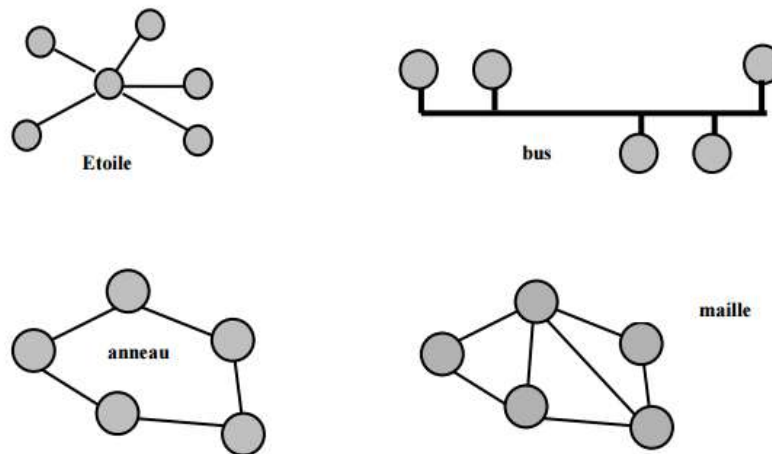
L'atténuation limite la portée. Elle dépend de la longueur d'onde et augmente avec la distance. L'atténuation s'exprime en dB/km.

La dispersion se traduit par un étalement dans le temps entraînant une limitation de la capacité.

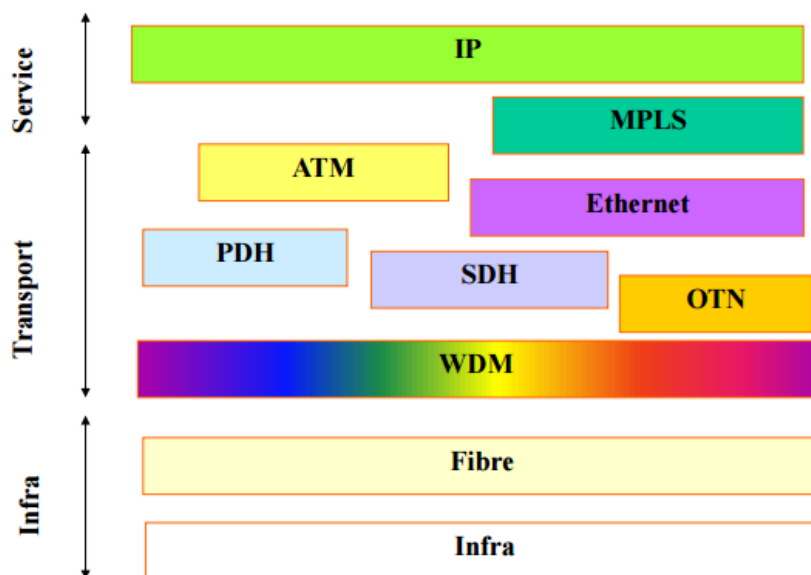
Trois causes principales de dispersion sont identifiées : **intermodale, chromatique et PMD.**



X. ARCHITECTURES



XI. COUCHES ET TECHNOLOGIES



Remarque : LE RESEAU DOIT ETRE OUVERT NEUTRE ET MUTUALISABLE (pouvoir passer facilement d'un réseau à un autre).

Réseau 2G : GSM (15000 cellules), GPRS, EDGE

Réseau 3G : UMTS (45000 cellules), HSDPA, HSUPA, HSPA+

Réseau 4G : LTE (50000 cellules)

Les cellules sont des points d'accès. Plus on augmente en génération, plus on augmente le nombre de cellules et plus on diminue leur taille.



POLYCOPIE 2 :

I. ORGANISATION D'UN RESEAU

- Backbone : réseau cœur = réseau homogène (même support) : supporte le gros du trafic par les technologies les plus rapides (fibre optique) et par une grande bande passante sur des distances importantes.
- Réseau d'accès = réseau hétérogène (différents supports) : débit beaucoup moins important rattaché au backbone par différents nœuds de raccordement.

FORMULE DE L'ATTENUATION :

$$Att = 10\log(P_s/P_e)$$

P_s : puissance de sortie

P_e : puissance d'entrée

Par défaut : atténuation de 3dB d'où la bande passante a -3dB (valeurs efficaces).

Limites des câbles coaxiaux	Avantages des liaisons à fibre optique
Capacité de transmission limitée	Plus grande capacité de transmission
Affaiblissement progressif en fonction de la fréquence	Excellente qualité de transmission Faible affaiblissement linéique
Sensibilité aux rayonnements électromagnétiques	Insensibilité aux interférences électromagnétiques
Sensibilité à la foudre	Protection contre les intrusions
Dimensions et masse plus importantes	Pose beaucoup plus facile, mais délicate Pas d'éléments métalliques
Prix de revient élevé	Coût plus faible ramené au réseau supporté

II. CONCEPTS DE MULTIPLEXAGE

- Méthode qui permet d'organiser le partage de la ressource Bande Passante par les utilisateurs et qui permet de réduire voire éliminer les interférences entre les utilisateurs.
- Les communications s'effectuent sur un même canal (attention canal : espace sur le support de transmission \neq support)
- Nature des techniques : synchrone / asynchrone ; temporelle / spectrale.



	TDMA	FDMA (on l'appelle WDM quand il s'agit de la fibre optique)	CDMA	OFDM
Nom	[Time Division Multiple Access]	[Frequency Division Multiple Access]	[Code Division Multiple Access]	[Orthogonal Frequency Division Multiplexing]
Technique	Partage de la même bande passante	BP divisée en sous BP ; Sous BP = canal de transmission	Répartition par code	Répartir (sur un grand nombre de sous-porteuses) le signal numérique transmis
Accès	Accès à tour de rôle	Accès illimité mais sur un espace limité	Accès illimité (n'importe quel moment et quelle fréquence)	Orthogonalité : rapprochement du débit de Nyquist (recouvrement de spectre autorisé)
Gaspillage	Intervalle temporel spécifique par trame émise ⇒ oui	si le canal est inutilisé pendant un temps donné ⇒ oui		

III. MODES DE TRANSMISSION

- Simplex : données circulant dans un seul sens (émetteur -> récepteur)
Ex : ordinateur -> imprimante
- Duplex : half duplex (utilisation de la capacité totale de la ligne) / full duplex (BP divisée par 2 pour chaque sens d'émission des données sur un même support de transmission)

IV. LES SIGNAUX

Quel que soit le signal et le support, le signal est atténué, perturbé et tend à disparaître s'il n'est pas régénéré.

- Numérisation d'un signal :



Avantage : remise en forme du signal

Inconvénient : synchronisation parfaite nécessaire entre émetteur/récepteur

ECHANTILLONNAGE :

Théorème de Shannon :

- Cas signal sinusoïdal : $f_e \geq 2f_0$
- Cas signal à BP limitée : $f_e \geq 2f_{\max}$



V. MODULATION

Déplacement du spectre du signal autour de la fréquence porteuse. Autrement dit, on fait varier le signal pour mieux le répartir sur la BP pour **éviter la saturation**.

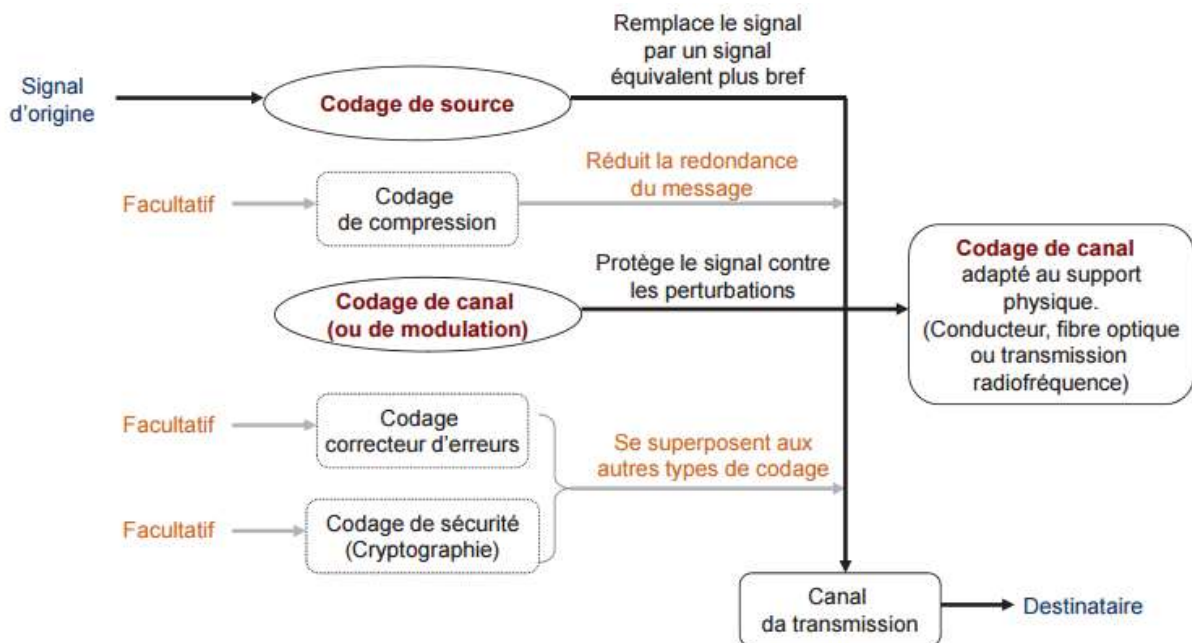
Rapacité de modulation [R] : nombre d'états du signal transmis par seconde (en Bauds)

Débit binaire [D] : nombre d'éléments binaires transmis par seconde (bit/s)

Valence [V] : nombre d'états différents transmis

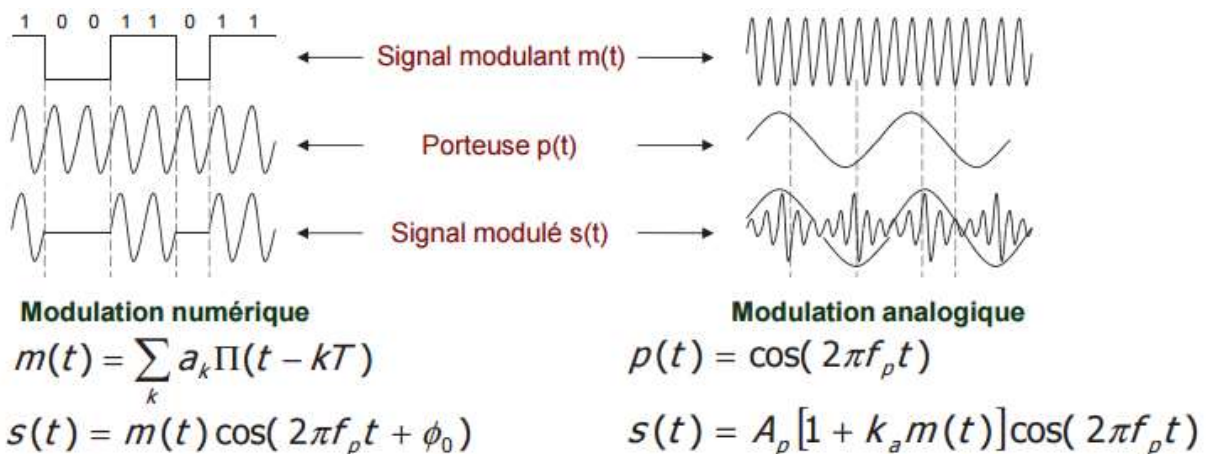
$$D = R \cdot \log_2(V)$$

VI. TYPE DE CODAGE



VII. TECHNIQUE DE MODULATION

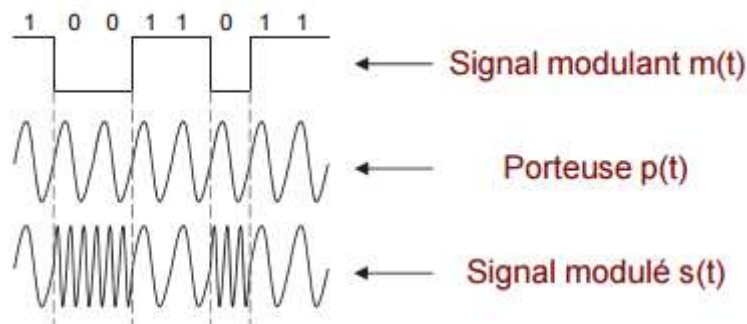
• Amplitude



Problème : très sensible à l'atténuation

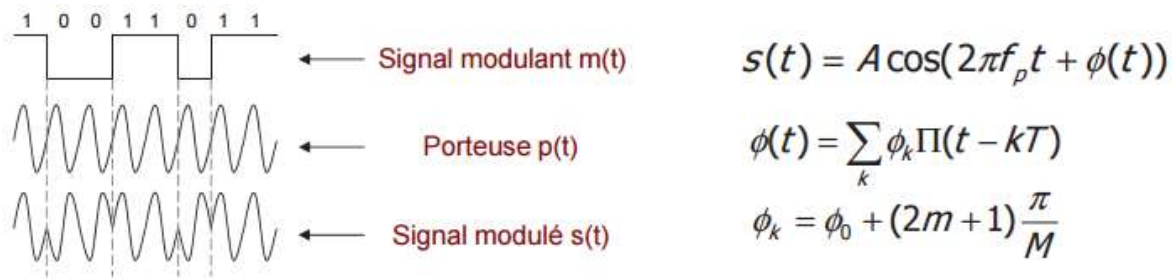


- Fréquence



Problème : démodulation non triviale

- Phase



VIII. FORMULES IMPORTANTES

- Débit binaire maximal : $D_{\max} = 2B \cdot \log_2 R$

B : bande passante

R : nombre de niveau de modulation par seconde

- Signal to Noise Ratio : $SNR = 10 \cdot \log_{10}(S/N)$ ex : bon SNR = 30dB

S : signal

N : bruit (noise)

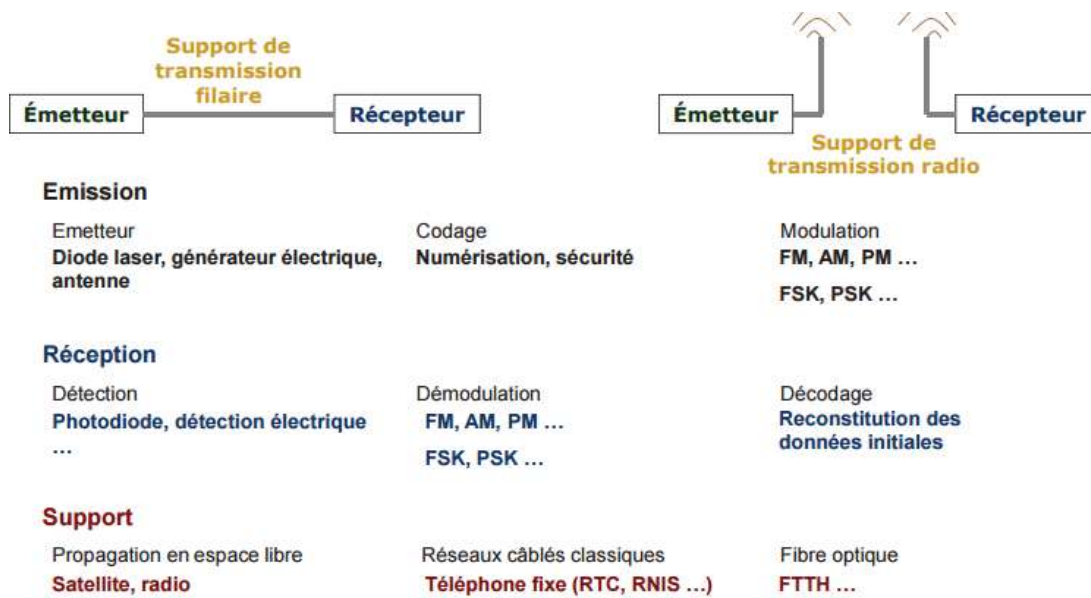
- Théorème de Shannon : débit binaire max :

Si S/N en linéaire : $D_{\max} = B \cdot \log_2(1 + S/N)$

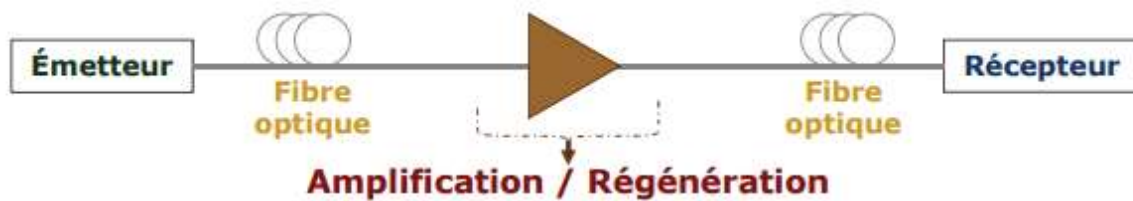
Si S/N en dB : $D_{\max} = (B/3) * (S/N)$



IX. LIAISON POINT A POINT



Ex :



Densité spectrale de bruit : $N_{\text{opt}} = F(G-1) \cdot (hf/2)$

F : facteur de bruit

G : gain de l'amplificateur

F : fréquence optique

h : constante de Plank

X. Wi-Fi

Norme IEEE 802.11

Architecture cellulaire (machines équipées d'une carte d'interface 802.11) : Basic Set Services [BSS]

2 modes de fonctionnement :

- 1) Mode infrastructure

Utilisation d'AP (Access Point) pour communiquer entre les machines

Système de distribution DS lié au BSS : ESS (Extended Set Services)

- 2) Mode had-oc



Groupe de machines : IBSS (Independent Basic Set Services)

Pas d'utilisation d'AP pour communiquer d'où INDEPENDENT.

Remarques :

- les ressources sont partagées entre les différents utilisateurs car le réseau est partagé => non stabilité de la qualité de service.
- Les points d'accès Wi-fi s'adaptent à la vitesse des machines.

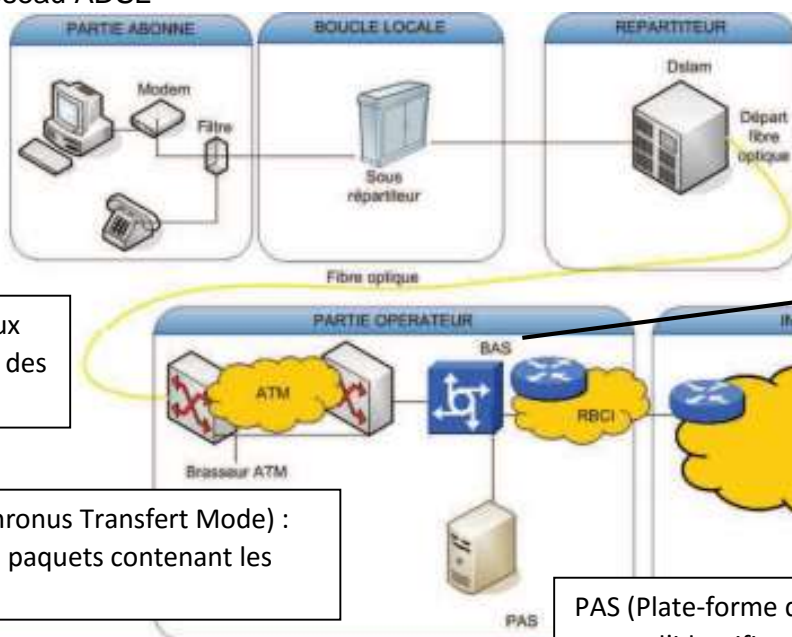
XI. SOLUTIONS STANDARDS

- 1) Réseau Hybride Fibre Coaxial (HFC) : fibre optique en amont mais câble coaxial en aval (Numéricable) ≠ réseau 100% fibre (Free, Orange...)

Elle utilise une architecture en étoile faite de petits câbles coaxiaux [réseaux secondaires] qui desservent des abonnés. Le centre de cette étoile effectue la conversion des signaux optiques en signaux numériques et réciproquement [nœuds O/E : (optique/électrique)]. Il diffuse grâce à des modems câble les services et collecte les informations grâce à la fibre optique [réseau primaire].

Déf : Le **modem** (mot-valise, pour **modulateur-démodulateur**), est un périphérique servant à communiquer avec des utilisateurs distants par l'intermédiaire d'un réseau analogique (comme une ligne téléphonique). Il permet par exemple de se connecter à Internet.

- 2) Réseau ADSL



Modem ADSL :
Codage/Décodage
permettant le
transport à haut
débit

Filtre : Séparation du flux
téléphonique et du flux des
données

ATM (Asynchronous Transfer Mode) :
diffusion des paquets contenant les
données

DSLAM : Multiplexage vers
l'interface haut débit : fait
la liaison entre les lignes
des abonnés et le réseau
de l'opérateur auquel il
appartient

BAS : point de
concentration
assurant l'aiguillage
du flux vers les
FAI (Fournisseurs
d'Accès à Internet);
assure le lien avec la
PAS

PAS (Plate-forme d'Accès aux Services) :
assure l'identification et la facturation

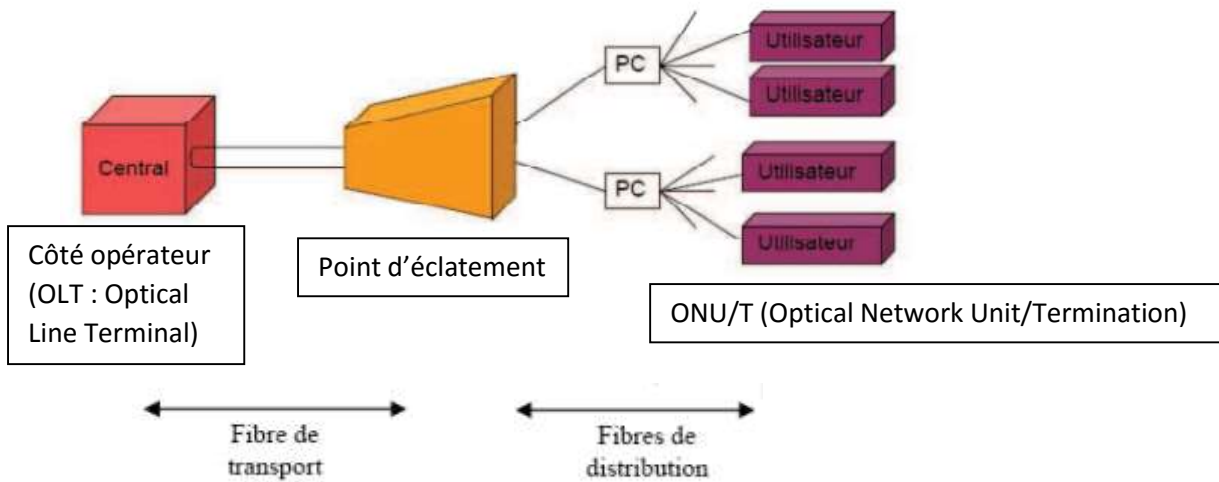
DSLAM (DSL Access Multiplexer)
Raccorde les lignes d'abonnés (1000)
Modem ADSL
Multiplexage les flux clients au niveau ATM
(jusqu'à 20 Gbit/s)
Transparent à l'IP

BAS (Broadband Access Server)
Gère les DSLAM
Gère l'adressage IP des utilisateurs
Authentifie les clients
Termine les sessions PPP des
utilisateurs ou les prolonge



XII. TYPES D'ARCHITECTURE

Terminologie réseau d'accès :



Point à point	Point/Multipoint actif	Point/Multipoint passif
Liaisons indépendantes (collisions impossibles)	Dépendance des liaisons à cause du nœud (collisions possibles)	Dépendance des liaisons à cause du coupleur passif (collisions possibles)
Pas de multiplexage (car pas de collisions)	Multiplexage temporel (TDMA)	Multiplexage temporel (TDMA) ; PON (Passive Optical Network)
<p>Point à point</p>	<p>Point / multipoint actif</p>	<p>Point / multipoint passif</p>

Fonctionnement PON :

FTTH : Fiber (Fibre optique) To The Home (domicile)
FTTB : Fiber To The Building (bâtiment)
FTTC : Fiber To The Curb (trottoir)

➤ PON TDM

- Sens descendant : du central vers l'utilisateur (débit plus important/coût plus élevé de l'OLT)
 - 1) Multiplexage temporel (TDMA), diffusion des trames de données vers les ONUs
 - 2) Extraction des données par les ONUs via les adresses MAC
 - 3) Partage du débit OLT par les abonnés



- Sens montant : de l'utilisateur au central (coût de l'ONU plus faible)
 - 1) Remontée des différents ONUs vers le coupleur
 - 2) Echange entre l'OLT et les ONUs pour gérer les risques de collisions
 - 3) Allocation dynamique de la BP (Bande Passante)

Remarques :

Niveau de puissance de l'OLT différent pour chaque ONU

Le PON TDM est normalisé.

➤ PON WDM

2 longueurs d'onde par ONU

Débits et communications indépendants

Coûts élevés

Pas de norme

POLYCOPIE 3 :

I. DEBIT

1G : téléphonie analogique sans fil (radio FM)

2G : téléphonie numérique sans fil (GSM [voix] : **9kbits/s**, GPRS [données] : **de 20 à 150kbits/s**, EDGE [voix + données] : **50 à 350 kbits/s**)

3G : accès internet haut-débit : **en Mbits/s**

4G : très haut débit (LTE) : **en Gbits/s**

II. RESEAU MOBILE

Réseau mobile = réseau cœur + réseau d'accès

- **transmission radio => réseau cellulaire [une antenne par cellule]**
- réseau d'accès = antennes + contrôleurs
- types de cellules : macro (qques dizaines de km : banlieue, campagne), petite (qques km : ville), micro (qques centaines de m : grande ville), pico (qques dizaines de m : appartement)
- débit limité
- modèle de propagation en espace libre : affaiblissement de parcours en dB [MODELE ITU/DETERMINISTE] :

$A_0 = 20\log(4\pi \cdot f \cdot d / c) = 32,4 + 20\log(f \cdot d)$ avec f la fréquence allant de 900 MHz à 5,2GHz (unité MHz) et d la distance (unité : km), donc c la vitesse de la lumière dans le vide est exprimée en km/Ms donc $c = 0.3 \text{ km/Ms}$



- ⇒ effet de masque : à une distance d, il y a affaiblissement du signal à cause des obstacles (ex : un obstacle de 10 m ⇔ 10dB d'affaiblissement)
- ⇒ évanouissement : selon 2 lois :

- Loi de Rayleigh (modèle valable en ville : pas de chemin dominant) :

$$f(x) = \frac{x}{\sigma^2} \cdot e^{-x^2/2\sigma^2} \text{ si } x \geq 0 / f(x) = 0 \text{ sinon}$$

- Loi de Rice (modèle valable à la campagne : chemin dominant) :

$$f(x) = \frac{x}{\sigma^2} \cdot e^{-(x+v)^2/2\sigma^2} \cdot g\left(\frac{xv}{\sigma^2}\right) \text{ si } x \geq 0 / f(x) = 0 \text{ sinon avec } g \text{ fonction de Bessel}$$

Remarque pour $v = 0$: modèle de Rice = modèle de Rayleigh

Facteur de Rice : $K = 10\log\left(\frac{v^2}{2\sigma^2}\right)$: plus K est grand, plus le chemin est dominant (K dépend du type d'environnement (campagne, ville, banlieue...))

Si $K < -5\text{dB}$ alors modèle de Rayleigh = modèle de Rice

Mobilité au sein d'un réseau mobile :

- Mobilité au niveau radio (mobilité autour de l'antenne d'émission/réception : à l'intérieur d'une cellule) : mobilité « microscopique »

- Mobilité au niveau réseau (mobilité entre les cellules et sur toute la zone de couverture du réseau) : mobilité « macroscopique »

III. EFFET DOPPLER

Rappel : effet doppler = décalage entre la fréquence émise et reçue lorsque la distance entre l'émetteur et le récepteur varie au cours du temps. (devient significatif à haute vitesse)

$$\Delta f_{max} = f_0 \cdot \frac{v}{c}$$

IV. DIFFERENCE TRANSMISSION FILAIRE ET SANS FIL

	Transmission filaire	Transmission sans fil
Atténuation	faible	forte
Interférences	Pas / peu	beaucoup
BER	10^{-10}	10^{-3}
Débit	Plus élevé et moins cher	Plus faible et plus cher

V. WIFI / WIMAX / LTE

Wifi : norme IEEE 802.11

Wimax : norme IEEE 802.16

LTE : norme 3GPP

Réseaux mobiles



VI. HANDOVER [MOBILITE RADIO]

Handover = transfert automatique intercellulaire : permet de continuer une communication quand on change de cellules.

=> Assurer les transferts de communications entre cellules

=> Permet une couverture plus étendue

=> Permet aux usagers de se déplacer pendant un appel (communication sans rupture avec une qualité acceptable)

=> Equilibre la charge entre cellules (optimisation de l'utilisation des ressources radio, minimisation des interférences et la consommation d'énergie des mobiles)

3 phases :

- Réalisation des mesures et supervision du lien radio
- Détermination de la cellule cible et de déclenchement handover
- Exécution du handover

Contraintes : il faut que la période des mesures soit inférieure à la durée de traversée d'une cellule. Pour les 2 dernières phases, il faut une durée courte sinon il y a coupure de communication et de la perte de qualité.

Situation de handover : mesures à effectuer

- 1) Puissance du signal reçu [indicateur de la qualité du lien radio]
- 2) Qualité du signal dans la cellule
- 3) BER
- 4) Distance entre le mobile et la station

V. GESTION DE LA LOCALISATION [MOBILITE RESEAU]

- Localisation = roaming : connaître la position des mobiles

Zone de localisation :

- Si le mobile est en cours de communication : importance de la précision de la position => localisation au niveau cellule HANDOVER
- Si le mobile est en état de veille ou éteint : localisation au niveau groupe de cellules voisines. ROAMING

Sélection de cellules : à la mise sous tension du mobile

⇒ Procédure :

écoute tous les messages diffusés par le réseau
sélectionne un certain nombre d'antennes (les plus puissantes)
recueille les infos diffusées venant de chaque antenne
choisit une antenne

Remarque : les infos diffusées sont le niveau du signal reçu, l'état de la cellule, l'identité du réseau, la zone géographique, la temporisation (pour éviter l'effet ping pong)



Re-sélection de cellules : lors du déplacement ou en état de veille

- Recherche d'abonnés (réseau de « paging » = réseau de signalisation) = trouver un mobile

2 types de mise à jour de localisation [stockée dans les bases de données nominales (pour GSM : HLR Home Location Register) et visiteurs (pour GSM : VLR Visitor Location Register)]:

- Périodique : le mobile envoie périodiquement son identité au réseau => forte consommation de ressources
- Sur changement de zone : chaque antenne diffuse périodiquement le numéro de sa zone de localisation, le mobile enregistre le numéro et si ce numéro est différent de celui stocké alors mise à jour => mise à jour seulement quand le mobile se déplace
 - ⇒ Dans les réseaux cellulaires on utilise une méthode hybride : mise à jour périodique + sur changement de zone : mise à jour à chaque changement de zone ou au bout d'une certaine période
 - ⇒ Paramètres à optimiser : la période des mises à jour et la tailles des zones de localisation