
Réseaux I
Transmission des données

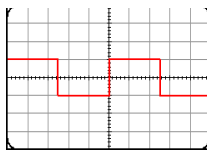
Nicolas Baudru
mél : nicolas.baudru@esil.univmed.fr
page web : nicolas.baudru.perso.esil.univmed.fr

- 1 Notions de signaux
- 2 Caractéristiques communes des supports de transmission
- 3 Principaux supports de transmission
- 4 Adaptation des signaux aux supports
- 5 Exemples de mise en oeuvre dans les WANs d'accès

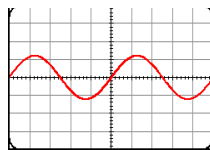
- 1 Notions de signaux
- 2 Caractéristiques communes des supports de transmission
- 3 Principaux supports de transmission
- 4 Adaptation des signaux aux supports
- 5 Exemples de mise en oeuvre dans les WANs d'accès

Définition : un **signal** est une information qui transite à travers un canal de communication. Il permet de transmettre une donnée brute entre deux machines de manière adaptée au support de communication.

- ▶ Un signal **analogique** est de type sinusoïdal.
- ▶ Un signal **numérique** est un signal discret.



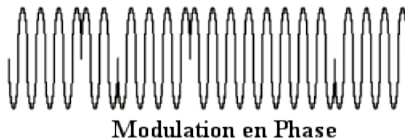
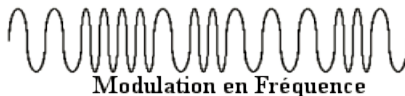
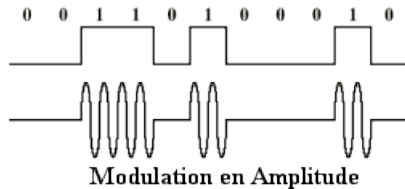
signal numérique



signal analogique

Interprétation d'un signal : elle s'effectue selon la tension électrique, l'impulsion lumineuse, la modulation de l'onde électromagnétique, ...

Modulation d'un signal



Les différentes techniques de modulation peuvent être combinées.

Modulation, valence et débit binaire

Valence : c'est le nombre de symboles discernables utilisés par le signal. Si la valence vaut v alors chaque symbole code $\log_2 v$ bits.

Rapidité de la modulation : c'est le nombre de changement d'états (de symboles) par seconde, noté par la suite M . Elle s'exprime en **baud**. Chaque modulation correspond à un symbole.

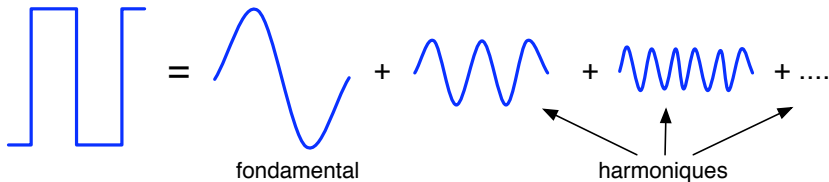
Débit binaire : c'est le nombre de bits transmis par seconde, soit $D = M * q$ où q est le nombre de bits codés par une modulation (i.e. un symbole).

Exemple : avec 4 valeurs d'amplitude (on dit que la **valence** vaut 4), on peut coder 00,01,10,11, soit deux bits par changement d'amplitude (i.e. $q = \log_2 4 = 2$). Par conséquent, le débit binaire est le double de la rapidité de modulation $D = 2 * M$.

Du numérique à l'analogique

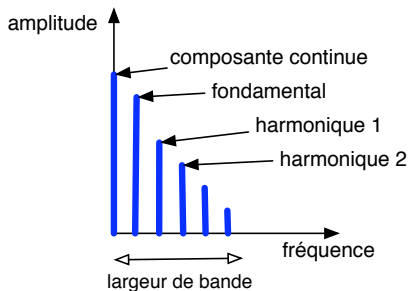
Fourier a montré que pour tout signal périodique non sinusoïdal $u(t)$:

$$u(t) = A_0 + \sum_{i=1}^{i=\infty} U_i \cos(i\omega t + \varphi_i)$$



Largeur de bande d'un signal

Tout signal périodique peut être considéré comme une infinité de signaux sinusoïdaux. Chaque composante peut être représentée par une **raie de fréquence**. L'ensemble des raies de fréquence d'un signal constitue le **spectre de fréquences** du signal. L'espace de fréquences occupé par le spectre est appelé la **largeur de bande du signal**.



Exemple d'un spectre de fréquences

Facteurs pouvant affecter un signal

- ▶ **atténuation** et **distorsion** du signal (limitées par le choix du support)
- ▶ **bruit** : perturbations extérieures (variation thermique, interférence électromagnétique) et diaphonie (due aux champs magnétiques des autres conducteurs d'un câble)
- ▶ **collision** : des ordinateurs émettent en même temps sur le même support
- ▶ **gigue** : fluctuation du signal numérique dans le temps ou en phase due aux retards dans les transmissions dû aux composants intermédiaires
- ▶ horloges des émetteurs et récepteurs non synchronisées

- 1 Notions de signaux
- 2** Caractéristiques communes des supports de transmission
- 3 Principaux supports de transmission
- 4 Adaptation des signaux aux supports
- 5 Exemples de mise en oeuvre dans les WANs d'accès

Définition

Nous appelons **support de transmission** tout moyen permettant de transporter des données sous forme de signaux de leur source vers leur destination.

Deux types de supports :

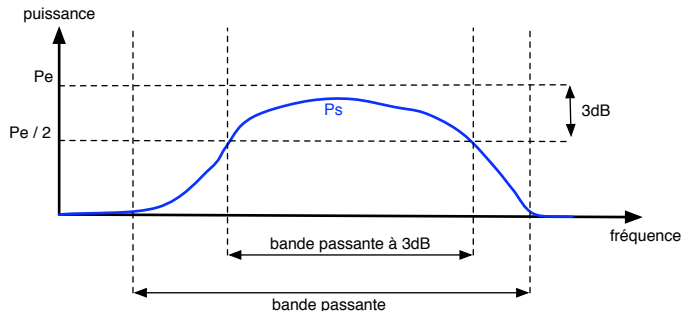
- ▶ les supports limités (palpables) : la paire torsadée, le câble coaxial, la fibre optique ;
- ▶ les supports non limités tels que l'air (ondes électromagnétiques, infra-rouges ou ondes radios).

Caractéristiques communes à tout support à prendre en compte :

- ▶ la bande passante
- ▶ le bruit et la distorsion
- ▶ la capacité
- ▶ le prix
- ▶ la résistance physico-chimique au milieu ambiant
- ▶ l'adaptation aux conditions de pose

Bande passante

En général, on caractérise un support par sa bande passante à 3dB (décibels) : c'est la plage de fréquence dans laquelle les signaux appliqués à l'entrée du support subissent un affaiblissement inférieur à 3 dB.



L'affaiblissement A (en dB) d'un signal est donné par la formule suivante :

$$A = 10 * \log_{10} P_e / P_s$$

Pour que $A < 3dB$, il faut donc que $P_s > P_e/2$.

Bande passante et rapidité de modulation maximale

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** :

$$M_{max} \leq 2.BP$$

où BP est la bande passante et M_{max} le nombre de modulation maximal.

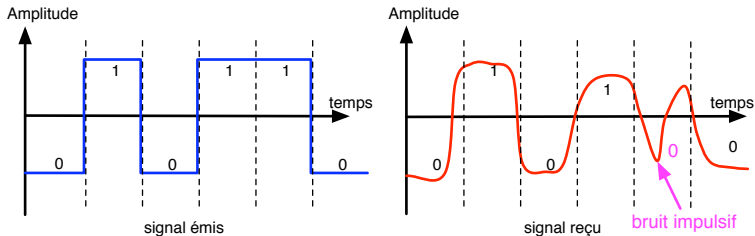
Exemple : une ligne téléphonique a une bande passante comprise entre 300 et 3400 Hz. La rapidité de modulation maximale est donc de

$$M_{max} = 2.(3400 - 300) = 6200(\text{bauds}).$$

Bruits et distorsions

La distorsion/atténuation du signal peut affecter ce signal jusqu'à le rendre non reconnaissable par le récepteur.

Les bruits impulsionnels est une perturbation brève provenant de l'extérieur. D'intensité élevée, ils peuvent générer des erreurs de transmission.

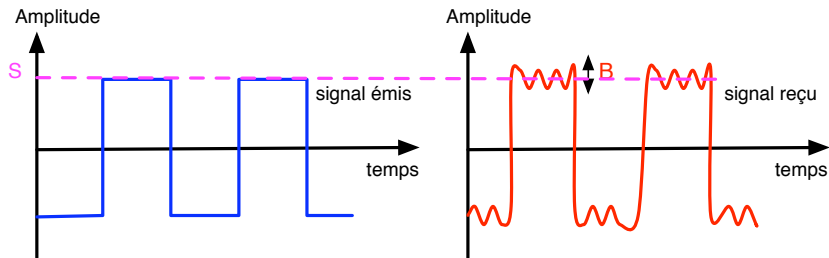


Distorsion, atténuation et bruit impulsionnel

Ces phénomènes peuvent être limités par le choix du support de transmission

Le rapport signal sur bruit

Le bruit blanc provient de l'agitation thermique des électrons. Il est généralement d'amplitude faible et est peu gênant pour les transmissions.



bruit blanc

Le rapport entre la puissance (S) du signal transmis et la puissance (B) du bruit s'appelle **le rapport signal sur bruit**. Si il s'exprime en dB, il vaut :

$$10 \log_{10} S/B$$

Capacité

La **valence maximale** v_{max} d'un support de transmission est donnée par la relation de Shannon : $v_{max} = \sqrt{1 + S/B}$.

La **capacité** (ou débit binaire maximal) d'un support de transmission représente la quantité d'information maximale transportée par unité de temps :

$$D_{max} = M_{max} * \log_2 v_{max} = BP * \log_2(1 + S/B)$$

où D est le débit (en bit/s), BP est la bande passante du support (en Hz) et S/B est le rapport signal sur bruit (exprimé en valeur et non en dB).

Exemple : Soit une liaison téléphonique avec une bande passante de 3100 Hz et un rapport S/B correspondant à 32 dB. Quelle capacité possède cette liaison téléphonique ?

- 1 Notions de signaux
- 2 Caractéristiques communes des supports de transmission
- 3 Principaux supports de transmission**
- 4 Adaptation des signaux aux supports
- 5 Exemples de mise en oeuvre dans les WANs d'accès

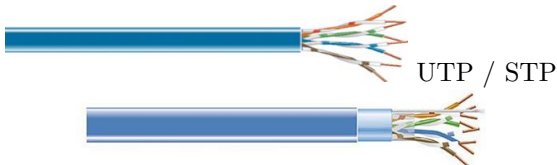
Cable à paires torsadées

Caractéristiques : vitesse 10-100 Mbit/s ou 1Gbit/s pour une longueur de câble inférieure à 100m, raccordement RJ-45, coût faible, facile à installer, problèmes d'atténuation/distorsion/diaphonie.

Utilisation : réseau LAN, mais aussi sur l'interface d'accès WAN.

Différents types de paires torsadées : ils résistent plus ou moins bien aux interférences électromagnétiques et à la diaphonie. Cependant, le coût est plus ou moins élevé. On distingue les paires torsadées :

- ▶ non blindées (UTP, Unshielded Twisted Pair) : les plus courantes
- ▶ écrantées (FTP ou ScTP, Foiled/Screened TP) : utilisées en France
- ▶ blindées (STP, Shielded Twisted Pair) : peu utilisées



Câble coaxial

Caractéristiques : vitesse 10-100 Mbit/s pour une longueur de câble inférieure à 500m, connecteur BNC, coût moyen, peu flexible.

Utilisation : câble TV (ex : numéricable), de moins en moins utilisé.

Composition du câble : conducteur central (âme) - isolant - conducteur externe - gaine protectrice.



Plusieurs catégories de câbles existent suivant l'épaisseur de l'âme et la matière constituant la gaine (PVC ou téflon).

Fibre optique (FDDI)

Caractéristiques : 100Mbit/s ou 1Gbit/s dans les LAN, fonctionne par impulsions lumineuses, insensible aux interférences électromagnétiques, rayon de courbure faible, très coûteux, connectique délicate.

Utilisation : pour les réseaux très hauts débits, les grandes distances et les environnements perturbés.

Deux types de fibres :

- ▶ multimodes (MMF), utilisés dans les LAN 100Mbit/s et 1Gbit/s.
- ▶ monomodes (SMF), utilisés dans les LAN très haut débit et pour les applications WAN.

Composition de la fibre : fibre optique (coeur) et gaine optique en verre - revêtement - armature en fibre - enveloppe protectrice externe.



Supports non limités

support	couverture	atténuation (Km)	sensibilité aux interférences électromagnétiques
micro-ondes terrestres	faisceau directionnel	80	élevée
micro-ondes satellites	faisceau étroit ou large	milliers	élevée
laser	faisceau directionnel	plusieurs	nulle
infra-rouge point à point	faisceau directionnel	<1	nulle
infra-rouge diffusé	omnidirectionnel	<1	nulle
radio	omnidirectionnel	centaines	moyenne à élevée

- 1 Notions de signaux
- 2 Caractéristiques communes des supports de transmission
- 3 Principaux supports de transmission
- 4 Adaptation des signaux aux supports
- 5 Exemples de mise en oeuvre dans les WANs d'accès

La problématique

Lors de la transmission, il faut faire face aux problèmes suivants :

- ▶ le spectre du signal à transmettre doit être compris dans la bande passante du support de transmission ;
- ▶ la transmission d'un signal à spectre étroit sur un support à large bande passante provoque une sous utilisation des supports de transmission.

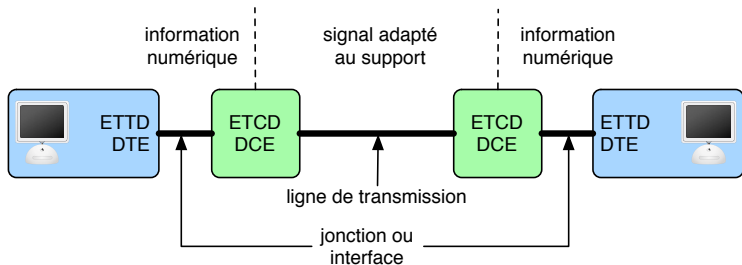
Pour pallier ces problèmes, on utilise des techniques

- ▶ de **modulation** : pour adapter le signal au support,
- ▶ de **multiplexage** : pour rentabiliser l'utilisation du support.

Cela nécessite l'utilisation d'équipements spéciaux : les ETCDS.

ETTD et ETCD

Une transmission de données met en oeuvre des calculateurs d'extrémité et des éléments d'adaptation du signal.



- ▶ Un **Équipement Terminal de Traitement de Données (ETTD)** ou Data Terminal Equipment (DTE) contrôle les communications.
- ▶ Un **Équipement Terminal de Circuit de Données (ETCD)** ou Data Circuit Equipment (DCE) réalise l'adaptation du signal entre l'ETTD et le support de transmission.

Organisation des échanges

Les caractéristiques des ETCD sont liées à l'organisation fonctionnelle et physique des échanges. Il faut prendre en compte :

le sens de transmission : **unidirectionnelle** (simplex), à l'**alternat** (half duplex) ou **bidirectionnelle** (full duplex).

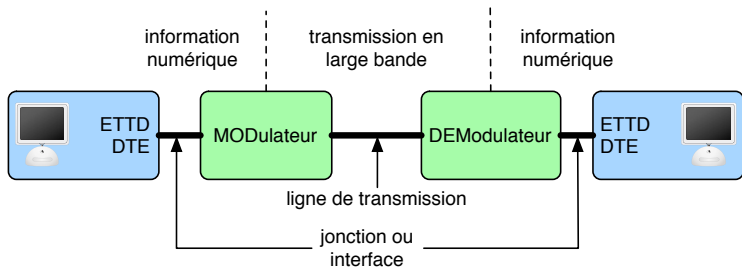
le nombre de bits transmis en même temps : **transmission parallèle** (efficace mais problèmes de diaphonie et de propagation non homogène) ou **transmission série** (qui est plus adaptée aux longues distances).

le type de synchronisation des horloges : une transmission correcte des données nécessite la synchronisation de l'horloge du récepteur sur celle de l'émetteur. Deux possibilités, la transmission **synchrone** ou **asynchrone**. Besoin de protocoles spécifiques (SLIP, PPP, HDLC, ...).

le mode de transmission électrique : **asymétrique** ou **symétrique**.

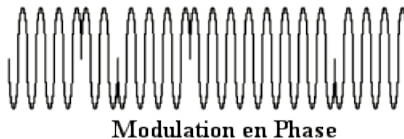
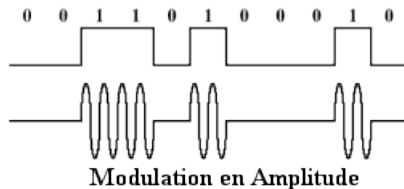
Deux modes d'adaptation du signal

La transmission en **large bande** translate le spectre du signal à émettre dans une bande de fréquence mieux admise par le système.



L'ETCD est un **modulateur/démodulateur**. Il transforme le signal numérique en un signal sinusoïdal modulé (par fréquence/amplitude/phase) plus résistant que le signal en bande de base. Il permet donc d'atteindre des distances plus importantes. De plus, une transmission en large bande permet le multiplexage spatial.

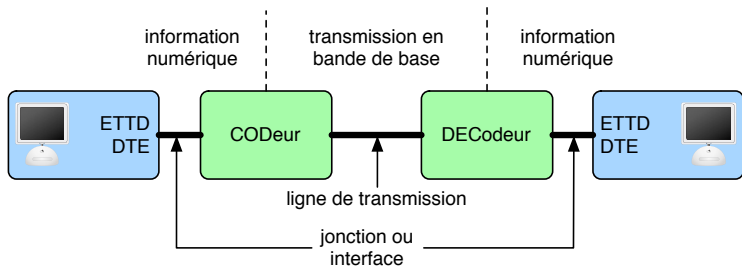
Exemple de modulation d'un signal



Les différentes techniques de modulation peuvent être combinées.

Deux modes d'adaptation du signal (bis)

La transmission en **bande de base** consiste à modifier légèrement (on dit transcoder) le signal émis par l'ETTD. Ce mode de transmission est peu adapté aux longues distances.

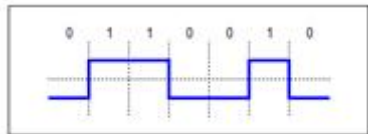


L'ETCD est un **codeur/décodeur**. Il a essentiellement pour objet de coder le signal pour supprimer les composantes continues et de maintenir la synchronisation de l'horloge de réception.

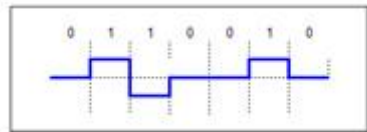
Exemples de codage en bande de base



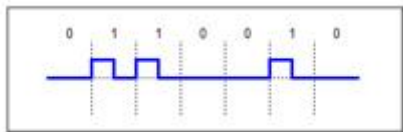
tout ou rien



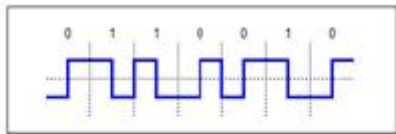
NRZ



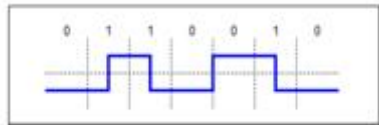
bipolaire



RZ



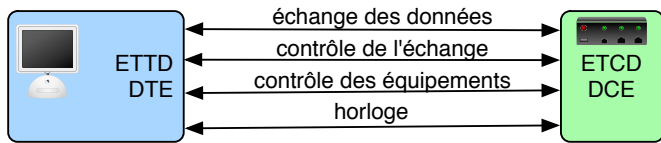
Manchester



Miller

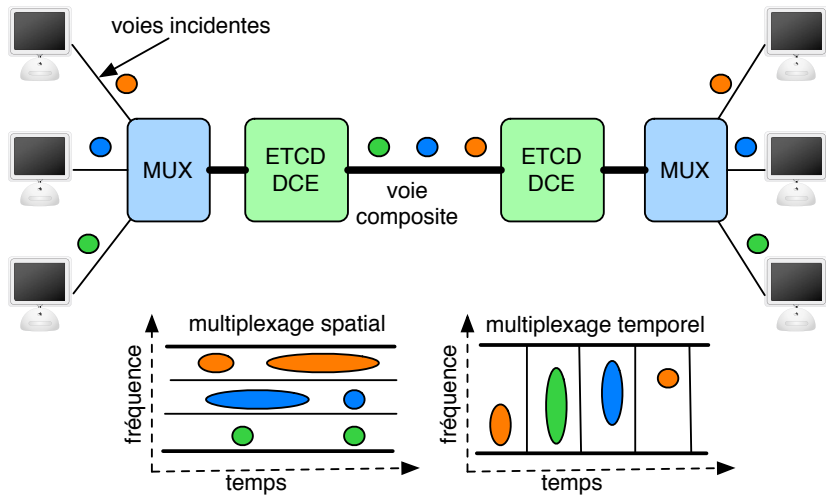
Jonction ETTD/ETCD (en bref)

La jonction ETTD/ETCD définit un ensemble de règles (protocole) destinées à assurer la connectivité et le dialogue entre ETTD et ETCD, la synchronisation des horloges, le transfert des données et le contrôle de celui-ci.



La normalisation de ces interfaces émane principalement de l'EIA et de l'UIT (V.24, X.21).

Deux techniques de multiplexage



- 1 Notions de signaux
- 2 Caractéristiques communes des supports de transmission
- 3 Principaux supports de transmission
- 4 Adaptation des signaux aux supports
- 5 Exemples de mise en oeuvre dans les WANs d'accès

WAN d'accès

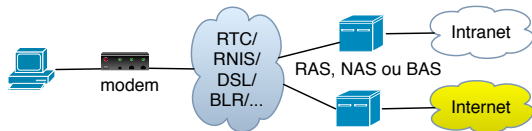
Objectifs : Permettre à des usagers distants d'accéder à leur réseau d'entreprise ou à internet.

Réseaux et services utilisés :

RTC, RNIS, famille des DSL, accès sans fil (BLR,GPRS,...).

Le serveur d'accès distant (RAS, NAS ou BAS) :

Ses fonctions principales sont l'authentification de l'utilisateur et l'assignation dynamique d'adresse.



RNIS : Réseau Numérique à Intégration de Service

DSL : Digital Subscriber Line

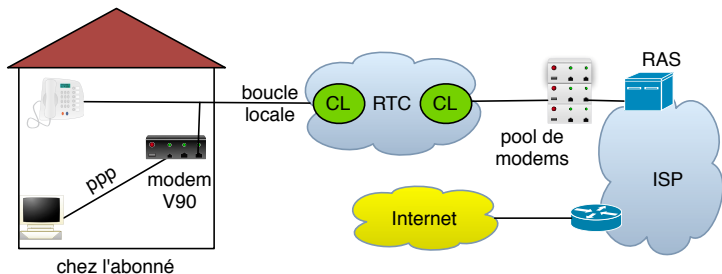
RAS/BAS : Remote/Broadband Access Server

RTC : Réseau Téléphonique Commuté

GPRS : General Packet Radio Service

BLR : Boucle Locale Radio

Accès par RTC

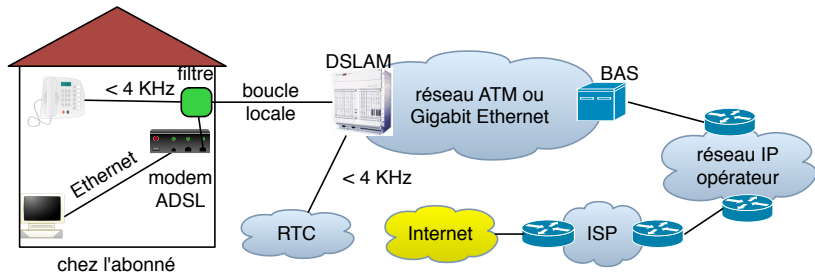


Caractéristiques :

- ▶ la ligne téléphonique est partagée avec la connexion internet ;
- ▶ l'information est transmise en analogique jusqu'au CL ;
- ▶ le débit théorique est de 33,6 Kbps uplink / 56 Kbps downlink avec un modem V90 ;
- ▶ pas du tout adapté aux applications multimédias d'aujourd'hui.

ISP : Internet Service Provider CL : Centre Local de téléphonie

Accès par ADSL

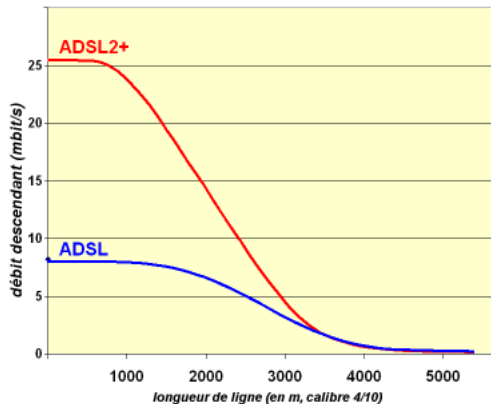


Plusieurs variantes suivant le dégroupage disponible :

- ▶ **sans dégroupage** : France Télécom (FT) s'occupe d'acheminer les données jusqu'au FAI, (voir dessin ci-dessus) ;
- ▶ **avec dégroupage** (total ou partiel) : le FAI se branche directement au niveau du DSLAM et assure donc l'intégralité du transport des données. Il doit cependant louer l'accès à la boucle locale à FT.

Caractéristiques :

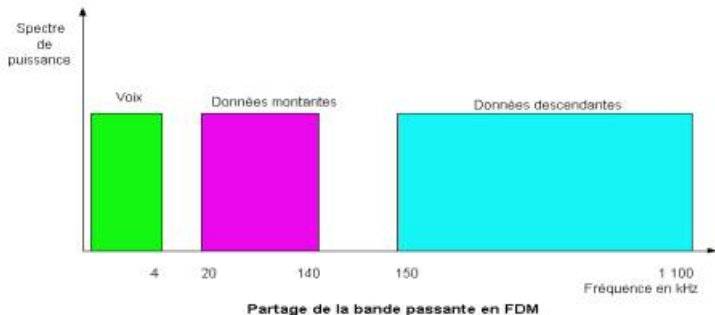
- ▶ la ligne téléphonique est toujours disponible et la connexion internet et/ou intranet est permanente ;
- ▶ le débit théorique est de 640 Kbps uplink / 8 Mbps downlink avec ADSL, et de 640 Kbps uplink / 25 Mbps downlink avec ADSL 2+.



Accès par ADSL : les canaux

3 canaux de communication sont obtenus par multiplexage fréquentiel de la bande passante. Par exemple pour l'ADSL simple :

- ▶ 1 pour la voix ;
- ▶ 1 pour les données montantes à 128 kbps ;
- ▶ 1 pour les données descendantes à 1024 kbps.



Evolution de l'ADSL : le FTTx Fiber

Avantages : utilise comme support physique la fibre optique :

- ▶ débit théorique maximale de 100Mo/s
- ▶ taux d'affaiblissement très faible

Différentes possibilités, suivant que la fibre arrive :

- ▶ jusqu'aux prises murales : FTTH (Fiber To The Home) ou FTTO (Fiber To The Office)
- ▶ jusqu'au pied de l'immeuble : FTTB (Fiber To The Building)
- ▶ jusqu'au sous répartiteur : FTTC (Fiber To The Curb)