



La Couche Physique

Couche 1 du Modèle OSI

I. Introduction

Rôle de cette couche :

- **Transmettre** un flot de bits d'information d'une machine à une autre.

L'étude de la transmission de l'information nécessite la connaissance :

- des **supports** de transmission et de leurs caractéristiques,
- des **méthodes** utilisées pour transmettre l'information sur ces supports.

La transmission est basée sur le principe de **propagation d'ondes** :

- ondes *électriques* (câbles, fils, ...),
- ondes *radio* (faisceau hertzien, satellite),
- ondes *lumineuses* (fibres optiques).

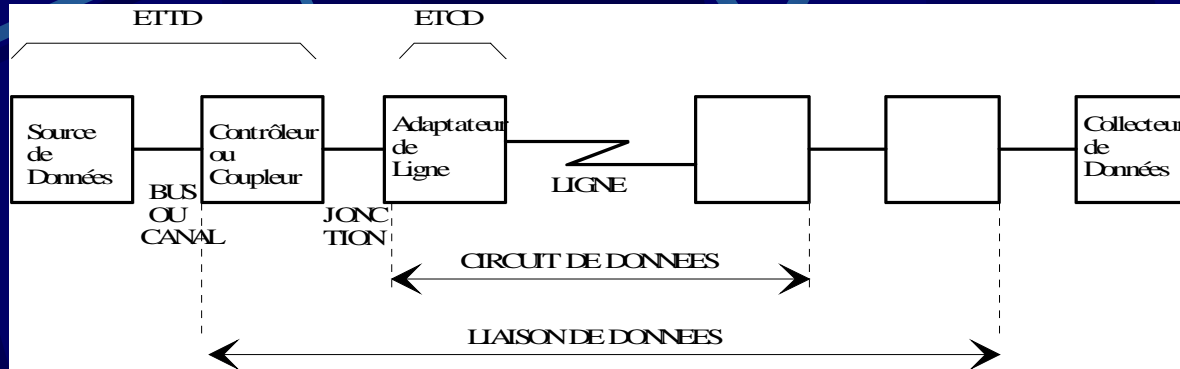
L'information elle-même est transmise en modifiant dans le temps les ondes émises :

- soit directement (*transmission en bande de base*),
- soit par *modulation*.

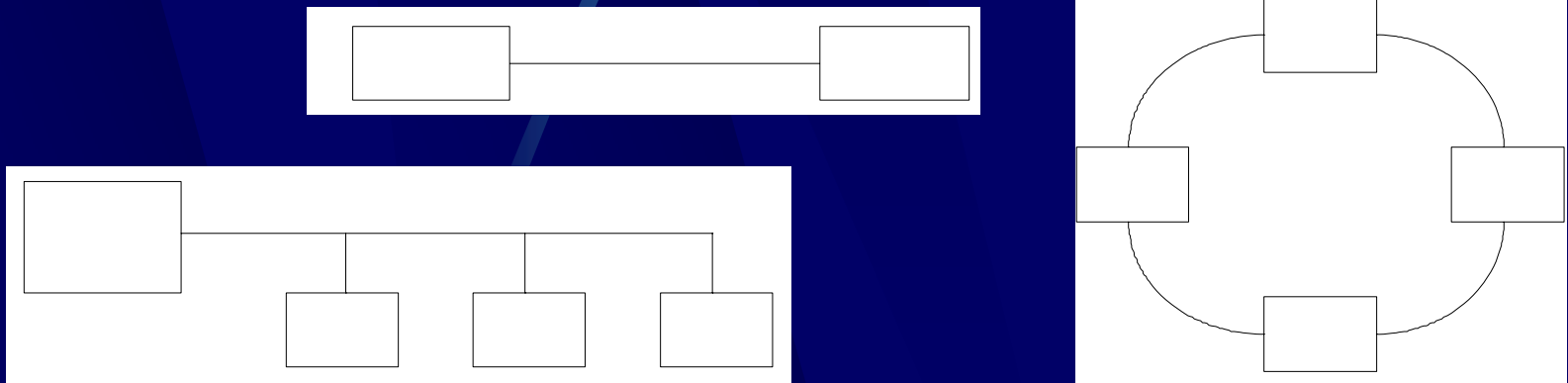
Cette opération réalisée par un ETCD (adaptateur de ligne).

Liaison : schéma et types

- Schéma d'une liaison



- Différents types de liaison : *point-à-point, multipoint, anneau, étoile (avec ou sans fil !)*



Codage de l'information

Les informations sont représentées par des **séquences binaires** constituant les caractères d'un alphabet comprenant en général :

- des lettres, chiffres, signes de ponctuation, ...
- des caractères spéciaux (fonctionnement de la communication)

1 caractère \leftrightarrow 1 séquence de **n** bits
Choix de **n** ? Choix des séquences ?

Quelques principes de codage

Soit **N** le nombre de caractères à coder. Il faut au moins **n** bits, avec $2^{n-1} < N \leq 2^n$.

- Code autant que possible efficace, cad $N \sim 2^n$.
- Représentation simple des chiffres (opérations arithmétiques).
- Représentation commode des lettres (opérations de tri).
- Détections et/ou corrections d'erreurs possibles.

Pour les codes usuels : $5 \leq n \leq 8$.

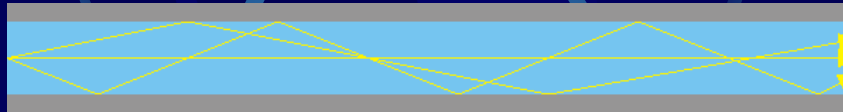
Exemples de codes

- Code BAUDOT : $n=5$, Code DCB : $n=6$
- EBCDIC (IBM) : $n=8$
- Code ASCII : $n=7$ (étendu à 8 pour les caractères accentués).

	0	1	2	3	4		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F	
0	NUL	SOH	STH	ETH	EOT	ETB	0	NUL	SOH	STH	ETH	EOT	ENQ	ACK	BEL	BS	HT	LF	VT	FF	CR	SO	SI
1	DLE	DC1	CD2	DC3	DC4	NL	1	DLE	DC1	CD2	DC3	DC4	NAK	SYN	ETB	CAN	EM	SUB	ESC	FS	GS	RS	US
2	spc	!	"	#	\$	%	2		!	"	#	\$	%	&	'	()	*	+	,	-	.	/
3	0	1	2	3	4	5	3	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	:	;	<	=	>	?
4	@	A	B	C	D	E	4	@	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
5	P	Q	R	S	T	U	5	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	[\]	^	_
6	`	a	b	c	d	e	6	`	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o
7	p	q	r	s	t	u	7	p	q	r	s	t	u	v	w	x	y	z	{		}	~	DEL
							8	€	□	,	f	„	…	†	‡	^	%	Š	<	œ	□	Ž	□
							9	□	'	'	"	"	•	—	—	~	™	š	>	œ	□	ž	Ÿ
							A		ı	ø	£	¤	¥	ı	§	¨	©	ª	«	¬	-	®	¯
							B	°	±	²	³	´	µ	¶	·	¸	¹	º	»	¼	½	¾	¿
							C	À	Á	Â	Ã	Ä	Å	Æ	Ç	È	É	Ê	Ë	Ì	Í	Î	Ï
							D	Ð	Ñ	Ò	Ó	Ô	Õ	Ö	×	Ø	Ù	Ú	Û	Ü	Ý	Þ	ß
							E	à	á	â	ã	ä	å	æ	ç	è	é	ê	ë	ì	í	î	ï
							F	ø	ñ	ò	ó	ô	õ	ö	÷	ø	ù	ú	û	ü	ý	þ	ÿ

II. Supports de transmission et Signaux

- Supports avec un guide physique :
 - Cuivre : Paire téléphonique / torsadée - Cable coaxial
 - Fibre optique
- Supports sans guide physique :
 - Faisceau hertzien
 - Satellite
 - ...

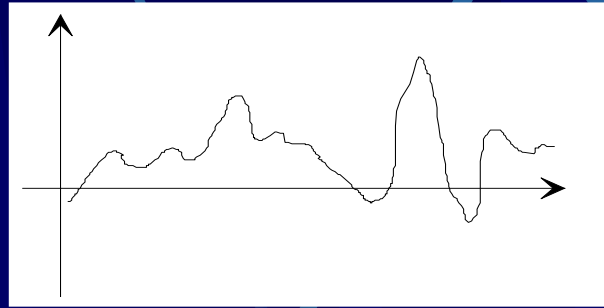


Notion de signal (périodique)

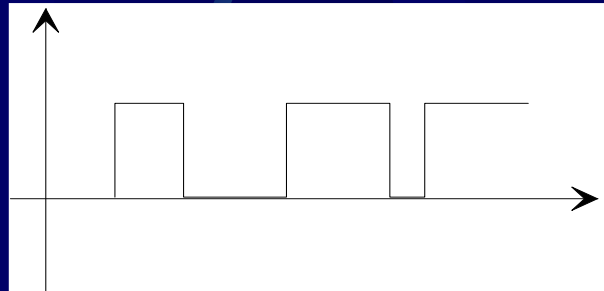
- **Signal** : variation de tension ou de courant électrique
→ véhicule de l'information.
- *Signal Périodique* : se reproduit de façon identique dans le temps. Durée d'une *période* : **T** (en secondes).
- *Fréquence* : **$1/T$** (en hertz) = nbre de périodes par seconde.

Types de signaux

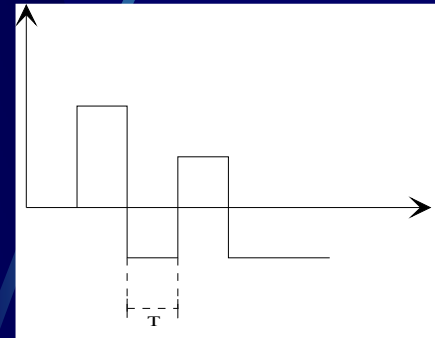
- **Analogique** : *variation continue*, niveaux de valeurs continus, proportionnels à la valeur de l'information (son, image)



- **Numérique** : *variation discontinue*, faible nombre de niveaux de valeurs fixés



Caractéristiques d'un signal numérique



- **Moment élémentaire T** (en secondes)

Durée pendant laquelle le signal n'est pas modifié.

- **Valence V**

Nombre d'états discernables du signal.

Bivalent ($V=2$). Multivalent ($V=2^k$).

- **Rapidité de modulation R** (en bauds)

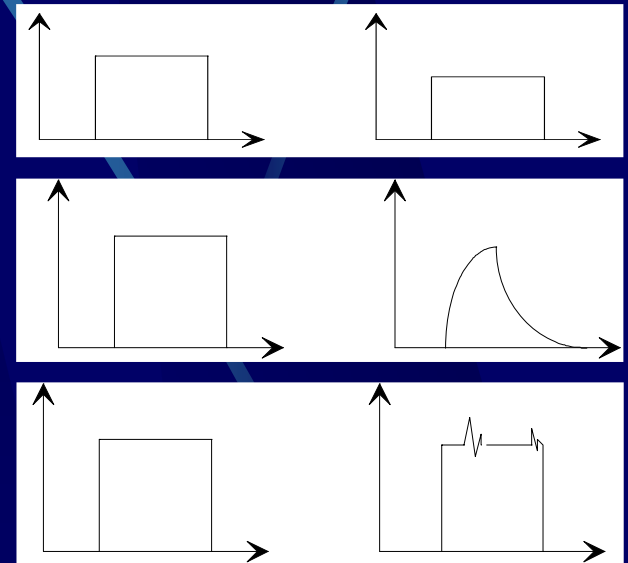
$R = 1/T$ Nombre de moments élémentaires par seconde.

- **Débit binaire D** (en bits par seconde : bps)

$$D = R \log_2 V$$

Caractéristiques des supports de transmission

- Un support n'est jamais parfait !
- Un signal sur un support peut être :
 - atténué,
 - déformé (en amplitude et phase),
 - parasité.
- **Bande passante** d'un support = bande de fréquences dans laquelle les signaux sont « convenablement » transmis.



III. Techniques de transmission

- **Adéquation** du signal au support :
bande passante signal \subseteq bande passante support.
- **Conversion** numérique / analogique nécessaire (ex. modem).

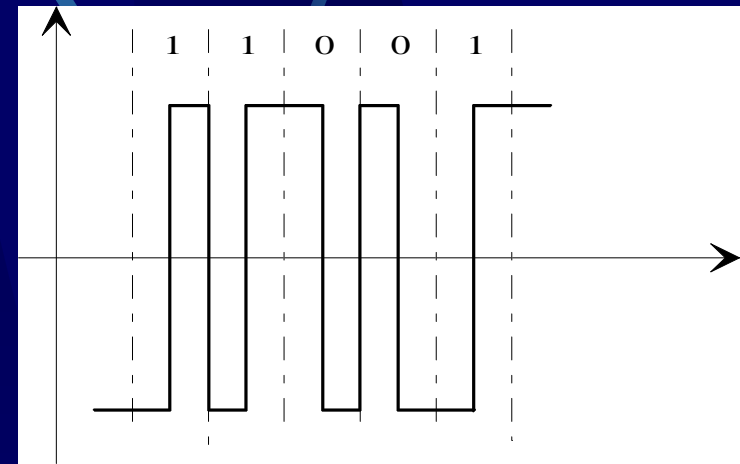
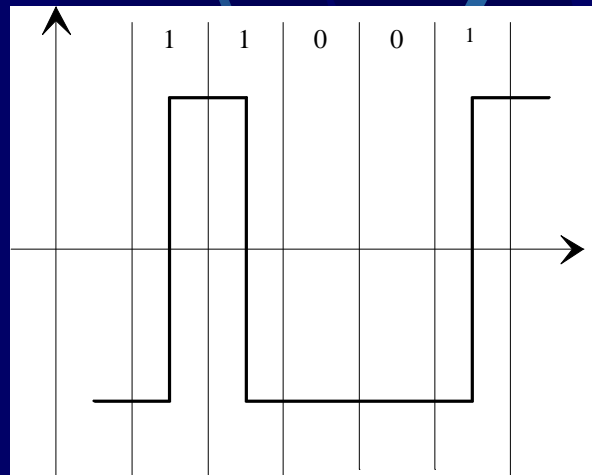
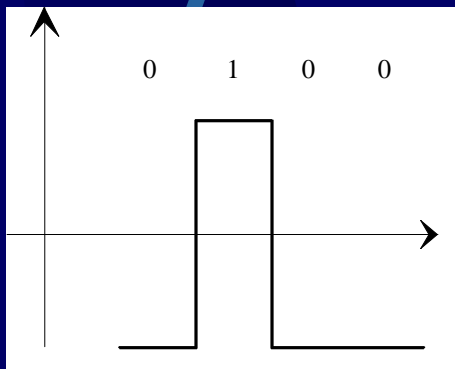
Deux types de transmission :

- transmission en **bande de base** (numérique),
- transmission par **modulation** d'onde porteuse (analogique).

Transmission en bande de base

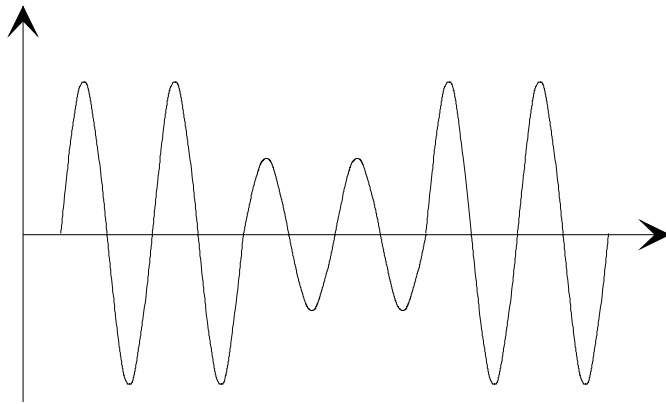
- Transformation simple du signal réalisée par un adaptateur bande de base
- Plutôt pour débits rapides, distances courtes.
- Numérisation du réseau téléphonique.
- Plusieurs codages utilisés...

Codages NRZ, Miller, Manchester

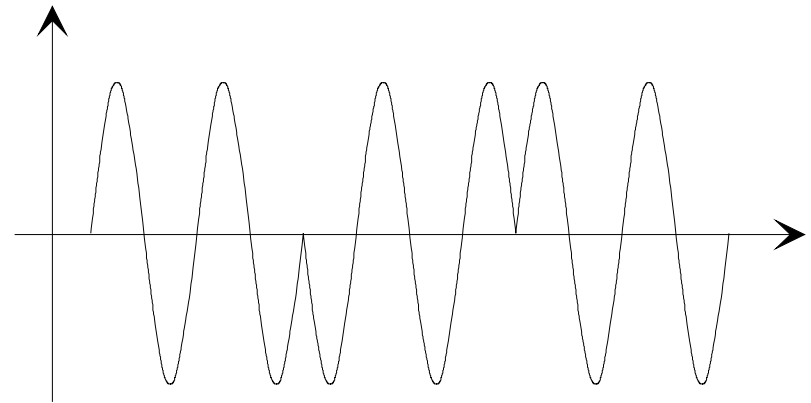


Transmission par modulation d'onde porteuse

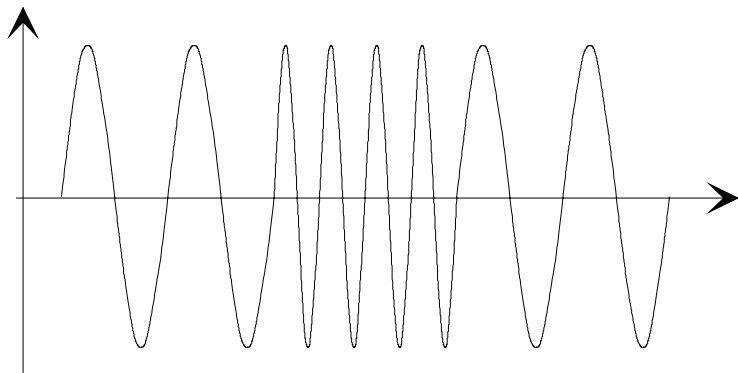
- Ex. paires torsadées, acheminement dans RTC.
- Signal sinusoïdal : $A \sin(2\pi t/T + \phi)$
- Trois types de modulation pour représenter des données :
 - amplitude,
 - fréquence,
 - phase.



Amplitude



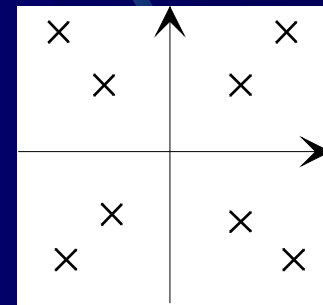
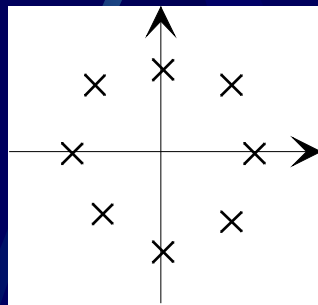
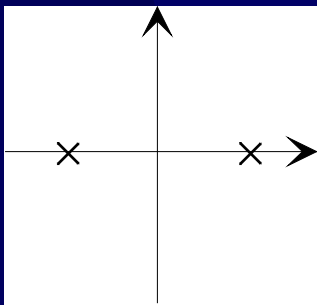
Phase



Fréquence

Diagramme spatial associé

- modulations bi-phase ($V=2$), quadri-phase (4), octo-phase (8).
- Combinaisons de modulations \rightarrow débit binaire augmente.
- biphasé ($V=2$), octophase ($V=8$), phase+amplitude

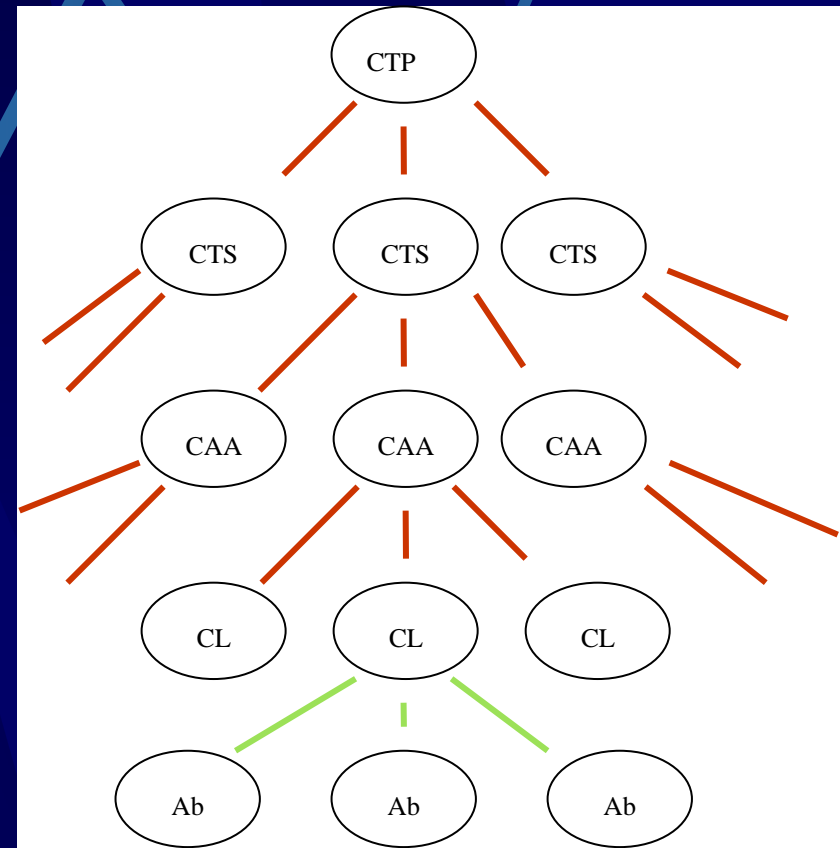


Exemple de modems normalisés

- La plupart des modems : 2400 bauds
- **QPSK** (Quadrature Phase Shift Keying)
 - 4 points dans le diagramme → 2 bits par modulation
- **QAM** (Quadrature Amplitude Modulation)
 - QAM-16 (4 bits), QAM-64 (6 bits)
- **V.32** à 9 600 bps et **V.32bis** à 14 400 bps (modem fax)
 - 32 points → 4 bits **+1** et 128 points (QAM-128) → 6 bits **+1**
- **V.34** à 28 800 bps et **V.34bis** à 33 600 bps (compression)
- **V.90** à 56 kbps descendant et 33,6 kbps montant
- **V.92** à 48 kbps montant si possible sur la ligne

IV. Réseau Téléphonique Commuté (RTC)

- Commuté : liaison non permanente
=> Prise de ligne+numérotation
- Structure hiérarchique :
Centre Transit Principal (10)
Centre Transit Secondaire (100)
Centre à Autonomie d'Acheminement (1000)
Centre Locale de rattachement (10000)
[CL~4derniers chiffres => 10^4 par CL]
- Connexions :
Boucles locales : paires torsadées
Le reste du réseau : fibre optique (rouge)



RTC: pas 100% numérique

- Numérique de bout en bout si Abonne-CL numérique (Numéris possible)
- Transport de la voix : téléphone
- Transport de données :
 - Abonne-CL numérique
 - Téléphone + modem

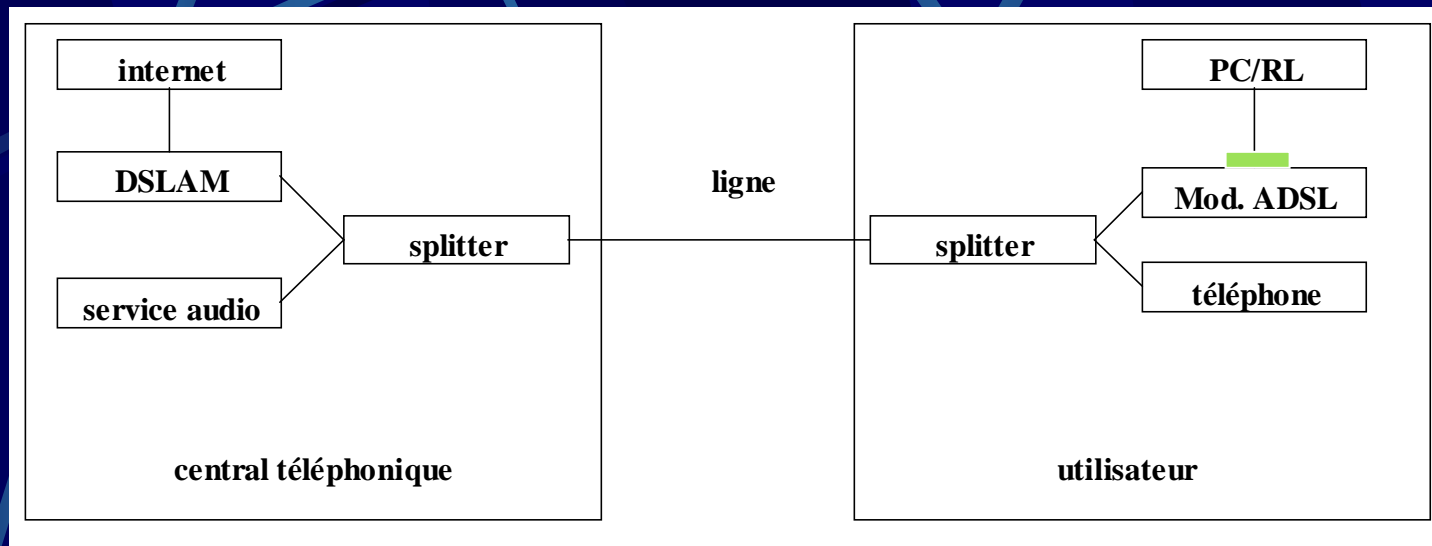
RTC : limites

- Vitesse de transport
 - Analogique ~ 56kbps
 - 1s: 56×1024 bits soit 56×128 octets ~ 7Koctets
 - 3mn: ~1,2Moctets (~1 disquette)
 - 12mn: ~5Moctets (~4mn de mp3 - rate=192)
- Taux d'erreurs = 1 bit sur 10^4 bits transmis
- Signalisation pauvre :
attente, sonnerie, décroché, libéré

ADSL

- **xDSL** : *Digital Subscriber Line* (Ligne numérique d'abonné)
 - Technologies permettant un transport numérique rapide sur une paire métallique sans interférence avec le service téléphonique analogique traditionnel (*POTS* : *Plain Old Telephone Service*).
 - 2 techniques : Transmission symétrique / asymétrique.
- **ADSL** : *Asymmetric DSL* (LNPA: Ligne Numérique à Paire Asymétrique)
 - un canal descendant (*downstream*) de haut débit
 - un canal montant (*upstream*) moyen débit
 - un canal de téléphonie (*POTS*)

Liaison ADSL



•Boîtiers :

- modem ADSL
- séparateur de ligne (POTS splitter)
- Le DSLAM (Digital Subscriber Line Access Multiplexer) assure le multiplexage des flux (services disponibles sur le réseau : Internet, Vidéo...) vers les utilisateurs.

ADSL

● Débits :

- descendant : au minimum de 1,5 à 2Mbps dans le sens commutateur vers utilisateur (maximum 8Mbps)
- montant : au minimum de 16 kbps dans le sens utilisateur vers commutateur (maximum 640kbps)
- dépendent d'un certain nombre de facteurs : la longueur de la boucle (limitée à 5,6km), sa section...

● Avantages :

- Transforme le réseau public existant en un système capable de transporter du multimédia : les services disponibles sur le réseau (Internet, Video MPEG...) arrivent vers les utilisateurs

V. Le câble

- Réseau câblé de télévision
 - Liaisons longue distance (commutateurs, villes, etc) : fibre optique
 - Liaisons vers abonnés : câble coaxial
- Allocation des fréquences pour l'accès internet
 - Fréquences descendantes de haut débit
 - Fréquences montantes de moyen débit
 - Fréquences TV
 - (Fréquences Radio)

Le câble

- Plusieurs abonnés sur un câble (possible entre 500 et 2000)
 - Bien adapté pour la diffusion de programmes télévisés
 - Moins pour l'accès à internet (partage de la bande passante)
- Résolution du problème de bande passante :
 - Diviser les longs câbles en segments plus courts et les connecter direct à un centre de distribution
 - Ajouter des centres de distribution (coût...)

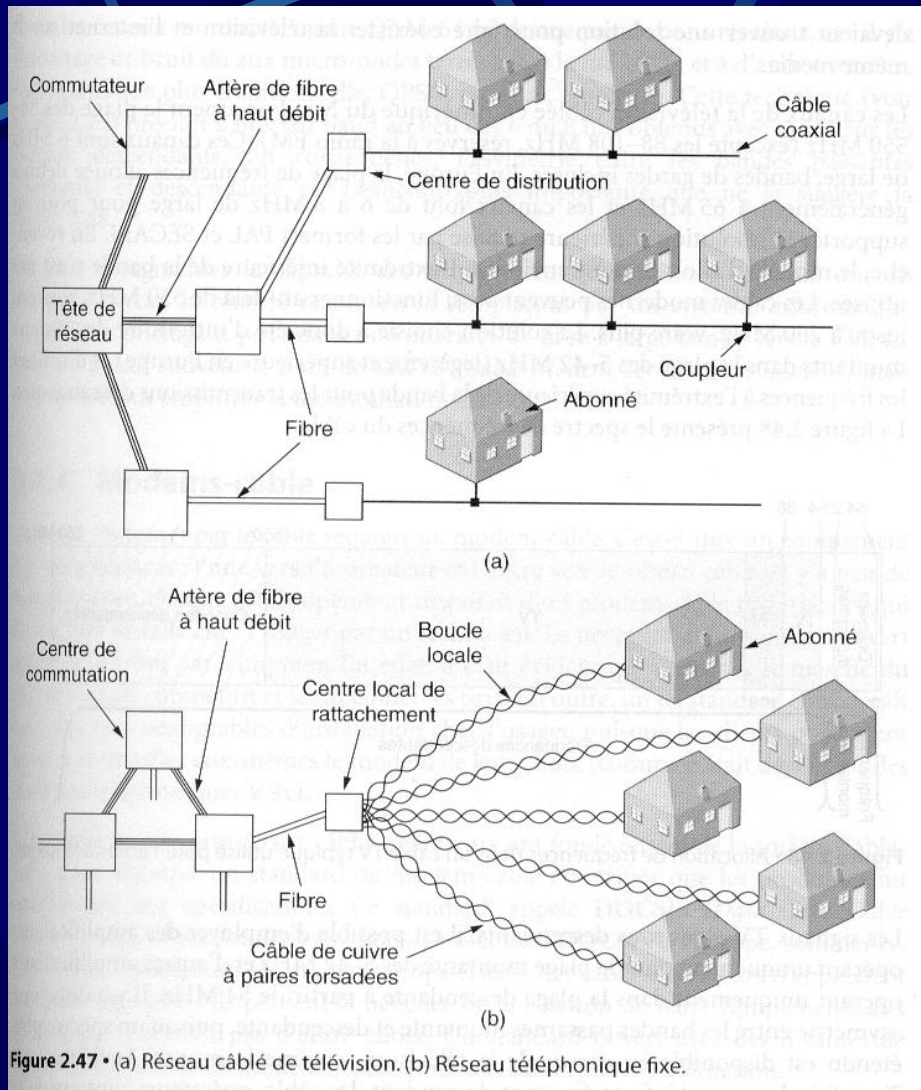


Figure 2.47 • (a) Réseau câblé de télévision. (b) Réseau téléphonique fixe.

ADSL versus le câble

- Épine dorsale : fibre optique
 - Abonné : **paires torsadées**
 - Raccord **seul** au CL
 - Qualité service **constante**
 - Possibilité d'accès au service :
 - tout le monde a une ligne téléphonique
 - mais pb de distance au CL
- Épine dorsale : fibre optique
 - Abonné : **coaxial** (en théorie capacité \gg)
 - **Plusieurs** sur un même câble
 - **Dépend du contexte** (nbre d'abonnés connectés sur le câble)
 - Pb de **sécurité**
 - tout le monde n'est pas relié au câble
 - mais si oui, pas de pb de distance au centre de distribution

Autres réseaux

- Lignes spécialisées
 - LS analogique : débit $\leq 64\text{Kbps}$
 - LS numérique (Transfix) : débit 64Kbps - 34Mbps
- Numéris (Réseau Numérique à Intégration de Service)
 - Débit $\leq 64\text{Kbps}$
- Réseaux satellites (Very Small Aperture Terminal)
- Réseaux sans fil - Wi-Fi (Wireless Fidelity)
 - Normes: 802.11*
 - Débit réel : 11 à 54Mbps (Effectif: 4 à 22Mbps si bonne qualité)
 - Évolution future : 320 Mbps quasiment utile ! (802.11n)