



# La Couche Physique

Couche 1 (OSI ou TCP/IP)

# 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).

[Tout signal est somme de composantes sinusoïdales]

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

- soit directement : *transmission en bande de base*,

[composantes du signal dans la bande passante]

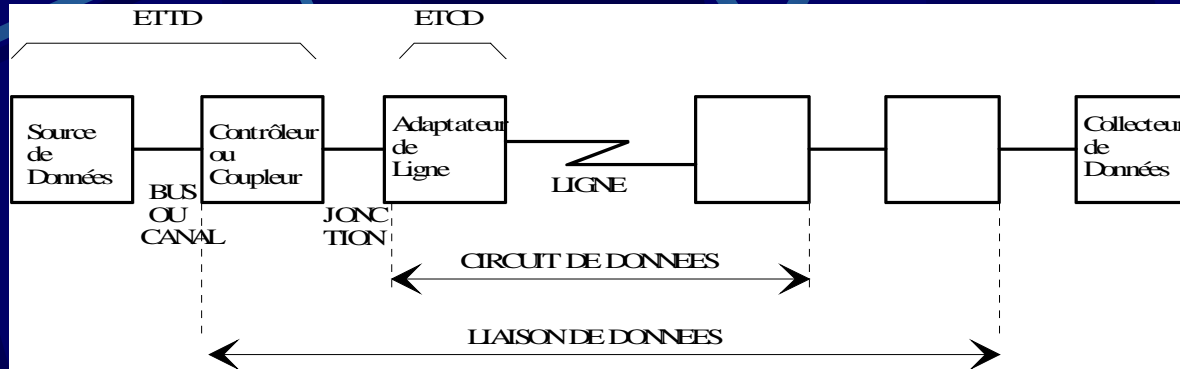
- soit par *modulation*.

[composantes du signal hors bande passante]

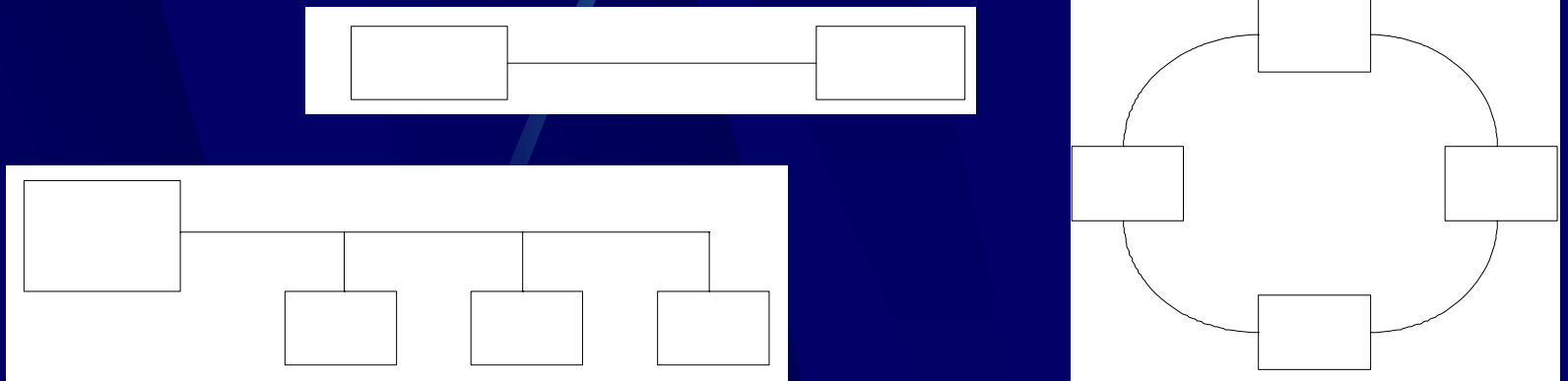
Cette opération réalisée par un ETCD (adaptateur de ligne).

# 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, c.à.d.  $N \sim 2^n$ .
- Représentation simple des chiffres (opérations arithmétiques).
- Représentation commode des lettres (opérations de tri).
- Détections et/ou corrections d'erreurs possibles.

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

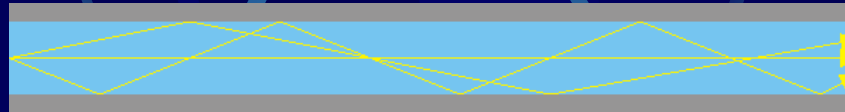
## Exemples de codes

- 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	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F
0	NUL	SOH	STH	ETH	EOT	ENQ	ACK	BEL	BS	HT	LF	VT	FF	CR	SO	SI
1	DLE	DC1	CD2	DC3	DC4	NAK	SYN	ETB	CAN	EM	SUB	ESC	FS	GS	RS	US
2		!	"	#	\$	%	&	'	(	)	*	+	,	-	.	/
3	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	:	;	<	=	>	?
4	@	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
5	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	[	\	]	^	_
6	`	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o
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	ϕ	£	*	¥	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	ð	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
  - ...



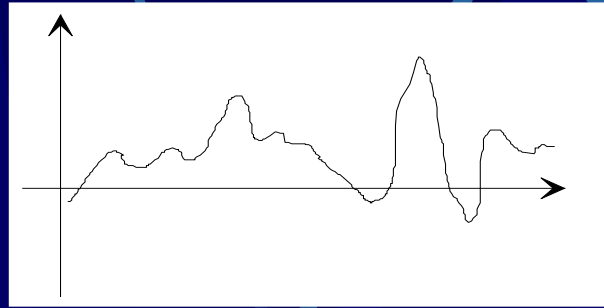


## Notion de signal (périodique)

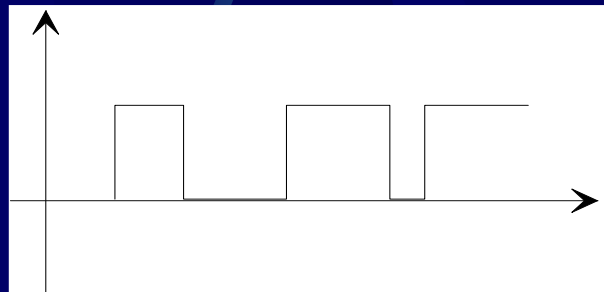
- **Signal** : variation de tension ou de courant électrique  
→ véhicule de l'information.
- *Signal Périodique* : se reproduit de façon identique dans le temps. Durée d'une *période* :  **$T$**  (en secondes).
- *Fréquence* :  **$1/T$**  (en hertz) = nbre de périodes par seconde.

# Types de signaux

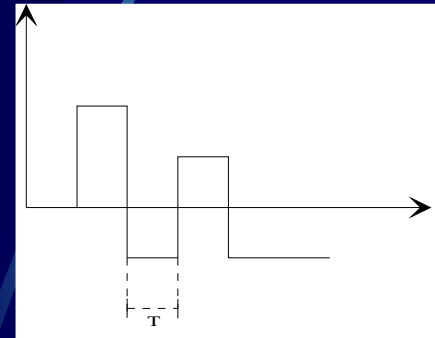
- **Analogique** : *variation continue*, niveaux de valeurs continus, proportionnels à la valeur de l'information (son, image)



- **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)

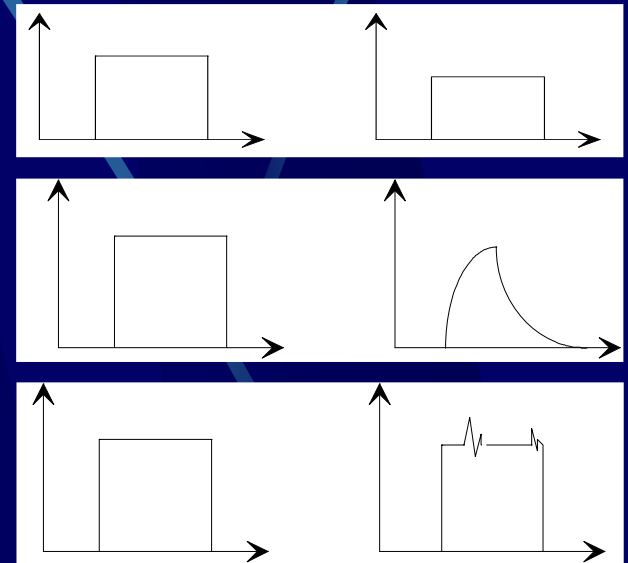
$R = 1/T$  Nombre de moments élémentaires par seconde.

- **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).

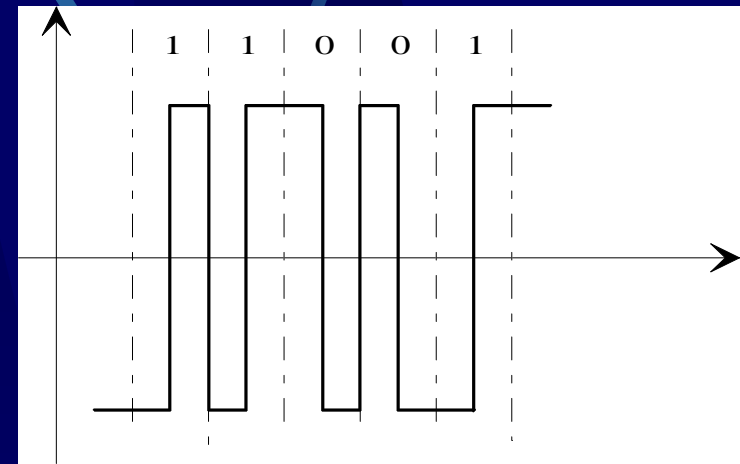
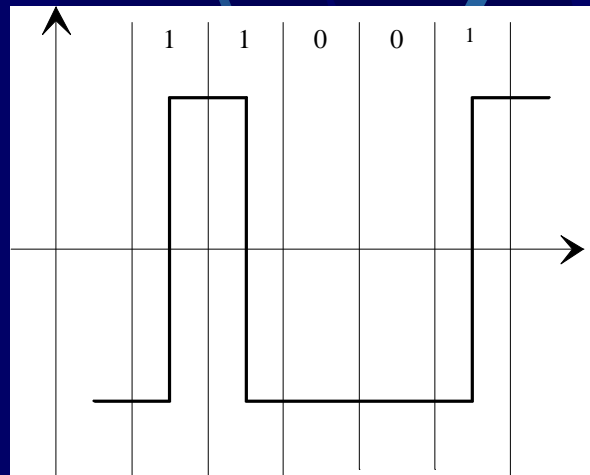
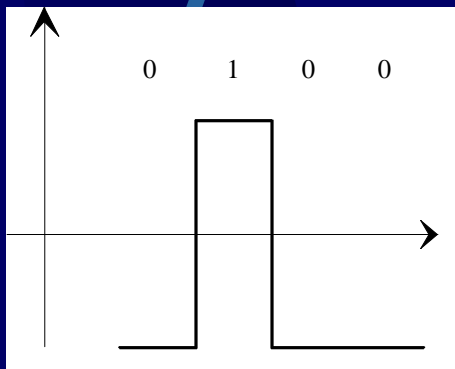
Deux types de transmission :

- 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...

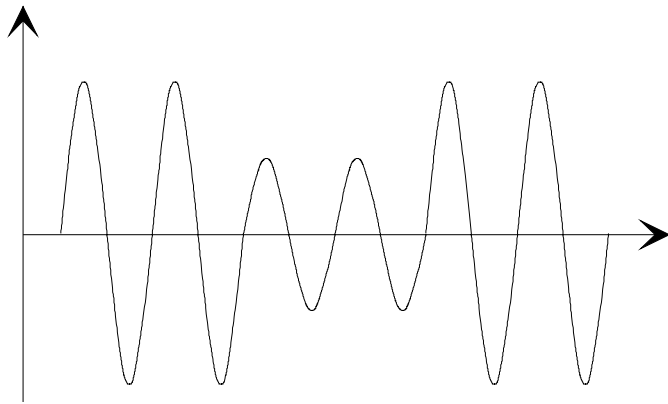
# Codages NRZ, Miller, Manchester



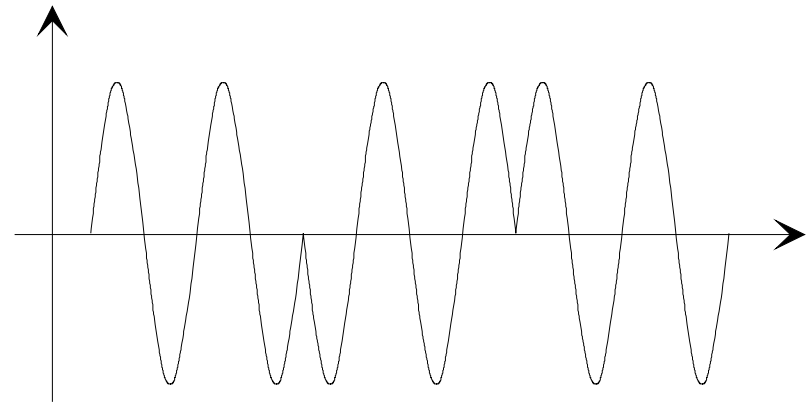
# Transmission par modulation d'onde porteuse

- 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.

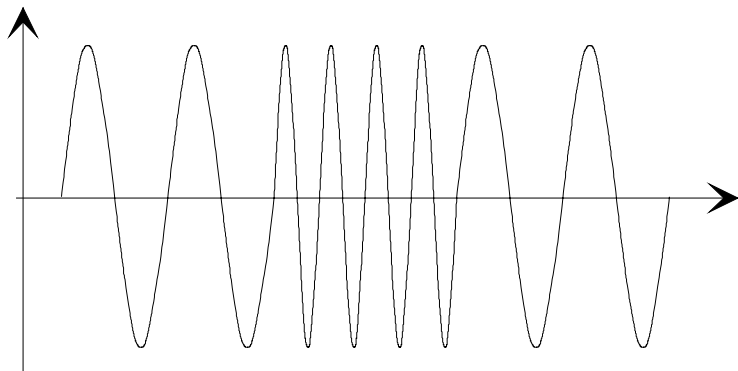




**Amplitude**



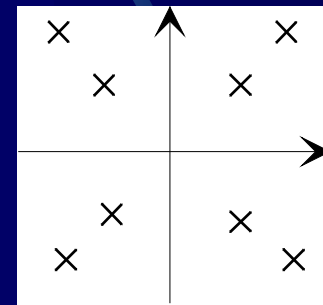
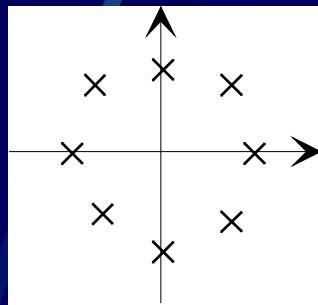
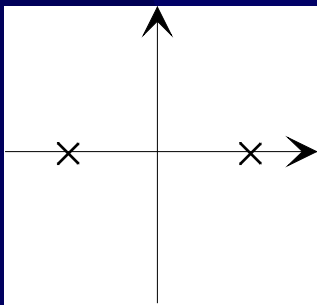
**Phase**



**Fréquence**

## Diagramme spatial associé

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

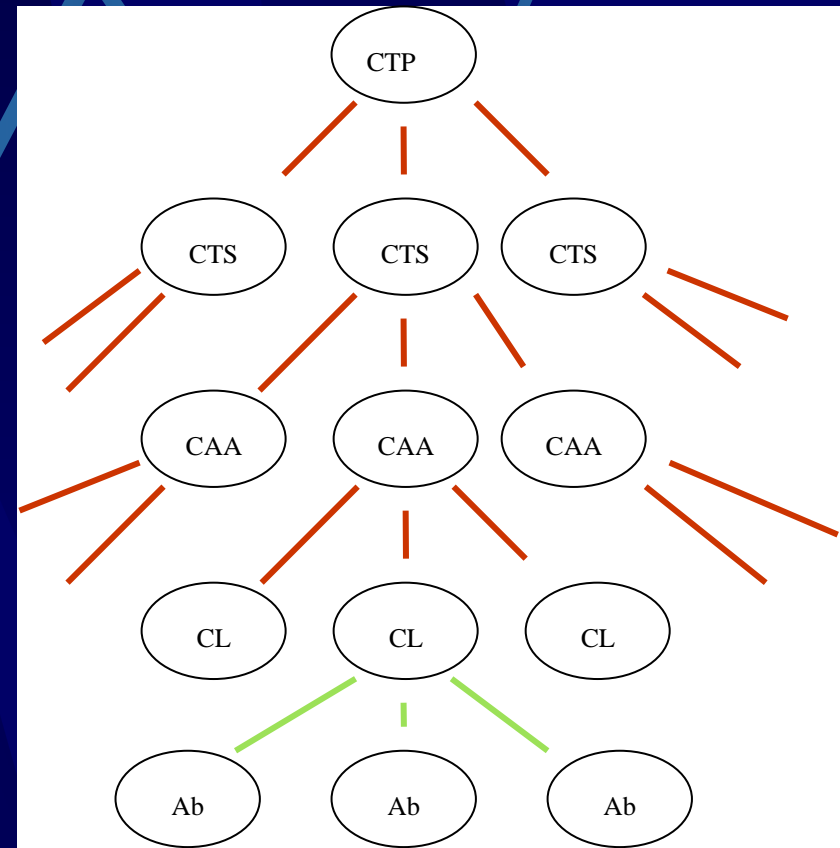


## Exemple de modems normalisés

- 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

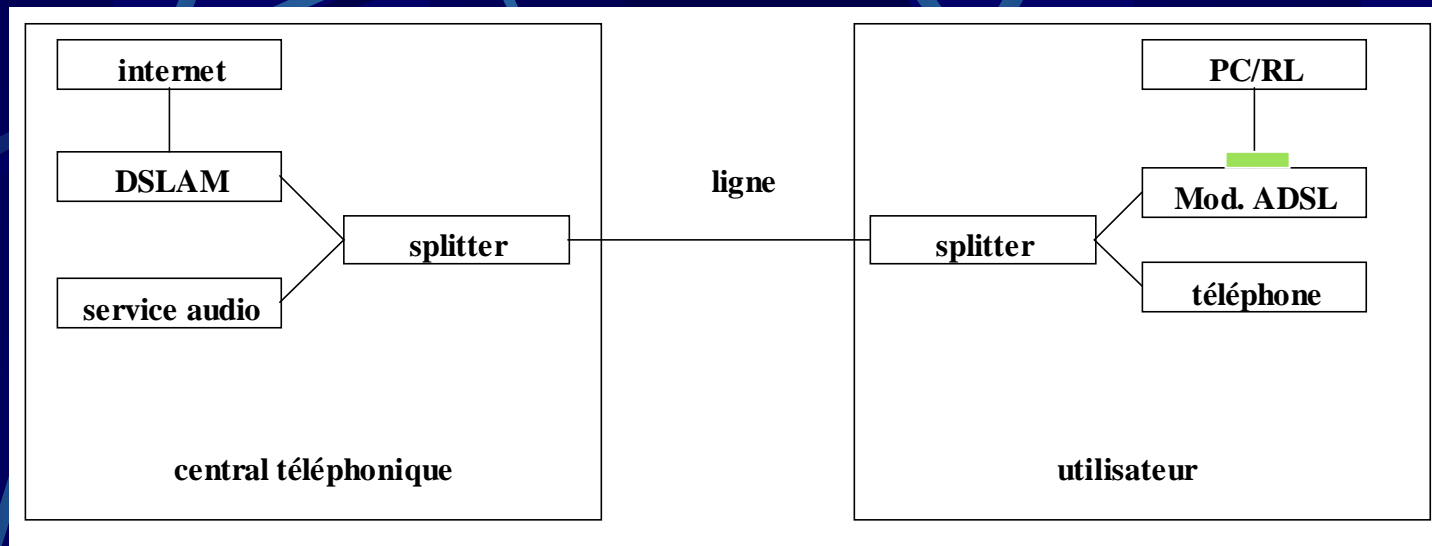
## RTC : limites

- Vitesse de transport
  - Analogique ~ 56kbps
    - 1s:  $56 \times 1024$  bits soit  $56 \times 128$  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...)

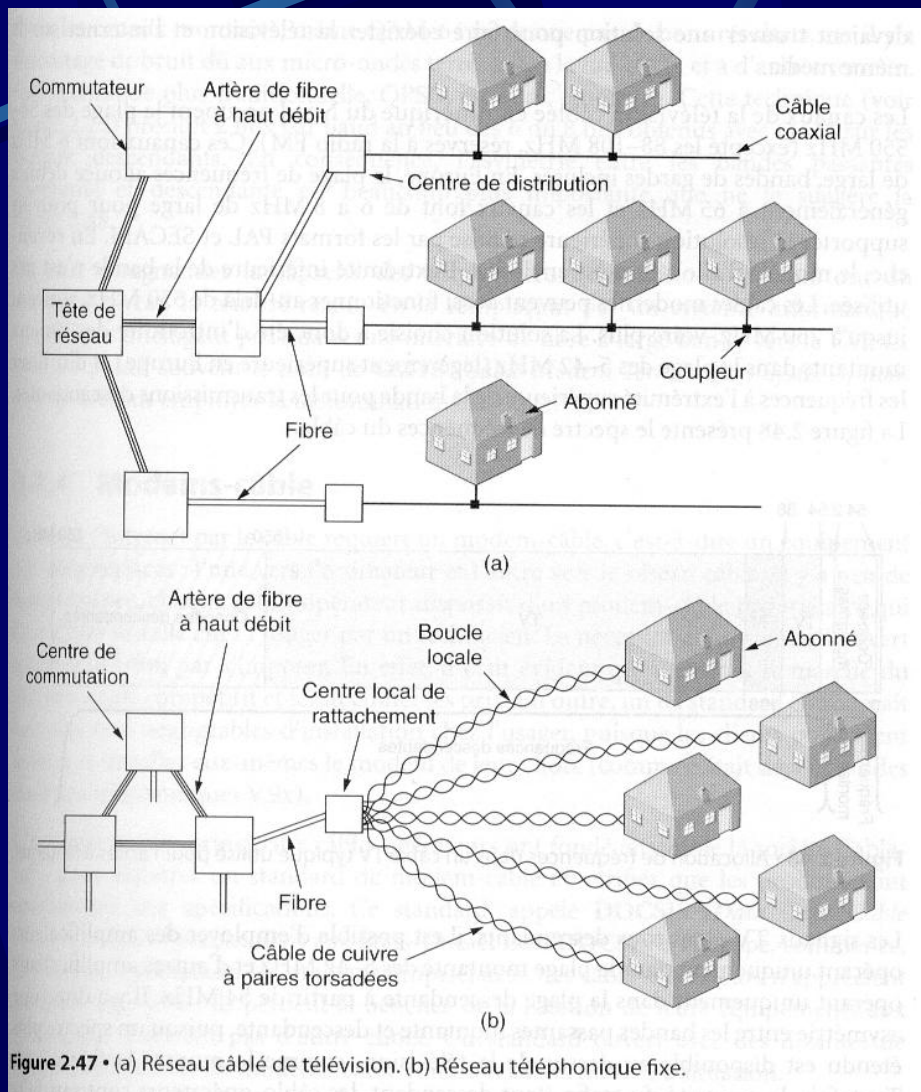


Figure 2.47 • (a) Réseau câblé de télévision. (b) Réseau téléphonique fixe.

## 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  $\leq 64$ Kbps
  - LS numérique (Transfix) : débit 64Kbps - 34Mbps
- Numéris (Réseau Numérique à Intégration de Service)
  - Débit  $\leq 64$ 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)