

## Chapitre 02 : La couche physique

### 1. Introduction

L'étude d'un réseau informatique passe nécessairement par l'étude des techniques de transmission de l'information. C'est la couche physique est la première couche responsable de la transmission de l'information entre deux équipements informatiques. Cette information est transmise dans un signal. L'objectif de ce chapitre est de présenter les différentes techniques utilisées pour transférer l'information. Cependant, il semble utile de donner un aperçu général sur la nature de signal et les différents phénomènes qui peuvent l'affecter avant d'entamer les techniques de codage et de modulation.

### 2. Définition

La couche physique fournit les moyens mécaniques, électriques, fonctionnels et procéduraux nécessaires à l'activation, au maintien et à la désactivation des connexions physiques destinées à la transmission de bits entre deux entités de liaison de données.

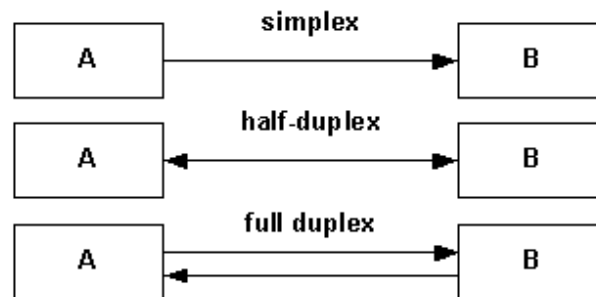
L'unité élémentaire transmissible dans cette couche est le bit. On doit, donc, s'assurer que l'envoi d'un bit à valeur  $b$  correspond à la réception d'un bit de la même valeur.

Transporter de l'information d'un point à un autre ne nécessite pas seulement l'établissement des conventions concernant la représentation logique des données, mais il exige aussi d'établir les conventions sur les paramètres physiques de la transmission ainsi la nature et les caractéristiques de support. Par les paramètres physiques de la transmission on entend ici les caractéristiques de signal qui transporte l'information. Bien entendu, ces caractéristiques de signal ont une influence directe sur la nature des supports de transmission. L'ensemble des conventions citées auparavant constituent les normes et les standards de la couche physique.

### 3. Le sens de transmission

Deux systèmes communicants peuvent organiser l'échange d'information selon plusieurs types : le mode *simplex*, le mode *half-duplex* et le mode *full-duplex*. Dans le

premier les systèmes communicants jouent des rôles distingués et fixes (émetteur/récepteur). En mode *half-duplex* les systèmes communicants peuvent être, en alternance, des émetteurs et des récepteurs. Par contre, en mode *full-duplex* les systèmes se communiquent simultanément en deux sens. La figure 01 représente ces différents modes de communication.



**Figure 01** : Les différents modes de transmission (selon le sens).

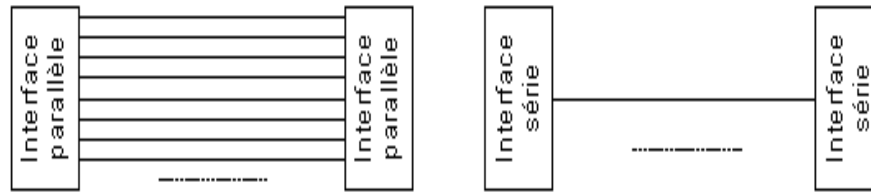
#### 4. La transmission série/parallèle

Généralement on ne transmet pas seulement un bit, mais la communication consiste à envoyer plusieurs bits organisés sous forme de mots. Ces bits peuvent être envoyés en mode série ou bien en mode parallèle.

Dans le mode série les bits sont envoyés les uns derrière les autres. Par contre, on transmet les bits d'un mot simultanément dans le mode parallèle.

Le câble dans le mode parallèle est composé de plusieurs fils en plat. Cependant, il est possible de diviser la bande passante de même câble afin de transmettre chaque bit en un sous-canal. Ce mode pose des problèmes de synchronisation et de coût et d'interférence entre les différents fils qui composent le câble. En conséquence, son utilisation est limitée à des courtes distances (comme les liaisons entre un ordinateur et ses périphériques).

Parce que les processeurs traitent des données sur des mots mémoire (un octet ou plus), il est indispensable de transformer les données transmises en série à un groupe de bits (des bits parallèle) lors de la réception et inversement lors de l'émission. Ce processus est effectué grâce au registre de décalage.



**Figure 02 :** La transmission série et parallèle.

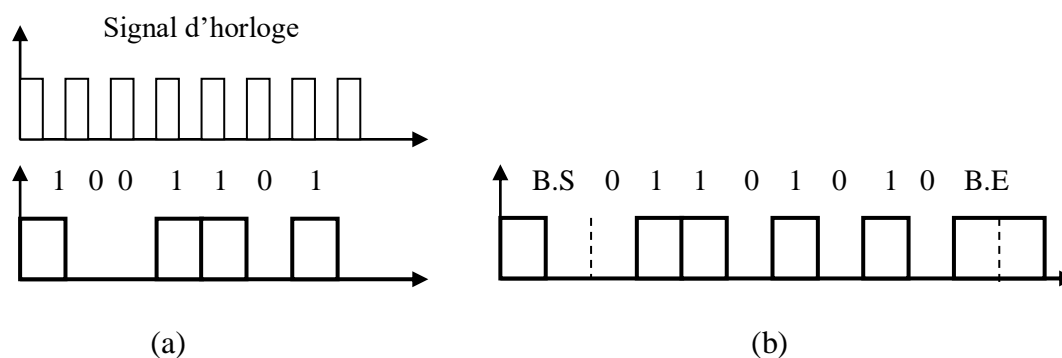
## 5. La transmission synchrone /asynchrone

Les bits sont émis sur la ligne à une certaine base d'horloge. Pour décoder correctement la suite de bits reçue, le récepteur doit examiner ce qui lui arrive avec une base d'horloge identique à celle de l'émission des bits sur le support. On dit alors que l'émetteur et le récepteur doivent se synchroniser.

Afin que le récepteur sache la base d'horloge d'émission deux techniques peuvent être envisagées : la transmission d'un signal qui représente l'horloge sur un canal indépendant ou la déduction de base d'horloge à partir de l'information codée. On appelle la première technique la transmission synchrone et la deuxième la transmission asynchrone.

Dans la transmission synchrone, on envoie un signal d'horloge dans un canal indépendant (Figure 03 (a)). Cette solution est donc coûteuse en bande passante.

Par contre, dans la transmission asynchrone on n'envoie pas le signal d'horloge. Pour transmettre au récepteur la base d'horloge on envoie avant chaque caractère envoyé des bits *start* (1, 1.5 ou 2 bits) et la fin de transmission de caractère on envoie des bits *end* (Figure 03 (b)) .



**Figure 03 :** Transmission asynchrone et synchrone.

## 6. La transmission numérique et analogique

Nous avons défini un signal comme la variation d'une grandeur physique en fonction de temps. En effet, cette variation peut être continue ou discrète. On parle alors de signal analogique et un signal numérique. Cependant, il convient bien de faire la différence entre l'information et le signal. Comme nous avons noté auparavant, le signal est la représentation physique de l'information. En fait, une information peut être aussi de nature analogique ou numérique. Si l'information représente l'assemblage d'une suite d'éléments indépendants et dénombrables, on dit que l'information soit numérique ; sinon on parle d'une information analogique (comme la variation continue d'un phénomène physique).

Le tableau 01 présente les caractéristiques de deux types de transmission.

**Tableau 01** : les caractéristiques de transmission numérique et transmission analogique

Transmission analogique	Transmission numérique
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bonne protection contre le bruit</li> <li>• possibilité de multiplexage fréquentiel</li> <li>• optimisation de l'utilisation du support</li> <li>• Les modems sont plus coûteux et moins flexibles</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Grande bande passante</li> <li>• Utilisée pour des distances limitées</li> <li>• Le modem est réduit à un simple Codec (Codeur-Decodeur)</li> </ul>

Le type de transmission est indépendant de type de l'information, c'est-à-dire on peut choisir la transmission analogique ou numérique pour n'importe quelle information. Cependant, il est important d'adapter cette information au type de signal choisi. Nous utilisons des équipements spécifiques appelés *Equipement Terminal de Circuit de Données(ETCD)*. Un ETCD peut être un *Codec* ou bien un *Modem*. Le codec est utilisé dans le cas de transmission numérique, tandis que le modem est utilisé dans le cas de transmission analogique. Les ETCD sont reliés aux *Equipement Terminal de Traitement de Données (ETTD)* qui sont des calculateurs pour contrôler le dialogue entre les deux équipements communicants.

La transmission des informations numériques dans un signal numérique nécessite seulement un processus de codage. Cependant, si l'information est de nature

analogique on doit la numériser avant de la transmettre dans un signal numérique. Le processus de numérisation se décompose en trois étapes :

1. L'échantillonnage : passage d'un espace de temps continu à un espace de temps discret,
2. La quantification : passage d'un espace de valeurs continu à un espace de valeurs discret,
3. Le codage : chaque niveau quantifié de valeurs est codé sur un nombre déterminé de bits.

## 7. Caractéristiques des supports de transmission

Afin de transmettre un signal on utilise des supports de transmission. Quelque soit la nature de support utilisé, quelques propriétés caractérisent tous les supports de transmission. Dans cette partie nous présentons ces caractéristiques.

### 7.1. La bande passante

Le premier phénomène étudié dans ce cours et peut être le plus importante est appelé la bande passante. Ce phénomène consiste au fait qu'un support de transmission ne se comporte pas de la même façon avec des signaux de fréquences différentes. Sachant qu'un support de transmission ne transmet pas un signal de façon fiable, il y a des signaux avec des fréquences particulières que ne soient pas exagérément modifiés pendant la transmission. En fait, un support de communication est considéré comme un filtre passe-bande parce que les signaux sont transmises avec déformation faible entre de fréquence  $W1$  et  $W2$ . La bande passante est l'espace de fréquences entre ces deux limites.

Il est important de distinguer la bande passante de la largeur de bande. Cette dernière est calculée par  $W2-W1$  [Hz].

### 7.2. L'atténuation

A cause de la perte d'énergie, le signal émis souffre d'une réduction d'amplitude. Cet affaiblissement est mesuré en dB (décibel).  $A_{dB} = 10 \log_{10} \frac{A_{out}}{A_{in}}$ . On peut mesurer cet affaiblissement comme un rapport par l'équation  $A = \frac{A_{out}}{A_{in}}$ . Ce problème est réglé sur de courtes distances par les répéteurs ou amplificateurs et l'utilisation du support dans la plage de fréquence où l'affaiblissement est constant.

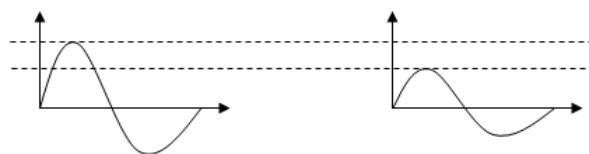


Figure 04 : un signal en état initial et état affaibli.

### 7.3. Bruits et Parasites

Les parasites (souvent appelé bruit) sont l'ensemble des perturbations modifiant localement la forme du signal. On distingue généralement trois types de bruit:

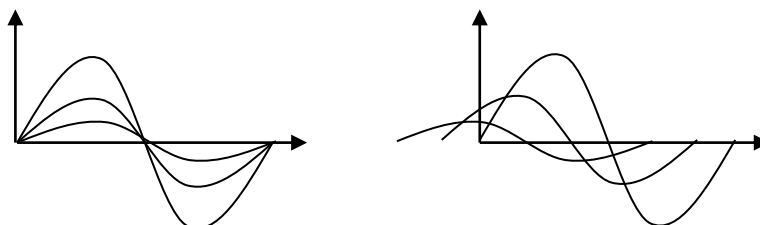
✚ **Le bruit blanc (Gaussien)** qui est une perturbation uniforme du signal dû à l'agitation thermique. Il rajoute au signal une petite amplitude dont la moyenne sur le signal est nulle. Le bruit blanc est généralement caractérisé par un ratio appelé *rapport signal/bruit*, qui traduit le pourcentage d'amplitude du signal par rapport au bruit (son unité est le décibel). Celui-ci doit être le plus élevé possible.

✚ **Les bruits impulsifs** sont de petits pics d'intensité provoquant des erreurs de transmission. Mesuré en dB par la formule :  $10\text{Log}_{10} \frac{S}{B}$  qui est le rapport entre  $S$  l'énergie significative du signal émis et  $B$  l'énergie des bruits et parasites, donc un rapport de 100 entre  $S$  et  $B$  donne 20 dB et un rapport de 1000 donne 30 dB.

✚ **La diaphonie** est un phénomène dû au couplage inductif des paires proches, qui limite l'utilisation de la paire torsadée à des distances relativement faibles. La diaphonie est mesurée en utilisant deux grandeurs : NEXT (Near End Cross Talk loss) ou FEXT (Far End Cross Talk loss).

### 7.4. Le déphasage

Nous avons vu précédemment qu'un signal est constitué d'un ensemble d'harmonies. Un support de transmission ne transmet pas les harmonies de la même vitesse. En conséquence, certaines harmonies peuvent arriver avant les autres, ce qui entraîne une déformation du signal à la réception. Ce problème de déphasage est partiellement réglé par les égaliseurs (**equalizers**) et l'utilisation d'une plage de fréquence où le déphasage est constant.



**Figure 05** : image d'un signal en état initial et subi au déphasage.

## 7.5. L'écho

À chaque rupture d'impédance le transfert de puissance n'est pas optimal, une partie de l'énergie incidente est réfléchi. Cette énergie (onde réfléchi ou écho) se combine à l'énergie incidente pour former des ondes stationnaires. En transmission numérique, l'écho a pour conséquence de générer des « bits fantômes », introduisant des erreurs de transmission. Ce phénomène est résolu en utilisant des annuleurs d'écho (des bouchons terminateurs dans des réseaux Ethernet).

## 8. La capacité de transmission

- ✚ **Temps de transfert  $T_t$**  (délai d'acheminement ou temps de traversée) est la durée qui sépare le début de l'émission de la fin de la réception.

$$T_t = T_e + T_p$$

- ✚ **Le temps de propagation  $T_p$  (Latence)** est le temps nécessaire à un signal pour parcourir un support d'un point à un autre, ce temps dépend donc de la nature du support, de la distance et également de la fréquence du signal. On note que la vitesse de transmission peut être donnée par un coefficient de vélocité qui représente le rapport de la vitesse de signal à la vitesse de lumière (Vitesse de lumière = 300 000 Km/s).

$$T_p = \frac{\text{Distance}}{\text{Vitesse}}$$

- ✚ **Le temps d'émission (transmission)  $T_e$**  est le délai qui s'écoule entre le début et la fin de la transmission d'un message sur une ligne, ce temps est donc égal au rapport entre la longueur du message et le débit de la ligne.

$$T_e = \frac{\text{Quantité d'information}}{\text{Débit}}$$

- ✚ **Taux d'erreur:** Probabilité de perte ou d'altération d'une information (1 bit). On peut la mesurer en calculant pendant un temps significatif le rapport du nombre de bits erronés sur le nombre de bits émis.
- ✚ **Intervalle élémentaire ou significatif ( $\Delta$ ):** temps pendant lequel les caractéristiques du signal à transmettre ne sont pas modifiées.
- ✚ **Instant significatif:** instant choisi pour l'évaluation du signal transmis.
- ✚ **Valence:** nombre des états significatifs que peut prendre le signal.

- ✚ **La rapidité de modulation  $R$**  est calculée en *Bauds* et signifie le nombre d'intervalles élémentaires dans une unité de temps (seconde) qu'on peut exploiter pour envoyer un symbole. ( $R = 1/\Delta$  [Bauds]).
- ✚ **Le débit binaire maximum  $C$**  en bit/seconde :  $C=R \text{ Log}_2 V$ . Pour un signal à support de largeur de bande  $B$  il ne sert à rien d'échantillonner plus de  $R= 2B$  fois par unité de temps d'où  $C=2B \text{ Log}_2 V$ . *C'est le débit théorique maximale* qu'on peut atteindre appelé aussi débit nominal. Pour améliorer le débit il faut pouvoir augmenter  $V$  le nombre de niveaux. Il faut remarquer aussi que cette formule est pour un canal sans bruit. (*Nyquist*).
- ✚ **Théorie de Shannon-Hartley** : La capacité de *transmission maximale* (débit binaire) dans un canal bruité  $C = B \text{Log}_2 (1 + \frac{S}{N})$
- ✚ **Le débit effectif ou utile** est la quantité d'information effectivement transmise par unité de temps.  $\text{Débit} = \frac{\text{Quantité d'information [bit]}}{\text{Temps [second]}}$
- ✚ **Le taux d'utilisation** d'une voie physique est le rapport entre débit utile et débit nominal.  $\text{Taux} = \frac{\text{Débit effectif}}{\text{Débit Nominal}}$
- ✚ **Round-Trip Time  $RTT$**  est le temps de propagation aller-retour (entre deux points A et B).  $RTT = 2 * T_p$

## 9. Technique de codage (transmission en bande de base)

### 9.1. Codage RZ (Return to Zero)

C'est le plus simple de codages, 1 est représenté par une tension non nulle et 0 par une tension nulle.

### 9.2. Codage NRZ (Not Return to Zero)

**Utilisation** : souvent entre l'ordinateur et ses périphériques, comme la jonction V24.

**Principe** : très proche du codage binaire de base, il code un 1 par +V, un 0 par -V

### 9.3. Codage NRZI (Not Return to Zero Inverted):

**Utilisation** : Fast Ethernet (100BaseFX), FDDI

**Principe** : on produit une transition (changement de niveau) du signal pour chaque 1 (inverser le signal précédent), pas de transition pour les 0 (garder le signal précédent). On commence par +V. c'est un codage différentiel (relatif).



#### 9.4. Codage Manchester (biphasé)

**Utilisation** : Ethernet 10Base5, 10Base2, 10BaseT, 10BaseFL

**Principe** : Le signal présente toujours une transition au milieu de l'intervalle, dans le codage Manchester, l'idée de base est de provoquer une transition du signal pour chaque bit transmis. Un 1 est représenté par le passage de +V à -V transition vers le bas (front descendant), un 0 est représenté par le passage de -V à +V transition vers le haut (front montant).

#### 9.5. Codage Manchester différentiel (biphasé différentiel)

**Utilisation** : *Token Ring*

**Principe** : Le signal présente toujours une transition au milieu de l'intervalle qui sert pour la resynchronisation d'horloge.

- ✚ Codage du 0: garder la transition précédente.
- ✚ Codage du 1: inverse de la transition précédente.

C'est la présence ou l'absence de transition au début de l'intervalle du signal d'horloge qui réalise le codage. Un 1 est codé par l'absence de transition, un 0 est codé par une transition au début du cycle d'horloge.

A noter la présence de deux symboles particuliers : J et K. Ils sont codés par +V et -V sur toute la durée d'un cycle d'horloge. Ils ont pour but de marquer le début et la fin d'une trame.

#### 9.6. Codage Delay Mode (de Miller)

Le codage *Delay Mode*, aussi appelé *code de Miller*, est proche du codage de Manchester. Le code de Miller est obtenu en gardant une transition sur deux du code Biphasé. Code 0 : Pas de transition. Code 1 : Transition en milieu d'intervalle. Quand un 0 est suivi d'un autre 0, on force une transition en début du deuxième intervalle.

#### 9.7. Codage MLT3

**Utilisation** : Fast Ethernet (100BaseTX, 100BaseT4), ATM,

**Principe** : Dans ce codage (pseudo ternaire), seuls les 1 font changer le signal d'état. Les 0 sont codés en conservant la valeur précédemment transmise. Les 1 sont codés successivement sur trois états : +V puis 0 puis -V puis 0 ...etc.

### 9.8. Codage bipolaire ou AMI (Alternate Mark Inversion)

**Utilisation** : Lignes DS1/T1

**Principe** : Les 0 sont représentés par des potentiels nuls, les 1 par +V et -V en alternance.

### 9.9. Codage 2B1Q

**Utilisation** : RNIS/ISDN, HDSL

**Principe** : Le code 2B1Q fait correspondre à un groupe de deux éléments un créneau de tension dit symbole quaternaire pouvant endosser quatre valeurs différentes suivant la table ci-dessous

**Tableau 02** : Le codage 2B1Q

Groupe de 2 bits	Tension
00	-3
01	-1
11	+1
10	+3

### 9.10. Codage nB/mB

**Utilisation** : 4B/5B : Fast Ethernet ; 8B/10B : Gigabit Ethernet, FDDI.

**Principe** : Il s'agit d'un codage par bloc. On utilise une table de transcodage pour coder un groupe de n bits usagers en m bits, avec  $n < m$ . Ce codage ne définit pas la mise en ligne des bits. On utilise généralement pour cela un codage de type NRZI ou MLT3.

**Tableau 03** : Le codage 4B/5B

Groupe 04 bits	Symbole 4B/5B	Groupe 04 bits	Symbole 4B/5B
0000	11110	1000	10010
0001	01001	1001	10011
0010	10100	1010	10110
0011	10101	1011	10111
0100	01010	1100	11010
0101	01011	1101	11011
0110	01110	1110	11100
0111	01111	1111	11101

**Tableau 04 :** exemple de techniques de codage

Séquence de bits	1	0	0	1	1	1	0	0
Horloge								
RZ								
NRZ								
NRZI								
Manchester								
Manchester différentiel								
Miller								
MLT3								
AMI								
2B1Q								

## 10. Les techniques de modulation (transmission en largeur de bande)

La modulation consiste à transmettre des données numériques dans un signal analogique. Le principe général consiste à modifier l'une des paramètres d'un signal de base (appelé la porteuse). Ce dernier est un signal sinusoïdal de la forme :

$$S(t) = A_0 \sin(\omega_0 t + \varphi_0).$$

Donc, nous changeons selon le cas l'une (ou plusieurs paramètres) :  $A_0$ ,  $\omega_0$  ou  $\varphi_0$  afin de transmettre l'information.

### 10.1. Modulation par saut de fréquence ou FSK (Frequency Shift Keying)

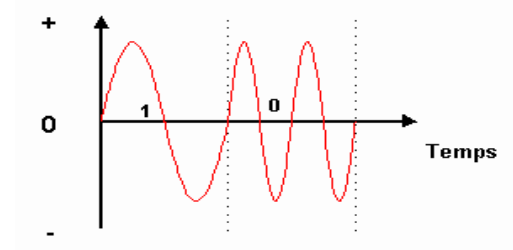
Les niveaux logiques sont représentés par la variation de la fréquence de la porteuse.

$$X(t) = f(S(t)) = A_0 \sin(\omega_0 s(t) t + \varphi_0)$$

**Exemple de base:** Utilisation de deux fréquences

$$\oplus 0 \rightarrow A_0 \sin(\omega_1 t + \varphi_0)$$

$$\oplus 1 \rightarrow A_0 \sin(\omega_2 t + \varphi_0)$$



### 10.2. Modulation par saut de phase ou PSK (Phase Shift Keying)

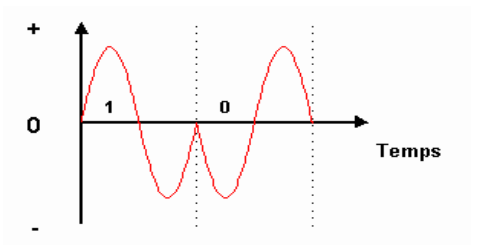
La modulation de phase associe à un code binaire une valeur de la phase de la porteuse.

$$X(t) = f(S(t)) = A_0 \sin(\omega_0 t + s(t)\varphi_0)$$

**Exemple de base:** Utilisation de deux phases

$$\oplus 0 \rightarrow A_0 \sin(\omega_0 t + \varphi_1)$$

$$\oplus 1 \rightarrow A_0 \sin(\omega_0 t + \varphi_2)$$



### 10.3. Modulation d'amplitude ou ASK (Amplitude Shift Keying)

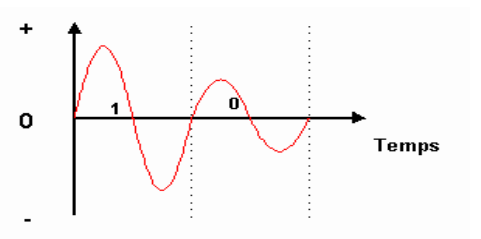
La modulation d'amplitude s'applique en faisant varier l'amplitude du signal en fonction des bits à coder. Par exemple :

$$X(t) = f(S(t)) = A(S(t)) \sin(\omega_0 t + \varphi_0)$$

**Exemple de base:** Deux amplitudes

$$\oplus 0 \rightarrow A_1 \sin(\omega_0 t + \varphi_0)$$

$$\oplus 1 \rightarrow A_2 \sin(\omega_0 t + \varphi_0)$$



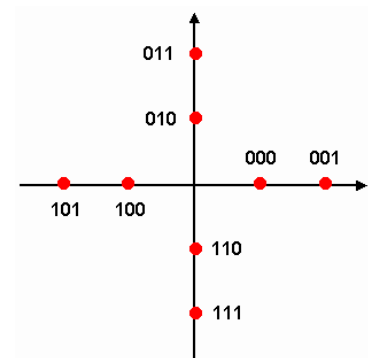
### 10.4. Modulation QAM

La modulation QAM (Quadrature Amplitude Modulation) ou modulation d'amplitude en quadrature de phase est une technique qui emploie une combinaison de modulation de phase et d'amplitude. Elle est largement employée par les modems pour leur permettre d'offrir des débits binaires élevés.

Prenons par exemple un signal modulé QAM avec 3 bits transmis par baud. Une telle modulation requiert donc  $2^3$  soit 8 combinaisons binaires différentes. Dans notre exemple, nous prendrons 2 amplitudes combinées avec 4 décalages de phase différents. La table de correspondance pourra être du type :

Groupe de bit	Amplitude	Décalage de phase
000	1	0
001	2	0
010	1	$\frac{1}{4}$
011	2	$\frac{1}{4}$
100	1	$\frac{1}{2}$
101	2	$\frac{1}{2}$
110	1	$\frac{3}{4}$
111	2	$\frac{3}{4}$

Les combinaisons possibles en modulations QAM sont souvent représentées par une constellation de points représentant chacun un groupe de bits.



**Remarque :** On peut combiner les diverses modulations (par exemple, une modulation d'amplitude sur 4 niveaux + une modulation de phase sur 2 niveaux). Cette technique est appelée modulation combinée ou hybride.

## 11. Les techniques de multiplexage

Pour l'optimisation de la transmission, on utilise deux types de matériel : les *multiplexeurs* et les *concentrateurs*. L'objectif est de regrouper les informations en provenance de *voies basse vitesse* (voies BV) sur un unique circuit à plus fort débit appelé la *voie haute vitesse* (voie HV), ou encore *circuit composite*.

Deux techniques de multiplexage existent :

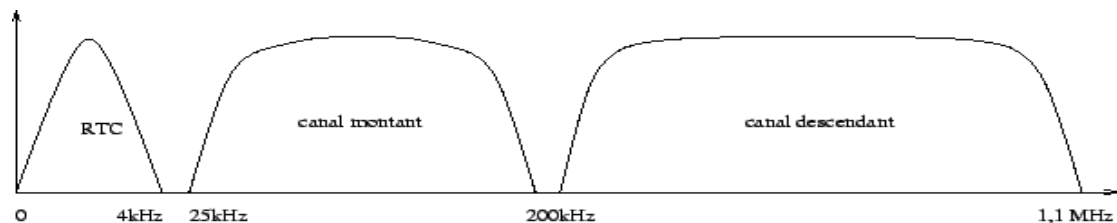
- ✚ Partage du circuit composite (par une méthode statique invariable dans le temps) en plusieurs canaux acheminant chacun les données d'une voie BV (multiplexeur fréquentiel et multiplexeur temporel).
- ✚ Allocation dynamique du circuit composite à une voie BV uniquement lorsque celle-ci transmet réellement (□ multiplexeur statistique (ou dynamique) et concentrateur).

### 11.1. Multiplexage FDM

FDM (Frequency Division Multiplexing) est une technique de multiplexage par répartition de fréquence (MRF). Elle est utilisée pour accroître les débits sur paires torsadées et plus particulièrement des lignes téléphoniques.

Le multiplexage fréquentiel consiste à partager la bande de fréquence disponible en un certain nombre de canaux ou sous-bandes plus étroits et à affecter en permanence chacun de ces canaux à un utilisateur ou à un usage exclusif.

Un bon exemple de l'usage de multiplexage fréquentiel est la technique ADSL (*Asynchronous Digital Subscriber Line*). ADSL est né de l'observation qu'une ligne téléphonique possède une bande passante d'environ 1 Mhz dans laquelle seule, une largeur de bande de 4 Khz est utilisée pour les communications téléphoniques. Il reste donc une bande passante importante disponible pour un autre usage. Cette bande passante est utilisée pour la transmission de données comme il est présenté dans la figure 05.



**Figure 05 :** La bande passante d'un canal utilisant la technique ADSL.

### 11.2. Multiplexage TDM

Le multiplexage TDM (Time Division Multiplexing) ou MRT (Multiplexage à répartition dans le temps) consiste à affecter à un utilisateur unique la totalité de la bande passante pendant un court instant et à tour de rôle pour chaque utilisateur. Le multiplexage TDM permet de regrouper plusieurs canaux de communications à bas débits sur un seul canal à débit plus élevé. Son inconvénient est si une VBV est muette durant son slot, aucune autre voie ne peut l'exploiter.

Les technologies SONET (Synchronous Optical NETwork) et SDH (Synchronous Digital Hierarchy) utilisées comme techniques de transport dans les réseaux téléphoniques des grands opérateurs pratiquent un multiplexage temporel pour assembler plusieurs lignes en une seule ligne de débit supérieur.

### **11.3. Multiplexage statistique**

C'est une optimisation du multiplexage temporel par notamment la prise en charge des voies muettes. Les slots sont dynamiquement alloués aux terminaux actifs. Par conséquent, on peut avoir plus de terminaux connectés que de slots temporels.

### **11.4. Multiplexage WDM**

A l'inverse de la technologie TDM qui n'utilise qu'une seule longueur d'onde par fibre optique, la technologie WDM (Wavelength Division Multiplexing) met en œuvre un multiplexage de longueurs d'onde. L'idée est d'injecter simultanément dans une fibre optique plusieurs trains de signaux numériques sur des longueurs d'ondes distinctes.

La fibre optique se prête bien à ce type d'usage car sa bande passante est très élevée : de l'ordre de 25 000 GHz. Elle présente donc un fort potentiel au multiplexage de très nombreux canaux sur de longues distances.

La norme ITU-T G692 définit la plage de longueurs d'ondes dans la fenêtre de transmission de 1530 à 1565 nm. L'espacement normalisé entre deux longueurs d'ondes est de 1,6 ou 0,8 nm. La fibre optique utilisée est de type monomode. La technologie WDM est dite DWDM (*Dense Wavelength Division Multiplexing*) lorsque l'espacement utilisé est égal ou inférieur à 0,8 nm ou lorsque plus de 16 canaux sont utilisés.