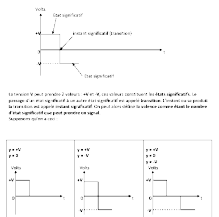
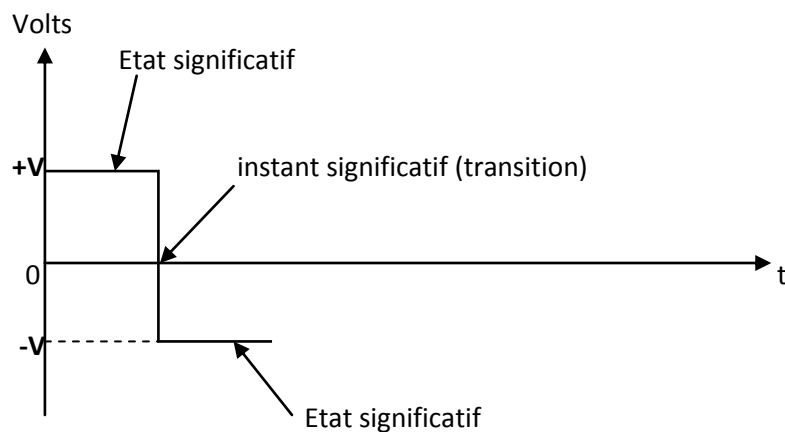


Chapitre1 : LES ETATS SIGNIFICATIFS

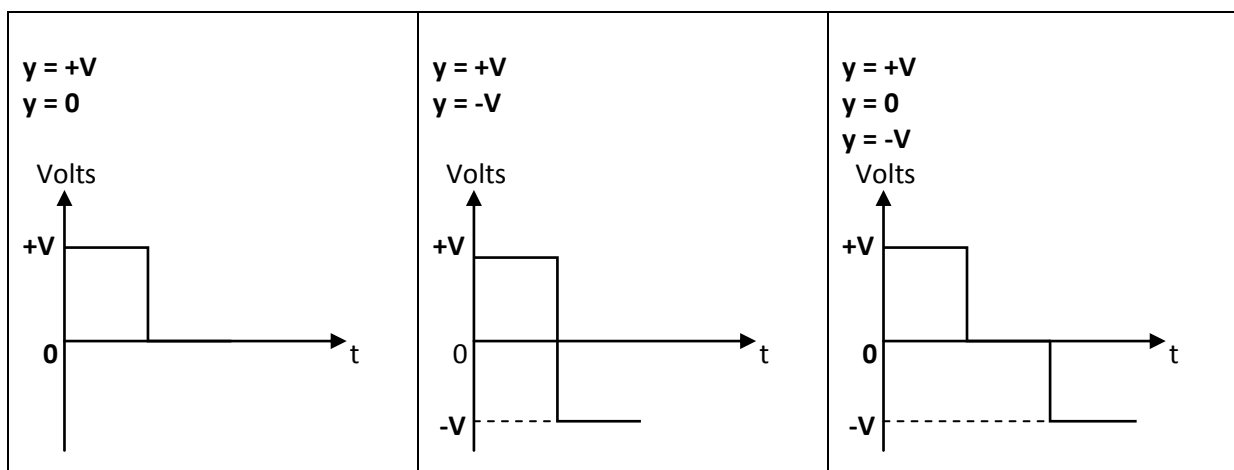
INSTANTS SIGNIFICATIFS

TRANSITION



La tension V peut prendre 2 valeurs : $+V$ et $-V$, ces valeurs constituent les **états significatifs**. Le passage d'un état significatif à un autre état significatif est appelé **transition**. L'instant où se produit la transition est appelé **instant significatif**. On peut alors définir la **valence** comme étant le nombre d'état significatif que peut prendre un signal.

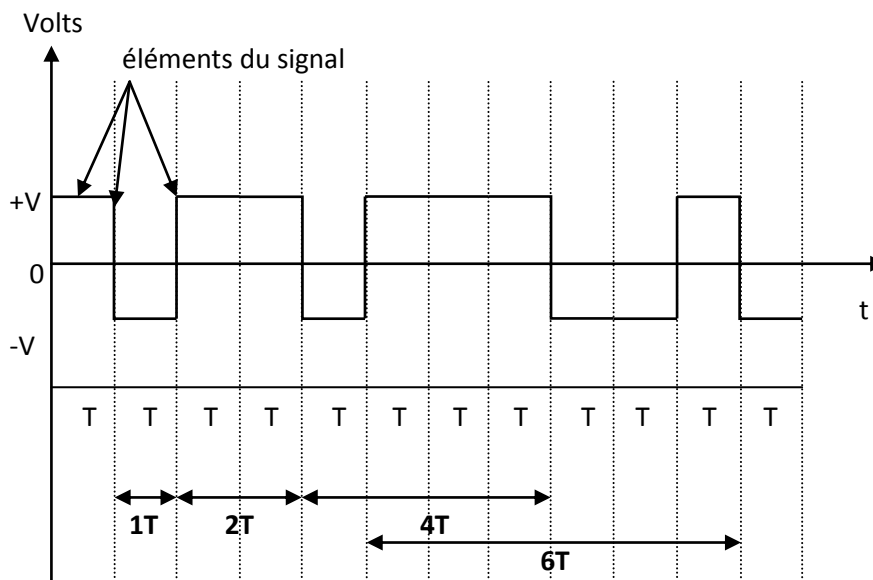
Supposons qu'on a ceci :



a-Bivalent	b-Bivalent	c-Trivalent
------------	------------	-------------

Si on considère la transmission du signal, la distribution dans le temps des transitions nous amène à distinguer deux types de transmission :

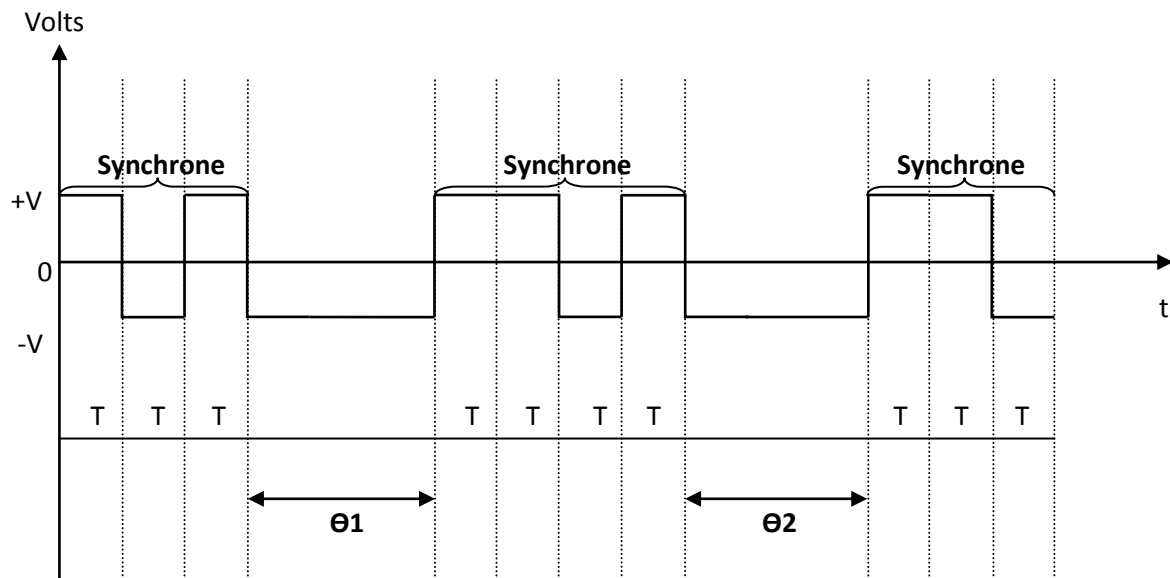
- La transmission synchrone ou isochrone.
- La transmission asynchrone ou arythmique.



Si le temps qui sépare deux instants significatifs ou deux transitions quelconques est un multiple entier d'un même intervalle de temps **T**, alors cette transmission est appelée **transmission synchrone**. **T** est appelé **intervalle élémentaire** et l'élément qui produit la base de temps utilisé pour assurer cette fonction est appelé **horloge** ou **générateur de rythme**. Ce signal d'horloge a une fréquence qui est égale à :

$$F_H = 1/T$$

avec **F** exprimé en **hertz(Hz)** et **T** en **seconde**



Une **transmission asynchrone** est constituée par une **succession de train de transmission synchrone** séparé par des intervalles de temps quelconques.

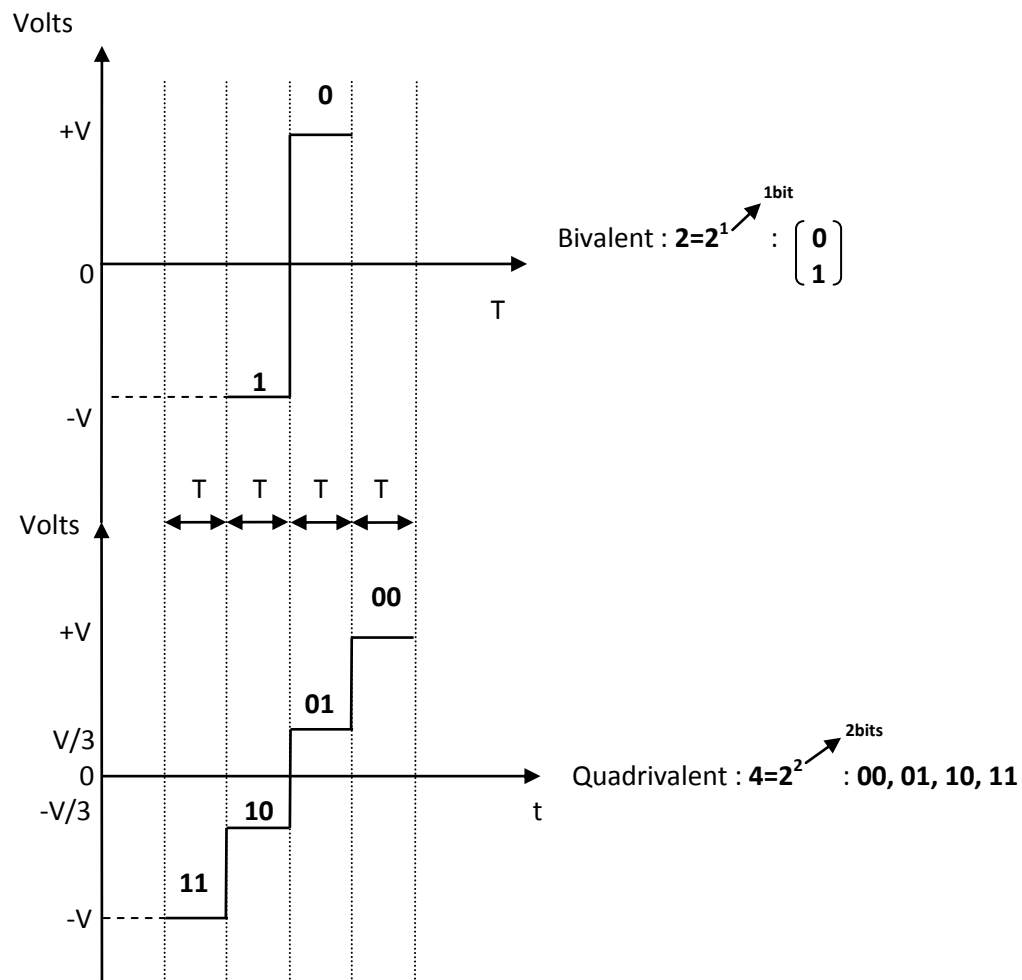
Une transmission synchrone ou asynchrone est caractérisée par sa **rapidité de modulation**. Cette grandeur est fondamentale pour déterminer la **largeur de la bande des fréquences à transmettre en ligne**.

Par définition la rapidité de modulation est l'inverse de l'intervalle élémentaire **T**

$$R = 1/T$$

avec **R** exprimé en **Baud(Bd)** et **T** en **seconde**

La rapidité de modulation donne la **cadence de succession** des éléments du signal



On peut définir le **débit binaire** comme étant le **nombre de bits transmis par seconde** dans un intervalle de temps **T**

Signal bivalent :

$$D = 1/T$$

avec **D** exprimé en **bit/s** et **T** en **seconde**

$$D = 1/T = R$$

Signal quadrivalent :

$$D = 2/T$$

$$D = 2/T = 2 \cdot 1/T = 2R$$

Si **n** est la valence du signal et si les **n états significatifs** sont **équiprobables** alors la théorie montre que le **débit binaire et la rapidité de modulation** sont liés par une relation très simple mais que ces deux notions sont de **nature très différente**, c'est-à-dire :

$$D = R \log_2 n$$

ex : Si **n=2** $D = R \log_2 2 = R$

Si **n=4** $D = R \log_2 2^2 = 2R \log_2 2 = 2R$

Si **n=8** $D = R \log_2 2^3 = 3R \log_2 2 = 3R$

BANDE PASSANTE ET CAPACITE :

Un signal passant dans un filtre de bande passante **H** peut être reconstruit en faisant exactement **2H échantillons/seconde**. Dans un environnement sans bruit le débit maximal dépend uniquement de la bande passante du signal. Ainsi, un signal binaire s'obtient à l'aide de la formule suivante :

$$\text{Débitmax} = 2H_{\text{ech/sec}}$$

avec **Débitmax** exprimé en **bit/s**

Si le signal a **V** niveaux discrets alors :

$$\text{Débitmax} = 2H \log_2 V_{(\text{bit/s})}$$

Donc on peut définir la bande passante comme étant l'intervalle de fréquence sur lequel le signal ne subit pas d'affaiblissement supérieur à **50%** car **50%** correspond à **3 décibels**

La capacité d'une voix est la quantité d'information transmise sur la voix en **1 seconde** et d'après le théorème de Shannon, cette capacité est calculée comme suit :

$$C = W \log_2 (1 + S/B)$$

Avec **C** exprimé en **bit/s**, **W** la largeur de bande en **HZ** et **S/B** le rapport du signal sur le bruit, ce rapport n'est pas donné tel quel car il est exprimé en **décibel**

$$S/B \text{ (db)} = 10 \log_{10} (S/B)$$

ex : 1- Pour un signal binaire de 3khz quel serait le débit maximal sur un canal sans bruit ?

2- Les canaux de télévision ont une largeur de 6 mhz. Combien de bit par seconde peuvent être envoyés si on utilise des signaux numériques à 4 niveaux. On rappelle que le canal est sans bruit.

3- Si un signal binaire est envoyé dans un canal à 3khz dont le rapport du signal sur le bruit est de 3 décibels. Quel peut être le débit maximum de ce canal?

4- A quoi correspondent en grandeur réel les rapports 10dB, 3dB, 40dB et 37dB

1- $D_{\max} (\text{bit/s}) = 2H = 2 \cdot 3000 = 6000 \text{ bit/s}$

2- $D_{\max} = 2H \log_2 V$
 $2 \cdot 6 \cdot 10^6 \cdot \log_2 4 = 2 \cdot 6 \cdot 10^6 \cdot \log_2 2^2 = 4 \cdot 6 \cdot 10^6 = 24 \text{ mhz/s}$

3- $C = W \log_2 (1 + S/B)$
 $C = 3000 \log_2 (1 + S/B)$

$$\begin{aligned} X(\text{db}) &= 10 \log_{10} (S/B) \\ X/10 &= \log_{10} (S/B) \\ 0,1X &= \log_{10} (S/B) \\ 10^{0,1X} &= 10^{\log_{10} (S/B)} = S/B \\ 10^{0,3} &= S/B = 1,99 \approx 2 \end{aligned}$$

$$C = 3000 \log_2 (1 + 2)$$

Chapitre2 : CLASSIFICATION DES SIGNAUX

Du point de vu information, les signaux peuvent êtres divisés en deux catégories :

- Les signaux déterminés ou définis.
- Les signaux aléatoires.

Un signal est dit défini si sa valeur instantanée peut être prédite avec une probabilité égale à **1**.

ex : Les impulsions ou les paquets d'impulsion dont la forme, l'amplitude et la position dans le temps sont connus.

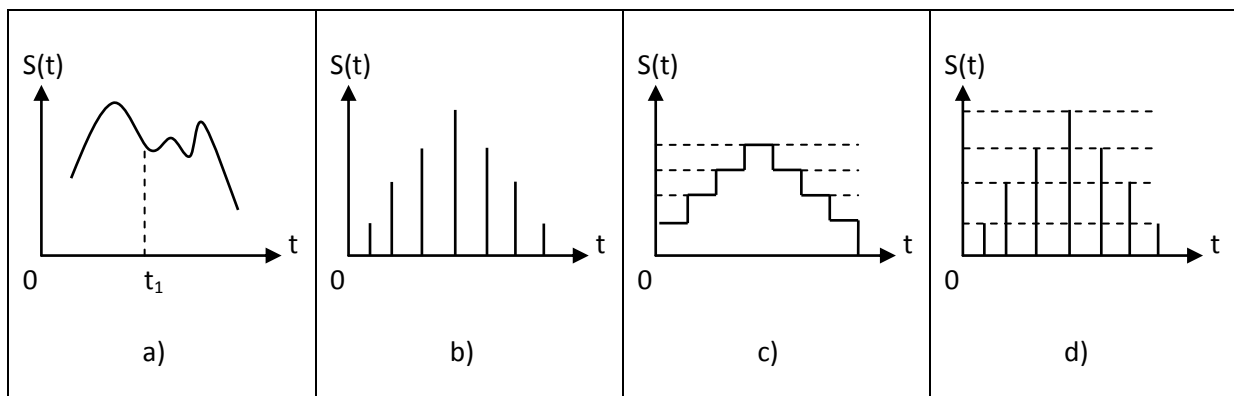
Un signal est aléatoire si les valeurs de départ sont inconnues et ne peuvent êtres prédites seulement qu'avec une certaine probabilité inférieure à **1**.

ex : La tension électrique correspondant à la parole, à la musique, ...

A part ces signaux utiles, dans la théorie et dans la pratique nous avant à faire à des bruits aléatoires. Le niveau de bruit constitue le facteur fondamental limitant la vitesse de transmission de l'information, c'est pourquoi l'étude des signaux aléatoires est inséparable de l'étude des bruits.

Ainsi les signaux peuvent êtres divisés en classe :

- a- Aléatoire en grandeur et continu dans le temps
- b- Aléatoire en grandeur et discontinu dans le temps.
- c- Quantifié en grandeur et continu dans le temps.
- d- Quantifié en grandeur et discontinu dans le temps



Les signaux de la **figure a** sont appelés **signaux analogiques**, tan disque ceux de la **figure b** sont appelés **signaux discontinus** ou **discret**.

Le signal de la **figure c** ne peut avoir que des valeurs discontinues, dans de tel cas, on dit que le signal est **quantifié en niveau** ou **quantification**.

Un signal discontinu dans le temps et quantifié en niveau est appelé **signal numérique (figure d)**.

I-L'ANALYSE HARMONIQUE DES SIGNAUX PERIODIQUES :

Le développement de Fourier d'un signal **S(t)** en une fonction trigonométrique nous donne les coefficients suivants :

1, cosw₁t, sinw₁t, cos2w₁t, sin2w₁t, ... cosnw₁t, sinnw₁t...

Ou bien **$e^{-2iw_1 t}, e^{-iw_1 t}, e^{iw_1 t}, e^{2iw_1 t}$**

Si nous utilisons le système orthogonal nous obtenons :

$$S(t) = \dots C_{-2}e^{-2iw_1 t} + C_{-1}e^{-iw_1 t} + C_0 + C_1e^{iw_1 t} + c_2e^{2iw_1 t} + \dots$$

L'ensemble des coefficients **C_n** dans la base des fonctions trigonométriques est appelé **spectre des fréquences du signal périodique**. C'est pourquoi il est nécessaire d'écrire cette fonction **S(t)** sous la forme suivante :

$$S(t) = C_0 + \sum_{n=1}^{\infty} 2|C_n| \cos(nw_1 t + \Theta_n)$$

ou

$$S(t) = C_0 + \sum_{-\infty}^{\infty} |C_n| e^{i(nw_1 t + \Theta_n)}$$

Souvent cette expression en mathématiques ou en technique est écrite sous la forme suivante :

$$\begin{aligned}
 S(t) &= a_0/2 + \sum_{n=1}^{\infty} (a_n \cos n\omega_1 t + b_n \sin n\omega_1 t) \\
 &= a_0/2 + \sum_{n=1}^{\infty} A_n \cos(n\omega_1 t + \Theta_n)
 \end{aligned}$$

$$A_n = 2 |C_n|$$

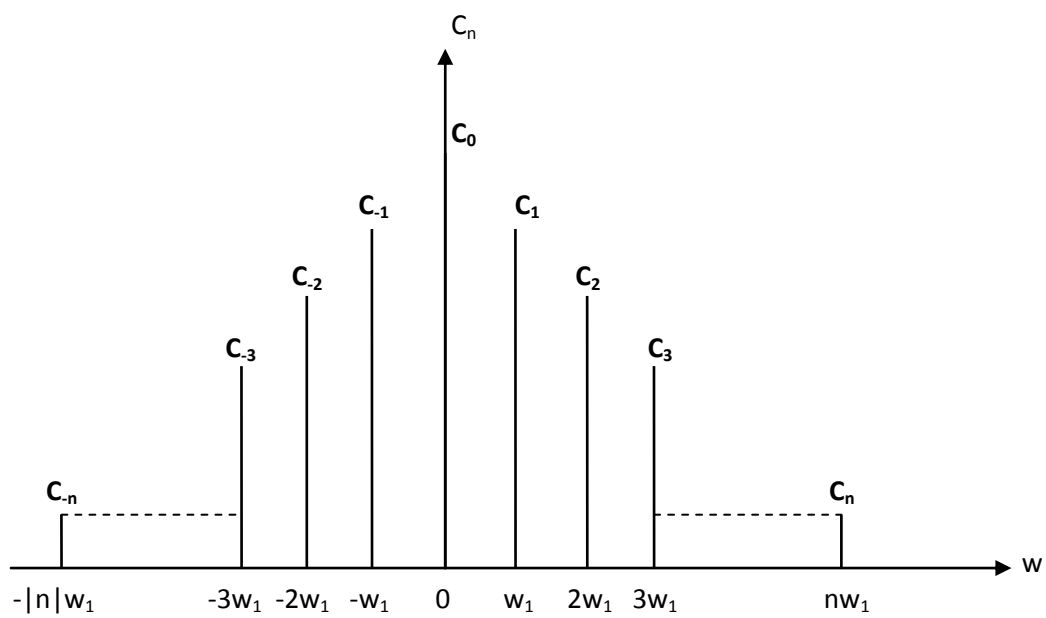
$$a_n = 2 |C_{nc}|$$

$$b_n = 2 |C_{ns}|$$

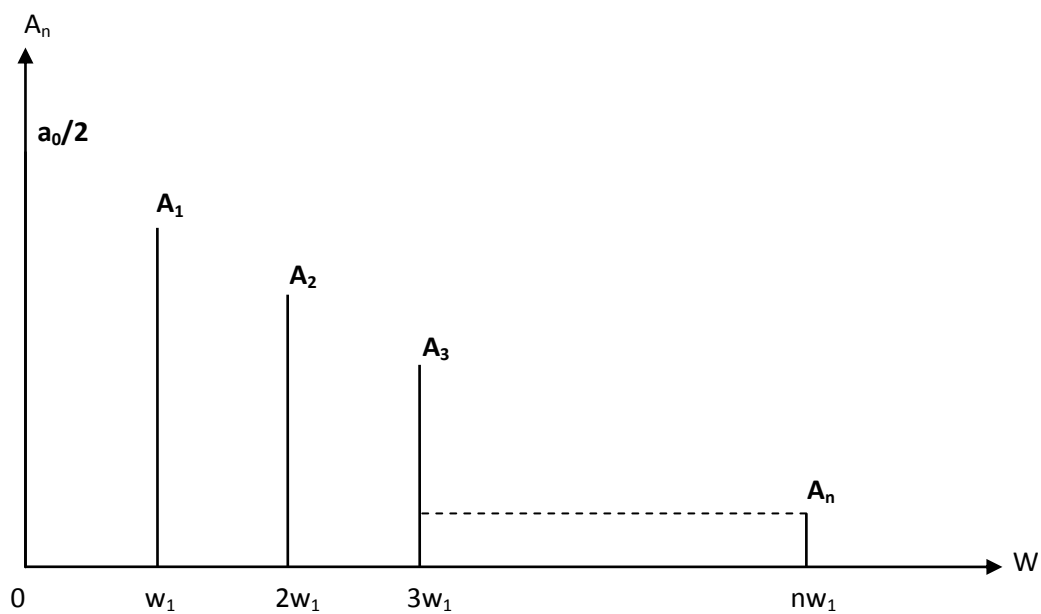
On utilisant les fonctions inverses on peut calculer les valeurs de A_n avec l'expression suivante :

$$a_n = 2/T \int_{-T/2}^{T/2} S(t) \cos n\omega_1 t dt ; \quad C_{nc} = 1/T \int_{-T/2}^{T/2} S(t) \cos n\omega_1 t dt$$

$$b_n = 2/T \int_{-T/2}^{T/2} S(t) \sin n\omega_1 t dt ; \quad C_{ns} = 1/T \int_{-T/2}^{T/2} S(t) \sin n\omega_1 t dt$$



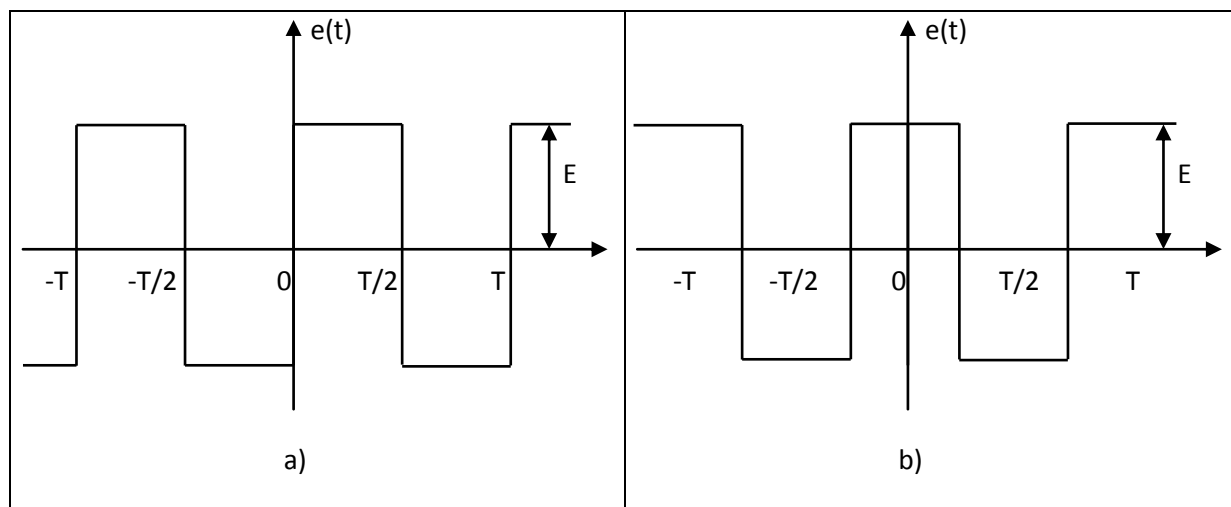
Spectre des fréquences



Spectre des amplitudes

II-LES SPECTRES DES SIGNAUX PERIODIQUES :

Soit les figures **a** et **b** suivantes :



De telle oscillation souvent appelé méandres trouvent une large application dans la technique de mesure. Ainsi, en choisissant l'origine du temps au point **0** on constate que la fonction **a** est impaire et la fonction **b** paire.

$$C_{nc} = 0$$

$$C_{ns} = \frac{1}{T} \int_{-T/2}^{T/2} e(t) \sin n\omega_1 t dt$$

$$= \frac{1}{T} \int_{-T/2}^0 (-E) \sin n\omega_1 t dt + \frac{1}{T} \int_0^{T/2} E \sin n\omega_1 t dt = \frac{2E}{Tn\omega_1} [1 - \cos(n\omega_1 T/2)]$$

$$\omega = 2\pi/T \rightarrow \omega T = 2\pi$$

$$C_{ns} = \frac{2E}{2\pi n} [1 - \cos(2\pi n/2)]$$

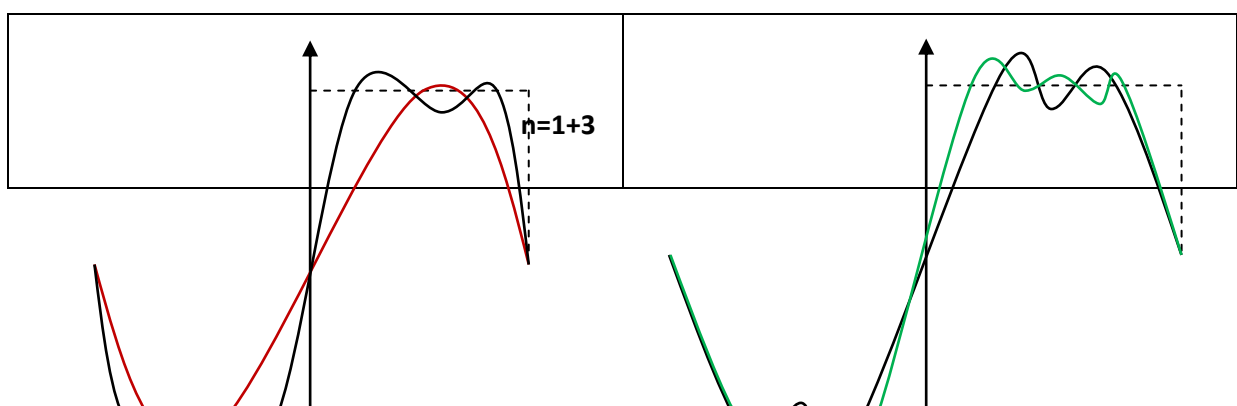
$$C_{ns} = \frac{E}{\pi n} [1 - \cos \pi n] = \begin{cases} 0 & \text{si } n = 0, 2, 4, \dots \\ 2E/n\pi & \text{si } n = 1, 3, 5, 7, \dots \end{cases}$$

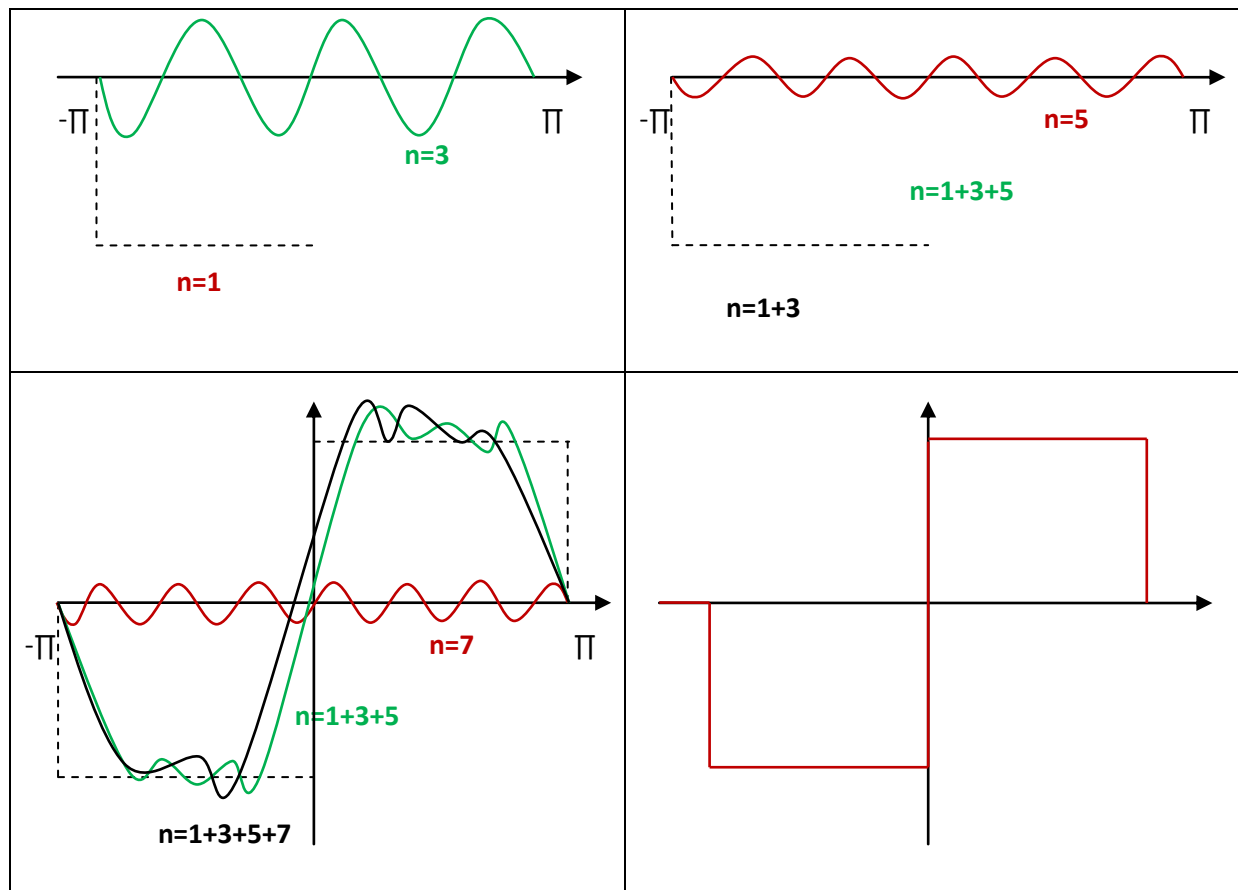
$$e(t) = \sum_n^{\infty} 2|C_n| \cos(n\omega_1 t + \Theta_n)$$

$$e(t) = \sum_{n=1}^{\infty} 2|C_{ns}| \cos(n\omega_1 t - \pi/2)$$

$$= \sum 4E/\pi n (\cos(n\omega_1 t - \pi/2))$$

$$e(t) = \frac{4E}{\pi} (\sin \omega_1 t + \frac{1}{3} \sin 3\omega_1 t + \frac{1}{5} \sin 5\omega_1 t + \frac{1}{7} \sin 7\omega_1 t + \dots)$$





Chapitre3 : LA MODULATION PAR IMPULSION ET CODAGE

Le MIC fait correspondre un signal analogique à un signal numérique. La mise sous forme numérique d'un signal analogique se fait en trois opérations essentielles :

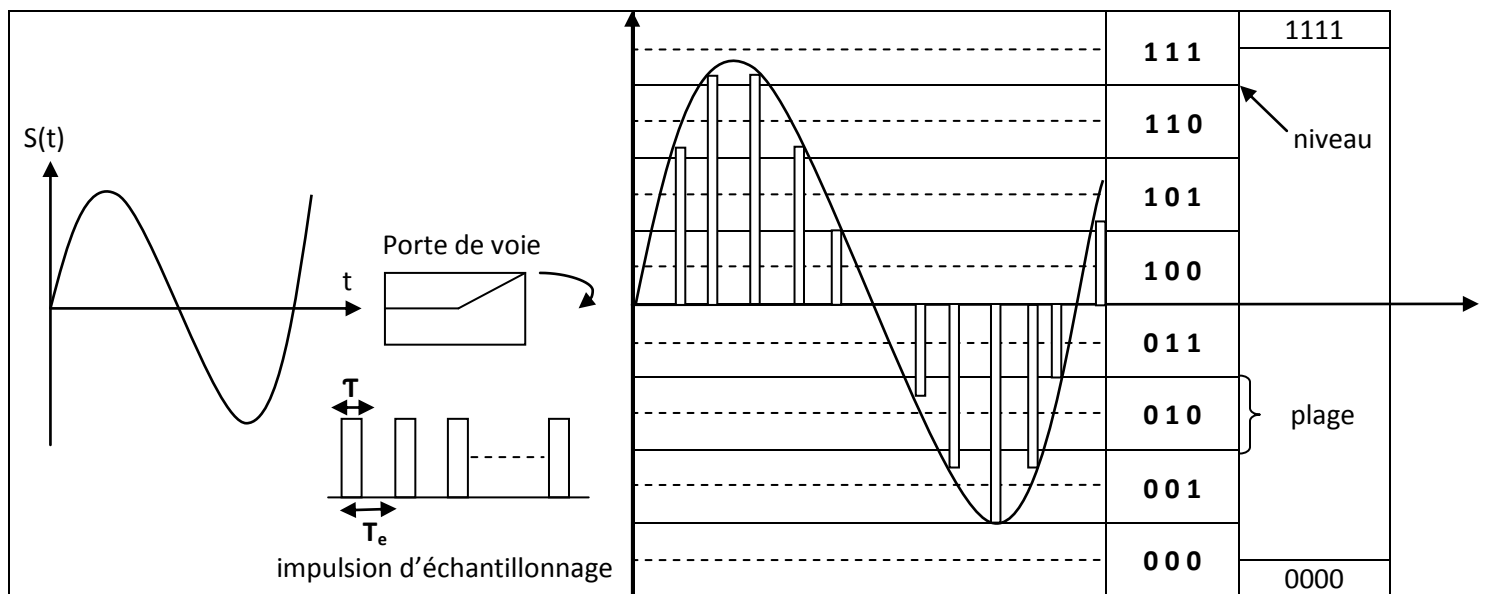
- L'échantillonnage
- La quantification
- Le codage

I-ECHANTILLONNAGE :

L'échantillonnage consiste à ne garder du signal que des valeurs instantanées prise à des intervalles réguliers et définies par le théorème de Shannon-Kotelnikov.

L'échantillonnage d'une voie téléphonique est réalisée par une porte de voie qui s'ouvre aux instants T_e et reste fermée pendant une durée de T . En sortie de la porte d'échantillonnage nous obtenons des échantillons de même durée T dont les amplitudes ont les valeurs du signal au moment de la

fermeture de la porte de voie. La suite des échantillons est une modulation d'impulsion en amplitude.



$8 = 2^3$: 3 éléments binaires

101	110	110	101	100	011	010	001	010	011	100
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

101110110101100011010001010011100

II-QUANTIFICATION ET CODAGE :

Le signal obtenu après échantillonnage est constitué d'une suite d'impulsion fine modulé en amplitude. Ces impulsions sont très sensibles aux distorsions d'amplitude, de fréquence et de temps de propagation. Donc on ne transmet pas l'impulsion elle-même mais un mot binaire représentatif de sa mesure. On dit alors qu'on code l'impulsion modulé en amplitude.

La quantification consiste à associer la même mesure à toutes les impulsions dont les amplitudes se situent dans une même plage. Cette mesure peut être celle d'un niveau particulier de la plage, c'est-à-dire soit le niveau supérieur, soit le niveau inférieur ou soit le niveau moitié. En général, la quantification se fait par défaut et fait correspondre l'amplitude d'un échantillon à l'amplitude de l'étalon immédiatement inférieur.

Le signal une fois quantifié est différent du signal avant quantification. La distorsion introduite par cet écart se traduit par un bruit appelé erreur de quantification. Pour diminuer cette erreur, il faut diminuer l'intervalle entre deux niveaux consécutifs. Dans l'exemple précédent, la mesure est faite avec une échelle comportant **8 niveaux**, c'est-à-dire $8 = 2^3$. Il faudra donc **3 éléments binaires** pour transmettre le résultat de la mesure. La suite d'échantillon donnerait après mesure une suite binaire appelée codage.

Chapitre4 : LES SUPPORTS DE TRANSMISSION

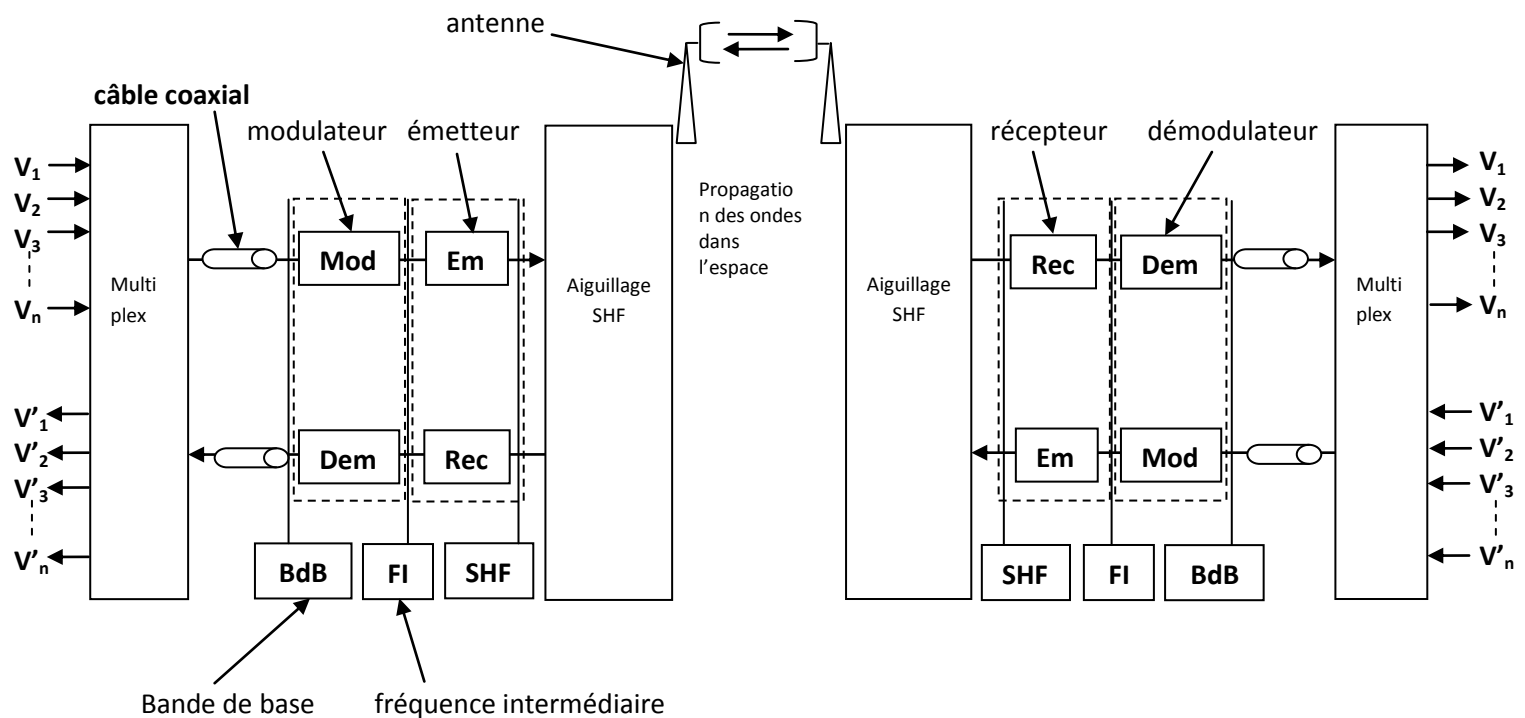
Il existe différent type de support utilisé dans la transmission, c'est-à-dire :

- Le faisceau hertzien
- Le câble métallique
- Le câble optique

I-LE FAISCEAU HERTZIEN : FH

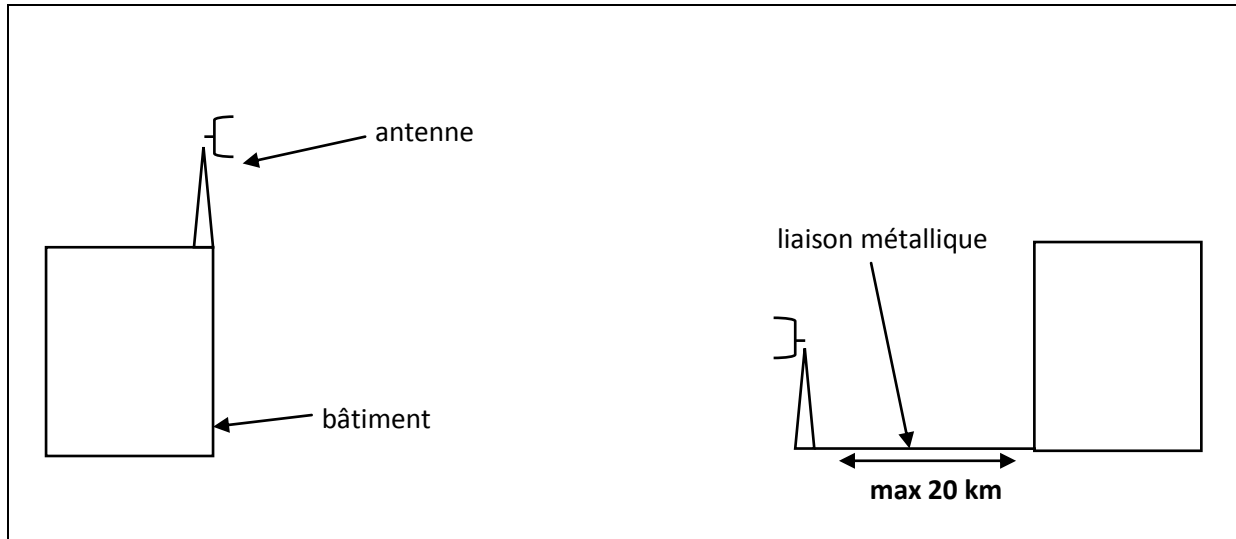
Le FH constitue un support de transmission utilisant un procédé radioélectrique. Contrairement à la radio diffusion ou l'on se propose d'arroser une région la plus vaste possible, il s'agit là d'établir comme avec une paire métallique une liaison point à point. C'est l'utilisation de fréquence très élevée, c'est-à-dire de courte longueur d'onde encor appelé micro-onde qui permet d'obtenir des liaisons stables et des capacités de plus en plus élevés.

L'acheminement d'un multiplexe téléphonique par FH peut être schématisé comme suit :



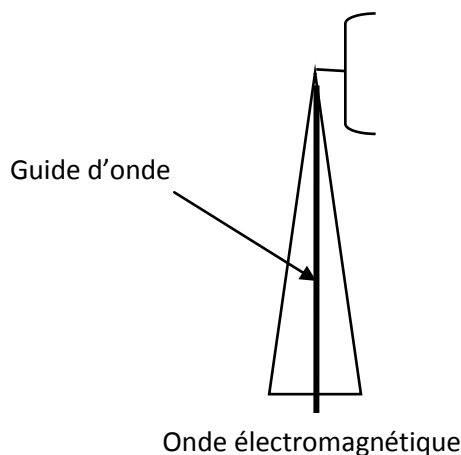
Faisceau hertzien

Pour simplifier, il est supposé que la distance entre les deux antennes à relier ne nécessite qu'un seul bond entre les deux antennes. Ces équipements peuvent être implantés dans le même bâtiment que les équipements spécifiques des faisceaux hertziens. Ils peuvent être également éloignés de plusieurs kilomètres (environ 20 km) et il convient dans ce cas d'assurer une liaison métallique entre les équipements hertziens et les équipements de multiplexage.



La bande de fréquence délivrée aux équipements hertziens ou restitué par ces mêmes équipement est appelé **bande de base (BdB)**. Cette bande de base module une onde porteuse dont la fréquence de l'onde est de **70mhz** et qui est appelé **fréquence intermédiaire** ou **FI**, et ainsi il fait correspondre une onde porteuse dont la fréquence est de plusieurs ghz, c'est-à-dire **2, 4, 6, 6,50, 5, 8 et 11 ghz**. Ces ondes sont très bien adaptées à la transmission radioélectrique point à point dans le milieu aérien et appartiennent au domaine des **hyper fréquence SHF**.

L'émission et la réception sont assurés par la même antenne qui est une surface rayonnant qui peut être soit un paraboloïde soit une hyperboloïde, et l'ensemble de la liaison entre l'émetteur et le récepteur est assuré par une ligne de transmission capable de guider les ondes et qui est appelé guide d'onde. Le guide d'onde se présente sous la forme d'un tuyau à section rectangulaire, carré, ou elliptique et dont les dimensions dépendent de la longueur d'onde utilisée.



Dans les régions montagneux tout comme dans le sol dur ou marécageux, l'enfoncer des câbles. Nous désignons alors par faisceau hertzien un système de transmission qui utilise des ondes radioélectriques de fréquence élevé appelé micro-onde pour établir une liaison entre un émetteur et un récepteur dont lest fréquences varient en question de 250mhz à 30 ghz car dans cette bande de fréquence les informations peuvent êtres transmises en ligne droite et à l'air libre entre généralement deux points fixes.

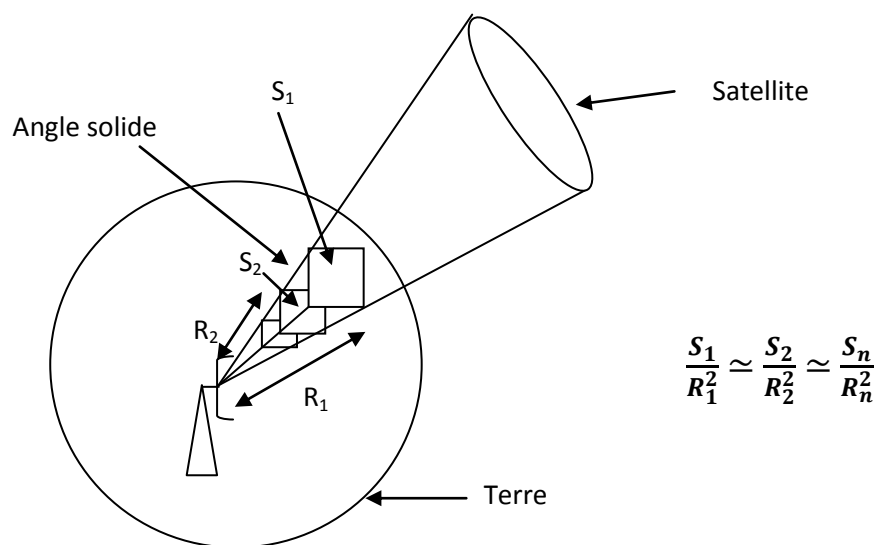
Nous distinguons deux type de faisceau hertzien : les analogiques et les numériques, et selon la bande de fréquence attribuée ou faisceau hertzien ceci donne lieu à trois types d'ondes :

- Les ondes métriques qui se situent dans la bande de 70 à 80 mhz.
- Les ondes décimétriques qui vont de 400 à 470 mhz.
- Les ondes centimétriques allant de 1700 à 2300 mhz.

Les ondes métriques et décimétrique sont très étroites et ne sont utilisés que pour transmettre sur des liaisons de faible capacité, tandis que les ondes centimétriques fournissent des largeurs de bandes nécessaires au multiplexage des voies téléphoniques de moyenne et grande capacité destinés à la transmission d'image de télévision. Donc, la plus part des faisceaux hertziens fonctionne à plus de 1,7 GHz.

QUELQUES DEFINITIONS :

1)GAIN :



C'est le rapport entre la puissance qu'il faut fournir à une antenne de référence (antenne isotrope) et celle qu'il suffit de fournir à l'antenne considérée pour produire la même intensité de rayonnement dans une direction donnée par unité d'angle solide.

Le gain absolu dans la direction du rayonnement maximum se trouve dans l'axe électromagnétique de l'antenne.

$$G_{\max} = \left(\frac{4\pi}{\lambda^2} \right) A_{\text{eff}}$$

Surface équivalente de l'antenne

Si l'antenne présente une grande ouverture perpendiculaire à la direction de propagation, alors

$$A_{\text{eff}} = \eta A$$

Nu est appelé coefficient d'efficacité de l'antenne ou facteur de rendement. Si l'antenne est idéale alors

$$\eta = 1 \Rightarrow A_{eff} = A$$

Si l'antenne est parabolique alors

$$0,55 > n > 0,7$$

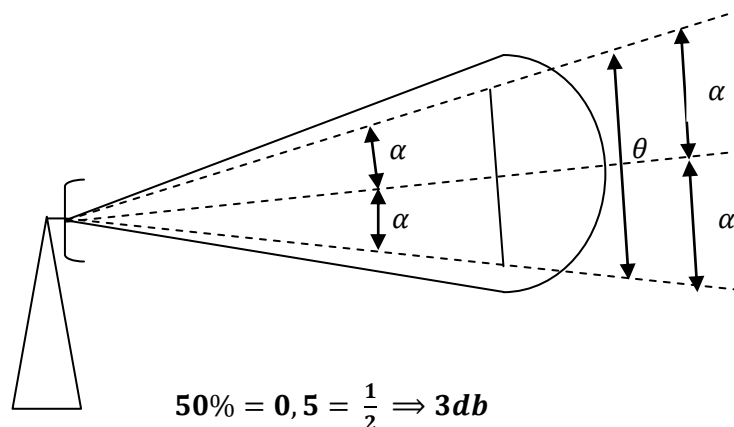
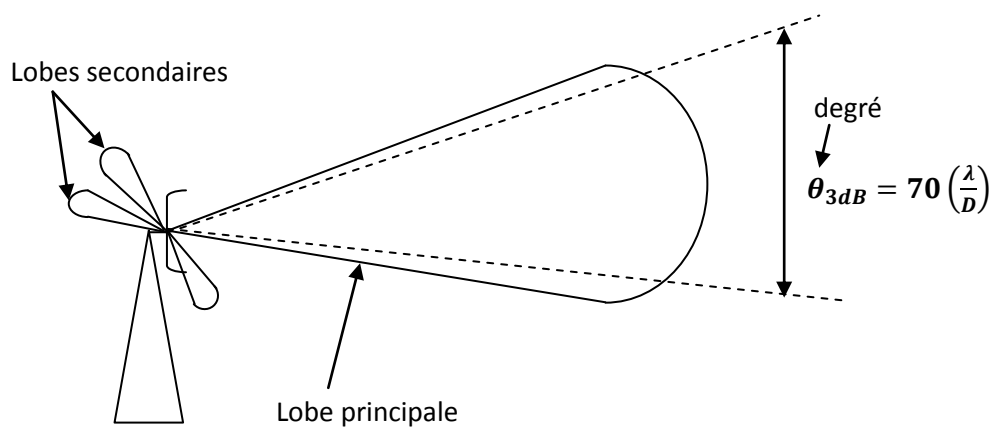
Si l'antenne est active alors

$$n \simeq 0,9$$

Si l'antenne est circulaire ou parabolique de diamètre **D** alors

$$A = \frac{\pi D^2}{4}$$

2)DIAGRAMME DE RAYONNEMENT :



L'angle d'ouverture de faisceau à mi-puissance est de **50%**, ce qui correspond à **-3db** de la puissance maximale. On pratique, on ne tolère que **0,5db** de perte de puissance, ce qui correspond à **12%**.

Si $D \nearrow \Rightarrow \theta_{3db} \Rightarrow$ poursuite obligatoire

$$\text{Si } f \nearrow (\lambda \searrow) \Rightarrow \theta_{3db} \searrow \Rightarrow G_{max} \nearrow$$

3) DENSITE DE PUISSANCE :

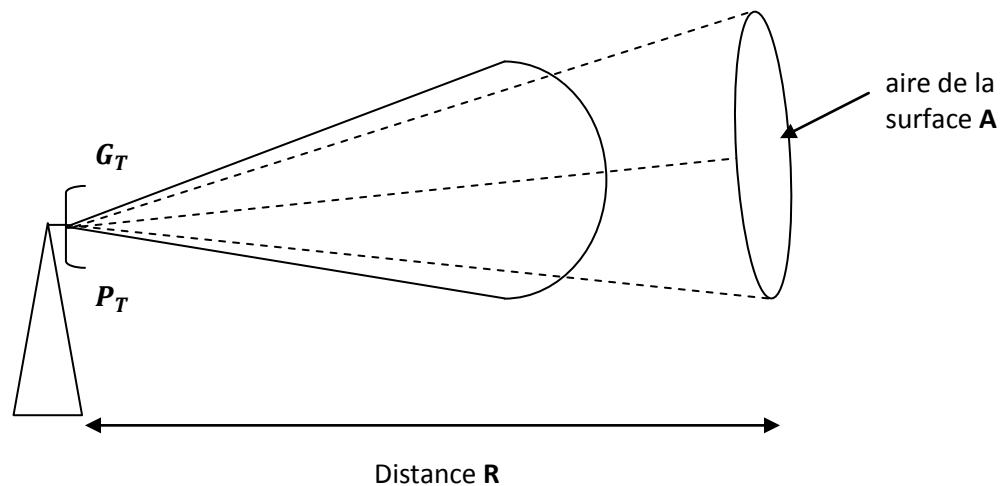
C'est l'expression de l'énergie disponible en réception en un point de l'espace. Si l'antenne est isotrope, la puissance rayonnée par unité d'angle solide est :

$$\frac{P_T}{4\pi}$$

P_T puissance disponible à la sortie de l'antenne

Dans se cas $G_T = 1$ avec G_T : gain

Supposons qu'on ait ceci :



La puissance rayonnée par unité d'angle solide est égale à :

$$\frac{P_T \cdot G_T}{4\pi}$$

La puissance reçue par la surface **A** est :

$$P_R = \frac{P_T \cdot G_T}{4\pi} * \text{angle solide}$$

Nous savons que l'angle solide est égale à :

$$\frac{A}{R^2}$$

$$P_R = \frac{P_T \cdot G_T}{4\pi} * \frac{A}{R^2}$$

$$= \frac{P_T \cdot G_T}{4\pi R^2} * A = \phi \cdot A \quad \text{avec } \phi \text{ exprimé en } W/m^2$$

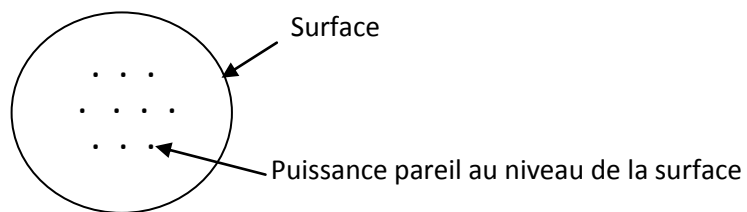
ϕ est appelé densité de puissance. C'est l'énergie disponible en réception en un point de l'espace.

$$\phi = \frac{PIRE}{4\pi R^2}$$

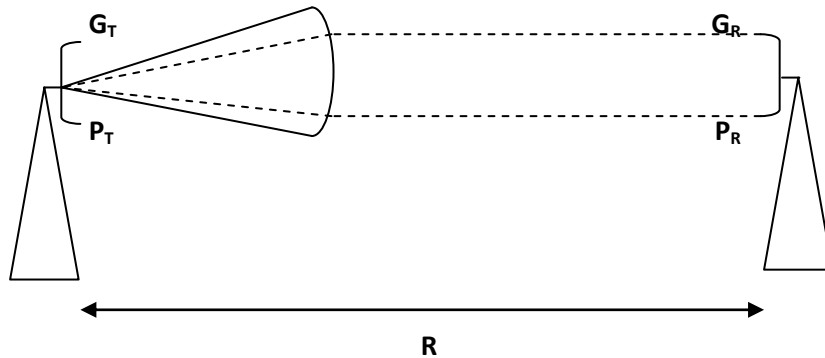
PIRE : Puissance Isotrope Rayonnée Equivalente

$$PIRE = P_T \cdot G_T$$

Puissance isotrope :



Antenne de réception :



$$G = \frac{4\pi}{\lambda^2} A$$

$$A = \frac{G_R \lambda^2}{4\pi}$$

$$P_R = \frac{P_T G_T}{4\pi R^2} A$$

$$P_R = \frac{P_T G_T}{4\pi R^2} * \frac{G_R \lambda^2}{4\pi}$$

$$P_R = \frac{P_T G_T G_R \lambda^2}{(4\pi R)^2} = \frac{P_T G_T G_R}{\left(\frac{4\pi R}{\lambda}\right)^2} = \frac{P_T G_T G_R}{L}$$

$$P_R = \frac{P_T G_T G_R}{L}$$

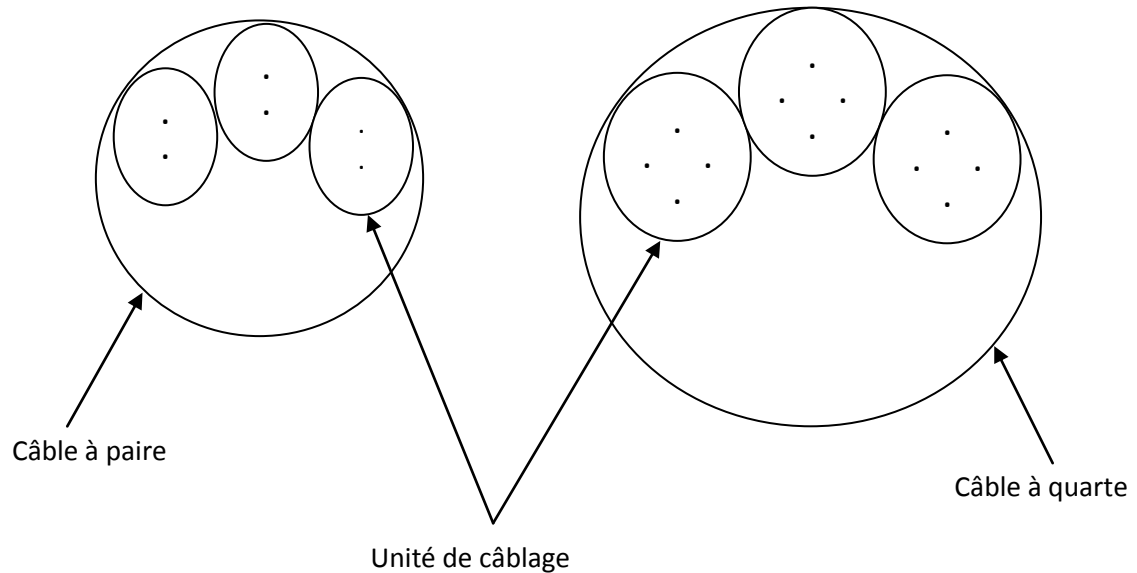
Ensemble des pertes dues à l'atmosphère, à la pluie, à l'ionosphère, à la température, au nuage, ...

II-LE CABLE METALLIQUE :

Les câbles sont utilisés dans le transport des informations. Il en existe plusieurs type et le transmettant choisit le support le mieux adapté à la technique du système utilisé. Les conducteurs sont généralement en cuivre, mais pour des raisons économiques, on choisit de plus en plus l'aluminium. Il existe différent type de câbles parmi lesquels nous avons :

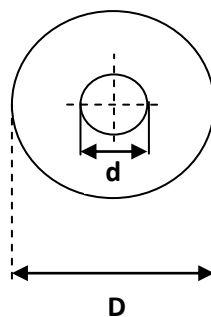
- Les câbles d'abonnés qui sont exploités en audio fréquence et dont l'unité de câblage est la paire.
- Les câbles à paires symétriques qui sont exploités en haute fréquence et dont l'unité de câblage est la quarté.
- Les câbles à paires coaxiales qui sont exploité en très haute fréquence.

Il existe ainsi de nombreux type de câble qui diffèrent entre eux par leur capacité, par les matériaux utilisés et par le diamètre de conducteur. L'isolant utilisé peut être du papier ou du plastique. Les paires sont groupées par torons de 7 et sont repérées par des couleurs. Le quarté étant obtenu en torsadant les 4 files du quarté. La quarté à paire combinable est obtenues en torsadant deux paires elles mêmes torsadées. Ces deux types de quarté ont des propriétés diélectriques différentes



Les câbles à paire coaxiale sont constitués d'un conducteur central et d'un conducteur cylindrique. Les paires coaxiales sont caractérisées par les diamètres d'un conducteur. Plusieurs diamètres sont utilisés, et le rapport des diamètres D/d est constant et égale à **3,6**

$D/d = 3,6$.



d(mm)	D(mm)
1,2	4,4
2,6	9,5
2,8	10,2
3,7	13,5
5	18

Cette paire de câble se conduit comme un guide d'onde et la plus grande partie de l'énergie du signal se propage dans le diélectrique sous forme d'onde électromagnétique. Cette paire est utilisée en très haute fréquence et constitue le support le mieux adapté au système analogique et numérique de grande capacité.

Les câbles coaxiaux peuvent comporter un nombre important de paires et sont destinées à l'établissement de grande acteur téléphonique afin d'écouler un fort trafique.

III-LE CLABLE OPTIQUE :

Les câbles optiques sont utilisés dans la transmission des signaux à l'aide d'oscillation électromagnétique d'onde à diapason optique. Les diapasons les plus utilisés sont ceux qui se trouvent à coté des ondes infrarouge et correspondant aux longueurs d'onde :

$\lambda = 0,8 \dots 1,6 \mu m$ ou à une fréquence

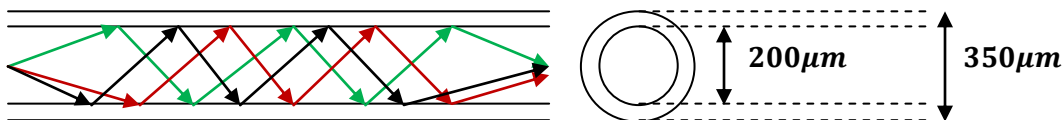
$f = 187 \dots 375 THz$ **1 téra** = 10^{12}

Les câbles optiques ont des propriétés très importantes, c'est-à-dire : une grande protection et un coefficient d'atténuation de 0,5 jusqu'à 5dB/km et grâce à ces conducteurs de lumière, la vitesse de transmission peut atteindre 100Gb/s, ce qui dépasse de loin les possibilités des liaisons déjà connues. La fibre est composée d'une tige cylindrique et d'une couche appelée enveloppe.

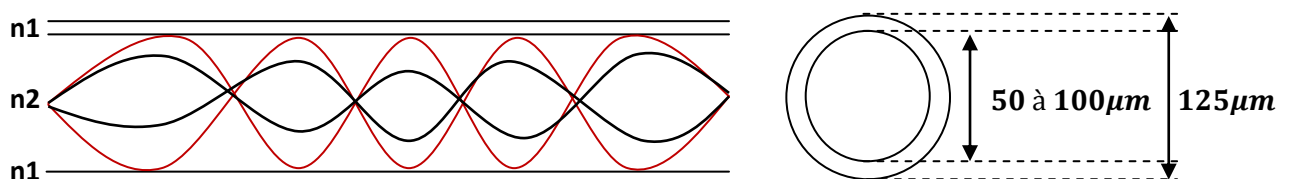
Pour une fréquence donnée, un nombre limité de modification des ondes électromagnétiques peut se propager et c'est ce qu'on appelle des modes.

On distingue 3 types de fibre optique :

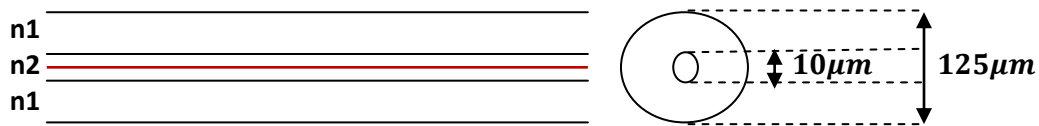
- La fibre monomode
- La fibre multi mode à saut d'indice
- La fibre multi mode à gradient d'indice



Fibre multimode à saut d'indice



Fibre multimode à gradient d'indice



n1 et **n2** : indices de réfraction

Le diamètre de la tige dépend légèrement de la différence des indices de réfraction

$$\Delta n = n1 - n2$$

c'est pourquoi dans le domaine technique

$$\Delta n = 0,003 \dots 0,03$$

Le minimum du coefficient d'atténuation $\alpha = 0,5db/km$ s'observe quand $\lambda = 1,55\mu m$

Les codes utilisés pour la transmission à travers la fibre se distinguent par des codes recommandés par l'UIT.

On distingue :

- Les codes à 2 phases appelé BIF(binaire inversion phase)
- Les codes CMI (code mark inversion)

Pour le premier les symboles **0** et **1** correspondent à **01** ou **00** et pour le second, le **0** correspondent à **01** et le **1** correspond à **11** ou **00**.

On remarque aussi le code Muller et le code **NRZ-L**. Pour le premier le **0** correspondent à **11** ou **00** et le **1** correspond à **10** ou **01**.

Les matériaux utilisés au niveau de la fibre son le verre, le silicium, le liquide et le plastique.

Dans le domaine de la télécommunication la fibre est utilisé au niveau de la téléphonie numérique, la transmission de données longue distance, dans la télévision, et dans la technologie numérique à haut débit.

Chapitre5 : LE CODAGE NUMERIQUE

DEFINITION D'UN CODE :

Un code est un ensemble de symboles utilisé pour représenter une information, c'est-à-dire un message, une idée, ... Le langage humain est un code utilisé pour exprimer une idée. Un code est aussi un ensemble de règles qui permettent de passer d'un système de symboles à un autre système sans changer l'information qu'il exprime. L'écriture permet de coder le langage qui est lui aussi un code exprimant une idée. Le décodage doit être parfaitement réciproque que possible. Il existe une infinité de codes pour exprimer la même information.

Lorsqu'une information quelconque est représentée à l'aide de **0** et de **1**, on dit qu'elle est codée en binaire. Il existe de nombreux codes parmi lesquels on distingue :

- Les codes pondérés
- Les codes non pondérés
- Les codes détecteurs d'erreurs

I-LES CODES PONDERES : vient du mot poids

Un code est dit pondéré lorsqu'à chaque élément binaire est associé un poids selon le rang de cet élément binaire.

ex : le code binaire pur.

Décimal	Binaire
0	000
1	001
2	010
3	011
4	100
5	101
6	110
7	111

Le code Aiken : ce code est utilisé dans les calculatrices, il est **auto complémenté à 9** par inversion des **1** et des **0**

Décimal	Aiken	
0	0000	
1	0001	
2	0010	
3	0011	
4	0100	
5	1011	100
6	1100	011
7	1101	010
8	1110	001
9	1111	000

II-LES CODES NON PONDERES :

Dans ces codes, il n'y a pas de poids affectés aux éléments binaires.

ex : Le code de GRAY : lorsqu'on passe d'un nombre au nombre suivant, un seul élément binaire change. C'est un code cyclique car il se referme sur lui-même. Ce code est utilisé dans les faisceaux hertzien numérique en modulation de phase.

Décimal	GRAY
0	0000
1	0001
2	0011
3	0010
4	0110
5	0111
6	0101
7	0100
8	1100
9	1101
10	1111
11	1110
12	1010
13	1011
14	1001
15	1000

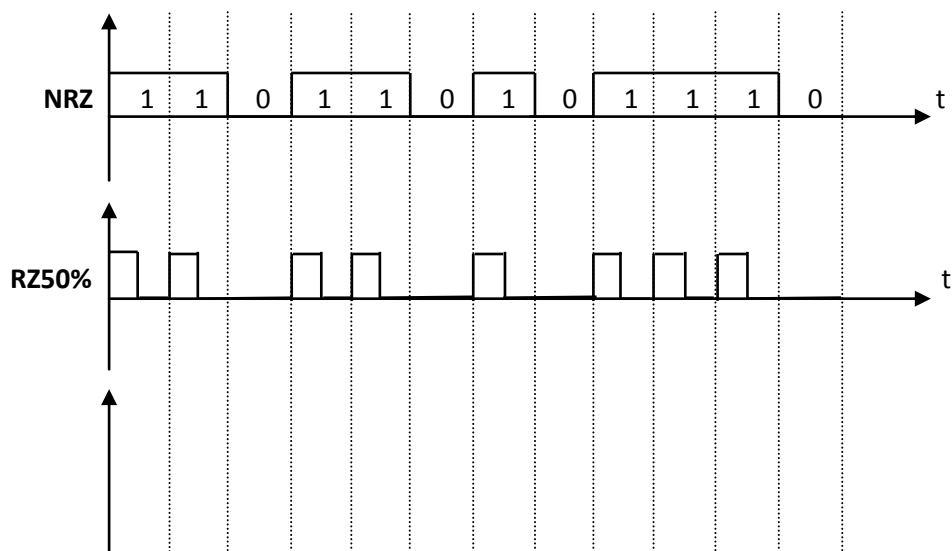
III-LES CODES DETECTEURS D'ERREUR :

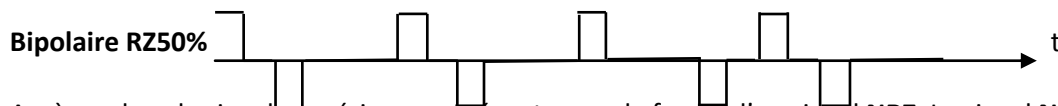
Lors de la transmission d'un code, des erreurs peuvent se produire. Il est donc indispensable d'utiliser des codes qui permettent de localiser et de corriger les chiffres reçus faux. D'une manière générale, en plus des bites d'informations on ajoute des bites de contrôle.

On remarque aussi :

- Les codes **NRZ** (Non Retour à Zéro)
- Les codes **RZ50%** (Retour à zéro avec **50%**)
- Les codes bipolaires **RZ50%**

ex : 110110101110

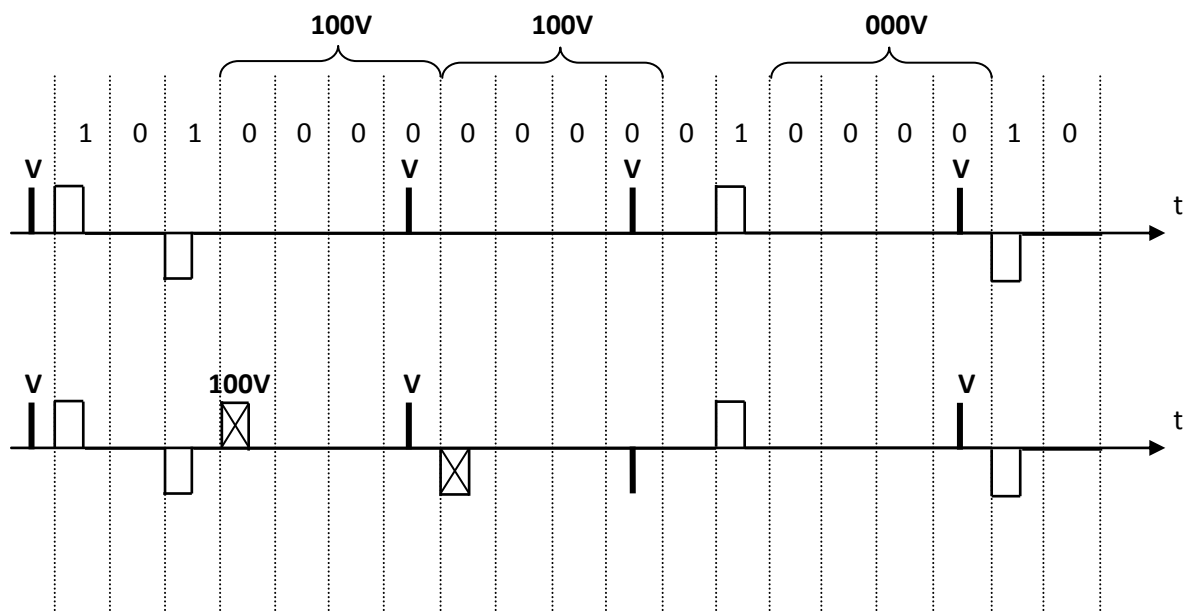




Après codage le signal numérique se présente sous la forme d'un signal **NRZ**. Le signal **NRZ** est d'abord transformé en signal RZ50% puis en **bipolaire RZ50%**. La loi de correspondance appelée code bipolaire est la suivante : deux **1** consécutifs sont émis avec des polarités inverse, de plus le code bipolaire permet la détection des erreurs sans toute fois en permettre la correction. En effet une erreur (la disparition ou l'apparition d'une impulsion) provoque toujours l'apparition d'une impulsion ne respectant pas la règle de bipolarité. On dit que cette impulsion est transmise en viol de bipolarité.

Des erreurs sont introduites par des répéteurs-régénérateurs lorsque la tension du bruit superposée à la tension utile du signal ne permet plus de distinguer entre les états significatifs. A la réception, un système détecteur de viol permet de compter les erreurs, mais sur de longue suite de **0**, il n'y a plus de signal numérique reçu et le signal de rythme est perdu. Une telle transmission ne permet pas de transmettre n'importe quelle combinaison binaire. Elle élimine la possibilité de transmettre des combinaisons comportant une longue suite de **0**. On dit alors que le système n'est pas transparent au code, mais l'utilisation du **HDB3** (Haute Densité Bipolaire d'ordre 3) rend le système transparent au code. Le code **HDB3** dérive directement du code bipolaire. Ce code limite à 3 le nombre maximal de **0** consécutif. Tant que ce nombre ne dépasse pas **4**, le signal émis respecte la règle de bipolarité. En définitive, le code **HD3** est constitué par la loi de correspondance suivante : c'est-à-dire que les équipements de réception remplace par la séquence **000V** toute séquence terminée par un viol, c'est-à-dire **000V** ou **100V**.

Nombre de 1 émis depuis le dernier viol	Séquence DDB3 0000
Impair	000V
Pair	100V



100V

V

Exercice :

V
1) | 110010000000011000010

V
2) | 000000000000000000

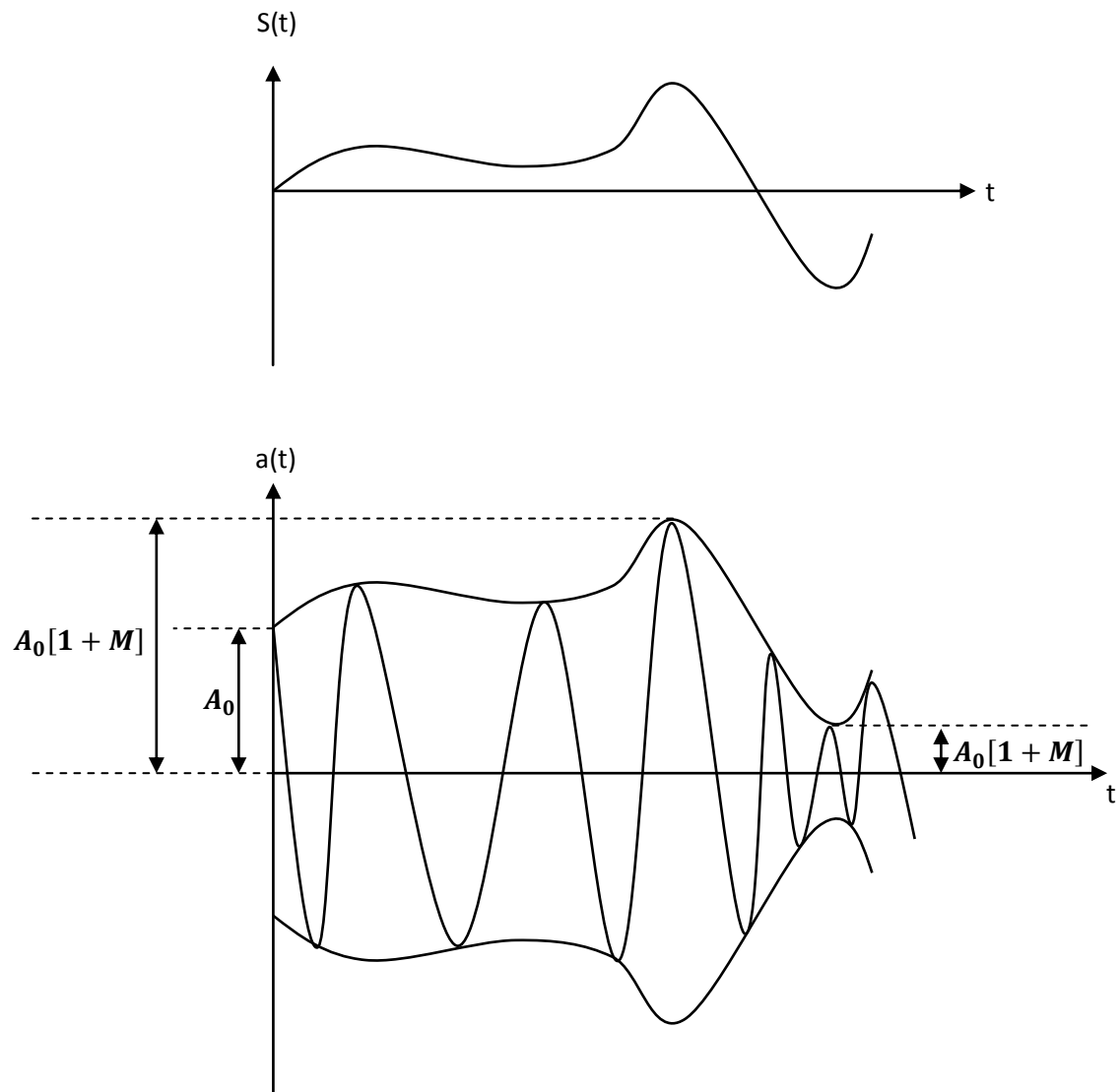
*Correction dans cahier

$$A(t)_{max} \text{ Si } \cos(\Omega t + \gamma) = 1$$

$$A(t)_{min} \text{ Si } \cos(\Omega t + \gamma) = -1$$

$$A_{max} = A_0[1 + M]$$

$$A_{mn} = A_0[1 - M]$$



$$a(t) = A_0[1 + M \cos(\Omega t + \gamma)] * \cos(w_0 t + \theta_0) \quad \gamma = \theta_0 = 0$$

$$a(t) = A_0[1 + \cos \Omega t] * \cos w_0 t$$

$$= A_0 \cos w_0 t + \underset{\substack{\uparrow \\ A}}{MA_0} \cos w_0 t \cdot \underset{\substack{\uparrow \\ B}}{\cos \Omega t}$$

$$\cos A \cdot \cos B = \frac{1}{2} \cos(A + B) + \frac{1}{2} \cos(A - B)$$

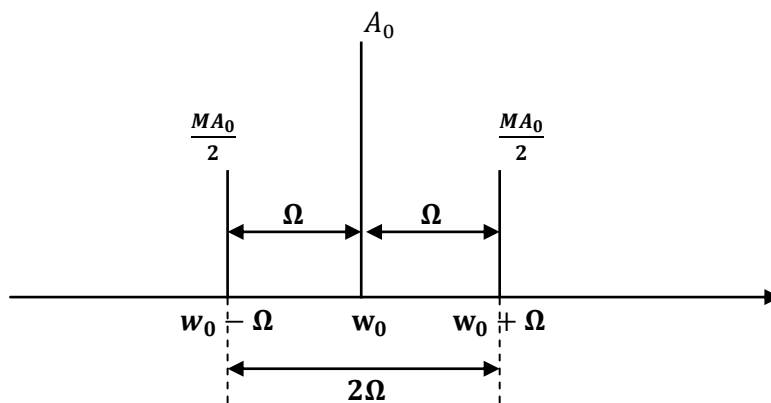
$$a(t) = \underbrace{A_0 \cos w_0 t}_{1^{\text{er}}} + \underbrace{\frac{MA_0}{2} \cos(w_0 t + \Omega)t}_{2^{\text{eme}}} + \underbrace{\frac{MA_0}{2} \cos(w_0 - \Omega)t}_{3^{\text{eme}}}$$

Le 1^{er} membre se présente comme une oscillation non modulée de fréquence w_0 .

Le 2^{eme} et le 3^{eme} membre correspondent à la nouvelle oscillation apparue lors du processus de modulation.

$w_0 + \Omega$ est appelé fréquence latérale supérieure (**FLS**) de la modulation.

$w_0 - \Omega$ est appelé fréquence latérale inférieure (**FLI**) de la modulation.



2Ω : bande de fréquence du signal

Spectre du signal modulé

Exercice :

Un émetteur doit transmettre le signal suivant :

$$a(t) = 5 \cos(10^6 t) + 3,5 \cos(10^3 t) \cos(10^6 t)$$

- 1) Quelle est la fréquence de la porteuse F ? ($w_0 = 2\pi F$)
- 2) Quelle est la fréquence du signal modulant f ? ($\Omega = 2\pi f$)
- 3) Quelle est le taux de modulation M ?