

MODULATION

I- Généralité :

Dans les **communications** (**téléphoniques, radio, etc.**), c'est le processus par lequel le **signal** à transmettre (**signal modulateur**) transfère l'**information** à un autre signal (**signal modulé**), ayant des caractéristiques différentes (par exemple : la **bande de fréquence occupée**), adaptées au moyen de transmission disponible.

La méthode la plus usuelle de modulation est celle qui consiste à faire varier à chaque instant l'**amplitude** (**modulation d'amplitude**), la **phase** (**modulation de phase**) ou la **fréquence** (**modulation de fréquence**) d'une **sinusoïde** à fréquence **F_n** (**portante**), de manière proportionnelle à la valeur instantanée du signal modulateur. Le signal modulé ainsi obtenu occupe une bande autour de la fréquence **F_n** .

L'ensemble des composantes de fréquence supérieure à la **F_0** constitue la **bande latérale supérieure**, les composantes de fréquence inférieure constituant la **bande latérale inférieure** ; l'extension des bandes latérales dépend soit du signal modulateur, soit du type de modulation.

Par la modulation, il est possible de transmettre de nombreux signaux du même type, comme des **conversations téléphoniques**, des **émissions radiophoniques**, etc., simplement en modulant, avec chaque signal, des **portantes** à des fréquences différentes.

Naturellement, pour éviter des **interférences** entre des signaux différents, il faut laisser libre, autour de chaque fréquence porteuse, un **canal** ayant une largeur égale à la bande occupée par le signal modulé ; c'est pourquoi, dans une gamme donnée de fréquences, il n'est possible d'effectuer qu'un nombre limité de **communications**.

II- Modulation d'amplitude :

On l'effectue en faisant varier l'**amplitude** d'une **oscillation** sinusoïdale (**portante**) $a = A_0 \sin 2\pi F_0 t$ autour de la **valeur A_0** proportionnellement au **signal modulateur** (**t**).

Dans le cas le plus simple d'un signal modulateur sinusoïdal $F(t) = B \sin 2\pi F_m t$, l'onde modulée est composée par trois oscillations dont une coïncide par son amplitude et sa fréquence avec la portance (**A_0** et **F_0**), et dont les deux autres ont respectivement une fréquence **$F_0 + F_n$** (**oscillation latérale supérieure**) et **$F_0 - F_n$** (**oscillation latérale inférieure**).

Dans le cas d'un signal modulateur quelconque, chaque fréquence produit deux composantes **symétriques** à la portante dans le **spectre** du signal modulateur.

La bande occupée est donc égale au double de la fréquence maximale du signal modulateur. Dans la modulation d'amplitude, l'**information** est contenue dans les bandes latérales, alors que l'oscillation portante, qui reste inchangée, ne porte aucune information, et peut donc être supprimée (**systèmes à suppression de portante**), avec l'avantage d'une économie de puissance, étant donné que les deux bandes latérales sont **symétriques** autour de **F₀**, on peut ainsi éliminer, outre la portante, une des bandes latérales (systèmes à une seule bande latérale ou **SSB, Single Side Band**) et l'information est transmise au moyen d'une seule bande latérale, avec l'avantage d'occuper un **canal** ayant une fréquence inférieure.

Des **systèmes** à modulation d'amplitude normale sont employés en **radiodiffusion** (largeur du canal **9 kHz**), alors que des systèmes à bande latérale unique sont utilisés pour l'émission des signaux **vidéo** de la **télévision**, où on supprime, en partie seulement, la bande latérale inférieure (**VSB, Vestigial Side Band**) et où on atténue la portante, réussissant ainsi à maintenir la largeur du canal de fréquence légèrement supérieure à la fréquence maximale du signal modulateur (environ **5 MHz**).

III- Modulation de phase :

Elle consiste à varier la **phase** d'une oscillation sinusoïdale selon la **loi** du signal à transmettre.

Puisque la **puissance instantanée** du signal n'est autre que la **dérivée** de sa **phase instantanée**, il existe une étroite **analogie** de comportement avec la modulation de fréquence.

IV- Modulation de fréquence :

Elle consiste à faire varier autour d'une valeur **F₀**, proportionnellement au signal à transmettre, la fréquence d'une oscillation sinusoïdale **a = A sin 2πF₀t**.

Dans le cas du signal modulant sinusoïdal **F(t) = B sin 2πF_mt**, on a une variation sinusoïdale autour de **F₀** avec une variation maximale de fréquence **δ** (appelée **dérivation de fréquence**), proportionnellement à l'**amplitude B** du signal modulateur.

Le spectre d'une onde modulée en fréquence est très complexe et, dans le cas du signal **F(t)** sinusoïdal, outre une composante à fréquence **F₀**, on a des composantes à toutes les fréquences **F₀ ± nF_m** (**n** étant un entier).

En pratique, les composantes n'ont une amplitude non négligeable qu'entre les limites approximatives $F_0 - (F_m + \delta)$ et $F_0 + (F_m + \delta)$: donc la bande occupée est $2 (F_m + \delta)$.

Dans le cas d'un signal modulateur quelconque, la formule est encore approximativement valable, F_m étant la fréquence maximale contenue dans le signal modulateur, et δ la dérivation maximale de fréquence correspondant à la **crête** du signal modulateur.

Par rapport à la modulation d'amplitude, la modulation fréquence offre une **insensibilité** plus grande aux **parasites**, mais nécessite une plus grande largeur de canal.

La modulation de fréquence est utilisée dans les ponts radio, dans la radiodiffusion (avec $F_m = 15 \text{ kHz}$ et $\delta = 75 \text{ kHz}$, correspondant à une bande occupée de 180 kHz), et pour l'émission du **signal audio** dans les émissions de télévision.

V- Modulation d'impulsions :

Système de communications dans lequel on utilise, pour le transport de l'information, des impulsions qui se suivent avec une **vitesse** adaptée R de répétition.

L'information à transmettre, obtenue en échantillonnant le signal modulateur à des intervalles $1/R$, est confiée aux **impulsions** en en faisant varier l'**amplitude**, la **durée**, ou bien la **position** par rapport à une référence temporelle.

Dans de nombreux cas, le signal modulateur est converti en un **signal numérique** grâce à un **ADC** et éventuellement codifié avant d'être utilisé pour produire la succession des impulsions (par exemple : **PCM**).

Les systèmes de communications à impulsions ont des caractéristiques très intéressantes (**faible bruit**) ; en outre, ils offrent la possibilité de transmettre simultanément plusieurs communications indépendantes, puisqu'on peut utiliser l'intervalle de temps entre deux impulsions pour transmettre d'autres impulsions.