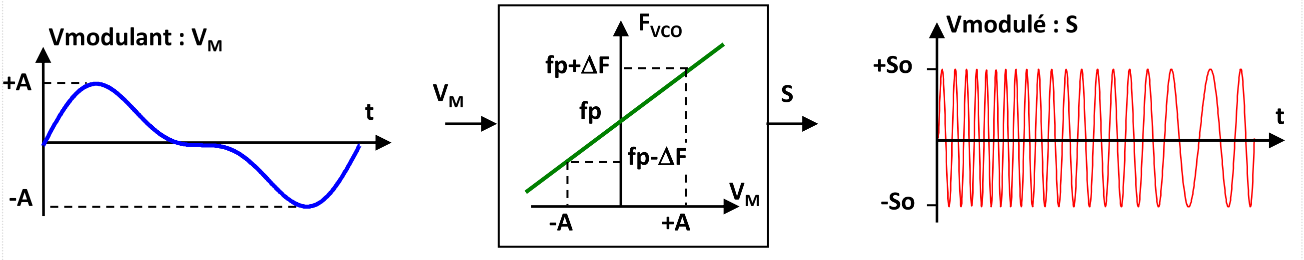
Modulation FM : Principe

Une histoire de fréquence instantanée

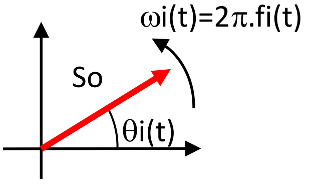
Si l'on considère une information à transmettre ou un signal modulant VM(t), alors la fréquence instantanée fi du signal modulé correspondant peut s'écrire : fi = fp + KF.VM . Il s'agit d'une relation linéaire dans laquelle KF représente un gain de conversion exprimé en Hz/V. Un simple VCO (Voltage Controled Oscillator) permet de réaliser une modulation de fréquence comme l'illustre la figure suivante :



D'une manière générale un signal S(t) modulé angulairement s'exprime sous la forme :

$$S(t) = \cos(\theta i(t))$$

θi représente la phase instantanée. Comme il existe un lien évident entre phase et fréquence instantanée :



$$\omega i = \frac{d\theta i}{dt} = 2\pi fi$$

On peut alors facilement exprimer le signal modulé en fréquence sous la forme :

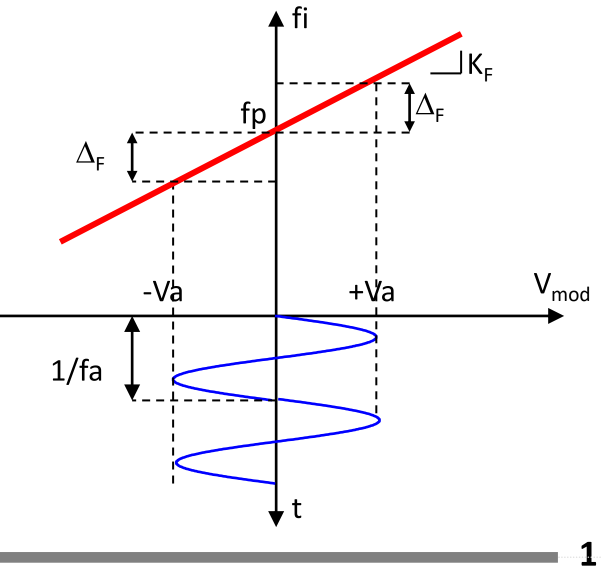
$$S(t) = So.\cos\left(2\pi fpt + 2\pi K_F \int_0^t V_M(u)du\right)$$

Cas particulier d'un signal modulant sinusoïdal

Pour le cas particulier (important) où le signal modulant est un signal sinusoïdal tel que : Vmod = Va.cos(2π.fa.t) alors l'expression du signal S modulé en fréquence peut s'écrire :

$$S(t) = So.\cos\left(2\pi fpt + \frac{K_F.Va}{fa}\sin(2\pi fat)\right)$$

$$= So.\cos(2\pi fpt + m.\sin(2\pi fat))$$



$K_F Va$ représente l'excursion en fréquence ΔF

m représente l'indice de modulation $\quad m = \frac{\Delta F}{fa}$

Représentation fréquentielle dans le cas d'un modulant sinusoïdal

La représentation temporelle d'un signal modulé en fréquence ne fournit que très peu d'indications mis à part le fait que l'enveloppe est constante et égale à So. Le spectre d'un signal modulé FM est bien plus caractéristique et peut être tracé en utilisant les fonctions de Bessel de 1ère espèce dépendant directement de la valeur de m (Voir Fiche pratique Fonctions de Bessel).

La figure ci-dessous donne le spectre d'un signal modulé FM dans le cas d'un signal sinusoïdal modulant de fréquence fa. Bien que ce spectre occupe une bande passante en théorie infinie il faut savoir que 98% de la puissance du signal est concentré dans une bande Bc appelée Bande de Carson autour de fp telle que :

$$Bc=2.(m+1).fa=2(\Delta F+fa)$$