

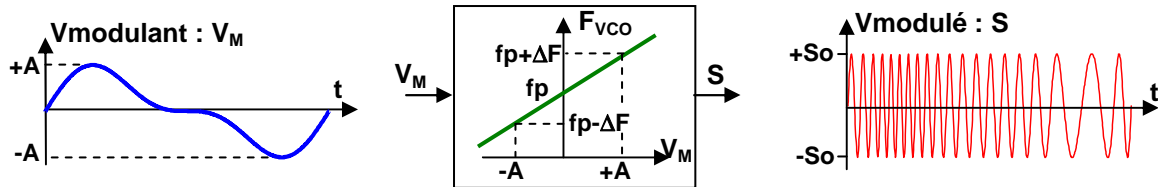


Modulation FM : Principe



Une histoire de fréquence instantanée

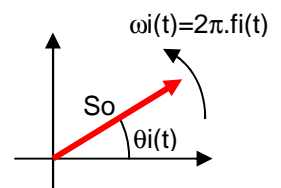
Si l'on considère une information à transmettre ou un signal modulant $V_M(t)$, alors la fréquence instantanée f_i du signal modulé correspondant peut s'écrire: $f_i = f_p + K_F \cdot V_M$. Il s'agit d'une relation linéaire dans laquelle K_F représente un gain de conversion exprimé en Hz/V. Un simple VCO (Voltage Controlled 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: $S(t) = \cos(\theta_i(t))$ où θ_i représente la phase instantanée. Comme il existe un lien

évident entre phase et fréquence instantanée: $\omega_i = \frac{d\theta_i}{dt} = 2\pi f_i$ on peut facilement exprimer le signal modulé en fréquence sous la forme:

$$S(t) = S_0 \cdot \cos\left(2\pi f_p t + 2\pi K_F \int_0^t V_M(u) du\right)$$



Cas particulier d'un signal modulant sinusoïdal

Pour le cas particulier (important) où le signal modulant est un signal sinusoïdal tel que: $V_{mod} = V_a \cdot \cos(2\pi f_a t)$ alors l'expression du signal S modulé en fréquence peut s'écrire :

$$S(t) = S_0 \cdot \cos\left(2\pi f_p t + \frac{K_F \cdot V_a}{f_a} \sin(2\pi f_a t)\right) = S_0 \cdot \cos(2\pi f_p t + m \cdot \sin(2\pi f_a t))$$

Dans cette expression, la quantité m représente l'indice de modulation et $K_F V_a$ représente l'excursion en fréquence ΔF . On pose donc $m = \frac{\Delta F}{f_a}$. La figure 1 ci-dessous illustre le principe de cette modulation.

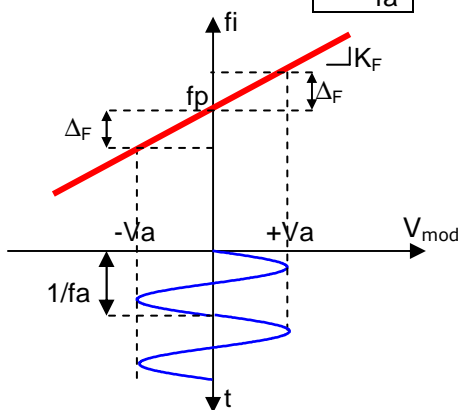


Figure 1 : Principe de la modulation FM

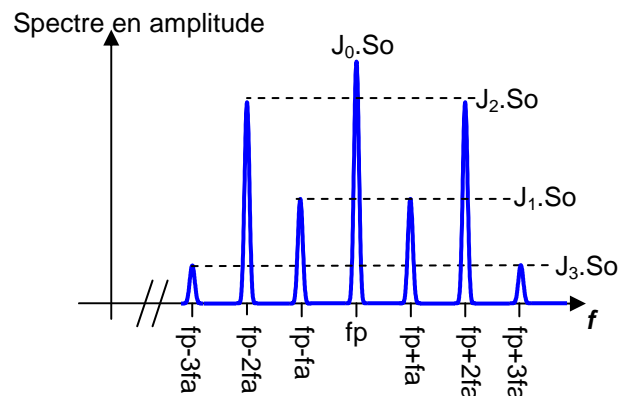


Figure 2 : Spectre d'un signal modulé FM

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 S_0 . Le spectre d'un signal modulé FM est bien plus caractéristique et peut être tracé en utilisant les fonctions de Bessel de 1^{ère} espèce dépendant directement de la valeur de m (Voir Fiche pratique Fonctions de Bessel).

La figure 2 ci-dessus donne le spectre d'un signal modulé FM dans le cas d'un signal sinusoïdal modulant de fréquence f_a . 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 B_c appelée Bande de Carson autour de f_p telle que :

$$B_c = 2 \cdot (m+1) \cdot f_a = 2(\Delta F + f_a)$$