Modulation d'angle :

Modulation de phase et modulation de fréquence :

$$c(t) = A_c \cos(2\pi f_c t + \theta)$$

La modulation d'angle consiste à **faire varier la fréquence ou la phase de la porteuse au rythme d'un du signal modulant**

Avantage :

Ce type de modulation est moins sensible au bruit et aux interférences que la modulation d'amplitude.

Inconvénient :

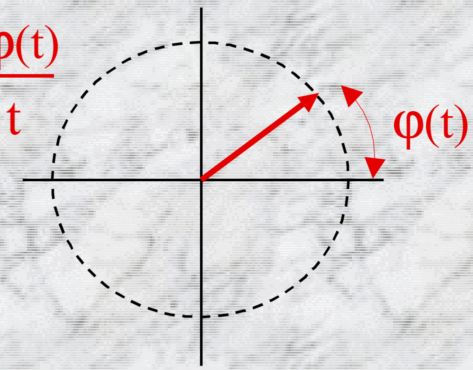
Utilise plus (largement plus) de bande de transmission.

Modulation d'angle :

Modulation de Phase PM et modulation de fréquence FM

Fréquence instantanée : **$S(t) = A \cos(\varphi(t))$**

$$\omega(t) = \frac{d\,\varphi(t)}{d\,t}$$



$$\boxed{f_i = \frac{1}{2\pi}\frac{d\,\varphi(t)}{d\,t}}$$

Modulation de Phase : $c(t) = A_c \cos(2\pi f_c t + \theta)$

En modulation de phase, on fait varier la phase instantané θ(t) au rythme du signal modulant m(t).

$$\varphi(t) = 2\pi f_c t + D_p m(t)$$

$$\boxed{s(t) = A_c \cos\left(\mathbf{2\pi f_c t + D_p m(t)}\right)}$$

D_p : représente la sensibilité du modulateur

f_c : représente la fréquence de la porteuse

$$f_i = \frac{1}{2\pi}\frac{d\,\varphi(t)}{d\,t} = f_c + \frac{1}{2\pi} D_p \frac{d\,m(t)}{dt}$$

< Quitter >

Modulation d'angle :

Modulation de Phase PM et modulation de fréquence FM

Modulation de Fréquence

En modulation de fréquence, on fait varier la fréquence instantané $f_i(t)$ au rythme du signal modulant m(t).

$$f_i = f_c + D_f m(t)$$

$$f_i = \frac{1}{2\pi} \frac{d\,\varphi(t)}{d\,t}$$

$$s(t) = A_c \cos(\varphi\,\mathbf{(t)})$$

D_f : représente la sensibilité du modulateur

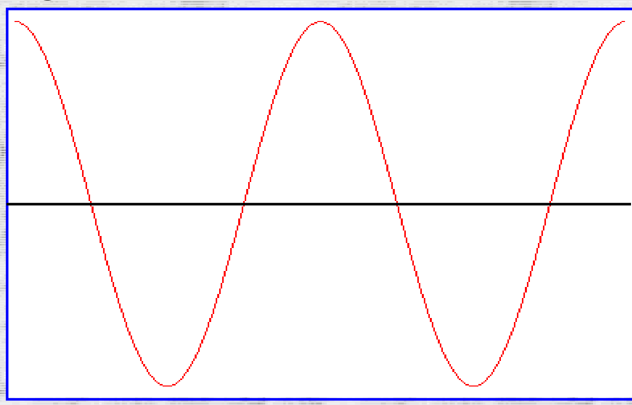
$$\varphi_i = 2\pi \int f_i\,dt = 2\pi f_c t + 2\pi D_f \int m(t)\,dt$$

$$\boxed{s(t) = A_c \cos\left[\, 2\pi f_c t + 2\pi D_f \int m(t)\,dt \,\right]}$$

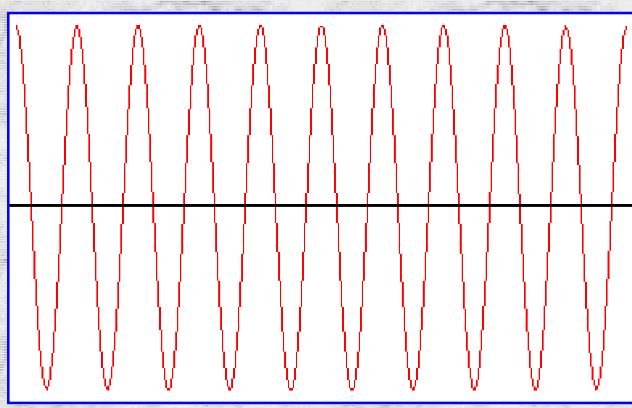
Modulation d'angle :

Modulation de Phase PM et modulation de fréquence FM

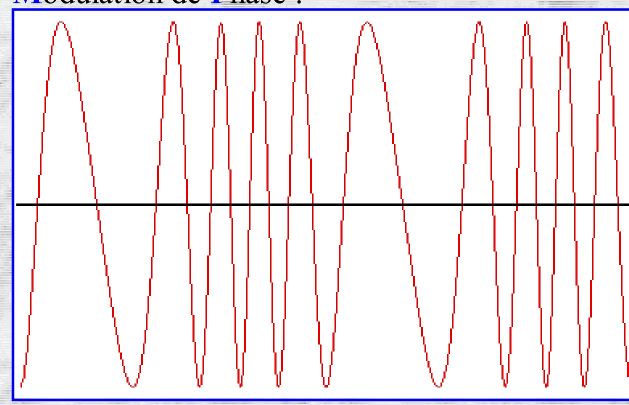
Signal modulant



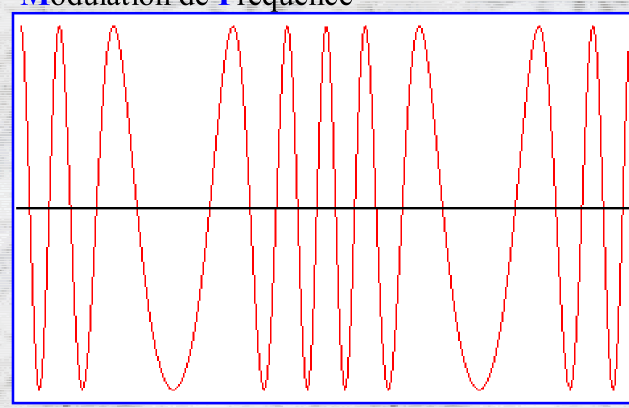
Porteuse



Modulation de Phase :



Modulation de Fréquence



Modulation d'angle :

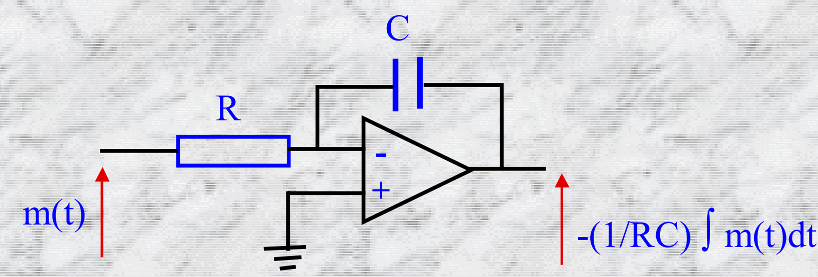
Modulation de Phase PM et modulation de fréquence FM

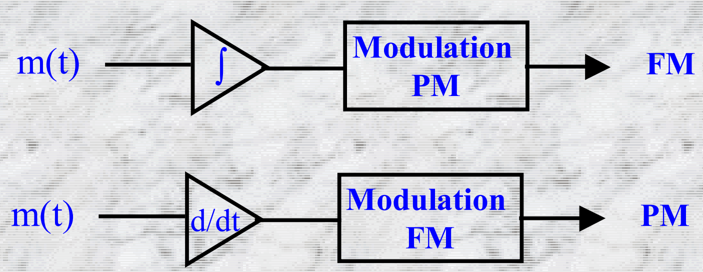
Modulation de **P**hase : $s(t) = A_c \cos [\, 2\pi f_c t + D_p m(t) \,]$

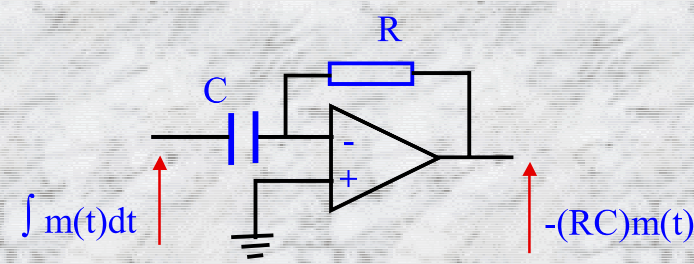
Modulation de **F**réquence : $s(t) = A_c \cos [\, 2\pi f_c t + 2\pi D_f \int m(t)\, dt \,]$

Lien entre les deux :

Souvent la modulation de fréquence et la modulation de phase sont étudier ensemble parce que il y a beaucoup de similarités entre les deux.
En effet, la modulation en fréquence d' signal m(t) revient à une modulation en phase du même signal passé dans un intégrateur.







Modulation FM :

Analyse spectrale

Considérons un signal modulant m(t) donné par : $m(t) = A_m \cos(2\pi f_m t)$

$$f_i = f_c + D_f m(t) = f_c + D_f A_m \cos(2\pi f_m t)$$

$$\boxed{f_i = f_c + \Delta_f \cos(2\pi f_m t)}$$

Δ_f : est appelée déviation de fréquence

Le signal modulé :

$$s(t) = A_c \cos[\varphi(t)]$$

$$\varphi(t) = 2\pi \int f_i \, dt = 2\pi f_c t + 2\pi \int \Delta_f \cos(2\pi f_m t)\, dt$$
$$= 2\pi f_c t + (\Delta_f / f_m) \sin(2\pi f_m t)$$

$\beta = \Delta_f / f_m$: est appelée indice de modulation FM

Lorsque il est << 1 *la FM est à bande étroite, et lorsque il est* >> 1 *la FM et à large bande.*

$$\boxed{s(t) = A_c \cos\left[2\pi f_c t + \beta \sin(2\pi f_m t)\right]}$$

Modulation FM :

FM à bande étroite *(NarrowBande)*

L'indice de modulation : $\beta \ll 1$

$$s(t) = A_c \cos\left[2\pi f_c t + \beta \sin(2\pi f_m t)\right]$$

Sachant que : cos(A+B)=cos(A) cos(B)-sin(A)sin(B)

$$\boxed{s(t) \approx A_c \cos(2\pi f_c t) - \beta \sin(2\pi f_m t) \sin(2\pi f_c t)}$$

La porteuse

Le signal modulant déphasé

La porteuse déphasée

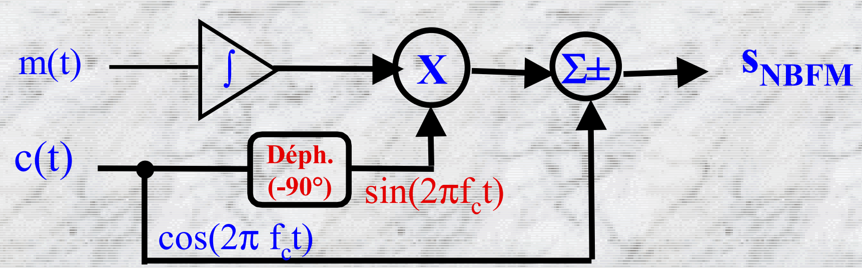
Dans le cas d'un FM à bande étroite, le signal ressemble à un signal DSB-SC.

Modulation FM :

FM à bande étroite *(NarrowBande)*

Génération de la NBFM

$$s(t) \approx A_c \cos(2\pi f_c t) - \beta \sin(2\pi f_m t) \sin(2\pi f_c t)$$



$$s(t) = A_c \cos(2\pi f_c t) + \tfrac{1}{2} A_c.[\cos(2\pi (f_c + f_m) t) - \cos(2\pi (f_c - f_m) t)]$$

Modulation FM :

FM à bande large *(WideBande)*

Analyse spectrale

$s(t) = A_c \cos\left[2\pi f_c t + \beta \sin(2\pi f_m t)\right]$

Sachant que : $\cos(A+B)=\cos(A)\cos(B)-\sin(A)\sin(B)$

$$\boxed{s(t) = A_c \cos(2\pi f_c t) \cos[\beta \sin(2\pi f_m t)] - \sin(2\pi f_c t) \sin[\beta \sin(2\pi f_m t)]}$$

Sachant que :

$\cos[\beta \sin(2\pi f_m t)] = J_0(\beta) + 2 J_2(\beta) \cos(2x2\pi f_m t) + 2 J_4(\beta) \cos(4x2\pi f_m t) + \ldots$

$\sin[\beta \sin(2\pi f_m t)] = 2J_1(\beta) \sin(2\pi f_m t) + 2 J_3(\beta) \sin(3x2\pi f_m t) + \ldots$

Et : $J_{2n}(\beta) = J_{-2n}(\beta)$, $J_{2n+1}(\beta) = - J_{-(2n+1)}(\beta)$

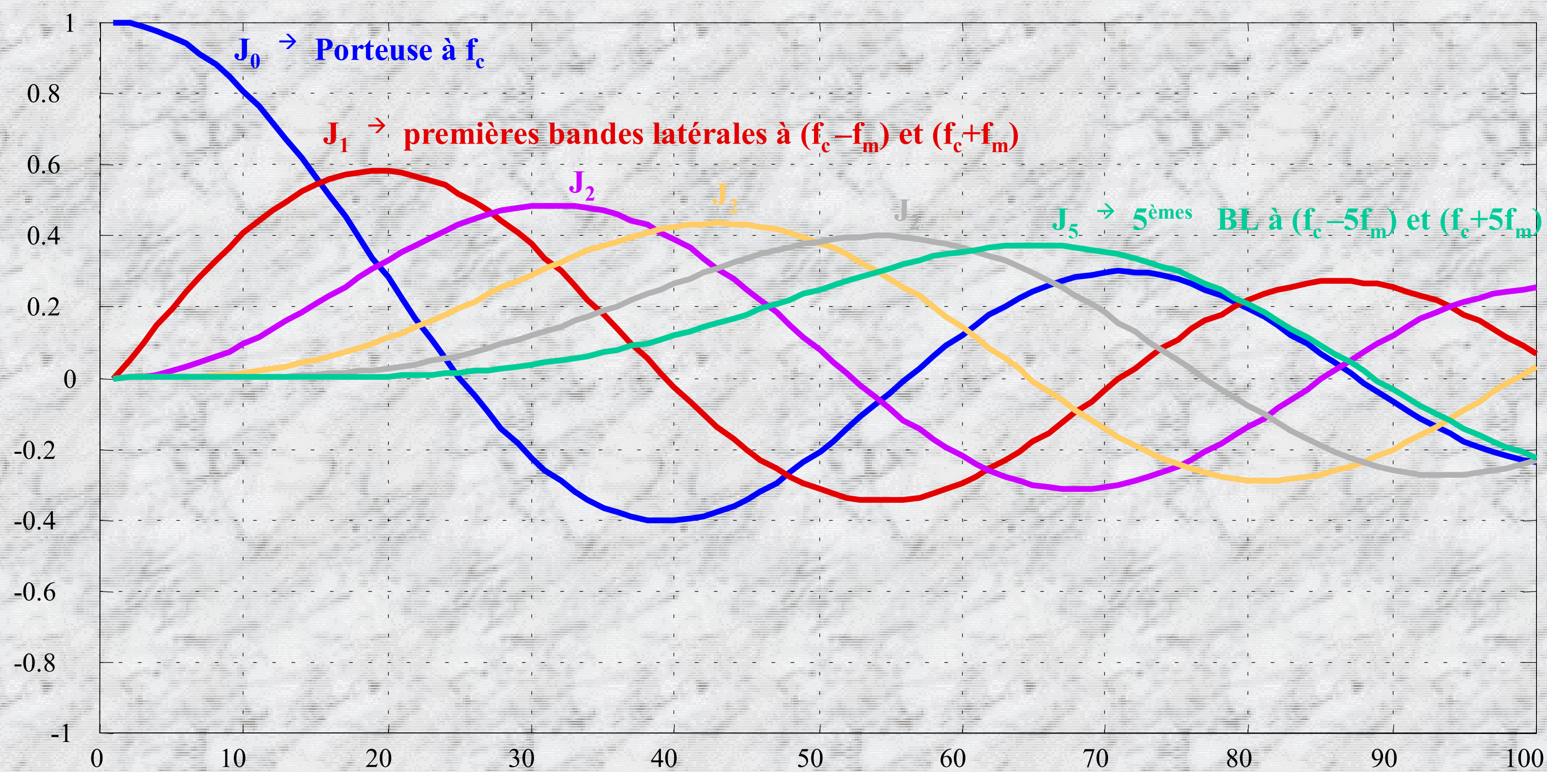
$$\boxed{s_{FM}(t) = \sum_{n=-\infty}^{+\infty} A_c J_n(\beta) \cos(2\pi f_c t + 2\pi n f_m t)}$$

Modulation FM :

FM à bande large *(WideBande)*

$$S_{FM}(f) = \sum_{n=-\infty}^{+\infty} A_c J_n(\beta)\,[\delta(f-(f_c+n\,f_m))+\delta(f+(f_c+n\,f_m))]$$

Analyse spectrale :



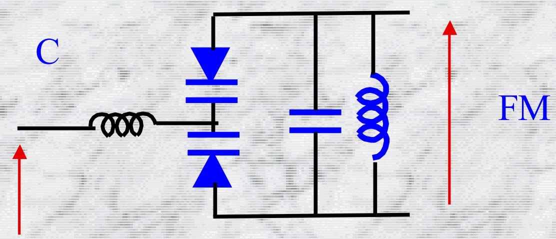
J_i :Fonctions de Bessel du premier ordre :

Modulation d’angle :

Circuits de modulation en fréquence FM

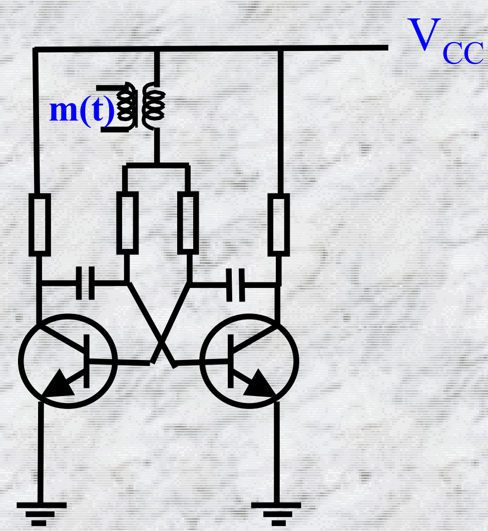
Utilisation de VARICAP :

On utilise un oscillateur avec deux diodes varicap (diode à capacité variable). En fonction de la tension, les deux diodes changent de capacité et par conséquence l’oscillateur change de fréquence.



Utilisation d’un miltivibrateur :

Une tension en série avec les résistances de base des deux transistors change la fréquence fondamentale du multivibrateur. La sortie de ce circuit génère des harmoniques qu’il faut éliminer.



Utilisation d’un VCO (CI) :
MC1376

Modulation FM :

Génération de la FM

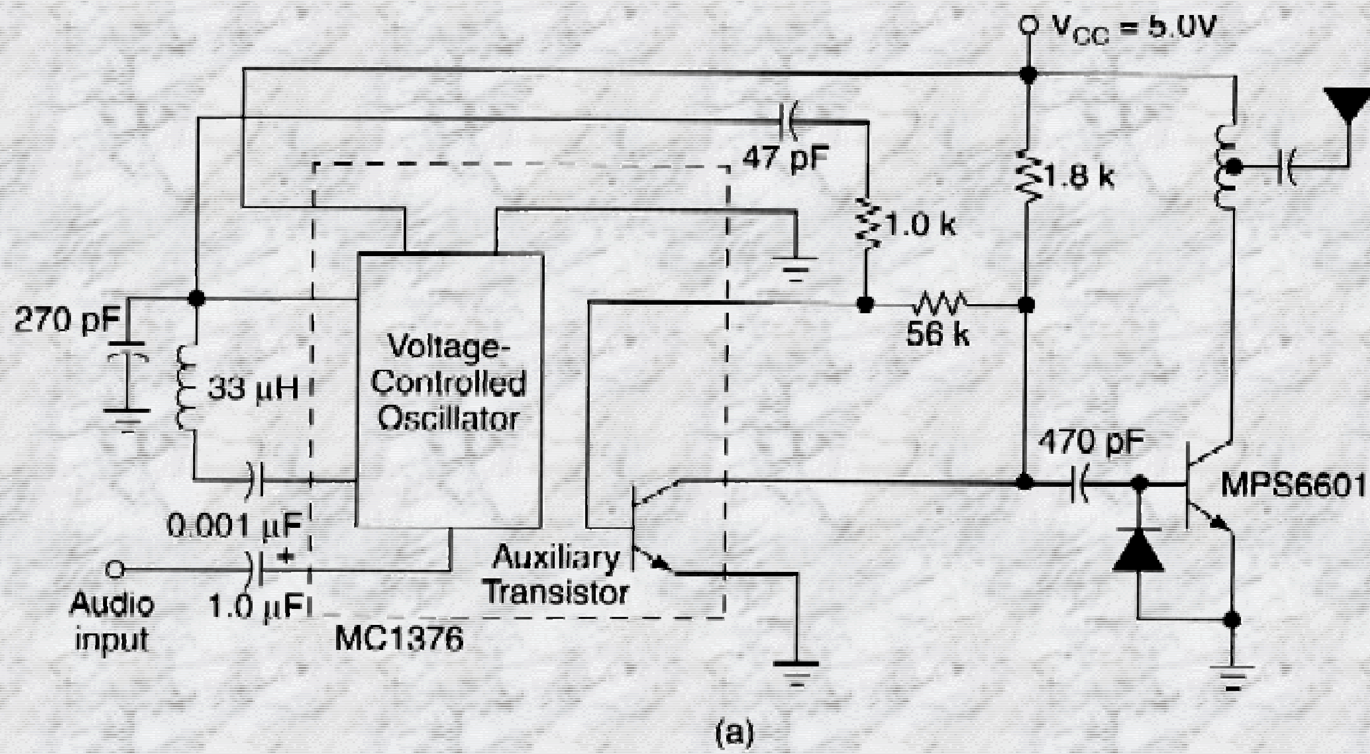
Il y a essentiellement deux façons de générer de la FM :

FM directe : grâce à un oscillateur contrôlé en tension (VCO : *voltage controlled oscillator*), le signal modulant fait varier directement la fréquence de la porteuse. Pour avoir plus stabilité pour la fréquence de la porteuse on utilise une PLL.

FM indirecte: En utilisant le même principe que DSB-SC, le signal modulant génère un signal FM à bande étroite. Ensuite, un multiplicateur de fréquence permet d'obtenir la déviation souhaitée.

Modulation FM :

Génération de la FM



Modulation FM :

Génération de la FM

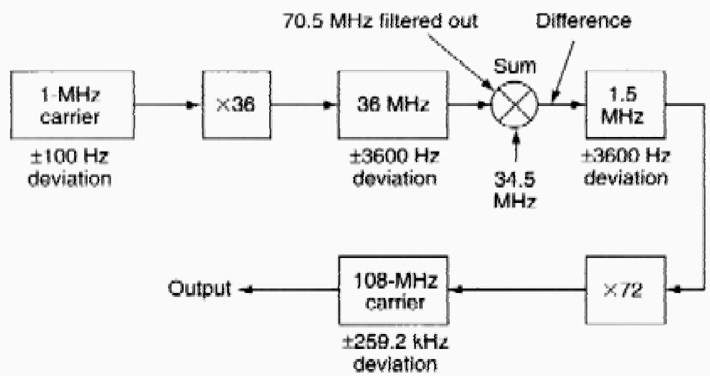


Figure 6.7 Use of multipliers for FM generation attempts to overcome limitations of crystals as frequency control elements.