Chapitre 3 : Modulations non linéaires de fréquence (FM)

COURS TECHNIQUES DE TRANSMISSION

FILIERE : GL2 - INSAT

RESPONSABLE DU COURS/TD : RIM AMARA

1. Signaux modulés angulairement

Déf un signal $s_{ang}(t)$ est dit modulé angulairement

$$s_{ang}(t) = A_0 \cos\Big(\underbrace{2\pi f_0 t + \underbrace{\mathcal{L}(m(t))}_{\text{phase instantanné de } s_{ang}(t)}}_{\psi(t) \text{ : angle instantanné}}\Big)$$

Modulation de fréquence

Modulation de phase.

Fréquence instantannée de $s_{ang}(t)$ $\quad F_i(t) = \dfrac{1}{2\pi}\dfrac{d\psi(t)}{dt}$

Le signal modulé selon la FM

$$s_{FM}(t) = A_0 \cos\left(2\pi f_0 t + 2\pi k_{FM} \int_0^t m(u)\,du\right)$$

$$\varphi(t) = 2\pi k_{FM} \int_0^t m(u)\,du$$

↳ cte de modulation

$$F_i(t) = f_0 + k_{FM}\, m(t)$$

Le signal modulé selon la PM

$$s_{PM}(t) = A_0 \cos\left(2\pi f_0 t + k_{PM}\, m(t)\right)$$

$$\varphi(t) = k_{PM} \cdot m(t)$$

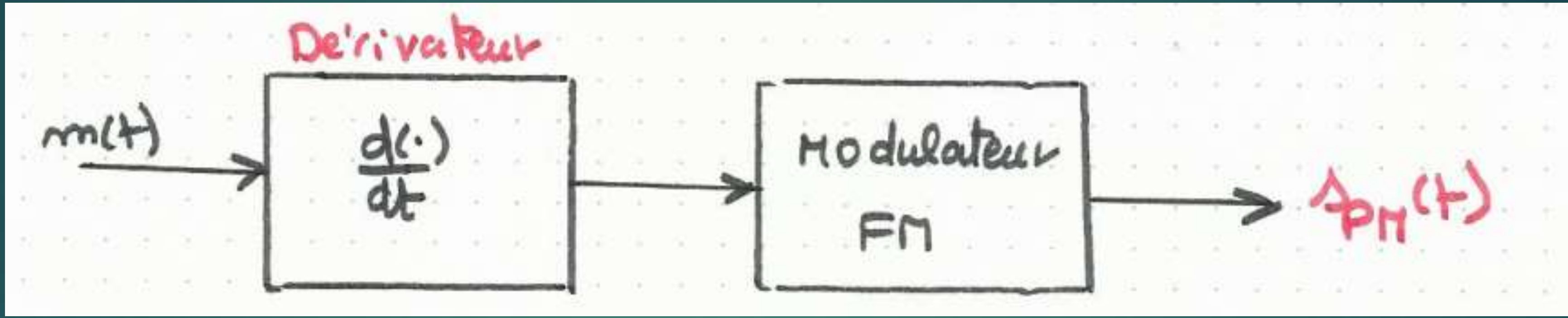
↳ cte de modulation

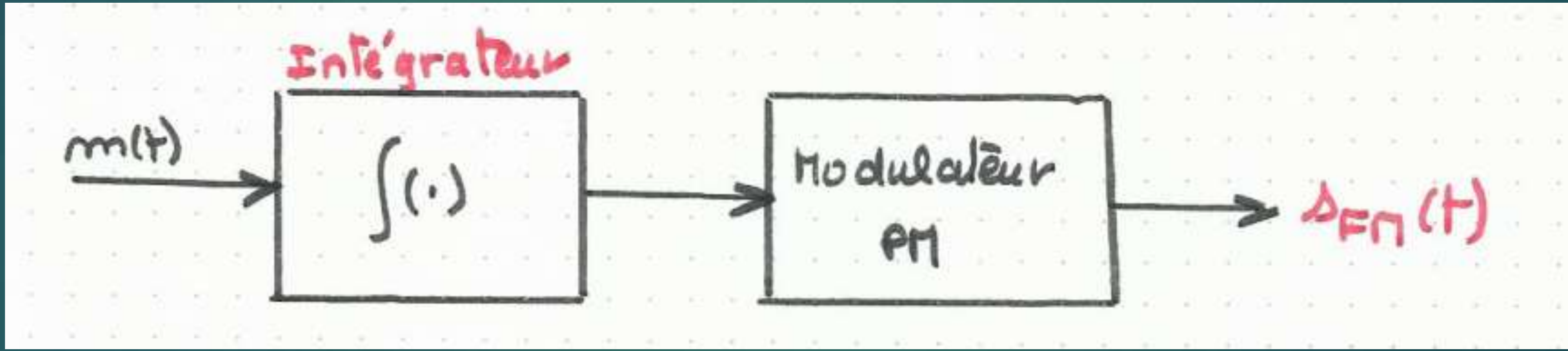
$$F_i(t) = f_0 + \frac{1}{2\pi} k_{PM}\, \dot{m}(t)$$

Déviation maximale de fréquence : est la déviation max. de fréquence instantanée de la fréq. porteuse

$$\Delta F = |F_i(t) - f_0|_{max} = k_{FM}\, |m(t)|_{max} \quad \text{(pour la FM)}.$$

FM ~ PM


Dérivateur
m(t)
d(·)/dt
Modulateur
FM
$s_{PM}(t)$


Intégrateur
m(t)
∫(·)
Modulateur
PM
$s_{FM}(t)$

Questions

- Vérifier qu'il s'agit bien d'une modulation (tracer le spectre)

- $$S_{FM}(f) = A_0 \int_{\mathbb{R}} \underbrace{\cos(2\pi f_0 t + \varphi(t))}_{\text{loin d'être intégrable}} e^{-j2\pi f t} \, dt$$

- $S_{FM}(f)$ ne s'exprime pas directement en fct. de $M(f)$
  (à cause du fait que la mod. FM est non linéaire)

la modulation FM est une modulation : robuste au bruit et aux non linéarités (radiodiffusion, TX HiFi).

Enveloppe complexe du signal FM

$$s_{FM}(t) = A_0 \cos(2\pi f_0 t + \varphi(t)) = \frac{A_0}{2}\left(e^{j2\pi f_0 t} \cdot e^{j\varphi(t)} + e^{-j2\pi f_0 t} \cdot e^{-j\varphi(t)}\right)$$

enveloppe complexe de $s_{FM}(t)$ $\quad e^{j\varphi(t)} = x(t)$

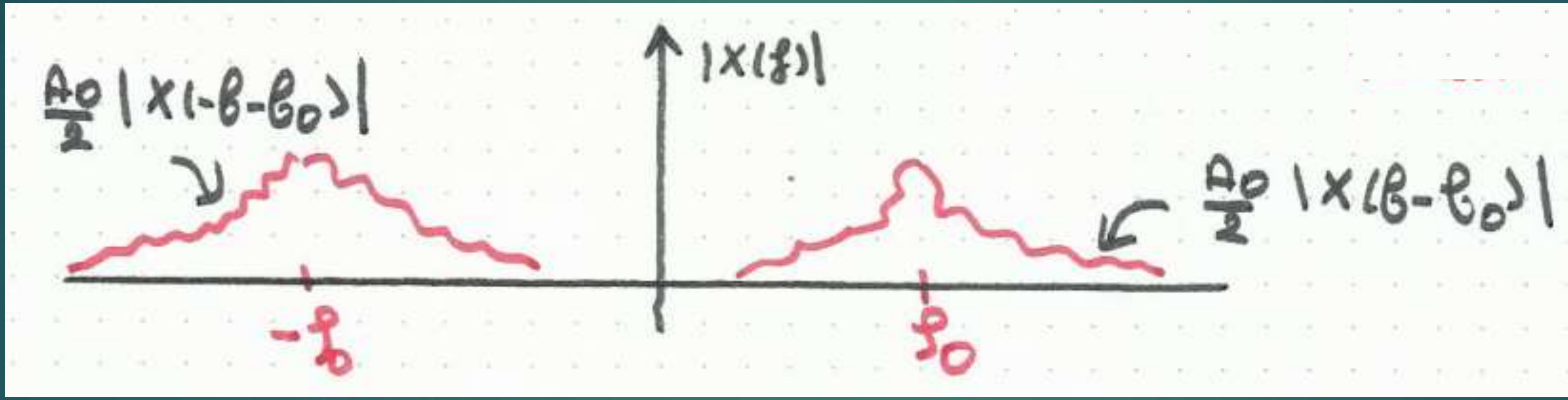
$$s_{FM}(t) = \frac{A_0}{2}\left(e^{j2\pi f_0 t} \cdot x(t) + e^{-j2\pi f_0 t} \cdot x^*(t)\right)$$

$$\downarrow \text{TF} \quad S_{FM}(f) = \frac{A_0}{2}\left(X(f-f_0) + X^*(-f-f_0)\right)$$

Rqe $|X(f)| \underset{|f| \to +\infty}{\longrightarrow} 0$ (en général sig. à $E < +\infty$

$\Rightarrow \int_{\mathbb{R}} |x(t)|^2 dt = \int_{\mathbb{R}} |X(f)|^2 df < +\infty$)

Relation de Parseval.



$\Rightarrow$ Allure d'un signal modulé

$\Rightarrow$ on s'attend à avoir une occupation spectrale ↗