

Chapitre 3 : Modulations non linéaires de fréquence (FM)- partie2

COURS TECHNIQUES DE TRANSMISSION

FILIERE : GL2 - INSAT

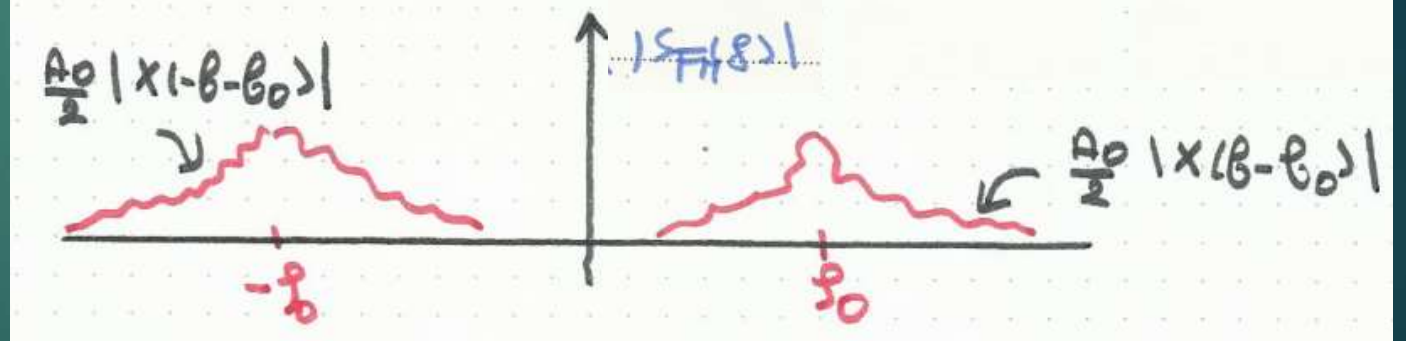
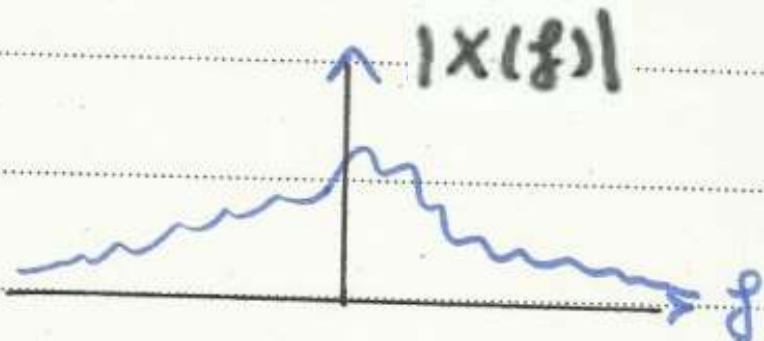
RESPONSABLE DU COURS/TD : RIM AMARA

Robustesse de la modulation FM aux non linéarités

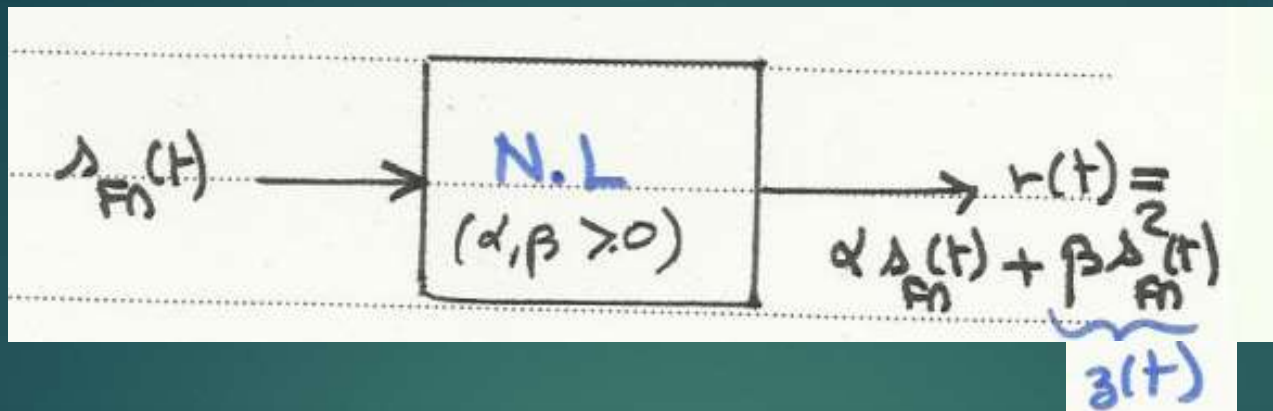
Application le signal m est supposé vérifier la ctm condition

$$|S_{FM}(\omega)| \xrightarrow{|\omega| \rightarrow +\infty} 0$$

pour justifier l'aspect triangulaire du spectre de ce signal



(A_0, f_0) : paramètres de la porteuse, f_m : cte de modulation



10/ Ecrire $z(t)$ en fct. de $y(t) = x^2(t) = e^{j2\varphi(t)}$
 (Rappel : $x(t) = e^{j\varphi(t)}$: enveloppe complexe de $s_{Fn}(t)$).

$$z(t) = \beta s_{Fn}^2(t) = \beta A_0^2 \cos^2(2\pi f_0 t + \varphi(t)) = \frac{\beta A_0^2}{2} (1 + \cos(4\pi f_0 t + 2\varphi(t)))$$

$$\Rightarrow z(t) = \frac{\beta A_0^2}{2} + \frac{\beta A_0^2}{4} \left[e^{j4\pi f_0 t} \cdot \underbrace{e^{j2\varphi(t)}}_{y(t)} + e^{-j4\pi f_0 t} \cdot \underbrace{e^{-j2\varphi(t)}}_{y^*(t)} \right]$$

2° Donner l'expression du spectre de $z(t)$ en fct. de celle de $y(t)$.

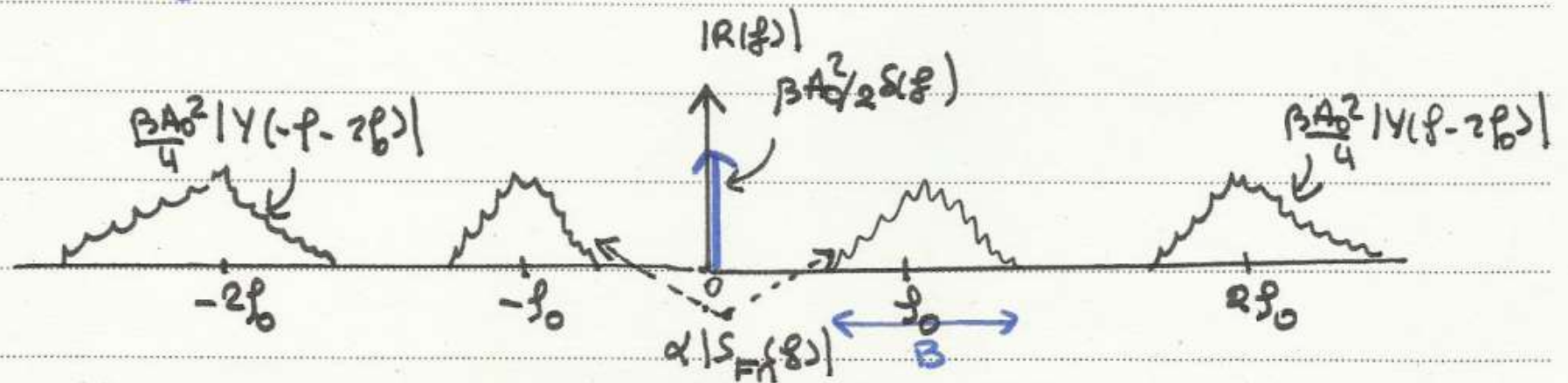
$$Z(f) = \text{TF} \left\{ \frac{\beta A_0^2}{2} + \frac{\beta A_0^2}{4} e^{j4\pi f_0 t} y(t) + \frac{\beta A_0^2}{4} e^{-j4\pi f_0 t} y^*(t) \right\}$$

$$= \frac{\beta A_0^2}{2} S(f) + \frac{\beta A_0^2}{4} Y(f - 2f_0) + \frac{\beta A_0^2}{4} Y^*(-f - 2f_0)$$

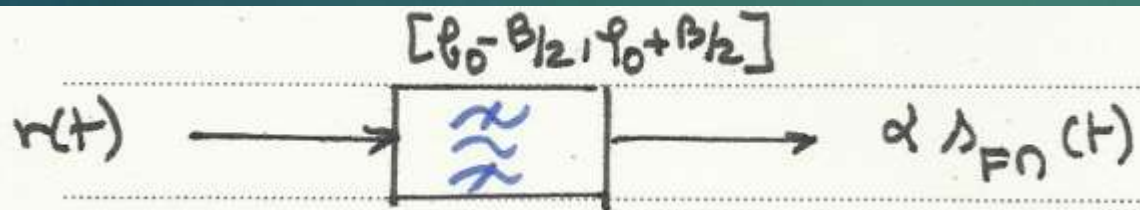
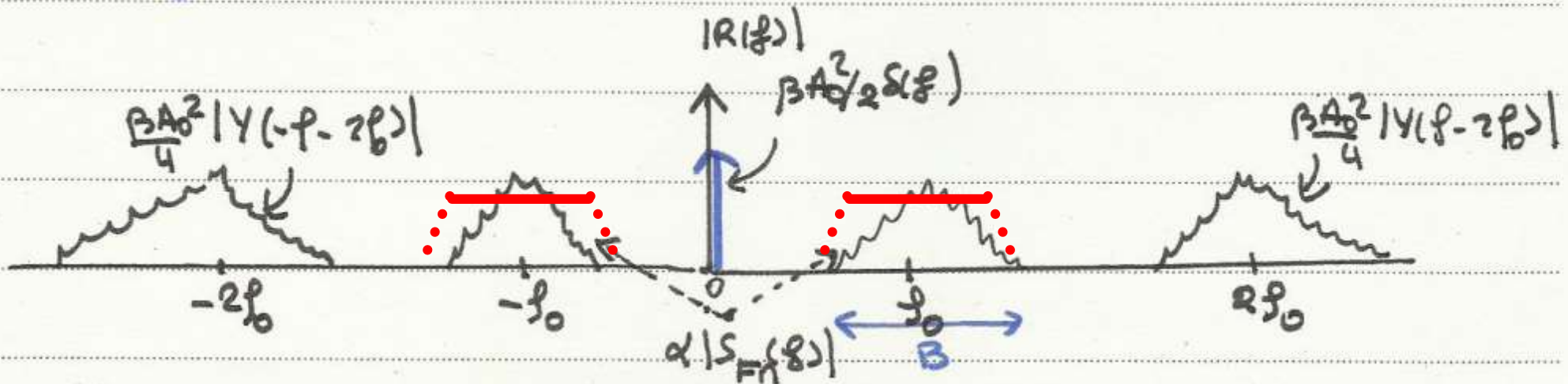
3° Tracer le spectre de la sortie du bloc non linéaire $r(t)$.

$$R(f) = \alpha S_{Fn}(f) + \frac{\beta A_0^2}{2} S(f) + \frac{\beta A_0^2}{4} Y(f - 2f_0) + \frac{\beta A_0^2}{4} Y^*(-f - 2f_0)$$

hyp $|Y(f)| \xrightarrow{|f| \rightarrow +\infty} 0$

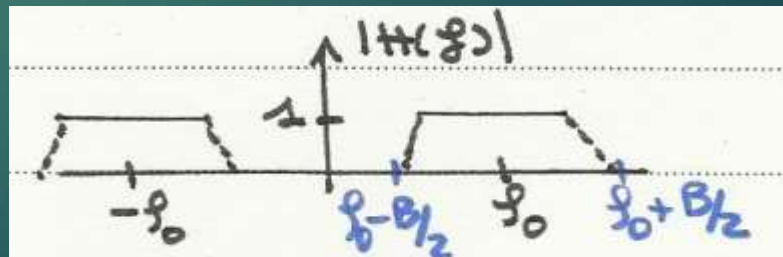


4° Dites comment récupérer $s_{Fn}(t)$ à partir de $r(t)$

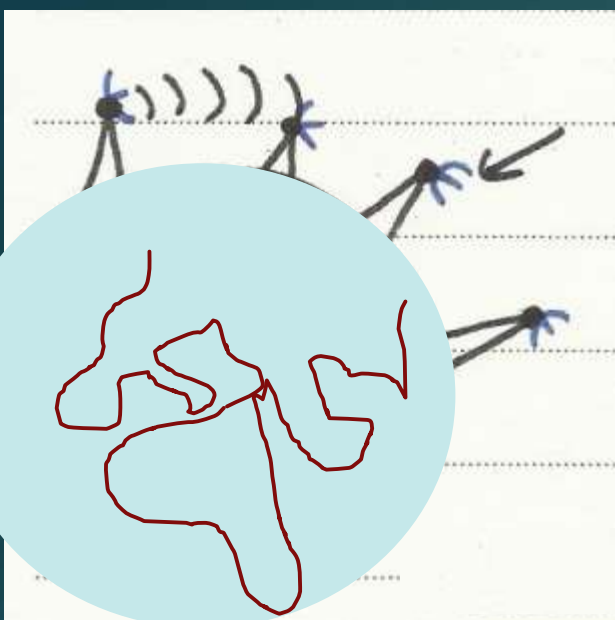


$$\begin{aligned} \text{TF}^1(j\omega) S_{Fn}(\omega) &= R(\omega) \cdot H(\omega) \\ dS_{Fn}(t) &= r(t) * h(t) \end{aligned}$$

avec




La modulation FPM est une modulation robuste aux non linéarités



antenne relais utilisée comme répétiteur
du signal : reçoit le signal, l'amplifie
et le ré-émet vers une autre station relais
jusqu'à parvenir au destinataire.

The diagram shows a ground station on the left with an antenna emitting a signal (represented by three curved lines) towards a relay station on the right. The relay station has an antenna that receives the signal and then re-emits it towards a final destination on the far right. A circular inset shows a map of Africa.

Inconvénients : coût matériel, courbure de la Terre



← utiliser le satellite comme amplificateur
(TX satellitaire)

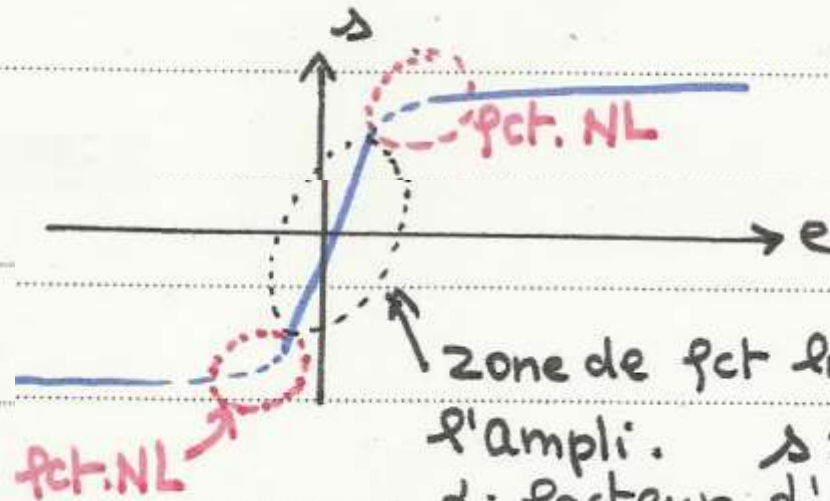
The diagram shows a ground station on the left with an antenna emitting a signal (represented by three curved lines) towards a satellite in orbit. The satellite has an antenna that receives the signal and then re-emits it back towards the ground station. A circular inset shows a map of Africa.

Angle solide
d'ouverture du satellite

présence de plusieurs étages d'amplification embarqués
sur le satellite

pour la zone de fct non linéaire

$$s = \alpha e + \beta e^2 + \gamma e^3 + \dots$$



Caractéristique d'un ampli.

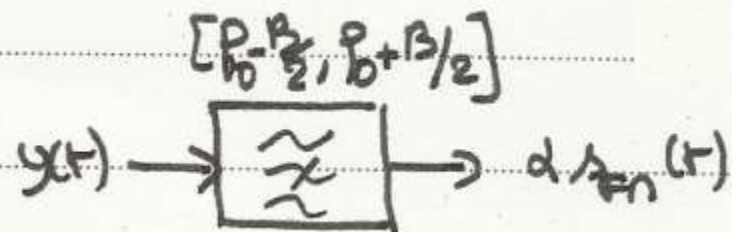
$$s = f(e)$$

↑ output ↑ input

zone de fct linéaire de
l'ampli. $s \approx \alpha \cdot e$

α : facteur d'amplification

$$y(t) = \alpha s_{Fn}(t) + \underbrace{\beta s_{Fn}^2(t) + \gamma s_{Fn}^3(t) + \dots}_{\text{distorsion apportée à } s_{Fn}(t)}$$



signal F_n restitué par simple
filtrage passe-bande autour de f_0