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

COURS TECHNIQUES DE TRANSMISSION

FILIERE : GL2 - INSAT

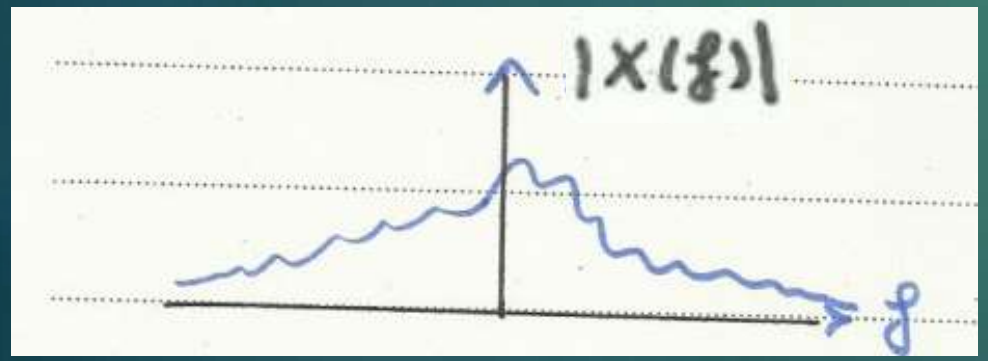
RESPONSABLE DU COURS/TD : RIM AMARA

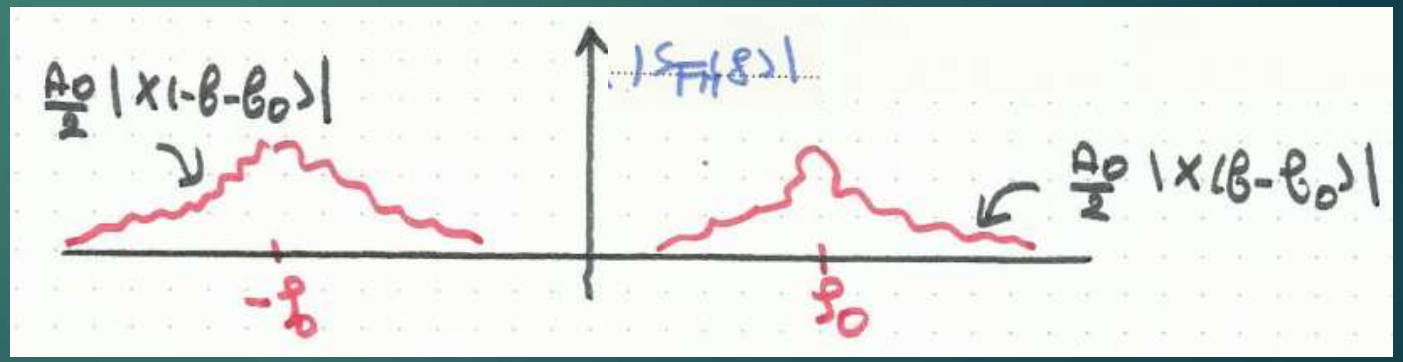
Robustesse de la modulation FM aux non linéarités

<u>Application</u> le signal FM est supposé vérifier la cdn condition

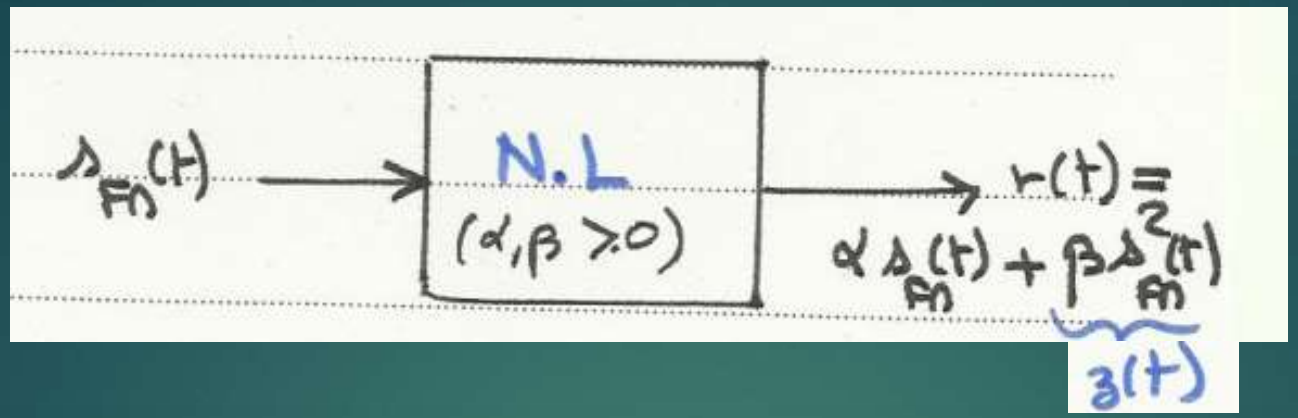
$$|S_{FM}(f)| \xrightarrow[|f| \to +\infty]{} 0$$

pour justifier l'aspect triangulaire du spectre de ce signal





(A_0, f_0) : paramètres de la porteuse, k_{fm} : cte de modulation



1°/ 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 $s_{Fn}(t)$).

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

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

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

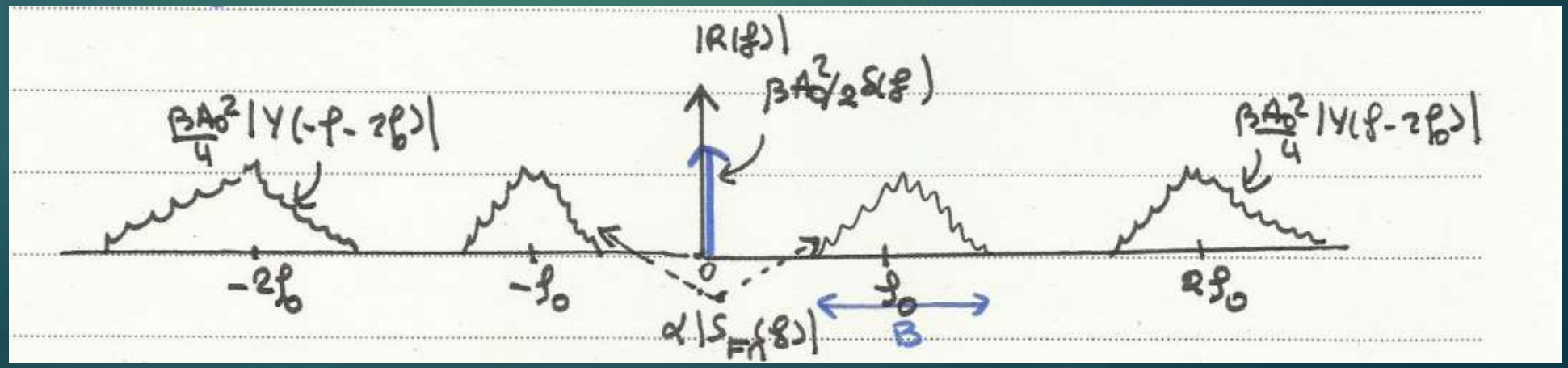
$$Z(f) = TF\left\{ \frac{\beta A_0^2}{2} + \frac{\beta A_0^2}{4} e^{j4\pi f_0 t} \cdot y(t) + \frac{\beta A_0^2}{4} e^{-j4\pi f_0 t} \cdot y^*(t) \right\}$$

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

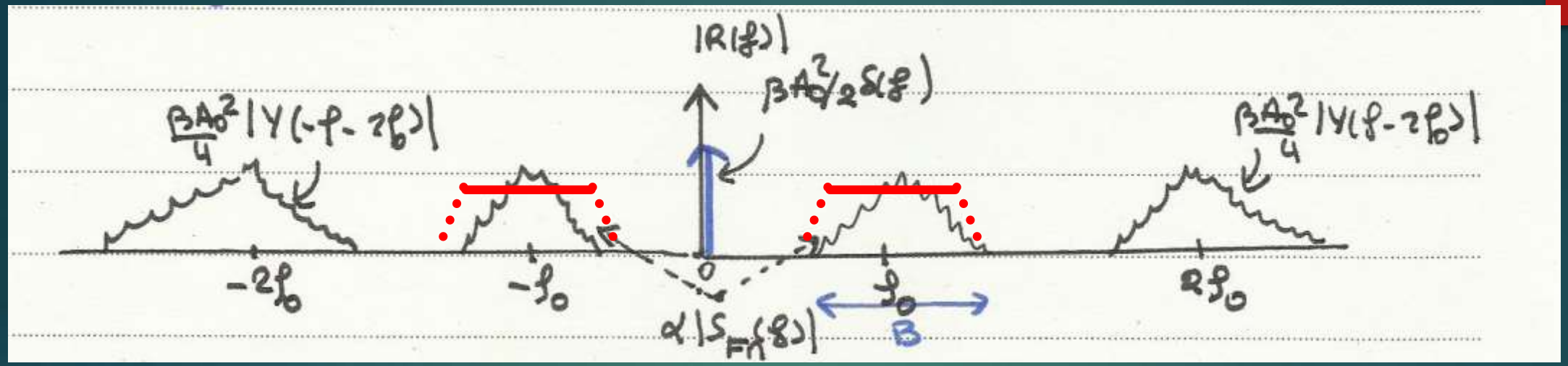
3°/ Tracer le spectre de la sortie du bloc non linéaire $r(t)$

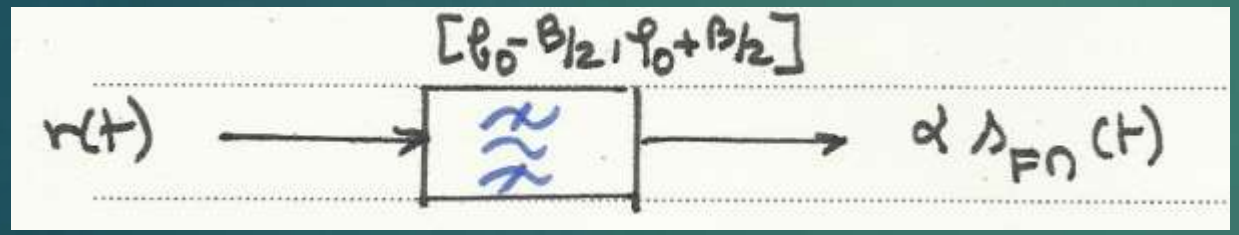
$$R(f) = \alpha S_{FM}(f) + \frac{\beta A_0^2}{2} \delta(f) + \frac{\beta A_0^2}{4} Y(f - 2f_0) + \frac{\beta A_0^2}{4} Y^*(-f - 2f_0)$$

Hyp $\quad |Y(f)| \xrightarrow[|f| \to +\infty]{} 0$



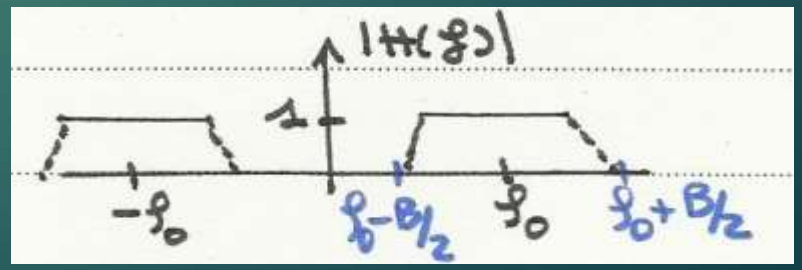
4°/ Dites comment récupérer $s_{FM}(t)$ à partir de $r(t)$



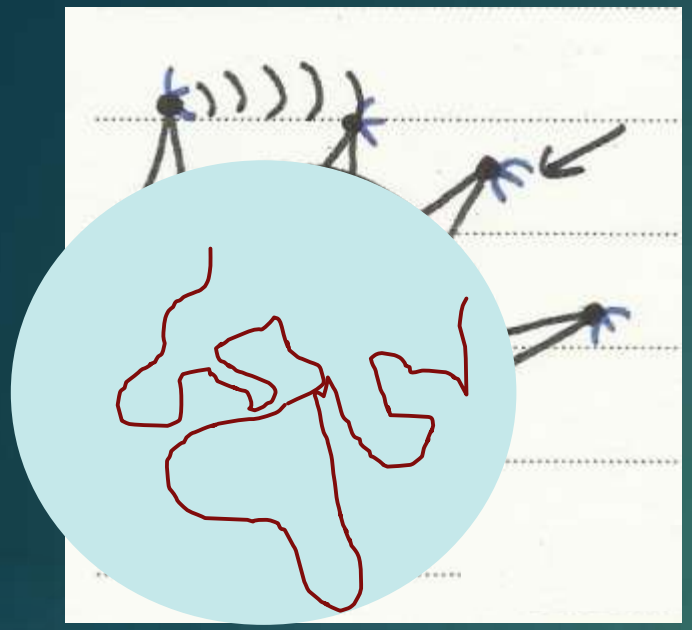


$$\text{TF}^{-1}\begin{cases} \alpha S_{FM}(f) = R(f)\cdot H(f) \\ \alpha s_{FM}(t) = r(t) * h(t) \end{cases}$$

avec

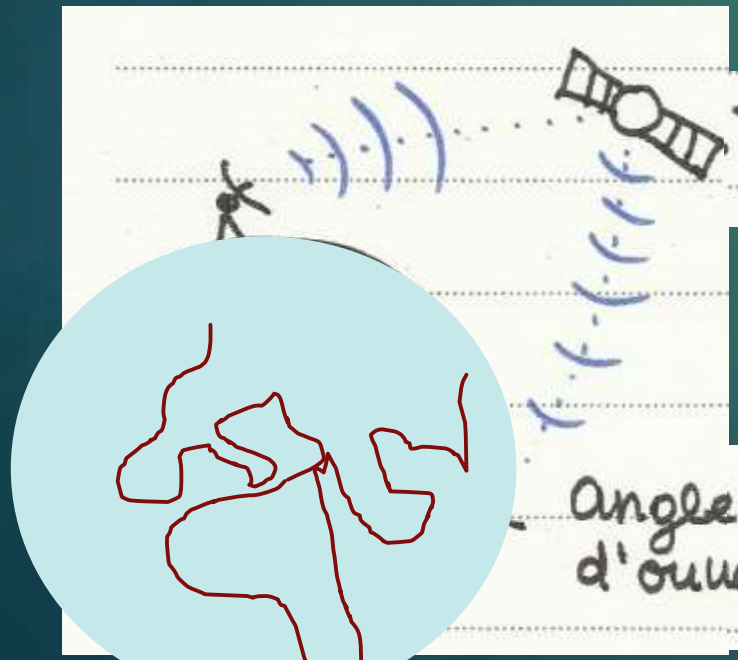


La modulation FM est une modulation robuste aux non linéarités



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

<u>Inconvénients</u> : coût matériel, courbure de la terre



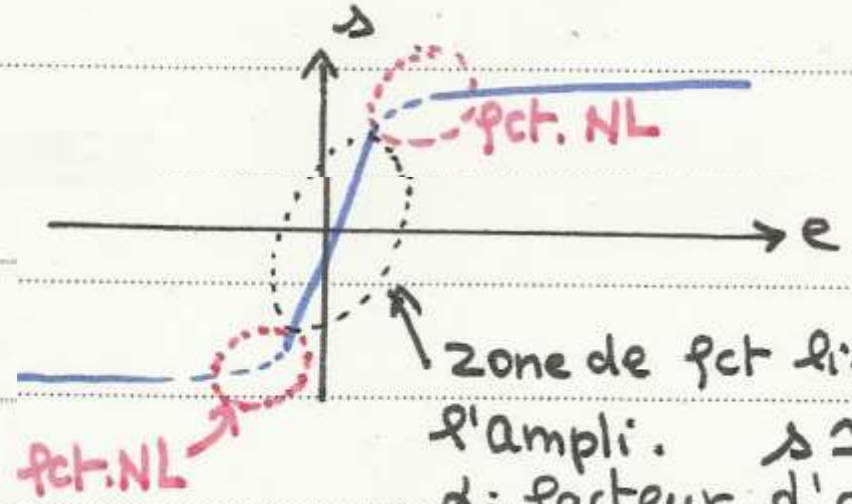
← utiliser le satellite comme amplificateur (TX satellitaire)

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.

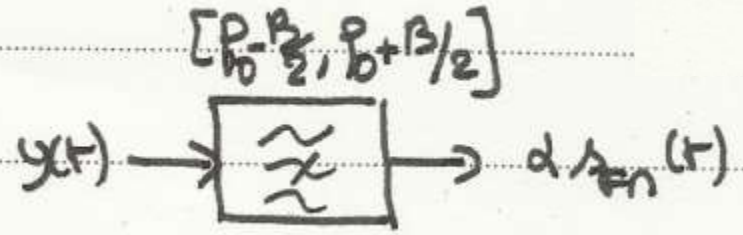
$s = f(e)$

output input

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

α : facteur d'amplification

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



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