Chapitre 5 : Codage en ligne et modulations numériques (partie 2)

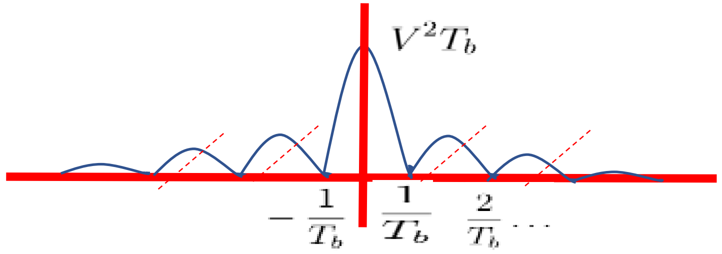
Cours Techniques de transmission

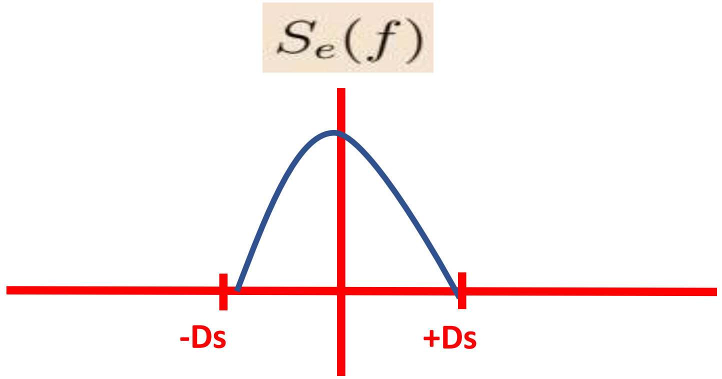
GL2-INSAT

Responsable du module : Rim Amara Boujemâa

(1/10) e(t) : signal en bande de base de bande fréquentielle proportionnelle à Ds

- On a tronqué le spectre du signal (en sinus cardinal), ici on a gardé le lobe principal du sinus cardinal corresp.à l'intervalle [-Ds,Ds]
- Dans la suite, on adoptera le spectre de puissance ou dsp suivante pour la sortie d'un codeur en ligne





- La largeur de bande de la sortie du codeur en ligne (qui joue le rôle du modulant) est de l'ordre de 2Ds (proportionnelle à Ds).
- On rappelle que ce débit symbole est lié Db → la largeur de bande du modulant est d'autant + importante que le débit requis est important

(2/10) Modulation par Déplacement d'Amplitude (MDA) ou ASK : Amplitude Shift Keying

le signal modulé selon la MDA s'écrit

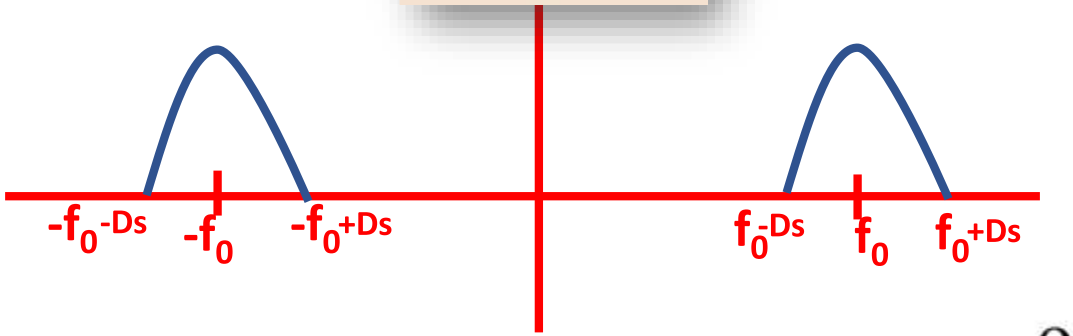
MDA : Cas particulier de DBSP

modulant

$$s_{MDA}(t) = A_0 e(t) cos(2\pi f_0 t + \psi_0) \quad \text{où} \quad e(t) = \sum_k a_k h(t - kT_s)$$

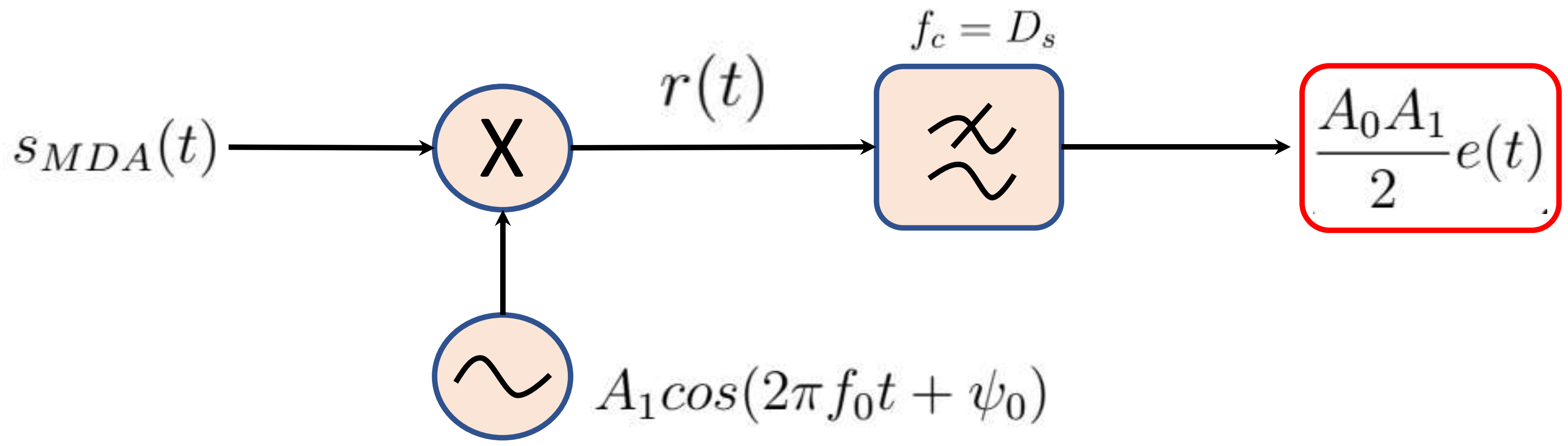
on adoptera l'allure suivante pour la dsp ou spectre en puissance du signal modulé

$$S_{s_{MDA}}(f)$$



occupation spectrale $B = 2D_s$

(3/10) Démodulation cohérente de la MDA



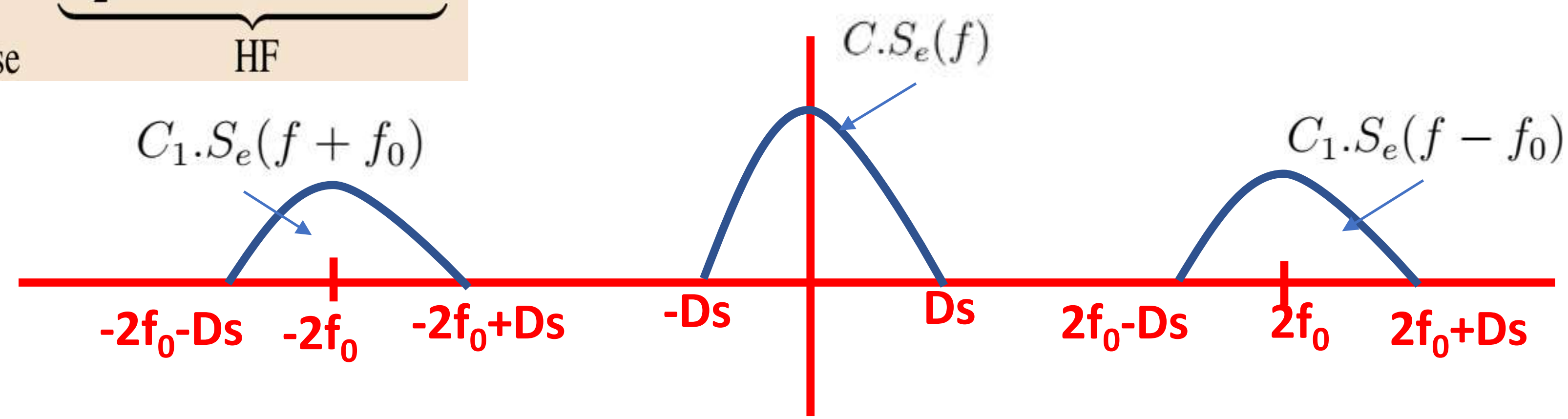
$$r(t) = \frac{A_0 A_1}{2}(1 + cos(4\pi f_0 t + 2\psi_0))e(t) = \underbrace{\frac{A_0 A_1}{2} e(t)}_{\text{en bande de base}} + \underbrace{\frac{A_0 A_1}{2} cos(4\pi f_0 t + 2\psi_0) e(t)}_{\text{HF}}$$

après filtrage en bande de base à la fréquence de coupure $f_c = D_s$, on récupère, à une constante multiplicative près, la sortie du codeur en ligne $\boxed{\frac{A_0 A_1}{2} e(t)}$

(4/10) Démodulation cohérente de la MDA

$$r(t) = \frac{A_0A_1}{2}(1+cos(4\pi f_0 t + 2\psi_0))e(t) = \underbrace{\frac{A_0A_1}{2}e(t)}_{\text{en bande de base}} + \underbrace{\frac{A_0A_1}{2}cos(4\pi f_0 t + 2\psi_0)e(t)}_{\text{HF}}$$

vous avez le droit de tracer directement le spectre de puissance $r(t)$ comme suit



à moins qu'on vous donne la démarche pour déterminer exactement la dsp

■ commencer par déterminer moyenne et autocorrélation de $r(t)$, remarquer que le signal n'est pas SSL mais qu'il est plutôt cyclostationnaire ; procéder au calcul de la FAM (Fonction d'Autocorrélaion Moyennée) puis à celui de la dsp ■.

(5/10) Modulation d'amplitude sur 2 porteuses en quadrature de phase (MAQ)

le signal modulé selon la MAQ s'écrit $s_{MAQ}(t) = A_0 a(t) cos(2\pi f_0 t) - A_0 b(t) sin(2\pi f_0 t)$

somme de deux signaux modulés MDA par 2 porteuses en quadrature de phase où

- $a(t) = \sum_k a_k h(t - kT_s)$: composante en phase corresp. aux symboles a_k
- $b(t) = \sum_k b_k h(t - kT_s)$: composante en quadrature de phase corresp. aux symboles b_k
- les symboles (a_k, b_k) : des symboles $M-$aires

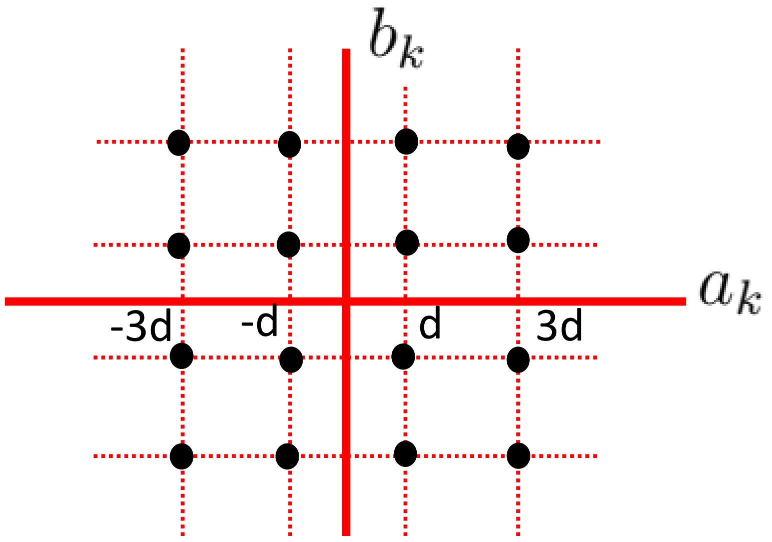
$a_k, b_k \in \{\pm d, \pm 3d, \ldots, \pm(M-1)d\}$: alphabet de modulation MAQ

on a bien un couple de symboles $(\underbrace{a_k}_{nbits}, \underbrace{b_k}_{nbits})$ de longueur $2n$ bits et qui peut prendre M^2 valeurs possibles.

on parle de MAQ à M^2 états (MAQ$-M^2$)

(6/10) Constellation de la modulation MAQ-16

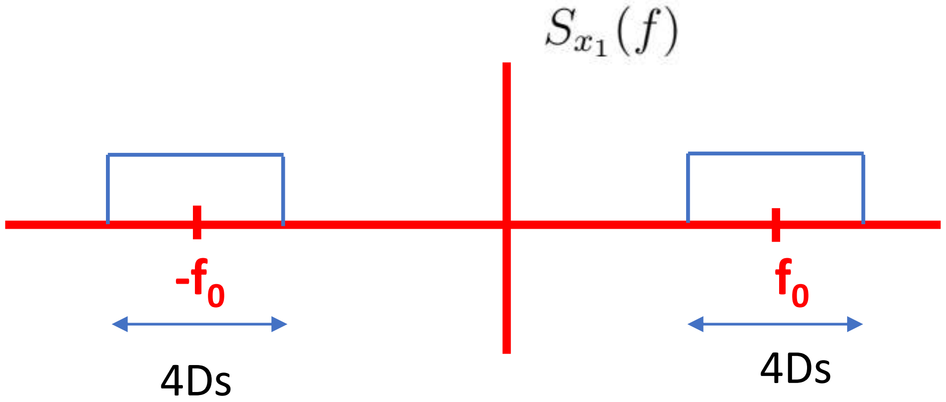
$$M^2 = 16 \Rightarrow M = 4 \Rightarrow a_k, b_k \in \{\pm d, \pm 3d\}$$

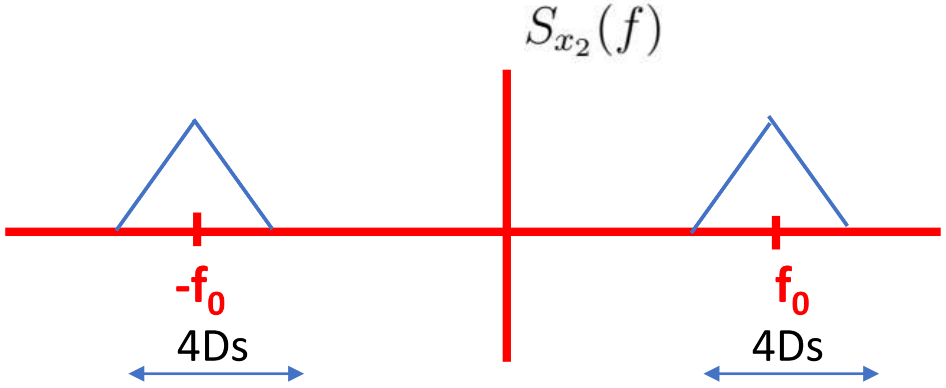


Application 1 : cas de calcul de la dsp du signal MAQ

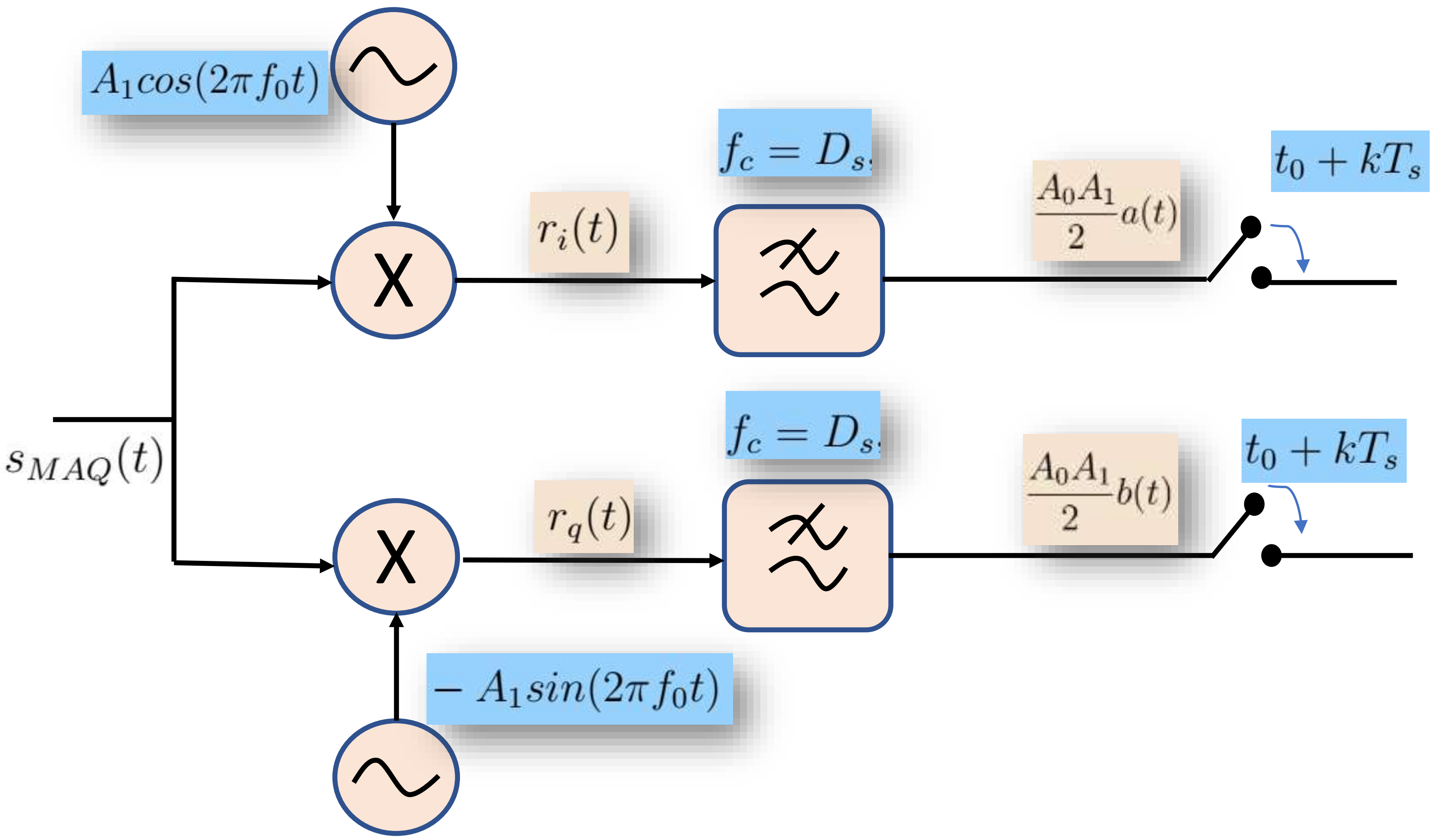
$$s_{MAQ}(t) = \underbrace{A_0 a(t) cos(2\pi f_0 t)}_{x_1(t)} - \underbrace{A_0 b(t) sin(2\pi f_0 t)}_{x_2(t)}$$

Exo : En supposant $x_1(t)$ et $x_2(t)$ SSL de dsp respectives $S_{x_1}(f)$ et $S_{x_2}(f)$ et que $a(t)$ et $b(t)$ sont centrés et décorrélés, trouver la dsp de $s_{MAQ}(t)$ et tracer son allure, on donne





(7/10) Démodulateur cohérent à 2 branches de la MAQ



Application 2 : détails de la démodulation MAQ

Exo

1. Ecrire les signaux à la sortie des filtres en bande de base

2. Écrire les valeurs du signal à la suite des 2 échantillonneurs

(8/10) Modulation par déplacement de phase (MDP) ou PSK : phase shift Keying

Le signal modulé selon la MDP s'écrit

$$s_{MDP}(t) = A_0 cos(2\pi f_0 t + \Phi(t)) \text{ avec } \Phi(t) = \sum_k \Phi_k h(t - kT_s)$$

$\phi_k \in \{\theta_0 + (2m+1)\frac{\pi}{M};\ 0 \leq m \leq M-1\}$: alphabet de modulation de La MDP

sur chaque intervalle symbole $[kT_s, (k+1)T_s[$, $s_{MDP}(t) = A_0 cos(2\pi f_0 t + \Phi_k)$

lorsqu'on prend une mise en forme rectangulaire qui vaut 1 sur $[0, T_s[$

En effet, $\sum_n \Phi_n h(t - nT_s) = \phi_k$ pour tout $t \in [kT_s, (k+1)T_s[$

Application 3 : tracer l'allure temporelle d'un signal MDP

(9/10) Modulation par déplacement de phase (MDP) ou PSK : phase shift Keying

ainsi, un deuxième expression pour le signal MDP est

$$s_{MDP}(t) = A_0 \sum_k cos(2\pi f_0 t + \phi_k) h(t - kT_s)$$

qu'on peut écrire aussi

$$s_{MDP}(t) = A_0 \underbrace{\boxed{\left(\sum_k cos(\phi_k) h(t - kT_s)\right)}}_{a(t)} cos(2\pi f_0 t) - A_0 \underbrace{\boxed{\left(\sum_k sin(\phi_k) h(t - kT_s)\right)}}_{b(t)} sin(2\pi f_0 t)$$

cas particulier d'un signal MAQ coresp. aux symboles en phase $a_k = cos(\phi_k)$ et aux symboles en quadrature de phase $b_k = sin(\phi_k)$

→ même principe de démodulation que la MAQ (exo : rajouter le bloc pour extraire les ϕ_k

Application 4 : donner et vérifier la structure du démodulateur pour la MDP