

Formules: BPSK: $s(t) = \pm U \cos(2\pi f_0 t)$ QPSK: $s(t) = \pm \frac{U}{\sqrt{2}} \cos(2\pi f_0 t) \pm \frac{U}{\sqrt{2}} \sin(2\pi f_0 t)$
 $P_e = \frac{1}{2} \text{erfc}(\sqrt{\frac{E_b}{2P_w}})$ Probabilité d'erreur par symbole: $P_e = \text{erfc}(\sqrt{\frac{E_b}{2P_w}})$ bit: $\text{BER} = \frac{1}{2} \text{erfc}(\sqrt{\frac{E_b}{2P_w}})$

Le débit symbolique R : $R = \frac{1}{T}$
 en bauds

Le débit binaire R_b : $R_b = \frac{1}{T_b}$
 en bits. s^{-1}

M : nombre de symboles (valeurs) m : nombre de bits par symbole
 $M = 2^m$ donc $R_b = R \log_2(M) = R \cdot m$ en bits. s^{-1}

T : durée symbolique

E_c : ($M=4$: 00, 01, 10, 11) canal: filtre passe bande de largeur B

$$C = B \log_2 \left(1 + \frac{S}{N} \right) \text{ en bits. } s^{-1}$$

C : capacité du canal

B : bande occupée en Hz

$\frac{S}{N}$: rapport signal sur bruit

Si $\left(\frac{S}{N}\right)_{dB}$ en dB: $\frac{S}{N} = 10^{(S/N)_{dB}/10}$

Donc $R_b \leq C$

Pas d'interférence inter-symboles (IIS) si: $B \geq R$

$$\text{BER} = \frac{n \text{ bit erronés}}{n \text{ bit transmis}}$$

Énergie transmise

$$E_0 = T a_k^2 / 2$$

T : durée de l'émission

$$\text{erfc}(x) = \frac{1}{\sqrt{\pi}} \int_x^{+\infty} \exp(-y^2) dy$$

$$\approx \frac{1}{\sqrt{\pi}} \exp(-x^2)$$

Signal passe-bande: forme canonique FC1

$$s(t) = S_I(t) \cos(2\pi f_0 t) - S_Q(t) \sin(2\pi f_0 t)$$

$S_I(t)$: composante en phase, $S_Q(t)$ en quadrature

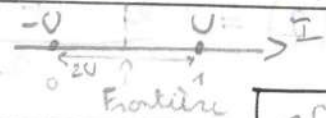
FC 2: $\Delta(t) \cos(2\pi f_0 t + \varphi(t)) a(t)$

$$a_k(t) = a_k \cos(2\pi f_0 t + \varphi_k) \text{ pour FC2}$$

$$a_k(t) = a_R \cos(\varphi_k) \cos(2\pi f_0 t) + a_I \sin(\varphi_k) \sin(2\pi f_0 t) \text{ pour FC1}$$

$$S_I = a_k \cos(\varphi_k) \quad S_Q = a_k \sin(\varphi_k) \quad Z_k = S_I + j S_Q$$

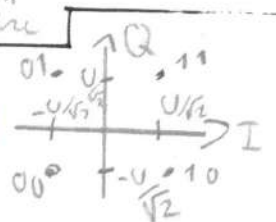
BPSK ($M=2$) $\varphi_0=0, \varphi_1=\pi, a_0=a_1=U = \sqrt{\frac{2E_0}{T}}$



QPSK ($M=4$) $\varphi_0=\frac{\pi}{4}, \varphi_1=\frac{3\pi}{4}, \varphi_2=\frac{5\pi}{4}, \varphi_3=\frac{7\pi}{4}$

$$a_k = U = \sqrt{\frac{2E_0}{T}} \quad \text{FC1 } s(t) = \frac{\pm U}{\sqrt{2}} \cos(2\pi f_0 t) + \frac{\pm U}{\sqrt{2}} \sin(2\pi f_0 t)$$

$$P_e \approx \text{erfc}(\sqrt{\frac{E_b}{2P_w}}) \text{ (Pour un symbole)} \quad \text{BER} \approx \frac{1}{2} \text{erfc}(\sqrt{\frac{E_b}{2P_w}})$$

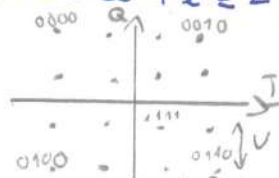


QAM: $s(t) = a_i U \cos(2\pi f_0 t) + b_i U \sin(2\pi f_0 t)$

a_i et b_i dépendent du symbole à transmettre $P_e = 2(1 - \frac{1}{\sqrt{M}}) \text{erfc}(\sqrt{\frac{3E_m}{2(M-1)P_w}})$

$M = 2^m = L^{2m}$ ex: 16 QAM, $m=4, M=16=2^4=4^2$

(QAM-16)



FSK, MSF : $s(t) = U \cos(2\pi(f_0 + a_k \Delta f) t)$, $a_k = \pm \frac{1}{2}, \pm \frac{3}{2} \dots \pm \frac{(M-1)}{2}$

$S(f)$ MPSK/QAM $\propto |H(f-f_0)|^2$ pulses carrés, $H(f) = T \text{sinc}(\pi f T)$

donc $S(f) \propto \text{sinc}^2(\pi(f-f_0)T)$

Pom indébit R_b et un encombrement spectral B on déf. l'efficacité

par : $\rho = \frac{R_b}{B}$ en $\text{b.s}^{-1} \cdot \text{Hz}^{-1}$ $T_b = \frac{T}{m}$

Pom MPSK ou QAM : (efficacité)

Bande $\Rightarrow B = \frac{1}{T} = \frac{1}{m T_b} = \frac{R_b}{\log_2(M)}$

donc $\rho_{\text{PSK-M/QAM}} = \log_2(M)$

Pom du MSK : (efficacité)

$B = \frac{M}{2T} = \frac{M R_b}{2 \log_2(M)}$

$\rho_{\text{FSK-M}} = \frac{2 \log_2(M)}{M}$

Formules d'Euler :

$\cos(\theta) = \frac{e^{i\theta} + e^{-i\theta}}{2}$

$\sin(\theta) = \frac{e^{i\theta} - e^{-i\theta}}{2}$

