

TD2: Modulations numériques et transmission sur canal réel bruité

03/02/06

① Modulation « QAM »

1.1 Modulation d'amplitude

$$g(t) = \cos(2\pi f_g t)$$

$$n_A(t) = x(t) \cos(2\pi f_g t)$$

Modulation en phase

$$n_\varphi(t) = \cos(2\pi f_g t + \varphi)$$

1.2 Modulation en amplitude et en phase

$$n(t) = x(t) \cos(2\pi f_g t + y(t))$$

$$= x(t) [\cos(2\pi f_g t) \cos(y(t)) - \sin(2\pi f_g t) \sin(y(t))]$$

$$= x(t) \cos(y(t)) \cos(2\pi f_g t) - x(t) \sin(y(t)) \sin(2\pi f_g t)$$

$$I(t) = x(t) \cos(y(t))$$

$$Q(t) = -x(t) \sin(y(t))$$

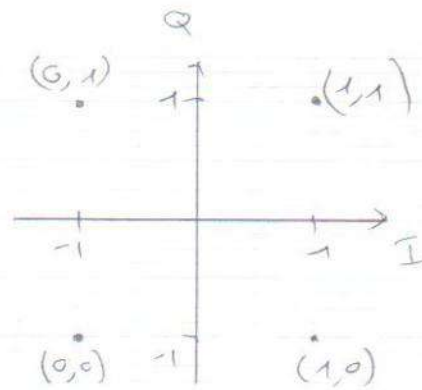
$$\left. \begin{array}{l} x(t) \\ y(t) \end{array} \right\} \text{ binaire}$$

$$0 \rightarrow -1$$

$$1 \rightarrow +1$$

	00	01	10	11
I	-1	-1	+1	+1
Q	-1	+1	-1	+1

1.3



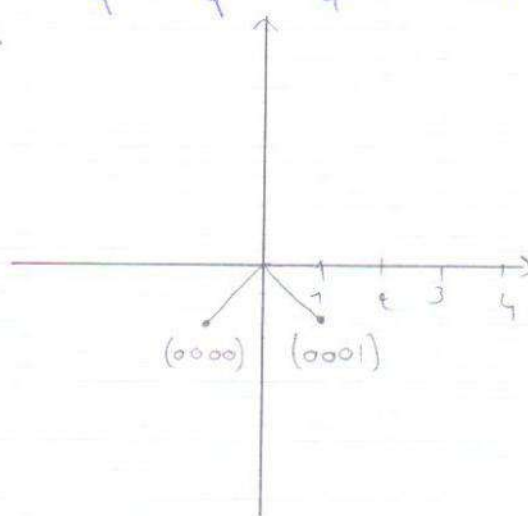
On appelle ça (QAM 4)

QAM 16: Exemple

$x = 1 \ 2 \ 3 \ 4$ correspondant à 00 01 11 10

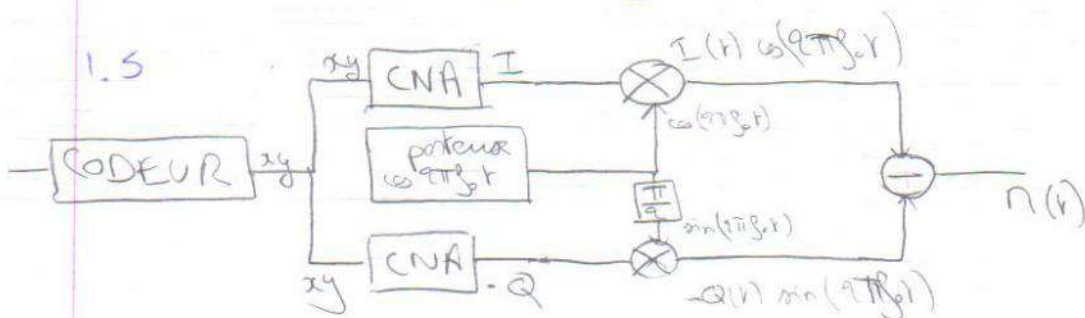
$y = -\frac{3\pi}{4} \ -\frac{\pi}{4} \ +\frac{\pi}{4} \ +\frac{3\pi}{4}$ correspond à 00 01 11 10

angle



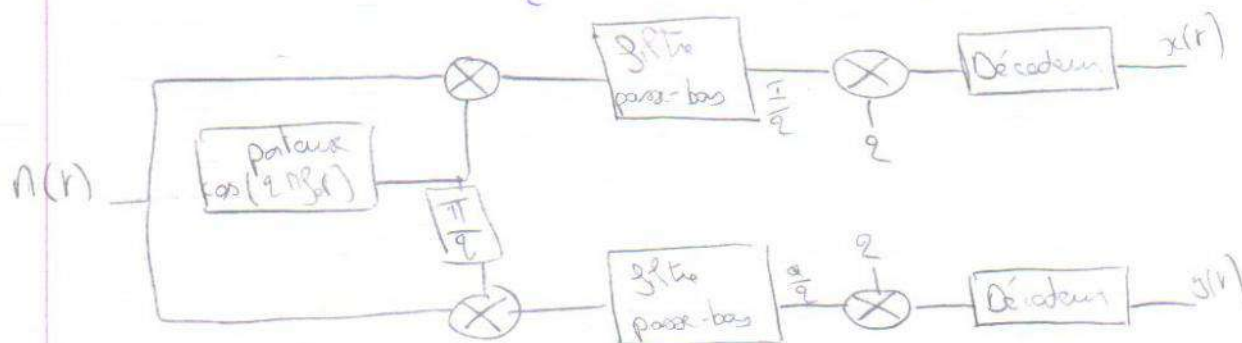
1.4 Si on prend de très grande valeur, il y a risque de superposition (pts confondus)

1.5



$$\begin{aligned}
 n(t) \cos(2\pi f_c t) &= I(t) \cos^2(2\pi f_c t) + Q(t) \sin(2\pi f_c t) \cos(2\pi f_c t) \\
 &= I(t) \frac{1}{2} (1 + \cos(4\pi f_c t)) + Q(t) \frac{1}{2} \sin(4\pi f_c t) \\
 &= \frac{I(t)}{2} + \frac{I(t)}{2} \cos(4\pi f_c t) + \frac{Q(t)}{2} \sin(4\pi f_c t)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 n(t) \sin(2\pi f_c t) &= I(t) \frac{1}{2} \sin(4\pi f_c t) + Q(t) \frac{1}{2} (1 - \cos(4\pi f_c t)) \\
 &= \frac{I(t)}{2} \sin(4\pi f_c t) + \frac{Q(t)}{2} - \frac{Q(t)}{2} \cos(4\pi f_c t)
 \end{aligned}$$



② Bruit et décision

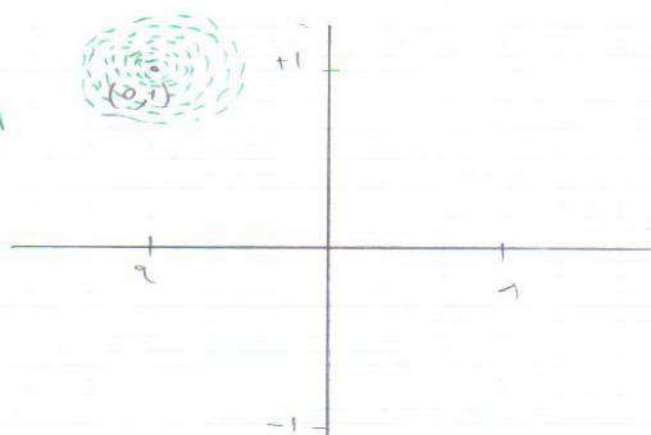
2.1 Il va rester entre les bords du filtre

On peut représenter un bruit filtré passe-bande par une fonction quasi-sinusoidale. La fréquence concernée peut avoir n'importe quelle valeur dans cette bande de fréquence. Le bruit a une amplitude et une phase aléatoire.

Bruit $\Rightarrow$ Set sinusoidale modulé en phase et en amplitude, d'où QAM

2.2

bruit



Nuage circulaire autour de chaque points

2.3
$$b g(t) = n' \cos(2\pi f_c t + n'')$$

 $(b g(t) + n(t) \hat{=} f_a g(t))$

$$b g(t) = n' \cos(2\pi f_c t + n'')$$

$$= n' [\cos(2\pi f_c t) \cos n'' - \sin(2\pi f_c t) \sin n'']$$

2.4
$$b g(t) + n(t) = n' [\cos(2\pi f_c t) \cos n'' - \sin(2\pi f_c t) \sin n'']$$

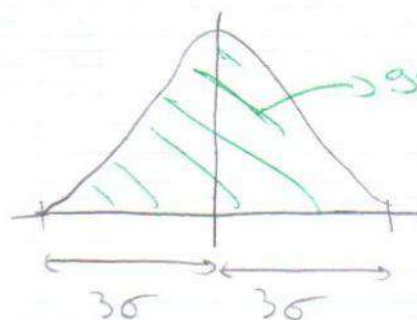
 $+ I(t) \cos(2\pi f_c t) + Q(t) \sin(2\pi f_c t)$

$$= I'(t) \cos(2\pi f_c t) + Q'(t) \sin(2\pi f_c t)$$

$$\Rightarrow I'(t) = n' \cos n'' + I(t)$$

$$Q'(t) = -n' \sin n'' + Q(t)$$

2.5

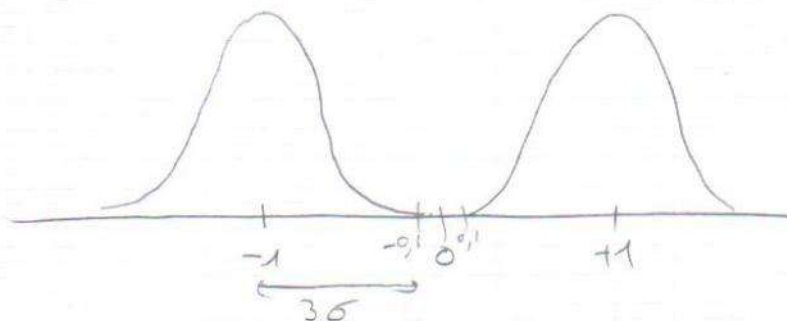


99% du signal

TD comm num

On va avoir 2 gaussiennes

03/04/05



$$I = \pm 1 \Rightarrow I' = \pm 1 + N_1$$

$$Q = \pm 1 \quad Q' = \pm 1 + N_1$$

99% de chance d'être dans l'intervalle de 3σ