

12-12-11

Sujet 4: Modulatⁿ numéri^q Multiplexage

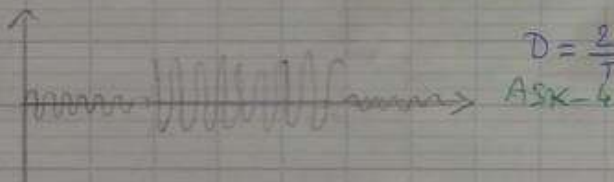
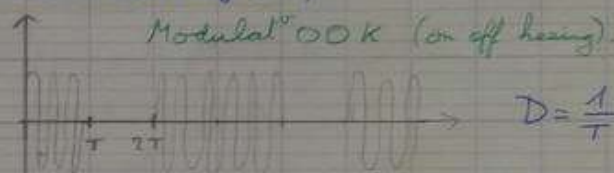
Rappel

- Signal quasi-sinusoidal → spectre à borne étroite.
- En bande transportée, le débit brut doit au 0 être égale à : $1/T$.
- Modulatⁿ numéri^q → le modulant est un signal numéri^q.
→ l'état de la porteuse (phase, amplitude, freq) reste cste pdt une période T et prend un nbre fini de valeurs. $R = 1/T = \text{débit brut}$.

1. Constellation

1. Modulatⁿ d'amplitude → $s(t) = x(t) \cos(\omega_c t + \phi)$

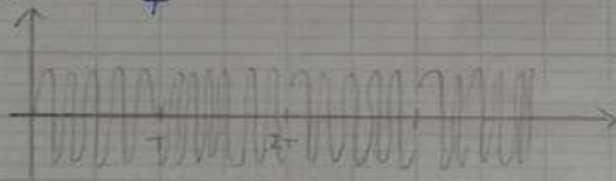
signal NRZ (de 0 → +)



Modulatⁿ de phase → $s(t) = A \cos(\omega_c t + \phi(t))$

QPSK (M valeurs = 4) - $D = \frac{2}{T}$

ab	ϕ_b
0 0	0
0 1	$\pi/2$
1 1	π
1 0	$3\pi/2$

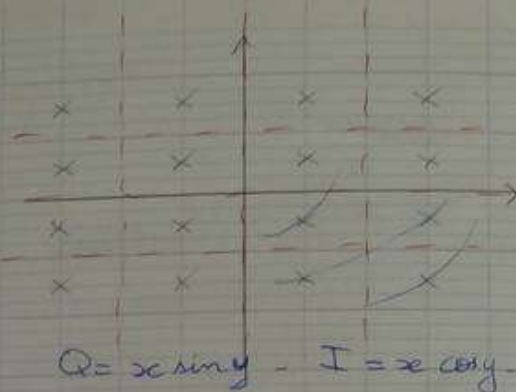
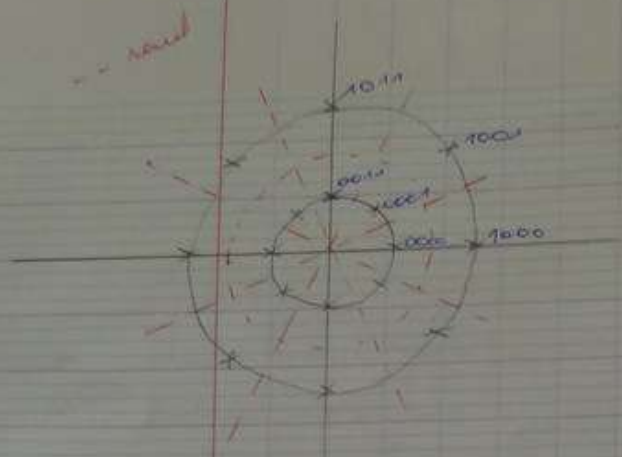


$$2) s(t) = x(t) \cos(\omega_c t + \phi(t))$$

$$= x(t) [\cos(\omega_c t) \cos(\phi(t)) - \sin(\omega_c t) \sin(\phi(t))]$$

$$= \underbrace{x(t) \cos(\phi(t))}_{I(t)} \cos(\omega_c t) - \underbrace{x(t) \sin(\phi(t))}_{Q(t)} \sin(\omega_c t)$$

$$s(t) = I(t) \cos(2\pi f_0 t) - Q(t) \sin(2\pi f_0 t)$$



$$s(t) = I(t) \cos(\omega_c t) - Q(t) \sin(\omega_c t)$$

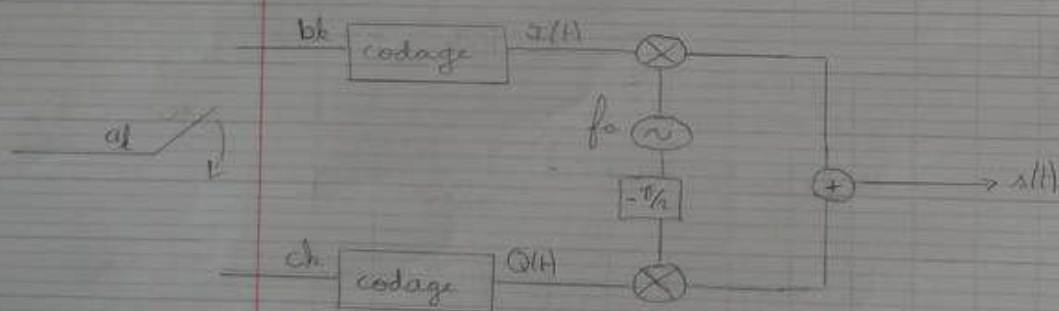
- L'état d'une porteuse peut être représenté par un point du plan.
- I et Q amplitudes algébriques de 2 porteuses déphasées de $\pi/2$
- Ce point est un complexe.
- Modulation phase/amplitude équivalent à modulation en quadrature

codé déphasé de $\pi/2$

$I(t)$: peut prendre 4 valeurs $\neq 0$.

particularité amplitude est pdt $T \Rightarrow NRZ$ (de valence 4 ici)

7) Schéma fonctionnel de modulation



On fait une démodulation cohérente : remultiplication en sortie.

$$r_I(t) = s(t) \cos(\omega_c t)$$

$$r_Q(t) = s(t) (-\sin(\omega_c t))$$

$$r_I(t) = I(t) \cos(\omega_c t) \cos(\omega_c t) - Q(t) \sin(\omega_c t) \cos(\omega_c t)$$

$$\Rightarrow r_I(t) = I(t) \cdot \frac{1}{2} + I(t) \cdot \frac{1}{2} \cos(2\omega_c t) - Q(t) \cdot \frac{1}{2} \sin(2\omega_c t)$$

série de Fourier

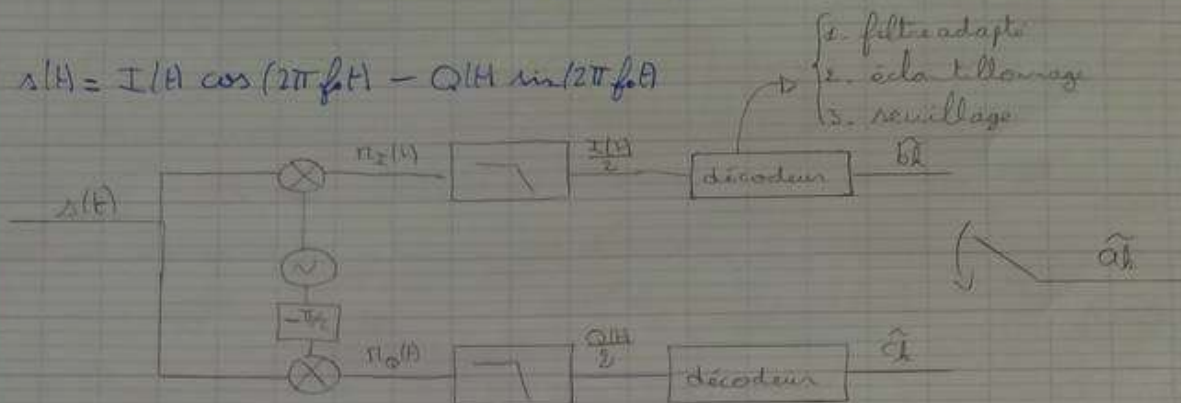
• $I(t) \cdot \frac{1}{2}$ se situe autour de 0, nous avons besoin d'un filtre passe-bas pour supprimer la seconde partie. $I(t) \cdot \frac{1}{2} \cos(2\omega_c t)$ autour de $2f_c$

$$\cos^2(2\pi f_c t) = 1 - \sin^2(2\pi f_c t) = \frac{1}{2} (1 + \cos(4\pi f_c t))$$

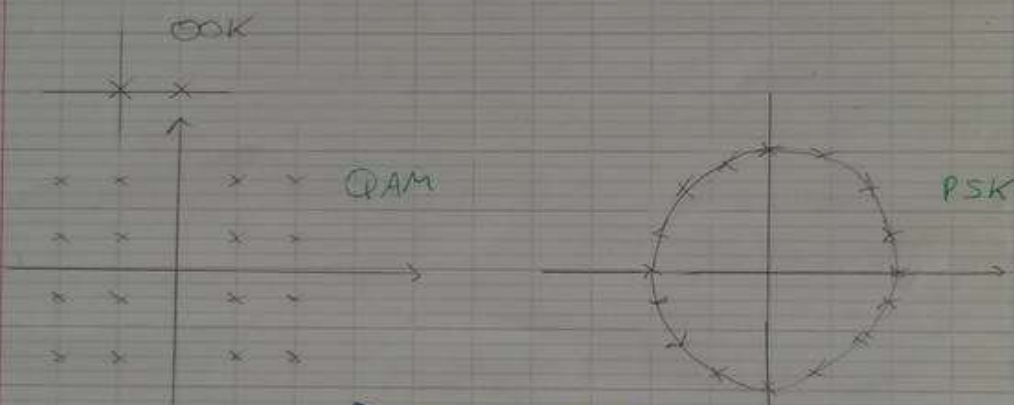
$$\cos(2\pi f_c t) \cdot \sin(2\pi f_c t) = \frac{1}{2} \sin(4\pi f_c t)$$

$$\begin{aligned}
 r_Q(t) &= I(t) \cos(\omega_0 t) (-\sin(\omega_0 t)) + Q(t) \sin^2(\omega_0 t) \\
 &= -\frac{I(t)}{2} \sin(2\omega_0 t) + \frac{Q(t)}{2} - \frac{1}{2} Q(t) \cos(2\omega_0 t)
 \end{aligned}$$

$$s(t) = I(t) \cos(2\pi f_c t) - Q(t) \sin(2\pi f_c t)$$



Demodulateur



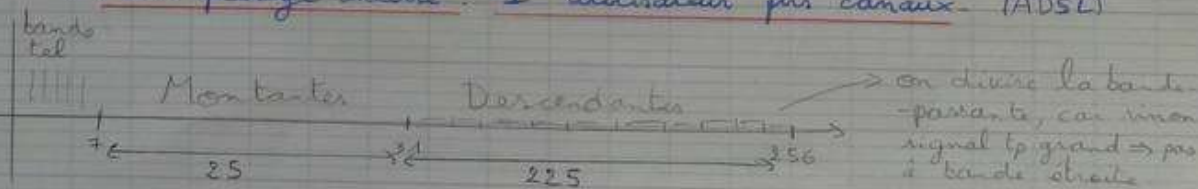
Puissance = moy des rayons au carré.

✓ PSK : sensible aux atténuations de $s(t)$ car puissance égale.

2. Multipléxage fréquentiel inverse = multipléxage

- Si plus d'utilisateurs utilisent le même canal f , on va devoir préciser la bande de fréquence. Ça permet de créer plus de canaux.
- Multipléxage inverse : 1 utilisateur plus canaux (ADSL)

ADSL : 2 fils de cuivre, filtre pour avoir le "tel".



225 canaux QAM

- 1 canal QAM défini par :
- fréquence porteuse
 - largeur de bande B
 - valence M
 - rapidité de modulation $R \leq B$, ici $R = B \Rightarrow$ on utilise un passe-bande idéal.
- caractéristique canal
- 1 utilisateur $1 H_s \Rightarrow R = B$
- critère de Nyquist respecté

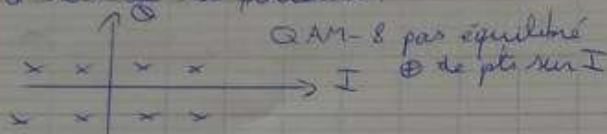
valence en fonction du bruit.
débit total = la Σ de ts les débits.

$$D_c = R \log_2(M_c)$$

Le canal nous impose une modulation (NB canal hertzien = ϕ freq. bande).

Modulation numérique + analogique (au niveau des données transmises).

nb fini d'état de la porteuse. On va pouvoir représenter cela par un pt ds le plan. On aura des pts en fct de la valence, du nb d'états de la porteuse.



M: valence, M symb +

$\log_2(M)$ bits/symb.

• le niveau de bruit limite la valence.

• la bande de freq allouée — la bande de freq

$$R = \frac{1}{T} \leq B$$

critère de Ny

Chaque des 225 QAM va être caractérisée par une valence. M_c va se situer de 2 à 512.

$$\hookrightarrow D_{c\text{-max}} = R \times \log_2(512) \times 225 = 4,3 \times 9 \times 225 = 8707,5 \text{ kb/s}$$

$$\hookrightarrow D_{c\text{-min}} = R \times \log_2(2) \times 225 = 4,3 \times 225 = 967,5 \text{ kb/s}$$