

TP 3 de communications numériques module TS227 – année 2023/2024

M. Ellouze et R. Tajan

1 Objectifs et évaluation

Le but de ce TP est de s'intéresser aux performances des communications numériques en bande de base émettant des symboles M-PSK dans le cas de présence de bruit. L'architecture bande de base à considérer est présentée sur la figure 1 Dans cette séance, vous écrirez un script

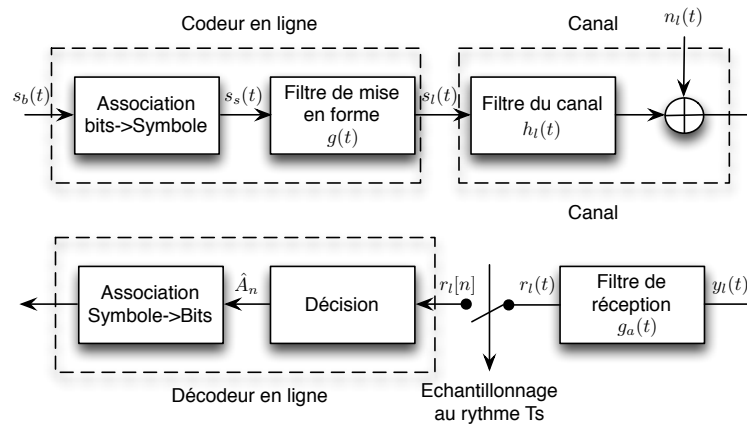


FIGURE 1 – Chaîne de communications numériques sur fréquence porteuse

interactif de Matlab (notebook) permettant

1. de mettre en œuvre la chaîne de communications numériques sans présence de bruit
2. d'étudier l'impact de la présence de bruit sur le taux d'erreur binaire

Vos codes et votre script interactif sont à rendre en fin de séance sur l'interface Thor <https://thor.enseirb-matmeca.fr/ruby/>.

Pour ce troisième TP, les fonctions du premier et du deuxième TP vous sont fournies en .p . Vous pouvez faire appel à ces fonctions si jamais vous n'avez pas réussi à développer toutes les fonctions du premier TP.

2 Simulation d'une M-PSK sans bruit

L'objectif de cette partie est de tester en premier lieu votre chaîne de communications numériques en l'absence de bruit.

Dans toute la suite, on considérera les paramètres suivants :

- $T_s = 1\mu s$ le temps symbole
- $f_e = \frac{1}{T_e} = 10MHz$ la fréquence d'échantillonnage
- $F_{se} = \frac{T_s}{T_e}$ le facteur de sur-échantillonnage
- $g(t)$ le filtre de mise en forme
- $N_s = 5000$ le nombre de symboles par paquet envoyé

Dans votre notebook : Tester votre chaîne de communications numériques en absence de bruit et en émettant des symboles M-PSK ($M = 4$, $M = 8$ et $M = 16$) et un filtre de mise en forme porte de largeur T_s en vérifiant que les bits estimés en sortie du bloc "Association Symbole→bits" sont bien les mêmes que les bits émis.

3 Simulation d'une M-PSK en présence de bruit

On s'intéresse à présent à l'étude des performances d'une chaîne de communications numériques en la présence de bruit.

Créez un nouveau live script pour réaliser des simulations prenant en compte le bruit. Nous voulons réaliser une simulation pour différentes variances de bruit.

Listing 1 – Fichier `main_PSK_TEB.m`.

```

1 %% noms des binômes
2 clear;      % Efface les variables de l'environnement de
   travail
3 close all; % Ferme les figures ouvertes
4 clc;       % Efface la console
5
6 %% Initialisation des paramètres
7 fe = 1e4; % Fréquence d'échantillonnage
8 M = 4; % Nombre de symboles dans la modulation
9 n_b = log2(M); % Nombre de bits par symboles
10 % ... autres paramètres
11
12 Eg = % Energie du filtre de mise en forme
13 sigA2 = % Variance théorique des symboles
14
15 eb_n0_dB = 0:0.5:10; % Liste des Eb/N0 en dB
16 eb_n0 = 10.^(eb_n0_dB/10); % Liste des Eb/N0
17 sigma2 = sigA2 * Eg ./ (n_b * eb_n0); % Variance du bruit
   complexe en bande de base
18
19 TEB = zeros(size(eb_n0)); % Tableau des TEB (résultats)
20 Pb = qfunc(sqrt(2*eb_n0)); % Tableau des probabilités d'
   erreurs théoriques
21
22 for i = 1:length(eb_n0)
23     error_cnt = 0;
24     bit_cnt = 0;
25     while error_cnt < 100
26
27         %% Émetteur

```

```

28         %% Canal
29         nl = sqrt(sigma2(i)/2) * (randn(size(s1)) + 1j*
           randn(size(s1))); % Génération du bruit blanc
           gaussien complexe
30         %% Récepteur
31
32         error_cnt = error_cnt + ... % incrémenter le
           compteur d'erreurs
33         bit_cnt = bit_cnt + ... % incrémenter le
           compteur de bits envoyés
34     end
35     TEB(i) = error_cnt/bit_cnt;
36 end
37
38 %% Affichage des résultats

```

Dans votre notebook : Tracer et interpréter l'évolution du TEB en fonction du rapport $\frac{E_b}{N_0}$ en dB, lorsque ce dernier varie de 0dB à 10dB par pas de 0.5dB. Superposer cette courbe avec celle de la probabilité d'erreur binaire théorique d'une QPSK avec mapping de Gray : $P_b = \frac{1}{2}erfc\left(\sqrt{\frac{E_b}{N_0}}\right)$. On considère le point $TEB=f(\frac{E_b}{N_0})$ comme probable si il est obtenu avec un minimum de 100 erreurs binaires de transmission, ceci justifie l'emploi de la boucle **while** interne.

Vous réaliserez cette étape pour :

1. Une modulation M-PSK ($M = 4$, $M = 8$ et $M = 16$). Vous considérerez systématiquement un mapping de Gray.
2. Un filtre de mise en forme porte de largeur T_s et un filtre de mise en forme en racine de cosinus sur-élevé de roll-off $\alpha = 0.5$ et de temps de propagation de groupe $T_g = 4T_s$.

4 Contacts

- Malek Ellouze - malek.ellouze@ims-bordeaux.fr
- Romain Tajan - romain.tajan@ims-bordeaux.fr