

# INTRODUCTION AUX TELECOMMUNICATIONS

Première année Sciences du Numérique

2022 – 2023

## TD2

### Interférences entre symboles et critère de Nyquist

#### I. EXERCICE 1 : ÉTUDE D'UNE CHAÎNE DE TRANSMISSION EN BANDE DE BASE SANS CANAL

On considérera un mapping binaire à moyenne nulle (symboles  $a_k \in \{-1, 1\}$ ) et des réponses impulsionnelles des filtres de mise en forme et de réception,  $h(t)$  et  $h_r(t)$ , données par la figure 1. Le résultat du produit de convolution entre  $h(t)$  et  $h_r(t)$  est donné dans la figure 2.

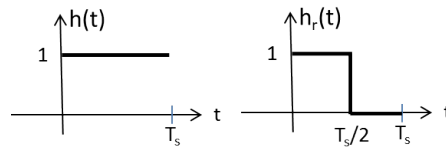


Fig. 1. Réponses impulsionnelles des filtres d'émission et de réception.

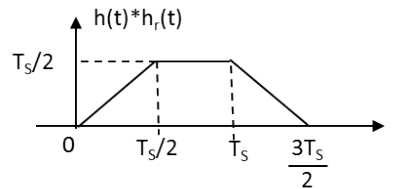


Fig. 2. Produit de convolution entre  $h(t)$  et  $h_r(t)$ .

- 1) La chaîne de communication peut-elle vérifier le critère de Nyquist ? Justifiez votre réponse.
- 2) Sans canal de propagation, tracer le signal  $z(t)$  en sortie du filtre de réception  $h_r(t)$  pour la suite de bits émise suivante : 0110100. Retrouve-t-on sur ce signal le fait que la chaîne de transmission puisse respecter le critère de Nyquist ?
- 3) Toujours sans canal de propagation, tracer le diagramme de l'oeil avec une base de temps de  $T_s$ . Retrouve-t-on sur le diagramme de l'oeil le fait que la chaîne de transmission puisse respecter le critère de Nyquist ?

#### II. EXERCICE 2 : IMPACT D'UN CANAL DE PROPAGATION À BANDE PASSANTE LIMITÉE

Soit un signal émis  $x(t)$  qui se compose de symboles équiprobables et indépendants appartenant à l'alphabet  $\{\pm 1\}$  mis en forme par un filtre en racine de cosinus surélevé de roll off égal à 0,2. On transmet ce signal en bande de base dans un canal de transmission idéal de bande 1200 Hz. Le filtre de réception est identique au filtre de mise en forme.

- 1) Le critère de Nyquist peut-il être respecté pour cette transmission ? Si oui à quelle condition ?
- 2) En déduire le débit symbole  $R_s$  maximal qui pourra être transmis sans apparition d'interférence entre symboles aux instants optimaux d'échantillonnage.
- 3) Si l'on veut transmettre avec un débit binaire  $R_b = 4$  Kbps, quels ordres de modulations pourront être utilisés sans apparition d'interférence entre symboles aux instants optimaux d'échantillonnage ?

### III. EXERCICE 3 : ÉTUDE D'UNE CHAÎNE DE TRANSMISSION EN BANDE DE BASE : BANDE DE NYQUIST

On considèrera un mapping binaire à moyenne nulle (symboles  $a_k \in \{-1, 1\}$ ) et des filtres de mise en forme et de réception de même réponse impulsionnelle :  $h_r(t) = h(t) = \text{sinc}(\pi t/T_s)$ .

- 1) Sans canal de propagation :
  - a) Vérifier dans le domaine fréquentiel que la chaîne de transmission peut vérifier le critère de Nyquist.
  - b) Vérifier dans le domaine temporel que la chaîne de transmission peut vérifier le critère de Nyquist.
- 2) On suppose maintenant que le canal de transmission introduit un filtrage et que le module de sa réponse en fréquence  $H_c(f) = TF[h_c(t)]$  est donné par la figure 3. Peut-on, en présence de ce canal, continuer à respecter le critère de Nyquist ? Si oui, à quelle condition ?

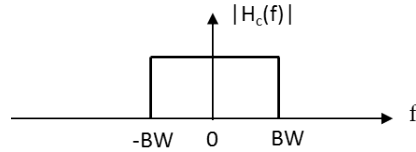


Fig. 3. Fonction de transfert du canal de l'exercice 2