

# INTRODUCTION AUX TELECOMMUNICATIONS

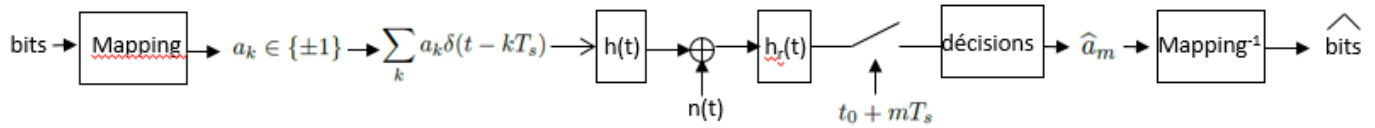
Première année Sciences du Numérique

2023 – 2024

## TD2

### I. ÉTUDE D'UNE CHAÎNE DE TRANSMISSION EN BANDE DE BASE

Soit la chaîne de transmission donnée par la figure suivante :



On considèrera un mapping binaire à moyenne nulle, avec des symboles  $a_k \in \{-1, 1\}$  supposés indépendants et équiprobables, des réponses impulsionnelles des filtres de mise en forme et de réception,  $h(t)$  et  $h_r(t)$ , données par la figure 1 et un bruit  $n(t)$  supposé additif, blanc et gaussien, de densité spectrale de puissance égale à  $\frac{N_0}{2}$  quelle que soit la fréquence. Le résultat du produit de convolution entre  $h(t)$  et  $h_r(t)$  est donné dans la figure 2.

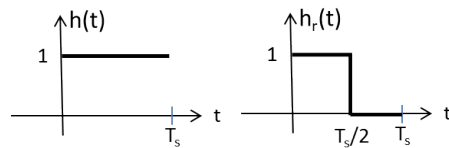


Fig. 1. Réponses impulsionnelles des filtres d'émission et de réception.

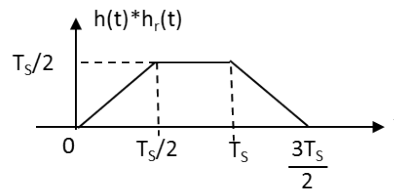
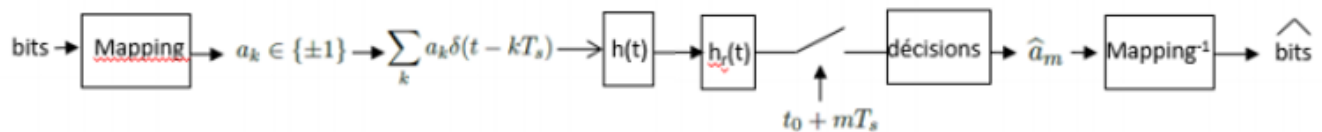


Fig. 2. Produit de convolution entre  $h(t)$  et  $h_r(t)$ .

#### A. Étude sans canal

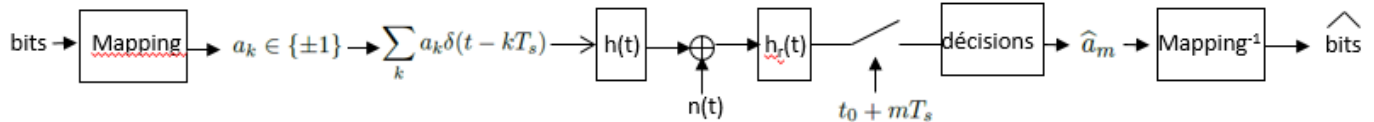
Nous allons, tout d'abord, étudier la chaîne de transmission sans canal de propagation :



- 1) Cette chaîne de communication peut-elle vérifier le critère de Nyquist ? Justifiez votre réponse.
- 2) 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) 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 ?
- 4) Si on échantillonne en prenant  $t_0 = \frac{T_s}{4}$ , aura-t-on un taux d'erreur binaire nul ?

### B. Étude avec canal AWGN

Ajoutons maintenant le canal à bruit additif, blanc et Gaussien :



- 1) En supposant que l'on vérifie le critère de Nyquist sur la transmission, calculer le rapport signal sur bruit aux instants d'échantillonnage (on admettra que la puissance du bruit échantillonné et filtré est identique à celle du bruit filtré et on calculera donc cette puissance en sortie du filtre de réception).
- 2) On choisira d'utiliser un détecteur à seuil pour prendre les décisions sur les symboles. Déterminer le seuil optimal à utiliser en expliquant votre choix.
- 3) En supposant que l'on échantillonne aux instants optimaux et que l'on utilise le seuil optimal de décision, donner le taux d'erreur binaire de la transmission en fonction de  $T_s$  et  $\sigma_w$ ,  $\sigma_w^2$  représentant la puissance du bruit en sortie du filtre de réception  $h_r(t)$ .
- 4) Calculer la puissance du bruit en sortie du filtre de réception,  $\sigma_w^2$ , en fonction de  $N_0$  et de  $T_s$ .
- 5) Calculer l'énergie des symboles à l'entrée du récepteur,  $E_s$ , en fonction de  $T_s$ .
- 6) Dédire des questions précédentes l'expression du taux d'erreur binaire (TEB) en fonction de  $E_b/N_0$ , rapport signal sur bruit par bit à l'entrée du récepteur pour la chaîne étudiée.
- 7) Ce TEB est-il optimal ? Si oui pourquoi, si non que pourrait-on modifier dans la chaîne de transmission pour qu'il le devienne ? Expliquez votre réponse.