

**Tâche 1 – Couche physique ADS-B**  
Prise en main de la chaîne de communication ADSB  
**Durée 4h**  
Projet TS229 – Année 2019/2020

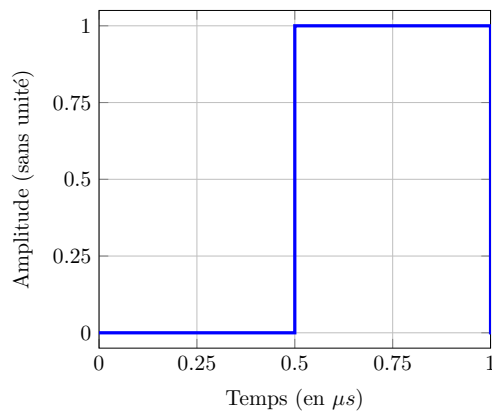
Guillaume Ferré, Romain Tajan et Baptiste Laporte-Fauret

## Pré-requis

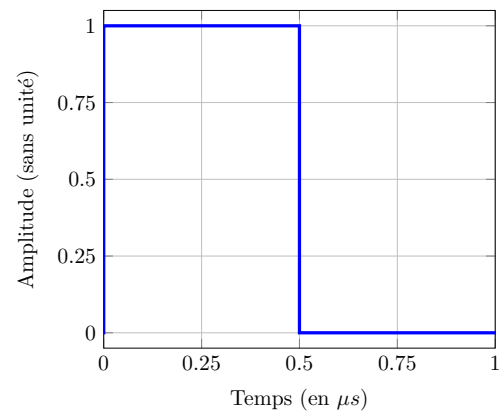
Aucun, lecture du sujet.

## Objectifs

Il existe de nombreuses façons de mettre en oeuvre un flux d'information binaire. Nous avons notamment vu l'année dernière en cours de communications numériques que les informations binaires étaient modulées numériquement pour créer des symboles, symboles qui étaient par la suite filtrés par un filtre dit de *mise en forme*. Dans le cadre du standard ADS-B, les signaux transmis autour de la porteuse à 1.09GHz sont obtenus par une modulation dite en position d'amplitude (PPM - Pulse Position Modulation). La modulation PPM considérée est binaire avec une période symbole  $T_s = 1\mu s$ . Cette modulation PPM encode les informations binaires 0 et 1 avec les impulsions  $p_0(t)$  et  $p_1(t)$  représentées respectivement en Figure 1(a) et Fig. 1(b).



(a) Impulsion  $p_0(t)$  encodant le bit 0



(b) Impulsion encodant  $p_1(t)$  le bit 1

FIGURE 1 – Impulsions de base pour la modulation par position, **ces impulsions sont nulles en dehors de la partie présentée.**

L'enveloppe complexe (i.e le signal bande de base) du signal envoyé s'écrit alors :

$$s_l(t) = \sum_{k \in \mathbb{Z}} p_{b_k}(t - kT_s) \quad (1)$$

sachant que  $T_s$  représente ici le temps de l'impulsion élémentaire ( $p_0(t)$  ou  $p_1(t)$ ) et que

$$p_{b_k}(t) = \begin{cases} p_0(t), & \text{si } b_k = 0 \\ p_1(t), & \text{si } b_k = 1 \end{cases}$$

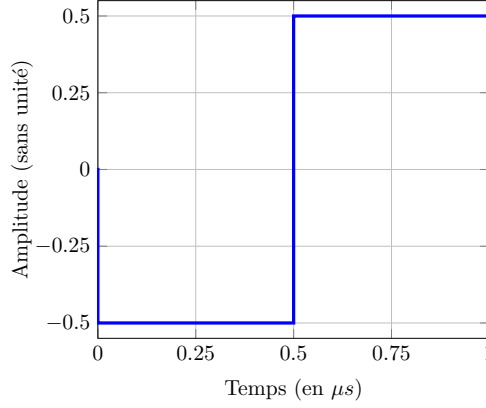


FIGURE 2 – Forme d'onde biphasé  $p(t)$ , cette impulsion est nulle en dehors de la partie présentée.

#### Hypothèses :

- Les  $b_k$  sont indépendants et distribués uniformément,
- Le bruit bande de base  $n_l(t) \sim \mathcal{N}(0, \sigma_{n_l}^2)$  de densité spectrale de puissance (DSP) bilatérale  $\Gamma_{n_l}(f) = \frac{N_0}{2}$ ,
- Le modèle bande de base de l'architecture de communication considérée (en excluant les parties codage et décodage de canal) est présenté sur la figure 3.

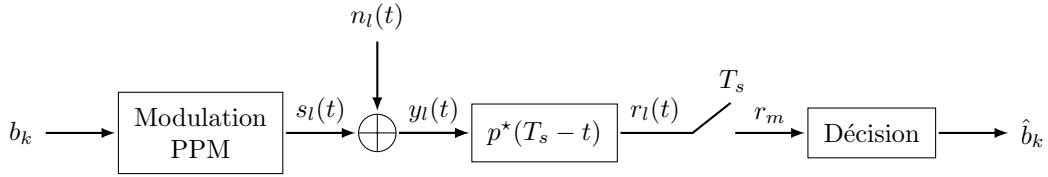


FIGURE 3 – Chaîne de communication complète,  $p(t)$  étant donné en Figure 2.

## Sous-tâches

**Sous-tâche 1 - Théorie** - Montrer que le signal émis, donné en équation (1) peut se réécrire sous la forme

$$s_l(t) = 0.5 + \sum_{k \in \mathbb{Z}} A_k p(t - kT_s) \quad (2)$$

où

$$A_k = \begin{cases} 1, & \text{si } b_k = 0 \\ -1, & \text{si } b_k = 1 \end{cases}$$

et  $p(t)$  est la forme d'onde biphasé donnée dans la Figure 2.

**Sous-tâche 2 - Théorie** - En considérant un bruit nul, que le signal binaire à émettre vaut  $[1, 0, 0, 1, 0]$  et que les signaux sont causaux, représenter graphiquement  $s_l(t)$ ,  $r_l(t)$  et  $r_m$ . Déduire de ces signaux le rôle du bloc décision.

**Sous-tâche 3 - Matlab** - Sur la base de vos résultats à la question précédente, implémenter à l'aide du logiciel Matlab, la chaîne de communication présentée sur la figure 3. Afin d'être en mesure d'obtenir les allures discrètes des différents filtres de mise en forme, vous supposerez que la fréquence d'échantillonnage  $f_e$  du système est fixée à 20MHz. Les versions discrètes de vos filtres de mise en forme ( $p_0(t)$  et  $p_1(t)$ ) et du filtre de réception  $p^*(T_s - t)$  seront alors des vecteurs composés de  $F_{se} = \frac{T_s}{T_e} = 20$  échantillons. Où  $T_e = \frac{1}{f_e}$  désigne ici la période d'échantillonnage.

## Vérification

**Sous-tâche 4 - Matlab** - Corroborer les allures théoriques de  $s_l(t)$ ,  $r_l(t)$  et  $r_m$  avec celles fournies par Matlab en émettant la séquence  $[1, 0, 0, 1, 0]$ .

**Sous-tâche 5 - Théorie** - Calculer la probabilité d'erreur binaire  $P_b$  pour la modulation PPM et le récepteur proposé sur la figure 3. Exprimer  $P_b$  en fonction du rapport  $\frac{E_b}{N_0}$  et de la fonction  $\text{erfc}(\cdot)$ . On vous rappelle que ce calcul s'obtient en partant de l'expression de  $r_m$  (voir cours de communications numériques de première année).

**Sous-tâche 6 - Matlab** - L'objectif de cette implémentation est d'obtenir par la simulation Matlab, la courbe de taux d'erreur binaire du système présenté sur la figure 3. Comme pour le code précédent, les bits doivent être générés aléatoirement et suivant une loi discrète uniforme. Cependant cette fois-ci la taille du paquet d'information binaire est fixé et égale à  $N_b = 1000$  bits. Modifier le code en conséquence afin de d'obtenir le Taux d'Erreur Binaire (TEB) en fonction du rapport signal à bruit  $\frac{E_b}{N_0}$  pour des valeurs allant de 0dB à 10dB par pas de 1dB. On considèrera qu'une valeur de TEB est légitime si le nombre d'erreur calculé est supérieur à 100. Tracer sur la même figure la valeur théorique de  $P_b$  déterminée dans la sous-tâche 4 ces dernières doivent se superposer.

## Validation

Faites valider votre travail par votre encadrant afin de passer à la tâche suivante.