

TD 3

Dimensionnement d'un système : faisceaux hertziens

Objectif du TD : on veut concevoir un système de communication (c'est-à-dire choisir de manière adéquate les paramètres de la transmission) admettant certaines Qualités de Service ("Quality of Service - QoS") prédéfinies.

On s'intéresse à un système de faisceaux hertziens consistant à relier par une liaison sans fil un émetteur et un récepteur fixes en visibilité directe. Cela correspond à des communications entre stations de base ou entre relais de télévision. Contrairement à ce que nous avons fait en cours, nous prenons ici en compte l'atténuation du signal entre l'émetteur et le récepteur, comme nous le décrirons par la suite.

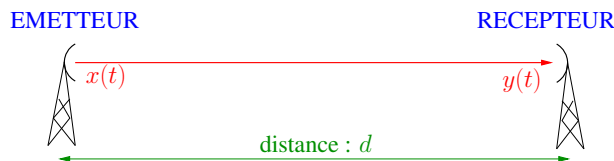


FIGURE 1 – Système de faisceaux hertziens

Le cahier des charges du système donnera les paramètres suivants

- La bande occupée maximale B Hz.
- Le débit binaire cible est D_b bit/s.
- Le Taux d'Erreur Binaire (TEB) cible.
- La modulation utilisée est une 2^m -PAM pour un nombre entier m à déterminer.

On supposera que le filtre de mise en forme est un racine de cosinus surélevé de facteur d'excès de bande $\rho \in (0, 1)$, que ce racine de cosinus surélevé occupe toute la largeur de bande disponible B , et que le paramètre T_s du racine de cosinus surélevé est égal au temps-symbole du système de modulation.

Questions :

1. Déterminer le temps-symbole T_s en fonction de la largeur de bande B et du facteur d'excès de bande ρ .
2. Déterminer la taille de constellation 2^m minimale qui permet d'atteindre le débit binaire D_b requis.
3. Soit d la distance entre l'émetteur et le récepteur. Pour modéliser l'atténuation du signal pendant le trajet de l'émetteur au récepteur, on suppose que pour une puissance émise $P_{\text{émise}}$, la puissance reçue vaut

$$P_{\text{reçue}} = \frac{P_{\text{émise}}}{d^2}.$$

Montrer que l'énergie reçue par bit $E_{b,\text{reçue}}$ vaut

$$E_{b,\text{reçue}} = \frac{P_{\text{émise}}}{d^2 D_b}.$$

4. Dans les prochains cours nous calculerons le TEB en fonction du rapport signal sur bruit (RSB) $E_{b,\text{reçue}}/N_0$ et la taille de la constellation 2^m . Ici on désigne par $\text{RSB}_t(m)$, le $E_{b,\text{reçue}}/N_0$ requis pour que le système ait un TEB cible de 10^{-3} avec une modulation 2^m -PAM.

Montrer que la puissance émise minimale pour atteindre un TEB cible de 10^{-3} peut alors être trouvée de la façon suivante :

$$P_{\text{émise}} = \text{RSB}_t \left(\left\lceil \frac{D_b}{2B} (1 + \rho) \right\rceil \right) N_0 d^2 D_b. \quad (1)$$

5. Nous fixons $\rho = 0$, $N_0 = -140\text{dBm/Hz}$ ¹ et un TEB cible de 10^{-3} . De plus on a un RSB_t de 6dB en 2-PAM, de 10dB en 4-PAM, de 20dB en 16-PAM et de 40dB en 256-PAM.

Remplir le tableau suivant en déterminant les puissances émises minimales $P_{\text{émise}}$ satisfaisant les QoS mentionnées. Analyser l'influence des différents paramètres introduits.

Débit	$D_b = 4\text{Mbits/s}$		$D_b = 1\text{Mbits/s}$
Distance	$d = 100\text{m}$	$d = 1000\text{m}$	$d = 1000\text{m}$
$B = 500\text{kHz}$			
$B = 250\text{kHz}$			

TABLE 1 – Calcul de $P_{\text{émise}}$ pour chaque configuration

6. En admettant que la puissance émise est bornée à 2mW, quels choix sont possibles dans le tableau obtenu dans la question 5. ?
7. Pour améliorer les performances du système, on incorpore un code correcteur d'erreur. Le codage en principe permet de diminuer le TEB d'un système, car certaines erreurs introduites par le canal peuvent être corrigées. Par contre, pour un débit binaire D_b constant, l'utilisation d'un code correcteur d'erreur nécessite d'augmenter la taille de la constellation 2^m . A énergie par bit reçue $E_{b,\text{reçue}}$ constante ceci implique une augmentation du TEB car la fonction $\text{RSB}_t(m)$ est croissante. La question qui nous intéresse est de comprendre si le codage permet finalement de diminuer le TEB.
- On prendra un code de Reed-Müller (128, 64, 16) comme décrit dans le polycopié.
- Quel est son rendement ?
 - Comment faut-il modifier la formule trouvée à la question 2. quand on utilise un code (128, 64, 16) ?
 - Il est connu que l'utilisation d'un code de Reed-Müller (128, 64, 16) permet d'obtenir le même TEB que dans le cas non-codé mais avec une baisse du RSB de 6dB. En utilisant cette information et la formule trouvée dans la partie (ii), modifier la formule (1) pour qu'elle soit valable dans un système avec codage.
 - Avec la formule trouvée à la partie (iii), remplir la première ligne du tableau 1 pour le système avec le code de Reed-Müller (128, 64, 16). Qu'en conclure ?

1. Noter que $x \text{ dBm}$ vaut $10^{\frac{x}{10}} \text{ mW}$.