

1. Soit la modulation linéaire classique qui, à partir de la séquence binaire donnée ci-dessous, génère un signal modulé dont l'enveloppe et la phase sont données à la figure 1.

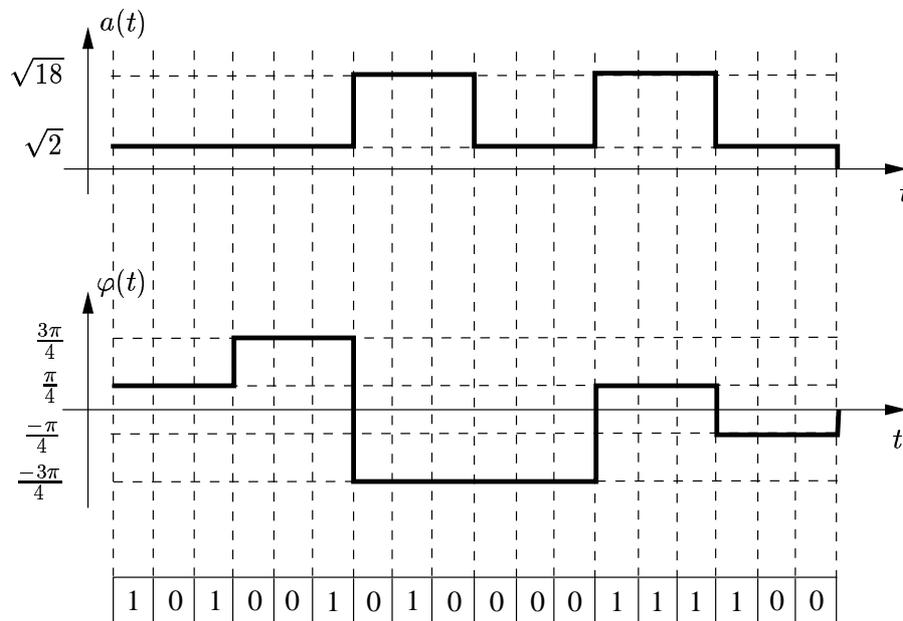
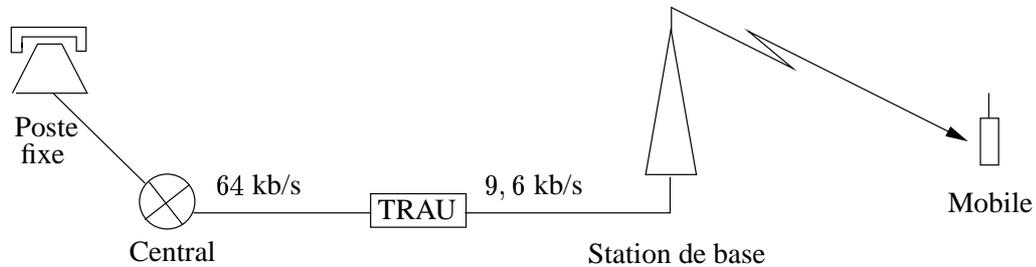


FIG. 1 – Enveloppe et phase du signal modulé

- Représentez l'évolution temporelle de la composante en phase et en quadrature du signal modulé pour la séquence binaire donnée.
- Dessinez le diagramme de constellation complet en mentionnant les codes binaires associés aux symboles (s'il y a plusieurs possibilités, faites un choix). Quel est le nombre d'états de cette modulation ?
- De quel type de modulation s'agit-il ?
- Calculez la densité spectrale de puissance du signal modulé en supposant les symboles non-corrélés. Les probabilités des symboles valent

Symboles	Probabilité
110, 111, 010, 011	1/10
000, 001, 100, 101	3/20

2. Un abonné du réseau fixe désire établir une communication avec un abonné du réseau mobile. Ce dernier abonné possède un téléphone mobile utilisant la bande des 1800 MHz et fonctionnant à une puissance nominale de 2 [W]. Le schéma de la communication est



où le TRAU est l'organe responsable de l'adaptation des débits de transmission.

En supposant qu'une modulation QPSK est utilisée pour la modulation des données autour d'une fréquence porteuse $f_c \gg f$ et que les différents symboles de cette modulation sont

$$\left\{ 20 e^{j\frac{\pi}{4}}, 20 e^{j\frac{3\pi}{4}}, 20 e^{-j\frac{\pi}{4}}, 20 e^{-j\frac{3\pi}{4}} \right\}$$

- (a) Calculez la Puissance Isotrope Rayonnée Équivalente (PIRE) émise par la station de base si le gain de celle-ci est

$$G(\theta, \phi) = 5 \cos^2 \theta \text{ [dBi]} \quad \theta \in \left[-\frac{\pi}{2}, \frac{\pi}{2} \right]$$

Pour la suite de l'exercice, considérez que $\text{PIRE} = 55 + 4 \cos^2 \theta \text{ [dB]}$.

- (b) Considérant que la communication se déroule dans une ville de taille moyenne, en utilisant le modèle COST 231-HATA, calculez le rayon maximal de la cellule couverte par la station de base si la hauteur de celle-ci est de 40 mètres et en supposant négligeable le terme dû à la hauteur du mobile.
- (c) On aimerait se prémunir de l'effet de masquage. Déterminez la valeur de la marge à ajouter si l'on souhaite un pourcentage de couverture de 90 %.
- (d) Que devient le rayon maximal de la cellule en considérant cette marge et si l'on souhaite pouvoir effectuer des communications en Soft Indoor. On prendra également 3 [dB] de pertes dues au corps humain.

Remarques :

- Les pertes dans les câbles de connexions sont considérées comme négligeables.
- L'antenne de réception est supposée isotrope.
- *Pour rappel :* la PIRE est le produit de la puissance transmise à l'antenne par son gain.
- Suivant le modèle COST 231-HATA, l'affaiblissement L_u en milieu urbain vaut, en [dB],

$$L_u = 46,33 + 33,9 \log(f) - 13,82 \log(h_b) - a(h_m) + [44,9 - 6,55 \log(h_b)] \log d + C_m \quad (1)$$

avec

- f la fréquence, d la distance, h_b , h_m , des hauteurs ; ces grandeurs sont exprimées respectivement en $[MHz]$, $[km]$ et $[m]$.
- $a(h_m) = (1, 1 \log(f) - 0, 7) h_m - (1, 56 \log(f) - 0, 8)$ pour une ville de taille moyenne ; ce facteur de correction dépend de la hauteur de l'antenne du mobile mais également du type d'environnement.
- $C_m = 0 [dB]$ pour les villes de taille moyenne et les banlieues, et $C_m = 3 [dB]$ pour les grands centres métropolitains.

3. On désire dimensionner un système de transmission téléphonique.

Soit un canal consistant en une seule ligne téléphonique. En supposant que

- le flux de demandes a une densité $\alpha = 0,4$ appel/min,
- le temps d'utilisation vaut exactement $t_{serv} = 90$ [s],
- le système refuse toute demande qui intervient lorsque la ligne est occupée.

- (a) Déterminez l'expression du temps moyen entre deux tentatives d'appel.
- (b) Déterminez l'expression du temps moyen de non-occupation entre deux appels.
- (c) Trouvez la probabilité de disponibilité de la ligne.
- (d) Quelle est la charge réelle mesurée sur la ligne ?

4. On dispose d'un câble aérien composé d'un seul fil reliant le point A au point B.
 - (a) Proposez un moyen de transmettre des signaux avec ce câble.
 - (b) Peut-on transmettre des signaux dans les deux directions ? Si oui, expliquez comment.

5. Un schéma de transmission utilise une modulation d'amplitude à 2 états avec les deux signaux possibles suivants :

$$s_0(t) = 0 \text{ pour } 0 \leq t \leq T_b$$
$$s_1(t) = \sqrt{\frac{2E_b}{T_b}} \cos(2\pi f_c t) \text{ pour } 0 \leq t \leq T_b$$

Le schéma de démodulation choisi est un démodulateur *non cohérent* (c'est-à-dire que le démodulateur ignore la phase instantanée de la porteuse). Le schéma choisi comporte, dans l'ordre, un filtre passe-bande, un détecteur d'enveloppe, un échantillonneur et un compareur. Dans l'hypothèse d'un canal additif gaussien, on obtient les deux signaux possibles suivants à l'entrée du récepteur :

$$r_0(t) = n(t) \text{ pour } 0 \leq t \leq T_b$$
$$r_1(t) = \sqrt{\frac{2E_b}{T_b}} \cos(2\pi f_c t + \Phi) + n(t) \text{ pour } 0 \leq t \leq T_b$$

où $n(t)$ est un bruit blanc gaussien de densité spectrale $\frac{N_0}{2}$ et Φ une phase instantanée uniformément répartie sur l'intervalle $[0, 2\pi[$.

- (a) Considérons la décomposition de RICE du bruit suivante :

$$n(t) = n_I(t) \cos(2\pi f_c t) - n_Q(t) \sin(2\pi f_c t)$$

Que valent les variances $\sigma_{n_I}^2$ et $\sigma_{n_Q}^2$?

Il n'est pas nécessaire de répondre à (a) pour résoudre la suite de la question.

- (b) Déterminez la densité de probabilité de la variable aléatoire correspondant à $r_0(t)$ à la sortie du détecteur d'enveloppe.
Pour rappel, toute combinaison linéaire de variables aléatoires gaussiennes est une variable aléatoire gaussienne.
- (c) Déterminez la densité de probabilité de la variable aléatoire correspondant à $r_1(t)$ à la sortie du détecteur d'enveloppe.
- (d) Sans calcul, quelle valeur de seuil choisiriez-vous ?
- (e) Déterminez, par calcul, la valeur de seuil idéale.

Approximation :

$$I_0(\eta) \approx \frac{e^\eta}{\sqrt{2\pi}}$$