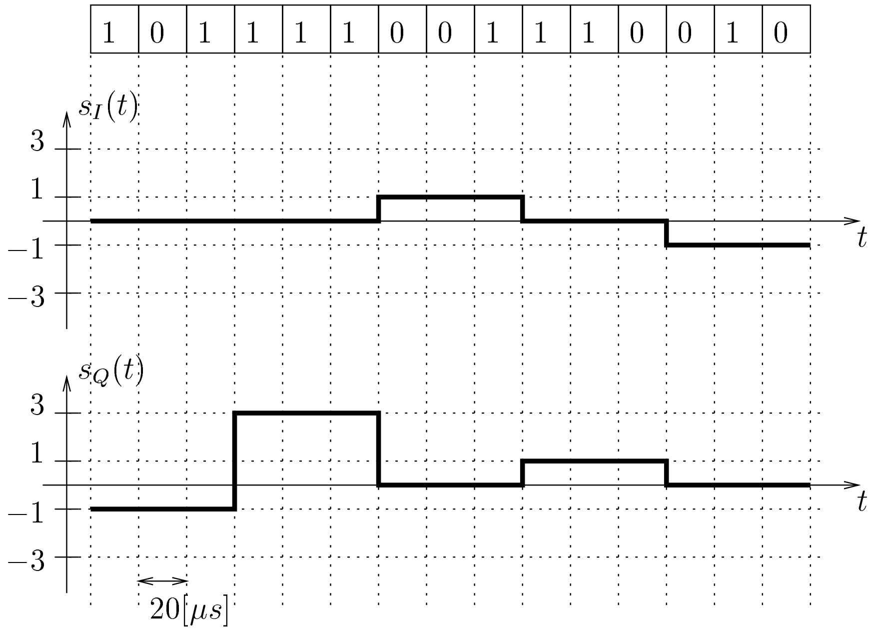
**N'oubliez pas de mentionner votre nom!**
**Prière de répondre aux questions sur des feuilles séparées!**

1. Soit la modulation linéaire classique qui, à partir de la séquence binaire donnée ci-dessous génère les composantes en phase $s_I(t)$ et en quadrature $s_Q(t)$ du signal modulé $s(t)$ suivantes.




   (a) Déterminez le débit binaire $R_b$ ainsi que la bande passante $B$ du signal modulé $s(t)$.

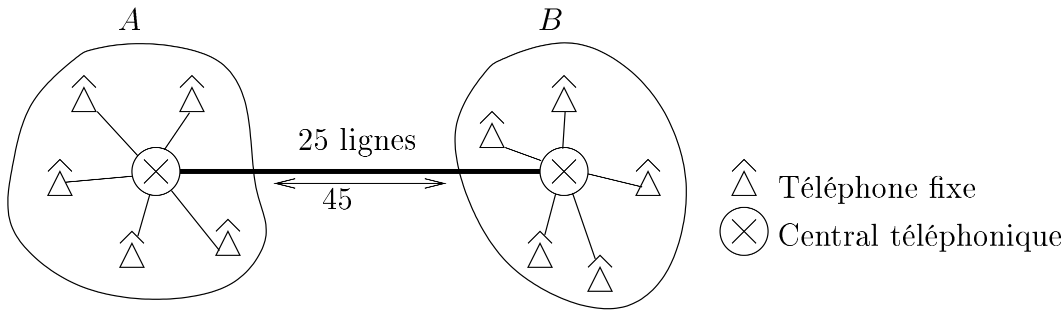
   (b) Dessinez le diagramme de constellation complet en mentionnant les codes binaires correspondants (s'il y a plusieurs possibilités, choisissez-en une). Quel est le nombre d'états de cette modulation ?

   (c) De quel type de modulation s'agit-il ?

   (d) Représentez graphiquement l'évolution temporelle de l'enveloppe et de la phase du signal modulé pour la séquence binaire donnée.

   (e) En supposant que tous les symboles soient équiprobables et non-corrélés, déterminez la densité spectrale de puissance du signal modulé.

2. Deux centraux téléphoniques $A$ et $B$ sont reliés entre eux par un lien comportant 25 lignes, comme le montre la figure suivante

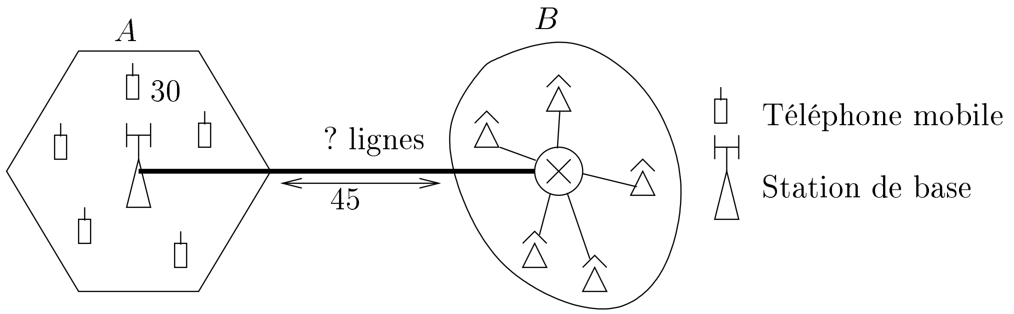



Sur base d'une durée d'observation de 15 minutes, le nombre moyen d'appels entre le central $A$ et le central $B$ est égal à 45, pour une durée moyenne de communications de 5 minutes. Ces hypothèses sont valables pour l'ensemble de l'exercice.

(a) Calculez la probabilité qu'il y ait 10 appels entre $A$ et $B$ sur un laps de temps de 5 minutes.

(b) Calculez la probabilité de blocage du lien.

Un opérateur de télécommunications souhaite installer un réseau cellulaire pour remplacer complètement l'infrastructure filaire existante de $A$, comme le montre la figure suivante



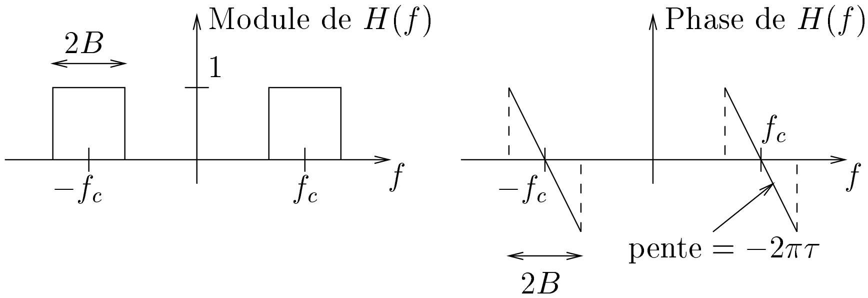

(c) Expliquez pourquoi il faut tenir compte des appels intra-cellulaires pour dimensionner le réseau.

(d) On désire dimensionner le réseau pour un nombre moyen d'appels intra-cellulaire égal à 30 et une probabilité de blocage de 0,02. Déterminez le nombre de canaux à prévoir à l'intérieur de la cellule $A$.

3. On applique le signal

$$x(t) = A\,\cos(4\pi f_0 t)\,\cos(2\pi f_0 t)\,\cos(2\pi f_c t)$$

à l'entrée d'un filtre dont la fonction de transfert $H(f)$ est donnée en module et en phase par




où $f_c \gg f_0$ et $f_0 < B < 3f_0$.

(a) Calculez la transformée de Hilbert $\widetilde{x}(t)$ de $x(t)$. Déduisez-en son signal analytique $x_a(t)$ et son enveloppe complexe $e_x(t)$.

(b) Déterminez le signal analytique et l'enveloppe complexe du filtre (graphiquement et analytiquement).

(c) Déterminez l'expression analytique du signal $y(t)$ à la sortie du filtre. Quel effet le filtre a-t-il sur le signal $x(t)$ ?

4. On désire analyser les performances d'un récepteur à étalement de spectre simple. Ce récepteur est illustré à la figure 1. À l'entrée, on trouve le signal modulé $y(t)$ d'expression $\sqrt{P_y}\, b(t)c(t)\cos(2\pi f_c t)$ et un bruit additif gaussien $n(t)$. Ce signal est multiplié par $l(t)$ qui est un signal généré localement. Ce signal vaut $\sqrt{2}\, c(t-\tau)\cos(2\pi f_c t + \theta)$. Le résultat de la multiplication est intégré sur une période de $T$ secondes, avec un gain $\sqrt{2P_y}$.

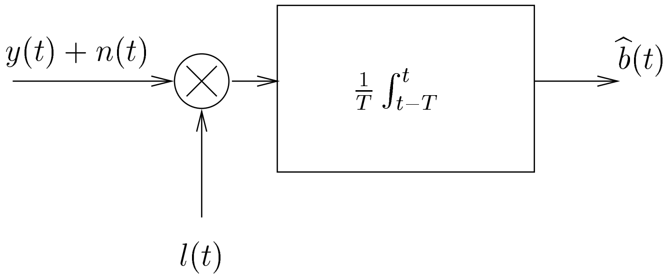



FIG. 1 – Schéma d'un récepteur numérique.

(a) Quelle valeur de $T$ choisiriez-vous pour supprimer les interférences entre bits du message ?

(b) Déterminez l'expression générale du signal $\widehat{b}(t)$.

(c) Quelles conclusions en tirez-vous sur la fonction d'autocorrélation de la séquence $c(t)$ ?