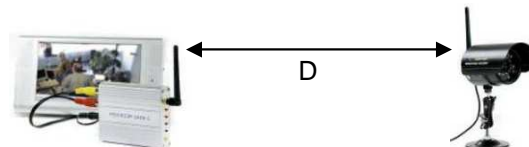


Sujets des exercices

Exercice n°1 : Bilan de liaison pour un dispositif de vidéosurveillance

On souhaite installer un dispositif de vidéosurveillance dans un entrepôt de stockage. Comme le local où se trouve le gardien est distant d'environ 300m avec la caméra la plus éloignée on désire vérifier que l'équipement proposé pour la transmission vidéo fonctionne dans ces conditions.



Afin d'éviter le brouillage par des équipements Bluetooth & Wifi on choisit une transmission fonctionnant dans la bande des 5,8GHz. Les antennes pour l'émission et la réception possèdent un gain de 3dB. En sortie de la caméra le modulateur délivre une puissance de 16dBm. Le récepteur possède une sensibilité de -80dBm.

Q1 : Pour quelle raison l'équipement sélectionné n'est pas brouillé par les équipements Bluetooth & Wifi ?

Q2 : On rappelle que $P_{dBm} = 10 \cdot \log\left(\frac{P}{1mW}\right)$. En déduire la puissance d'émission que vous exprimerez en mW.

Q3 : En rappelant que la célérité $c=3 \cdot 10^8 m/s$, calculer la valeur de la longueur d'onde correspondant à l'émission vidéo.

On rappelle dans le cadre ci-contre la forme simple de l'équation de Friis dans laquelle G_E et G_R désigne respectivement les gains linéaires en puissance de l'antenne d'émission (E) et de l'antenne de réception (R). P_E et P_R désignent respectivement les puissances d'émission et de réception exprimées en W.

$$P_R = P_E \cdot G_E \cdot G_R \cdot \left(\frac{\lambda}{4\pi D}\right)^2$$

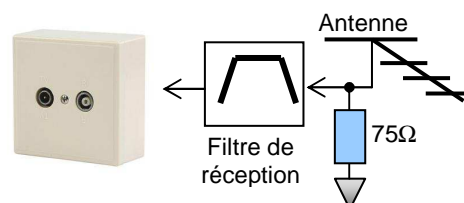
Q4 : On rappelle que $G_{dB} = 10 \cdot \log(G_{LIN})$. Pour quelle raison n'utilise-t-on pas le coefficient 20 traditionnel à la place de 10 ? Effectuer les applications numériques correspondantes et en déduire les valeurs de G_E et G_R .

Q5 : A partir des résultats précédents, calculer la puissance reçue sur le récepteur et en déduire sa valeur en dBm. En déduire la réponse à formuler concernant le choix de cet équipement.

Exercice n°2 : Récepteur de télévision

On considère l'entrée d'un récepteur de télévision présentant une résistance d'entrée de 75Ω comme l'indique la figure ci-contre.

On rappelle que la densité spectrale du bruit thermique est $4kTR$ où k désigne la constante de Boltzmann telle que $k=1,38 \cdot 10^{-23} J/K$.



Q1 : Quel est le modèle équivalent d'une résistance bruyante ?

Q2 : On suppose que le bruit thermique est un bruit blanc dans une bande équivalente $B_{eq}=3GHz$. Que signifie le terme bruit blanc ?

Q3 : Quelle est la relation entre la puissance normalisée, la densité spectrale et la bande équivalente de bruit ?

Q4 : Calculer la valeur efficace de bruit due à la résistance d'entrée pour une bande équivalente de bruit $B_{eq}=3GHz$. On suppose que $T=300^\circ K$.

Q5 : On suppose que l'on reçoit un signal sinusoïdal utile (pour les tests) de fréquence 506MHz dont la valeur efficace est de $25\mu V$. Calculer le rapport signal sur bruit présent à la sortie de l'antenne en rappelant la définition de cette quantité. Exprimer sa valeur en dB.

Q6 : Afin de limiter l'influence du bruit on utilise un premier filtre de réception (gain en bande passante=0dB) permettant d'englober les canaux 21 à 30 de la TNT en bande UHF (474MHz à 546MHz). Calculer alors la valeur efficace du bruit en sortie du filtre en supposant que celui-ci ne provient que de la résistance.

Q7 : Compte tenu des propriétés du filtre et du signal sinusoïdal de test, calculer le rapport signal sur bruit en sortie du filtre de réception et commenter le résultat obtenu.

Exercice n°3 : Etude d'une ligne spécialisée

Pour ce problème on considère une ligne de transmission spécialisée utilisant une paire torsadée dont la bande passante totale est de 20kHz. On souhaite transmettre des informations numériques en exploitant au mieux les caractéristiques de cette ligne.

Q1 : Rappeler la relation de Shannon Hartley et préciser les grandeurs intervenant dans cette relation.

Q2 : Si l'on considère que le rapport signal sur bruit moyen est de 4dB, en déduire le débit maximum possible que l'on peut espérer obtenir sur cette ligne.

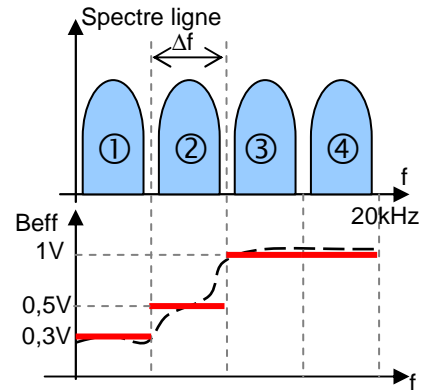
En réalité le bruit n'est pas constant et dépend fortement de la fréquence. La figure ci-contre représente le spectre de cette ligne ainsi que l'évolution de la valeur efficace du bruit pour cette ligne dont le profil a été volontairement simplifié pour les questions suivantes.

La modulation à l'intérieur de chaque canal peut s'adapter permettant ainsi d'ajuster au mieux le débit en fonction du rapport signal sur bruit correspondant. Ainsi en changeant le motif de modulation il est possible de choisir les débits suivants pour chaque canal :

Motif de modulation	BPSK	QPSK	8PSK
Débit (bit/s)	4800	9600	14400

Le signal modulé possède une valeur efficace $S_{eff}=1V$. Dans ces conditions le rapport signal sur bruit utile dans la relation de Shannon

Hartley est tel que : $\frac{S}{B} = \frac{S_{eff}^2}{B_{eff}^2}$



Q3 : Préciser la largeur ΔF d'un canal. Calculer les débits maximums possibles correspondants aux différents niveaux de bruit sur la ligne de transmission pour chaque canal de largeur ΔF .

Q4 : Compte tenu des motifs de modulation proposés et des débits correspondants, en déduire le débit total que l'on peut espérer obtenir sur cette ligne de transmission.

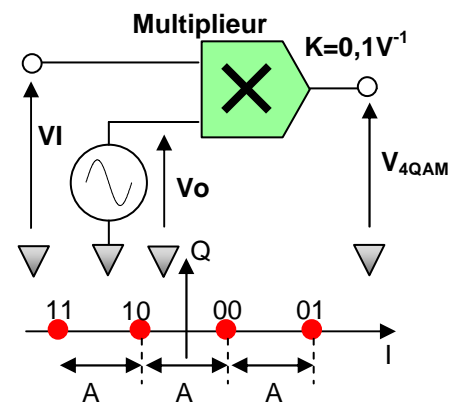
Exercice n°4 : Transmission en modulation 4-QAM

On considère une modulation 4-QAM dont la constellation dans le diagramme IQ est représentée ci-contre et dans lequel on donne $A=0,5V$. Par ailleurs on fixe la fréquence de modulation $f_0=125kHz$ et le temps symbole $T_s=400\mu s$.

Afin de générer le signal modulé V_{4QAM} on met en œuvre le modulateur représenté ci dessus et dans lequel on donne $V_0=E_0 \cdot \cos(2\pi \cdot f_0 \cdot t)$ avec $E_0=2V$.

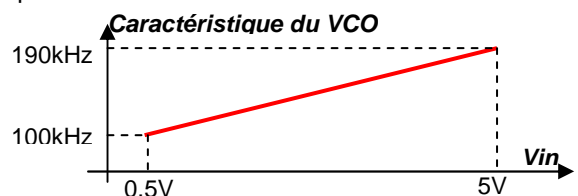
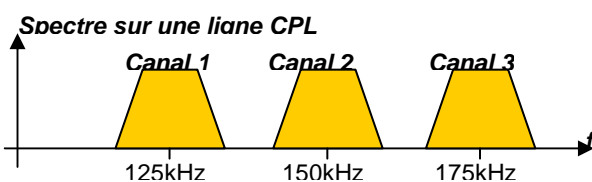
Q1 : Représenter le signal V_I lorsque la séquence binaire à transmettre est la suivante : {01 10 00 11 01 00}. Vous exprimerez les niveaux du signal V_I en fonction des paramètres E_0 , A et K

Q2 : Si l'on considère que tous les symboles sont équiprobables, quelle est la valeur efficace du signal modulé V_{4QAM} ?



Exercice n°5 : Mise en œuvre d'un modulateur FSK pour une transmission CPL

On s'intéresse dans cet exercice à la mise en œuvre d'un modulateur FSK utilisé pour transmettre une information numérique sur courants porteurs en ligne (CPL). Afin d'avoir plusieurs communications simultanées, on utilise 3 fréquences porteuses correspondant aux canaux 1 à 3 représenté sur la figure suivante. Afin de réaliser le modulateur FSK on utilise un VCO dont la caractéristique est donnée ci-dessous.



Q1 : Que désigne le terme VCO ? Expliquer simplement son utilisation dans le cadre de la modulation FSK.

Q2 : L'information numérique est transmise avec un débit de 10kbit/s et l'on fixe un indice de modulation $x=0,63$. En déduire les amplitudes du signal de commande V_{in} lorsque l'on effectue une transmission sur le canal N°2.

Corrigé des exercices

Exercice n°1 : Bilan de liaison pour un dispositif de vidéosurveillance

Q1 : Bluetooth & Wifi $\approx 2,4\text{GHz}$ **Q2 :** $P = 1\text{mW} \cdot 10^{\frac{\text{PdBm}}{10}}$ donc $\boxed{P=39,8\text{mW}}$ **Q3 :** $\lambda = \frac{c}{f} = 51,7\text{mm}$

Q4 : Il s'agit d'un rapport de puissance $\boxed{G_E = G_R = 2}$

Q5 : $P_R = 29,8\text{pW}$ donc $P_{\text{RdBm}} = -75,2\text{dBm}$ L'équipement sélectionné convient donc à l'application car sa sensibilité minimale est inférieure à la puissance reçue.

Exercice n°2 : Récepteur de télévision

Q1, Q2 : voir poly cours

Q3 : $P = D_o \cdot B_{eq}$

Q4 : $\boxed{B_{eff} = \sqrt{4kTR \cdot B_{eq}} = 61\mu\text{V}}$

Q5 : $\left. \frac{S}{B} \right|_{\text{dB}} = 10 \cdot \log\left(\frac{S_{eff}^2}{B_{eff}^2}\right)$ donc $\left. \frac{S}{B} \right|_{\text{dB}} = -7,74\text{dB}$

Q6 : En entrée du filtre $D_o = B_{eff}^2 / B_{eq}$ en sortie de filtre la puissance de bruit est $B_{out} = D_o \cdot (546\text{MHz} - 474\text{MHz}) = B_{eff}^2 \cdot (546\text{MHz} - 474\text{MHz}) / B_{eq}$ donc $\boxed{B_{out} = 9,45\mu\text{V}}$

La puissance du signal est inchangé à travers le filtre donc $\left. \frac{S}{B} \right|_{\text{dB}} = 8,45\text{dB}$ ce qui constitue une amélioration nette du rapport signal sur bruit.

Exercice n°3 : Etude d'une ligne spécialisée

Q1 : $\boxed{D_{max} = BP \cdot \log_2\left(1 + \frac{S}{B}\right)}$ D_{max} : Débit maximum (bit/s) BP : Bande passante du canal de transmission
S/B : Rapport Signal sur Bruit en linéaire

Q2 : Comme $\left. \frac{S}{B} \right|_{\text{dB}} = 10 \cdot \log\left(\frac{S}{B}\right)$ alors $D_{max} = BP \cdot \log_2\left(1 + 10^{\left. \frac{S}{B} \right|_{\text{dB}} / 10}\right) = BP \cdot \frac{\log\left(1 + 10^{\left. \frac{S}{B} \right|_{\text{dB}} / 10}\right)}{\log(2)}$

On obtient donc un débit maximum possible $\boxed{D_{max} = 36,2\text{kbit/s}}$

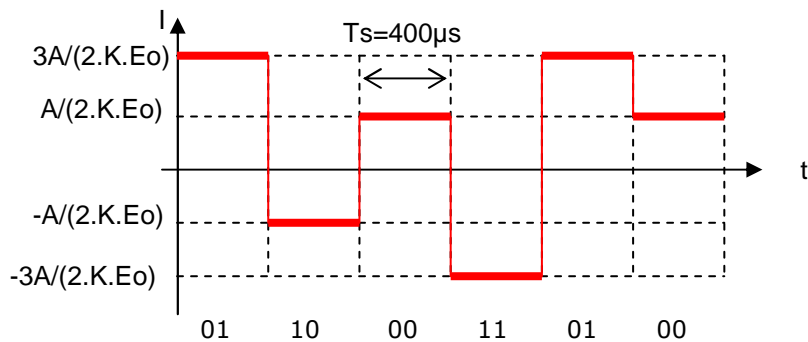
Q3 : largeur d'un canal $\boxed{\Delta F = 5\text{kHz}}$

Numéro de canal	1	2	3	4
$\frac{S}{B} = \frac{S_{eff}^2}{B_{eff}^2}$	11,11	4	1	1
D_{max}	18kbit/s	11,6kbit/s	5kbit/s	5kbit/s
Motif de la modulation	8PSK	QPSK	BPSK	BPSK
Débit associé	14400bit/s	9600bit/s	4800bit/s	4800bit/s

Q4 : Le débit total que l'on peut espérer obtenir sur cette ligne de transmission est donc $D_{max} = 14400 + 9600 + 2 \times 4800$ soit $\boxed{D_{max} = 33,6\text{kbit/s}}$

Exercice n°4 : Transmission en modulation 4-QAM

Q1 :



Q2 : $V_{4QAMeff}^2 = Pr('00') \cdot \frac{(A/2)^2}{2} + Pr('01') \cdot \frac{(3A/2)^2}{2} + Pr('10') \cdot \frac{(A/2)^2}{2} + Pr('11') \cdot \frac{(3A/2)^2}{2}$

avec $Pr('00') = Pr('01') = Pr('10') = Pr('11') = \frac{1}{4}$ donc $V_{4QAMeff}^2 = \frac{1}{8} \cdot \frac{2 \cdot A^2 + 2 \cdot 9A^2}{4}$ soit $V_{4QAMeff} = A \cdot \sqrt{\frac{5}{8}}$