

Professeur : K. GHOUMID

Année universitaire 2019 – 2020

5^{ème} année, Ingénieur

Génie Télécommunications & Réseaux

Faisceaux Hertziens

Contrôle # 2 #

Durée d'examen 1 heure 30 min : 8 h 30 min - 10 h

(Documents autorisés)

Janvier 2020

Exercice 1	Exercice 2	Exercice 3	Total
/8	/7	/5	/20

Bonne chance ...

Ex -1- : Liaison hertzienne à 800 MHz.

On considère la liaison hertzienne d'un système d'émission-réception qui fonctionne dans la bande UHF 800 MHz, représentée sur la figure 1. La liaison est caractérisée par les données suivantes :

- Une puissance d'émission $P_e = 6 W$.
- Un gain d'antenne d'émission $G_e = 12 dB$.
- Un gain d'antenne de réception $G_r = 12 dB$.
- Une largeur de bande du système $W_s = 10 MHz$.
- Une bande équivalente de bruit W_B de largeur 80% par rapport à celle du système.
- Une température du système avoisinant $T = 290 K$.
- Une modulation 16-QAM avec une probabilité d'erreur exigée $Pr_{e,min} \leq 7,8 \cdot 10^{-5}$.
- Les données relatives à l'étage de réception sont mentionnées sur la même figure : $G_1 = 18 dB$, $F_1 = 4 dB$, $G_2 = -5 dB$, $G_3 = -6 dB$, $F_3 = 6 dB$, $G_4 = -5 dB$, $F_4 = 7 dB$, $F_5 = 6 dB$.

1. Calculer en dB le facteur de bruit total de l'étage de réception.
2. Calculer en dB le rapport $\frac{E_b}{N_o}$ exigé.
3. Calculer le rapport puissance utile/puissance du bruit $\left(\frac{S}{N}\right)_{out}$, qui s'accorde avec la probabilité d'erreur prescrite.
4. Calculer le rapport $\left(\frac{S}{N}\right)_{in}$ au niveau de l'antenne réceptrice.
5. Quelle est en dBm la valeur de la sensibilité au niveau de l'antenne de réception ?
6. Quelle est la distance maximale entre l'émetteur et le récepteur qui garantie les exigences imposées ? (Une marge de sécurité $M = 5 dB$ doit être prise en considération).

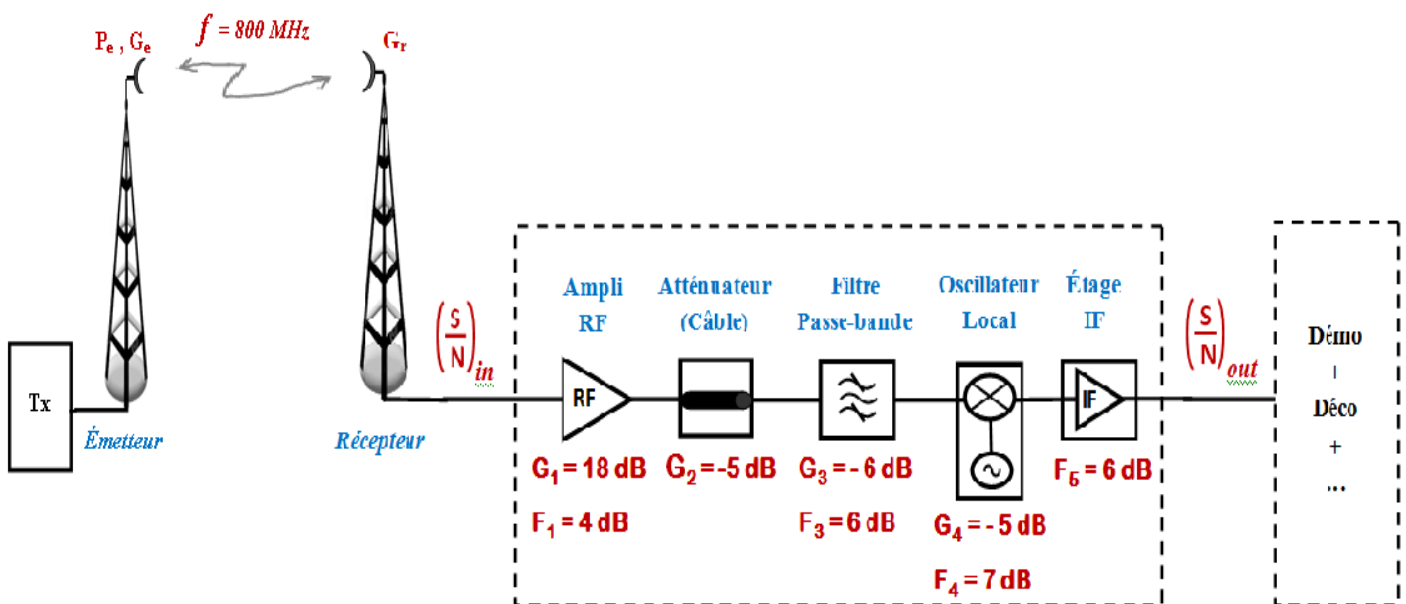


FIGURE 1 – Synoptique de l'étage de réception de la transmission hertzienne numérique.

Ex -2- : Canal radio-mobile, Délai de dispersion, Bande de cohérence, Flat fading.

On considère un terminal mobile en mouvement qui se déplace en voiture dans une ville (rurale) et qui reçoit en liaison hertzienne plusieurs signaux multitrajets, issus d'une station de base comme illustré sur la figure 2. Le profil de puissance du canal radiomobile multitrajets est représenté sur la figure 3. Le signal du mobile en question est modulé en 128-QAM avec un filtre en cosinus surélevé de facteur de roll-off $\alpha = 0,25$.

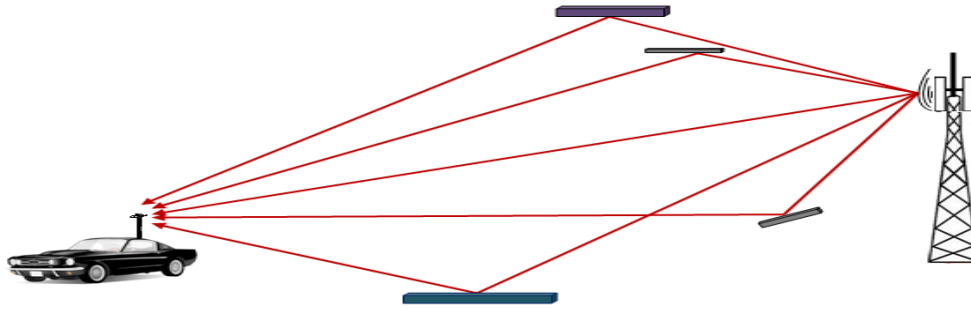


FIGURE 2 – Signaux multitrajets dus aux réflexions sur plusieurs obstacles (édifices, bâtiments, murs, ...), reçus au niveau de l'antenne mobile.

1. Calculer les temps retards moyens du 1^{er} ordre $\bar{\tau}$ et du 2^{ème} ordre $\bar{\tau}^2$, puis en déduire la valeur efficace du temps de dispersion $\sigma_{\tau_{rms}}$.
2. Estimer la bande de cohérence B_c pour une corrélation de l'ordre de 50%.
3. Exprimer la bande passante du signal B_s en fonction du débit binaire R_b et du facteur de roll-off α .
4. Quelle est la valeur maximale du débit binaire $R_{b_{Max}}$ si on considère que le canal de propagation est de type "fading plat" (flat fading) ?
5. De quel type de canal radio s'agit-il si on considère le mobile en question comme un GSM (bande $W = 200\text{ KHz}$ et débit binaire du canal $R_b = 270,9\text{ Kbit/s}$), qui se déplace à une vitesse $v = 100\text{ km/s}$?

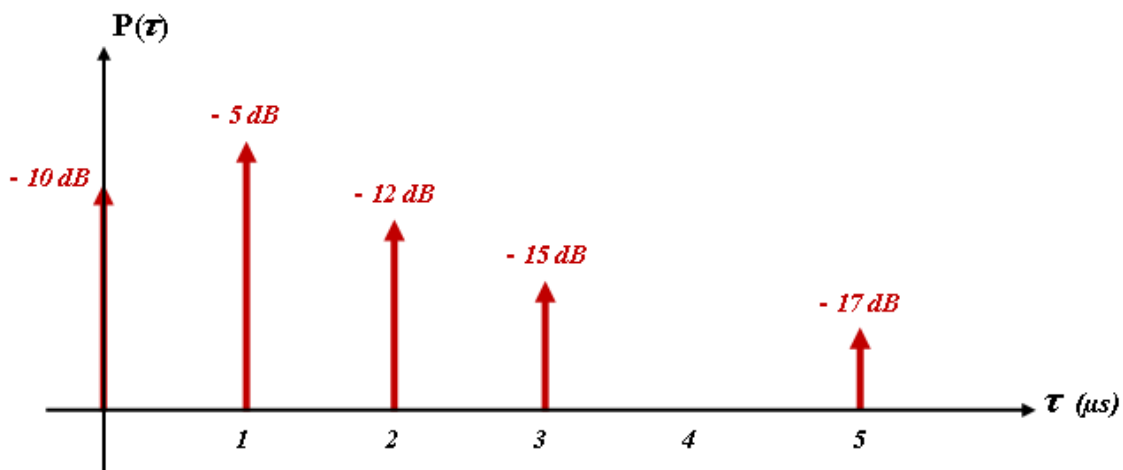


FIGURE 3 – Profil des puissances $P(\tau)$ du canal radio-mobile multitrajets.

Ex -3- : QCMs : Canal radio-mobile hertziens.

Dans ce questionnaire à choix multiples (QCM), pour chaque question, quatre réponses sont proposées. L'étudiant doit choisir la bonne réponse (attention, parfois deux ou plus!).
Une réponse juste +1 pt ; Une réponse fausse -0,5 pt ; Pas de réponse 0 pt.

1. Lequel des éléments suivants n'est pas un paramètre du canal hertzien ?
 - a) Bande passante ;
 - b) Temps de cohérence ;
 - c) Temps de dispersion ;
 - d) Étalement Doppler ;

2. Le temps de cohérence d'un canal sans fil dépend de :
 - a) la fréquence porteuse ;
 - b) type de l'application (voix ou données) ;
 - c) la mobilité ;
 - d) la modulation

3. Le délai d'étalement (delay spread) d'un canal sans fil :
 - a) dépend de la modulation ;
 - b) affecte le temps de cohérence ;
 - c) détermine la quantité de diversité de fréquence disponible dans le canal ;
 - d) dépend de la fréquence porteuse ;

4. Pour un canal à évanouissement rapide, le temps de cohérence du canal est inférieur à du signal transmis :
 - a) étalement Doppler ;
 - b) bande passante ;
 - c) période du symbole (temps symbole) ;
 - d) largeur de bande de cohérence ;

5. Dans un canal à évanouissement lent, l'étalement Doppler du canal est bien inférieur à du signal en bande de base :
 - a) période de symbole ;
 - b) phase ;
 - c) temps de cohérence ;
 - d) bande passante ;

Indications utiles :

— Dans le cas d’une modulation 16-QAM, la probabilité d’erreur binaire est :

$$Pr_e = \frac{3}{2} Q\left(\sqrt{0,8 \frac{E_b}{N_o}}\right)$$

— Vitesse de la lumière $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$.

— Constante de Boltzmann $K_B = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ J/K}$.

— Tableau de quelques valeurs de la fonction Q.

x	Q(x)	x	Q(x)	x	Q(x)	x	Q(x)
0.00	0.5	2.30	0.010724	4.55	2.6823×10^{-6}	6.80	5.231×10^{-12}
0.05	0.48006	2.35	0.0093867	4.60	2.1125×10^{-6}	6.85	3.6925×10^{-12}
0.10	0.46017	2.40	0.0081975	4.65	1.6597×10^{-6}	6.90	2.6001×10^{-12}
0.15	0.44038	2.45	0.0071428	4.70	1.3008×10^{-6}	6.95	1.8264×10^{-12}
0.20	0.42074	2.50	0.0062097	4.75	1.0171×10^{-6}	7.00	1.2798×10^{-12}
0.25	0.40129	2.55	0.0053861	4.80	7.9333×10^{-7}	7.05	8.9459×10^{-13}
0.30	0.38209	2.60	0.0046612	4.85	6.1731×10^{-7}	7.10	6.2378×10^{-13}
0.35	0.36317	2.65	0.0040246	4.90	4.7918×10^{-7}	7.15	4.3389×10^{-13}
0.40	0.34458	2.70	0.003467	4.95	3.7107×10^{-7}	7.20	3.0106×10^{-13}
0.45	0.32636	2.75	0.0029798	5.00	2.8665×10^{-7}	7.25	2.0839×10^{-13}
0.50	0.30854	2.80	0.0025551	5.05	2.2091×10^{-7}	7.30	1.4388×10^{-13}
0.55	0.29116	2.85	0.002186	5.10	1.6983×10^{-7}	7.35	9.9103×10^{-14}
0.60	0.27425	2.90	0.0018658	5.15	1.3024×10^{-7}	7.40	6.8092×10^{-14}
0.65	0.25785	2.95	0.0015889	5.20	9.9644×10^{-8}	7.45	4.667×10^{-14}
0.70	0.24196	3.00	0.0013499	5.25	7.605×10^{-8}	7.50	3.1909×10^{-14}
0.75	0.22663	3.05	0.0011442	5.30	5.7901×10^{-8}	7.55	2.1763×10^{-14}
0.80	0.21186	3.10	0.0009676	5.35	4.3977×10^{-8}	7.60	1.4807×10^{-14}
0.85	0.19766	3.15	0.00081635	5.40	3.332×10^{-8}	7.65	1.0049×10^{-14}
0.90	0.18406	3.20	0.00068714	5.45	2.5185×10^{-8}	7.70	6.8033×10^{-15}
0.95	0.17106	3.25	0.00057703	5.50	1.899×10^{-8}	7.75	4.5946×10^{-15}
1.00	0.15866	3.30	0.00048342	5.55	1.4283×10^{-8}	7.80	3.0954×10^{-15}
1.05	0.14686	3.35	0.00040406	5.60	1.0718×10^{-8}	7.85	2.0802×10^{-15}
1.10	0.13567	3.40	0.00033693	5.65	8.0224×10^{-9}	7.90	1.3945×10^{-15}
1.15	0.12507	3.45	0.00028029	5.70	5.9904×10^{-9}	7.95	9.3256×10^{-16}
1.20	0.11507	3.50	0.00023263	5.75	4.4622×10^{-9}	8.00	6.221×10^{-16}
1.25	0.10565	3.55	0.00019262	5.80	3.3157×10^{-9}	8.05	4.1397×10^{-16}
1.30	0.0968	3.60	0.00015911	5.85	2.4579×10^{-9}	8.10	2.748×10^{-16}
1.35	0.088508	3.65	0.00013112	5.90	1.8175×10^{-9}	8.15	1.8196×10^{-16}
1.40	0.080757	3.70	0.0001078	5.95	1.3407×10^{-9}	8.20	1.2019×10^{-16}
1.45	0.073529	3.75	8.8417×10^{-5}	6.00	9.8659×10^{-10}	8.25	7.9197×10^{-17}
1.50	0.066807	3.80	7.2348×10^{-5}	6.05	7.2423×10^{-10}	8.30	5.2056×10^{-17}
1.55	0.060571	3.85	5.9059×10^{-5}	6.10	5.3034×10^{-10}	8.35	3.4131×10^{-17}
1.60	0.054799	3.90	4.8096×10^{-5}	6.15	3.8741×10^{-10}	8.40	2.2324×10^{-17}
1.65	0.049471	3.95	3.9076×10^{-5}	6.20	2.8232×10^{-10}	8.45	1.4565×10^{-17}
1.70	0.044565	4.00	3.1671×10^{-5}	6.25	2.0523×10^{-10}	8.50	9.4795×10^{-18}
1.75	0.040059	4.05	2.5609×10^{-5}	6.30	1.4882×10^{-10}	8.55	6.1544×10^{-18}
1.80	0.03593	4.10	2.0658×10^{-5}	6.35	1.0766×10^{-10}	8.60	3.9858×10^{-18}
1.85	0.032157	4.15	1.6624×10^{-5}	6.40	7.7688×10^{-11}	8.65	2.575×10^{-18}
1.90	0.028717	4.20	1.3346×10^{-5}	6.45	5.5925×10^{-11}	8.70	1.6594×10^{-18}
1.95	0.025588	4.25	1.0689×10^{-5}	6.50	4.016×10^{-11}	8.75	1.0668×10^{-18}
2.00	0.02275	4.30	8.5399×10^{-6}	6.55	2.8769×10^{-11}	8.80	6.8408×10^{-19}
2.05	0.020182	4.35	6.8069×10^{-6}	6.60	2.0558×10^{-11}	8.85	4.376×10^{-19}
2.10	0.017864	4.40	5.4125×10^{-6}	6.65	1.4655×10^{-11}	8.90	2.7923×10^{-19}
2.15	0.015778	4.45	4.2935×10^{-6}	6.70	1.0421×10^{-11}	8.95	1.7774×10^{-19}
2.20	0.013903	4.50	3.3977×10^{-6}	6.75	7.3923×10^{-12}	9.00	1.1286×10^{-19}
2.25	0.012224						

FIGURE 4 – Tableau de quelques valeurs de la fonction Q (Q function).