



Cours: SEG3555/CEG3585
Semestre: Hiver 2013

Professeur: Gilbert Arbez
Room: STE 5104
Phone: (613)562-5800 x 6315
Email: garbez@uottawa.ca

Devoir 2

Pondération: 5%

Disponible: le 2 février, 2013

Échéance: le 15 février, 2013, 11h59 (via BlackBoard Learn)

1. [15 points] La sortie d'un transmetteur micro-onde à une puissance de 0.1 Watt à une fréquence de 2 GHz. Le transmetteur est utilisé dans un système de communication micro-onde avec des antennes paraboliques comme transmetteur et receveur; les paraboles ont un diamètre de 2 mètres.

- a. Quel est le gain de chaque antenne en décibels?

$$\text{Le gain en décibel : } G_{dB} = 10 \log_{10} \left(\frac{4\pi f^2 A_e}{c^2} \right)$$

L'aire effective A_e pour une antenne parabolique = $0.56 \cdot A$ (ou A est l'aire de la parabole). Donc $A_e = 0.56 \cdot (\pi \cdot r^2) = 0.56(\pi \cdot (1)^2) = 1.76 \text{ m}^2$

$$G_{dB} = 10 \log_{10} \left(\frac{4\pi \times (2 \times 10^9)^2 \times 1.76 \left[\frac{\text{Hz}^2 \times \text{m}^2}{(\text{m/s})^2} \right]}{(3 \times 10^8)^2} \right)$$

$$\text{Donc le gain : } = 10 \log_{10} \left(\frac{4\pi \times (20 \times 10^8)^2 \times 1.76 \left[\frac{(1/s)^2 \times \text{m}^2}{(\text{m}^2/s^2)} \right]}{(3 \times 10^8)^2} \right)$$

$$= 10 \log_{10} \left(\frac{4\pi \times 20^2 \times 1.76}{3^2} \right) = 10 \log_{10} (982.97) = 29.93 \text{ dB}$$

- b. Quel est la puissance effective de radiation du signal transmit?

Le gain d'antenne détermine comment l'antenne converti la puissance d'entrée, P_E , à la puissance de radiation, P_{radE} chez l'émetteur (notez que le gain d'une antenne isotrope est de 1).

Étant donnée :

- Puissance du signal d'entrée $P_E = 0.1 \text{ Watts}$.
- Le gain absolu de l'antenne est donné par (a), soit 982.97

En Watts, la puissance de radiation est

$$P_{radE} = 0.1 \text{ W} \times 982.97 = 98.23 \text{ Watts}$$

En decibels dBm :

$$P_{radE} = 10 \log_{10}(98.23 \times 10^3 \text{ mW}/1\text{mW}) = 49.92 \text{ dBm}$$

- c. Si l'antenne de réception se trouve à 48 km de l'antenne transmetteur, quelle sera la puissance en dBm du signal reçue à l'antenne de réception.

Le gain d'antenne détermine comment l'antenne converti la puissance de radiation qui frappe l'antenne, P_{radR} , à la puissance de sortie, P_R chez le recevoir (notez que le gain d'une antenne isotrope est de 1).

Étant donnée

$d =$ distance = 48,000 m

$\lambda =$ longueur d'onde = $c/f = (3 \times 10^8 \text{ m/s}) / (2 \times 10^9 \text{ s}^{-1}) = 0.15 \text{ m}$

L'affaiblissement en décibels est

$$\begin{aligned}
 L &= 10 \log_{10} \left(\frac{4\pi d}{\lambda} \right)^2 \text{ dB} \\
 &= 10 \log_{10} \left(\frac{4\pi \times 48,000 \left[\frac{m}{m} \right]}{0.15} \right)^2 \\
 &= 20 \log_{10} \left(\frac{4\pi \times 48,000 \left[\frac{m}{m} \right]}{0.15} \right) = 20 \log_{10} (4,021,239) = 132.09 \text{ dB}
 \end{aligned}$$

Puissance du signal de radiation à l'antenne émetteur dBm :

$$P_{radE} = 10 \log_{10}(98,230 \text{ mW}/1 \text{ mW}) = 49.92 \text{ dBm}$$

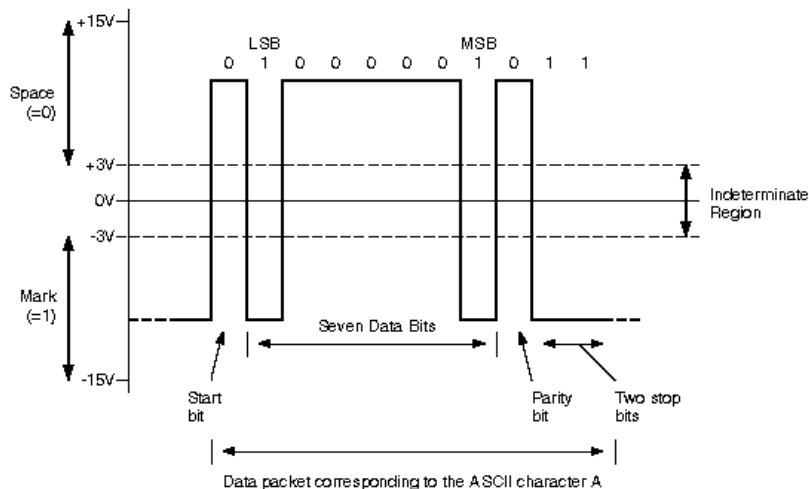
Puissance du signal de radiation à l'antenne receveur dBm :

$$P_{radR} = 49.92 - 132.09 = -82.98 \text{ dBm}$$

Puissance du signal reçu à l'antenne receveur dBm, gain à l'antenne est 29.93

$$P_r = -82.98 + 29.93 = -53.05 \text{ dBm}$$

2. [10 points] Quelle est la technique d'encodage utilisé dans le signal montré dans la figure ci-dessous? **NRZ-L**



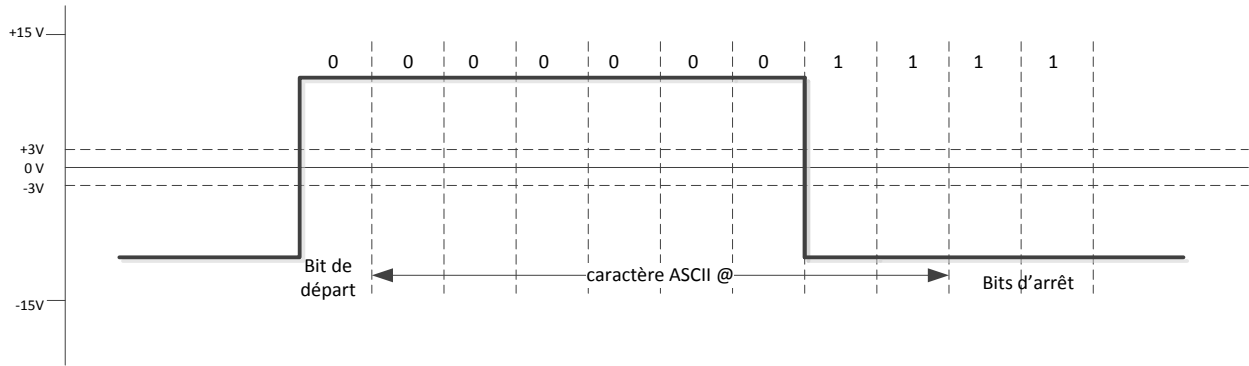
Dans la figure ci-dessus, le caractère de 7-bits ASCII "A" est codé par la séquence de bit "01000001011". Quel est la séquence de 11 bits pour le caractère ASCII de 7-bit du caractère "@"?

caractère en Hex 40 = 100 0000

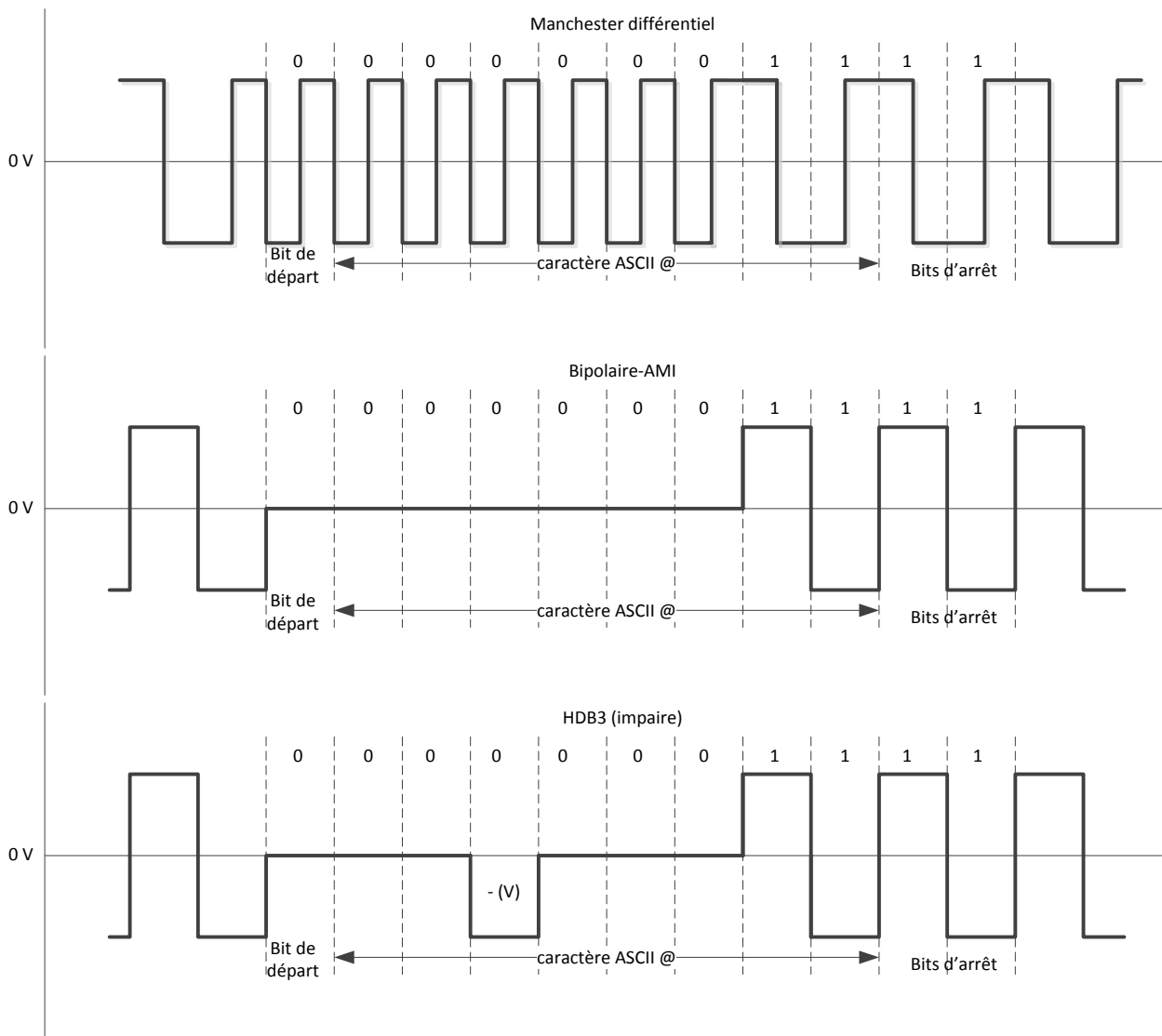
Parité est paire, donc bit de parité est 1

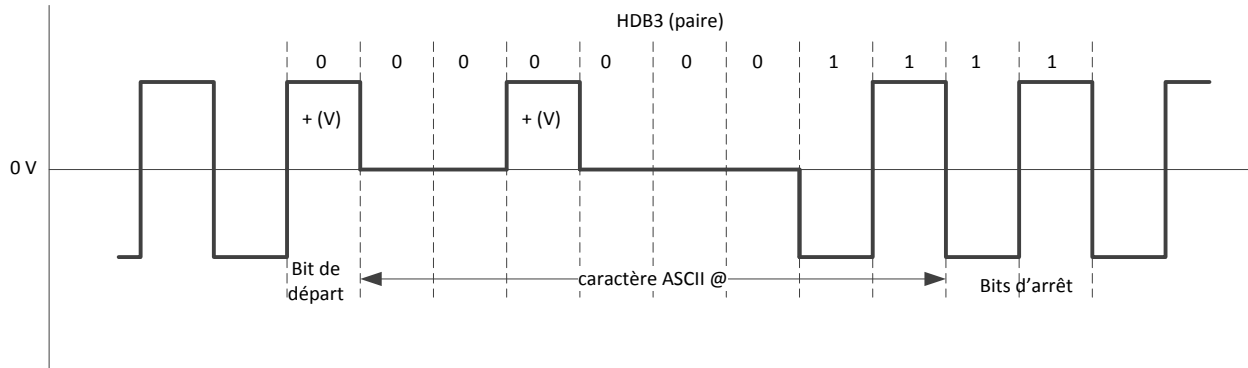
Avec bits de départ et 2 bits d'arrêt, séquence est : 0 0000 001 1 11

Utilisez la même technique d'encodage pour montrer le signal qui représente les 11 bits du "@".



Traitez les 11 bits pour le "@" comme une séquence de bits de données (pas de considération pour les bits de départ et de fin). Utilisez les techniques Manchester différentiel, le Bipolaire-AMI, et HDB3 pour représenter les 11 bits du "@". Faites les suppositions appropriés si nécessaire.





3. [10 points] Considérez que dans la transmission asynchrone N bits de données sont transmis entre le bit de départ et le bit de fin. Quelle est la valeur maximale de N si l'horloge du receveur est 1% plus rapide que l'horloge du transmetteur.

Disons un temps bits, t_b . À chaque bit, l'échantillonnage du bit se déplace de 1% du temps bit t_b vers le bord du bit, c'est-à dire, $0.01t_b$. Étant donné que l'échantillonnage se fait au centre du bit, lorsque le déplacement atteint $0.5t_b$, l'échantillonnage ne sera plus valide. En considérant le bit de départ et les N bits de données :

$$0.5 t_b = (N+1) \times 0.01t_b$$

$$0.5 = (N+1) \times 0.1$$

$$N = 50 - 1 = 49$$

4. [10 points] Expliquez clairement comment le CRC-16 ou CRC-CCITT peut détecter toute erreur de longueur 16 bits ou moins, 99.997% des paquets d'erreur long de 17-bits, et 99.998% des paquets d'erreur long de 18-bits ou plus.

Le paquet d'erreur est défini comme une séquence de bits entre 2 bits en erreurs contenant x bits avec erreurs.

La performance du CRC pour paquets d'erreur (longueur du FSC = $n-k = 16$):

- 1) **Paquet d'erreurs de 16 ou moins : détecte tous erreur. Le polynôme contient le facteur x^0 et donc le message (ou patron d'erreurs) doit être divisible par le polynôme. Un changement par un paquet d'erreurs plus petit ou égale au FCS rendra le message (ou patron d'erreur) non-divisible par le polynôme. Pensez à l'opération d'ou exclusive dans la génération du FSC avec le polynôme).**
- 2) **Paquet d'erreurs de 17 bits : fraction d'erreurs détecté sera $1 - 2^{-(n-k-1)} = 1 - 2^{-15} = 0.9999694 = 99.997 \%$**
- 3) **Paquet d'erreurs plus long que 17 bits : fraction d'erreurs détecté sera $1 - 2^{-(n-k)} = 1 - 2^{-16} = 0.9999847 = 99.998 \%$**

5. **[15 points]** Considérez un signal audio avec un spectre de 300 à 3000 Hz. Si le débit d'échantillonnage est de 7000 échantillons par secondes est utilisé pour générer un signal PCM :
- Est-ce le débit d'échantillonnage est suffisant?
 - Pour atteindre un bruit de quantification $SNR_{dB} = 30$ dB, quelle est le nombre de niveaux uniformes de quantification requis?
 - Déterminez le débit binaire nécessaire pour transmettre la séquence de bits qui représente le signal audio.
 - Si l'étendu du signal est -5V to +5V, quelle sont les codes PCM's pour les niveaux -4.9V and +3V?

a) Débit d'échantillonnage $\geq 2 \times$ fréquence maximal du spectre du signal analogique = 2×3000 Hz = 6000 Hz. Donc l'échantillonnage est suffisant.

b) SNR_{dB} (de quantification) = $10 \log_2 n + 1.76 = 6.02n + 1.76$ dB

Donc $30 = 6.02n + 1.76 \Rightarrow n = (30 - 1.76) / 6.02 = 4.69$ bits $\Rightarrow n = 5$ (pour avoir un SNR plus élevé que 30, si 4 est choisi, le SNR serait inférieur au 30). Avec 5 bits, le nombre de niveaux de quantification seraient $2^5 = 32$ niveaux.

Donc un $SNR_{dB} = 6.02(5) + 1.76 = 31.86$ dB

c) Débit binaire = débit d'échantillons X nombre de bits/échantillons
 $= 7000 \times 5 = 35,000$ bps

d) Nombre de niveaux binaire : $2^5 = 32$ bits

Étendu du signal : $5 - (-5) = 10$ V

Chaque niveau représente $10/32 = 0.3125$ V

Pour -4.9 volts : $(-4.9 + 5) / 0.3125 = 0.32 = 0$, binaire 00000

Pour 3 volts : $(3 + 5) / 0.3125 = 25.6 = 25$ binaire 11001

6. [15 marks] Dans la détection d'erreur CRC, le polynôme $X^4 + X + 1$ est utilisé.
 a. Déterminez le code CRC de la séquence 10010011011.

$$\begin{array}{r}
 \\
 10011 \overline{) 100100110110000} \\
 \underline{10011} \\
 10110 \\
 \underline{10011} \\
 10111 \\
 \underline{10011} \\
 10000 \\
 \underline{10011} \\
 1100
 \end{array}$$

Restant de 1100 ce qui donne le message 10010011011 1100

- b. Supposez que le canal introduit un patron d'erreur 1000100000000000 (les bits dans les positions 1 et 5 changent de valeur, 1 à 0 ou 0 à 1). Est-ce que l'erreur peut être détectée?

100100110111100 bits transmis
1000100000000000 patron d'erreurs
 000110110111100 bits reçus (opération ou-excl.)

$$\begin{array}{r}
 10011 \overline{) 000110110111100} \\
 \underline{10011} \\
 10000 \\
 \underline{10011} \\
 11111 \\
 \underline{10011} \\
 11001 \\
 \underline{10011} \\
 10100 \\
 \underline{10011} \\
 1110
 \end{array}$$

Non, l'opération de division donne un restant non-zéro. Notez que le patron d'erreurs n'est pas divisible par le polynôme, i.e. le patron d'erreur 10001 n'est pas divisible par le polynôme G 10011.

c. Répétez la partie b avec un patron d'erreur 1001100000000000.

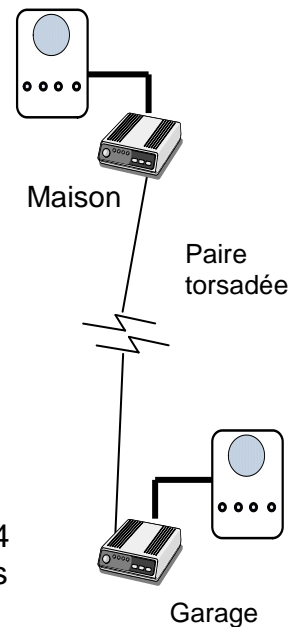
$$\begin{array}{r}
 10011 \overline{) 000010110111100} \\
 \underline{10011} \\
 10111 \\
 \underline{10011} \\
 10011 \\
 \underline{10011} \\
 00000
 \end{array}$$

Erreur n'est pas détectée. Notez que le patron d'erreur est divisible par le polynôme, le paquet d'erreur 10011 est égale au polynôme 10011 et donc le patron d'erreur est divisible par le polynôme.

6. [25 marks] Vous expérimentez avec la conception des intercoms numériques. Vous avez connecté deux intercoms de ce type entre votre maison et votre garage (vous gagnez beaucoup de sous) par l'entremise de deux modems synchrones et une ligne de paire torsadées. Un ami ingénieur, ayant accès à de l'équipement sophistiqué, mesure le SNR de la paire torsadée à 45 dB et la largeur de bande disponible à 10 kHz (notez qu'il faut diviser le spectre en deux bandes afin de permettre une transmission simultanée duplex entre les deux intercoms).

Initialement, vous avez configuré vos intercoms avec les paramètres de 50 dB SNR de quantification et un échantillonnage PAM de 11000 échantillons par secondes du spectre de la voix/musique entre 0 et 5.1kHz (vous voulez bien entendre votre stéréo). Les modems sont capables de débit baud 1 200, 2 400, 4 800, et 12 000 baud et peuvent être configurés avec les méthodes de modulation QAM-16, QAM-32, QAM-64, et QAM-128.

Pouvez-vous faire fonctionner vos intercoms numériques? En particulier, spécifiez les paramètres de vos intercoms qui livreront un signal suffisant pour la voix et la musique (doit livrer le spectre 100 à 5100 Hz, avec un minimum de 35 dB de SNR de quantification) et la configuration des modems (débit baud et méthode de modulation). Donnez une explication de votre configuration.



Le débit binaire maximum via la ligne loué se calcule avec la capacité Shannon à

$$C = B \log_2 (1+SNR) = 5000 \log_2(10^{4.5}) = 74,743 \text{ bps}$$

Les débits binaires disponibles avec les modems sont :

	1200 baud	2400 baud	4800 baud	12000 baud
QAM-16 (4 bits)	4,800 bps	9,200 bps	19,200 bps	48,000 bps
QAM-32 (5 bits)	6,000 bps	12,000 bps	24,000 bps	50,000 bps
QAM-64 (6 bits)	7,200 bps	14,400 bps	28,800 bps	72,000 bps
QAM-128 (7 bits)	8,400 bps	16,800 bps	33,600 bps	84,000 bps

Donc, il est possible de configurer les modems avec un débit de 72 kbps avec les paramètres QAM-64 avec un baud de 12000 (avec l'espoir que nous ne somme pas trop près de la limite théorique calculé).

Maintenant examinons le débit nécessaire pour le signal de l'intercom numérique. Avec les paramètres initiaux de 50 dB de SNR de quantification, le nombre de bits de quantification = $(50-1.76)/6.02 = 8$ bits. Avec un débit d'échantillonnage de 11000 échantillons par seconde, le débit binaire du téléphone, ainsi configuré, est de 8 bit/échantillon * 11000 échantillons/secondes = 88 kbps, ce qui est plus élevé que le débit disponible chez les modems.

Tentons réduire le débit du téléphone en variant ses paramètres

- A) Réduisons le taux d'échantillonnage à 10200, ce qui donne $8 * 10200 = 81600$
- B) Réduisons donc le nombre de bits de quantification à 7 bits, ce qui donne un débit de $10200 * 7 = 71.4$ kbps. Le SNR = $6.02*6+1.76 = 43.9$ dB.
- C) On peut aussi réduire le nombre de bits de quantification à 6 bits, ce qui donne un débit de $11000 * 6 = 66\ 000$ kbps. Les modems ont la capacité de répondre à ce débit binaire. Mais vérifions si notre SNR est toujours correcte. SNR = $6.02*6+1.76 = 37.88$ dB, ce qui est plus élevé que notre valeur minimal de 35 dB.

Donc les paramètres finaux deviennent :

Intercom numérique : 43.9 dB de SNR de quantification (7 bits) avec un PAM à 10200 échantillons par secondes, ce qui donne un débit binaire demandé de 71.4 kbps. Cette configuration donne un meilleur SNR que l'option du 6 bits.

Modem : La modulation QAM-64 avec un baud de 12000, pour un débit binaire total de 72 kbps.

Explication :

La paire torsadée est la ressource qui limite le scénario, avec une capacité maximale de 74.7 kbps (théorique). Donc, le débit maximal possible des modems est de 72 kbps (avec l'espoir que le débit n'est pas trop près de la valeur théorique pour atteindre une solution pratique). Les paramètres initiaux des intercoms donnaient un débit binaire de 88 kbps, ce qui était plus élevé que le débit disponible chez les modems. Il était nécessaire de réduire notre SNR de quantification pour quantifier le signal de voix avec 7 bits et de réduire notre échantillonnage à 10 200 échantillons/seconde, ce qui a donné un débit binaire de 71.4 kbps, un débit que les modems peuvent supporter. La réduction du SNR à 43.9 dB dépasse très bien le SNR minimum de 35dB.