

Matière : Systèmes et Réseaux de Télécommunication

VHS : 45h00 (cours : 1h30, TD : 1h30)

Crédits : 4

Coefficient : 2

Contenu de la matière :

- Chapitre 1. Systèmes de transmission numériques
- Chapitre 2. Transmission de données
- Chapitre 3. Modems et Interfaces
- Chapitre 4. Protection contre les erreurs
- Chapitre 5. Réseaux de télécommunications

Mode d'évaluation : Contrôle continu : 40% ; Examen : 60%.

Références bibliographiques :

1. Tanenbaum ; Réseaux ; 4ème édition, Prentice Hall, 2003.
2. R. Parfait ; Les réseaux de télécommunications ; Hermes science publications, 2002.
3. E. Hollocou ; Techniques et réseaux de télécommunications ; Armand Colin, 1991.
4. C. Servin ; Réseaux et télécoms ; Dunod, Paris, 2006.
5. D. Dromard et D. Seret ; Architectures des réseaux ; Editions Pearsont, 2009.
6. P. Polin ; Les réseaux : principes fondamentaux ; Edition Hermès.
7. D. Comer ; TCP/IP, architectures, protocoles et applications ; Editions Interéditions.
8. D. Présent, S. Lohier ; Transmissions et Réseaux, cours et exercices corrigés ; Dunod.
9. P. Clerc, P. Xavier ; Principes fondamentaux des Télécommunications ; Ellipses, Paris, 1998.
10. D. Battu ; Initiation aux Télécoms : Technologies et Applications ; Dunod, Paris, 2002.
11. P. Rolin, G. Martineau, L. Toutain, A. Leroy ; Les réseaux, principes fondamentaux ; édition Hermès, 1997.
12. G. Pujolle, Cours réseaux et télécoms : Avec exercices corrigés, 3^e édition ; Eyrolles, 2008.
13. V. Breton, Ph. Boniface ; Télécommunications et réseaux ; Memotech, Eyrolles, 2014.
14. R. L. Freeman ; Telecommunication System Engineering ; John Wiley & Sons, 2004.

TD1 : Systèmes de Transmission Numériques

Exercice 1

Ci-dessous une évolution de la téléphonie :

- 1) Un indien veut transmettre à sa tribu un message, par des signaux de fumée.
- 2) Deux enfants communiquent par « pots de yaourt »
- 3) Une personne converse avec une autre par téléphone filaire (dit « classique »)
- 4) Une personne converse avec une autre par téléphone portable
- 5) Une personne converse avec une autre par téléphone « VoIP » relié à un « box »

Remplir le tableau suivant

Situation	Emetteur	Canal de Transmission	Type de transmission	Type de signal transporté par le canal	Récepteur
(1)					
(2)					
(3)					
(4)					
(5)					

Exercices 2

- a) A quels rapports correspondent les valeurs en dB suivantes 10 dB, 3 dB, 40 dB, 37 dB?
- b) Convertir en décibels les rapports suivants : $P_a/P_b = 2000, 500, 10000, 500000$?
- c) Un poste téléphonique émet avec une puissance de 2dBmW. Quelle est la puissance émise en W?
- d) Si on évalue la puissance sonore S d'une grosse moto à 87 dB, quelle est, en décibels, la puissance sonore produite par une bande de 8 motos identiques circulant à la même vitesse ? Trouvez la puissance sonore réellement émise.
- e) Dans l'étude préalable à l'installation d'un réseau, on souhaite que la puissance du signal émis soit 2000 fois supérieure à celle du bruit. Quelle est en décibel la puissance associée à la bande passante du support à installer ?

Exercice 3

- a) Appliquez la relation de Shannon à et déterminez la capacité maximale théorique du canal, de bande passante $\beta = 4,5$ MHz et rapport signal sur bruit $S/B = 35$ dB.
- b) Une voie possède une capacité de 20 Mbits/s. La largeur de bande de la voie est de 3 MHz. Quel doit être le rapport signal/bruit ?

Exercice 4

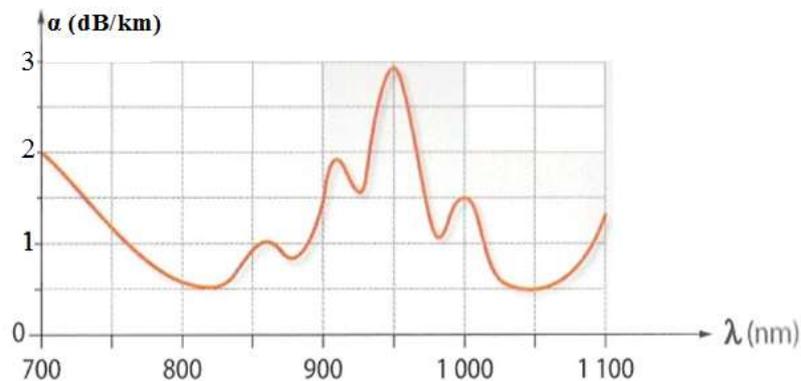
- a) Si l'affaiblissement est de 30 dB, quel est le rapport $|V_e/V_s|$ d'une portion de voie de transmission ?
- b) Une ligne de transmission a une longueur $L = 350$ m. On mesure à l'entrée de celle-ci une puissance de $P_e = 2,2$ kW et à la sortie une puissance $P_s = 1,9$ kW. Calculer le coefficient d'atténuation linéique.
- c) On définit le gain entre V_s et V_e par $G(\text{dB}) = 20\log(V_s/V_e)$. Une ligne présente une atténuation de 25dB et on pose $V_e = 1V$.

1. Calculer la tension présente en sortie de la ligne.
2. Une deuxième ligne est ajoutée en fin de la première ligne. Cette ligne a une atténuation de 10dB. Calculer l'atténuation totale.

Exercice 5

L'atténuation d'un signal dans une fibre optique dépend de sa fréquence. Cette propriété est illustrée par le graphique ci-dessous.

1. a. Quel est le nom de la grandeur physique représentée en abscisse ?
b. Quel est le nom de la grandeur physique représentée en ordonnée ?
2. a. Pour quelle valeur de longueur d'onde observe-t-on une atténuation maximale ?
b. À quel domaine du spectre électromagnétique cette longueur d'onde correspond-elle ?
3. On utilise une source lumineuse de longueur d'onde 900 nm.
 - a. Que vaut le coefficient d'atténuation pour cette longueur d'onde ?
 - b. Quelle longueur de fibre peut-on utiliser avant d'atteindre une atténuation de 3 dB ?
 - c. Quelle longueur d'onde faudrait-il utiliser pour que l'atténuation soit de 1 dB ?

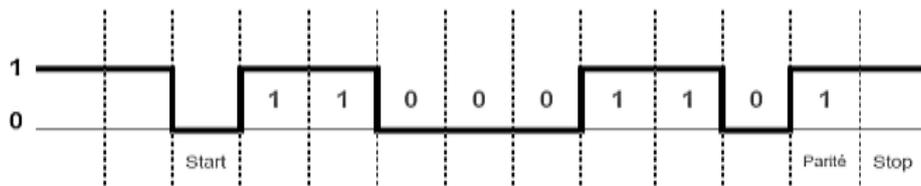


Exercice 6

Un canal de transmission a un coefficient d'atténuation de $\alpha = 8,0 \text{ dB.km}^{-1}$; la puissance mesurée en entrée est $P_e = 100 \text{ mW}$; le récepteur pour fonctionner, impose que la puissance de sortie $P_s = 3,8 \mu\text{W}$. Quelle est la longueur L_{max} maximale de la ligne permettant de transmettre l'information.

Exercice 7

Soit la trame logique d'une liaison série asynchrone :



- Sachant que la donnée transmise est codée sur un octet, qu'il y a une parité et 1 bit de stop. Retrouver la donnée transmise en hexadécimale.

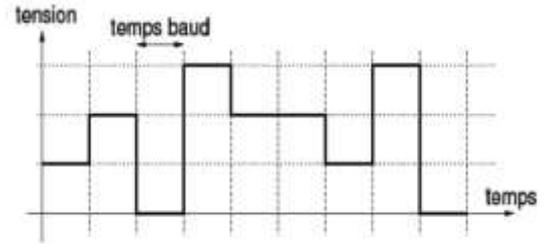
Exercice 8

Calculer la durée minimum d'un envoi de 900 caractères codées sur 7 bits à l'aide d'une transmission série asynchrone à 9600 bit dans une seconde. On utilise un ordinateur récent qui nécessite 0,5T de stop.

TD2: Transmission de données

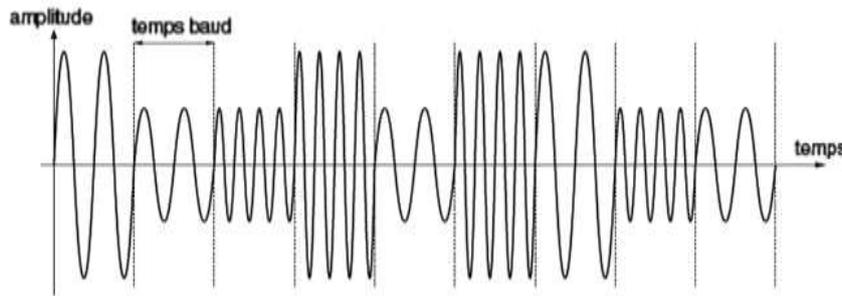
Exercice 1 : On dispose d'un signal de la forme ci-contre:

- Quel est le nombre de bits par baud pouvant être émis ?
- En supposant que le protocole de transmission spécifie que les niveaux du plus bas au plus élevé correspondent aux valeurs binaires de 0 à 3, quelle est la séquence de bits représentée par ce signal ?



Exercice 2

- Quelle combinaison a été utilisée pour l'émission du signal suivant?
- Combien de bits par baud sont transmis si toutes les possibilités des combinaisons utilisées sont présentées dans ce signal ?
- Supposons que les quatre combinaisons amplitude-fréquence : faible-faible, faible-fort, fort-faible et fort-fort, codent respectivement 00,11,01 et 10. Quelle est la séquence de bits qui représente le signal?



Exercice 3

- 1) Une voie de transmission véhicule 8 signaux distincts; sa rapidité de modulation est $R = 1200$ bauds. Quel est le débit binaire de cette ligne ?
 - Un système de transmission numérique fonctionne à un débit de 9600 bits/s. Si un signal élémentaire permet le codage d'un mot de 4 bits, quelle est la largeur de bande minimale nécessaire de la voie ?
3. Soit un signal numérique dont la rapidité de modulation est quatre fois plus faible que le débit binaire. Quelle est la valence du signal ? Si la rapidité de modulation du signal vaut 2400 bauds, quel est le débit binaire disponible ?
4. Calculer la rapidité de modulation d'un signal de valence égale à 8 et dont l'émission de 100 octets prend un temps de 0.8 ms.

Exercice 4

Soit un support de transmission caractérisé par ses fréquences extrêmes de 60 et 108 KHz et par un rapport S/B de 37 dB.

- Quel est le débit binaire théorique maximal de cette ligne ?
- Que devient ce résultat si le rapport S/B vaut 40 dB.

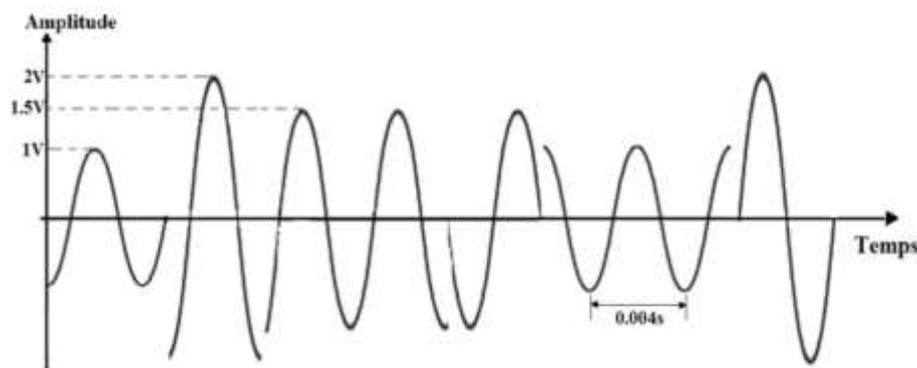
Exercice 5

On suppose que l'on a un signal dont la rapidité de modulation est de 10^5 Bauds.

- Quel est le débit binaire si le signal est bivalent ? s'il est quadrivalent ?
- Avec un tel signal et une rapidité de modulation de 10^5 Bauds, quelle est la valence nécessaire pour avoir un débit binaire de 800 Kbits/s ?
- Quelle est la largeur de la bande minimale de la liaison transportant un tel signal ? (reprendre R, D et V de la question précédente)
- Quelle doit être la valeur minimale du rapport signal/bruit si la largeur de la bande passante de la liaison est de 1000 Hz pour obtenir ce même débit binaire ?

Exercice 6

Soit le signal modulé à transmettre suivant



- Combien y a-t-il de phases différentes? Indiquez-les.
- Combien y a-t-il d'amplitudes différentes? Indiquez-les.
- Calculer la valence
- Combien de bits par baud sont transmis par un tel signal?
- Calculer la rapidité de modulation.
- Proposez une valeur binaire pour chaque combinaison possible.
- Déduire l'information binaire transportée par le signal.

Exercice 7

Un système de radiomessagerie de poche (service d'envoi de messages par radio à des utilisateurs) présente les caractéristiques techniques suivantes :

- bande de fréquences : 169,425 MHz - 169,800 MHz ;
 - modulation de fréquences à 4 états ;
 - rapidité de modulation : 3 125 bauds ;
 - rapport S/B d'un récepteur : 76 dB.
1. Quel est le débit binaire réellement utilisé dans cette radiomessagerie ?
 2. En supposant qu'on transmette un octet par caractère, combien de temps faut-il pour transmettre un message de 200 caractères sur un récepteur de radiomessagerie ?
 3. Au lieu du débit binaire trouvé à la question 1, quel débit binaire pourrait-on théoriquement obtenir en exploitant au mieux les caractéristiques techniques de la radiomessagerie ?

TD 3 : MODEMS ET INTERFACES

Exercice1 :

- a) Un modem utilise une modulation d'amplitude, qui permet de coder 16 valeurs différentes. Pour une distance de 5km, on arrive à obtenir une rapidité de modulation de 340kilobaud. Quel débit ce modem peut-il atteindre ?
- b) Un modem utilise une modulation de phase avec les phases : $0, \pi/4, \pi/2, 3\pi/4, \pi, 5\pi/4, 6\pi/4, 7\pi/4$. Quel est le débit du modem si sa rapidité est 9600 bauds? Dessiner son diagramme spatial

Exercice 2 : Quels sont les débits binaires proposés par des modems utilisant une rapidité de modulation de 9600 bauds et répondant aux normes :

- 1. V21, qui utilise une modulation de 2 fréquences ?
- 2. V22, qui utilise une modulation de 4 phases ?
- 3. V29, qui utilise une modulation de 16 combinaisons amplitude/phase ?

Exercice 3 :Un modem V29 fonctionne à 9600bit/s sur un canal de bande passante (BP) de 500 à 2900Hz. On utilise une modulation de phase octavale avec une amplitude bivalente.

- 1) Calculez la valence du signal modulé.
- 2) Représentez le diagramme spatial de ce modem.
- 3) Calculez la rapidité de modulation théorique et la rapidité de modulation maximale.
- 4) Calculez le rapport signal /bruit pour garantir le fonctionnement correct de ce modem.

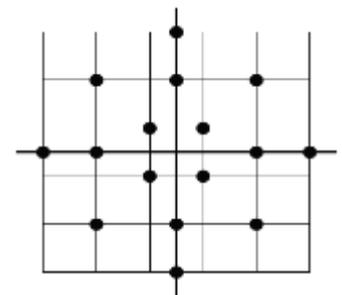
Exercice 4 : On désire transmettre, par l'intermédiaire d'un modem, la suite de bits 00101101. Dessinez la suite des signaux transmis par le modem en modulation de phase quadrivalente, puis en modulation de fréquence bivalente.

Exercice 5 : La norme V27 définit un modem fournissant un débit binaire de 4800bps. Ce modem utilise une modulation de phase à 8 positions distinctes.

- 1. Quelle est la rapidité de modulation de ce modem?
- 2. Donner le diagramme spatial sachant que les phases sont réparties régulièrement.
- 3. Pour chacune des modulations du diagramme, donner une valeur de sorte qu'il n'y ait qu'un bit de différent entre deux modulations voisines.

Exercice 6 : L'avis V29 définit la constellation suivante pour un modem destiné à une transmission de 9600 bps:

- 1. Quel est le nombre de bits pour chaque modulation et sa rapidité?
- 2. Calculer les phases et les amplitudes de ce modem.
- 3. Pour quelles raisons n'utilise-t-on pas l'ensemble de 32 états?
- 4. Proposer un code pour chacun de ces groupes.



Exercice 7: On considère un modem fonctionnant à 2400 bauds et admettant une modulation de phase et d'amplitude QAM définie par le signal $S(t) = A(t)\cos(2\pi ft + \varphi(t))$

$A(t)$	3	3	$\sqrt{2}$	$\sqrt{2}$	$3\sqrt{2}$	$3\sqrt{2}$	-3	-3	$-\sqrt{2}$	$-\sqrt{2}$	$-3\sqrt{2}$	$-3\sqrt{2}$
$\varphi(t)$	0	$\frac{\pi}{2}$	$\frac{\pi}{4}$	$\frac{3\pi}{4}$	$\frac{\pi}{4}$	$\frac{3\pi}{4}$	π	$\frac{3\pi}{2}$	$\frac{5\pi}{4}$	$\frac{7\pi}{4}$	$\frac{5\pi}{4}$	$\frac{7\pi}{4}$
Code	0000	0001	0010	0011	0100	0110	0111	1000	1001	1010	1011	1100

On s'intéresse à la transmission de la séquence S = 001011001111.

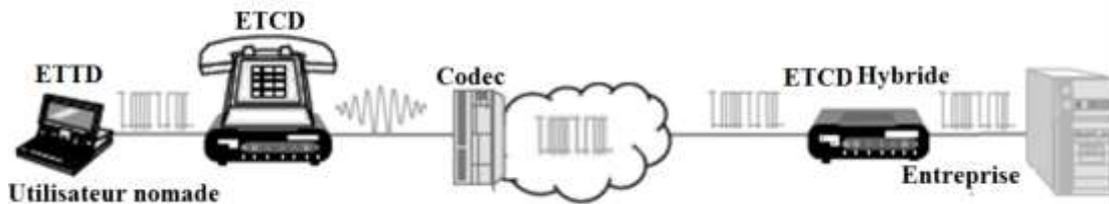
- 1. Précisez le nombre de niveaux d'amplitude et de phase.
- 2. Calculez le débit binaire autorisé par ce modem.

3. Représenter le diagramme spatial
4. Représentez graphiquement le signal modulé correspondant à S.

Exercice 8

Une entreprise est reliée au réseau téléphonique par une liaison numérique (la figure si dessous). Ce mode de liaison, lors de la transmission de données, permet l'économie d'une numérisation du signal, principale source de bruit. La liaison réalisée est dissymétrique, le bruit de quantification n'intervient que dans le sens Usager/Entreprise, ce procédé est mis en œuvre dans les modems V.90. Le rapport signal sur bruit de chacun des éléments constituant la liaison est indiqué comme suit:

- Boucle locale analogique (2x10⁵)
- Bruit de quantification de codec (transformation A/N) (10³)
- Réseau de transport (2x10⁸)
- Boucle locale numérique (réseau-DCE hybride ou MIC/PCM) (2x10⁵)



Dans cette liaison le modem utilisateur nomade (modem analogique) génère un signal analogique et reçoit un signal modulé G.711. Le modem hybride, ou numérique, génère un signal G.711 et reçoit un signal analogique numérisé par le codec source du bruit de quantification.

1. Sachant que le rapport signal sur bruit d'une liaison composée de n éléments est donné par:

$$\left[\frac{S}{B}\right]^{-1} = \left[\frac{S1}{B1}\right]^{-1} + \left[\frac{S2}{B2}\right]^{-1} + \dots + \left[\frac{Sn}{Bn}\right]^{-1}$$

Calculez le rapport S/B dans le sens Usager/Entreprise et dans le sens Entreprise/Usager.

2. Sachant qu'un filtre passe-haut, en amont du codec, limite la bande passante à 3400Hz:
 - a. Déterminer la rapidité de modulation envisageable sur cette liaison dans les deux sens;
 - b. Calculer le débit maximal admissible dans chacun des deux sens;
 - c. Le modem est classique et utilise une modulation de type MAQ, quel est le nombre d'états de celle-ci pour le débit normalisé maximal envisageable dans le deux sens?

Exercice 9

1. Faite associer, par des flèches, les circuits de l'avie V24 aux signaux correspondants

Signal	Circuits
Données en émission et réception	TD (Emission de Données) CTS (Prêt à Emettre
Connexion de ligne	DTR (Equipement Terminal de Données)
Validation de l'émission	DCD (Détection de Porteuse) DSR (Poste de Données Prêt)
Détection de porteuse	RTS (Demande pour Emettre) RD (Réception de Données)

2. Dans une liaison V24, quels sont les signaux de réponse aux signaux DTR, RTS, TD et RD
3. Dessiner les phases d'établissement de la connexion en mode simplex entre deux systèmes.

TD 4 : PROTECTION CONTRE LES ERREURS

Exercice 1 : On désire utiliser une modulation 16QAM sur un canal hertzien. La bande de fréquence disponible est de 150KHz. Quelle est la rapidité de modulation maximale théorique? Sur le canal, on mesure $N_0 = 2 \times 10^{-21} \text{W/Hz}$. La puissance d'émission est $P_s = 5 \times 10^{-15} \text{W}$. Que vaut la puissance du bruit et le rapport E_b/N_0 , si on utilise une rapidité de modulation de 1×10^5 symboles/s (bauds)? Calculer l'énergie d'un bit.

Exercice 2: On reçoit le message d'un bloc codé par répétitions, suivant

01000110100010010110011011011111101010101000110000110001

1. Si chaque caractère est codé par 4 bits, trouver les caractères reçus et leur dupliques
2. Trouver le message retransmis puis calculer le BER, si le message initial est donné par :

0100100101101111101010000001

Exercice 3 : Dans l'alphabet ITU-T1, le mot "OSI" se code par les trois caractères de 7 bits suivants :

O = 1001111, S = 1010011 et I = 1000011

1. Donnez le mot de code sur 8 bits en utilisant une parité paire pour calculer le VRC de chaque caractère et le LRC du mot OSI.
2. Même question en utilisant une parité impaire.

Exercice 4 : On souhaite transmettre le message "Bonjour". Les codes ASCII des caractères sont

- Quel est le message transmis en utilisant un VRC pair ?
- Quel est le message transmis en utilisant un VRC+LRC impair ?

B	j	n	o	r	u
42	6A	6E	6F	72	75

Exercice 5: La séquence suivante est 11101100101101110110. Sachant que le codage au niveau de la station émettrice a été fait en utilisant la technique de parité double avec le mot à coder divisé en blocs de 4 bits. Déterminer les VRC et le LRC de cette séquence.

Exercice 6: Un clavier et un microcontrôleur sont reliés par une liaison série RS232. Cette liaison est configurée de la façon suivante : 1 bit Start+ 8 bits de données + 1 bits de parité paire + 2 bits de Stop avec un débit de transmission 19200 bits/s.

On saisit les lettres "OK" puis on appuie sur « Entrée » qui provoque l'émission des caractères de contrôles LF et CR.

Les lettres sont codées dur 8 bits ; O= 4F, K=4B, LF =0A et CR=0D en hexadécimal.

1. Donnés pour chaque lettre la séquence émise. Et représenté la séquence OK par les niveaux de RS232.
2. Quel est, en %, le taux entre le nombre de bits utiles et le nombre de bits transmis?
3. Le temps d'un bit de cette liaison et le temps élémentaire nécessaire.

Exercice 7: Nous souhaitons transmettre le message "ERREUR" par une transmission asynchrone configurée de la façon suivante : 1 bit de Start=0, 8 bits de données, 1 bit de parité paire, 2 bits de Stop=1, avec un débit utile de transmission 28400 bits/s.

1. Calculer le temps d'un bit de cette liaison, le débit total.
2. Donner le VRC de chaque caractère.

3. Donner la séquence binaire du message à transmettre si les codes des caractères sont :
E=45, R=52, U= 55.
- b) Maintenant nous voulons transmettre le même message avec une transmission synchrone = 8 bits de synchronisation, 8 bits de commande, bloc de données et 7 bits de contrôle.
 4. Calculer le rapport entre le débit utile et le débit total.
 5. Comparer entre le temps d'envoi du message par les deux transmissions.

Exercice 8: On utilisera le polynôme générateur $x^4 + x^2 + x$.

- On souhaite transmettre le message 1111011101, quel sera le CRC à ajouter?
- On reçoit les messages suivants : 1111000101010, 11000101010110, sont-ils corrects?

Exercice 9 : Soit le polynôme générateur $G(x)=x^6+x^4+x+1$.

- 1- On reçoit le message (101011000110). Le message reçu est-il correct? Si oui, quel est le message initialement transmis?
- 2- Mêmes questions pour le message (11011111000).

Exercice 10 :

On désire utiliser un CRC pour envoyer la séquence 6B96 (en hexadécimal). Le polynôme générateur $G(x)$ utiliser est $G(x) = x^4 + x^3 + x + 1$. Donner la forme binaire de $G(x)$.

- En calculant le CRC, donner la suite de bits transmis.
- Supposons que qu'il y ait une erreur au 6^{ème} bit (en partant de la gauche), quel est le reste $R'(x)$ trouvé par le récepteur sous forme binaire, puis en notation hexadécimale?

Exercice de Devoir:

Si l'on veut corriger une erreur pour 4 bits transmis, il faut 3 bits de contrôle et l'on transmet les 7 bits $B_7B_6B_5B_4B_3B_2B_1$. Les bits portant comme numéros des puissances de 2 (soit B_1 , B_2 et B_4) sont les bits de contrôle, les autres étant les bits de donnée. Chaque bit de donnée est contrôlé par un ou plusieurs bits de contrôle. Le bit B_i est contrôlé par les bits de contrôle B_j où $i = \sum j$ (on décompose i en puissances de 2, qui indiquent les bits de contrôle concernés par B_i).

1. Déterminer, pour chaque bit de donnée, quels sont les bits qui le contrôlent
2. En déduire, pour chaque bit de contrôle, les bits de donnée qu'il est chargé de contrôler
- La valeur des bits de contrôle est calculée selon un contrôle de parité : si, parmi les bits de donnée contrôlés, il y a un nombre impair de bits à 1, alors le bit de contrôle vaut 1, sinon il 0.
3. Supposons que les bits de données aient pour valeur : $B_7 = 1$, $B_6 = 0$, $B_5 = 0$, $B_3 = 1$.
Calculer la valeur de B_1 , B_2 et B_4 .
- En réception, on recalcule les bits de contrôle. S'il n'a pas d'erreur de transmission (d'un bit), alors ils sont les mêmes que ceux reçus. Sinon, certains bits de contrôle seront différents de ceux reçus. Dans ce cas, le bit qui a subi une erreur a pour numéro la somme des numéros des bits de contrôle qui diffèrent. Il suffit alors de changer sa valeur.
4. Pour chaque suite de bits ci-dessous, déterminer s'il y a eu une erreur de transmission et la corriger le cas échéant : 1100001 1000101 1110000.

$$\begin{array}{l}
 P'(x) \\
 \swarrow \\
 G(x) \\
 \\
 x^{13} + x^{11} + x^8 + x^6 + x^5 + x^4 \\
 x^4 + x^2 + x + 1 \\
 -(x^{13} + x^{11} + x^{10} + x^9) \\
 x^9 + x^6 + x^5 + x^2 \\
 \\
 x^{10} + x^9 + x^8 + x^6 + x^5 + x^4 \\
 - (x^{10} + x^8 + x^7 + x^6) \\
 \\
 Q(x) \quad \longrightarrow
 \end{array}$$

$$\begin{array}{l}
 C(x) \\
 \swarrow \\
 G(x) \\
 \\
 x^{14} + x^{13} + x^{12} + x^9 + x^6 + x^5 + x^4 + x^2 + x \\
 -(x^{14} + x^{13} + x^{10}) \\
 x^8 + x^7 + x^5 + x^3 + 1 \\
 \\
 x^{12} + x^{10} + x^9 + x^6 + x^5 + x^4 + x^2 + x \\
 - (x^{12} + x^{11} + x^8) \\
 \\
 x^{11} + x^{10} + x^9 + x^8 + x^6 + x^5 + x^4 + x^2 + x \\
 - (x^{11} + x^{10} + x^7) \\
 \\
 x^9 + x^8 + x^7 + x^6 + x^5 + x^4 + x^2 + x \\
 - (x^9 + x^8 + x^5) \\
 \\
 x^7 + x^6 + x^4 + x^2 + x \\
 - (x^7 + x^6 + x^3) \\
 \\
 Q'(x)
 \end{array}$$