

---

## TD n° 2 - Bases de la transmission

---

### 1 Codage du signal

#### Transmission du signal : quelques définitions et formules

**Signal** : onde exprimée par une sinusoïde ;

**Moment (T)** : temps mis pour générer un signal ;

**Fréquence (F)** : nombre de signaux émis en une seconde (valeur exprimée en Hz).

##### 1. Bande passante

*Bande passante (ou largeur de bande)* : bande de fréquences dans laquelle la puissance des signaux est convenablement reçue par le support. Plus la bande passante est élevée meilleure sera la transmission. On exprime cette valeur en décibels (dB).

*Bande passante* :  $N = 10 \log_{10}(\frac{P_S}{P_B})$

$N$  = nombre de décibels

$P_S$  = puissance signal en watt

$P_B$  = puissance bruit en watt

Exemples de niveaux sonores :

- $N > 30$  dB en téléphonie ;
- $N > 70 - 80$  dB en haute fidélité ;
- $N > 47$  dB en radio ;
- $N > 52$  dB en télévision analogique.

##### 2. Transmission en bande de base (numérique)

*Débit binaire* :  $D = \frac{1}{T}$  bits/s

*Capacité (ou débit) théorique canal transmission* :  $D = W \log_2(1 + \frac{P_S}{P_B})$  (formule de Shannon)

$W$  = bande de fréquences

$\frac{P_S}{P_B}$  = rapport puissance/bruit

##### 3. Transmission large bande (analogique)

*Rapidité de modulation* :  $R = \frac{1}{T}$  (nombre de signaux générés par le codeur par seconde, exprimé en bauds)

*Débit canal modulé* :  $D = nR$

$n$  = nombre de bits codés par une modulation

ou

*Débit canal modulé* :  $D = R \log_2(V)$

$V$  = valence : nombre d'états binaires codées par une modulation

**Remarque** : Nyquist (1928) établit un rapport entre la rapidité maximum et la bande passante  $W$  :

$$R_{\max} = 2W$$

### Exercice 1.

*Transmission de données*

- 1 Une voie de transmission véhicule 16 signaux distincts. Quelle est la quantité d'information binaire maximale pouvant être transportée par chaque signal ? Si la rapidité de modulation est  $R = 1200$  bauds, quel est le débit binaire de cette ligne ?
- 2 L'image TV est transmise sur une voie dont la bande de fréquences est de 4,5 MHz et un rapport signal/bruit de 35 dB. Déterminez la capacité théorique de cette voie.
- 3 Soit une ligne téléphonique dont les fréquences extrêmes de la bande passante sont 300-3400 Hz. La rapidité de modulation est de 1200 bauds et les signaux transmis sont de valence 16. Quel est le débit théorique binaire sur cette ligne ?
- 4 On suppose que la ligne téléphonique présente un rapport signal/bruit de 34 dB. Quelle est la capacité théorique de cette ligne ?

### Exercice 2.

*ADSL*

- 1 Sur une ligne ADSL la bande de fréquences utilisée est de 1 MHz et la bande passante maximale est d'environ 70 dB. Quel est le débit binaire théorique sur cette ligne ?
- 2 Pour recevoir correctement la télévision par l'ADSL il faut que la bande passante ne soit pas inférieure à 40 dB. Quel est le débit minimum nécessaire pour voir la télévision ?
- 3 Sachant que souvent la bande passante d'un poste éloigné du commutateur est inférieure à 10 dB. Quel est le débit correspondant ?

### Exercice 3.

*Câble réseau*

Vous souhaitez installer un réseau local en utilisant un câblage de type paire torsadé.

Sachant que vos besoins de transmission nécessitent un débit de 1 Gb/s, un vendeur vous propose un câble RJ45 de catégorie 5. Après avoir cherché des informations de votre côté, vous découvrez qu'il existe aussi un câble de catégorie 5e.

En approfondissant vos recherches vous trouvez les informations suivantes :

**Catégorie 5 :** bande passante  $N = 10$  dB, bande de fréquences  $W = 100$  MHz ;

**Catégorie 5e :** bande passante  $N = 35$  dB, bande de fréquences  $W = 125$  MHz.

- 1 Déterminez les capacités théoriques de transmission de chaque catégorie de câble.
- 2 Le câble proposé par le vendeur est-il adapté à vos besoins ?

De nouveaux types de câbles sont aujourd'hui utilisés ou en cours de normalisation :

**Catégorie 7 :** bande passante  $N = 50$  dB, bande de fréquences  $W = 600$  Mhz

**Catégorie 7a :** bande passante  $N = 50$  dB, bande de fréquences  $W = 1000$  Mhz

- 3 Déterminez les capacités théoriques de transmission de chacune des catégories de câble citées.

## 2 Contrôle des erreurs de transmission

## Calcul du CRC

Ce contrôle protège des blocs de données, appelés trames (*frames* en anglais) contre les erreurs de transmission.

À chaque trame est ajouté un bloc de données, appelé *code de Contrôle de Redondance Cyclique* (CRC) dont la valeur dépend des données transmises.

### Principe :

- 1 On choisit un polynôme appelé « générateur » (par exemple  $X^3 + 1$ ).
- 2 On ajoute  $d$  zéros au message à transmettre, où  $d$  est le degré du diviseur. Si par exemple le message initial à transmettre est 1 1 0 1 et que le polynôme générateur est  $X^3 + 1$  on considère le message étendu 1 1 0 1 0 0 0, qui correspond au polynôme  $X^6 + X^5 + X^3$ .
- 3 On effectue la division euclidienne (modulo 2) du message étendu par le polynôme générateur, et on ajoute le reste au message. Dans l'exemple, le reste de la division est  $X^2$ , ce qui correspond au code 1 0 0. Le mot de code transmis est donc 1 1 0 1 1 0 0.

### Exercice 4.

*Contrôle des erreurs de transmission*

- 1 Quelle est la séquence des coefficients binaires (4 bits) du polynôme  $X^3 + 1$  ?
- 2 Considérez les bits de données 101010. Quel est le mot de code à transmettre, y compris les bits de contrôle en utilisant le polynôme générateur  $X^3 + 1$  ? Montrez le calcul complet.
- 3 Quel est le mot de code pour les bits de données 101101 (toujours avec  $X^3 + 1$ ) ? Montrez le calcul complet.
- 4 Est-ce que le mot de code 110110111 est correct si le polynôme générateur est  $X^3 + X^2 + 1$  ? Montrez le calcul complet.

### Exercice 5.

*Correction d'erreurs*

Pour détecter les erreurs de transmission plusieurs techniques peuvent être utilisées. L'avis V40 du CCITT préconise l'ajout d'un bit supplémentaire (bit de parité), il existe aussi une technique nommée LRC (Contrôle de Redondance Longitudinale) et encore le Contrôle de Redondance Cyclique (CRC).

Vous devez transmettre le message : 10000101001001.

- 1 Pour chacune des techniques précédentes, donnez le message à transmettre après ajout des bits de contrôle. Pour le CRC on utilisera le code générateur binaire 1001.
- 2 Combien d'erreurs peut-on détecter avec chaque technique ? Peut-on les corriger ?

## Exercice 6.

## Cas pratique

Dans cet exercice on considère que l'on va coder des caractères à partir de la table ASCII en annexe, mais chaque caractère ne sera codé que sur 7 bits au lieu de 8.

Par exemple la lettre « A » est codée 41<sub>16</sub> dans la table ASCII soit 01000001 en binaire. Pour cet exercice, on ne retiendra pas le bit de poids fort et on codera « A » par 1000001 sur 7 bits.

L'utilisateur **dupont** veut se connecter au serveur de son entreprise à partir de son portable. Après avoir saisi son *login*, il tape son mot de passe qui va être envoyé au serveur pour vérification.

Dans un premier temps il utilise un logiciel de connexion qui transmet son mot de passe en le protégeant contre les erreurs de transmission par la technique de l'ajout d'un bit de parité, configurée comme suit : 7 bits de données suivis d'un bit de parité.

Le message (en hexadécimal) reçu par le serveur est A9 93 A9 9F.

**1** À la réception, le serveur répond « Invalid password ». Quelles peuvent être les raisons de ce rejet ? Justifiez votre réponse.

**dupont** change alors de logiciel de transmission. Le nouveau logiciel code le mot de passe par une technique dite de parité croisée. Cette technique ajoute un bit de parité à chaque caractère et génère tous les 4 caractères, un caractère de contrôle qui permettra de vérifier la parité des bits de même poids des 3 caractères précédents.

Le message (en hexadécimal) reçu par le serveur est A9 AF A9 AF 80.

**2** À la réception le serveur répond « Transmission error », quelle en est la raison ? Justifiez votre réponse.

Désespéré, **dupont** utilise un autre logiciel qui code le message à transmettre à partir de la technique du CRC (Code de bloc). Pour cette transmission le CRC est calculé à partir de la suite binaire 11001.

Le message (en hexadécimal) reçu par le serveur est A9 3E A4 FE.

**3** À la réception le serveur répond « **dupont** logged in ». Pourquoi le serveur sait-il qu'il n'y a pas eu d'erreurs de transmission ? Quel est le mot de passe de **dupont** ?

Table ASCII

	0	1	2	3	4	5	6	7
0	NUL	DLE		0	@	P	`	p
1	SOH	DC1	!	1	A	Q	a	q
2	STX	DC2	"	2	B	R	b	r
3	ETX	DC3	#	3	C	S	c	s
4	EOT	DC4	\$	4	D	T	d	t
5	ENQ	NAK	%	5	E	U	e	u
6	ACK	SYN	&	6	F	V	f	v
7	BEL	ETB	'	7	G	W	g	w
8	BS	CAN	(	8	H	X	h	x
9	HT	EM	)	9	I	Y	i	y
A	LF	SUB	*	:	J	Z	j	z
B	VT	ESC	+	;	K	[	k	{
C	FF	FS	,	<	L	\	l	&
D	CR	GS	-	=	M	]	m	}
E	SO	RS	.	>	N	^	n	~
F	SI	US	/	?	O	_	o	DEL