

## **TD n°1**

### **Traitement et transmission du signal**

### **Pour le traitement et la transmission des images**

#### **Exercice 1. Transmission d'un message avec vérification d'erreurs**

Soit le message "BONJOUR" à transmettre codé avec le CCITT n° 5 code ISO (7 bits). Les lettres alphabétiques ont leur code compris entre 65 (A) et 90 (Z) en binaire.

Pour les transmissions synchrones, les caractères sont envoyés par bloc. La technique de parité proposée protège tous les bits d'un caractère (VRC) et tous les bits de chaque caractère de même rang (compris entre 1 et 7). Pour ce deuxième niveau de protection, un caractère supplémentaire constitué avec ces différents bits est ajouté au message. Ce caractère, appelé LRC, est lui-même protégé par un bit de parité.

- a) Représenter par un schéma les caractères à transmettre en insérant les bits de parité et le caractère LRC.
- b) En utilisant la parité des bits à zéro, faire un tableau donnant toute l'information binaire du message à transmettre. Représenter verticalement les 7 bits de chaque caractère plus le bit VRC et horizontalement tous les caractères y compris le caractère LRC.
- c) Quel sera alors le bloc total à transmettre ?
- d) Que se passe-t-il :
  - 1) S'il y a une erreur sur le 4<sup>ième</sup> bit de la lettre N ?
  - 2) S'il y a une erreur sur le 4<sup>ième</sup> bit et une erreur sur le 6<sup>ième</sup> bit de la lettre N ?
  - 3) S'il y a une erreur sur le 4<sup>ième</sup> bit de la lettre N et une erreur sur le 4<sup>ième</sup> bit de la lettre U ?
  - 4) S'il y a une erreur sur le 4<sup>ième</sup> bit et une erreur sur le 6<sup>ième</sup> bit de la lettre N plus une erreur sur le 4<sup>ième</sup> bit et une erreur sur le 6<sup>ième</sup> bit de la lettre U ?

#### **Exercice 2. Décodage d'un message**

Soit le message suivant qui a été envoyé entre un émetteur et un récepteur :  
100111101010001111001010 .

Chaque caractère est codé sur 7 bits auxquels est ajouté un bit de parité par caractère.

- a) Vérifier si le message comporte une erreur. Si c'est le cas, est-il possible de localiser cette erreur ?
- b) En supposant que le message est composé que de lettres de l'alphabet, proposer une correction du bit erroné. Décoder alors le message.

**Exercice 3. Calcul de CRC**

Nous voulons calculer le CRC pour les données 1010010111, avec le polynôme générateur suivant :  $x^4 + x^2 + x + 1$ .

**a)** Calculer le reste de la division polynomiale de 10100101110000 par le polynôme générateur.

**b)** En déduire le message à transmettre.

**c)** A la réception, vérifier que le message est correct.

**Exercice 4. Codage en ligne d'un signal numérique**

Représenter le signal binaire 0100 0010 1000 0100 001 en bande de base transcodés selon les codes : a) NRZ, b) biphasé, c) biphasé différentiel, d) Miller et e) bipolaire simple, f) HDB3.

**Exercice 5. Transmission d'un message avec vérification d'erreurs**

Soit le message "IMAGINA" à transmettre codé avec le CCITT n° 5 code ISO (7 bits). Les lettres alphabétiques ont leur code compris entre 65 (A) et 90 (Z) en binaire.

Pour les transmissions synchrones, les caractères sont envoyés par bloc. La technique de parité proposée protège tous les bits d'un caractère (VRC) et tous les bits de chaque caractère de même rang (compris entre 1 et 7). Pour ce deuxième niveau de protection, un caractère supplémentaire constitué avec ces différents bits est ajouté au message. Ce caractère, appelé LRC, est lui-même protégé par un bit de parité.

- 1) En utilisant la parité paire des zéros, faire un tableau donnant toute l'information binaire du message à transmettre. Représenter verticalement les 7 bits de chaque caractère plus le bit VRC et horizontalement tous les caractères y compris le caractère LRC.
- 2) Calculer le CRC4 pour la lettre I avec son VRC.  
Le polynôme générateur étant  $X^4 + X^3 + 1$ . Quel sera alors le message à transmettre ? Expliquer comment le récepteur peut vérifier la bonne réception du message.
- 3) Représenter le signal binaire trouvé en 2) en bande de base transcodé selon les codes :
  - 3.1) biphasé.
  - 3.2) bipolaire simple.
  - 3.3) bipolaire HDB2.

**TD n°2****Traitement et transmission du signal appliqués aux images****Exercice 1. Capacité de transmission d'un canal**

Déterminer la capacité maximale théorique d'un canal ayant une bande passante de 300-3400 Hz et un rapport signal à bruit (S/B) de 30 dB.

**Exercice 2. Le message est-il erroné ?**

Le taux d'erreur binaire (TEB) est le rapport du nombre de bits reçus en erreur au nombre total de bits reçus. Les erreurs sont distribuées aléatoirement. Une transaction de 100 caractères ASCII (7 bits par caractère) est émise sur une liaison en mode synchrone à 4800 bits/s avec un TEB =  $10^{-4}$ . Déterminer la probabilité  $P_e$  pour qu'un message reçu comporte une erreur.

**Exercice 3. Taux de transfert d'information**

Un message de 1500 caractères codé en ASCII, avec un bit de parité, est émis en mode synchrone sur une liaison à 56 kbits/s avec un TEB =  $10^{-5}$ . Si la transmission est en mode semi-duplex et la demande de transmission instantanée :

- a) quel est le taux de transfert d'information (TTI) sans erreur ? Calculer alors le rendement.
- b) quel est le TTI avec erreur ? Calculer alors le rendement.

**Exercice 4. Temps de transmission d'un télécopieur**

Un télécopieur groupe 3 a une résolution de 300 dpi. On utilise un réseau téléphonique à 9600 bits/s pour transférer une image A4 complète. Un point est supposé être représenté sur un bit (point blanc bit à 1, point noir bit à 0).

- a) Déterminer le temps de transmission.
- b) En déduire le taux de compression nécessaire pour que cette page soit transmise en moins d'une minute.
- c) Un télécopieur groupe 4 (canal B RNIS) à une résolution de 400 dpi et transfère une page en 3s, quel est le taux de compression ?

**Exercice 5. Transmission par télécopieur**

Une agence de presse désire transmettre une photographie sur une ligne à l'aide d'un télécopieur. La bande passante de l'appareil est de 1000 Hz et celle de la ligne supérieure à 2000 Hz avec un rapport signal à bruit d'au moins 20 dB. Les dimensions de la photographie sont  $l = 5\text{cm}$  et  $h = 10\text{ cm}$ , elle comporte 10 nuances de gris du noir au blanc inclus. Pour que la photographie soit transmise correctement, les résolutions sont  $n_p = 100\text{ points/cm}$  et  $n_l = 100\text{ lignes/cm}$ . L'analyse s'effectue ligne à ligne. Calculer :

- a) le rapport signal à bruit,
- b) le nombre de lignes  $N_l$ , le nombre de points à transmettre par ligne  $N_{pl}$  et le nombre de points à transmettre par photo  $N_{pi}$ .
- c) En déduire le nombre de bits résultant du codage de l'image  $N_b$ .
- d) le temps de transmission  $t_t$  d'une image.

**TD n°3****Traitement et transmission du signal appliqués aux images****Exercice 1. Codage de Huffman**

Deux terminaux informatiques reliés par un support dont la bande passante est de 500 Hz à 3500 Hz, s'échangent un message de longueur égale à 2000 caractères. Ces caractères sont les chiffres de 0 à 9 avec des probabilités d'apparition différentes. 0 : 0.21, 1 : 0.11, 2 : 0.08, 3 : 0.07, 4 : 0.09, 5 : 0.14, 6 : 0.12, 7 : 0.09, 8 : 0.06, 9 : 0.03.

- Construire l'arbre de Huffman correspondant et donner le code des caractères. En déduire le nombre de bits du message codé.
- Sachant que le signal transmis sur le support est bivalent, quel est le débit requis ? Quel est le temps de transmission du message codé ?
- Sans utilisation du codage de Huffman, combien de bits par caractère sont nécessaires pour notre alphabet ? Calculer alors le nombre de bits du message. Quel est le taux de compression entre les deux méthodes ?
- Pour transmettre correctement ce message en moins de deux secondes, quel est le rapport signal à bruit minimal en dB à avoir ?

**Exercice 2. Transmission d'une image compressée**

Soit une image de 10 cm x 20 cm avec une résolution de 600 dpi (1 inch = 2.54 cm). Chaque point de cette image est codé sur 6 valeurs possibles suivant cet alphabet et ces probabilités :

0 : $p(0) = 0,10$	1 : $p(1) = 0,20$	2 : $p(2) = 0,31$	3 : $p(3) = 0,19$	4 : $p(4) = 0,08$	5 : $p(5) = 0,12$
-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------

- Construire l'arbre de Huffman correspondant.
  - Donner le code pour chaque niveau de gris (de 0 à 5).
  - Calculer le nombre de points de cette image. En déduire le nombre de bits nécessaires pour cette image en utilisant le codage de Huffman. Comparer avec le nombre de bits nécessaires sans compression.
- Cette image doit être transmise avec un télécopieur de résolution de 600 dpi en utilisant une ligne ayant une bande passante de 600 kHz et un rapport signal à bruit de 25 dB.
- Calculer le débit de la ligne et déterminer le temps de transmission de l'image.
  - En déduire le taux de compression supplémentaire nécessaire pour que cette image soit transmise en 1s. Proposer une solution.

**Exercice 3. Débit binaire pour transmettre une image TV**

Nous voulons calculer le débit binaire nécessaire pour transmettre une image TV. Les informations de luminance et de chrominance sont supposées avoir une valence ou nombre de couleurs discriminantes de 256. La fréquence d'échantillonnage est de 13,5 Mhz pour les informations de luminance et de 6,75 Mhz pour les informations de chrominance. Calculer :

- le nombre de bits de quantification pour chaque échantillon.
- le nombre de bits pour l'information de luminance,
- le nombre de bits pour l'information de chrominance,

d) le débit binaire nécessaire.

#### **Exercice 4. Multiplexeur**

Un multiplexeur est prévu pour regrouper les entrées suivantes :

- 4 lignes à 300 bits/s,
- 4 lignes à 600 bits/s,
- 1 ligne à 1200 bits/s.

a) Quelle est la capacité minimale de ce multiplexeur en sortie ?

b) Si deux lignes de 600 bits/s sont inutilisées, quelle est l'efficacité de ce multiplexeur ?

#### **Exercice 5. Multiplexeur**

Un multiplexeur temporel supporte N voies basse vitesse à 64 kbits/s chacune :

a) Sachant que les informations véhiculées résultent d'une numérisation du son sur 128 niveaux de quantification et que la signalisation est dans la bande (un bit), déterminer la longueur de l'IT sur la liaison composite.

b) Sachant que l'on souhaite transmettre 31 voies numérisées en simultanément, déterminer le rythme d'occurrence des trames et leur longueur.

c) Quel est le débit de la liaison multiplexée correspondante ?

d) Quelle est l'efficacité de multiplexage ?

#### **Exercice 6. Transmission d'un message avec vérification d'erreurs**

Soit le message "SNOW" à transmettre codé avec le CCITT n° 5 code ISO (7 bits). Les lettres alphabétiques ont leur code compris entre 65 (A) et 90 (Z) en binaire. La technique de parité proposée protège tous les bits d'un caractère (VRC) et tous les bits de chaque caractère de même rang (compris entre 1 et 7). Pour ce deuxième niveau de protection, un caractère supplémentaire constitué avec ces différents bits est ajouté au message. Ce caractère, appelé LRC, est lui-même protégé par un bit de parité.

1) En utilisant la parité paire des zéros, faire un tableau donnant toute l'information binaire du message à transmettre. Représenter **verticalement** les 7 bits de chaque caractère plus le bit VRC et **horizontalement** tous les caractères y compris le caractère LRC.

2) Calculer le CRC3 pour le caractère G avec son VRC.

Le polynôme générateur étant  $X^3 + X + 1$ . Quel sera alors le message à transmettre ? Représenter dans l'ordre, les bits du caractère G du MSB au LSB, suivi de son VRC puis du reste de la division polynomiale.

3) Représenter le signal binaire trouvé en 2) en bande de base transcodé selon les codes :

- 3.1) biphase différentiel,
- 3.2) Miller,
- 3.3) bipolaire simple,
- 3.4) bipolaire HBD2.

## **TD n°4**

### **Traitement et transmission du signal appliqués aux images**

L'objectif de ce TD est d'appliquer des exercices sur le calcul de trafics téléphoniques.

#### **Exercice 1 . Nombre d'abonnés**

La capacité d'un autocommutateur public est de 5000 Erlangs. Il dessert des abonnés résidentiels (40%) et professionnels (60%). On sait qu'un professionnel a un trafic, à l'heure de pointe, 3 fois supérieur à celui d'un résidentiel qui est supposé être égal à 0.1 Erlang. Quel est le nombre d'abonnés desservis ?

#### **Exercice 2 . Efficacité de trafic et niveau de service**

Soient deux faisceaux de 10 circuits avec un taux de perte de 2%.

- a) Quelle est l'intensité de trafic écoulé par chacun de deux faisceaux ?
- b) Quel est le rendement par circuit pour chaque faisceau ?
- c) Si on regroupe les deux faisceaux pour constituer un faisceau de 20 circuits, que devient l'intensité de trafic écoulé, avec le taux de perte de 2% ?
- d) Avec un faisceau de 10 circuits, si le trafic est augmenté de 30%, à combien est réduit le niveau de service ?
- e) Avec le faisceau de 20 circuits, si le niveau de service est réduit à 5%, que devient l'intensité de trafic écoulé ?
- f) Conclusion

#### **Exercice 3 . Nombre de lignes selon la charge**

Un serveur est interrogé à l'heure de pointe par 20, 50 ou 100 clients simultanément. On suppose que la durée moyenne d'une session est de 3mn. Déterminez le nombre de circuits ou d'accès nécessaires au niveau du serveur dans les trois cas, en supposant un taux de perte de 1% et 10%.

#### **Exercice 4. Raccordement d'un PABX (5 pts)**

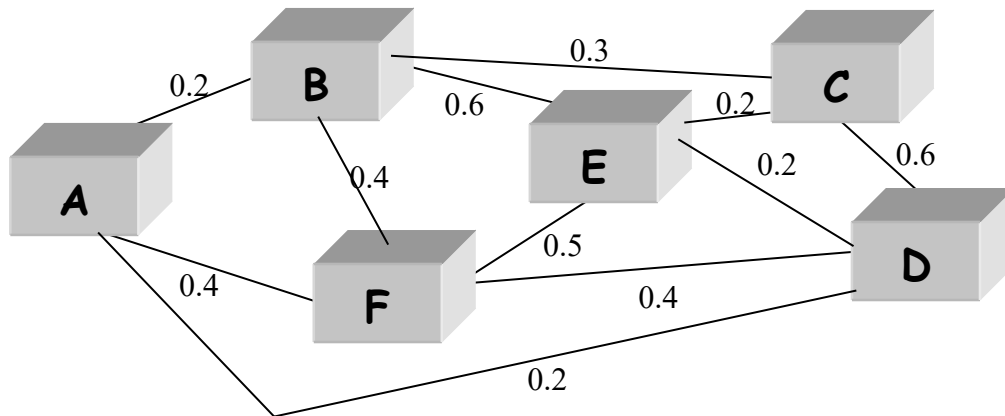
Une entreprise a un parc téléphonique de 120 postes dont 100 seulement ont accès à l'extérieur. Un utilisateur normal a un trafic téléphonique total de 0.12 Erlangs se répartissant comme suit : 0.04 E en trafic sortant, 0.04 E en trafic entrant et 0.04 E en trafic interne à l'entreprise.

- a) Faire un schéma représentant le chemin d'un appel entrant dans l'entreprise contenant des données informatiques.
- b) Calculer la capacité de commutation totale, en Erlang, du PABX.
- c) Définir le faisceau des appels sortant, avec un taux d'échec maximum de 10 %. Lorsque le faisceau est occupé, les appelants ont la tonalité d'occupation (utilisation de l'abaque avec refus).
- d) Définir le faisceau des appels entrant, avec un taux d'échec maximum de 2 %. Lorsque le faisceau est occupé, l'appelant entend une musique d'attente (utilisation de l'abaque avec attente).

**Exercice 5. Table de routage**

Soit le réseau décrit par la figure ci-dessous. Tous les nœuds du réseau ont leur propre table de routage construite en fonction des poids des liens reliant chaque nœud à ses voisins.

- Développer les tables de routage des nœuds de la figure ci-dessous en minimisant le coût d'un lien. On désignera par D, le nœud destination et par S, le nœud suivant emprunté.
- Refaire le schéma du réseau en supprimant les liens inutiles.



## **TD n°5**

### **Traitement et transmission du signal appliqués aux images**

L'objectif de ce TD est de réaliser des exercices permettant d'obtenir les pré-requis nécessaires pour développer l'architecture des protocoles et l'administration réseau TCP/IP. Ces exercices concernent des calculs de fenêtrage, d'efficacité de liaisons, de commutation de messages et de paquets et de construction de table de routage.

#### **Exercice 1. Efficacité d'une liaison**

Déterminer l'efficacité d'une liaison compte tenu des paramètres suivants :

- les trames émises comportent  $U$  bits utiles et  $G$  bits de gestion (adresse, CRC, Fanion, commande),
- le temps de traversée des équipements est  $t_t$ . Ce temps comporte le temps de transfert des équipements et le temps de traitement des informations,
- les accusés réception comportent  $K$  bits,
- le taux d'erreur de la liaison est  $t_e$ ,
- le débit de la liaison est  $D$  en bit/s.

#### **Exercice 2. Calcul de fenêtre d'anticipation**

Pour effectuer le transfert de fichier, on désire réaliser une liaison satellite en HDLC. La taille de la partie information utile du bloc est de 119 octets. La taille des bits de gestion est  $G = 6$  octets. On ne tiendra pas compte des octets de contrôle des niveaux supérieurs.

En considérant que :

- le temps de propagation par satellite est de 250 ms (Sol-Satellite-Sol),
- le temps de transit des équipements est de 100ms,
- le débit de la liaison full-duplex est de 48 kbit/s.

On demande :

- a) de déterminer la fenêtre optimale pour effectuer une transmission sans erreur. Quels commentaires appellent ces résultats ?
- b) La liaison est perturbée avec un taux d'erreur binaire  $t_e = 0,0001$ . Quelle est alors la fenêtre optimale ?

#### **Exercice 3. Commutation de messages et commutation de paquets**

a) Soit un réseau contenant  $n$  liaisons, comparer la commutation de paquets à la commutation de messages, en considérant que le message est découpé en  $p$  paquets identiques. Les temps de stockage intermédiaire seront considérés comme négligeables dans les deux cas.

b) Application numérique :

Comparer les délais pour un transfert de 1000 octets à travers un réseau de 3 nœuds (4 liaisons) à 9600 bit/s en utilisant :

- b.1) la technique de commutation de messages,
- b.2) la technique de commutation de paquets avec des paquets de 250 octets,
- b.3) la technique de commutation de paquets avec des paquets de 100 octets.
- b.4) la technique de commutation de paquets avec des paquets de 10 octets.

Tracer une courbe représentant les temps de transfert en fonction de la taille des paquets.

c) Reprendre l'application numérique de la question b) en considérant que les temps de stockage intermédiaire ne sont pas négligeables (1 temps de stockage = 1ms).