

Travaux Dirigés Réseau 1.

Informatique 2ème année: 2008/2009
—Antoine Rollet - rollet@enseirb.fr —

►Exercice 1. [Codage et débit]

L'objectif de l'exercice est de calculer le débit théorique maximal d'une ligne téléphonique. Les électroniciens expriment en décibels (dB) la part de bruit dans un signal reçu (rapport S/B). Les décibels sont une unité logarithmique : quand x croît exponentiellement, $(x)_{dB}$ (en décibel) croît linéairement. Cette conversion d'une valeur sans unité en décibel est réalisée en appliquant la formule $(x)_{dB} = 10 \log_{10}(x)$.

★ Sachant que dans le cas d'une ligne téléphonique $(S/B)_{dB} = 30dB$, quelle est la part du bruit dans le signal reçu ?

Nyquist puis Shanon ont étudié dans la première moitié du 20^e siècle le débit de transmission des supports bruités. La formule $D_{bits/s} = F_{Hz} \log_2(1 + S/B)$ donne le débit binaire maximal d'un canal bruité. Dans cette formule, F désigne la bande passante en Hertz utilisable dans le canal. Les fréquences audibles par un être humain varient de 20 à 20000Hz. Cependant dans une transmission téléphonique seules les fréquences allant de 300 à 3400Hz sont conservées.

★ Calculez le débit maximal théorique d'une ligne téléphonique.

★ Comparez le débit obtenu avec le débit de 56kbits/s, affiché par les modems actuels. Essayez d'expliquer.

►Exercice 2. [Codage binaire]

On veut faire communiquer deux machines électroniques par l'intermédiaire d'un fil électrique. On dispose pour cela d'un peu de matériel : des composants pouvant fournir une tension de plus ou moins T volts et une horloge de fréquence f . Les deux machines doivent s'envoyer des suites binaires.

★ Proposer des codages de ces suites en fonction des propriétés du canal et du matériel fourni.

Dans la vie réelle les composants électronique ne peuvent fournir une tension donnée que pendant un temps limité (court).

★ Quels sont les problèmes que cela pose pour le codage ?

★ Comment les résoudre ?

Un autre problème apparaît lorsque l'horloge n'est pas transmise sur un canal séparé : les horloges n'ont pas toutes exactement la même fréquence.

★ Quels sont les problèmes que cela pose pour le codage ?

★ Comment les résoudre ?

►Exercice 3. [Détection d'erreurs avec code de taille fixe]

★ Quelle est la distance de Hamming du code $\{0000, 0011, 1100, 1111\}$?

Supposons que l'on dispose d'un canal bruité dont on sait que sur n bits certains peuvent comporter des erreurs (valeur changée) à cause du bruit sur le canal.

★ Donner une méthode qui, si exactement une erreur s'est produite pendant la transmission de n bits, permet au récepteur de la détecter.

★ Quelle est la distance de Hamming de votre code ?

★ Combien y a-t-il de mots dans votre code ?

★ Que se passe-t-il s'il y a plus d'une erreur ?

Les erreurs proviennent de perturbations du canal et sont rarement isolées. Les erreurs surviennent donc par rafales. Une rafale d'erreur de longueur k est une suite de k bits dont certains peuvent éventuellement être faux.

★ Donner une méthode utilisant les bits de parité pour transmettre des suites de n bits avec possibilité de détecter des rafales de k erreurs.

★ Quelle doit être la distance de Hamming minimale d'un code détecteur de k erreurs ?

►Exercice 4. [Code de Redondance Cyclique]

On utilise pour une transmission avec détection d'erreurs un Code de Redondance Cyclique (CRC) de polynôme générateur $x^4 + x^2 + x$. L'émetteur veut émettre la suite 1010111001.

★ Quelle suite va effectivement être mise dans le canal ?

★ Prouvez que si la factorisation du polynôme générateur d'un CRC comporte $x + 1$ alors le CRC détecte un nombre impair d'erreurs.

► **Exercice 5.** (À faire à la maison) [Codes correcteurs de taille fixe]

Lorsqu'une erreur survient au cours de la transmission d'une suite de bits, si la transmission utilise un code dit correcteur, le destinataire a la possibilité de corriger lui-même l'erreur sans redemander la retransmission de la suite à l'émetteur.

★ Donner des exemples d'utilisation où on préférera des codes correcteurs aux codes détecteurs ou inversement.

★ Proposez un code permettant de corriger une erreur de transmission d'un groupe de bits disposés en matrice. On pensera à utiliser des bits de parité.

★ Quelle doit être la distance de Hamming minimale d'un code correcteur de k erreurs ?

★ Discutez les propriétés de détection d'erreur d'un tel code.

On veut transmettre dans un canal bruité des suites de m bits en utilisant un code permettant de corriger k erreurs.

★ En comparant le nombre de erreurs sur chaque code au nombre de valeurs qui peuvent être codées par une suite de n bits, donner une inégalité que doit respecter le nombre de bits de contrôle ?

★ Théoriquement, combien faut-il ajouter, au minimum, de bits de contrôle pour transmettre 7 bits d'information utile avec une capacité de correction de 1 bit ?

► **Exercice 6.** [Code correcteur de Hamming]

Le code correcteur de Hamming le plus courant utilise des bits de contrôle aux positions 2^i (1, 2, 4, etc.). Dans ce code, si r est le nombre de bits de contrôle, la valeur du bit de contrôle à la position 2^i est égale à la somme des bits dont la position s'écrit $\sum_{j=0}^{r-1} b_j * 2^j$, avec $b_i = 1$ et $b_{j \neq i} \in \{0, 1\}$. Par exemple, pour le bit de contrôle 2 = 2^1 ($i = 1$), si $r = 3$ alors la valeur du bit à la position 2 est égal à la somme des bits aux positions 3 = $1 * 2^0 + 1 * 2^1$, 6 = $1 * 2^1 + 1 * 2^2$ et 7 = $1 * 2^0 + 1 * 2^1 + 1 * 2^2$.

On utilise un tel code correcteur de Hamming 7/4 (on transmet 7 bits utiles avec 4 bits de contrôle) pour transmettre 1100001.

★ Quelle est la suite effectivement transmise ?

★ Sachant que la valeur reçue : 00010100001, contient une seule erreur, retrouver où elle a eu lieu et la suite de bits initialement transmise.

► **Exercice 7.** [Différence hub/switch]

On dispose de quatre machines A, B, C, et D, que l'on relie à un hub par un ethernet à 10 Mbps. La machine A télécharge un fichier très volumineux depuis la machine B, et en même temps, C fait de même sur D.

★ Quel débit peut-on espérer pour chacun de ces transferts ?

★ Même question si on remplace le hub par un switch.

★ Sur la machine où vous vous trouvez, utilisez la commande `netstat -i` pour afficher des statistiques sur ses interfaces réseau. Commentez la sortie de la commande, et pour chacune des interfaces qui ressemble à une interface ethernet, dites si elle vous semble être connectée à un hub ou à un switch.

► **Exercice 8.** [Débit théorique d'ethernet]

L'information électromagnétique se déplace dans le cuivre à une vitesse de 273000 km/s.

Supposons que l'on relie deux machines par un câble de 200m avec des cartes Ethernet supportant 10Gbps de débit théorique. Le protocole Ethernet, afin de détecter les collisions, doit attendre un temps d'aller-retour pour chaque trame.

★ Si une trame contient toujours 1500 octets de données, quel est le débit théorique en bits par seconde que l'on peut espérer observer ?

★ Que suggèrez-vous pour profiter pleinement de cette bande passante ?

► **Exercice 9.** [Transmissions depuis Mars]

On suppose que l'on a établi un lien radio à 128 Kbps entre la Terre et un robot sur Mars. La distance de la Terre à Mars est d'approximativement 55 millions de kilomètres et les données transitent à la vitesse de la lumière dans le vide, 300000 km/s.

★ Calculez le temps d'aller-retour de ce lien.

★ Calculez le produit délai-bande passante de ce lien. Que signifie-t-il ?

★ Une caméra sur le robot prend des photos et les envoie à la Terre. Chaque image fait 1Mo. A partir du moment où la photo est prise sur Mars, combien de temps faut-il pour qu'elle soit complètement reçue sur Terre ?

► **Exercice 10.** [CSMA/CD]

Sur un câble coaxial en cuivre utilisé en Ethernet 10base5, la vitesse de propagation du signal électrique est de $2 * 10^8$ m/s.

★ Sachant que la longueur minimale d'une trame est de 64 octets, quelle est la longueur maximum d'un segment d'un tel medium pour que le principe CSMA/CD soit respecté ?

★ Pourquoi dans la norme est-il indiqué que la longueur maximale d'un segment 10base5 est de 500 m ?

► **Exercice 11.** [Délai]

Supposons qu'un émetteur souhaite envoyer une trame de k bits sur un réseau Ethernet à 10Mbps/s, que le temps de propagation dû à la ligne entre deux éléments du réseau soit constant : T et que le temps de traversée des équipements soit négligeable.

★ Dans le meilleur des cas, au bout de combien de temps le récepteur a-t-il reçu toute la trame si le chemin comporte, respectivement, 3 répéteurs, 3 commutateurs *store and forward* ou 3 commutateurs *cut-through* ?

► **Exercice 12.** (À faire à la maison) [Trame Ethernet]

Voici la trace hexadécimale d'une communication point à point prélevée par un espion de ligne (SNOOP) :

```
00: 0800 2018 ba40 aa00 0400 1fc8 0800 4500
16: 0028 e903 4000 3f60 6a5c a3ad 2041 a3ad
32: 80d4 0558 0017 088d dee0 ba77 8925 5010
48: 7d78 1972 0000 0000 0000 0000 0000 0000
```

★ Retrouver les champs de la trame Ethernet dans la trace hexadécimale précédente.

► **Exercice 13.** (À faire à la maison) [CSMA/CD]

Soit un réseau local en bus de longueur D km. La vitesse de propagation du signal sur le support est de V km/s. La capacité de transfert du support est de C bit/s.

★ Donnez L , la longueur minimale d'une trame pour que le protocole CSMA/CD fonctionne.

A.N. : $C=10\text{Mb/s}$; $D=2,5\text{km}$; $V=100\,000\text{km/s}$

Annexes de cours

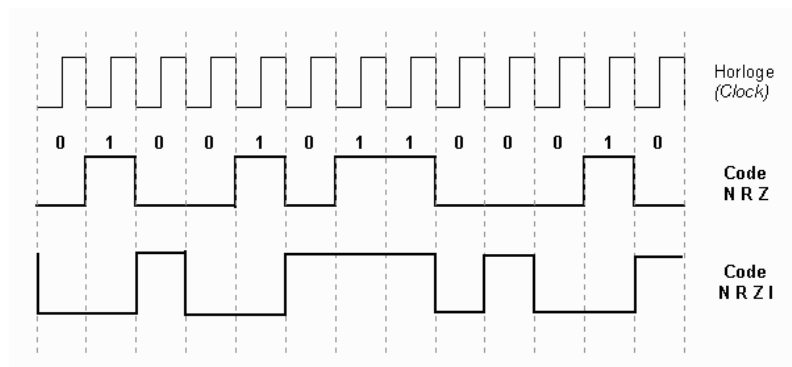


FIG. 1 – Exemple de transmission NRZ et NRZI.

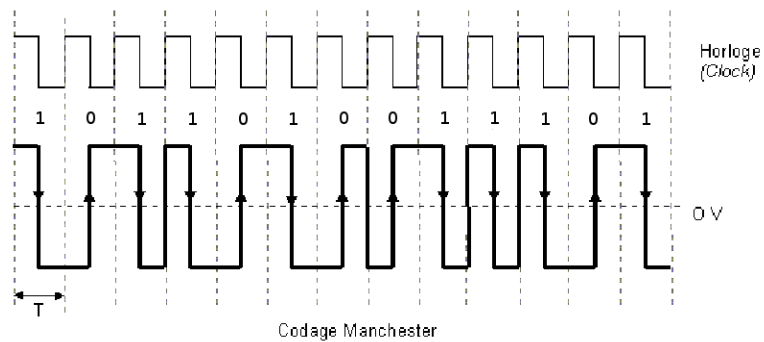


FIG. 2 – Codage de Manchester.

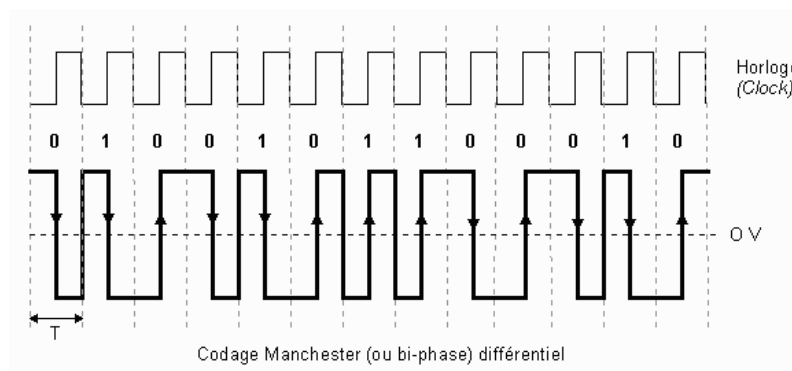


FIG. 3 – Codage de Manchester différentiel.

4 bits	0000	0001	0010	0011	0100	0101	0110	0111
code	11110	01001	10100	10101	01010	01011	01110	01111

4 bits	1000	1001	1010	1011	1100	1101	1110	1111
code	10010	10011	10110	10111	11010	11011	11100	11101

FIG. 4 – Phase 1 du code 4B/5B