


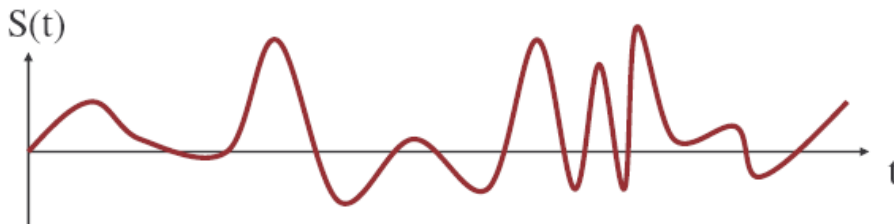
|  |  |  |
|--|--|--|
| Année 2009   | Train électrique à commande numérique                                  | Page 1/7   |
| <br>Lycée Vaucanson –GRENOBLE | Etude des transmissions numériques DCC et I <sup>2</sup> C             | Séquence N°2   |
|  | Document ressources : Quelques éléments de la théorie de l'information | Quelques éléments de la théorie de l'information.doc |

↪ Sources :

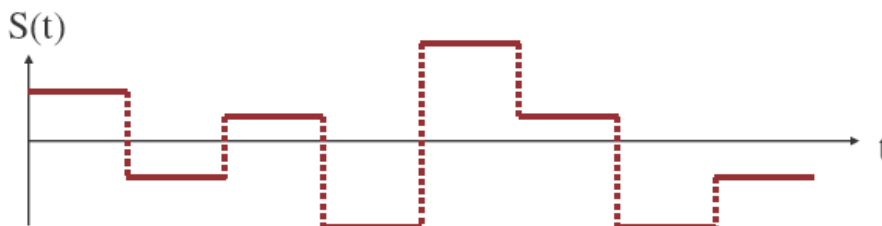
- Sébastien JEAN, 1ère année ISI, IUT Valence  
(<http://sardes.inrialpes.fr/~jean/enseignement/reseaux/index.html> )
- [http://www.eaeie.org/theiere\\_signal/theiere\\_signal\\_fr](http://www.eaeie.org/theiere_signal/theiere_signal_fr)
- Arsène Perez-Mas ( <http://pagesperso-orange.fr/arsene.perez-mas/index.html> )
- Olivier Granier ([pagesperso-orange.fr/olivier.granier/electro/cours\\_og/cours\\_psi2.PDF](http://pagesperso-orange.fr/olivier.granier/electro/cours_og/cours_psi2.PDF))
- G. Pinson - Physique Appliquée ( <http://www.syscope.net/elec/> )
- Animation Flash sur la décomposition en série de Fourier :  
(<http://www.sciences.univ-nantes.fr/physique/perso/gtulloue/Elec/Fourier/fourier1.html> )

## 1. Introduction :

↪ Un **signal analogique** est un signal variant de manière **continue** dans le temps :



↪ Un **signal numérique** ou **discret** ou encore **échantillonné** est un signal variant de manière **discontinue** dans le temps :

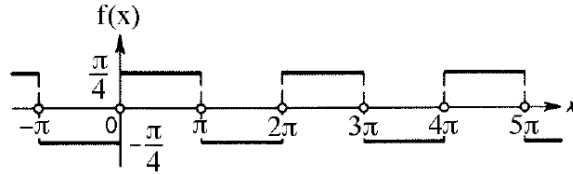


↳ Tout signal est une somme de composantes purement sinusoïdales (fondamentale et harmoniques).

○ **Exemple** : Soit la fonction définie par

$$f(x) = \frac{\pi}{4} \quad \text{si} \quad 2n\pi < x < (2n + 1) \cdot \pi$$

$$f(x) = -\frac{\pi}{4} \quad \text{si} \quad (2n-1)\pi < x < 2n\pi$$



▪ Ce signal carré peut être exprimé sous la forme suivante, (développement en série de Fourier) :

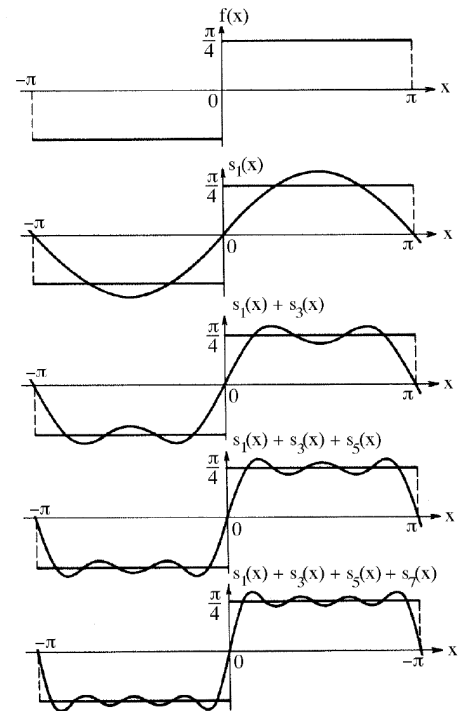
$$f(x) = \sin x + \frac{\sin 3x}{3} + \frac{\sin 5x}{5} + \dots = s_1(x) + s_3(x) + s_5(x) + \dots$$

$s_1(x)$  est la fondamentale,

$s_3(x)$  est l'harmonique de rang 3,

$s_5(x)$  est l'harmonique de rang 5, ...

En additionnant ces signaux sinusoïdaux, on reconstruit peu à peu le signal carré.

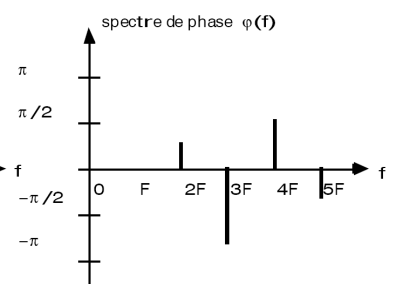
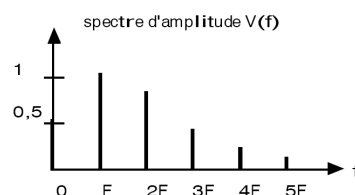
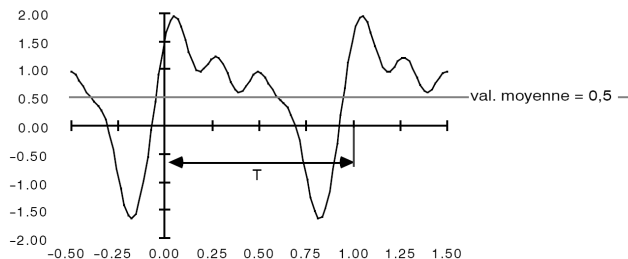


↳ La représentation fréquentielle ou spectrale d'un signal est constituée des amplitudes associées aux différentes fréquences des sinusoïdes qui composent le signal.

○ **Exemple** : Le signal proposé dans l'exemple qui suit, (période  $T$  égale à 1s, soit  $\omega = 2\pi$  rad/s) est une somme finie de 5 termes :

$$y(t) = 0,5 + \sin(\omega t) + 0,8 \cdot \sin(2\omega t + \pi/4) + 0,4 \cdot \sin(3\omega t - 3\pi/2) + 0,2 \cdot \sin(4\omega t + \pi/2) + 0,1 \cdot \sin(5\omega t - \pi/3)$$

▪ Sa représentation temporelle et son spectre sont :

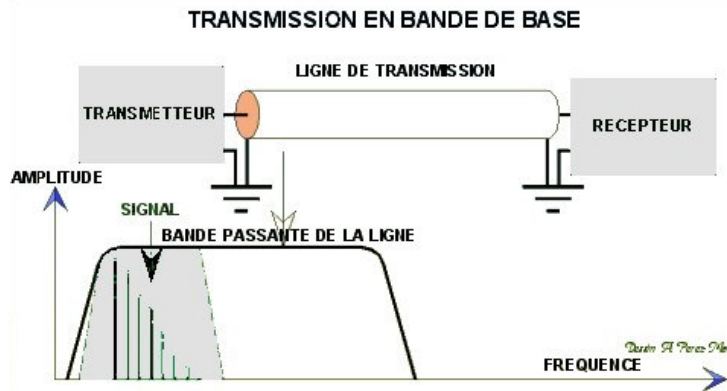


- Représentation temporelle de  $y(t)$  -

Les systèmes de transmission de données utilisent les deux types de signaux :

- Signaux numériques : transmission en **bande de base** (*baseband*) :
  - Très simple et peu coûteuse à mettre en œuvre.
  - Permet des débits très élevés sur de courtes distances.
- Signaux analogiques : transmission en **large bande** (*broadband*) :
  - Plus complexe (et coûteuse) à mettre en œuvre.
  - Nécessite une transformation plus ou moins complexe du signal.
  - Permet des débits élevés sur de longues distances.

On appelle transmission en bande de base tous types de transmissions qui emploient la portion inférieure de la bande de fréquence du canal de transmission.



La transmission en bande de base est une transmission sans modulation et consiste à envoyer directement les suites de bits sur un support de transmission, (5 Volts ou 0 par exemple).

- L'émetteur envoie sur la ligne un signal carré, par exemple du type de celui de la figure 1, pour la séquence de bits 0100110110.

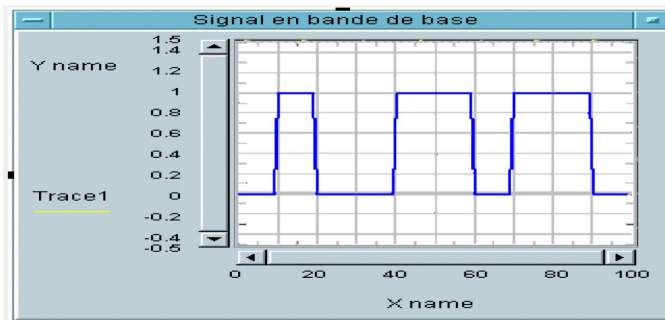

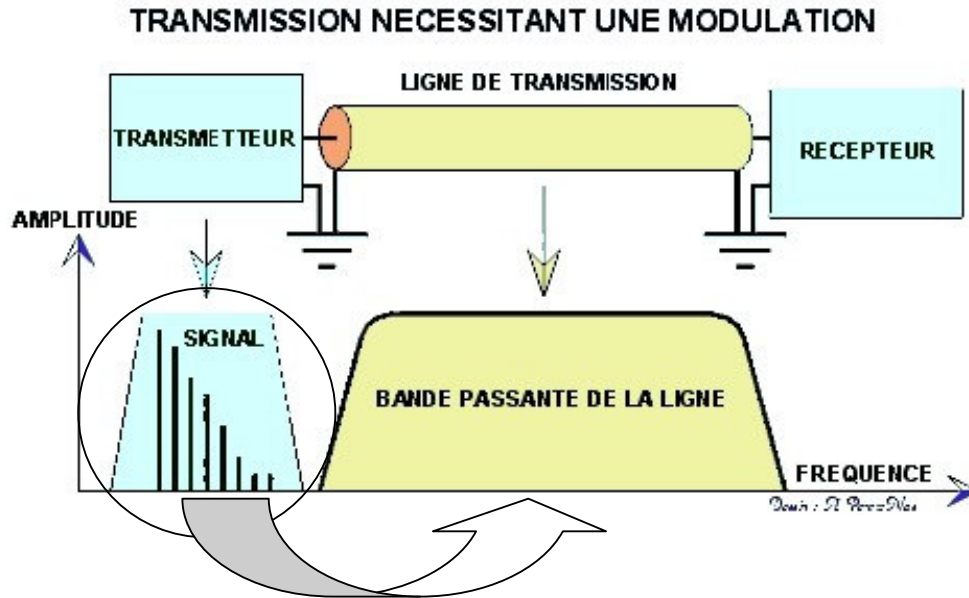


Figure 1: Signal carré de la séquence de bits 0100110110.

- La transmission en bande de base présente l'avantage de la simplicité et donc du coût réduit des équipements.

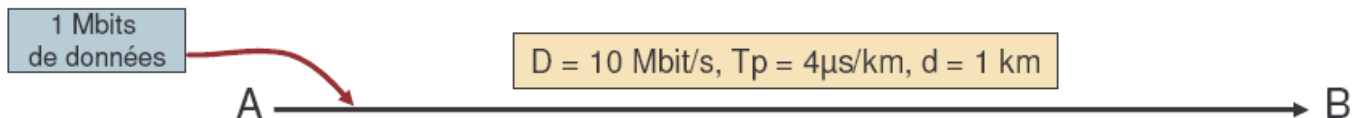
|   |  |  |
|---|--|--|
| Année 2009  | Train électrique à commande numérique                                  | Page 4/7   |
| <br>Lycée Vaucanson –GRENOBLE | Etude des transmissions numériques DCC et I <sup>2</sup> C             | Séquence N°2   |
|   | Document ressources : Quelques éléments de la théorie de l'information | Quelques éléments de la théorie de l'information.doc |

- ↪ La transmission en large bande fait appel à des traitements de modulation des signaux.
  - **Modulation** : translation du spectre d'un signal basse fréquence vers une bande haute fréquence, centrée sur une fréquence porteuse  $F_0$ .



## 2. Caractéristiques d'un canal de transmission

- ↪ La **vitesse de transmission (D)** = débit binaire en bits/s
- ↪ Le **temps de propagation (Tp)** :
  - Temps nécessaire au signal pour parcourir la distance séparant les deux extrémités du support (satellite = 270 ms, 1 km de paire torsadée = 4  $\mu$ s)
  - A ne pas confondre avec le temps de transmission ( $T_t$ )  
 $T_t$  = durée d'émission d'un paquet de données ;  
et le temps de transfert ( $T_{tr}$ ) :  $T_{tr} = T_t + T_p$
  - Exemple :



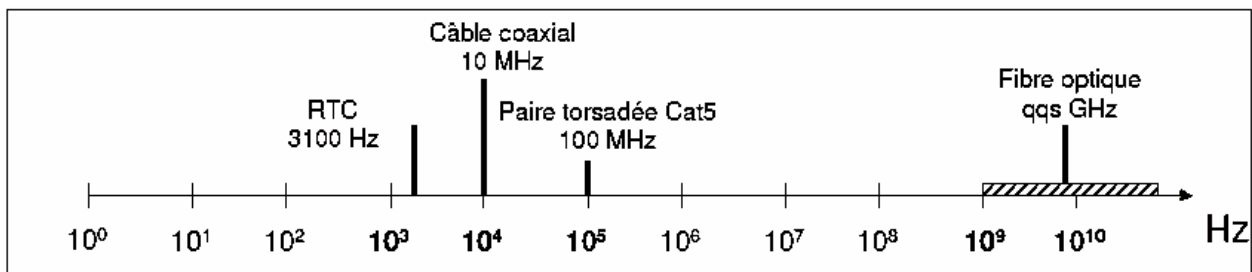
- à  $t = 0$ , A émet le 1er bit
- à  $t = 4\mu$ s, B reçoit le premier bit (A vient alors d'émettre le 5e bit)
- à  $t = 100$  ms, A émet le dernier bit ( $T_t = 100$ ms)
- à  $t = 100,004$  ms, B reçoit le dernier bit

### ↻ La bande passante (H) :

- L'intervalle de fréquences pour lequel le signal est **atténué dans une limite raisonnable**, (fixée en général à 3 dB) est appelé **bande passante**.



- Bandes passantes de quelques supports de transmission courants :



## 3. Perturbation de la transmission

- ↻ Nul n'est parfait ... un canal n'est pas idéal = le signal transmis n'est jamais celui reçu.

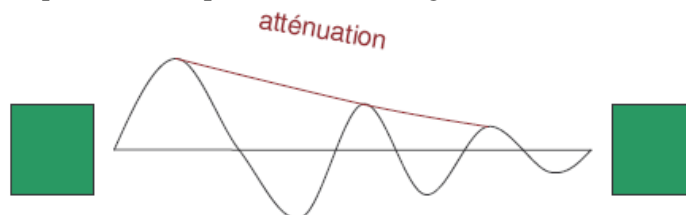
### 3.1. Atténuation


- ↻ **Affaiblissement du signal** = perte d'énergie.
- ↻ L'atténuation dépend de la fréquence du signal, et de la distance :

$$A = 10 \times \log_{10} (P_{\text{reçue}} / P_{\text{émise}})$$

exprimée en décibel (dB)

- ↻ Une atténuation de 3 dB équivaut à une perte de 50% du signal



|   |  |  |
|---|--|--|
| Année 2009  | Train électrique à commande numérique                                  | Page 6/7   |
| <br>Lycée Vaucanson –GRENOBLE | Etude des transmissions numériques DCC et I <sup>2</sup> C             | Séquence N°2   |
|   | Document ressources : Quelques éléments de la théorie de l'information | Quelques éléments de la théorie de l'information.doc |

### 3.2. Distorsion temporelle

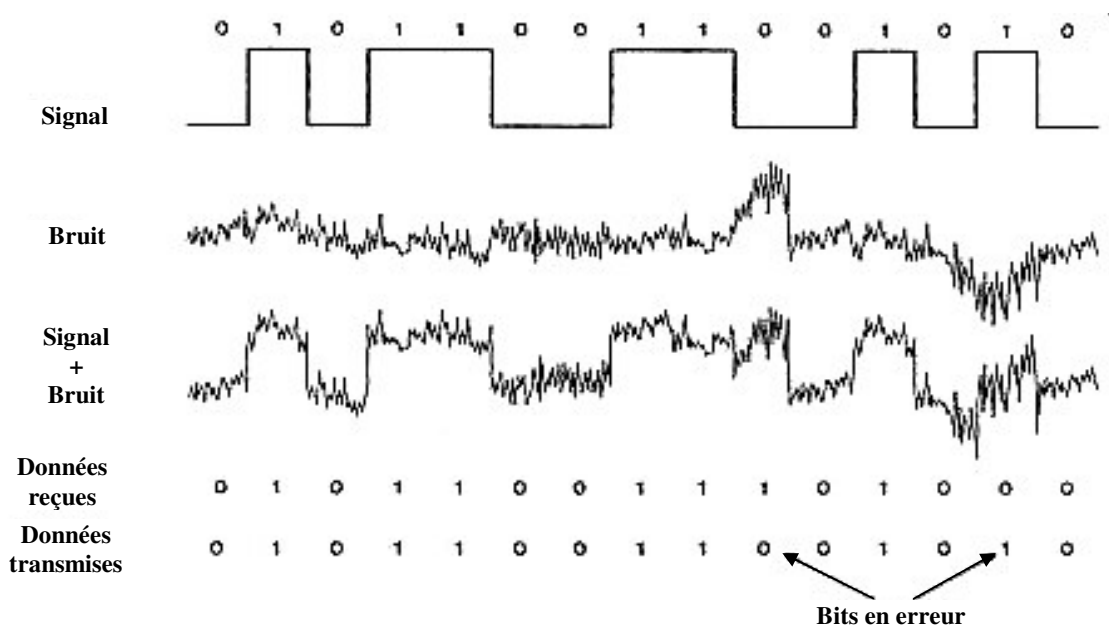
- ↪ Le **temps de propagation varie sensiblement en fonction de la fréquence**
- ↪ La distorsion temporelle affecte les signaux construits par superposition de signaux de fréquences différentes, (appelés *composantes*) :



- ↪ Une composante *rapide* (i.e. de fréquence élevée) peut interférer avec une composante *lente* du signal précédent : conséquence = limitation du débit.

### 3.3. Bruit :

- ↪ **Signal non désiré** qui vient s'ajouter au signal émis :
  - Bruit de fond = permanent (perturbations électromagnétiques, ...).
  - Bruit impulsif = de très courte durée (interrupteur, ...).
- ↪ Dans un système de transmission en bande de base, le signal transmis représente les niveaux logiques 1 et 0.
  - Supposons que le niveau haut transmis est de 4 V.
  - Par contre, le récepteur détecte un niveau haut à partir de 2 V.
  - Il ne faut alors en aucun cas que le bruit ne dépasse 2 V.
  - La figure suivante illustre comment les impulsions de bruit dépassant 2 V peuvent être interprétées comme de niveau 1, provoquant ainsi des erreurs de transmission.

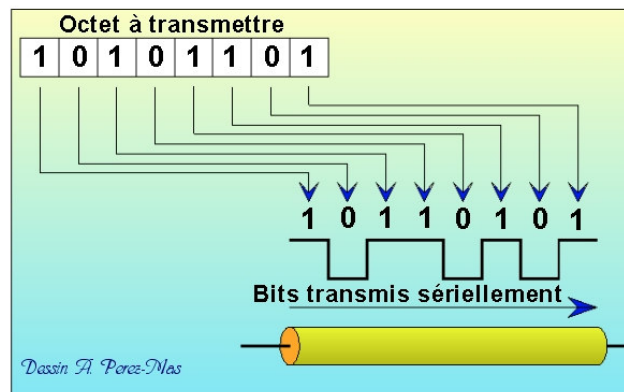


## 4. Mode de transmission sérielle

↪ Ce mode permet de transmettre les données sur **un seul support de transmission** :

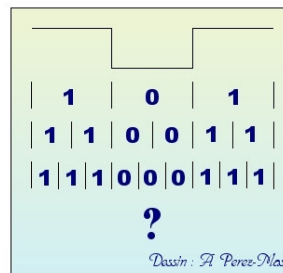
- une ligne bifilaire (signal + masse)
- une fibre optique
- un canal hertzien
- un canal infrarouge
- etc.

↪ La transmission se fait en émettant les **bits** de données **les uns après les autres**.



### 4.1. Synchronisation émetteur-récepteur :

↪ Le récepteur d'une telle salve de bits peut être perplexe ... s'il ne connaît pas la durée d'un bit



Comment interpréter le signal binaire ci-dessus si on ne connaît pas la durée d'un bit ? Est-ce 101 ou 110011 ou 111000111 ?

↪ Il faut donc le lui faire connaître : cela s'appelle la **synchronisation**.

↪ On distingue :

- la **transmission sérielle asynchrone** : un signal de synchronisation est généré par l'émetteur au début seulement d'une séquence de bits plus ou moins longue.
- la **transmission sérielle synchrone** : l'émetteur génère un signal qui doit permettre au récepteur de se synchroniser **à chaque bit**.