

P7 : L'information – stockage & transmission

Plan du chapitre

Analogique et numérique

- Conversion analogique-numérique

Image numérique

- Pixels
- Couleurs & Niveaux de gris
- Résolutions


Stockage optique

- Principe de la lecture
- Effet de la diffraction

Transmission de l'information

- Procédés physiques de transmission
- Caractéristiques
- Chaîne de transmission

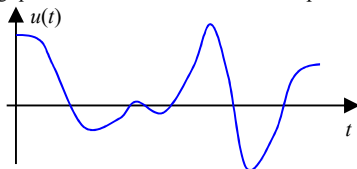
Analogique et numérique


 **Reconnaître des signaux de nature analogique et des signaux de nature numérique.**

Un signal est la représentation physique d'une information qui est transportée, avec ou sans transformation, de la source jusqu'au destinataire.

Signal analogique

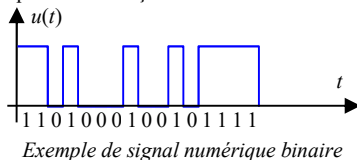
Un signal analogique varie continûment dans le temps.




 **Exemple** : Un microphone est un capteur qui transforme en une tension électrique analogique le signal associé à l'onde acoustique au point où il se trouve.

Signal numérique

Un signal numérique varie de façon discontinue dans le temps.




 **Exemple** : La transmission d'information par Wifi, câble Ethernet, câble USB, se fait par signaux numériques.

Un signal numérique est plus complexe à produire, mais se stocke et se transmet facilement et est moins susceptible de se dégrader.

■ Conversion analogique-numérique

Une conversion analogique-numérique nécessite un Convertisseur Analogique Numérique (CAN). **Régulièrement dans le temps**, un échantillonneur-bloqueur mesure la grandeur analogique (le plus souvent une tension) et l'envoie au CAN qui la convertit en une valeur proche de celle de la grandeur analogique au moment de la mesure, sous forme de groupe de bits.

TP P7.1 : Numérisation d'un son

 **Mettre en œuvre un protocole expérimentale utilisant un échantillonneur-bloqueur et un CAN pour étudier l'influence des différents paramètres sur la numérisation d'un signal (d'origine sonore, par exemple).**

Problématique : Quelle est l'influence de la fréquence d'échantillonnage et du format d'échantillonnage sur la qualité de l'enregistrement d'un son au format numérique ?

3 paramètres vont définir la qualité de la conversion.

Format d'échantillonnage

La valeur de la grandeur mesurée va être codée sous forme binaire. Si l'échantillonnage se fait sur 8 bits, alors elle ne pourra prendre que $2^8 = 256$ valeurs différentes. Si elle est codée sur 16 bits, elle pourra prendre $2^{16} =$

65536 valeurs différentes. Plus le nombre de bits est élevé, plus la valeur numérique pourra être proche de la valeur réelle.

1 bit : 2 valeurs (0 ; 1) et 1 intervalle

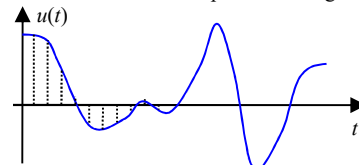
2 bits : 4 valeurs (00 ; 01 ; 10 ; 11) et 3 intervalles

3 bits : 8 valeurs (de 000 à 111) et 7 intervalles

Fréquence d'échantillonnage

La fréquence d'échantillonnage est égale au nombre de conversion faite par le CAN chaque seconde. Une fréquence de 44.100 Hz (pour un enregistrement sonore mono de qualité CD) signifie que la valeur du signal analogique (venant du micro, par exemple) sera mesurée et convertie en valeur numérique 44.100 fois par seconde.

Plus cette fréquence d'échantillonnage est élevée, plus le signal numérique reproduira fidèlement les variations temporelles du signal.



Le théorème de Shannon indique que pour numériser fidèlement une tension de fréquence f , il faut que la fréquence d'échantillonnage f_e vérifie $f_e \geq 2 \cdot f$.

Effets de la fréquence d'échantillonnage

Gamme de variation du signal

Un CAN peut enregistrer une gamme de valeur du signal compris entre s_{\min} et s_{\max} . Ces valeurs peuvent parfois être plus ou moins choisies par l'opérateur. Par exemple [-1V ; +1 V] ou [-5V ; +5V]. Il faut choisir, lorsqu'on le peut, une gamme de valeur contenant au plus près l'intervalle $[s_{\min} ; s_{\max}]$ pour limiter l'erreur introduite lors de la numérisation.

Numérisation 8 bits

Lors d'une numérisation 8 bits, on a 256 valeurs possibles et 255 intervalles. Si on numérise une tension variant entre -1 V et +1 V, alors entre deux valeurs numériques consécutives, il y a un écart de $2V/255 = 7,8$ mV. Pour une tension pouvant varier entre -5 V et +5 V, on aura un écart de $10/255 = 39$ mV entre deux valeurs numériques consécutives.

Conversion analogique numérique

Exercice 1 Conversion analogique - numérique

Image numérique

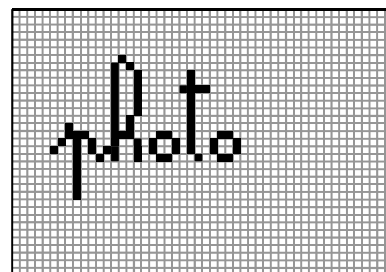
 **Associer un tableau de nombres à une image numérique.**

■ Pixels

Une image numérique est découpée en un certain nombre de pixels (**picture element**).

Image de faible résolution : 800×600 , soit 480 kpix.

Capteur numérique professionnel : 4800×3200 , soit 20 Mpix.



Exemple d'image en résolution 50×35

■ Couleurs & Niveaux de gris

À chaque pixel d'une image en « niveau de gris » est associé une valeur de gris. En 8 bit, il y a 256 niveaux de gris (0 = blanc ; 255 = noir)

À chaque pixel d'une image couleur sont associées 3 valeurs, une pour chaque couleur « primaire » de la synthèse additive. Chaque couleur est, généralement, codée sur 8 bits, soit un total de $256 \times 256 \times 256 = 16,8$ millions de couleurs.

Restitution des couleurs par un écran

Résolutions

La résolution d'une image (ou d'un écran) correspond à son nombre de pixels.

La résolution d'une impression s'exprime en ppp ou dpi (points par pouce ou dot per inch). C'est le nombre de gouttes d'encre par pouce (2,54 cm) d'impression.

C'est pas sorcier - Photos numériques

TP P7.2 : Étude des interférences grâce à un APN

Mettre en œuvre un protocole expérimentale utilisant un capteur (caméra ou APN) pour étudier un phénomène optique.

Pratiquer une démarche expérimentale visant à étudier quantitativement le phénomène d'interférence dans le cas des ondes lumineuses.

Problématique : L'interfrange i est-il proportionnel à la longueur d'onde λ de la lumière utilisée ?

Exercice 2 Image numérique

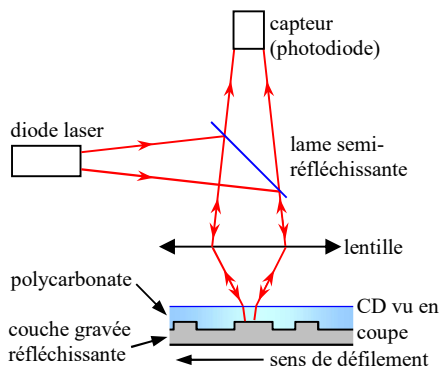
Exercice 3 Image numérique (bis)

Stockage optique

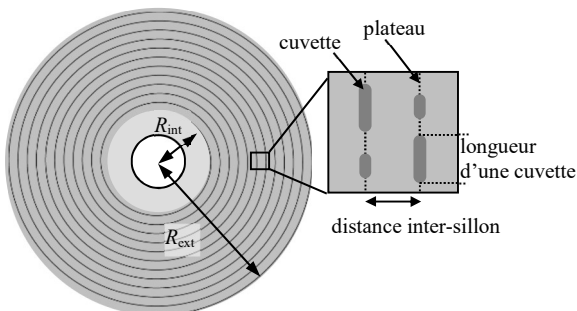
Principe de la lecture

Expliquer le principe de la lecture par une approche interférentielle.

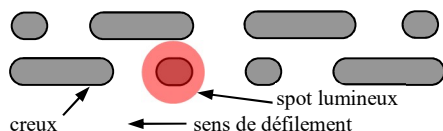
Lors de la lecture d'un disque optique (CD, DVD, Blu-ray), un faisceau laser est focalisé sur la surface du disque, qui comporte des « creux », encore appelés « cavités » ou « cuvettes », gravés sur la surface réfléchissante du disque, appelée « plateau ».



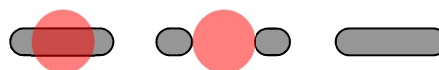
Ces cavités sont disposées le long d'une piste en spirale qui recouvre la plus grande partie de la surface du CD.



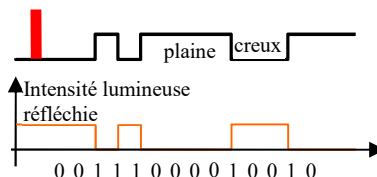
Lorsque le spot laser éclaire un creux, une partie de celui-ci va jusqu'au fond du creux et une autre partie éclaire la surface alentours. La profondeur du creux est exactement égale à $\lambda/4$, ce qui fait que la partie du faisceau qui s'est réfléchié au fond du creux **interfère de manière destructive** avec la partie qui s'est réfléchié sur la surface. **L'intensité lumineuse réfléchié est faible**, la **photodiode** convertit cette intensité lumineuse en courant électrique.



Au contraire, lorsque tout le faisceau lumineux éclaire uniquement une partie de la surface sans creux, il n'y a **pas d'interférence destructive** et **l'intensité lumineuse réfléchié est forte**.



Ce n'est pas la présence ou l'absence d'un creux qui codent les 0 et les 1, mais le passage d'un creux à une zone plane ou l'inverse, c'est-à-dire un changement de l'intensité lumineuse réfléchié. Si elle change \rightarrow 1. Si elle ne change pas \rightarrow 0.



Le lecteur CD

Comment fonctionne un lecteur CD (vidéo)

Effet de la diffraction

Relier la capacité de stockage et son évolution au phénomène de diffraction.

Plus la longueur d'onde λ du laser utilisé est grande, plus la **diffraction** est importante à la sortie de la photodiode, donc plus la largeur du faisceau est importante, plus la largeur des alvéoles est importante, et enfin plus la densité de l'info est faible.

Pour information : λ (laser CD) = 780 nm ; λ (laser Blu-ray) = 405 nm.

Exercice 4 Stockage optique

Transmission de l'information

Procédés physiques de transmission

Exploiter des informations pour comparer les différents types de transmission.

Mettre en œuvre un dispositif de transmission de données (câble, fibre optique).

Transmission sans fil, brève histoire

La transmission rapide de l'information se fait aujourd'hui selon deux modes : la **propagation guidée** (câble ou fibre optique) ou la **propagation libre** (ondes électro-magnétiques se propageant dans l'air ou dans le vide).

Transmission par câble

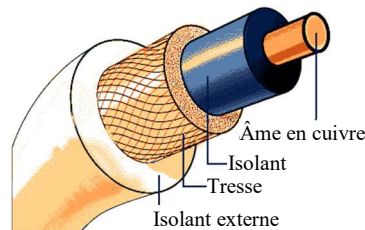
Paire torsadée

Câble constitué de fils de cuivre recouvert d'isolant entrelacés en torsade. Ce sont les câbles les plus courants. Ils constituent, pour des raisons historiques, le réseau le mieux implanté (téléphone, ADSL).

Inconvénients : atténuation du signal importante à haute fréquence. Sensibles aux perturbations électromagnétiques (perturbations extérieures et auto-perturbations).

Câble coaxial

Constitué d'un fil en son cœur, entouré d'un isolant, lui-même entouré d'une « masse » en fils cuivre tressés.



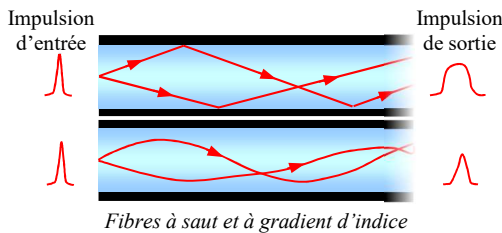
Ce type de câble, utilisé pour transmettre des signaux à haute fréquence, est plus cher et plus difficile à installer qu'une **paire torsadée**, mais son avantage est qu'il y a création d'un écran (cage de Faraday) qui protège le signal des perturbations électromagnétiques et qui évite que les conducteurs ne produisent eux-mêmes des perturbations.

Transmission par fibre optique

Fil en verre ou en plastique très fin généralement entourée d'une gaine. Le signal lumineux codé est capable de transmettre une grande quantité d'information. En permettant les communications à **très longue distance** et à **des débits jusqu'alors impossibles**, les fibres optiques sont l'un des éléments clef de la révolution des télécommunications.

Fibre multimode

Le diamètre du cœur varie en 10 et 80 μm. Le signal lumineux est guidé soit par réflexion (fibre à saut d'indice), soit par réfraction (fibre à gradient d'indice).



Fibres à saut et à gradient d'indice

Ce sont les premières fibres à avoir été fabriquées. Elles ne nécessitent pas une grande technologie mais sont limitées en débit (étalement de l'impulsion lumineuse due aux différents modes de propagation).

Débit : ~ 1 Gb/s. Portée : ~ 2 km

Fibre optique à saut d'indice

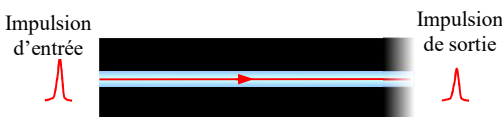
Transmission par fibre optique

Fibre monomode

Meilleure fibre existante à l'heure actuelle. Le diamètre du cœur est de 9 μm. Utilisée dans les cœurs de réseaux mondiaux. Un seul mode de propagation de la lumière : en ligne droite. Plus difficile à produire que les fibres multimodes.

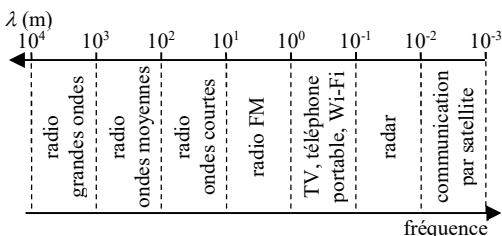
Avantages : atténuation moindre du signal et débit plus élevé (pas d'étalement de l'impulsion lumineuse).

Débit : ~ 100 Gb/s. Portée : ~ 100 km



Transmission hertzienne

Elle se fait par émission d'ondes se propageant dans le vide ou dans l'air. Elle peut être dirigée si l'onde est émise dans une direction préférentielle (antenne parabolique) ou non dirigée.



Canal de transmission

Le canal de transmission est soit le **support de transmission** (câble, fibre), soit la **bande de fréquences** utilisées (ondes).

Bande passante

La bande passante est l'intervalle de fréquence dans lequel le signal est émis. Elle est limitée soit par la qualité du support dans le cas de la propagation guidée, soit par la loi pour l'émission par ondes hertziennes.

Exercice 5 Procédés physiques de transmission

Caractéristiques

- Caractériser une transmission numérique par son débit binaire.
- Évaluer l'affaiblissement d'un signal à l'aide du coefficient d'atténuation.

Rapport signal/bruit (dB)

Au signal transmis se superpose toujours un signal parasite (de source extérieure ou venant dans la chaîne de transmission elle-même). Ce bruit gêne la bonne réception du signal transmis. Il s'exprime généralement en décibels (dB).

$$rsb_{dB} = 10 \cdot \log \frac{P_{signal}}{P_{bruit}}$$

P_{signal} : puissance du signal en W

P_{bruit} : puissance du bruit en W.

Atténuation

Lorsqu'un signal se propage, sa puissance diminue, à cause, entre autres, de l'absorption de ce signal par le milieu de propagation ou de sa diffusion. La puissance d'un signal le long d'un canal de transmission homogène (câble, fibre optique ou atmosphère) décroît de façon exponentielle avec la distance parcourue.

Définition de l'atténuation

$$A_{dB} \equiv -10 \cdot \log \frac{P_S(\text{reçue})}{P_S(\text{émise})} = \alpha_{dB} \cdot d$$

A_{dB} : atténuation en dB

$P_S(\text{reçue})$: puissance du signal reçu en W

$P_S(\text{émise})$: puissance du signal émis en W

α_{dB} : coefficient d'atténuation en $dB \cdot m^{-1}$

Débit binaire

Le débit binaire est la quantité d'information transmise par unité de temps, en bit par seconde (bps ou $b \cdot s^{-1}$).

Exercice 6 Atténuation

Exercice 7 Débit binaire

Chaîne de transmission

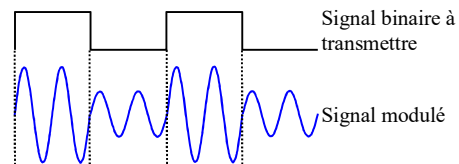
- Identifier les éléments d'une chaîne de transmission d'informations.
- Recueillir et exploiter des informations concernant des éléments de chaînes de transmission d'informations et leur évolution récente.

Une chaîne de transmission est formée de nombreux éléments qui assurent la transmission d'un signal physique.

Transducteur : transforme un signal physique en un signal électrique et inversement.

CAN : numérise le signal électrique et le convertit en une série de 0 et de 1 (s'il s'agit d'un signal numérique).

Modulateur : Le signal numérique est rarement envoyé directement. Avant cela, l'information qu'il contient est codée dans un signal à haute fréquence qui sera émis sous forme d'ondes électromagnétiques.



Multiplexeur : pour que plusieurs signaux empruntent le même canal, il faut répartir l'accès des divers émetteurs à celui-ci. C'est le rôle du multiplexeur.

Canal de transmission : câble, fibre optique ou atmosphère.

À la réception du signal, on trouve les mêmes éléments effectuant le travail en sens inverse.

Exemple : chaîne de transmission entre 2 utilisateurs de Skype ayant une conversation vocale

Transducteur : microphone

CAN : carte son de l'ordinateur

Modulateur : émetteur Wi-Fi de l'ordinateur.

Multiplexeur : routeur Wifi

Canal de transmission : câbles cuivre et fibres optique jusqu'à l'autre utilisateur

Réception : Démultiplexeur, démodulateur, CNA, Transducteur.

Exercice 8 Principe de fonctionnement d'un GPS

Exercice 9 Nouveau stockage optique : le Blu-ray

Exercice 10 Laser et stockage optique

Exercice 11 Le très haut débit pour tous