

# LP 17 - Transmission et stockage de l'information

Lise Boutenègre, Raphael Rullan

| Élément imposé – Gravure de CD, déterminer le pas d'un CD, codage des pixels en couleur

## Introduction Pédagogique

| Niveau : Terminale STL

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Les ondes permettent de transmettre, de lire et d'afficher de l'information. Différents modes de <b>transmission</b> sont présentés sans aborder le codage de l'information. L'étude du stockage optique permet de réinvestir les notions relatives aux interférences, celle de l'afficheur à cristaux liquides la notion de polarisation. L'étude de la fibre optique fait le lien avec le thème « Systèmes et procédés ». |                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| <b>Transmettre l'information</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| Chaîne de <b>transmission</b> .<br>Débit binaire.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Représenter le schéma de principe d'un système de <b>transmission</b> et identifier ses différents éléments.</li> <li>- Comparer les ordres de grandeur de débit binaire d'une <b>transmission</b> par câble coaxial et par fibre optique.</li> </ul> |

(a)

|                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Propagation libre d'ondes électromagnétiques.                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Citer des exemples de <b>transmission</b> d'information par les ondes en champ libre.</li> <li>- Expliquer la nécessité d'ondes porteuses pour transmettre plusieurs informations simultanément.</li> <li>- Exploiter la relation entre la puissance surfacique en champ libre et la distance à la source.</li> <li>- Distinguer l'atténuation due à la nature divergente d'une onde de son absorption par un milieu.</li> </ul> <p><b>Capacités expérimentales :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Mettre en œuvre une expérience de <b>transmission</b> libre d'un signal.</li> <li>- Utiliser un filtre passe-bande pour sélectionner une onde porteuse.</li> </ul> |
| Ligne bifilaire.                                                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Citer des exemples de <b>transmission</b> d'information par des lignes bifilaires.</li> <li>- Exploiter la relation entre la distance parcourue et les puissances en entrée et en sortie.</li> <li>- Associer l'atténuation à l'absorption par le milieu.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| Fibre optique à saut d'indice.<br>Ouverture numérique.<br>Débit. | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Expliquer le principe du guidage par une fibre optique.</li> <li>- Déterminer l'expression de l'angle de réfraction limite en fonction des indices et en déduire la valeur de l'ouverture numérique de la fibre optique.</li> <li>- Expliquer qualitativement l'élargissement temporel d'une impulsion au cours de la propagation et son influence sur le débit maximal.</li> <li>- Exploiter la relation entre la distance parcourue et les puissances en entrée et en sortie.</li> </ul> <p><b>Capacité expérimentale :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Mesurer l'ouverture numérique d'une fibre optique.</li> </ul>                                              |

(b)

Figure 1 – Partie transmission dans le programme de terminale STL matière SPCL

### Pré-requis

- Généralités sur les ondes : période, fréquence, double périodicité **Terminale SPCL**
- Mathématiques : utilisation de sinus et de cosinus (somme, multiplication), théorème de pythagore **Terminale SPCL**
- Phénomènes ondulatoires : diffraction, interférence **Terminale**
- Ondes progressives sinusoïdales, ondes transversales, longitudinales **Terminale SPCL**
- Ondes sonores **Terminale SPCL**

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>Les ondes permettent de transmettre, de lire et d'afficher de l'information. Différents modes de <b>transmission</b> sont présentés sans aborder le codage de l'information. L'étude du stockage optique permet de réinvestir les notions relatives aux interférences, celle de l'afficheur à cristaux liquides la notion de polarisation. L'étude de la fibre optique fait le lien avec le thème « Systèmes et procédés ».</p> <p><b>Transmettre l'information</b></p> <p>Chaîne de <b>transmission</b>.<br/>Débit binaire.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Représenter le schéma de principe d'un système de <b>transmission</b> et identifier ses différents éléments.</li> <li>- Comparer les ordres de grandeur de débit binaire d'une <b>transmission</b> par câble coaxial et par fibre optique.</li> </ul> | <table border="1"> <tr> <td data-bbox="820 245 966 493">Propagation libre d'ondes électromagnétiques.</td><td data-bbox="966 245 1385 493"> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Citer des exemples de <b>transmission</b> d'information par les ondes en champ libre.</li> <li>- Expliquer la nécessité d'ondes porteuses pour transmettre plusieurs informations simultanément.</li> <li>- Exploiter la relation entre la puissance surfacique en champ libre et la distance à la source.</li> <li>- Distinguer l'atténuation due à la nature divergente d'une onde de son absorption par un milieu.</li> </ul> <p><b>Capacités expérimentales :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Mettre en œuvre une expérience de <b>transmission</b> libre d'un signal.</li> <li>- Utiliser un filtre passe-bande pour sélectionner une onde porteuse.</li> </ul> </td></tr> <tr> <td data-bbox="820 493 966 590">Ligne bifilaire.</td><td data-bbox="966 493 1385 590"> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Citer des exemples de <b>transmission</b> d'information par des lignes bifilaires.</li> <li>- Exploiter la relation entre la distance parcourue et les puissances en entrée et en sortie.</li> <li>- Associer l'atténuation à l'absorption par le milieu.</li> </ul> </td></tr> <tr> <td data-bbox="820 590 966 787">Fibre optique à saut d'indice.<br/>Ouverture numérique.<br/>Débit.</td><td data-bbox="966 590 1385 787"> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Expliquer le principe du guidage par une fibre optique.</li> <li>- Déterminer l'expression de l'angle de réfraction limite en fonction des indices et en déduire la valeur de l'ouverture numérique de la fibre optique.</li> <li>- Expliquer qualitativement l'élargissement temporel d'une impulsion au cours de la propagation et son influence sur le débit maximal.</li> <li>- Exploiter la relation entre la distance parcourue et les puissances en entrée et en sortie.</li> </ul> <p><b>Capacité expérimentale :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Mesurer l'ouverture numérique d'une fibre optique.</li> </ul> </td></tr> </table> | Propagation libre d'ondes électromagnétiques. | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Citer des exemples de <b>transmission</b> d'information par les ondes en champ libre.</li> <li>- Expliquer la nécessité d'ondes porteuses pour transmettre plusieurs informations simultanément.</li> <li>- Exploiter la relation entre la puissance surfacique en champ libre et la distance à la source.</li> <li>- Distinguer l'atténuation due à la nature divergente d'une onde de son absorption par un milieu.</li> </ul> <p><b>Capacités expérimentales :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Mettre en œuvre une expérience de <b>transmission</b> libre d'un signal.</li> <li>- Utiliser un filtre passe-bande pour sélectionner une onde porteuse.</li> </ul> | Ligne bifilaire. | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Citer des exemples de <b>transmission</b> d'information par des lignes bifilaires.</li> <li>- Exploiter la relation entre la distance parcourue et les puissances en entrée et en sortie.</li> <li>- Associer l'atténuation à l'absorption par le milieu.</li> </ul> | Fibre optique à saut d'indice.<br>Ouverture numérique.<br>Débit. | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Expliquer le principe du guidage par une fibre optique.</li> <li>- Déterminer l'expression de l'angle de réfraction limite en fonction des indices et en déduire la valeur de l'ouverture numérique de la fibre optique.</li> <li>- Expliquer qualitativement l'élargissement temporel d'une impulsion au cours de la propagation et son influence sur le débit maximal.</li> <li>- Exploiter la relation entre la distance parcourue et les puissances en entrée et en sortie.</li> </ul> <p><b>Capacité expérimentale :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Mesurer l'ouverture numérique d'une fibre optique.</li> </ul> |
| Propagation libre d'ondes électromagnétiques.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Citer des exemples de <b>transmission</b> d'information par les ondes en champ libre.</li> <li>- Expliquer la nécessité d'ondes porteuses pour transmettre plusieurs informations simultanément.</li> <li>- Exploiter la relation entre la puissance surfacique en champ libre et la distance à la source.</li> <li>- Distinguer l'atténuation due à la nature divergente d'une onde de son absorption par un milieu.</li> </ul> <p><b>Capacités expérimentales :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Mettre en œuvre une expérience de <b>transmission</b> libre d'un signal.</li> <li>- Utiliser un filtre passe-bande pour sélectionner une onde porteuse.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| Ligne bifilaire.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Citer des exemples de <b>transmission</b> d'information par des lignes bifilaires.</li> <li>- Exploiter la relation entre la distance parcourue et les puissances en entrée et en sortie.</li> <li>- Associer l'atténuation à l'absorption par le milieu.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| Fibre optique à saut d'indice.<br>Ouverture numérique.<br>Débit.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Expliquer le principe du guidage par une fibre optique.</li> <li>- Déterminer l'expression de l'angle de réfraction limite en fonction des indices et en déduire la valeur de l'ouverture numérique de la fibre optique.</li> <li>- Expliquer qualitativement l'élargissement temporel d'une impulsion au cours de la propagation et son influence sur le débit maximal.</li> <li>- Exploiter la relation entre la distance parcourue et les puissances en entrée et en sortie.</li> </ul> <p><b>Capacité expérimentale :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Mesurer l'ouverture numérique d'une fibre optique.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |

(a)

(b)

**Figure 2** – Partie stockage dans le programme de terminale STL matière SPCL

### Difficultés

- Le passage de l'analogique au numérique peut être conceptuellement difficile à appréhender
- Le codage binaire peut être difficile à comprendre pour des élèves. Le passage en base 2 est nouveau à priori pour eux.
- Sujet assez large et difficile à intégrer dans son ensemble. Les chaînes de transmission sont complexes.

### Applications

- **TP** : Détermination du pas d'un CD, comparaison Blue-Ray, CD, DVD.
- **TD** : Étude de la fibre optique (si ce n'est pas l'élément imposé), étude de la transmission d'une onde sonore.

**Objectifs** – Que les élèves comprennent le principe d'une chaîne de transmission. Egalement qu'ils soient capables d'identifier les différents éléments d'une chaîne. Il faut qu'ils soient capables de réutiliser les connaissances qu'ils ont acquises dans le domaine des ondes et comprendre comment les utiliser. Bien comprendre la différence entre analogique et numérique et arriver à passer au numérique.

**Remarque** – Selon l'élément imposé (qu'il plus tourné transmission ou stockage) on peut choisir de tourner la leçon un peu différemment. Il y a deux chapitres dans cette leçon : certaines parties devront être mise en prérequis.

**Source** – [https://spcl.ac-montpellier.fr/moodle/pluginfile.php/10300/mod\\_resource/content/0/ONDES\\_FS14\\_Transmission.pdf](https://spcl.ac-montpellier.fr/moodle/pluginfile.php/10300/mod_resource/content/0/ONDES_FS14_Transmission.pdf), Microméga TS, Hachette TS, Bel-

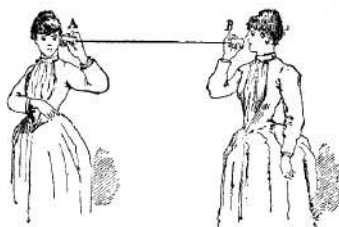
## Introduction

Bonjour à tous et à toutes, aujourd'hui on va s'intéresser à des phénomènes que vous connaissez bien même si vous n'y avez peut être jamais fait attention. En effet, on va s'intéresser aux phénomènes qui rentrent en jeu lorsque par exemple vous appelez un.e ami.e avec votre téléphone, lorsque que vous prenez une photographie avec votre appareil photo, ou quand vous enregistrez une bande sonore. On va s'intéresser aux phénomènes de numérisation et de stockage de données et signaux. C'est finalement une part très importante de nos sociétés actuelles.

**Remarque** – On peut faire une intro un peu de boomer (ce que je vais faire), on montre sur un diaporama différentes générations de téléphone, différents moyens de télécommunication pour montrer les évolutions.

**Remarque** – Cette partie peut être faite en intro mais peut également être un I.1 Aspects historiques (je préfère en intro)

Les télécommunications sont nées du besoin des sociétés humaines de pouvoir échanger des informations rapidement. Les premiers dispositifs permettent cela date du XVIIème siècle avec les dispositifs utilisant des ficelles. Il s'agit du premier téléphone imaginé par Hooke (Fig. 3 en 1660).



**Figure 3** – Premier téléphone

Peut être avez vous quand vous étiez plus petit joué avec ce type de dispositif en utilisant des pots de yaourt. Vous pouvez déjà voir assez facilement la différence qu'il y a entre ce premier dispositif et les smartphones modernes (on fait une slide avec les deux à côté pour montrer les différences) qui peuvent faire beaucoup de choses : capter des sons, prendre des photos, faire des recherches sur internet ... Par la suite, de nombreux dispositifs sont imaginés : des dispositifs optique (Claude Chapp 1794), les télégraphes utilisant des fils ... On peut considérer que le vrai premier téléphone électrique permettant de transmettre la voix a été inventé en 1876 par Bell (voir Fig. 4. C'est le début des communications telles qu'on les connaît. Depuis, l'évolution a été relativement rapide. En effet, le téléphone filaire devient un objet courant à partir des années 1910. Le téléphone mobile apparaît à partir des années 1970 et utilise des ondes électromagnétiques. On abandonne peu à peu les téléphones filaires pour arriver à ce que l'on connaît aujourd'hui. (Sur une slide on met une diapo avec un standard électronique avec tous les fils).

La communication entre les continents a été également rapidement un enjeu, c'est pour cela qu'à partir des années 1850 (1er 1858) des cables ont été installés pour relier les Etats-Unis et l'Europe. Aujourd'hui les matériaux et les technologies ont évoluées néanmoins le principe reste le même. La majorité des informations passent par des cables (même si l'internet spatial se développe de plus en plus) sous-marins (des fois il y a des attaques de requin dessus, ça fait une remarque rigolote). La carte du réseau internet mondial est présenté dans la Fig. 6.



**Figure 4** – Premier téléphone



**Figure 5** – Frise chronologique de l'évolution des téléphones, source Hachett TS p.516



**Figure 6** – Carte de l'internet mondial

# 1 Transmission de l'information

**Remarque** – Je pense que pour bien illustrer cela il peut être bien d'avoir sur le bureau un exemple. On prend un émetteur quelconque, on peut prendre l'exemple d'une onde sonore. On peut prendre un accordeur peu importe tant qu'on a une chaîne

## 1 La chaîne de transmission

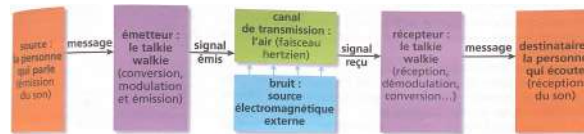
Toute chaîne de transmission peut se mettre sous la forme suivante (voir Fig.7).



**Figure 7** – Chaîne de transmission, source : [https://spcl.ac-montpellier.fr/moodle/pluginfile.php/10300/mod\\_resource/content/0/ONDES\\_FS14\\_Transmission.pdf](https://spcl.ac-montpellier.fr/moodle/pluginfile.php/10300/mod_resource/content/0/ONDES_FS14_Transmission.pdf)

**Définition** – **Chaîne de transmission** : ensemble des éléments permettant de transférer de l'information d'un lieu à un autre. On désigne par canal de transmission le dispositif par lequel les informations sont transmises de l'émetteur au récepteur.

Une chaîne de transmission comprend, un encodeur, un canal de transmission avec un émetteur, un récepteur et un milieu de transmission et enfin d'un décodeur. Suivant le milieu de transmission, les signaux sont de nature et/ou de fréquence différente (Hachette p.522). Encore une fois, il y a eu de grandes évolutions. Exemple pour la Talkie-Walkie :



**Figure 8** – Chaîne de transmission pour un talkie-walkie, source : microméga TS

**Remarque** – On fait bien le lien entre l'exemple choisit et la définition en soulignant chaque partie : canal etc

Néanmoins, sous quel forme est le signal dans ces chaînes de transmissions.

## 2 De l'analogique au numérique

**Remarque** – On dispose de la manipulation avec le CAN pour illustrer cela.

Le monde qui nous entoure est décrit par des grandeurs analogiques. Ce sont des valeurs qui varient de manière continue en fonction du temps et qui peuvent prendre n'importe quelle valeur dans un intervalle. On peut par exemple citer : l'intensité de la voix, la pression, température ou autre. Néanmoins ce type de signal pose un soucis, ce n'est pas manipulable directement, c'est impossible d'enregistrer un signal analogique. Ces grandeurs sont converties en signaux électriques par des cap-

teurs. Si le signal qu'on observe est continu alors c'est un signal analogique, sinon il est numérique. C'est ce qu'on observe sur les nouveaux oscilloscopes numérique.

**Définition – Analogique** : Qualifie un signal ou une grandeur pouvant prendre n'importe quelle valeur dans un intervalle de façon continue.

**Définition – Numérique** : Qualifie un signal ou une grandeur ne pouvant prendre que des valeurs discrètes

**Remarque** – On montre avec Latis-Pro sur le signal qu'on observe.

Le passage de l'analogique au numérique présente plusieurs avantages.

- Stocker des signaux analogiques est très coûteux en ressources.
- Un signal analogique est très sensible au bruit et la qualité est dégradée à chaque duplication.
- Le signal est plus fidèle certes et la qualité meilleure à priori.

Comment est-ce qu'on passe de l'un à l'autre ?



**Figure 9** – Principe du passage de l'analogique au numérique

Pour cela plusieurs dispositifs existent, celui dont on va parler c'est le CAN.

**Remarque** – On explique le principe pratique avec le montage

Il y a deux caractéristiques qui sont intéressantes :

- La fréquence d'échantillonnage
- Le pas du convertisseur

## 2.1 L'échantillonnage

**Définition – Échantillonnage** : consiste à prélever les valeurs du signal  $s(t)$  étudié à des instants régulièrement espacés, de la forme  $t_k = kT_e$  où  $k$  appartient à l'intervalle  $0, N-1$  où  $N$  est le nombre de point d'acquisition.

C'est un paramètre qui est réglable, l'espace entre deux instants est appelé la période d'échantillonnage. On parle surtout en terme de fréquence :

$$f_e = \frac{1}{T_e} \quad (1)$$

Avec  $f_e$  en hertz. Un critère très important qu'il faut s'assurer de bien respecter quand on échantillonne un signal est le critère de Shannon.

**Définition – Condition de Nyquist-Shannon** : pour que l'échantillonnage d'un signal ne modifie pas son spectre, il faut que la fréquence d'échantillonnage soit supérieure au double de la plus grande fréquence  $f_{max}$  contenue dans ce spectre

$$f_e > 2 \times f_{max} \quad (2)$$

Si on ne respecte pas ce critère, alors on ne récupérera pas le bon signal.

### 3 Pas du convertisseur

La plus petite variation de tension analogique que peut repérer un convertisseur est appelée la résolution ou pas. Cette dimension dépend du calibre choisit et du nombre de bits. La formule du pas est :

$$p = \frac{Amp}{2^n - 1} \quad (3)$$

Pour la carte d'acquisition que nous avons, il y a 12 bits donc on peut avoir des pas de :

| Calibre (V) | Plage de mesure (V) | Pas (mV) |
|-------------|---------------------|----------|
| -10; +10    | 20                  | ≈ 4,9    |
| -5; +5      | 10                  | ≈ 2,4    |
| -1; +1      | 2                   | ≈ 0,49   |
| -0,2; +0,2  | 0,4                 | ≈ 0,098  |
| 0; +5       | 5                   | ≈ 1,2    |

**Figure 10** – Calibres et résolutions pour une carte d'acquisition 12 bits

**Remarque** – On peut le voir sur Latis-Pro, peut être intéressant à mesurer.

A partir de cela, on observe ce que l'on appelle une quantification :

**Définition – Quantification** : La valeur de l'échantillon prélevé est comparée à l'ensemble des valeurs permises par la résolution. Elle est remplacée par la valeur permise la plus proche. C'est la discrétisation des valeurs prises.

Comment est-ce que c'est codé sous l'ordinateur ?

**Remarque** – On peut faire une partie sur un point spécifique par exemple la transmission dans une fibre optique ou sur les ondes électromagnétiques etc [https://spcl.ac-montpellier.fr/moodle/pluginfile.php/10300/mod\\_resource/content/0/ONDES\\_FS14\\_Transmission.pdf](https://spcl.ac-montpellier.fr/moodle/pluginfile.php/10300/mod_resource/content/0/ONDES_FS14_Transmission.pdf)

## 2 Passage dans le monde binaire

Comment est-ce que toutes ces données sont stockées sur notre ordinateur ? En effet, pour le moment on a juste vu comment on pouvait récupérer les informations. Comment ça se passe ?

### 1 Le codage binaire

Un système numérique comme un ordinateur est composé de circuits électroniques. Chacun d'eux peut fournir deux niveaux de tension électrique : une tension haute et une tension basse associées aux

valeurs 0 et 1. On parle de langage binaire. On compte en base 2. n décompose un nombre en puissance de 2.

$$14 = 2^3 * 1 + 2^2 * 1 + 2^1 * 1 + 2^0 * 0 \quad (4)$$

Ce qui donne 1110. On utilise des bits. L'unité de stockage c'est le bits et un octet c'est 8 bits. Avec 8 bits on peut coder 256 valeurs c'est à dire des nombres entre 0 et 255. Cela en fait des informations. Si on veut décomposer 14 sur un octet on rajoute les 0 avant. Ça nous permet d'expliquer la quantification en tension du signal.

## 2 Application au codage des pixels en couleurs

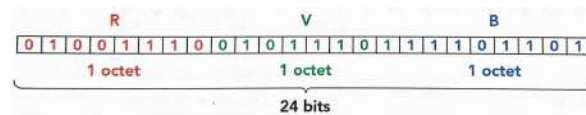
Dans un appareil photo ou un caméra numérique; les capteurs utilisés sont de petites cellules photoélectriques placées en quadrillage. Chaque case de cette trame correspond à un **pixel**.

**Définition – Définition d'une image :** c'est le nombre de pixel qu'elle contient. Cela correspond au nombre de pixels contenus dans la dalle de capteurs d'un appareil photo.

**Définition – Résolution d'une image :** c'est le nombre de pixels par unité de longueur. Elle s'exprime en ppp ou dpi.

Le cas de l'image en noir et blanc est le cas le plus simple. Le contenu de chaque case de la matrice est soit un 0 ou un 1. Lorsque l'on passe en niveau de gris les valeurs ne seront pas seulement 0 et 1. Ça offre plus de contrastes. La couleur est codée souvent sur un octet soit 8 bits ce qui offre la possibilité d'obtenir 256 niveaux de gris (de 0 à 255).

Le codage le plus utilisé est le codage RVB 24 bits. Chaque pixel est subdivisé en trois taches correspondant aux trois couleurs primaires. Chaque couleur primaire est codée sur 1 octet pouvant prendre 256 valeurs différentes. **Chaque pixel regroupant les trois couleurs primaires est donc codé sur 3 octets, soit 24 bits.**



**Figure 11** – Codage d'un pixel RVB, source : Hachette TS

Il est également possible de faire des niveaux de gris en associant à chaque sous pixel la même valeur.

Un facteur important et pouvant limiter la définition d'une image est la taille de celle-ci.

**Définition – Taille d'une image :** il s'agit du nombre total d'octets nécessaires à son codage. Cette taille dépend du codage.

$$\text{taille} = \text{nb d'octets par pixel} \times \text{définition} \quad (5)$$

**Remarque –** La taille d'une image est légèrement supérieure comme il faut quelques octets pour noter les caractéristiques.

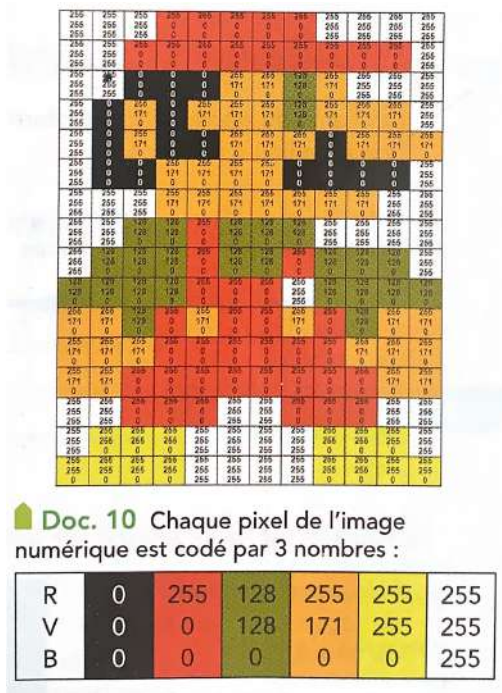


Figure 12 – Codage de Mario, source Hachette p.525

**Remarque** – Attention aux abus de langage, on appelle kilo ce que l'on devrait appeler ki. On présente le tableau des abbréviations et des valeurs dans la Fig. 13

| Nom     |  | kibi  | mebi     | gibi      | tebi         | pebi            |
|---------|--|-------|----------|-----------|--------------|-----------------|
| Symbole |  | Ki    | Mi       | Gi        | Ti           | Pi              |
| Valeur  |  | $2^0$ | $2^{10}$ | $2^{20}$  | $2^{30}$     | $2^{40}$        |
|         |  | 1     | $1024$   | $1048576$ | $1073741824$ | $1099511627776$ |

Figure 13 – Tableau des valeurs

### 3 Débit binaire

**Remarque** – Je ne suis pas sur que ce soit central mais on peut l'évoquer rapidement

On définit le débit binaire comme étant le nombre de bits transportés par unité de temps.

$$D = \frac{N}{\Delta t} \quad (6)$$

L'unité est donc le bit/s ou les multiples de cela.

Ordres de grandeur :

|                       |             |             |               |               |           |
|-----------------------|-------------|-------------|---------------|---------------|-----------|
| Canal de transmission | 4G          | Wifi        | Câble coaxial | Fibre optique | Bluetooth |
| Type de transmission  | libre       | libre       | guidé         | guidé         | libre     |
| Débit moyen           | 100 Mbits/s | 350 Mbits/s | 1 Gbit/s      | 8 Gbit/s      | 2 Mbits/s |

**Figure 14** – Ordre de grandeur des débits, source : [https://spcl.ac-montpellier.fr/moodle/pluginfile.php/10300/mod\\_resource/content/0/ONDES\\_FS14\\_Transmission.pdf](https://spcl.ac-montpellier.fr/moodle/pluginfile.php/10300/mod_resource/content/0/ONDES_FS14_Transmission.pdf)

**Remarque** – il peut être intéressant de parler des types de transmission guidée et libre. Ça peut faire l'objet d'une partie à part entière (on fait la transition avec les ordres de grandeur). C'est très bien présenté dans : [https://spcl.ac-montpellier.fr/moodle/pluginfile.php/10300/mod\\_resource/content/0/ONDES\\_FS14\\_Transmission.pdf](https://spcl.ac-montpellier.fr/moodle/pluginfile.php/10300/mod_resource/content/0/ONDES_FS14_Transmission.pdf)

Très bien, maintenant nous avons réussi à enregistrer notre photographie sur l'ordinateur. Comment peut-on le stocker pour que ce soit pérenne. Quelles sont les formes de stockage et quelles sont les méthodes.

## 3 Stockage de l'information par CD

De tout temps, le stockage des informations, données, chiffres ont été une problématique de nos sociétés. Depuis les plaques de pierre, par les parchemins, les livres puis les CD et maintenant le cloud tout a beaucoup évolué et les technologies ont pas mal changé. L'objectif restant le même un stockage pérenne.

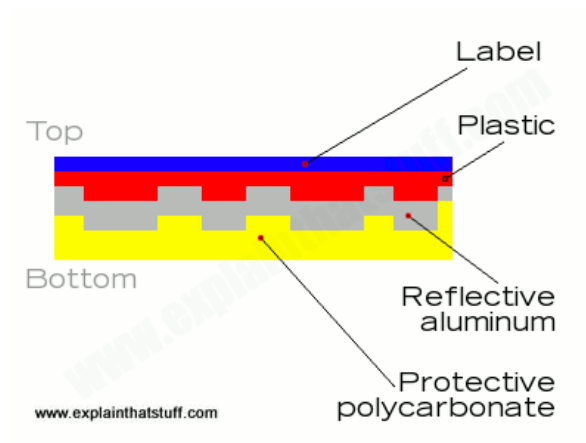
### 1 Appareillage

On va s'intéresser au disque compact que vous connaissez mieux sous le nom de CD. C'est une technologie qui est de moins en moins utilisée néanmoins elle reste particulièrement intéressante à étudier. Apparue dans les années 1980, cela marque un réel tournant dans les médias et la vie de tous les jours. C'est enfin la possibilité de stocker beaucoup d'informations dans des objets de petite taille. En effet, les premiers disques permettaient de stocker 700 Mo (à mettre en perspective avec les cassettes, disquettes et autres joyeusetés) et maintenant les Blue-Ray peuvent stocker des dizaines de Go. De quoi est fait un disque ?

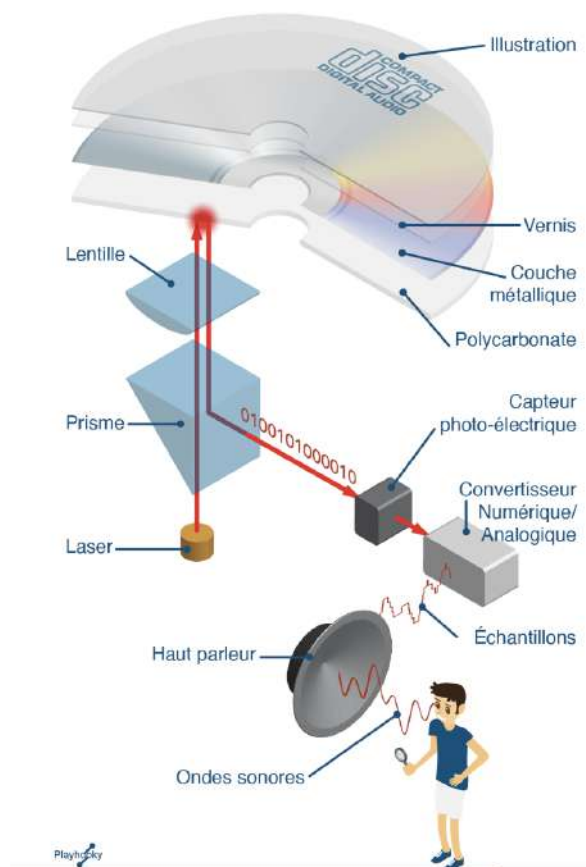
**Remarque** – Un CD est un objet technique très complexe qui présente plus d'une vingtaine de couche. L'objectif n'est pas de décrire chacune de celles-ci mais d'avoir une vue du principe.

La partie qui nous intéresse tout particulièrement ici est la partie réfléchissante en aluminium. La couche de polycarbonate sert juste à la protéger. C'est une couche transparente à la lumière visible. Le montage de lecture est le suivant :

Le principe est le suivant, à la surface du disque, il est gravé des creux et des plats. Un laser passe dessus et cela permet de lire la piste. Nous allons voir ça plus en détail.



**Figure 15** – Composition d'un CD

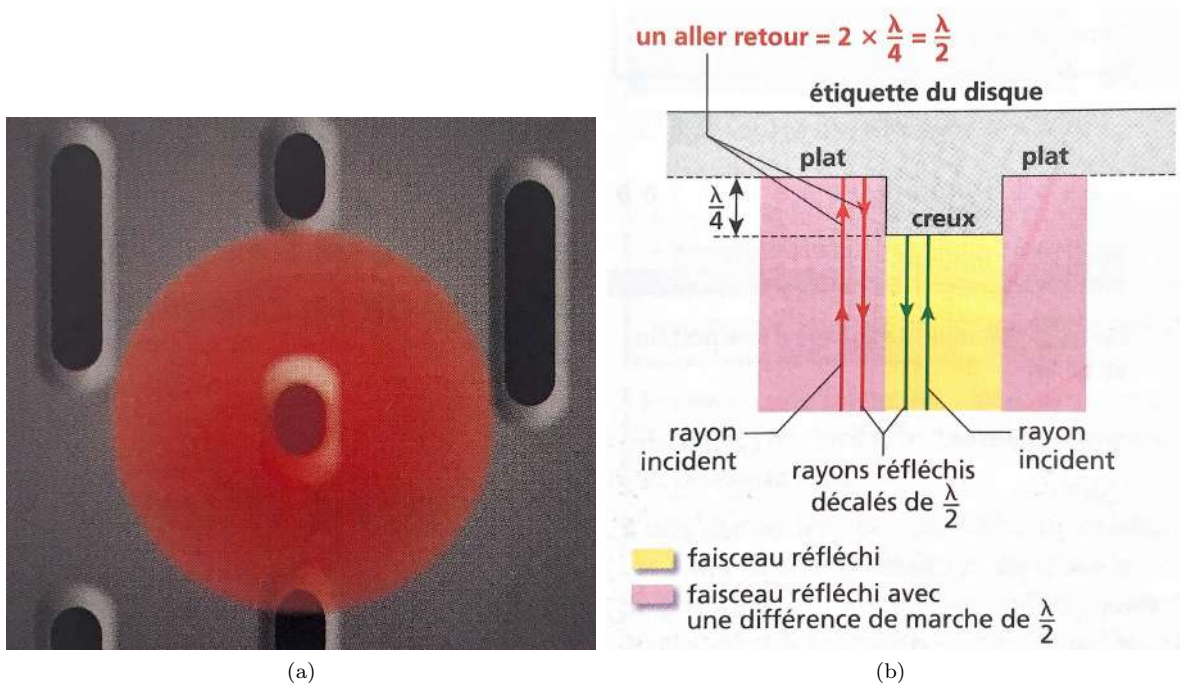


**Figure 16** – Lecture d'un CD, source : <https://www.playhooky.fr/focus/cd/>

## 2 Principe de fonctionnement

L'information sur le CD est stockée sous la forme d'une série de creux et de plats. Le faisceau laser est réfléchi par le CD et frappe la photodiode. Au niveau de la photodiode, deux cas peuvent apparaître :

- le faisceau frappe un plat : on observe un maximum d'intensité lumineuse. La tension électrique est donc haute, associée à la valeur 1.
- le faisceau frappe un creux : une partie de la lumière est réfléchie par le creux et l'autre par le plat, les deux ondes vont alors pouvoir interférer. La profondeur du creux est exactement  $\lambda/4$  comme ça le décalage sur l'allé-retour est de  $\lambda/2$  ce qui correspond à une interférence destructive. Il y a alors un minimum d'intensité lumineuse. La tension électrique est faible dans ce cas, associée à la valeur 0.



**Figure 17** – Principe de fonctionnement d'un disque optique, source : Microméga p.535.

## 3 Capacité du disque

On voit assez rapidement que certains paramètres peuvent être très importants. On peut augmenter les capacités de stockage en rapprochant les cuvettes, néanmoins il n'est pas possible de rapprocher indéfiniment à cause des faisceaux qui ne sont pas infiniment fins. Il y a un risque de diffraction alors d'autant plus grand. Plus la longueur d'onde est petite plus ce problème est faible d'où le passage au blue-ray. On peut également diminuer l'écart entre deux pistes mais pareil, il faut faire attention aux overlaps. Toutes les informations chiffrées nécessaires pour discuter des capacités des différents types de disque peuvent être trouvées dans ce lien : <https://www.playhooky.fr/focus/cd/>.

**Remarque** — On a une manipulation pour déterminer le pas d'un CD et du coup déterminer sa capacité de stockage. Voir [http://perso.ens-lyon.fr/naia.corbineau/naia/fichiers/LP17\\_](http://perso.ens-lyon.fr/naia.corbineau/naia/fichiers/LP17_)

## Conclusion

En conclusion dans cette leçon nous avons vu beaucoup de choses. Important de se souvenir de la chaîne de transmission. Un point également central est l'utilisation de l'optique dans le stockage de l'information. Ouverture sur le cloud et les limites écologiques (c'est sympa mais ça consomme beaucoup) par exemple.