

ACH14 NUMÉRISATION, TRANSMISSION ET STOCKAGE DE L'INFORMATION

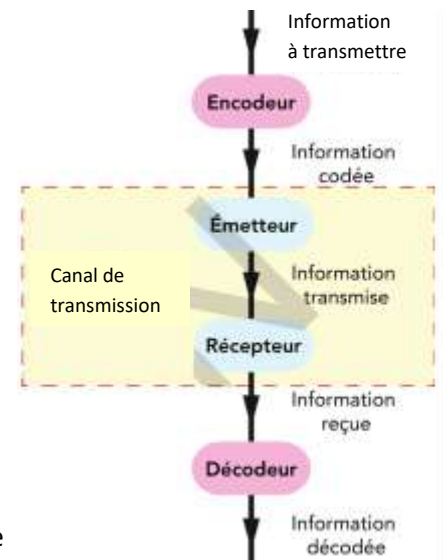
AD 14.1

Une chaîne de transmission d'informations est un ensemble d'éléments permettant de transférer de l'information (son, image, écrit . . .) 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.

Suivant le milieu de transmission, les signaux vecteurs de l'information peuvent être de différentes natures :

- dans l'atmosphère : sons, ultrasons, ondes EM
- dans les câbles électriques : courants, tensions
- dans les fibres optiques : ondes EM

Aujourd'hui, la plupart des signaux sont transmis sous forme numérique de manière à améliorer la qualité du transport et le stockage. Il est donc nécessaire de numériser les signaux analogiques en signaux numériques avant de les transporter.



1. NUMÉRISATION D'UN SIGNAL :

ATP 14.2

Animation 1

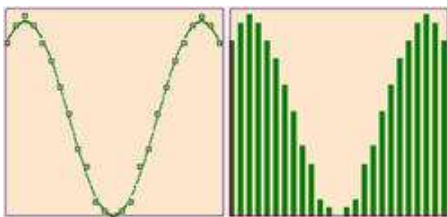
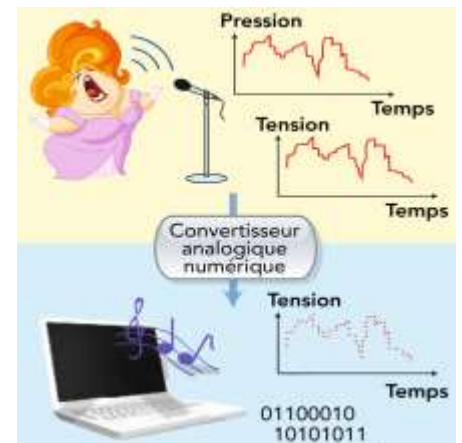
1.1. Signal analogique et signal numérique :

Le monde qui nous entoure est décrit par des grandeurs analogiques qui varient de manière continue en fonction du temps. Exemples : intensité de la voix, pression atmosphérique, température de l'océan . . .

Pour être transmises sous forme d'informations, ces grandeurs sont converties en signaux électriques par des capteurs (ex : microphone, pressiomètre, thermomètre . . .).

Si le signal électrique varie de manière analogue à la source et continuellement en fonction du temps, il est dit analogique. S'il varie de manière discontinue par paliers il est dit numérique.

Un signal analogique peut être converti en signal numérique grâce à un **convertisseur analogique numérique (CAN)** qui transforme l'amplitude continue d'un signal analogique en langage binaire (succession de 1 et de 0).



Une courbe représentant un signal analogique à gauche, et son homologue numérique, à droite. © L'Internaute magazine

"Malgré une numérisation de qualité, un signal numérique est moins riche qu'un signal analogique"

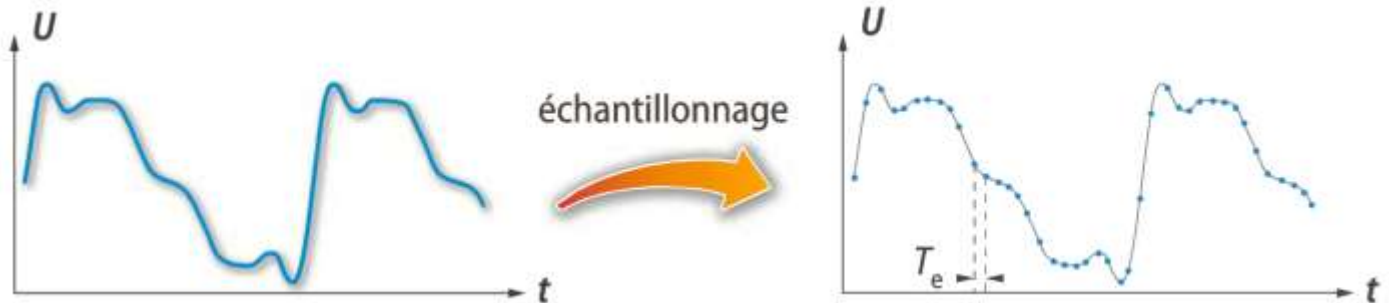
Exemple : On peut aussi imaginer une personne dansant en plein soleil : celui-ci diffuse une lumière continue et tous les mouvements du danseur peuvent être perçus. C'est l'analogique. Maintenant imaginons ce même danseur sous une lumière stroboscopique : celui-ci n'éclaire le danseur que par à-coups, et le mouvement n'est pas perçu de façon continue. C'est le numérique. Il faut donc que le stroboscope éclaire le danseur à une fréquence très élevée, afin qu'on ne distingue pas vraiment de différence avec l'éclairage par le soleil. Et c'est aujourd'hui ce qu'offre le numérique.

1.2. Convertisseur analogique numérique (CAN) : Animation 2

La numérisation d'un signal analogique se fait par un CAN en deux étapes : l'échantillonnage et la quantification.

☐ L'échantillonnage :

Le signal analogique est dans un premier temps « découpé » à intervalle de temps régulier T_e appelé **période d'échantillonnage** :



La fréquence d'échantillonnage $f_e (=1/T_e)$ doit être suffisamment grande par rapport à la fréquence du signal analogique pour que l'échantillonnage soit satisfaisant (critère de Shannon : $f_e > 2 \times f_{\text{signal}}$).

☐ La quantification : Animation 3 et 4

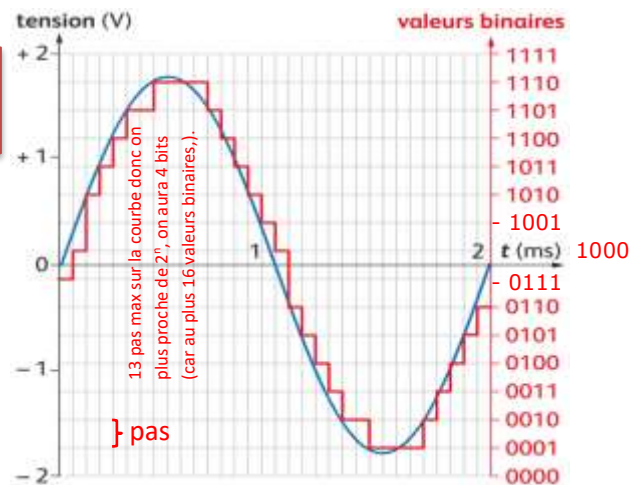
La quantification consiste à associer à chaque valeur de la tension retenue après échantillonnage un nombre binaire constitué de 0 et de 1 :

Un bit est la plus petite unité d'information numérique. Il ne peut prendre que deux valeurs : 0 ou 1

La quantité de nombres binaires possibles, appelée résolution, est limitée. La quantification consiste donc à approximer les valeurs des échantillons.

Exemples :

- avec une quantification à 4 bits, le nombre de niveaux possible est égal à $2^4 = 16$ (0000 ; 0001 ; 0010 ; 0011 ; 0100 ; 0101 ; 0110 ; 0111 ; 1000 ; 1001 ; 1010 ; 1011 ; 1100 ; 1101 ; 1110 ; 1111)
- avec une quantification à n bits, la résolution est égale à 2^n



Quantification d'un signal analogique sur 4 bits

Animation 5

Plus la résolution est grande, plus le pas de quantification p (intervalle de tension entre deux valeurs numériques binaires successives) est petit et meilleure est la quantification.

Chaque valeur de tension retenue par l'échantillonnage est quantifiée en un nombre binaire comportant un nombre identique de bits. L'ensemble de ces nombres mis bout à bout constitue le signal numérique.

EXERCICES : n°3, 9, 10, 11, 12, 13, 14 p528/529

2. TRANSMISSION DES INFORMATIONS :

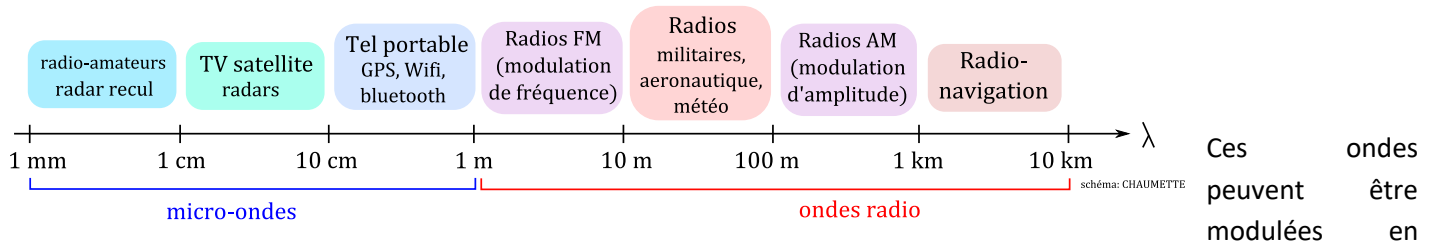
AD 14.3

2.1. Les différents canaux de transmission :

Le signal émis par une source se propage vers un ou plusieurs destinataires via un canal de transmission. Suivant le type de canal, la transmission peut être libre, c'est-à-dire émise dans toutes les directions par des ondes électromagnétiques, ou bien guidée dans des câbles électriques ou des fibres optiques.

Transmission libre :

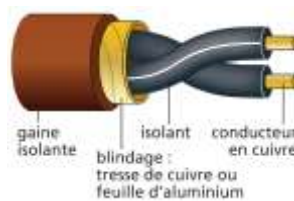
Les ondes électromagnétiques de longueurs d'onde comprises entre 10^{-3} m et 10^4 m, appelées ondes hertziennes, peuvent se propager dans toutes les directions de l'espace sur de longues distances :



amplitude ou en fréquence et transporter ainsi de l'information vers des antennes réceptrices. Ce mode de transmission présente l'avantage de permettre au récepteur d'être mobile mais l'inconvénient d'être sensible aux champs électromagnétiques extérieurs.

Transmission guidée par un câble :

Les câbles conducteurs sont utilisés pour transmettre des informations sous forme de signaux électriques. Ce mode de transmission, facile et peu coûteux à installer, ne peut être utilisé que sur courte distance car les signaux y sont fortement atténués :



Câble torsadé



Câble coaxial

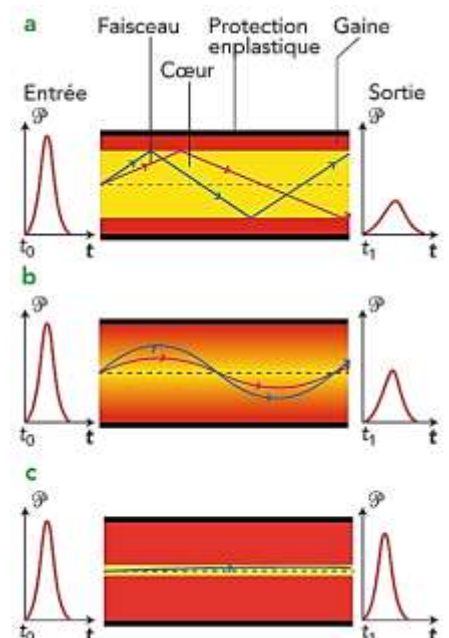
Transmission guidée par fibre optique :

Les informations peuvent également être transmises sous forme d'onde électromagnétiques visibles et IR dans des fibres optiques. Elles se composent d'un cœur et d'une gaine d'indice optique plus faible qui permet à la lumière d'être piégée par réflexions totales successives.

Dans une fibre, le nombre de chemins possibles pour la lumière est limité par le phénomène d'interférence. Seuls certains chemins correspondant à des interférences constructives peuvent être utilisés : on les appelle « modes de propagation » de la fibre.

Dans les fibres multimodales (doc. a et b), des radiations émises simultanément peuvent avoir des trajets (modes) différents et donc des durées de parcours différentes. Le signal en sortie est dégradé par rapport au signal d'entrée car il s'étale dans le temps. Il doit donc être traité.

Dans les fibres monomodales (doc. c), l'étalement dans le temps du signal de sortie est plus faible et elles peuvent donc être utilisées sur de longues distances (réseaux sous-marins).



Avec ce mode de transmission, les signaux sont très peu atténués mais le coût est important.

2.2. Qualité d'une transmission :

En dehors des perturbations extérieures (appelées « bruits » ou « parasites »), la qualité d'une transmission dépend de l'**atténuation** du signal et du **débit binaire** :

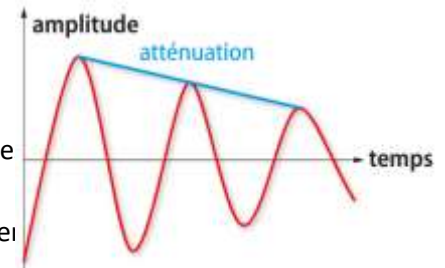
Atténuation du signal :

Lors de sa propagation, tout signal est atténué (à cause des phénomènes d'absorption et de diffusion) et voit son amplitude diminuer.

On peut évaluer cette atténuation A grâce aux puissances P_e et P_s du signal en entrée et en sortie :

$$A = 10 \cdot \text{Log} \left(\frac{P_e}{P_s} \right)$$

A s'exprime en dB
 P_e et P_s s'expriment en watt



On définit le **coefficient d'atténuation** α d'un câble ou d'une fibre optique en fonction de sa longueur L et de l'atténuation A du signal entre l'entrée et la sortie :

$$\alpha = \frac{A}{L} = \frac{10}{L} \cdot \log \left(\frac{P_e}{P_s} \right)$$

α s'exprime en dB.m⁻¹
 A s'exprime en dB
 L s'exprime en mètre
 P_e et P_s s'expriment en watt

Débit binaire :

Le débit binaire D caractérise la vitesse de transmission d'un signal dans un canal de transmission. Il s'agit du nombre de bits (c'est-à-dire de 0 ou de 1) pouvant être transmis par unité de temps :

Si un canal transmet n bits pendant une durée Δt , le débit binaire D se définit par :

D s'exprime en bit.s⁻¹ et Δt s'exprime seconde.

$$D = \frac{n}{\Delta t}$$

Remarque :

Le débit binaire minimal d'une transmission s'exprime en fonction de la période d'échantillonnage T_e et du nombre de bits k utilisés pour la numérisation : $D_{\min} = k / T_e$ (ou $D_{\min} = k \cdot f_e$)

EXERCICES : Lire « préparer bac » p518/533 puis n°7, 10, 15, 23, 24, 25, 27 p513/517 ; n°17, 19, 20, 21, 22 p530/531

3. LES IMAGES NUMÉRIQUES :

ATP 14.4

3.1. Pixellisation :

Animation 6

Dans un appareil photo numérique, les capteurs utilisés sont de petites cellules photoélectriques placées en quadrillage :

Cette méthode de capture de l'image implique un échantillonnage spatial et un codage en petits morceaux appelés pixels (**picture elements**).

La pixellisation est le fait de convertir une image en pixels.
 Le pixel, en abrégé px, est une portion de surface élémentaire permettant d'échantillonner spatialement une image.

La définition de l'image correspond au nombre de pixels qu'elle contient (« nombre de pixels en largeur » × « nombre de pixel en hauteur »).

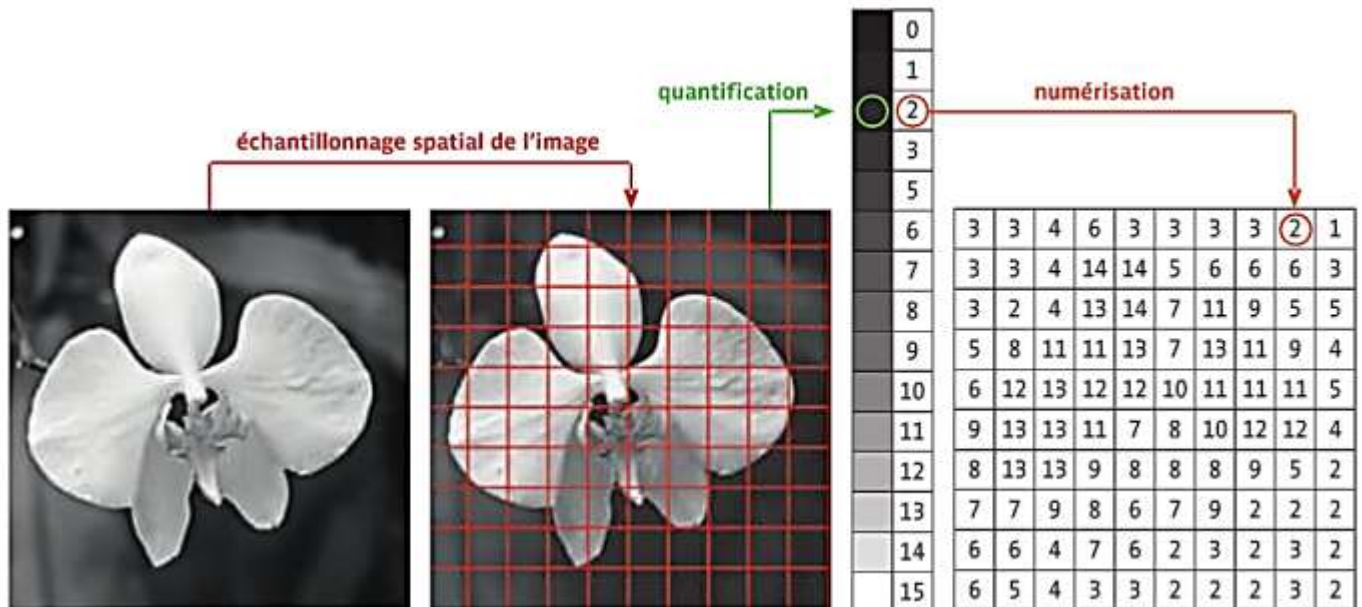
Capteur CCD



3.2. Principe du codage d'une image :

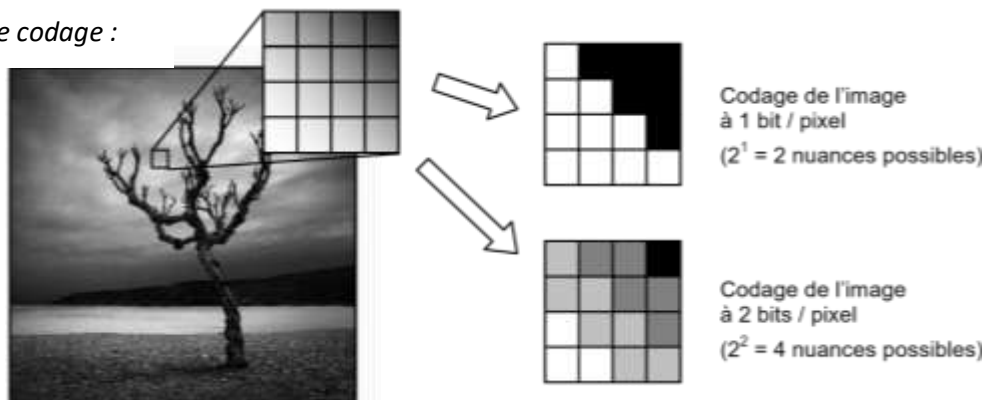
Dans chaque cellule d'un capteur CCD, l'intensité lumineuse (grandeur analogique) est convertie sous forme de tension électrique. Celle-ci est ensuite quantifiée puis numérisée : à chaque valeur d'intensité lumineuse correspond un niveau de gris codé numériquement, sachant que la valeur « 0 » par défaut est le noir !

Exemple : un codage sur 4 bit permet de coder l'intensité lumineuse sur $2^4 = 16$ niveaux de gris :



La valeur numérique codant l'intensité lumineuse et la position du pixel sont stockées dans la mémoire de l'appareil photo. L'image est ensuite reconstruite par l'ordinateur à partir des données collectées et numérisées.

Deux autres exemples de codage :

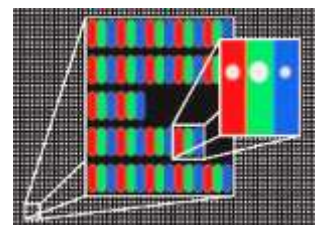


3.3. Codage RVB : Animation 7

De la même façon que pour l'image en noir et blanc, lors de la capture d'une image, on récupère l'intensité lumineuse des trois couleurs primaires lumières grâce à des cellules photoélectriques sensibles à l'une des trois couleurs et disposées régulièrement sur la matrice du capteur.

Chaque pixel d'un écran est composé de trois sous-pixels se comportant comme des sources lumineuses : une rouge, une verte et une bleue.

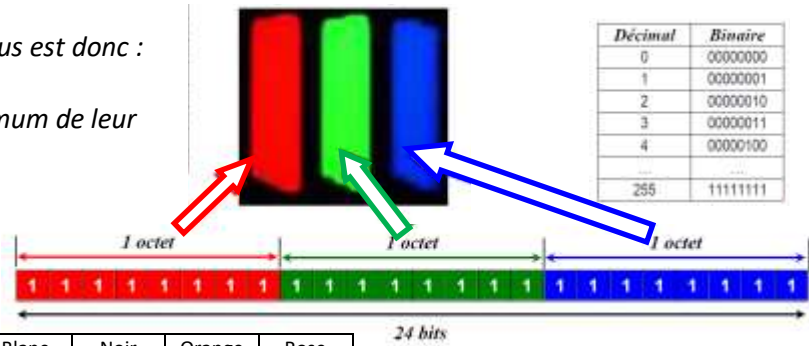
La superposition de ces trois couleurs émises par des sources de lumière d'intensités variables permet de recréer toutes les autres couleurs et ceci pour tous les pixels présents sur l'écran. Chaque cellule reçoit donc une information dédiée.



Dans le codage RVB des couleurs, chaque pixel est codé par trois nombres binaires (octet) correspondant chacun à une nuance de Rouge, de Vert et de Bleu. Un octet pouvant prendre $2^8 = 256$ valeurs différentes, chaque pixel peut prendre $2^8 \times 2^8 \times 2^8 = 16\,777\,219$ couleurs différentes.
En codage RVB, une nuance de gris s'obtient avec trois valeurs identiques pour les trois couleurs primaires.

Le code RVB du pixel en exemple ci-dessus est donc : **R255 V255 B255**.

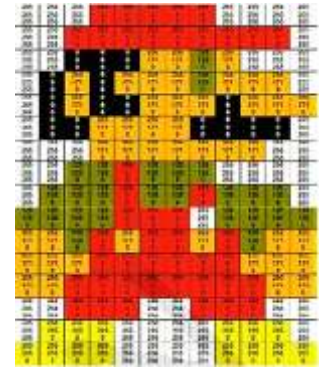
Les trois cellules sont allumées au maximum de leur intensité.



Couleur du pixel	Rouge	Vert	Bleu	Blanc	Noir	Orange	Rose
Codage R	255	0	0	255	0	255	255
V	0	255	0	255	0	127	127
B	0	0	255	255	0	0	255

Une image numérique est donc codée par un tableau de nombres (voir image ci-contre) :

EXERCICES : n°5, 18, 24 p542/546



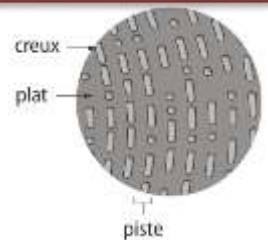
4. STOCKAGE OPTIQUE DE L'INFORMATION :

4.1. Principe du stockage et de la lecture d'information : Animation 8

AD 14.5

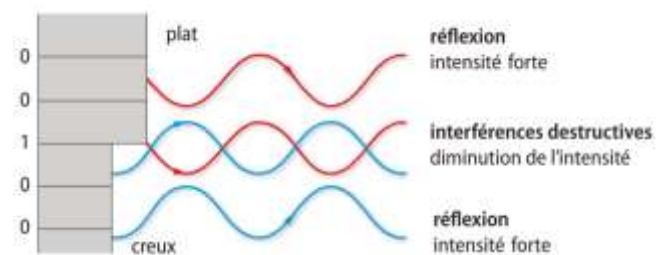
On appelle stockage optique la technologie consistant à écrire et à lire des informations en utilisant des phénomènes optiques.

Les disques optiques (CD, DVD, Blu-ray) contiennent de l'information numérique stockée sous forme d'une succession de creux et de plats disposés sur une piste métallique en spirale :

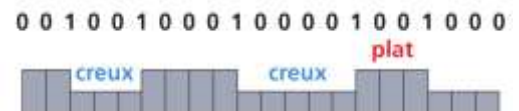


Pour lire l'information, un faisceau laser est concentré sur le disque et parcourt la piste réfléchissante :

- lorsque le faisceau laser parcourt un creux ou un plat, le faisceau laser est réfléchi avec une intensité constante
- lorsque le faisceau passe d'un creux à un plat (et inversement), le faisceau réfléchi par le creux et celui réfléchi par le plat sont en opposition de phase et interfèrent de manière destructive provoquant une diminution de l'intensité lumineuse



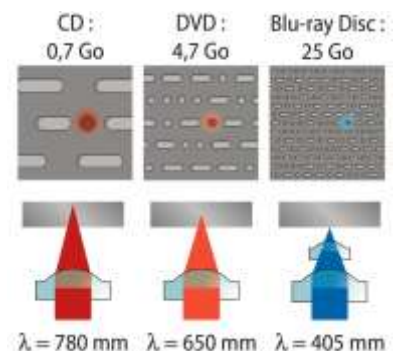
La variation de l'intensité lumineuse est codée en langage binaire par le lecteur de disque : une intensité maximale est codée par un « 0 », une diminution d'intensité est codée par un « 1 » :



4.2. Capacité de stockage :

La capacité de stockage est la quantité d'informations (donc de successions de creux/bosses) que peut contenir le disque optique.

Pour augmenter la capacité de stockage, il faut donc que les inscriptions sur les pistes soient plus fines et plus rapprochées. La concentration du laser étant limitée par la diffraction engendrée par les bords de la lentille convergente, il est nécessaire alors d'utiliser un laser de plus petite longueur d'onde (cf. chapitre OCH2 : $\theta = \lambda/a$).



La capacité de stockage d'un disque optique est limitée par le phénomène de la diffraction.

EXERCICES : n°9, 11, 16, 23, 25 p543/547