

Traitement de l'information

Compétences

- Reconnaître des signaux de nature analogique et des signaux de nature numérique.
- Associer un tableau de nombres à une image numérique.
- Caractéristique d'une image numérique : pixellisation, codage RVB et niveaux de gris

Compétences expérimentales

- Mettre en oeuvre un protocole expérimental utilisant un échantillonneur-bloqueur et/ou un convertisseur analogique numérique (CAN) pour étudier l'influence des différents paramètres sur la numérisation d'un signal (d'origine sonore par exemple)
- Mettre en oeuvre un protocole expérimental utilisant un capteur (caméra ou appareil photo numériques par exemple) pour étudier un phénomène optique

Plan

1- Numérisation

- 1.1- Signaux analogiques et numériques
- 1.2- De l'analogique au numérique
- 1.3- Fichier numérique

2- Images numériques

- 2.1- qu'est-ce qu'une image numérique?
- 2.2- Définition d'une image
- 2.3- Résolution d'une image
- 2.4- La couleur d'une image
- 2.5- Taille d'une image numérique

3- Stockage optique

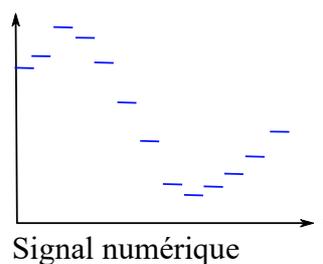
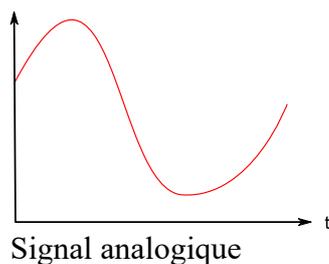
- 3.1- structure d'un disque optique
- 3.2- Principe du codage d'un CD
- 3.3- capacité d'un CD

1- Numérisation

1.1- Signaux analogiques et numériques

Un signal analogique est un signal continu dans le temps.
Exemple : son, onde électromagnétique

Un signal numérique (ou discret) est un signal discontinu dans le temps
Exemple : image prise par un appareil photo numérique, signal gravé sur un DVD ou un CD...

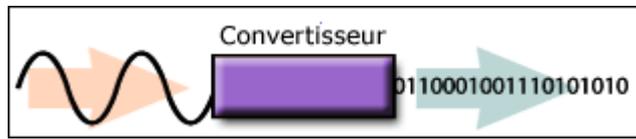


1.2- De l'analogique au numérique

Pourquoi utilise-t-on des signaux numériques plutôt qu'analogiques ?
Pour les stocker (ordinateur), pour les traiter, pour les transmettre. Il y a moins de pertes au niveau de la transmission, plus fiable. Il peut être encodé afin de détecter les pertes de signal. Il peut être compressé... Il faut donc numériser (ou discrétiser) le signal. C'est le rôle du CAN (convertisseur analogique numérique) qui suit le capteur.

Le capteur est un système qui convertit une perturbation en un signal électrique.
Exemple : capteur de température, de pression, de son, de lumière...

Le signal électrique est alors converti en signal numérique grâce à un CAN.

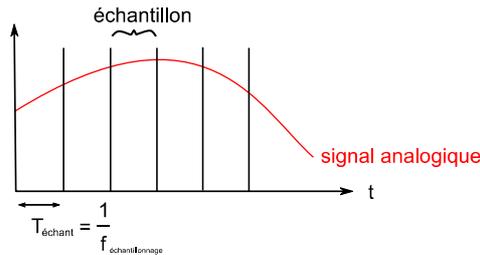


La numérisation est d'autant meilleure que le signal numérique se rapproche du signal analogique initial.

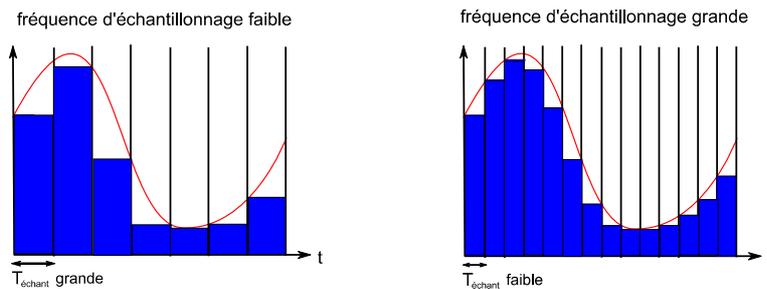
Cependant, la numérisation provoque la dégradation du signal. Pour la minimiser tout en restant efficace, plusieurs paramètres ont leur importance.

1.2.1- Échantillonnage

Pour numériser un signal, il faut le découper en **échantillons** (« samples » en anglais) de durée égale T_e . La **fréquence d'échantillonnage** correspond au nombre d'échantillons par seconde : $F_e = 1/T_e$



Plus la fréquence d'échantillonnage sera grande/petite, plus le nombre d'échantillons sera grand/petit, plus le signal numérique sera proche/éloigné du signal analogique et donc meilleure sera la numérisation :



L'échantillonnage peut-être automatique ou bien défini par l'utilisateur en fonction de ses contraintes (précision, taille...)

Le **théorème de Shannon** indique que si le signal analogique $s(t)$ est périodique sinusoïdal de fréquence f , la fréquence d'échantillonnage f_e doit vérifier

1.2.2- Quantification

Lors de la numérisation, il faut également discrétiser les **valeurs de l'amplitude du signal**. C'est à dire attribuer une valeur à chaque point donné par l'échantillonnage.

Pour cela : il faut connaître l'amplitude du signal ($S_{max}-S_{min}$) et le nombre de valeurs que l'on veut.

Exemple :

Signal original	signal codé sur 2 valeurs	Signal codé sur 4 valeurs

Le calibre définit l'intervalle des valeurs mesurables de la tension analogique à numériser. Cet intervalle est la plage de mesure. Le pas du convertisseur dépend de la plage de mesure et du nombre de valeurs voulues:

pas =

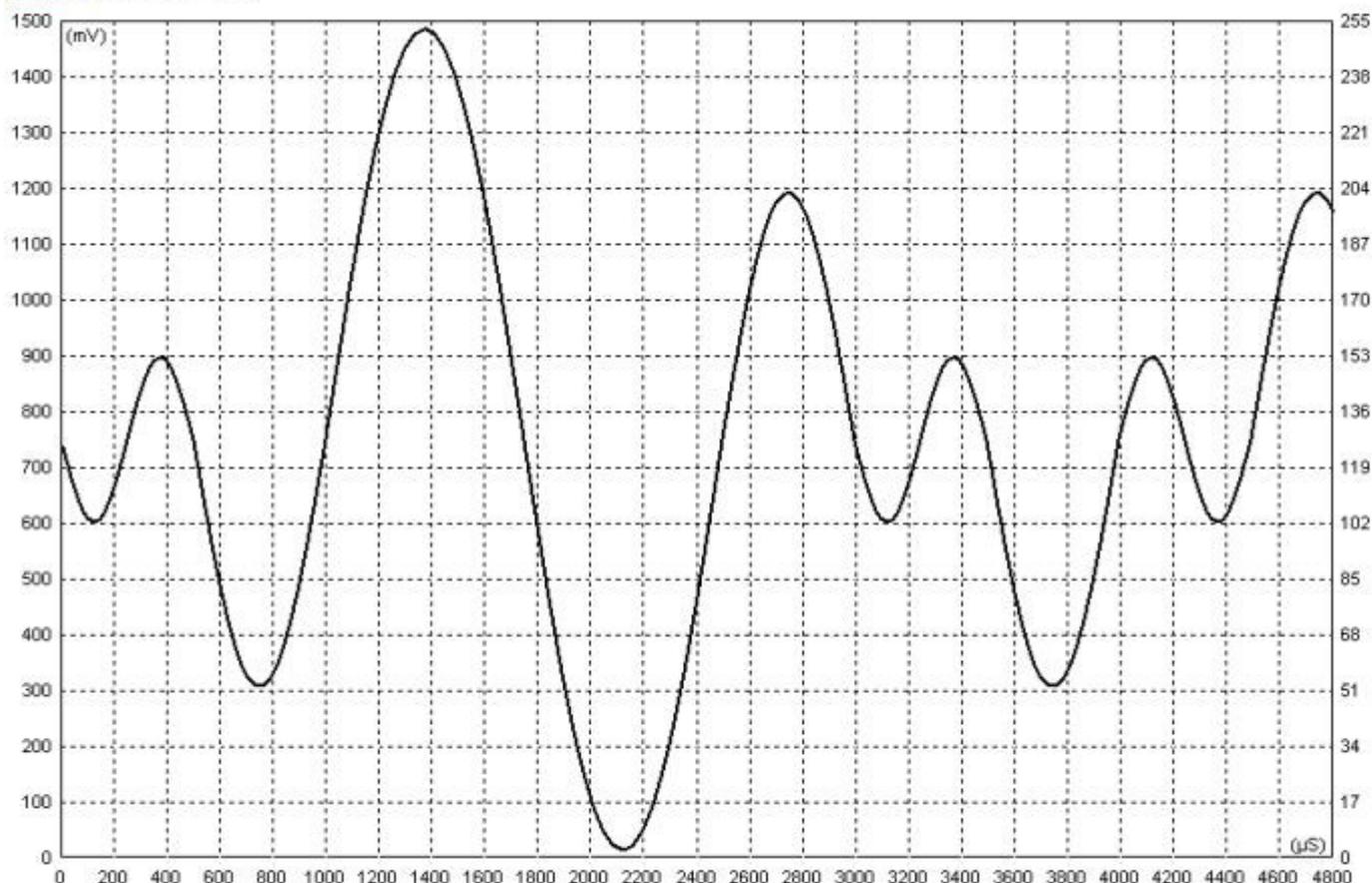
où s_{\min} et s_{\max} : valeur minimale et maximale du signal

Exercice d'application

Voici un signal que l'on souhaite échantillonner à une fréquence de 2500Hz, et que l'on veut quantifier sur 10 valeurs.

- 1- Déterminer la période d'échantillonnage, et indiquer sur le graphe les points à quantifier.
- 2- Quelle est l'amplitude du signal ?
- 3- Déterminer le pas de quantification.
- 4- Attribuer à chaque point, sa valeur de quantification.

Signal analogique :



Dans le cas ci-dessus, le signal analogique peut avoir une valeur quelconque (entre 0 et 1,5V) à un instant donné.

La quantification en octets.

Les valeurs issues de l'échantillonnage sont codées en binaire afin de pouvoir être stockées sur un ordinateur. On appelle **BIT** (BInary digiT) le plus petit élément d'information stockable par un ordinateur. Un bit ne peut prendre que deux valeurs (0 ou 1) correspondant à deux états possibles d'un élément de circuit électrique (tension présente ou absente aux bornes d'un dipôle). Un regroupement de 8 bits est appelé octet ou byte.

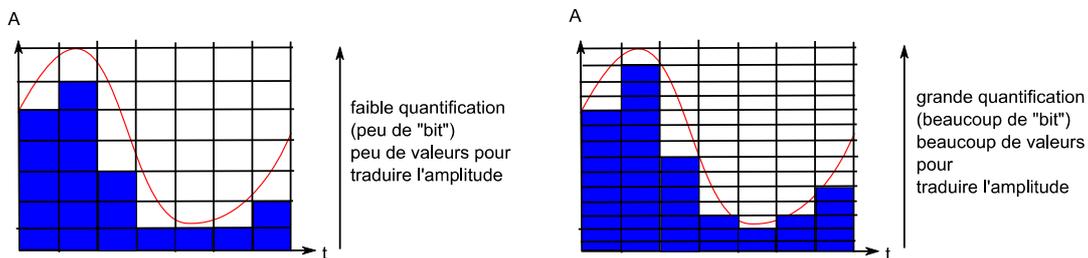
(cf TP – traitement de l'information)

Le pas du convertisseur dépend alors du nombre de bits N et de la plage de mesure :

$$\text{pas} = \frac{\text{plage de mesure}(s_{\max}-s_{\min})}{(2^N-1)}$$

où s_{\min} et s_{\max} : valeur minimale et maximale du signal et N : nb de bits

POUR RESUMER :



Plus la quantification est grande, plus l'amplitude du signal numérique sera proche de celle du signal analogique.

Ordres de grandeurs :

Type de support de sons	Quantification choisie
CD audio	16 bits
DVD	24 bits
Téléphonie	8 bits
Radio numérique	8 bits

http://igm.univ-mlv.fr/~dr/XPOSE2005/JavaSound_arinie/general/echantillonnage.html
animation numérisation (échantillonnage + quantification)

http://scphysiques.free.fr/TS/physiqueTS/simul_conversion-analogique-numerique.swf

1.3- Fichier numérique

Un fichier numérique est une succession de nombre binaire.

Chaque fichier numérique présente une entête. Les premiers octets indiquent le type de fichier (doc, mp3, txt, bmp, gif...), la taille du fichier, et éventuellement, la date etc. Viennent ensuite le type d'encodage et les palettes. Pour une image, l'entête précisera la résolution(ppp), le nombre de lignes, de colonnes, la compression etc.

2- Images numériques

Cf TP partie 2

2.1- qu'est-ce qu'une image numérique?

On désigne sous le terme d'image numérique toute image (dessin, icône, photographie ...) acquise, créée, traitée ou stockée sous forme binaire (suite de 0 et de 1). Pour acquérir des images numériques on utilise des dispositifs comme les scanners, les appareils photo les caméscopes numériques. On stocke l'image numérique sur un support informatique (disquette, disque dur, CD-ROM, clé USB...). Une image numérique est constituée de points lumineux appelés pixels. Chaque pixel est constitué de 3 sources lumineuses rouge verte bleue.

Les images numériques sont définies par :

- leur définition
- leur résolution.
- leur couleur (ou bien profondeur de l'image)

La qualité d'une image est déterminée par :

- le nombre total de pixels ("picture element")
- la quantité d'information contenue dans chaque pixel (souvent appelée profondeur de numérisation des couleurs).

2.2- Définition d'une image

La définition d'une image est définie par le nombre de points la composant. En image numérique, cela correspond au nombre de pixels qui compose l'image en hauteur (axe vertical) et en largeur (axe horizontal).

Exemple : une image possède 1024 pixels en largeur et 768 pixels en hauteur.
Sa définition est :

2.3- Résolution d'une image

Il ne faut pas confondre définition et résolution d'une image.

La résolution donne le nombre de pixels par unité de surface. En général, la résolution est identique en largeur et en longueur, si bien que l'on donne la résolution comme étant le nombre de pixel par unité de longueur. Plus la résolution sera élevée, plus le niveau de détails sera important.

En photo : le zoom optique permet d'augmenter la résolution de l'image obtenue, contrairement au zoom numérique.

Ex : 300 dpi signifie 300 Dots Per Inch (300 ppp - Points Par Pouce pour les irréductibles francophiles)

1 pouce = 2,54 cm

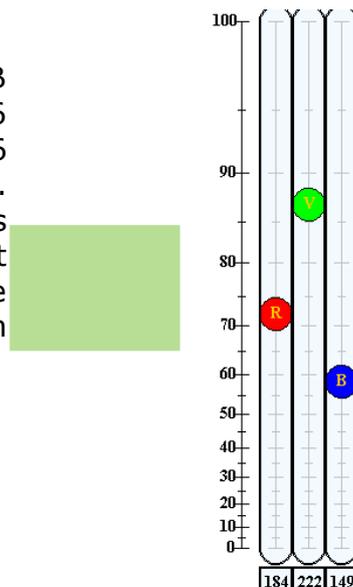
2.4- La couleur d'une image

Chaque pixel est codé soit avec un bit, soit un octet, soit 3 octets. On parle souvent de profondeur de l'image.

- dans le cas où le pixel est codé sur un bit : 2 choix possible 0 ou 1 pour chaque pixel. L'image est donc une image noire et blanc au sens propre du terme : soit noir (0) soit blanc (1)

- dans le cas où le pixel est codé sur un octet, il y a 256 niveaux possibles. On parle d'image en niveau de gris. La valeur 0 correspond au noir, la valeur 255 correspond au blanc. Ces niveaux de gris peuvent être affichés avec de fausses couleurs, mais cela ne change pas l'image en elle-même mais simplement sa visualisation.

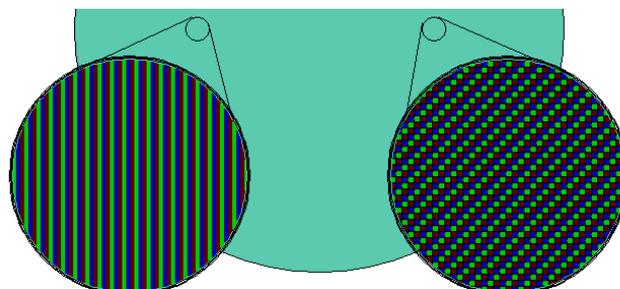
- dans le cas où le pixel est codé sur 3 octets, chaque composante RGB (RVB pour les irréductibles francophiles) est codée sur un octet soit 256 niveaux. Il y a donc 256 x 256 x 256 possibilités soit près de 16 millions de couleurs possible (bien plus que l'œil ne peut distinguer). Comme la différence de nuance entre deux couleurs très proches mais différentes dans ce mode de représentation est quasiment imperceptible pour l'œil humain, on considère commodément que ce système permet une restitution exacte des couleurs, c'est pourquoi on parle de « couleurs vraies ».



[l'animation de M. Gastebois](#)

ou bien http://www.ostralo.net/3_animations/swf/couleurs_ecran.swf

R	V	B	Couleur
0	0	0	Noir
0	0	1	nuance de noir
255	0	0	Rouge
0	255	0	Vert
0	0	255	Bleu
128	128	128	Gris
255	255	255	Blanc



2.5- Taille d'une image numérique

La taille d'une image est égale au produit de sa définition par le nombre d'octets par pixel.

Taille = (nombre d'octet par pixels) x (définition)

Exemple: une image 640x480 codée sur 24 bits (3 octets par pixel) à pour taille:

taille = 640x480x3 = 921 600 octets.

Les unités du bureau international des poids et mesures (BIMP www.bimp.org)

<http://www.bipm.org/fr/publications/si-brochure/chapter3.html>

on trouvera l'information suivante permettant de distinguer les unités du système international et celles usuelles en informatique :

" Les préfixes SI représentent strictement des puissances de 10. Ils ne doivent pas être utilisés pour exprimer des puissances de 2 (par exemple, un kilobit représente 1000 bits et non 1024 bits). Les préfixes adoptés par la CEI pour les [puissances binaires](#) sont publiés dans la norme internationale CEI 60027-2 : 2005, 3^e édition, *Symboles littéraux à utiliser en électrotechnique – Partie 2 : Télécommunications et électronique*. Les noms et symboles des préfixes correspondant à 2^{10} , 2^{20} , 2^{30} , 2^{40} , 2^{50} , et 2^{60} sont, respectivement : kibi, Ki ; mébi, Mi ; gibi, Gi ; tébi, Ti ; pébi, Pi ; et exbi, Ei. Ainsi, par exemple, un kibioctet s'écrit : 1 KiB = 2^{10} B = 1024 B, où B désigne l'octet. Bien que ces préfixes n'appartiennent pas au SI, ils doivent être utilisés en informatique afin d'éviter un usage incorrect des préfixes SI. "

on trouve également la dénomination kio pour kibioctet ou lieu de KiB pour KiloByte, mais cela correspond à la même chose.

La normalisation des [préfixes binaires](#) de 1998 par la [Commission électrotechnique internationale](#) spécifie les préfixes suivants pour représenter les puissances de 2 :

- kibi pour « **kilo binaire** » ;
- mébi pour « **méga binaire** » ;
- gibi pour « **giga binaire** » ;
- tébi pour « **téra binaire** » ;
- et ainsi de suite.

Unités d'octets v - d - m						
Ordre de grandeur	Système international (SI)			Préfixes binaires		
	Unité	Notation	Valeur	Unité	Notation	Valeur
1	octet	o	1 octet	octet	o	1 octet
10 ³	kiloctet	ko	10 ³ octets	kibioctet	Kio	2 ¹⁰ octets
10 ⁶	mégaoctet	Mo	10 ⁶ octets	mébioctet	Mio	2 ²⁰ octets
10 ⁹	gigaoctet	Go	10 ⁹ octets	gibioctet	Gio	2 ³⁰ octets
10 ¹²	téraoctet	To	10 ¹² octets	tébioctet	Tio	2 ⁴⁰ octets
10 ¹⁵	pétaoctet	Po	10 ¹⁵ octets	pébioctet	Pio	2 ⁵⁰ octets
10 ¹⁸	exaoctet	Eo	10 ¹⁸ octets	exbioctet	Eio	2 ⁶⁰ octets
10 ²¹	zettaoctet	Zo	10 ²¹ octets	zébioctet	Zio	2 ⁷⁰ octets
10 ²⁴	yottaoctet	Yo	10 ²⁴ octets	yobioctet	Yio	2 ⁸⁰ octets

La puissance de 2 définit les possibilités d'adressage (2 zones mémoire admissibles par bit), équivalentes à 0 ou 1 pour un bit. 2¹⁰ octets = 1 024 zones adressables pour 10 bits.

Concernant les multiples de l'octet, cela donne :

$$1 \text{ kibioctet (kio)} = 2^{10} \text{ octets} = 1\,024 \text{ octets}$$

$$1 \text{ mébioctet (Mio)} = 2^{20} \text{ octets} = 1\,024 \text{ kio} = 1\,048\,576 \text{ octets}$$

$$1 \text{ gibioctet (Gio)} = 2^{30} \text{ octets} = 1\,024 \text{ Mio} = 1\,073\,741\,824 \text{ octets}$$

$$1 \text{ tébioctet (Tio)} = 2^{40} \text{ octets} = 1\,024 \text{ Gio} = 1\,099\,511\,627\,776 \text{ octets}$$

$$1 \text{ pébioctet (Pio)} = 2^{50} \text{ octets} = 1\,024 \text{ Tio} = 1\,125\,899\,906\,842\,624 \text{ octets}$$

$$1 \text{ exbioctet (Eio)} = 2^{60} \text{ octets} = 1\,024 \text{ Pio} = 1\,152\,921\,504\,606\,846\,976 \text{ octets}$$

$$1 \text{ zébioctet (Zio)} = 2^{70} \text{ octets} = 1\,024 \text{ Eio} = 1\,180\,591\,620\,717\,411\,303\,424 \text{ octets}$$

$$1 \text{ yobioctet (Yio)} = 2^{80} \text{ octets} = 1\,024 \text{ Zio} = 1\,208\,925\,819\,614\,629\,174\,706\,176 \text{ octets}$$

Les préfixes kilo, méga, giga, téra, etc. correspondent aux mêmes multiplicateurs que dans tous les autres domaines : des puissances de 10. Appliqué à l'informatique, cela donne :

$$1 \text{ kilooctet (ko)} = 10^3 \text{ octets} = 1\,000 \text{ octets}$$

$$1 \text{ mégaoctet (Mo)} = 10^6 \text{ octets} = 1\,000 \text{ ko} = 1\,000\,000 \text{ octets}$$

$$1 \text{ gigaoctet (Go)} = 10^9 \text{ octets} = 1\,000 \text{ Mo} = 1\,000\,000\,000 \text{ octets}$$

$$1 \text{ téraoctet (To)} = 10^{12} \text{ octets} = 1\,000 \text{ Go} = 1\,000\,000\,000\,000 \text{ octets}$$

$$1 \text{ pétaoctet (Po)} = 10^{15} \text{ octets} = 1\,000 \text{ To} = 1\,000\,000\,000\,000\,000 \text{ octets}$$

$$1 \text{ exaoctet (Eo)} = 10^{18} \text{ octets} = 1\,000 \text{ Po} = 1\,000\,000\,000\,000\,000\,000 \text{ octets}$$

$$1 \text{ zettaoctet (Zo)} = 10^{21} \text{ octets} = 1\,000 \text{ Eo} = 1\,000\,000\,000\,000\,000\,000\,000 \text{ octets}$$

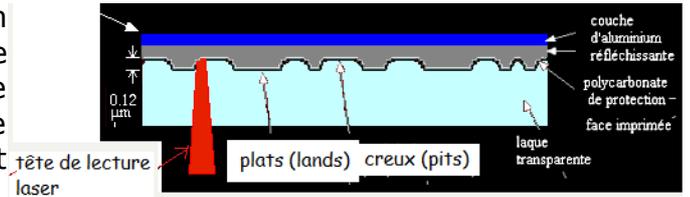
$$1 \text{ yottaoctet (Yo)} = 10^{24} \text{ octets} = 1\,000 \text{ Zo} = 1\,000\,000\,000\,000\,000\,000\,000\,000 \text{ octets}$$

Cela permet de connaître la quantité de bits (valeur 0 ou 1) contenus dans un [support de stockage](#)

3- Stockage optique

3.1- structure d'un disque optique

Sur un disque optique (CD, DVD, BD) l'information numérique est stockée par une succession de creux et de plats disposés sur une piste. La piste en spirale fait 5,7 km de long. La tête de lecture d'un disque optique est formée d'une diode laser et de surface réfléchissante.



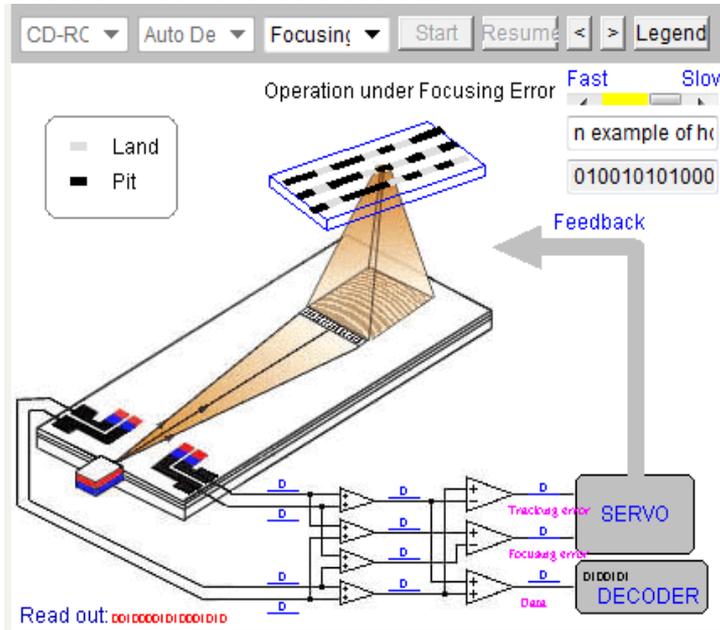
<http://www.cea.fr/jeunes/mediatheque/animations-flash/technologies/le-lecteur-cd>

3.2- Principe du codage d'un CD

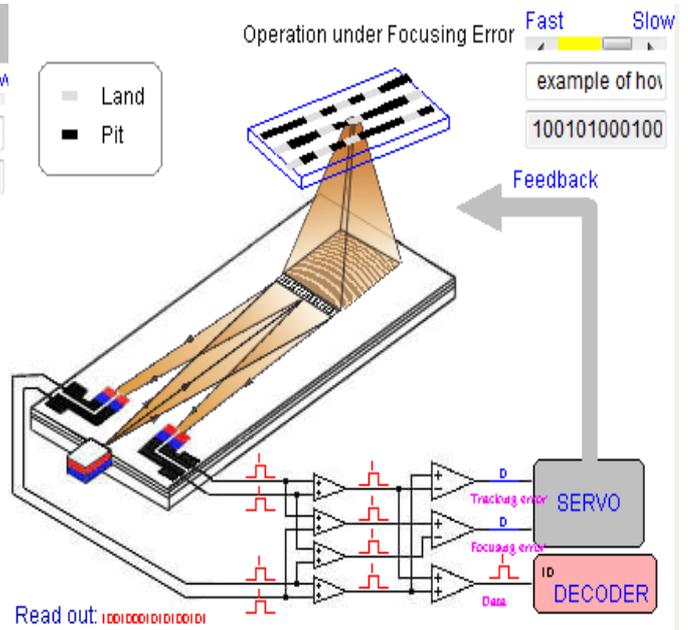
Animation: interférence constructive ou destructive suivant la position du laser. Déterminer comment est codée l'information sur un CD en cliquant sur l'image suivante.

<http://www.ta-formation.com/applets/cdrom-lect/cdrom-lect.htm>

Cas de l'interférence destructive:



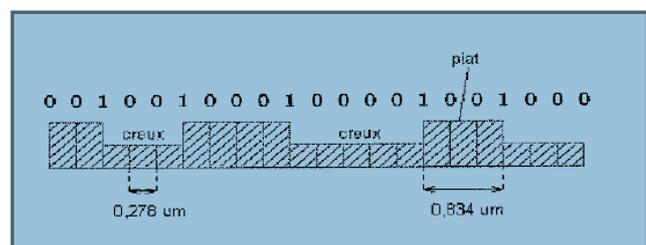
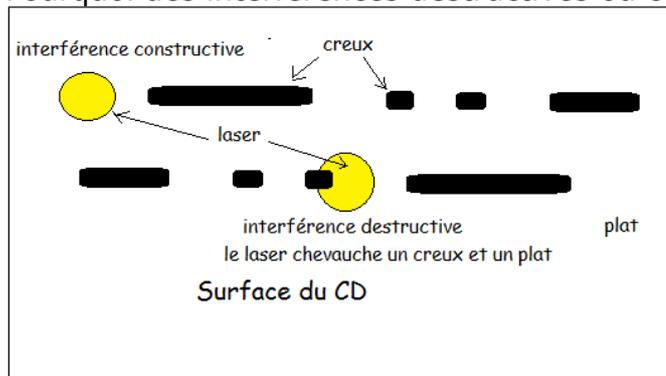
Cas de l'interférence constructive:

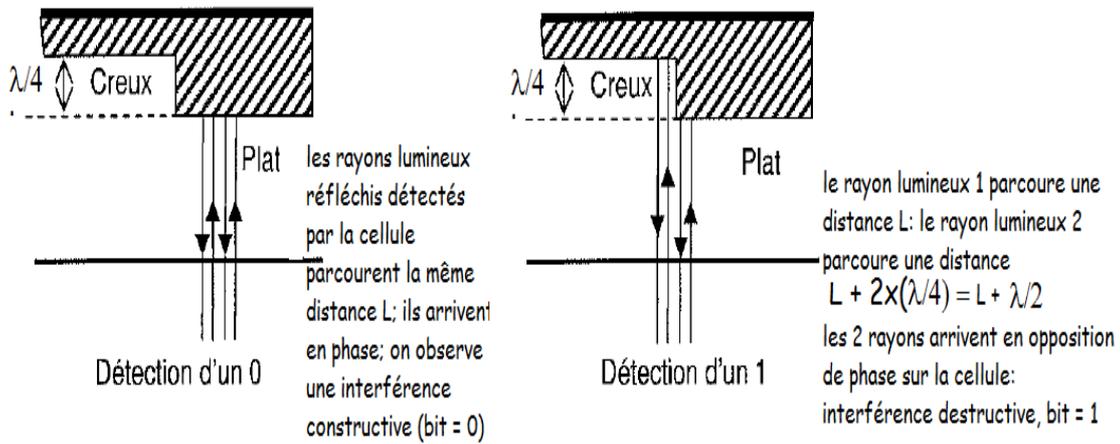


Lorsque le faisceau laser arrive sur un plat (ou sur un creux) il se forme des **interférences constructives** entre les faisceaux réfléchis. Le système optique attribue une **tension basse** donc un bit égal à **0**.

Lorsque le faisceau laser chevauche à la fois le creux et le plat, on observe des **interférences destructives**, le système optique attribue la **valeur 1** au bit (donc une tension haute).

Pourquoi des interférences destructives ou constructives ?





Conclusion: le principe de lecture d'un disque optique est basé sur l'interférence constructive (bit = 0) ou destructive (bit = 1) des faisceaux laser réfléchis par la surface du disque

Remarque: lors de l'écriture d'un disque optique vierge, une couche de colorant organique est brûlée par un faisceau laser. A la lecture les zones brûlées absorbent la lumière. Elles correspondent à la valeur 0 du bit. Les zones non brûlées réfléchissent la lumière. Elles correspondent à la valeur 1 du bit.

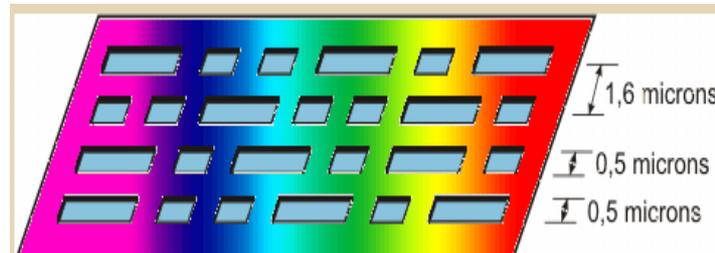
3.3- capacité d'un CD



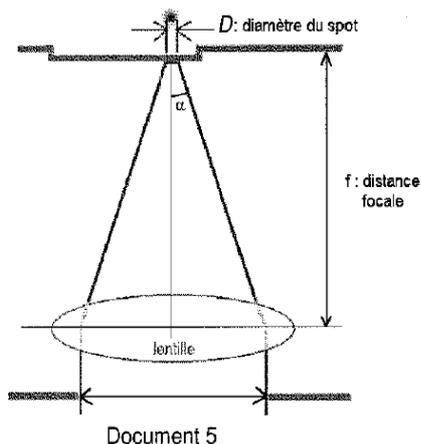
Pour augmenter la capacité de stockage d'un CD, il suffit d'allonger la piste. Il faut resserrer la spirale de la piste donc diminuer la largeur des creux et des plats. Le faisceau laser doit être le plus fin possible pour ne pas intercepter deux lignes contigües de creux et de plats. Pour un spot circulaire, le diamètre d du faisceau laser de longueur d'onde λ et d'ouverture numérique NA est:

$$d = 1,22 \cdot \frac{\lambda}{NA}$$

Plus la longueur d'onde est faible plus le diamètre du rayon laser est faible. Pour un DVD Blue-ray (BD) de capacité de stockage 23 Go il sera nécessaire d'avoir un diamètre d de faisceau plus faible que pour un CD de capacité de stockage de 700 Mo.



4. Intérêt de la technologie Blu-Ray :



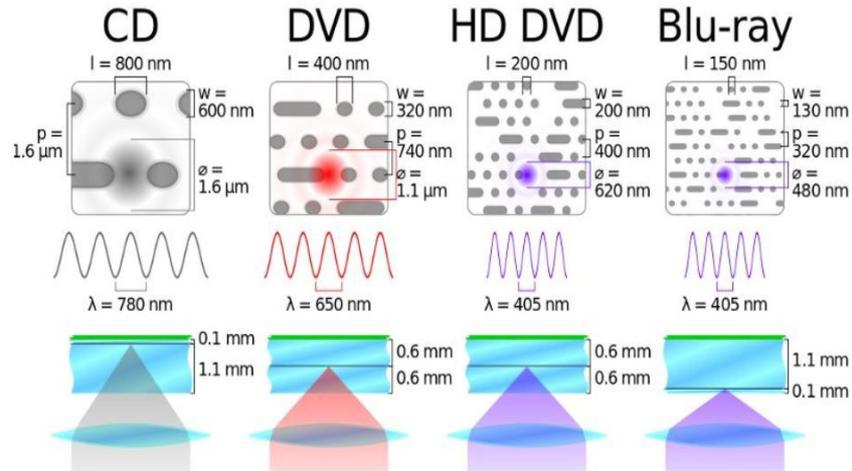
La quantité $NA = \sin \alpha$ est appelée « ouverture numérique ».

α est l'angle d'ouverture du demi-cône formé par le faisceau laser (voir document 5)

Le diamètre D du spot sur l'écran s'exprime alors par la formule :

$$D = 1,22 \cdot \frac{\lambda_0}{NA}$$

type de support	CD	DVD	BD
capacité de stockage	700 Mo	4,7 Go	23 Go
longueur d'onde utilisée	$\lambda = 780 \text{ nm}$	$\lambda = 650 \text{ nm}$	$\lambda = 405 \text{ nm}$



Conclusion: pour améliorer la capacité mémoire d'un support optique, il faut rallonger la piste donc augmenter sa longueur de la piste. On diminuera la longueur d'onde du laser utilisé et on améliorera le