

I – TRANSMISSION DE L'INFORMATION

1) Signal et information

2) Chaîne de transmission de l'information

La chaîne de transmission d'informations est l'ensemble des éléments permettant de transférer de l'information d'un lieu à un autre. Elle comprend :

- ✓ un encodeur ;
- ✓ un canal de transmission composé d'un émetteur de l'information transmise, du milieu de transmission et du récepteur ;
- ✓ un décodeur.

Les techniques de transmission d'informations se sont développées au milieu du XX^{ème} siècle avec l'avènement de l'électronique. Plusieurs évolutions techniques peuvent être soulignées :

- ✓ Le passage de l'électricité macroscopique à l'électronique a permis la miniaturisation des dispositifs ;
- ✓ Le développement de l'informatique a permis de coder tous les types d'informations (sons, vidéos, données, textes...) et de les transmettre par les mêmes procédures et les mêmes réseaux ;
- ✓ Le passage du fil de cuivre à la fibre optique a permis d'améliorer la qualité et le débit des transmissions ;
- ✓ La téléphonie mobile, le Wifi, le Bluetooth ont permis de s'affranchir des liaisons filaires.

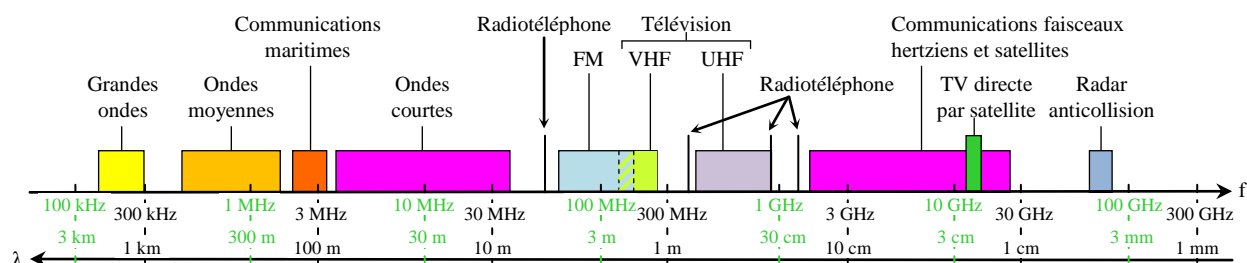


3) Deux types de propagation

a) Propagation libre

La propagation d'un signal est libre quand le signal peut se propager librement suivant toutes les directions. Dans ce type de propagation, le milieu de transmission est l'air ambiant, et les signaux transmis sont des ondes électromagnétiques.

Un canal de transmission est caractérisé par sa bande passante, c'est-à-dire la largeur des fréquences autorisées à être utilisées. Selon la fréquence de cette onde, le type d'information qu'elle transmet est différent :



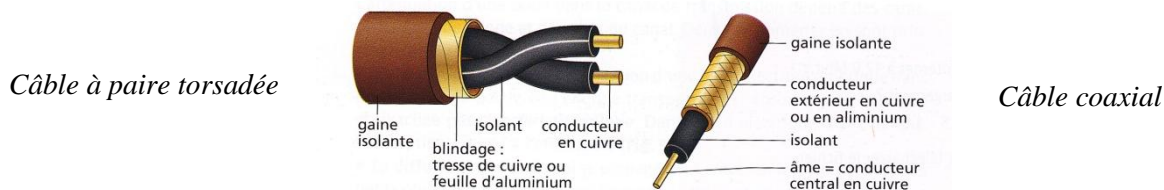
Les possibilités d'utilisation des bandes de fréquences hertziennes arrivant à saturation, la France est passée en 2011 à la télévision numérique terrestre (TNT) qui utilise des bandes de fréquences plus étroites.

b) Propagation guidée

La propagation d'un signal est guidée quand le signal est contraint de se déplacer dans un espace limité. Il existe deux types de propagation guidée : la transmission par câble métallique et la transmission par fibre optique.

➤ Transmission par câbles métalliques

- ✓ Les câbles métalliques (ou câbles électriques) sont utilisés pour transmettre des informations sous forme de signaux électriques. Ce type de transmission est privilégié pour de courtes distances pour deux raisons importantes :
 - l'amortissement des signaux augmente fortement avec la longueur du câble,
 - les champs électromagnétiques environnant les câbles déforment les signaux qui se propagent dans ces mêmes câbles.
- ✓ Plusieurs types de câbles sont utilisés couramment :
 - Le **câble à paire torsadée**, constitué de deux fils de cuivre enfermés dans une gaine isolante et entrelacés. (*Ex.* : le câble réseau RJ45)
 - Le **câble coaxial**, constitué d'un fil de cuivre central (appelé âme) et d'une tresse en cuivre séparés dans une gaine isolante et entrelacés. (*Ex.* : le câble entre une antenne et une TV)



➤ Transmission par fibre optique

Les fibres optiques sont utilisées pour transmettre des informations sous forme de signaux électromagnétiques. Ce type de transmission est privilégié pour de grandes distances pour deux raisons importantes :

- l'atténuation des signaux augmente très faiblement avec la longueur du câble,
- les signaux qui se propagent dans ces fibres sont insensibles aux champs électromagnétiques environnant.

Une fibre optique se compose de trois parties : le cœur, la gaine et la protection plastique.

L'indice de réfraction du cœur est supérieur à celui de la gaine : la surface limitant le cœur et la gaine forme donc un dioptré sur lequel un rayon lumineux se réfléchit.

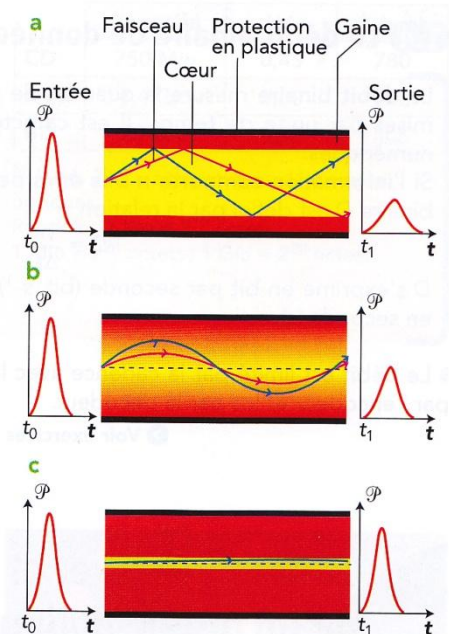
Plusieurs types de fibres sont utilisés couramment :

- ✓ Les **fibres multimodales à saut d'indice** (fig. a ci-contre), constituées d'un cœur, milieu homogène d'indice de réfraction constant ayant un fort diamètre (quelques dizaines voire centaines de micromètres). Ce sont les premières fibres optiques utilisées à grande échelle.

Ces fibres utilisent des rayons lumineux ayant des trajets (des modes) différents : des multiples réflexions successives engendrent des longueurs de trajet différentes et donc un étalement de la réception du signal de sortie, le signal transmis est donc dégradé par ce type de fibre. Ces fibres sont donc utilisées pour de courts trajets, quelques centaines de mètres.

- ✓ Les **fibres multimodales à gradient d'indice** (fig. b ci-contre) ont remplacé les fibres multimodales à saut d'indice : l'utilisation d'un cœur ayant non pas un indice de réfraction homogène mais décroissant en s'éloignant du centre du cœur permet de diminuer l'étalement temporel de la réception du signal de sortie et donc sa dégradation. Ces fibres sont donc utilisées pour de courts trajets, de l'ordre du kilomètre.

- ✓ Les **fibres monomodales** (fig. c ci-contre) constituées d'un cœur très fin (le diamètre est environ égal à la longueur d'onde de l'onde électromagnétique utilisée, soit de quelques micromètres). Dans ce type de fibre, l'onde subit peu de réflexions successives, car elle traverse la fibre quasiment dans la direction de son axe. Les signaux transportés sont peu dégradés par ces fibres, qui sont donc utilisées pour de très longs trajets, notamment les liaisons intercontinentales.



4) Notion d'atténuation du signal

Lors de sa propagation, tout signal est atténué : la puissance lumineuse P_s du signal à la sortie de la chaîne de transmission est toujours inférieure à la puissance P_e du signal à l'entrée de la chaîne de transmission.

L'atténuation A d'un signal est définie par : $A = 10 \cdot \log \left(\frac{P_e}{P_s} \right)$

où A est exprimée en Décibel (dB)

Pour comparer les transmissions entre elles, un coefficient α d'atténuation linéique est défini :

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

avec d : la distance entre l'émetteur et le récepteur en m, A en dB et α en dB.m^{-1}

Exemple :

Une fibre optique utilisée pour de longues distances, à $\lambda = 1,55 \mu\text{m}$, a un coefficient proche de $2 \cdot 10^{-4} \text{ dB.m}^{-1}$

Un câble coaxial utilisé pour une antenne a un coefficient proche de $0,2 \text{ dB.m}^{-1}$

5) Notion de débit binaire

Le **débit binaire** mesure la quantité de données numériques transmises par unité de temps. Il caractérise les transmissions numériques. Si l'information comporte n bits émis pendant la durée Δt , le débit binaire D est défini par la relation :

$$D = \frac{n \text{ (bits)}}{\Delta t \text{ (s)}} = \frac{N}{\text{nb. signaux}} \times \frac{k}{\text{bits}} \times \frac{f_e}{\text{Hz}}$$

N : nombre de signaux, k : nombre de bits utilisés et f_e fréquence d'échantillonnage (Cf. II-2))

Exemples :

- ✓ Téléphone classique : 10 kbits.s^{-1}
- ✓ Wi-Fi : 1 Mbits.s^{-1}
- ✓ Fibre optique : 100 Mbits.s^{-1} - 1 Gbits.s^{-1}

II – NUMERISATION D'UN SIGNAL

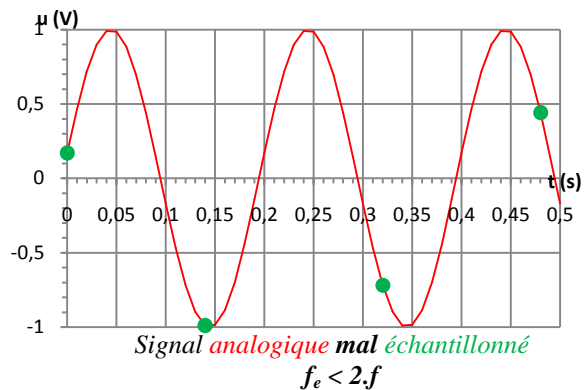
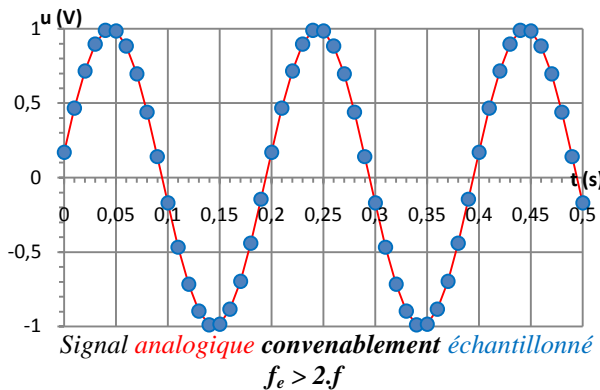
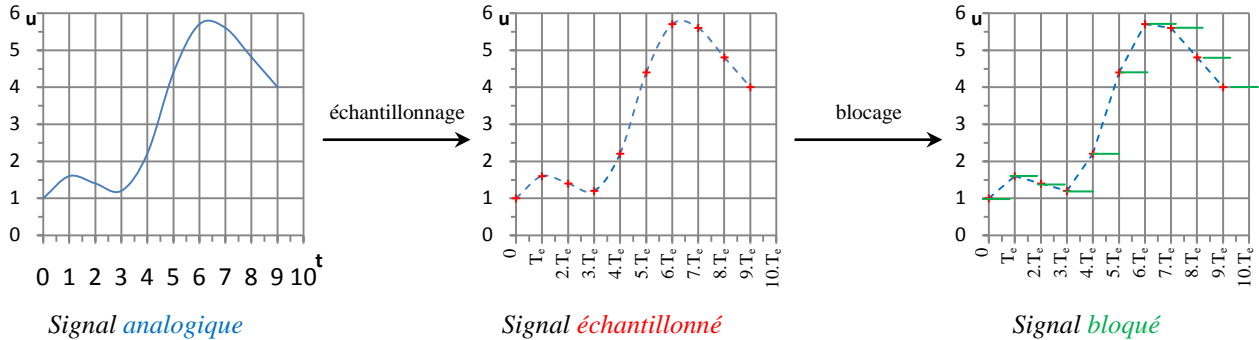
La conversion d'un signal analogique en un signal numérique est réalisée par un **Convertisseur Analogique Numérique** ou CAN. La numérisation d'un signal analogique comprend toujours trois étapes importantes : l'échantillonnage - blocage, la quantification et le codage.

1) Le signal binaire

- ✓ Le signal binaire présente l'avantage d'être peu sensible aux perturbations, les valeurs possibles de tension étant très distinctes.
- ✓ Ce type de signal offre la possibilité d'un traitement informatisé, un ordinateur ne pouvant effectuer des opérations que sur des nombres binaires. Tout signal doit être numérisé avant d'être exploité ou modifié informatiquement.
- ✓ En revanche un signal recomposé à partir de sa version numérique présente des « échelettes » donc n'est pas une copie conforme du signal analogique de départ.
- ✓ Un système numérique est constitué de nombreux composants électroniques formant un circuit électrique complexe. À l'image des deux états possibles d'un courant électrique (il passe ou il ne passe pas), un système numérique utilise le **langage binaire** : un « **0** » pour une tension basse (ou un courant qui ne passe pas) et un « **1** » pour tension haute (ou un courant qui passe).
- ✓ L'unité d'information ne pouvant prendre que ces deux valeurs possibles est appelé un **bit** (contraction de **BI**nary **digi**T)

2) L'échantillonnage - blocage

Application :



3) Quantification

a) Résolution du convertisseur

b) Pas de quantification

➤ Calibre

Pour définir le pas de quantification, il faut connaître la **plage de mesure** qui est la largeur de l'intervalle de l'ensemble des valeurs mesurables. Elle s'exprime en Volt et définit le **calibre** à utiliser par l'appareil de mesure.

➤ Définition du pas de quantification

Exemple : Convertisseur de 12 bits :

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

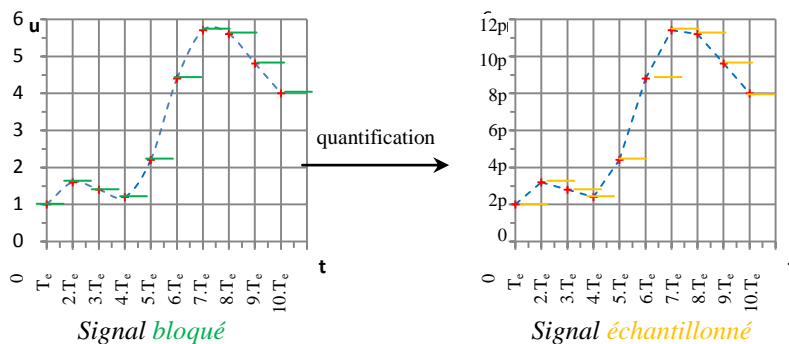
c) Qu'est ce que la quantification ?

Exemple :

Pour un convertisseur de 12 bits, un calibre de 0 ; 5 V et donc un pas de 1,2 mV, les valeurs permises sont : 0 V, 1,2mV, 2,4 mV, 3,6 mV, 4,8 mV, 6,0 mV ...

Exemple :

Pour l'exemple précédent, si la valeur analogique de l'échantillon prélevé est de 5,3 mV, la valeur permise la plus proche, et donc la valeur retenue, sera de 4,8 mV.

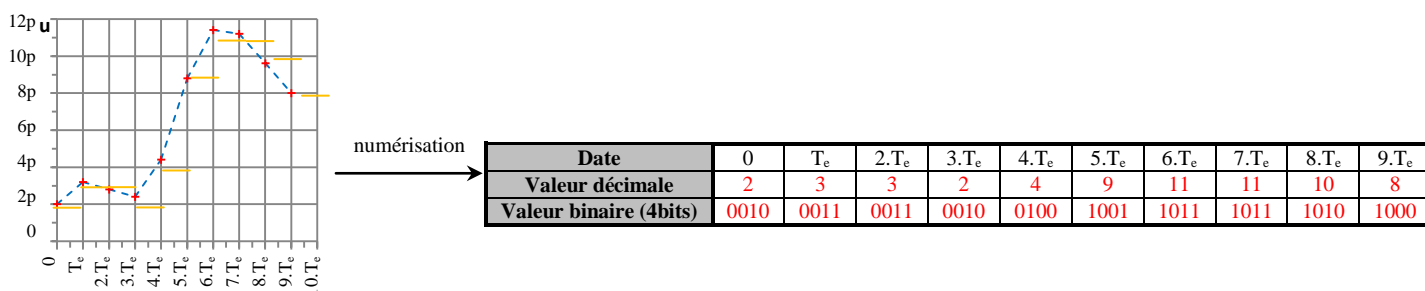
Application :

d) Codage

Comment passer d'une écriture décimale à une écriture binaire ?

L'écriture binaire repose sur le fait que tout nombre peut s'écrire sous la forme d'une somme de puissances de 2.

Décimal	binaire	Décimal	binaire	Décimal	binaire	Décimal	binaire
0	00 00	4		8		12	
1	00 01	5		9		13	
2	00 10	6		10		14	
3	00 11	7		11		15	

Application :

III - LES CARACTERISTIQUES D'UNE IMAGE NUMERIQUE

Une image est constituée d'une succession de taches colorées appelées pixel. Chaque pixel est subdivisé en trois taches correspondant aux trois couleurs primaires Rouge, Vert et Bleu.

1) Le codage des pixels en couleur

Le codage le plus utilisé est le codage RVB 24 bits.

- ✓ Chaque couleur primaire est codée sur un groupe de 8 bits, appelé **octet**, pouvant prendre 256 valeurs différentes comprises entre 0 et 255, correspondant à 256 niveaux d'intensité lumineuse différents.

Lorsque la couleur primaire est éteinte, l'octet prend sa plus petite valeur : 0000 0000

Lorsque la couleur primaire a sa plus forte intensité lumineuse, l'octet prend sa plus forte valeur : 1111 1111

- ✓ Chaque pixel (regroupant les 3 couleurs primaires) est donc codé sur 3 groupes de 8 bits (3 octets), soit 24 bits.

Chaque couleur primaire pouvant prendre 256 nuances différentes, chaque pixel peut en prendre plus de 16 millions : $256 \times 256 \times 256 = 16\,777\,216$

2) Le codage des pixels en nuances de gris

Le codage en nuances de gris consiste à utiliser le codage RVB 24 bits, en limitant le nombre de valeurs possibles prises par un octet : à chaque couleur primaire sera affectée la même valeur de nombre binaire. Puisque un octet peut prendre 256 valeurs différentes, il est possible d'obtenir 256 niveaux de gris différents.

Exemples :

blanc : toutes les couleurs primaires sont allumées avec la plus forte intensité lumineuse :

R								V								B							
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

noir : toutes les couleurs primaires sont éteintes :

R								V								B							
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

un gris foncé : toutes les couleurs primaires allumées avec une assez faible intensité lumineuse :

R								V								B							
0	1	0	1	1	0	1	0	0	1	0	1	1	0	1	0	0	1	0	1	1	0	1	0

un gris clair : toutes les couleurs primaires allumées avec une assez forte intensité lumineuse :

R								V								B							
1	1	0	1	0	1	1	0	1	1	0	1	0	1	1	0	1	1	0	1	0	1	1	0

4) Caractéristiques d'une image numérique

Exemples :✓ Définition :

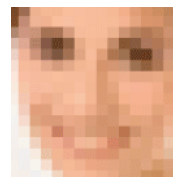
Une image possédant 1600 colonnes et 1200 lignes comporte $1600 \times 1200 = 1,92.10^6$ pixels
 Cette image a une définition d'environ 2 MPx.

✓ Résolution :

Si une image possède peu de pixels par unité de longueur, l'image apparaîtra pixellisée.

✓ Taille :

- Si l'image précédente de $1,92.10^6$ pixels est codée en 24 bits RVB (3 octets par pixel), sa taille est de : Taille = $3 \times 1,92.10^6 = 5,76.10^6$ octets.
- Si l'image précédente de $1,92.10^6$ pixels est codée en 24 bits N&B (1 octet par pixel suffit alors), sa taille est de : Taille = $1 \times 1,92.10^6 = 1,92.10^6$ octets.

Remarque :

En réalité, le fichier a une taille légèrement supérieure car quelques octets sont utilisés pour coder des informations comme le format, le nombre de lignes et de colonnes, le nom du fichier...)

5) Les préfixes de l'unité de stockage informatique

La quantité de mémoire utilisée dans les systèmes numériques actuels est très importante : de nouveaux préfixes ont alors été définis.

Les **signaux analogiques** utilisent des nombres en base 10 (10 caractères possibles de 0 à 9) :

Nom	/	Kilo	Méga	Giga	Téra
Symbole	/	k	M	G	T
valeur	10^0	10^3	10^6	10^9	10^{12}

Exemples : 3,5 km = $3,5.10^3$ m

Les **systèmes numériques** utilisent des nombres en base 2 (2 valeurs possibles : 0 ou 1) :

Nom	/	Kibi	Mébi	Gibi	Tébi
Symbole	/	Ki	Mi	Gi	Ti
Valeur	2^0	2^{10}	2^{20}	2^{30}	2^{40}
	1	1 024	1 048 576	1 073 741 824	$1,099.10^{12}$

Exemples : 3,5 Gio = $3,5.2^{30}$ octets

Remarque :

Le préfixe Gibi est la contraction de **Gigabinaire**

L'abréviation du mot octet s'écrit toujours avec un « o » minuscule.

C'est un abus de langage de remplacer les préfixes binaires par les préfixes décimaux.

IV - LE STOCKAGE OPTIQUE

1) Définition

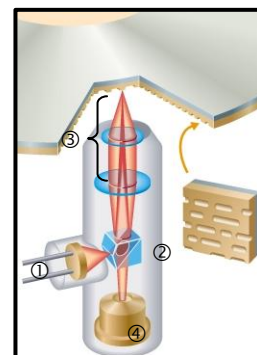
Exemples : Compact Disc (CD)  Digital Versatile Disc (DVD)  , Blu-ray Disc (BD) 

2) La lecture optique

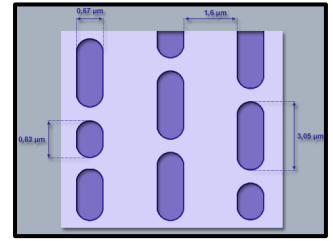
a) Cas d'un disque gravé industriellement

La **tête de lecture** d'un disque optique contient :

- ✓ Une diode laser ①, qui émet des ondes électromagnétiques à une longueur d'onde précise.
- ✓ Un miroir semi-réfléchissant ②, qui envoie une partie de l'onde vers le disque optique.
- ✓ Des lentilles de focalisation ③, qui concentre la lumière sur les alvéoles de la piste à lire.



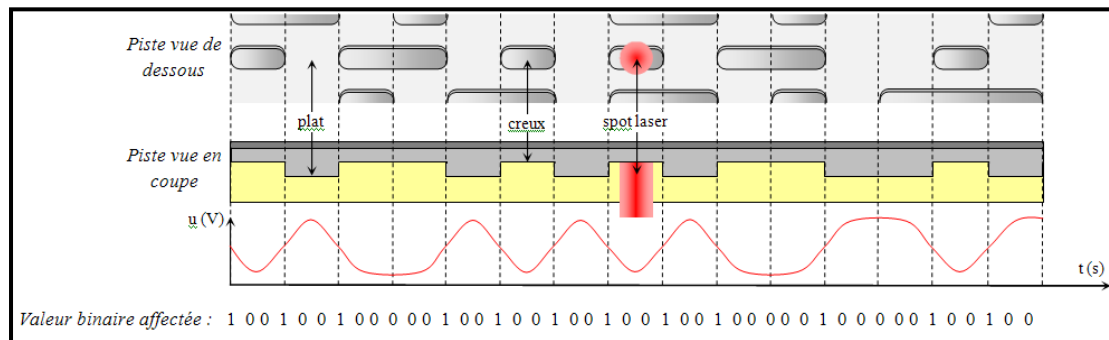
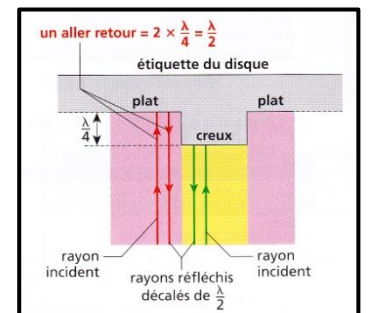
✓ Une photodiode ④, qui reçoit la lumière réfléchiée par le disque optique.
Un **disque optique** est formé d'un substrat en matière plastique et une fine couche métallique sur laquelle ont été creusées des alvéoles (à l'écriture des données), disposées le long d'une piste en spirale. Ces alvéoles permettent le codage numérique en binaire des informations. Contrairement à ce qu'il est courant d'entendre, les creux ne représentent pas les « 0 » et les plats les « 1 ».



La lecture des informations écrites sur le disque optique est basée sur l'utilisation de deux phénomènes physiques : la réflexion et les interférences.

*Lorsque le faisceau laser du lecteur balaie la piste, la différence de marche δ entre deux rayons se réfléchissant sur la piste peut conduire à des **interférences constructives ou destructives** selon deux cas :*

- ✓ *Si le faisceau laser frappe un creux ou un plat, la photodiode reçoit les ondes réfléchies par le plat (ou le creux). Comme elles arrivent toutes **en phase**, l'intensité lumineuse perçue est maximale et la **valeur binaire « 0 »** est affectée à cette situation.*
- ✓ *Si le faisceau laser frappe une zone à cheval entre un creux et un plat, la photodiode reçoit l'onde réfléchiée provenant du creux et celle provenant du plat. L'onde se dirigeant vers un creux doit parcourir plus de chemin que celle se dirigeant vers un plat. En effet, l'épaisseur du creux est par construction égale à $\frac{\lambda}{4}$ de la radiation du faisceau laser : l'aller et le retour du chemin supplémentaire correspond donc à une distance égale $\frac{\lambda}{2}$ donc les deux ondes reçues par la photodiode arrivent en **opposition de phase** ; l'intensité lumineuse perçue est quasi-nulle et la **valeur binaire « 1 »** est affectée à cette situation.*



Remarque :

Le codage binaire des données utilisées consiste à attribuer :

- ✓ Un « 1 » lors du passage d'un plat à un creux ou vice versa, c'est-à-dire lorsque la tension fournie par le capteur varie ;
- ✓ Un « 0 » lorsque la tension est stable (soit dans un état haut, soit dans un état bas).

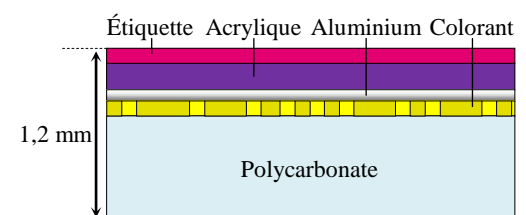
b) Cas d'un disque inscriptible

Un disque inscriptible type CD-R (Compact Disc Recordable) ne comporte ni creux, ni plat. Ce dispositif est remplacé par une couche de colorant organique coincée entre une couche métallique et une autre en polycarbonate.

L'écriture de données sur ce support ne correspond pas à une gravure

mais à une brûlure du composé organique ; en effet, le faisceau laser opacifie la couche organique et crée ainsi un contraste entre les zones brûlées et celles qui ne le sont pas.

A la lecture, les zones brûlées absorbent la lumière. Au contraire, les zones non brûlées réfléchissent la lumière



du laser. La mesure des différentes intensités de lumière réfléchies permet de décoder l'information numérique.

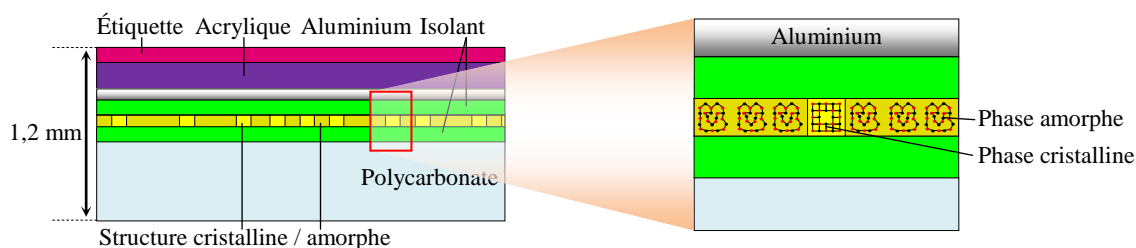
c) Cas d'un disque réinscriptible

Un disque réinscriptible type CD-RW (Compact Disc ReWritable) ne comporte ni creux, ni plat comme un CD-R. La couche organique du disque inscriptible est remplacée par trois couches : une couche d'un matériau cristallin coincée entre deux couches d'un matériau électriquement isolant.

L'écriture de données sur ce support ne correspond pas non plus à une gravure mais à un changement de phase du **matériau cristallin** : par chauffage, le faisceau laser fait fondre la structure cristalline la transformant en **matériau amorphe** (non structuré). Les couches isolantes permettent le refroidissement rapide et donc le maintien en l'état du matériau amorphe.

La lecture des données reprend le principe du disque inscriptible.

L'effacement des données s'obtient en chauffant plus faiblement la couche cristalline/amorphe et en la laissant refroidir plus lentement afin que tout le matériau retrouve une structure cristalline. Un graveur doit donc posséder une source laser capable de moduler l'intensité lumineuse du faisceau lumineux qu'elle émet.



3) Capacité de stockage

Pour accroître la capacité de stockage d'un disque optique, tout en conservant le même format, il faut que les inscriptions sur les pistes soient plus fines et rapprochées.

Mais, lors de l'écriture et la lecture, la concentration du faisceau laser par une lentille convergente est limitée par le phénomène de **diffraction**. En effet, le faisceau laser ne se concentre pas en un point, mais en une tâche de diffraction dont les dimensions sont proportionnelles à la longueur d'onde du laser. L'emploi de laser de longueur d'onde de plus en plus courte a permis d'accroître la capacité de stockage des disques optiques.

C'est ainsi que sont nés le DVD puis le BD.

