

TRANSMETTRE ET STOCKER DE L'INFORMATION

LE STOCKAGE OPTIQUE

I. LES DISQUES OPTIQUES : QUELQUES GENERALITES

Un disque optique (appelé aussi disque optique numérique) est un disque plat servant de média amovible. En informatique, les disques optiques sont utilisés comme mémoires de masse. Quelques exemples des disques optiques faisant partie de notre vie quotidienne: Les CD, les DVD et les Blu-ray.

Le disque optique est généralement constitué de polycarbonate et d'une fine couche métallique sur laquelle ont été creusées des cuvettes (ou alvéoles) disposées le long d'une piste (Figure 1). Ces cuvettes permettent le codage numérique en binaire : elles sont de largeur constante, de longueur variable et de profondeur de quelques dizaines de nanomètres.

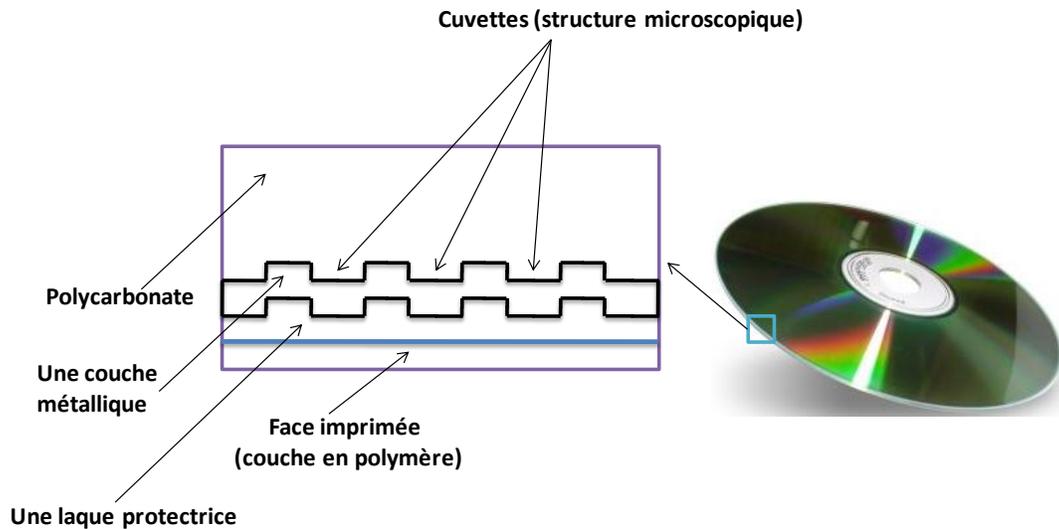


Figure 1 : les différentes couches d'un disque optique utilisé en stockage

En observant un disque optique en microscopie électronique à balayage (MEB), on constate la présence de ces cuvettes (ou alvéoles) creusées dans le disque (Figure 2).

L'intérieur d'une cuvette est appelé « creux » et la distance entre 2 cuvettes est notée « plat ». Les informations stockées sur le disque sont codées en langage binaire (0 et 1) dans ses structures alvéolaires.

En partant de l'intérieur du disque optique, les cuvettes suivent une piste spirale limitée par deux rayons (R_{\min} et R_{\max}). A chaque tour, la spirale se décale d'une distance e , nommée pas de la spirale, ce qui représente la distance entre deux rangées consécutives des cuvettes (voir la Figure 2). La spirale compte 22188 tours pour une distance de prêt de 5 km.

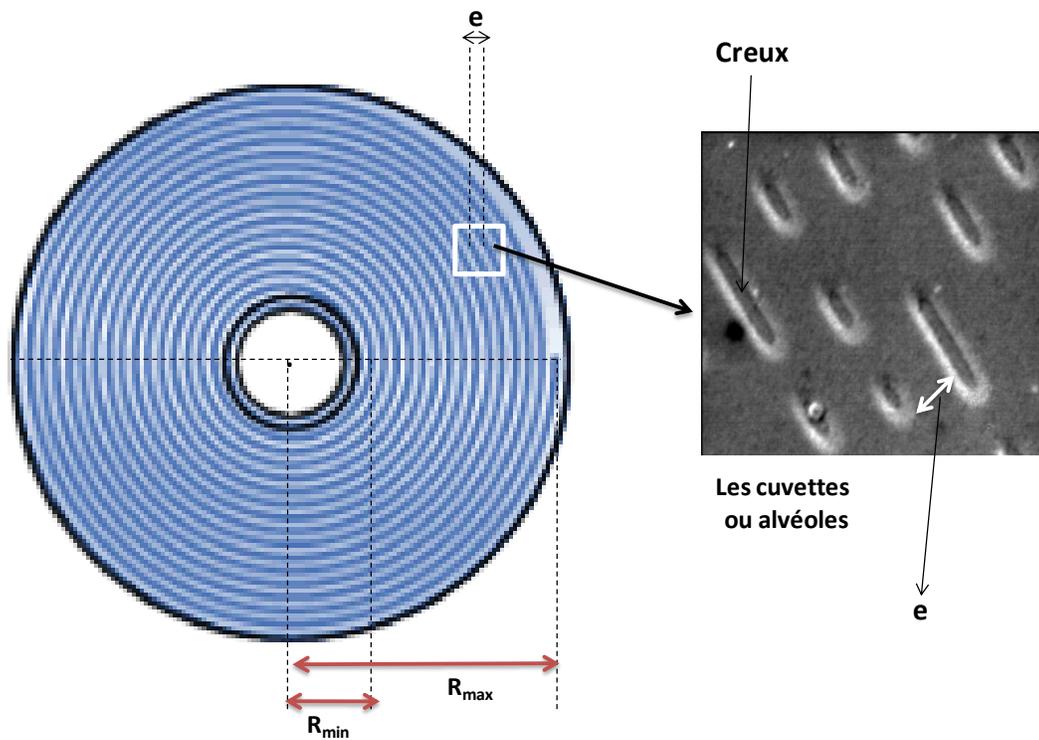


Figure 2 : Les cuvettes en spirale d'un disque optique

II. L'ECRITURE SUR UN DISQUE OPTIQUE

Les données sont stockées sur un disque optique à l'aide des structures microscopiques (les cuvettes ou alvéoles) en codage binaire (0 et 1).

La piste est codée le long d'une spirale suivant le pas radial (e). Le pas (e) dépend du type de support :

- Pour les CD, $e = 1,6 \mu\text{m}$

- Pour les DVD, $e = 0,74 \mu\text{m}$
- Pour le Blu-ray, $e = 0,3 \mu\text{m}$

Une telle différence dans le pas entre les différents supports est liée à la longueur d'onde de la lecture (longueur d'onde λ de la source lumineuse Laser utilisé pour la lecture):

- Pour les CD : $\lambda = 780 \text{ nm}$
- Pour les DVD : 650 nm
- Pour le Blu-ray : 405 nm

La taille d'un bit sur le CD est normalisée, elle est de $0,278 \mu\text{m}$. Les deux états binaires possibles (1 ou 0) correspondent (Figure 3) :

Le 1 correspond à une transition entre un creux et un plat.

Le 0 correspond à une zone sans discontinuité, soit dans un creux, soit sur un plat.

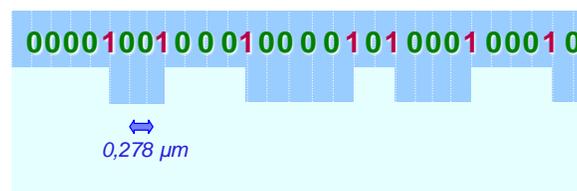
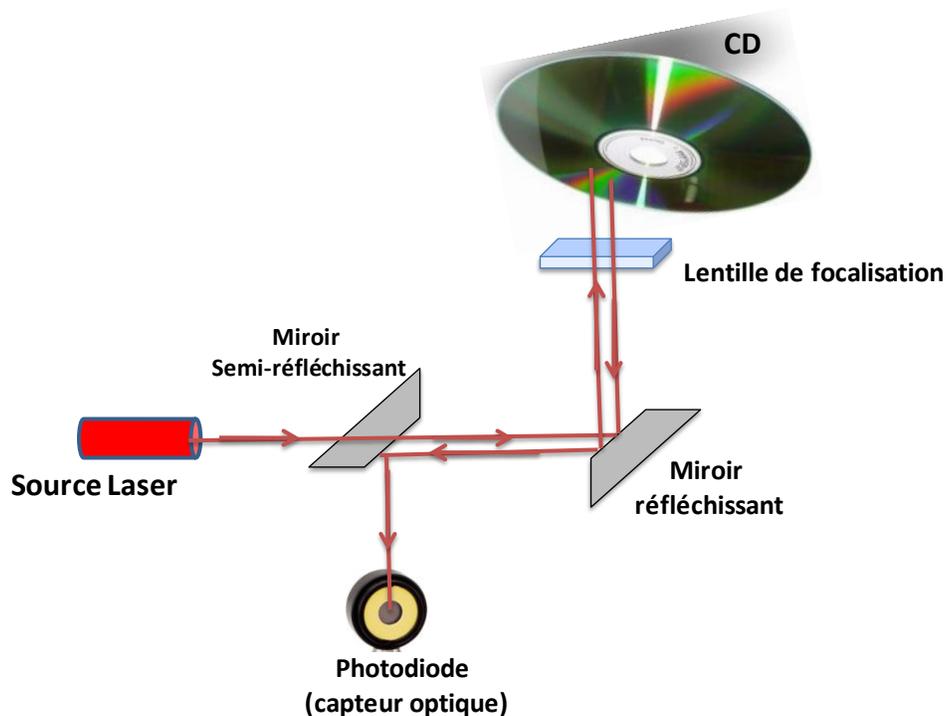


Figure 3 : Principe de stockage en binaire sur un disque optique

III. LA LECTURE D'UN DISQUE OPTIQUE

Le système de lecture d'un disque optique est composé de plusieurs éléments dont principalement (Figure 4):

- Une source lumineuse de type Laser ayant une longueur d'onde λ
- Une lentille de focalisation
- Un miroir semi-réfléchissant et un miroir réfléchissant
- Une photodiode (capteur optique)



Le faisceau émis par le laser va être réfléchi par une lame semi-réfléchissante en direction du CD. Une lentille permet de focaliser le faisceau en un spot lumineux. Lors de la lecture, le disque est mis en rotation par un moteur. Le spot suit alors la piste en spirale.

Le signal est ensuite réfléchi par le CD, traverse la lame et arrive sur le capteur optique (photodiode) qui mesure la quantité de lumière reçue.

La profondeur d'un creux a été choisie pour correspondre à un quart ($1/4$) de la longueur d'onde λ du rayonnement laser. Comme le faisceau laser fait un aller/retour, le décalage entre un creux et un plat correspondra donc à une demi-longueur d'onde ($\lambda/2$). Cela va représenter un déphasage du signal d'une demi-période. L'interférence entre le signal venant d'un creux et celui venant d'un plat va être destructive, la photodiode recevra donc un signal très faible.

Lorsque le laser va se réfléchir sur un plat ou dans un creux, les signaux seront « en phase », les interférences seront constructives et le signal reçu par la photodiode sera maximal. Ainsi, ce justifiera le fait que les valeurs binaires (0 et 1) correspondent respectivement à une continuité entre deux plats ou deux creux (0) et à un front entre un plat et un creux (1).

Les signaux lumineux ainsi provenant de différentes interférences sont convertis en signaux électriques.

IV. LES DIFFERENTS TYPES DE DISQUES OPTIQUES

On distingue 3 types de disques optiques : CD, DVD et Blu-ray (BD).

Les caractéristiques du CD (Compact Disc) :

- Une capacité de stockage standard d'environ 700 Mégaoctet (Mo) correspond approximativement à 74 min de musique.
- Une source lumineuse de type Laser ayant une longueur d'onde λ de 780 nm
- Une distance entre 2 deux rangées (e) = 1,6 μm
- 1 bit sur le disque requiert une distance de 0.278 μm
- Souvent dédié au stockage de la musique en audio et des données.

Les caractéristiques du DVD (Digital Versatile Disc):

- Une capacité de stockage standard d'environ 4,7 Gigaoctet (Go)
- Une source lumineuse de type Laser ayant une longueur d'onde λ de 635 - 650 nm
- Une distance entre 2 deux rangées (e) = 0,74 μm
- 1 bit sur le disque requiert une distance de 0.134 μm
- Souvent dédié au stockage des vidéos (films....) et des données

Les caractéristiques du Blu-ray Disc (BD):

- Une capacité de stockage standard d'environ 25 Gigaoctet (Go)
- Une source lumineuse de type Laser ayant une longueur d'onde λ de 405 nm
- Une distance entre 2 deux rangées (e) = 0,32 μm
- 1 bit sur le disque requiert une distance de 0.048 μm
- Souvent dédié au stockage des films de haute définition, 3D...

V. LES CAPACITES DE STOCKAGE D'UN DISQUE

La capacité de stockage d'un disque est liée au nombre de plats et de cuvettes, et donc à leur taille. La taille des cuvettes est liée à la taille du faisceau du laser de lecture qui est soumis au phénomène de diffraction (provoqué par la focalisation du faisceau laser).

En effet, pour augmenter d'avantage le stockage d'information sur un disque optique, il faudrait réduire le pas de la spirale e , ainsi que la distance nécessaire pour le stockage de 1 bit sur le disque. Mais, pour pouvoir lire correctement les données, le diamètre du spot lumineux (laser) soit du même ordre de grandeur que les cuvettes (e).

Le diamètre (d) du spot lumineux n'est pas être nul, il est soumis à un phénomène de diffraction. Il est lié à la longueur d'onde (λ_0) de la source laser et l'ouverture numérique du signal (NA) par la relation suivante :

$$d = 1,22 \frac{\lambda_0}{NA} \quad \text{Equation 1}$$

Avec, λ_0 est la longueur d'onde la source laser et NA est l'ouverture numérique du signal.

L'ouverture numérique (NA) du signal dépend du rayon du faisceau laser et de la distance focale de la lentille de focalisation. Elle est définie par l'équation suivante :

$$NA = \frac{r}{\sqrt{r^2 + f^2}}$$

Equation 2

Avec, r = rayon du faisceau laser avant la traversée de la lentille de focalisation ; f = la distance focale de la lentille de focalisation.

Ainsi, en passant du CD au DVD ou du DVD au BD, le diamètre de spot laser est diminué du fait que les longueurs d'ondes de sources lumineuses ont été diminuées.

Il est aussi possible de réduire le diamètre de spot en diminuant la distance focale de la lentille, comme tel est le cas en BD dont la lentille est très proche du disque.