

En utilisant l'ensemble des documents ci-dessous, répondre aux questions en bas de la 2^{ème} page.

Document 1 Présentation

Inventé en 1982 par les sociétés Sony et Philips, le CD (Compact Disc) est un disque optique de 12 cm de diamètre et de 1,2 mm d'épaisseur permettant de stocker des informations numériques.

Les CD audio et CD-ROM sont constitués de 4 couches :

- un substrat en matière plastique pourvu de creux
- une fine pellicule d'or ou d'argent constituant la couche réfléchissante
- une couche de laque acrylique anti-UV créant un film protecteur
- une couche en polymère servant de support aux informations.

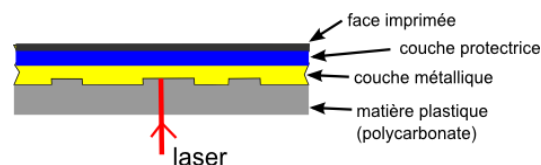


Figure 1 : Coupe d'un CD

Document 2 Le codage des données

Les données sont gravées sur une piste en forme de spirale qui fait près de 5 km de long, du centre vers l'extérieur. Il faut faire 22188 tours pour parcourir la totalité de la piste. (figure 2)

La piste physique est constituée d'alvéoles d'une profondeur de $0,12 \mu\text{m}$, d'une largeur de $0,67 \mu\text{m}$ et de longueur variable. On nomme creux (en anglais pit) le fond de l'alvéole et on nomme plat (en anglais land) les espaces entre les alvéoles (figure 3 et 4).

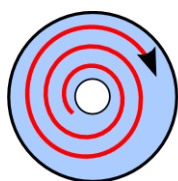


Figure 2

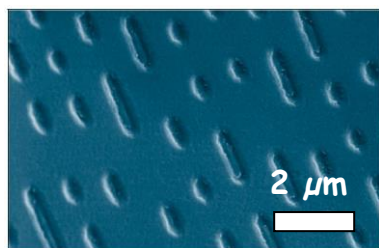


Figure 3 : surface d'un CD

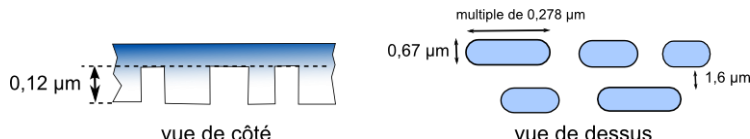


Figure 4 : pits et lands d'un CD

Pour coder des données numériques, il faut une série de 0 et de 1. On pourrait penser que les creux représentent les « 1 » et les plats les « 0 » (ou vice-versa) mais non !

Tous les creux et plats sont des « 0 » et c'est le passage d'un creux à un plat (ou l'inverse) qui représentera un « 1 ». (figure 5).

En pratique, la cellule chargée de lire les données regarde l'état de la surface tous les $0,278 \mu\text{m}$: s'il n'y a pas de transition, elle renvoie un « 0 », sinon elle renvoie un « 1 ».

Toutes les 8 lectures (chaque lecture représente un bit), on obtient un octet qui contient l'information contenue sur le CD (texte, musique etc...). Un CD contient environ 700 Mbits. Cela correspond à 74 minutes de musique (voire 80 min sur certains CD).

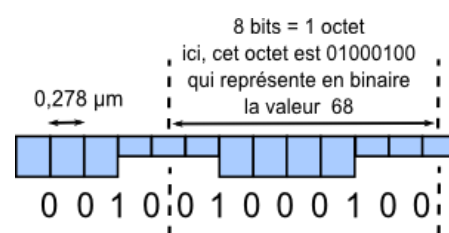


figure 5

Document 3 Le principe de la lecture des données

Une diode laser émet un faisceau de longueur d'onde $\lambda = 780 \text{ nm}$ (figure 6). Ce faisceau traverse un miroir semi-réfléchissant et va frapper la surface du disque sur laquelle il se réfléchit. Le faisceau réfléchi étant relativement « large », ses différentes parties peuvent interférer entre elles. Si le faisceau incident a frappé un plat ou un creux, toutes les parties du faisceau réfléchi sont en phase : les interférences sont constructives.

Si le faisceau a frappé un passage plat/creux, les différentes parties du faisceau réfléchit sont déphasées (car les parties correspondantes du faisceau incident auront parcouru une distance différente) : les interférences sont destructives (figure 7).

L'onde réfléchi atteint ensuite un capteur qui traduit l'intensité lumineuse reçue en information numérique.

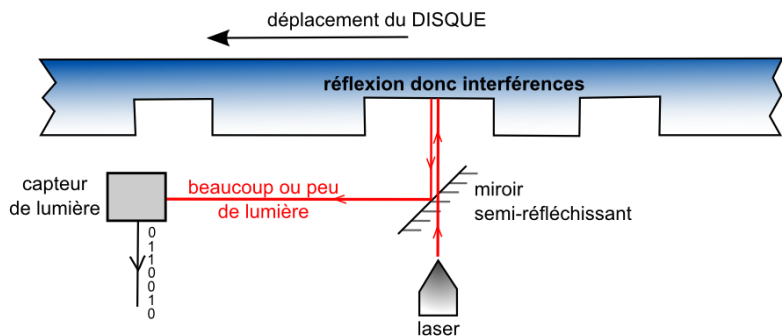


Figure 6

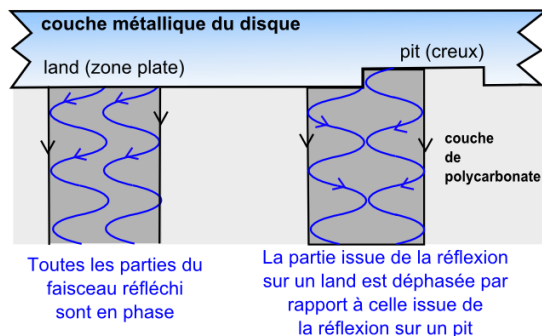


Figure 7

Document 4 : Le problème de la diffraction

Le bloc optique est constitué d'une diode laser suivi d'une lentille convergente qui a pour rôle de faire converger le faisceau laser.

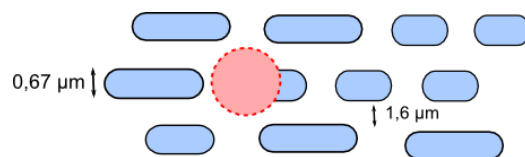
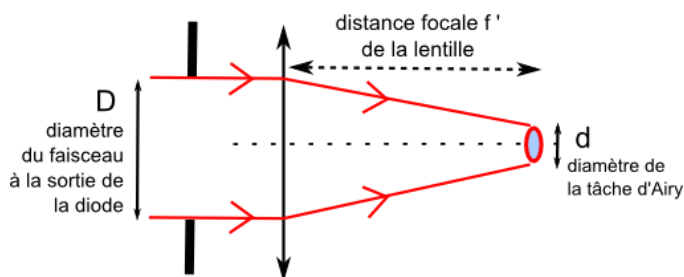
Les diamètres de la diode et de la lentille sont très faibles. Le faisceau subit donc une diffraction et l'image donné par la lentille n'est pas un point mais une petite tâche (appelée tâche d'Airy). On montre que dans ce cas, le diamètre de la tâche s'exprime :

$$d = \frac{1,22 \times \lambda}{NA} \quad \text{où } NA \text{ (Numeric Aperture) est l'ouverture numérique qui varie en fonction inverse de la distance}$$

focale f' de la lentille.

La taille de cette tâche limite le nombre d'informations que peut stocker un CD car il faut que la tâche du laser ne lise qu'une piste à la fois (et ne débord pas sur les pistes voisines).

Pour augmenter la capacité de stockage, c'est-à-dire augmenter le nombre de creux par disque, il faut modifier la longueur d'onde du laser et l'ouverture numérique du bloc optique. C'est ainsi que sont nés le DVD et le Blu-ray...



Comparaison des différents supports optiques :

Type de support	CD	DVD	HD-DVD	Blu-ray
Longueur d'onde	780 nm	658 nm	405 nm	405 nm
Ouverture numérique NA	0,45	0,65	0,65	0,85
Capacité	700 Mbits	4,7 Gbits	15 Gbits	23 Gbits
Distance entre pistes	1,6 µm	0,74 µm	0,32 µm	0,4 µm
Largeur faisceau			0,76 µm	0,6 µm

Donnée : l'indice optique du polycarbonate est $n_p = 1,55$.

- Calculer la longueur d'onde λ_p du laser dans le polycarbonate sachant qu'elle est liée à la longueur d'onde λ du laser dans le vide par la formule : $\lambda_p = \lambda/n_p$
- Vérifier que la profondeur d'un « pit » est de l'ordre de $\lambda_p/4$.
- La réflexion sur un plat n'entraîne aucun déphasage au sein du rayon réfléchi. Montrer que lors de la réflexion du faisceau au passage plat/creux, il se crée un déphasage de $\lambda_p/2$ au sein du rayon réfléchi.
- Expliquer pourquoi il y a alors interférences destructives au niveau du passage plat/creux.
- Calculer le diamètre de la tâche due à la diffraction pour un CD. Montrer que, compte tenu des dimensions des pistes du CD, ce diamètre permet une lecture correcte.
- Faire le calcul pour un DVD sachant que la largeur d'un pit vaut $0,32 \mu\text{m}$.
- Pour un DVD, quelle doit-être la profondeur d'un creux ?
- Expliquer les choix techniques faits pour un DVD, pour un Blu-ray. Justifier le nom de Blu-ray.