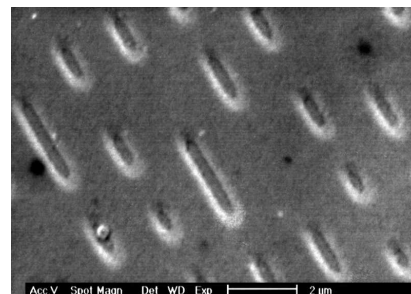


## Annexe : Etude du pas d'un CD, d'un DVD, d'un capteur CCD

### 1 Présentation

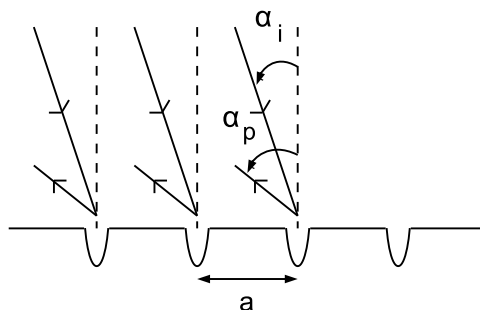
Les disques optiques sont très répandus et largement utilisés pour le stockage de données. La technologie du CD repose sur le principe suivant : on crée sur le disque une piste en spirale sur laquelle on creuse des alvéoles (cf. image ci-contre, obtenue par microscope électronique).



Un CD est lu par une diode laser de longueur d'onde  $\lambda = 780$  nm. Une lentille de focalisation permet d'obtenir sur le disque un diamètre du faisceau d'environ  $1\text{ }\mu\text{m}$ . Les alvéoles ont une largeur de l'ordre de  $500\text{ nm}$ . Lorsque le spot est centré sur une alvéole, seule une partie du faisceau est réfléchiée par celle-ci, l'autre partie du faisceau étant réfléchiée par la surface plane entourant l'alvéole. La différence de profondeur entre une alvéole ("creux") et la surface plane ("plat") induit un déphasage entre les deux parties du faisceau provoquant une interférence destructive. La diminution d'intensité engendrée est mesurée à l'aide d'une photodiode<sup>1</sup>.

### 2 Informations théoriques

Le CD, éclairé par une onde plane monochromatique de longueur d'onde  $\lambda$ , se comporte comme un réseau en réflexion.



Si on note  $\alpha_i$  l'angle d'incidence du faisceau laser sur le plan du réseau, on observe en réflexion des pics d'intensité dans les directions angulaires  $\alpha_p$  données par la formule :

$$\sin \alpha_i + \sin \alpha_p = \frac{p\lambda}{a}$$

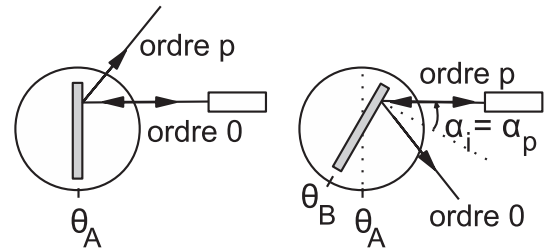
où  $p$  est un entier relatif appelé "ordre" de la tache lumineuse (rq :  $\alpha_i$  et  $\alpha_p$  sont des angles algébriques).

1. l'enregistrement est de type numérique : le signal est converti en série de "bits" 0 ou 1, mais les creux et les plats ne représentent pas les 0 et les 1 des informations binaires. C'est le passage d'un creux à un plat ou d'un plat à un creux qui indique un 1. S'il n'y a pas de passage plat-creux, alors il s'agit d'un 0.

### 3 Mesure du pas $a$

#### ➔ Méthode 1 - Mesure angulaire

Les taches lumineuses ne vont pas être pointées directement. On va mesurer ici deux positions angulaires  $\theta_A$  et  $\theta_B$  du plan du CD, afin d'en déduire l'angle d'incidence  $\alpha_i$  du faisceau laser sur le CD, ainsi que l'angle  $\alpha_p$  que l'ordre  $p$  de diffraction, dans la seconde position.



Le protocole de mesure est le suivant :

① Positionner le CD dans sa position A (cf. figure ci-contre), pour laquelle le faisceau laser arrive sous incidence normale sur le CD. Relever la position angulaire  $\theta_A$  du plan du CD dans cette situation.

② Choisir une tache lumineuse correspondant à un ordre  $p \neq 0$  puis tourner le plateau de manière à ramener la tache d'ordre  $p$  sur le faisceau laser incident. Penser à intercepter à l'aide d'écrans les faisceaux laser réfléchi et diffractés par le CD lors de cette rotation ! **Attention à vos voisins !**

Dans cette situation B, le faisceau incident et l'ordre  $p$  sont superposés et font le même angle  $\alpha_i = \alpha_p$  avec la normale. Le plan du CD est à la position angulaire  $\theta_B$ . Ce plan et la normale au point d'incidence ont tourné du même angle de rotation, si bien qu'on a  $\theta_B - \theta_A = \alpha_i = \alpha_p$ , où  $\theta_B - \theta_A$  sera mesuré au rapporteur. La formule des réseaux donne alors :

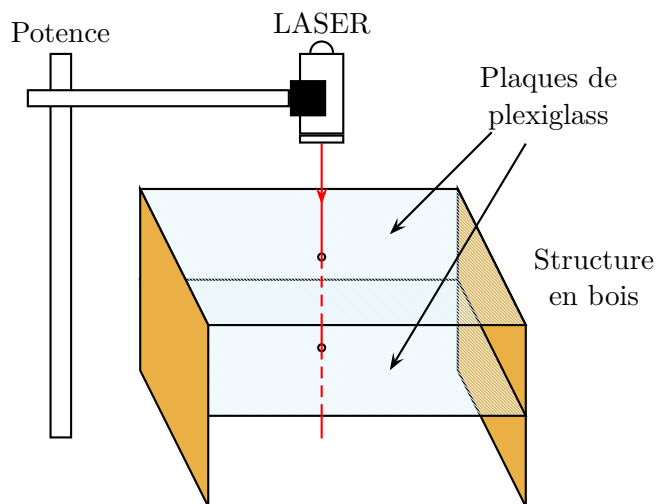
$$2a \sin(\theta_B - \theta_A) = p\lambda$$

d'où l'on déduit le pas du réseau.

#### ➔ Méthode 2 - Mesure de distance

Une seconde méthode, classique, consiste à pointer directement les taches lumineuses en repérant les tâches lumineuses sur un écran. Afin de limiter au plus les risques d'accident laser liés à la multiplicité des ordres de diffraction, nous allons travailler dans une boîte dont on a schématisé la conception dans la figure ci-contre.

Cette structure en panneau de bois permet en outre un alignement du faisceau laser selon un axe vertical défini par des références mécaniques en la présence de trous coaxiaux et percés sur deux plaques de plexiglass.



Pour cette méthode 2, le protocole de mesure est le suivant.

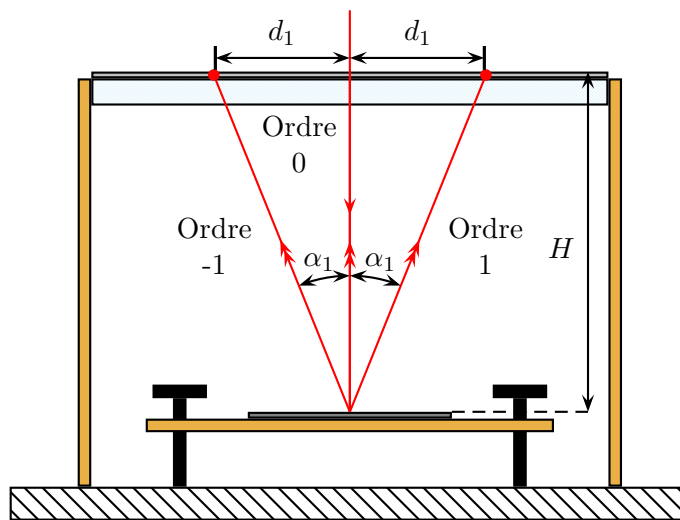
① Aligner le faisceau laser verticalement en vous assurant que ce faisceau passe au travers des deux trous percés en leur centre.

② Retirer la plaque inférieure en la faisant coulisser en dehors de sa rainure.

③ Placer et fixer une feuille de papier sur la plaque supérieure à l'aide de deux pinces croco. La percer au niveau du trou de la plaque de manière à laisser passer le faisceau laser.

④ Placer le CD, le DVD<sup>2</sup> ou le capteur CCD sur la table, à l'intérieur de la structure en bois. S'assurer que le faisceau laser vient frapper une zone gravée du disque en incidence normale et donc que l'ordre 0 de diffraction repart confondu avec lui-même. Si tel n'est pas le cas, utiliser le support à vis pour renvoyer le faisceau laser sur lui-même.

⑤ Observer sur la feuille de papier les tâches de diffraction correspondant aux ordres  $\pm 1, \pm 2, \dots$  et mesurer les distances qui les séparent  $d_1, d_2, \dots$ . On représente ci-dessous le cas des ordres  $\pm 1$ .



⑥ Dans ces conditions,  $\alpha_i = \alpha_0 = 0$ . La formule des réseaux donne :

$$a = \frac{p\lambda}{\sin \alpha_p}$$

avec :

$$\sin \alpha_p = \frac{d_p}{\sqrt{d_p^2 + H^2}}$$

soit finalement :

$$a = p\lambda \sqrt{1 + \frac{H^2}{d_p^2}}$$

2. Dans le cas du DVD, on utilisera la plaque inférieure pour intercepter les ordres  $\pm 1$ .