

Voir l'animation sur le fonctionnement d'un lecteur de CD :

http://www.cea.fr/content/download/5539/298793/file/CEA_le_lecteur_CD.swf

Voir l'animation suivante sur la conversion analogique-numérique :

<http://chimiphyk.free.fr/commun/index.php?animation=echantillonneur&titre=Echantillonneur-bloqueur>

1. Conversion analogique-numérique

1.1. Le signal électrique à la sortie du micro est un signal analogique car il varie de façon continue au cours du temps. On constate que l'allure de l'enregistrement est similaire aux vibrations qui en sont la source.

1.2. Un signal numérique varie de façon discrète, par paliers.

1.3. « Échantillonner » un signal analogique est la 1^{ère} étape de la numérisation ; cela consiste à mesurer la valeur du signal analogique à intervalles de temps T_e égaux (T_e : période d'échantillonnage).

1.4. Lors de la 2^{ème} étape (quantification), un échantillon numérisé sur 8 bits peut prendre 2^8 soit 256 valeurs.

Rappel : 1 bit : 2 valeurs (0 ou 1)

2 bits : 4 valeurs (00 ou 01 ou 10 ou 11)

n bits : 2^n valeurs

1.5. À partir de la durée Δt de l'enregistrement et de la fréquence d'échantillonnage f_e (nombre d'échantillons par seconde), on peut déterminer le nombre d'échantillons n_e : $n_e = f_e \cdot \Delta t$

sans unité Hz s

Or chaque échantillon occupe 2×16 bits soit $\frac{2 \times 16}{8} = 4$ octets.

La place théorique est donc $\frac{4 \cdot f_e \cdot \Delta t}{2^{20}} = \frac{4 \times 44,1 \times 10^3 \times 60}{2^{20}} = 10,1$ Mio

Cela peut sembler important pour une minute de musique mais il n'y a pas eu de compression.

2. Lecture de l'information

2.1. Un faisceau LASER utilisé pour la lecture d'un CD est directif, monochromatique, concentre l'énergie spatialement (et est cohérent).

Les propriétés utiles pour la lecture d'un CD sont : - la directivité

- la monochromaticité

(- la cohérence)

2.2. La longueur d'onde (dans le vide) étant ici la distance parcourue par la lumière à la célérité c

durant une période T , on peut écrire : $\lambda_0 = c.T = \frac{c}{\nu} \Leftrightarrow \nu = \frac{c}{\lambda_0}$

$$\text{AN : } \nu = \frac{3,00 \times 10^8}{780 \times 10^{-9}} = 3,85 \times 10^{14} \text{ Hz} = 385 \text{ THz}$$

2.3. D'après les données : $n = \frac{c}{v} \Leftrightarrow v = \frac{c}{n}$

$$\text{AN : } v = \frac{3,00 \times 10^8}{1,55} = 1,94 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$$

2.4. La longueur d'onde (dans le polycarbonate) étant ici la distance parcourue par la lumière à la

célérité v durant une période T , on peut écrire : $\lambda = v.T = \frac{v}{\nu}$

D'après 2.3. $v = \frac{c}{n}$ donc $\lambda = \frac{\frac{c}{n}}{\nu} = \frac{c}{n.\nu} = \frac{\lambda_0}{n}$ (la fréquence n'étant pas modifiée).

$$\text{AN : } \lambda = \frac{780}{1,55} = 503 \text{ nm}$$

Remarque : La longueur d'onde change mais pas la couleur du laser : celle-ci est liée à sa fréquence (ou sa longueur d'onde dans le vide)

2.5.1. Les ondes qui se réfléchissent sur le bord et celles qui se réfléchissent sur le fond possèdent une différence de marche $\delta = 2h$ à cause de l'aller-retour.

Or des interférences sont destructives lorsque la différence de marche est $\delta = (2k + 1) \cdot \frac{\lambda}{2}$ (avec k entier relatif).

Si $h = \frac{\lambda}{4}$, alors $\delta = 2 \times \frac{\lambda}{4} = \frac{\lambda}{2}$ ce qui correspond bien à des interférences destructives avec $k = 0$.

2.5.2. $h = \frac{\lambda}{4}$ où λ est la longueur d'onde dans le polycarbonate.

$$\text{AN : } h = \frac{503}{4} = 126 \text{ nm} = 0,126 \text{ } \mu\text{m} \text{ conformément aux données (profondeur des creux)}$$

2.5.3. Quand le faisceau laser éclaire un creux, les ondes qui se réfléchissent sur le bord et celles qui se réfléchissent sur le fond de la cuvette donnent lieu à des interférences destructives d'où l'éclairement minimal de la photodiode.

Quand le faisceau laser éclaire un plat, les ondes se réfléchissent toutes sur le plat et donnent lieu à des interférences constructives d'où l'éclairement maximal.

3. Lecteur Blu-ray

3.1. C'est la **diffraction** qui empêche d'obtenir un faisceau de diamètre plus petit sur le CD.

3.2. Plus la longueur d'onde est faible et moins la diffraction est importante, en effet $\theta = \frac{\lambda}{a}$ où θ est l'écart angulaire du faisceau lumineux diffracté.

Voir l'animation <http://scphysiques.free.fr/TS/physiqueTS/diffractiontrou.swf>

Ainsi le diamètre d'un faisceau laser « Blu-ray » est plus petit que celui d'un CD, ce qui permet de « lire » des creux plus petits, et donc, à surface égale, de stocker plus d'informations.

3.3. Non, les cuvettes d'un disque Blu-ray doivent être (à priori) moins profondes afin de permettre des interférences destructives (cf 2.5.2 : $h = \frac{\lambda}{4}$ et λ a diminué).

3.4. Un lecteur Blu-ray ne peut à priori pas lire les CD car : (1 seule justification parmi celles-ci)
- le faisceau Blu-ray est trop fin pour éclairer à la fois un creux et un plat (s'il est bien centré).

- la profondeur des creux d'un CD ne permet pas des interférences destructives.

Vérification facultative : en reprenant les résultats des questions 2.4 et 2.5.1 :

La différence de marche est $\delta = 2h$

La longueur d'onde du laser blu-ray dans le polycarbonate est $\lambda = \frac{\lambda_0}{n}$

Le rapport différence de marche / longueur d'onde est : $\frac{\delta}{\lambda} = \frac{2.h}{\frac{\lambda_0}{n}} = \frac{2.h.n}{\lambda_0}$

AN : $\frac{\delta}{\lambda} = \frac{2 \times 126 \times 1,55}{405} = 0,96 \approx 1$ donc $\delta \approx \lambda$ ce qui correspond à des interférences constructives.

Remarque : on peut faire le raisonnement sans AN en utilisant l'approximation faite dans l'énoncé : $\lambda_{BR} \approx \frac{\lambda_{CD}}{2}$ (valable dans le polycarbonate aussi) or $\frac{\delta}{\lambda_{CD}} = \frac{1}{2}$ d'après 2.5.1.

donc $\frac{\delta}{\lambda_{BR}} = \frac{\delta}{\frac{\lambda_{CD}}{2}} = \frac{\delta}{\lambda_{CD}} \times 2$

$\frac{\delta}{\lambda_{BR}} = \frac{1}{2} \times 2 = 1$, ce qui correspond à des interférences constructives.

Ce résultat semble curieux mais il semblerait que les lecteurs Blu-ray et les PS3 soient équipés de plusieurs diodes laser ce qui expliquerait pourquoi un lecteur « en panne » arrive à lire des Blu-ray mais plus des DVD.