

1. Lecture d'un disque optique

1.1. (0,5) Énergie d'un photon émis par la diode LASER : $E = \frac{h.c}{\lambda}$

$$\text{AN : } E = \frac{6,63 \times 10^{-34} \times 3,00 \times 10^8}{405 \times 10^{-9}} = 4,91 \times 10^{-19} \text{ J}$$

1.2. (0,25) Pour une DEL, la lumière est émise par **émission spontanée**. (non demandé : un atome préalablement excité dans un niveau d'énergie E_A se désexcite **spontanément** en émettant un photon d'énergie $E = E_A - E_B$ lui permettant d'accéder à un niveau d'énergie E_B plus faible.)

Pour un LASER, la lumière est émise par **émission stimulée**. (non demandé : un photon d'énergie $E = E_A - E_B$ **stimule** un atome préalablement excité dans un niveau d'énergie E_A pour qu'il se désexcite en émettant un photon identique au photon incident. L'émission stimulée produit donc deux photons identiques de mêmes direction et sens, de même énergie et en phase.)

(0,5) Les propriétés de l'émission stimulée (+ le milieu amplificateur) font que la lumière LASER est :

- Directive
- Monochromatique
- Concentrée dans l'espace
- Cohérente (les photons sont tous en phase)

1.3. (0,5) Dans le cas (a), $\delta = 0$ (les deux faisceaux sont réfléchis sur un plat)

Dans le cas (b), $\delta = 2 \times \frac{\lambda}{4} = \frac{\lambda}{2}$ (le rayon (2) pénètre dans la cuvette mais pas le rayon (1)).

1.4.1. (0,5) D'après la figure 3, l'intensité lumineuse réfléchie est élevée si le faisceau éclaire un plateau (cas (a)) et faible si le faisceau éclaire un creux (cas (b)).

1.4.2. (0,5) Dans le cas (a), $\delta = 0$, les deux faisceaux sont **en phase** ($\delta = k.\lambda$ avec k entier relatif égal à 0 ici) : ce sont des interférences **constructives**.

Dans le cas (b), $\delta = \frac{\lambda}{2}$, les deux faisceaux sont en **opposition de phase** ($\delta = (2k+1) \cdot \frac{\lambda}{2}$ avec k entier relatif égal à 0 ici) : ce sont des interférences **destructives**.

1.5. (0,5) D'après la figure 3 du document 2, lorsque l'intensité lumineuse franchit une valeur seuil, l'information codée est 1.

Lorsque l'intensité lumineuse varie peu l'information codée est 0.

2. Traitement de l'information numérique

2.1. (0,5) D'après le théorème de Shannon (voir données), la fréquence d'échantillonnage d'un signal doit être égale ou supérieure au double de la fréquence maximale contenue dans ce signal, afin de le numériser correctement.

De plus, le domaine fréquentiel de l'audible s'étend jusqu'à 20 kHz (voir données).

Ainsi, la fréquence d'échantillonnage doit être supérieure ou égale à 40 kHz ce qui est bien le cas ici avec 44,1 kHz.

2.2. (0,5) D'après les données, $p = \frac{U_{\max}}{2^n}$ avec n le nombre de bits soit n = 16 bits ici.

$$\text{AN : } p = \frac{10}{2^{16}} = 1,5 \times 10^{-4} \text{ V} = 0,15 \text{ mV}$$

2.3. (1) La fréquence d'échantillonnage est 44,1 kHz : cela signifie qu'il y a $44,1 \times 10^3$ échantillons par seconde.

A 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 : $N_e = f_e \times \Delta t$

$$N_e = f_e \times \Delta t$$

↑ sans unité
↑ Hz
↑ s

Chaque échantillon est codé par 2x16 bits (2 canaux) soit par $\frac{2 \times 16}{8} = 4$ octets.

La quantité de données numériques d'un enregistrement de durée Δt est donc $n = 4 \cdot f_e \cdot \Delta t$ (n en octets)

Le débit binaire étant la quantité de données numériques par unité de temps : $D = \frac{n}{\Delta t}$

Finalement, ici, $D = \frac{4 \cdot f_e \cdot \Delta t}{\Delta t} = 4 \cdot f_e$ A.N. : $D = 4 \times 44,1 \times 10^3 = 1,764 \times 10^5 \text{ o.s}^{-1} = 176 \text{ ko.s}^{-1}$ CQFD

↑ o.s⁻¹
↑ o (octet)
↑ Hz (⇔ s⁻¹)

(octet par seconde)

2.4. (0,5) La capacité de stockage est égale au débit binaire multiplié par la durée d'enregistrement :

$$C = D \cdot \Delta t$$

$$C = 176,4 \times 74 \times 60 = 7,8 \times 10^5 \text{ ko} = 7,8 \times 10^2 \text{ Mo}$$

2.5. (0,75) Méthode 1 : $\Delta t = \frac{n}{D}$

$$\Delta t = \frac{22 \times 10^9}{176 \times 10^3} = 1,25 \times 10^5 \text{ s} = 35 \text{ h.}$$

Méthode 2 : tout simplement par proportionnalité :

74 min	780 Mo
Δt	22 Go

$$\Delta t = \frac{74 \times 22 \times 10^9}{780 \times 10^6} = 2087 \text{ min} = 35 \text{ h}$$

3. Capacité de stockage d'un disque optique

3.1. (0,5) Le laser blu-ray émet une lumière de longueur d'onde dans le vide $\lambda = 405 \text{ nm}$, de couleur violette. Il aurait été logique de l'appeler purple-ray. Mais on peut penser que comme le violet et le bleu possèdent des longueurs d'onde voisines, la domination blu-ray a été retenue.

3.2. (1) Le nombre de bits disponible sur un CD est :

$$n = \frac{\text{surface disponible}}{\text{surface occupée par 1 bit}} = \frac{S_C}{s} = \frac{(R_{\text{ext}}^2 - R_{\text{int}}^2) \times \pi}{\ell \times a}$$

Données : $R_{\text{int}} = 2,5 \text{ cm}$; $R_{\text{ext}} = 5,8 \text{ cm}$; $\ell = 0,83 \mu\text{m}$; $a = 1,67 \mu\text{m}$

$$n = \frac{((5,8 \times 10^{-2})^2 - (2,5 \times 10^{-2})^2) \times \pi}{0,83 \times 10^{-6} \times 1,67 \times 10^{-6}} = 6,2 \times 10^9 \text{ bits}$$

En divisant par 8 $n = 7,8 \times 10^8$ octets, en divisant par 10^3 alors $n = 7,8 \times 10^2 \text{ Mo}$.

3.3. (2) À surface égale, la capacité de stockage d'un disque optique est d'autant plus grande que le diamètre du spot laser est petit.

En effet, plus le faisceau laser est fin, plus les sillons sur le disque peuvent être rapprochés, et plus les dimensions des cuvettes être petites. On peut donc inscrire un plus grand nombre de cuvettes sur le disque et donc un plus grand nombre de données.

D'après l'expression du diamètre du spot laser $d = \frac{1,22 \times \lambda}{\sin \alpha} = \frac{1,22 \times \lambda}{\text{O.N.}}$, la diminution du diamètre peut

se faire :
 - en diminuant la longueur d'onde λ du laser utilisé
 - en augmentant l'ouverture numérique O.N. de la lentille de focalisation.

On remarque qu'on retrouve dans cette relation le fait que la capacité de stockage est limitée par le phénomène de diffraction du faisceau laser qui est d'autant moins marqué que la longueur d'onde est faible.

Ces deux paramètres sont utilisés dans un lecteur blu-ray (longueur d'onde plus faible et ouverture numérique plus élevé) pour pouvoir atteindre une capacité de stockage de 22 Go.