

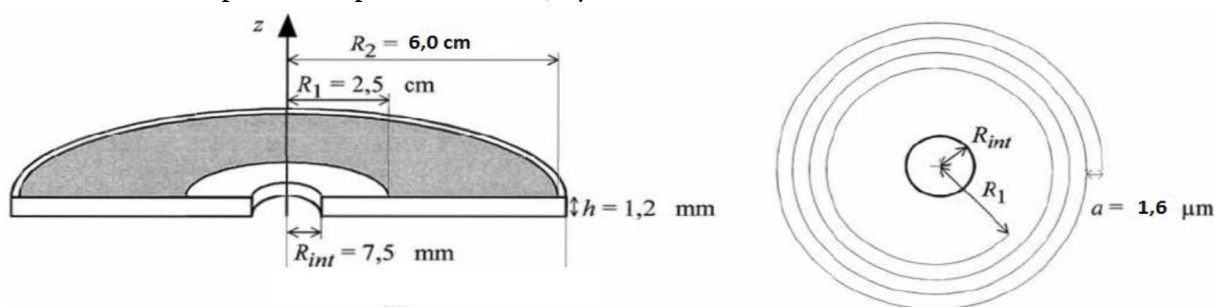
Exercice 01 : CD et autres supports de l'information

À partir du début des années 80, le disque audio (CD) a supplanté les vinyles en raison d'une grande facilité d'utilisation et de la quantité d'information stockable. Nous allons, dans un premier temps, étudier un Compact-Disc, puis nous nous intéresserons à la technologie Blu-ray.

Document 1 : Structure d'un CD.

Sur un Compact-Disc, les informations sont stockées sous forme de « creux » et de « plats » le long d'une piste métallique réfléchissante en forme de spirale. Celle-ci commence à une distance $R_1 = 2,5$ cm de l'axe du CD et se termine à une distance $R_2 = 6,0$ cm.

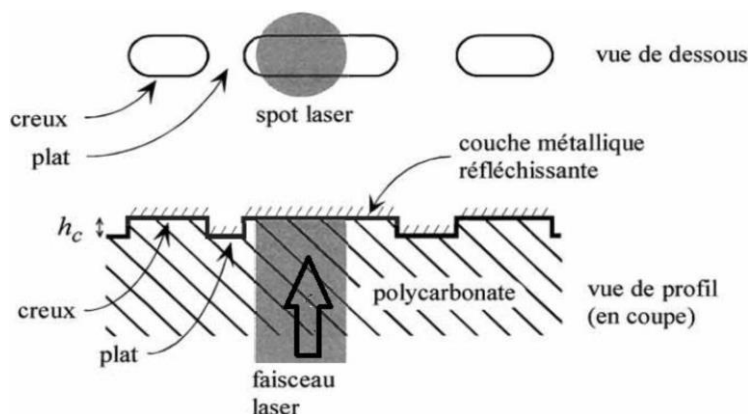
La portion grisée correspond à la partie du CD occupée par la piste métallique. Un extrait de la piste est représenté à côté. Le pas de la spirale est $a = 1,6 \mu\text{m}$.



Lors de la rotation du disque, les structures porteuses de l'information défilent devant un système optique à la vitesse linéaire constante $V = 1,2 \text{ m.s}^{-1}$

Document 2 : Principe optique de lecture d'un CD

La piste physique est constituée d'alvéoles d'une largeur de $0,67 \mu\text{m}$, d'une profondeur $h_c = 0,12 \mu\text{m}$ et de longueur variable. On nomme « creux » le fond d'une alvéole et « plat » l'espace entre deux alvéoles.

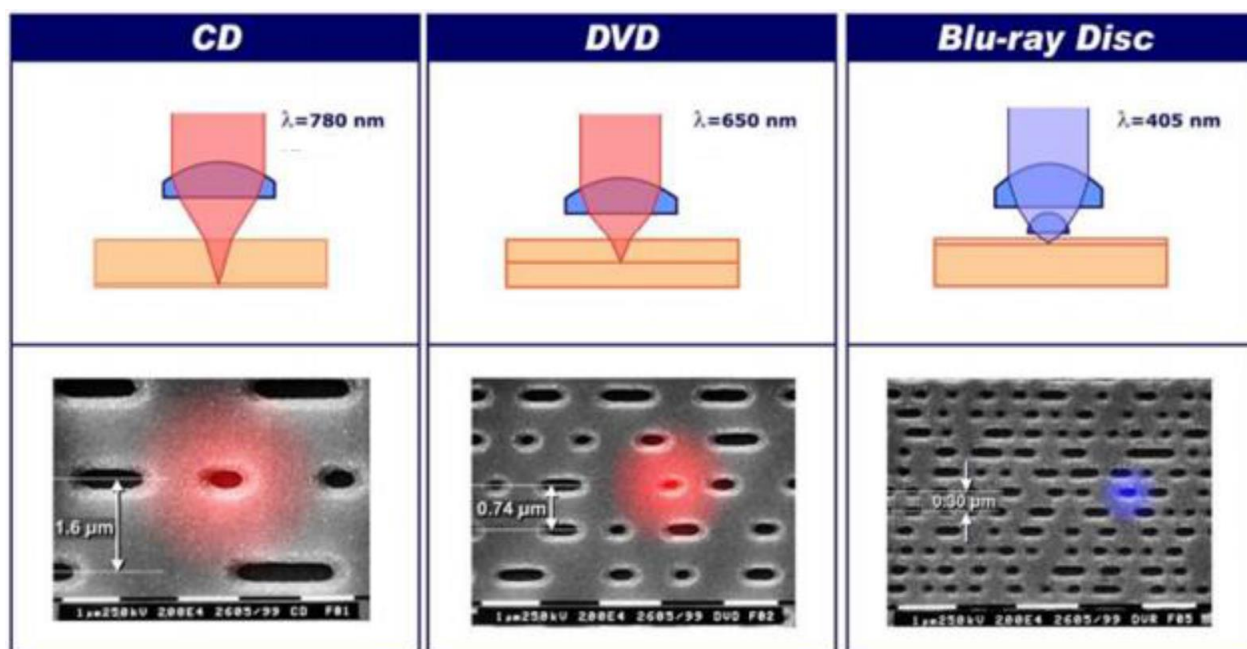


La tête de lecture est composée d'un laser émettant un faisceau lumineux et d'une cellule photoélectrique chargée de capter le faisceau réfléchi. Le laser utilisé pour lire les CD a une longueur d'onde $\lambda_0 = 780 \text{ nm}$ dans l'air et $\lambda = 503 \text{ nm}$ dans le polycarbonate.

La profondeur h_c des creux est liée à la longueur d'onde λ du laser dans le polycarbonate par : $2h_c = \frac{\lambda}{2}$

La vitesse de propagation de la lumière émise par le laser dans le polycarbonate vaut $1,93 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$.

Document 3 : Comparaison entre CD, DVD et Blu-ray.

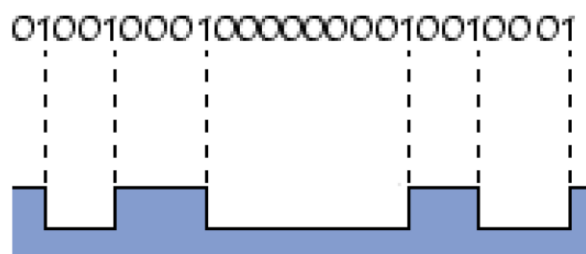


Type de support	CD	DVD	Blu-ray
Longueur d'onde dans l'air	780 nm	650 nm	405 nm
Longueur d'onde dans le polycarbonate	503 nm	419 nm	261 nm
Capacité réelle de stockage	700 Mo	4,7 Go	25 Go
Distance entre pistes	1,6 μm	0,74 μm	0,3 μm
Largeur du faisceau	2,1 μm	1,2 μm	0,6 μm
Longueur de la piste		11,7 km	27 km

Document 4 : Codage de l'information

La taille d'un bit sur le CD correspond à la distance parcourue par le faisceau lumineux en 231,4 ns (nanosecondes). Le passage d'un creux à un plat ou d'un plat à un creux équivaut à 1.

Pour le stockage d'information sur un CD, on utilise le standard EFM (Eight-to-Fourteen Modulation). Chaque octet d'information est converti en des mots codés de 14 bits de longueur auxquels s'ajoutent 3 bits supplémentaires de synchronisation. Il faut donc 17 bits sur le CD pour enregistrer un octet.



A. Le Compact-Disc.

- Montrer que la surface « utile » S du CD, correspondant à la surface grisée (document 1), s'exprime par : $S = \pi \cdot (R_2^2 - R_1^2)$.

La surface utile est égale à la surface occupée par la piste métallique, soit la surface totale du disque moins la surface « centrale » : $S = \pi R^2 = \pi R_2^2 - \pi R_1^2 = \pi(R_2^2 - R_1^2)$.

2. On peut estimer la longueur L de la piste par l'expression $L \approx \frac{S}{a}$ où a est le pas de la spirale. Évaluer la longueur de la piste de ce CD.

$L \approx \frac{S}{a} \approx \frac{\pi(R_2^2 - R_1^2)}{a}$, d'après le document 1, le pas a de la spirale vaut $1,6 \mu\text{m}$.

$$L \approx \frac{\pi((6,0 \cdot 10^{-2})^2 - (2,5 \cdot 10^{-2})^2)}{1,6 \cdot 10^{-6}} \approx 5,8 \cdot 10^3 \text{ m} \approx 5,8 \text{ km}.$$

3. En déduire la durée théorique totale de lecture du CD en minutes.

La vitesse linéaire de défilement des informations gravées sur la piste est constante et égale à $V = 1,2 \text{ m.s}^{-1}$

$$V = \frac{L}{\Delta t} \text{ donc } \Delta t = \frac{L}{V} \approx \frac{5,841 \cdot 10^3}{1,2} \approx 4,9 \cdot 10^3 \text{ s} = 81 \text{ min} \text{ durée théorique totale de lecture du CD}.$$

4. Lorsque le spot laser se réfléchit autour d'une alvéole, il y a interférences entre la partie de l'onde qui se réfléchit sur le plat et celle qui se réfléchit sur le creux.

a. Déterminer la différence de parcours entre l'onde qui se réfléchit sur un creux et celle qui se réfléchit sur un plat.

L'onde qui se réfléchit au fond d'un creux parcourt une distance supplémentaire $\delta = 2h$, par rapport à l'onde qui se réfléchit sur un plat.

$$\delta = 2 \times 0,12 \times 10^{-6} = 0,24 \times 10^{-6} = 2,4 \times 10^{-7} \text{ m}.$$

b. Ce parcours ayant lieu dans le polycarbonate, déterminer le retard de l'onde réfléchie dans un creux par rapport à l'onde réfléchie sur un plat au niveau du capteur.

Dans le polycarbonate la lumière se propage à la célérité $v = 1,93 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$ (selon le document 2).

Le retard τ est tel que $v = \frac{2h_c}{\tau}$ donc $\tau = \frac{2h_c}{v}$ et d'après le document 2, on a $2h_c = \frac{\lambda}{2}$.

$$\text{ainsi } \tau = \frac{\frac{\lambda}{2}}{v} = \frac{\lambda}{2v} ; \tau = \frac{503 \cdot 10^{-9}}{2 \times 1,93 \cdot 10^8} = 1,3 \cdot 10^{-15} \text{ s}.$$

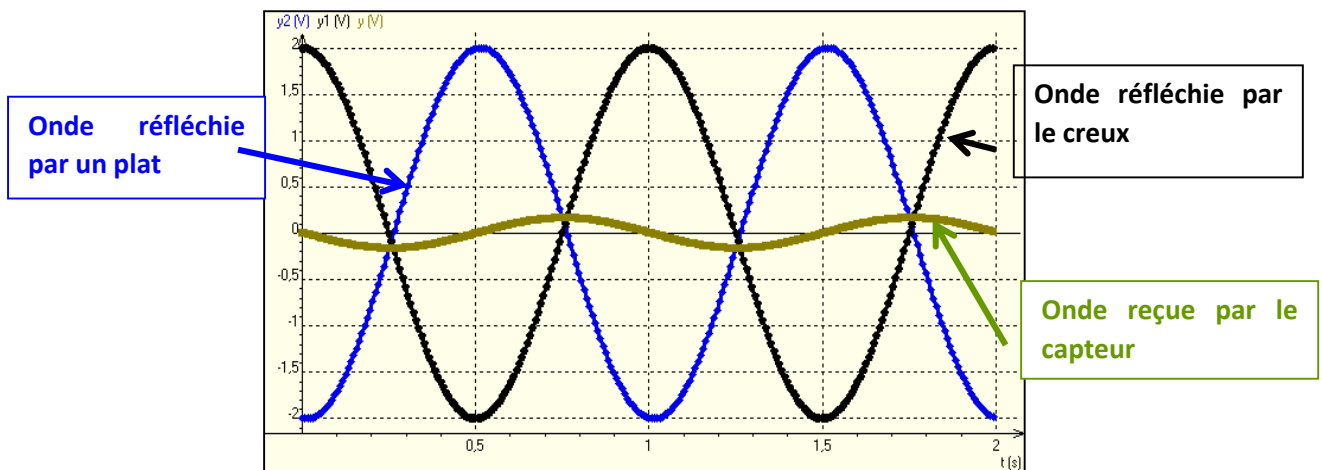
c. Comparer ce retard à la période de l'onde émise par le laser.

$$\text{Période de l'onde émise par le laser : } \lambda = v \cdot T \text{ donc } T = \frac{\lambda}{v} \text{ et } \tau = \frac{\lambda}{2v}, \text{ donc } \tau = \frac{T}{2}.$$

d. En déduire le type d'interférences (constructives ou destructives) entre l'onde réfléchiée par un creux et celle réfléchiée par un plat au niveau du capteur. La réponse s'appuiera sur un schéma.

Les interférences sont destructives si le retard entre les deux ondes est $\tau = (2k + 1)\frac{T}{2}$. Si on considère $k = 0$ alors $\tau = \frac{T}{2}$, ce qui correspond à la situation rencontrée ici.

L'onde réfléchiée par un creux et l'onde réfléchiée par un plat interfèrent de façon destructive.



e. Dans ce cas, le signal reçu par le capteur est-il maximal ou minimal ? Commenter.

Le signal reçu par le capteur est minimal. Les ondes sont en opposition de phase.

5. Déterminer la capacité totale théorique d'information (en Mo) que l'on peut enregistrer sur ce CD.

Capacité totale théorique d'information que l'on peut enregistrer sur un CD : D'après le document.4, la taille d'un bit sur le CD correspond à la distance parcourue par le faisceau lumineux en $\Delta t = 231,4$ ns.

Et on apprend également qu'il faut 17 bits pour enregistrer un octet.

Exprimons la longueur notée b d'un bit : $V = \frac{b}{\Delta t}$ soit $b = V \Delta t$.

On en déduit l'expression de la longueur d'un octet, notée d_o : $d_o = 17 b = 17 V \Delta t$

Exprimons le nombre d'octets stockés sur la piste de longueur L :

$$N = \frac{L}{d_o} = \frac{\pi(R_2^2 - \pi R_1^2)}{17 V \Delta t} = \frac{\pi(R_2^2 - \pi R_1^2)}{a \cdot 17 V \Delta t}$$

Les données n'indiquent pas la conversion entre octets et mégaoctets.

Dans ce cas, on considère que $1 \text{ Mo} = 10^6$ octets.

$$N(Mo) = \frac{N}{10^6} = \frac{\pi(R_2^2 - \pi R_1^2)}{a \cdot 17V \cdot \Delta t \cdot 10^6} = \frac{\pi((6,0 \cdot 10^{-2})^2 - (2,5 \cdot 10^{-2})^2)}{1,6 \cdot 10^{-6} \times 17 \times 1,2 \times 231,4 \cdot 10^{-9} \cdot 10^6} = 1,2 \cdot 10^3 Mo.$$

B. Le Blu-ray.

La technologie Blu-ray a été développée au début des années 2000 afin de commercialiser des films en haute définition. Le principe de fonctionnement est le même que celui d'un CD.

1. Quelle doit-être la profondeur d'un creux sur un disque Blu-ray ?

Pour le Blu-ray, la longueur d'onde dans le polycarbonate vaut $\lambda = 261 \text{ nm}$.

$$\text{Or, } 2h_c = \frac{\lambda}{2}, \quad \text{donc } h_c = \frac{\lambda}{4} = \frac{261}{4} = 65,3 \text{ nm}$$

2. Pourquoi ne peut-on pas lire un disque Blu-ray avec un lecteur de CD ?

La longueur d'onde du lecteur de CD n'est pas adaptée à la profondeur des creux du Blu-ray. Dès lors les interférences ne pourraient pas produire.

Par ailleurs, le faisceau du laser serait trop large pour lire une seule piste du Blu-ray à la fois.

3. En supposant que le codage de l'information et la lecture d'un disque Blu-ray sont identiques à ceux d'un CD, déterminer la capacité de stockage qu'aurait un disque Blu-ray. Que peut-on en conclure?

Pour le Blu-ray, la longueur de la piste est $L_{\text{Blu}} = 27 \text{ km}$ tandis que l'on a déterminé au A.2. Une longueur de piste pour le CD de $L = 5,8 \text{ km}$.

La capacité de stockage est proportionnelle à la longueur de la piste.

$$\begin{cases} N(Mo) & \rightarrow L = 5,8 \text{ km.} \\ N(MO)_{\text{Blu-ray}} & \rightarrow L_{\text{Blu-ray}} = 27 \text{ km.} \end{cases}$$

$$N(MO)_{\text{Blu-ray}} = N(Mo) \times \frac{L_{\text{Blu-ray}}}{L} = 1,2 \cdot 10^3 \times \frac{27}{5,8} = 5,7 \cdot 10^3 Mo.$$

Cette valeur est bien inférieure à la capacité annoncée de 25 Go dans le tableau.

On en conclut que le codage de l'information sur le Blu-ray n'est pas basé sur le standard EFM.

Ce document PDF gratuit à imprimer est issu de la page :

- [Exercices Terminale Physique - Chimie : Physique Transmission, stockage de l'information Stockage optique : lecture d'un CD - PDF à imprimer](#)

Le lien ci-dessous vous permet de télécharger cet exercice avec un énoncé vierge

- [Lecture d'un CD - Stockage optique - Terminale - Exercices à imprimer](#)

Les exercices des catégories suivantes pourraient également vous intéresser :

- [Exercices Terminale Physique - Chimie : Physique Transmission, stockage de l'information Fibres optiques - PDF à imprimer](#)

- [Exercices Terminale Physique - Chimie : Physique Transmission, stockage de l'information Propagation de l'information - PDF à imprimer](#)

- [Exercices Terminale Physique - Chimie : Physique Transmission, stockage de l'information Rayon lumineux dans une fibre optique - PDF à imprimer](#)

- [Exercices Terminale Physique - Chimie : Physique Transmission, stockage de l'information Stockage optique : écriture d'un CD-R ou CD-RW - PDF à imprimer](#)

- [Exercices Terminale Physique - Chimie : Physique Transmission, stockage de l'information Transmission de l'information - PDF à imprimer](#)

Besoin d'approfondir en : Terminale Physique - Chimie : Physique Transmission, stockage de l'information

- [Cours Terminale Physique - Chimie : Physique Transmission, stockage de l'information Stockage optique : lecture d'un CD](#)

- [Vidéos pédagogiques Terminale Physique - Chimie : Physique Transmission, stockage de l'information Stockage optique : lecture d'un CD](#)