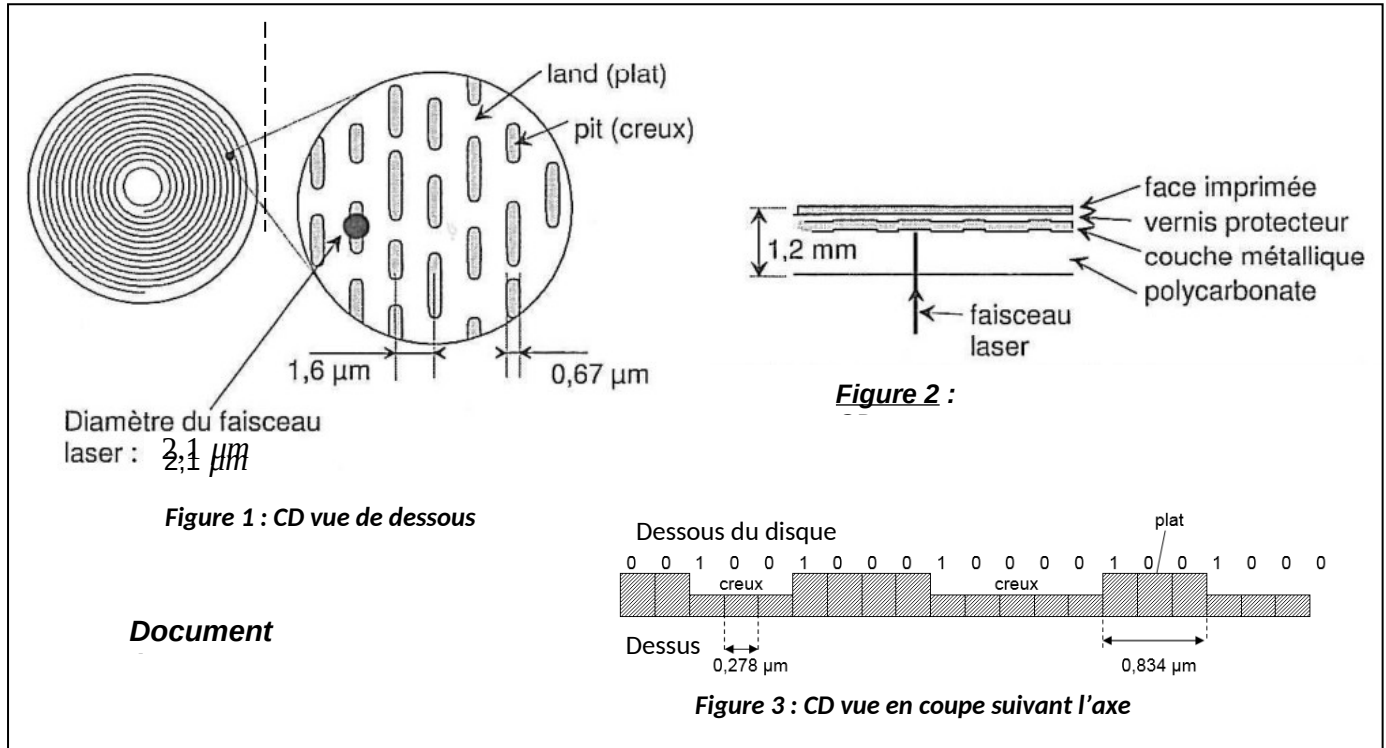


Activité n°2 : Stockage optique

Un CD est en polycarbonate (matière plastique transparente) recouvert d'une couche métallique réfléchissante (aluminium en général) elle-même protégée par un vernis. La face supérieure peut être imprimée ou recouverte d'une étiquette (**figures 1 et 2 du document 1**). Les informations sont stockées sous forme de plats (land) et de creux (pit) sur une spirale qui commence sur le bord intérieur du CD et finit sur le bord extérieur. Les creux ont une profondeur de **0,126 μm** et une largeur de **0,67 μm** .



Afin de lire les données du disque, un faisceau lumineux issu d'une diode laser est focalisé par une lentille sur le disque optique. Un chariot délace le dispositif de façon à permettre au faisceau laser de balayer l'intégralité du disque optique. Le faisceau se réfléchit sur le disque optique puis est renvoyé vers le capteur de lumière (photodiode) qui détecte l'intensité lumineuse. L'intensité est ensuite codée sous forme binaire, le code binaire étant directement lié au profil de la piste lue (**figure 3 du document 1**) et aux variations de l'intensité lumineuse captée par la photodiode.

1) Lecture de l'information

Le **document 2** représente le système de lecture du disque. Le faisceau lumineux, constitué d'une lumière monochromatique de longueur d'onde λ_0 dans le vide est émis par la diode LASER. Il traverse une couche protectrice transparente en polycarbonate dont l'indice est $n_{CD}=1,55$, puis il est réfléchi par le disque et détecté par la photodiode.

- Sur la figure 2 du document 2, le faisceau est entièrement réfléchi par un plat. Tous les rayons composant le faisceau ont donc parcouru un même trajet.
- Sur la figure 3 du document 3, le faisceau laser éclaire un creux. Une partie du faisceau est alors réfléchi par le plat et l'autre partie par le creux car le diamètre du faisceau est plus grand que la largeur d'un creux. Tous les rayons composant le faisceau n'ont donc pas parcouru le même trajet.

On note ΔL la différence de parcours des deux parties du faisceau qui se superposent et interfèrent lors de leur détection.

Données :

- Célérité des ondes lumineuse dans le vide (ou dans l'air) : $c = 3,00 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$
- L'indice d'un milieu transparent est défini par la relation $n = \frac{c}{v}$, v étant la célérité de la lumière dans le milieu transparent.

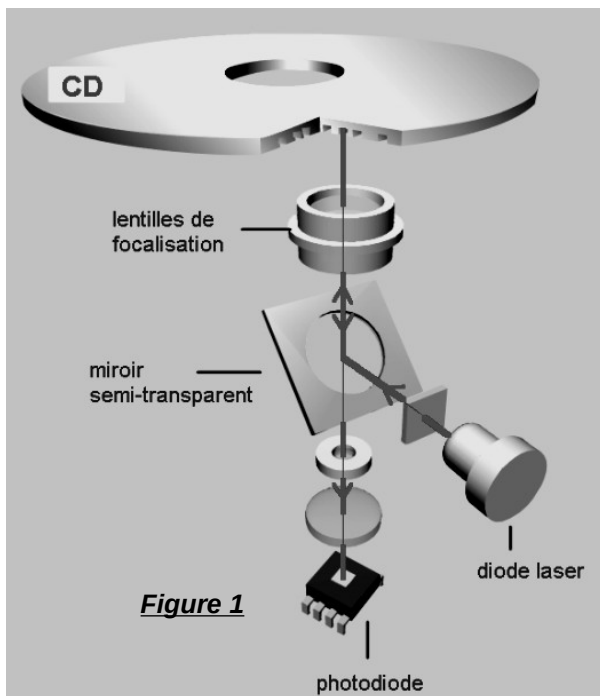


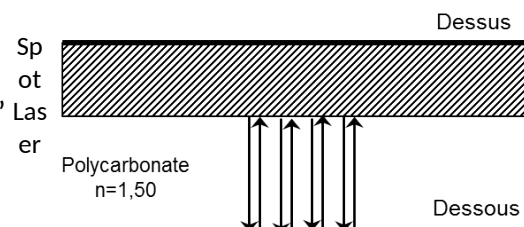
Figure 1

Document 2

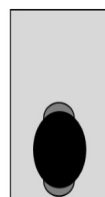


Vue de dessus

Figure 2

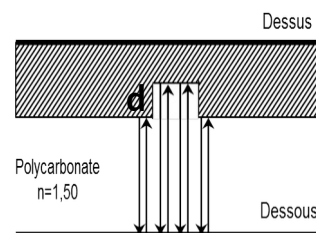


Vue en coupe suivant l'axe Δ'



Vue de dessus

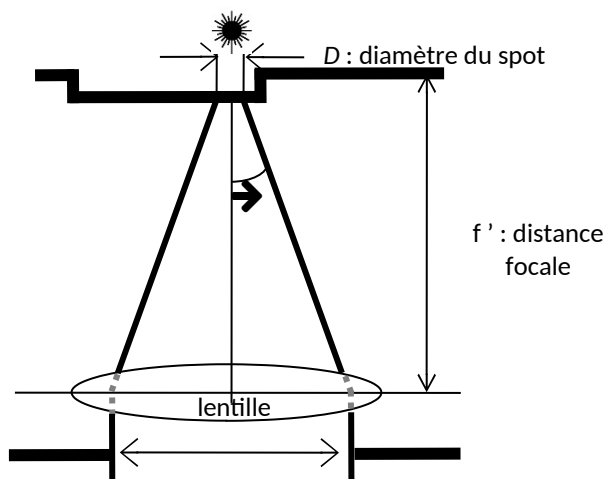
Figure 3



Vue en coupe suivant l'axe Δ'

1. Quel phénomène lié à la nature ondulatoire de la lumière est mis en œuvre lors de la lecture d'un CD ?
2. Calculer la célérité v de l'onde lumineuse dans le CD.
3. Donner l'expression de la longueur d'onde λ de la lumière dans le polycarbonate en fonction de λ_0 et n_{CD} , sachant que la fréquence ne dépend pas du milieu traversé.
4. En déduire la valeur de λ , sachant que le faisceau LASER utilisé a une longueur d'onde dans le vide égale à $\lambda_0 = 780 \text{ nm}$.
5. Donner la condition que doit vérifier ΔL pour que les interférences soient destructives.
6. Montrer que la profondeur minimale d du creux s'exprime en fonction de λ , la longueur d'onde de la lumière laser dans le polycarbonate, par la relation : $d = \frac{\lambda}{4}$.
7. Calculer d et vérifier que cette valeur est bien cohérente avec celle indiquée dans le texte.
8. Dans quel cas le capteur reçoit-il plus de lumière (Figure 2 ou Figure 3) ? Justifier la réponse.
9. Donner l'évolution temporelle du signal électrique produit par la photodiode lorsque la piste lue est celle représentée sur la figure 3 du document 1.

2) Intérêt de la technologie Blu-Ray



Document 3

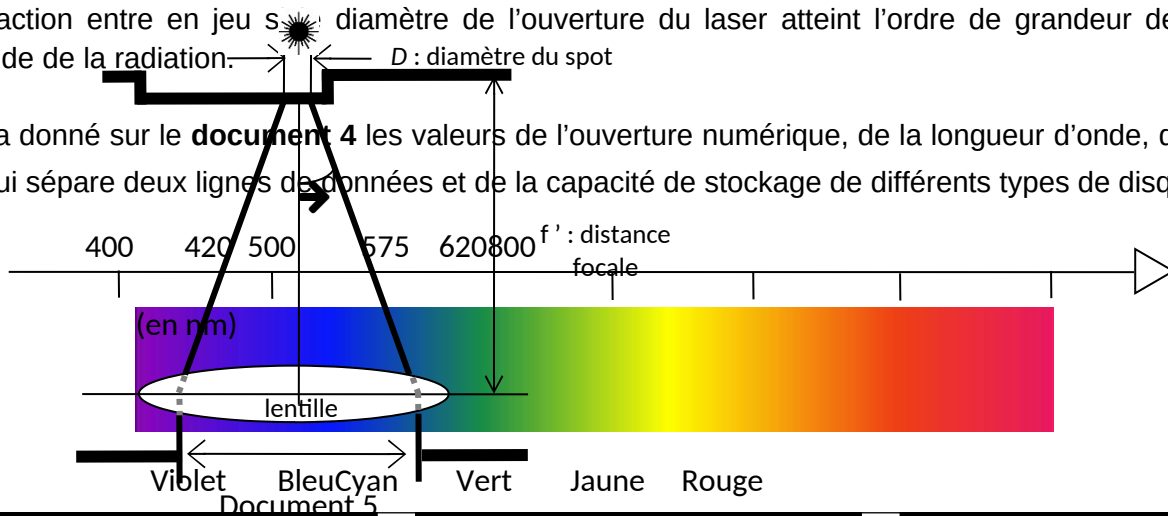
Une fois focalisé, le spot laser apparaît sur le disque sous forme d'une tache de diamètre :

$$D = 1,22 \cdot \frac{\lambda_0}{NA}$$

- La quantité $NA = \sin \alpha$ est appelée « ouverture numérique » de la lentille utilisée.
- λ_0 la longueur d'onde du faisceau laser dans le vide.
- α est l'angle d'ouverture du demi-cône formé par le faisceau laser (voir **document 3**).

Pour augmenter la capacité des disques optiques sans augmenter leur taille, la dimension des creux gravés et l'espacement entre les lignes sont diminués, ce qui oblige à réduire la taille du spot laser. Cependant, on ne peut pas diminuer indéfiniment le diamètre d'un faisceau laser, car le phénomène de diffraction entre en jeu si le diamètre de l'ouverture du laser atteint l'ordre de grandeur de la longueur d'onde de la radiation.

On a donné sur le **document 4** les valeurs de l'ouverture numérique, de la longueur d'onde, de la distance ℓ qui sépare deux lignes de données et de la capacité de stockage de différents types de disque.



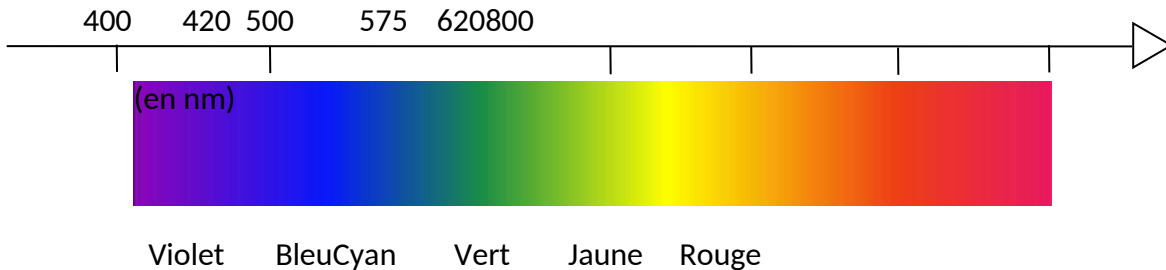
CD	DVD	Blu-ray Disc
$\ell = 1,6 \mu\text{m}$	$\ell = 0,74 \mu\text{m}$	$\ell = 0,30 \mu\text{m}$

Document

10. Quel est le phénomène physique propre aux ondes qui empêche d'obtenir un faisceau de diamètre plus petit sur le CD ?
11. Justifier l'appellation « Blu-ray » en faisant référence à la longueur d'onde du faisceau Laser.
12. En utilisant les données du **document 4**, vérifier que le diamètre D du spot dans le cas de la technologie Blu-ray est compatible avec la distance 2ℓ qui sépare trois lignes de données sur le disque.
13. En argumentant votre réponse, expliquer comment il est possible d'améliorer la capacité de stockage d'un disque optique sans modifier sa surface.
14. Peut-on lire un CD avec un lecteur Blu-ray ?

Pour augmenter la capacité des disques optiques sans augmenter leur taille, la dimension des creux gravés et l'espacement entre les lignes sont diminués, ce qui oblige à réduire la taille du spot laser. Cependant, on ne peut pas diminuer indéfiniment le diamètre d'un faisceau laser, car le phénomène de diffraction entre en jeu si le diamètre de l'ouverture du laser atteint l'ordre de grandeur de la longueur d'onde de la radiation.

On a donné sur le **document 4** les valeurs de l'ouverture numérique, de la longueur d'onde, de la distance ℓ qui sépare deux lignes de données et de la capacité de stockage de différents types de disque.



CD	DVD	Blu-ray Disc
$\ell = 1,6 \mu\text{m}$	$\ell = 0,74 \mu\text{m}$	$\ell = 0,30 \mu\text{m}$

Document

10. Quel est le phénomène physique propre aux ondes qui empêche d'obtenir un faisceau de diamètre plus petit sur le CD ?
11. Justifier l'appellation « Blu-ray » en faisant référence à la longueur d'onde du faisceau Laser.
12. En utilisant les données du **document 4**, vérifier que le diamètre D du spot dans le cas de la technologie Blu-ray est compatible avec la distance 2ℓ qui sépare trois lignes de données sur le disque.
13. En argumentant votre réponse, expliquer comment il est possible d'améliorer la capacité de stockage d'un disque optique sans modifier sa surface.
14. Peut-on lire un CD avec un lecteur Blu-ray ?