

## TP 5 Interférences

**Thème :** OBSERVER, ondes et matière : propriétés des ondes

**Notions et contenus :**

- Connaître et exploiter les conditions d'interférences constructives et destructives pour des ondes monochromatiques.
- Pratiquer une démarche expérimentale visant à étudier quantitativement le phénomène d'interférence dans le cas des ondes lumineuses.

**Objectifs :** Il s'agit de vérifier que « deux pistes » d'un CD sont écartées d'une distance d'environ  $1,6 \mu\text{m}$ .

**Compétences travaillées :**

- Connaître et exploiter les conditions d'interférences constructives et destructives pour des ondes monochromatiques.
- Pratiquer une démarche expérimentale visant à étudier quantitativement le phénomène d'interférence dans le cas des ondes lumineuses.
- Schématiser une situation
- Travailler en groupe, échanger pour élaborer le protocole
- Mettre en œuvre la manipulation
- Identifier et mesurer les grandeurs pertinentes
- Proposer et tester des modèles
- Déterminer les caractéristiques du paramètre inconnu
- Être critique
- Développer l'autonomie, l'initiative

**Matériel :**

Au bureau :

- des règles de 30 cm

Poste élève :

- 1 source laser (longueur d'onde :  $\lambda = 635 \text{ nm}$ ) + support
- 1 écran troué + support
- 1 support diapo + 1 réseau (530 traits/mm)
- 1 CD + support
- 1 DVD + support
- 1 diapositive contenant 3 paires de fentes doubles dont les espacements  $b$  sont : 0,2 ; 0,3 et 0,5 mm + support de la diapositive
- 1 banc d'optique
- Fiche consigne de sécurité pour l'utilisation du Laser



1 Situation déclenchante

Document 1 Le Compact Disc (CD)

Le CD est constitué d'un substrat en matière plastique (polycarbonate) et d'une fine pellicule métallique réfléchissante. La couche réfléchissante possède une succession de creux et de plats disposés sur la piste physique. Ainsi lorsque le laser traverse le substrat de polycarbonate, la lumière, réfléchi par la couche réfléchissante, est captée par une photodiode. L'intensité lumineuse captée passe par un minimum à chaque fois que le laser passe d'un creux à un plat (ou vice-versa), c'est ce qui permet de coder l'information (voir document 3 ). Les creux ont une profondeur de 0,168 µm, une largeur de 0,67 µm et une longueur variable. Deux passages consécutifs de la piste le long d'un rayon sont écartés d'une distance d'environ 1,6 µm (voir schémas). D'après <http://www.commentcamarche.net/contents/pc/cdrom.php3>

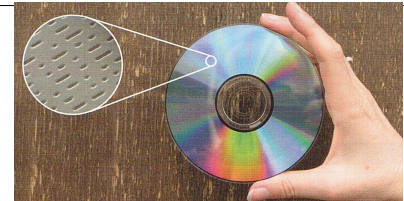
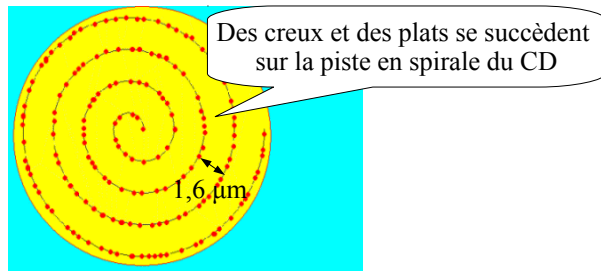
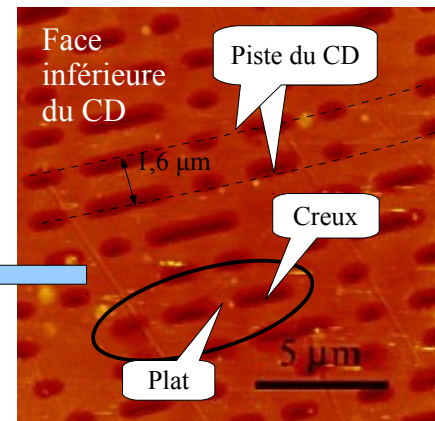
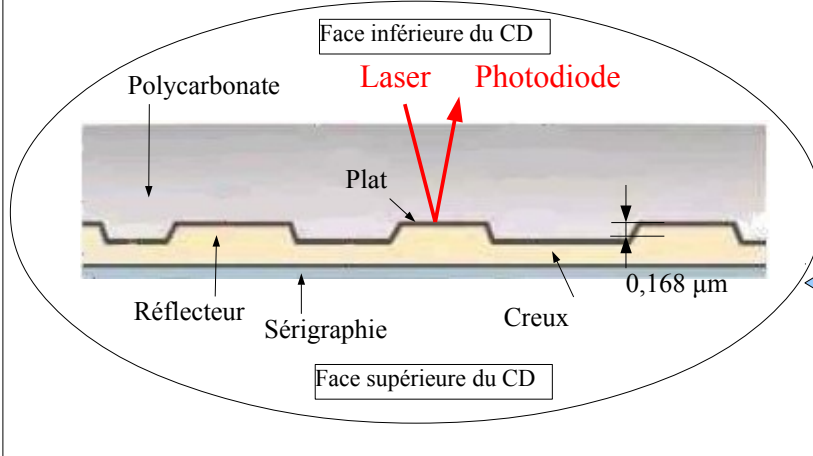


Image d'un CD par microscopie AFM (Microscopie à force atomique)



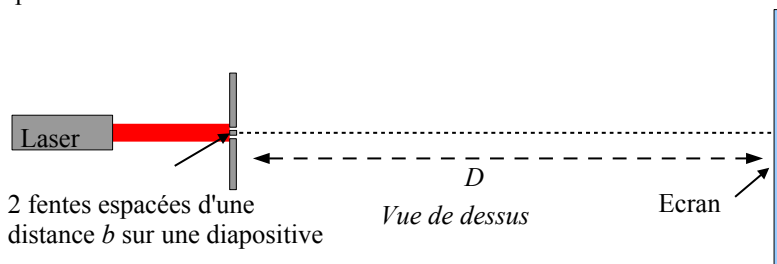
Objectif

Le document indique que deux passages consécutifs de la piste le long d'un rayon sont écartés d'une distance d'environ 1,6 µm. On se propose de mettre en place une démarche expérimentale qui tentera de vérifier cette valeur.

2 Travail à effectuer

2.1 Étape 1 : étude des interférences créées par deux fentes

Le dispositif :



**Danger !**  
 Ne pas regarder directement le faisceau du Laser et attention aux réflexions éventuelles.

La diapositive contient en réalité 3 paires de fentes doubles dont les espacements  $b$  sont : 0,15 ; 0,25 et 0,40 mm

Réaliser l'expérience et décrire ce que vous observez.

L'objectif de cette étape est de déterminer l'expression correcte de l'interfrange (voir document 2) parmi celles proposées :

(1)  $i = D + \frac{\lambda}{b}$  ; (2)  $i = \frac{\lambda \times D}{b}$  ; (3)  $i = \frac{b \times \lambda}{D}$  ; (4)  $i = \frac{D \times b}{\lambda}$  où  $i$  est l'interfrange,  $b$  la distance entre les deux fentes,

$\lambda$  la longueur d'onde du laser et  $D$  la distance entre les fentes et l'écran.

Réaliser des expériences qualitatives pour choisir la bonne expression parmi celles proposées. Expliquer la démarche et les expériences réalisées.

**Appeler le professeur pour vérification ou en cas de difficulté.**

## 2.2 Étape 2 : étude des interférences créées par un réseau

On remplace les deux fentes par un réseau de 528 traits/mm.

A partir du document 2 et de la formule trouvée lors de l'étape 1, proposer et réaliser une expérience quantitative qui permette de vérifier la valeur : 528 traits/mm.

Appeler le professeur pour vérification ou en cas de difficulté.

## 2.3 Etape 3 : mesure de la distance entre deux passages consécutifs de la piste d'un CD

A partir du document 2 et du matériel à disposition, proposer et réaliser une expérience pour mesurer la distance  $b$  entre deux passages consécutifs de la piste le long d'un rayon du CD.

Appeler le professeur pour vérification ou en cas de difficulté.

## 2.4 Analyse des résultats obtenus

Calculer l'écart relatif. Commenter le résultat. Lister les causes d'erreurs possibles.

Proposer, et si possible mettre en pratique, des pistes pour améliorer la précision du résultat. Appeler le professeur pour vérification.

## 2.5 Et avec un DVD ?

On dispose d'un DVD. Réaliser une expérience qualitative qui vérifie qu'il est possible de stocker plus d'informations sur un DVD qu'un CD ?

## 2.6 Communication sur le travail réalisé

Réaliser un compte rendu qui résume les expériences réalisées et les résultats obtenus.

Rédiger en quelques lignes un article de presse dont l'objectif est d'expliquer le principe du codage d'un CD.

Matériel :

CD sur support, écran percé, laser, règle.

Ecart relatif :

$$e = \left| \frac{b_{\text{expérimental}} - b_{\text{théorique}}}{b_{\text{théorique}}} \right|$$

### Document 2 : Compléments

#### Interfrange

Dans le cas de deux fentes, l'interfrange  $i$  est définie comme la distance entre deux maxima de lumière (deux franges brillantes).

#### Réseau

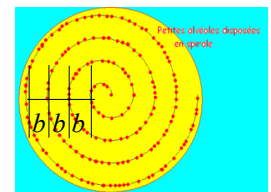
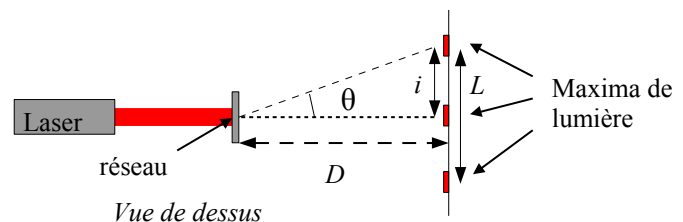
Un réseau est défini comme un ensemble de fentes très fines identiques espacées d'une distance  $b$ . Le réseau utilisé est constitué de 530 traits/mm.  $b$ , appelé pas du réseau, est donc la distance entre deux traits, c'est à dire l'inverse du nombre de traits par mm (voir schéma).

Les ondes lumineuses issues de chaque fente éclairée interfèrent pour donner une alternance de zones brillantes et de zones sombres. Les zones brillantes sont beaucoup plus étroites qu'avec deux fentes (voir schéma). On considérera que le calcul de la distance entre deux maxima de lumière est identique à celui utilisé pour deux fentes (\*).

(\*) En réalité, on a  $\sin(\theta) = \frac{\lambda}{b}$  et  $\tan(\theta) = \frac{i}{D} = \frac{L}{2D}$  (voir schéma).

C'est uniquement lorsque  $\theta$  est petit que  $\sin(\theta) \approx \tan(\theta) \approx \theta$  et que l'on retrouve la formule de la première étape.

Un CD se comporte comme un réseau par réflexion (au lieu d'être transmise, la lumière est réfléchi) dont le pas correspond à l'écart  $b$ , distance entre deux passages consécutifs de la piste le long d'un rayon (voir schéma).



### Document 3 : principe du décodage d'un CD avec le laser

Lors de la lecture d'un CD, le faisceau laser traverse la couche de polycarbonate et se réfléchit sur la couche métallique. Lorsque le faisceau rencontre un plat, la photodiode détecte un maximum d'intensité lumineuse. Lorsqu'un creux se présente, une partie est réfléchi par le plat, une partie par le creux. L'interférence entre ces deux ondes est destructive (\*). La photodiode détecte une diminution de l'intensité lumineuse. Le lecteur comprend alors qu'il s'agit d'un 1. Le passage d'un creux à un plat ou d'un plat à un creux représente un 1 dans le langage binaire. Le reste représente un 0 (faisceau sur un plat ou un creux). La succession de 0 et de 1 permet ensuite de lire le contenu du disque.

(\*) La profondeur du creux correspond à un quart de la longueur d'onde du faisceau laser, si bien que l'onde se réfléchissant dans le creux parcourt une moitié de longueur d'onde de plus (un quart à l'aller plus un quart au retour) que celle se réfléchissant sur le plat. Les interférences sont donc destructives. Le passage d'un creux à un plat (ou vice-versa) provoque une chute de l'intensité lumineuse.

