

### Activité CD – DVD Diffraction

*...de la diffraction par un réseau pour connaître quelques dimensions relatives au CD ou DVD*

***I Rappel sur la détermination du pas d'un réseau (revoir le TP correspondant !)***

#### **Introduction :**

Un réseau est défini comme un ensemble de fentes très fines.

Chaque fente est séparée de la suivante d'une distance  $a$ . Lorsqu'on éclaire le réseau sous incidence normale, on peut observer des taches lumineuses sur un écran positionné en aval, parallèlement au réseau issues des interférences des ondes issues de chaque fente éclairée.

#### **Matériel :**

- Un réseau
- support réseau
- laser
- écran
- règle d'un mètre

#### **Protocole:**

- éclairer le réseau en incidence normale avec le laser et observer la figure d'interférences sur un écran positionné à une distance  $D$  de plus de 20 cm du réseau

La lumière laser de longueur d'onde  $\lambda$  issue des différentes fentes du réseau interfère dans des directions  $i_k$  repérées par rapport à la normale au réseau et telles que :

$$\sin(i_k) = \frac{k \times \lambda}{a}$$

où  $k$  correspond à l'ordre de d'interférence et  $a$  la distance entre deux fentes.

Ainsi, sur un écran positionné parallèlement au réseau on observe différentes tâche lumineuses.

exemples :  $k = 0$  pour la tâche centrale dans la direction du faisceau,

$k = 1$  pour la première tâche à partir de la tâche centrale,

$k = 2$  pour la deuxième ...

DOCUMENT 1 : formule mathématique issue de la formule des réseaux

- Mesurer la position, par rapport à la tâche centrale, des maxima de lumière  $Y_k$  sur l'écran et estimer l'erreur de mesure
- En déduire dans chaque cas la valeur de la grandeur  $\sin(i_k)$
- première option :
  - sur un tableur graphique, tracer la grandeur calculée  $\sin(i_k)$  en fonction de l'ordre d'interférence  $k$ .
  - Réaliser un ajustement linéaire  $\sin(i_k) = m \cdot k$  et, connaissant la longueur d'onde du laser , en déduire la valeur du pas du réseau  $a$
- deuxième option :
  - En déduire, connaissant la valeur de la longueur d'onde du laser, une valeur pour le pas du réseau  $a$  dans chaque cas
  - Moyenner les résultats sur l'ensemble des mesures.
- Vérifier que le résultat trouvé est conforme à l'indication 140 traits/mm

**Rappels théoriques :**

La différence de marche à l'infini ou sur un écran suffisamment éloigné, dans la direction  $i$  diffractée par les centres  $O_n$  et  $O_{n+1}$  de deux traits consécutifs est :

$$\delta = (SO_{n+1}M) - (SO_nM) = n_{air}(\overline{O_{n+1}K} - \overline{O_nH}) = n_{air}(a \cdot \sin(i) - a \cdot \sin(i_o))$$

Le nombre d'onde qui interfèrent est si élevé que l'éclairement de la lumière diffractée par le réseau sera non nul si toutes les ondes qui interfèrent sont en phase. Il faut donc que les ondes diffractées par deux traits consécutifs soient en phase :  $\delta = k \times \lambda$

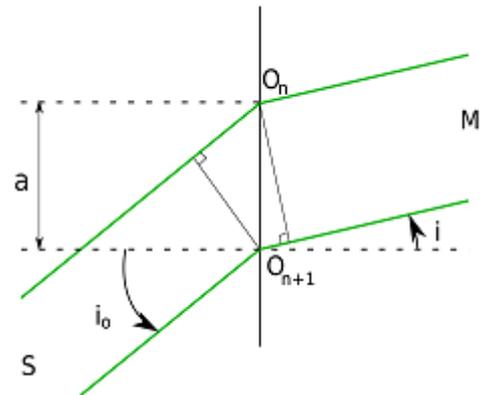
$$\sin(i_k) - \sin(i_o) = \frac{k \times \lambda}{a} \text{ sous}$$

On aboutit à la formule des réseaux :

Pour une incidence normale,  $i_o = 0$  :

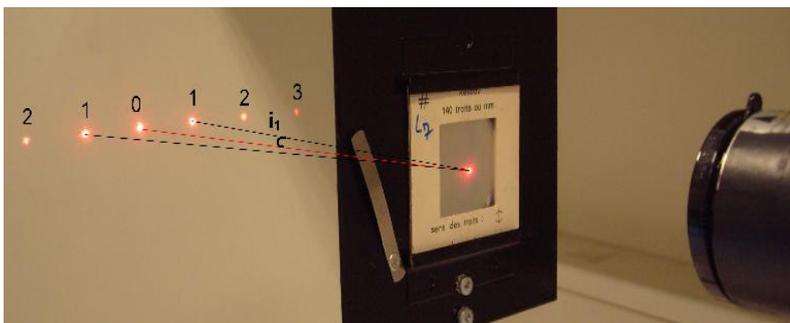
$$a \times \sin(i_k) = k \times \lambda$$

(On peut soit orienter  $i_k$  et dans ce cas  $k \in \mathbb{Z}$ , soit considérer  $i_k$  en valeur absolue et alors  $k \in \mathbb{N}$ , mais il y a alors deux tâches pour une valeur de  $k$ )



laser He-Ne :  $\lambda = 633 \text{ nm}$   
distance réseau-écran :  
 $D = 40,5 \text{ cm}$

**Exemple :**



Pour des mesures plus précises, la distance entre deux ordres identiques ont été déterminés par la mesure de **2.y<sub>k</sub>**

k	1	2	3	4
2 y <sub>k</sub> (cm)	7,2	14,6	22,7	30,7

**Exploitation des données expérimentales :**

- Pourquoi est-il préférable de mesurer  $2 y_k$  ?
- Etablir la relation entre  $y_k$  et  $\sin(i_k)$
- A partir des données expérimentales ci-contre, déterminer  $a$  le pas du réseau et  $n$  : le nombre de traits par mm du réseau en détaillant la méthode utilisée pour accéder à ces grandeurs.

Aide : On pourra utiliser *Regressi* pour essayer de déterminer  $a$  et  $n$  ainsi que les incertitudes associées.

**II ...à son application à un CD ou un DVD**

**Objectifs :**

- Mettre en place un protocole pour déterminer le pas du sillon d'un CD
- Comparer le résultat avec le pas d'un sillon de DVD

**Matériel**

- Statif muni d'une pince
- Laser
- Écran percé ou boîte en carton de déménagement percé
- Règle d'un mètre
- CD et DVD (un seul coupé en morceaux éventuellement)
- Documents ressource :

Le CD (disque compact) fut inventé par les firmes Philips et Sony en **1979**. Afin de pouvoir enregistrer les 2 faces de n'importe quels 33 tours sur un seul CD, les ingénieurs de Philips décidèrent que sa durée serait de **60'**. C'est ainsi que les premiers prototypes mesuraient 11,5 cm de diamètre.

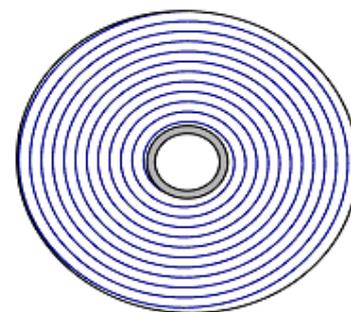
Mais l'épouse du P-d.g de Sony était une grande adepte de la 9<sup>ème</sup> symphonie de Beethoven. Elle désirait pouvoir écouter la totalité de cette symphonie sur un seul et même disque. Les recherches ont trouvé une interprétation de la 9<sup>ème</sup> Symphonie, dirigée par Wilhelm Furtwängler, dont la durée était de **74 minutes et 33 secondes**. C'est ainsi que dans les spécifications du Redbook paru en 1980, qui dresse les caractéristiques techniques standards de ce que devront être les Compact Discs, la durée maximale d'un CD a été portée à 74 minutes et 33 secondes pour un diamètre de 12 cm.

*DOCUMENT 2 : La petite histoire du CD*

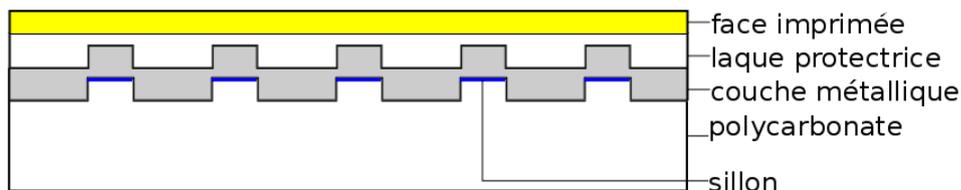
Le CD permet de stocker des informations numériques, c'est-à-dire correspondant à 650 Mo de données informatiques.

Les données sont inscrites sur un sillon en spirale, de largeur qui fait près de 5 km de long, du centre vers l'extérieur et compte 22188 tours.

La piste est lue sur la face inférieure par un faisceau laser qui sera réfléchi par une fine couche d'or ou autre métal.



*Illustration 1: sillon d'un CD : une piste en spirale*

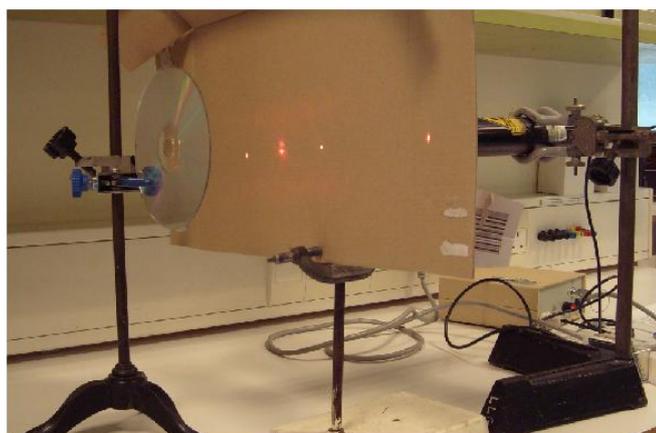
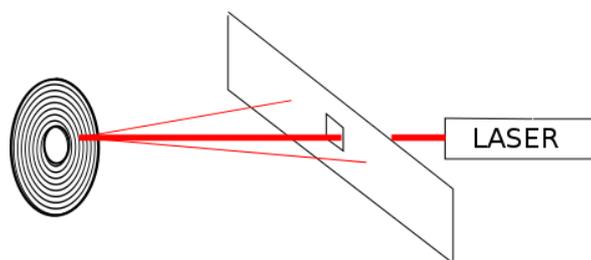


*Illustration 2: coupe d'un CD selon son rayon*

*DOCUMENT 3 : Description d'un CD*

**Exemple :**

Les sillons (creux vues du dessous) sont les analogues des fentes percées dans la première partie de la couche métallique. Tout se passe comme s'il s'agissait d'un réseau collé à un miroir. Le phénomène d'interférences sera alors observable par réflexion.

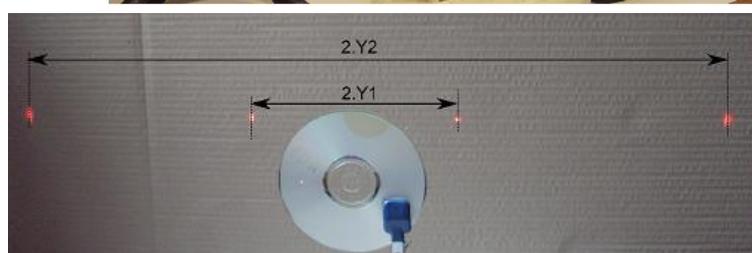


CD

laser He-Ne :  $\lambda=633 \text{ nm}$

distance CD-écran :  $D=25,5 \text{ cm}$

Une exploitation graphique n'a pas lieu d'être avec seulement deux points, on utilise la formule pour calculer directement **a** :



Terminale S

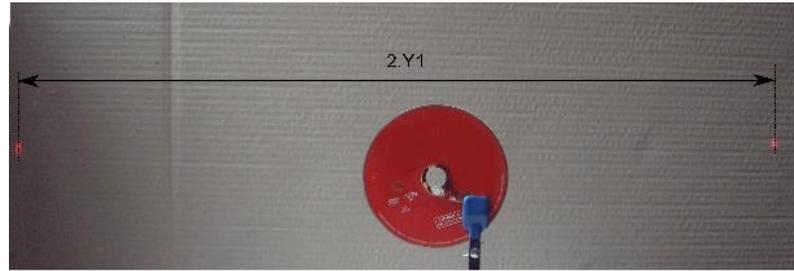
k	1	2
2 yk (cm)	22,8	72

DVD

laser He-Ne :  $\lambda=633$  nm

distance CD-écran :  $D=22,5$  cm

on mesure  $2.Y1=75,5$ cm



Le pas d'un sillon de DVD est quasiment deux fois moindre, la piste de lecture sera plus longue et par conséquent un DVD peut stocker davantage d'informations.

**Exploitation des données expérimentales :**

A partir des données expérimentales ci-contre, déterminer a : la distance entre les sillons pour

- a) Le CD
- b) Le DVD

**Pour aller plus loin :**

La piste s'enroule en spirale sur le CD et le DVD, et est comprise entre les rayons  $R_1=2,25$  cm et  $R_2=5,85$ cm mesurables simplement à la règle !

- a) Déterminer la longueur des pistes d'enregistrement
  - Pour le CD
  - Pour le DVD
- b) Sachant que la vitesse (constante) de balayage de la piste est de  $v = 1,22$  m.s<sup>-1</sup>, déduire la durée utile d'enregistrement sonore
  - Pour le CD
  - Pour le DVD
- c) Pour le CD (ou le DVD) , quelle est la vitesse angulaire de rotation lorsque la lecture se fait
  - près du bord extérieur
  - près du bord intérieur
- d) Sachant qu'un bit correspond à une longueur sur la spirale de l'ordre de  $0,9$   $\mu$ m (voir le Document dans le cahier de texte) et qu'un octet est codé sur 14 bits (pour des raisons de gestion d'erreur : voir le codage Miller), déterminer la capacité en Mo d'un disque CD et d'un disque DVD