

Activité expérimentale : Détermination du pas du sillon d'un CD et d'un DVD par interférence à ondes multiples.

Objectif: <i>Mettre en œuvre un protocole expérimental utilisant un laser comme outil d'investigation.</i>				
	A	B	C	D
Extraire et exploiter des informations pour proposer un protocole expérimental.				
Mettre en œuvre un protocole pour résoudre un problème scientifique.				

Problème 1

Mettre en œuvre une démarche expérimentale permettant déterminer le plus précisément possible, à l'aide du matériel disponible, la valeur du pas d'un réseau, du pas d'un sillon d'un CD, puis d'un DVD, et comparer cette valeur à la valeur théorique en tenant compte de l'incertitude sur les mesures.

Problème 2

A l'aide des documents et de mesures sur les disques, retrouver l'ordre de grandeur de la capacité de stockage d'un CD puis d'un DVD.

Matériel à disposition

- Réglette graduée au mm et mètre ruban.
- Une diode Laser de longueur d'onde $\lambda = 650 \text{ nm} \pm 5 \text{ nm}$.
- Support élévateur.
- Supports de diapositives.
- Ecran
- Écran « carton » percé d'un trou.
- Potence avec pince.
- Réseaux par transmission 140 traits/mm.
- Un CD et un DVD.
- Ordinateur muni du logiciel Regressi.

Document 1 : Réseau

Un réseau de diffraction est un dispositif optique composé d'une série de fentes parallèles (réseau en transmission), ou de rayures réfléchissantes (réseau en réflexion). Ces traits sont espacés de manière régulière, l'espacement est appelé le « pas » du réseau et se note « p ».

Les différentes ondes issues des différentes fentes d'un réseau interféreront constructivement dans des directions d'angle θ_k repérées par rapport à la normale au réseau et telles que :

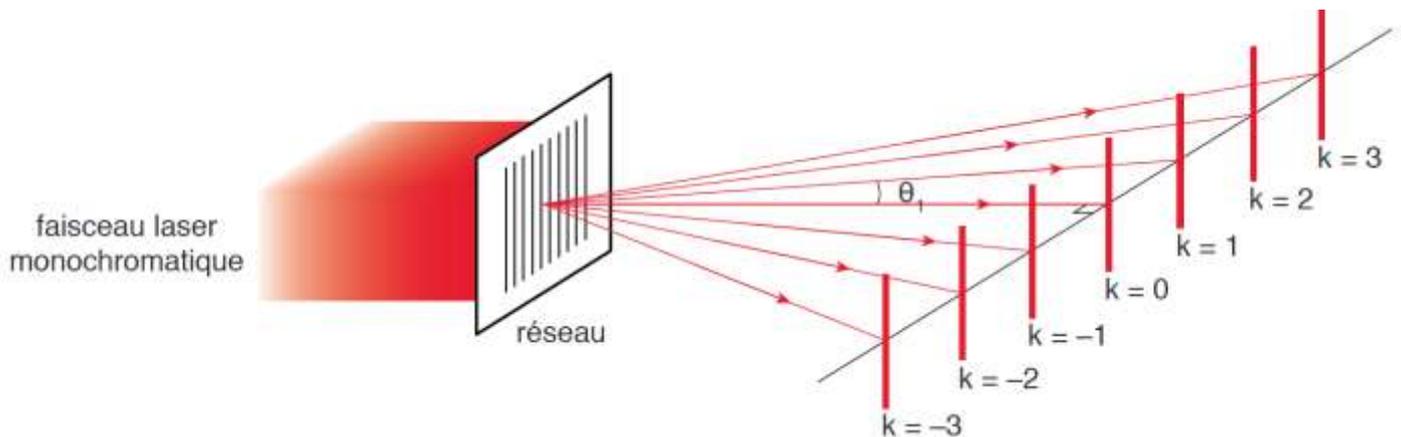
$$\sin(\theta_k) = k \cdot \frac{\lambda}{p}$$

avec

k : ordre d'interférences ($k \in \mathbb{Z}$)

λ : longueur d'onde du laser (en m)

p : le pas du réseau (en m)



Document 2 : incertitude relative et écriture d'une mesure

L'incertitude relative sur le pas du disque est donnée par la relation suivante :

$$\frac{\Delta p}{p} = \sqrt{\left(\frac{\Delta \lambda}{\lambda}\right)^2 + \left(\frac{\Delta \theta}{\theta}\right)^2}$$

avec $\frac{\Delta \lambda}{\lambda}$ l'incertitude relative sur la longueur d'onde du laser et $\frac{\Delta \theta}{\theta}$ l'incertitude relative sur la mesure de l'angle

θ donnée par la relation suivante : $\frac{\Delta \theta}{\theta} = \sqrt{\left(\frac{\Delta L}{L}\right)^2 + \left(\frac{\Delta D}{D}\right)^2}$

où L est la distance séparant les franges brillantes d'ordre 0 et d'ordre 1 et D la distance entre le réseau et l'écran.

L'incertitude sur la mesure de L (ou de D) est donnée par $\Delta L = \sqrt{2} \times \left(\frac{2 \times 1 \text{ graduation}}{\sqrt{12}}\right)$ où une graduation est la plus petite division de l'outil de mesure permettant de mesurer L.

La valeur du pas du disque déterminée expérimentalement sera exprimée de la façon suivante : $p = p_{\text{calculé}} \pm \Delta p$

Document 3 : à propos du CD

Le Compact Disc a été inventé par *Sony* et *Philips* en 1981 afin de constituer un support audio compact de haute qualité permettant un accès direct aux pistes numériques. Il a été officiellement lancé en octobre 1982.

En 1984, les spécifications du Compact Disc ont été étendues (avec l'édition du *Yellow Book*) afin de lui permettre de stocker des données numériques.

Les données sont inscrites sur un sillon en spirale dont la longueur 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 est réfléchi par une fine couche métallique.

Le codage et la lecture des informations

La piste physique est en fait constituée d'alvéoles d'une profondeur de $0,167 \mu\text{m}$, d'une largeur de $0,67 \mu\text{m}$ et de longueur variable. Les pistes physiques sont écartées entre elles d'une distance d'environ $1,6 \mu\text{m}$. Cette distance est appelée *pas* du CD. On nomme *creux* (en anglais *pit*) le fond de l'alvéole et on nomme *plat* (en anglais *land*) les espaces entre les alvéoles.

La profondeur de l'alvéole correspond donc 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*.

De cette façon, lorsque le laser passe au niveau d'une alvéole, l'onde et sa réflexion sont déphasées d'une demi-longueur d'onde et s'annulent (interférences destructives), tout se passe alors comme si aucune lumière n'était réfléchi. Le passage d'un creux à un plat provoque une chute de signal, représentant un bit.

Remarque : Un octet (unité de mesure de mesure en informatique) est toujours composé de 8 bits.



<http://www.commentcamarche.net/contents/pc/cdrom.php3>

voir aussi :

<http://www.cea.fr/var/cea/storage/static/fr/jeunes/animation/aLaLoupe/lecteurCD/animation.htm>

Document 4 : A propos du DVD

Le DVD (*Digital Versatile Disc*, plus rarement *Digital Video Disc*) est une « alternative » au disque compact (CD) dont la capacité est six fois plus importante (pour le support DVD de moindre capacité, simple face, simple couche). Le format DVD a été prévu afin de fournir un support de stockage universel alors que le CD était originalement prévu en tant que support audio uniquement.

Toutefois, les CD utilisent un laser infrarouge possédant une longueur d'onde de 780 nanomètres (nm) tandis que les graveurs de DVD utilisent un laser rouge avec une longueur d'onde de 635 nm ou 650 nm. Ainsi, les DVD possèdent des alvéoles dont la taille minimum est de $0,40 \mu\text{m}$ avec un espacement de $0,74 \mu\text{m}$, contre $0,834 \mu\text{m}$ et $1,6 \mu\text{m}$ pour le CD.

<http://www.commentcamarche.net/contents/pc/dvdrom.php3>

Document 5 : A propos du Blu-Ray

À première vue, un disque Blu-ray ressemble à s'y méprendre à ses compères CD et DVD : une galette plastique de 12 cm de diamètre. Même son concept est identique. Les données y sont stockées sous forme de creux et de bosses le long d'une spirale. La différence se situe justement dans la taille de ces creux et bosses. La plus petite de ces marques mesure 830 nanomètres sur un CD et 400 nm sur un DVD. Sur un disque Blu-ray, elle ne fait plus que 160 nm !

Une taille minuscule imposée par les besoins en capacité de stockage : il faut nécessairement réduire la taille des marques pour pouvoir en mettre davantage sur un support dont la surface, elle, ne change pas. Une miniaturisation qui impose des modifications des techniques de production et de lecture des disques Blu-ray. « C'est un peu comme si vous souhaitiez mettre de plus en plus de texte sur une feuille blanche. Il vous faudra non seulement une plume de plus en plus fine mais aussi une loupe efficace pour reconnaître les lettres qui, à cette taille, risquent d'être déformées par les bavures du papier. » En guise de loupe, le laser rouge de 650 nm de longueur d'onde des lecteurs DVD est remplacé par un laser bleu (d'où le nom Blu-ray) à 405 nm.

Les défis du CEA-120, décembre 2006-janvier 2007.

Grille d'évaluation individuelle

Compétences transversale	Compétences scientifique	Critères de réussite	Oui	Non
Analyser	Extraire et exploiter des informations pour proposer un protocole expérimental.	- J'ai su faire le lien entre le pas p et la distance L_k séparant une frange brillante d'ordre k de la frange centrale d'ordre 0.		
		- J'ai compris les grandeurs à mesurer et celles à calculer.		
		- J'ai su extraire les formules permettant de calculer le pas du réseau à partir des mesures de L et D .		
		- J'ai compris qu'il fallait réaliser plusieurs mesures pour plus de précision.		
		- J'ai compris qu'il fallait tracer la droite $\sin(\theta_k)$ en fonction de k dont le coefficient directeur est lié au pas p .		
		- J'ai réalisé un schéma du montage.		
		- J'ai réalisé un schéma montrant comment calculer $\sin(\theta_k)$ à partir de L_k et D .		
		- J'ai présenté clairement les cinq étapes : <ol style="list-style-type: none"> 1. Réalisation du montage adapté. 2. mesure des L_k pour chaque frange visible. 3. Calcul de $\sin(\theta_k)$ à partir de L_k et D. 4. Tracé de $\sin(\theta_k)$ en fonction de k 5. Détermination du coefficient directeur de la droite et calcul de p. 		
		- J'ai identifié les sources d'erreurs possibles.		
		- J'ai extrait les formules permettant de calculer l'incertitude sur p .		
Réaliser	Mettre en œuvre un protocole pour résoudre un problème scientifique.	- J'ai su faire correctement le montage en disposant l'écran parallèlement au réseau ou CD et perpendiculairement à la direction du faisceau LASER.		
		- J'ai su mesurer précisément la distance D .		
		- J'ai su mesurer avec précision les valeurs des L_k .		
		- J'ai su rentrer les données dans un tableur avec les unités adaptées.		
		- J'ai su faire calculer les grandeurs adaptées par le tableur.		
		- J'ai su réaliser la représentation graphique adaptée à l'aide du tableur.		
		- J'ai su modéliser les points de mesure par une fonction linéaire pour trouver le coefficient directeur.		
		- J'ai su valider mes mesures à l'aide d'une incertitude relative.		
		- J'ai estimé l'incertitude sur la mesure de p .		