

TP : CD, DVD, Blu-Ray, quel disque choisir pour stocker ses fichiers ?

PROBLEMATIQUE : Les disques optiques font indubitablement partie de notre vie quotidienne depuis un bon nombre d'années : on écoute un CD audio dans la voiture, on regarde un DVD pour une soirée cinéma à la maison, on décide de passer au Blu-Ray pour profiter de la haute définition... Ces disques nous sont ainsi devenus très familiers, mais que sait-on d'eux finalement ?

Une personne, même néophyte, saurait donner quelques éléments de réponse : on les lit grâce à un laser, ils donnent de belles couleurs comme l'arc en ciel quand on regarde la lumière qu'ils réfléchissent, ils n'ont pas tous la même capacité de stockage, il existe des CD inscriptibles et des réinscriptibles, etc. Mais qu'en est-il si on pousse un peu plus loin le questionnement ? [...]

Pourquoi un DVD permet de stocker beaucoup plus de données qu'un CD ?

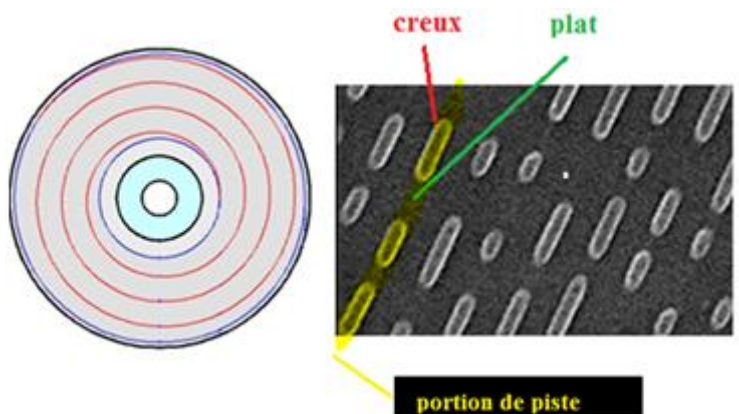
D'après l'article "Etude comparée d'un CD, d'un DVD d'un Blu-ray" du BUP (bulletin de l'union des physiciens) N°934

DOC.1 : DISQUE OPTIQUE

Les disques optiques ont un diamètre de 12 cm (format standard). Ils sont constitués d'une galette de polycarbonate recouverte d'une fine couche d'aluminium, en général protégée par un film de laque.

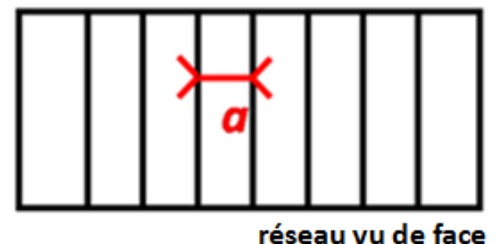
Sur cette galette des successions de creux et de plats sont disposés en spirale. Cette spirale constitue la piste.

Plus la piste est longue, plus le disque optique peut contenir d'informations.



DOC.2 : DISQUE OPTIQUE, UN RESEAU PAR REFLEXION

Un **réseau** 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 noté "a".

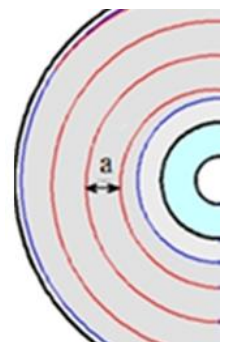


Le disque optique de par sa structure se comporte comme un réseau en réflexion. Les portions de piste jouent le rôle des fines rayures réfléchissantes.

La distance entre deux portions consécutives de piste est appelé le **pas de disque optique** et est noté "a".

Si on éclaire par un faisceau laser une partie du disque optique, chaque portion de piste du disque diffracte la lumière incidente, en la renvoyant dans de multiples directions.

Les ondes diffractées par ces portions de piste vont alors **interférer** entre elles : l'onde résultante aura une intensité lumineuse non négligeable uniquement si toutes les **ondes diffractées sont en phase**. Dans les autres directions, l'intensité est trop faible pour être visible.

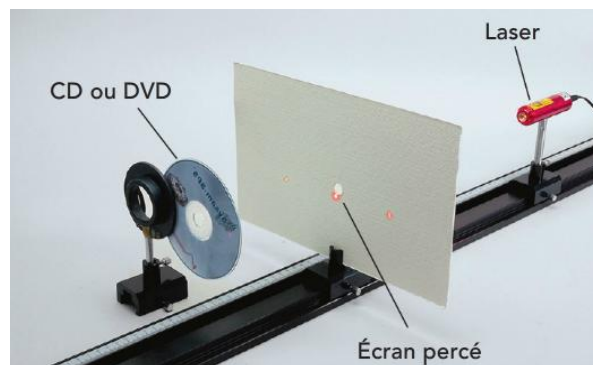


DOC.3 : MATERIEL MIS A DISPOSITION ET DISPOSITIF EXPERIMENTAL

- un CD, un DVD
- un écran percé
- un laser vert de longueur d'onde $\lambda = 532 \text{ nm}$



Ne jamais regarder directement le faisceau laser.
Ne pas le diriger vers une autre personne.
Faire attention aux réflexions du faisceau.
Risque de lésions irréversibles sur la rétine !



Doc.4 : Le pas de disque optique a , la distance x entre les deux premières taches de part et d'autre de la tache centrale (taches d'ordre 1 et -1) et la distance D entre le disque et l'écran sont reliés par :

$$a = \lambda \sqrt{1 + \frac{4D^2}{x^2}}$$

avec λ la longueur d'onde de la radiation lumineuse émise par le laser

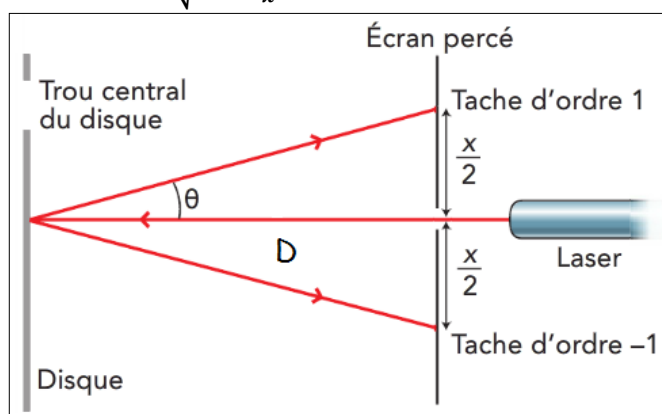


Schéma du montage

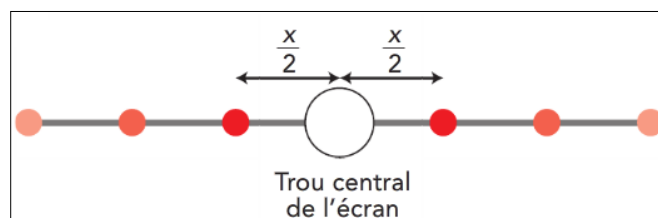


Figure d'interférences observée sur l'écran
(la tache centrale se trouverait au niveau du trou de l'écran)

Doc.5 : LOGICIEL GUM, LOGICIEL DE CALCUL D'INCERTITUDES

Vocabulaire spécifique :

Grandeur de sortie : grandeur que l'on cherche

Mesurande d'entrée : grandeur mesurée ou donnée

Estimateur : valeur du mesurande

Bienvenue	Expression de la grandeur de sortie	Grandeurs d'entrée
Symbole grandeur de sortie:		<input type="text" value="a"/>
Symbole de l'unité:		<input type="text" value="m"/>
Expression en fonction des mesurandes d'entrée:		
<input type="text" value="lambda*sqrt(1+4*D^2/x^2)"/>		

- 1a) Quelles sont les sources secondaires responsables des interférences observées ? (APP)
- 1b) Quel type d'interférences permet d'observer des taches brillantes sur l'écran ? (RCO)
- 2) Vérifier l'homogénéité de l'expression donnée dans le doc.4. (REA)
- 3) Réaliser les mesures nécessaires pour déterminer le pas de disque optique pour les 2 disques. (REA)
- 4a) Calculer les incertitudes sur x , D et λ , notées respectivement $U(x)$, $U(D)$ et $U(\lambda)$ sachant que :
 - le constructeur du laser indique une tolérance de 1,5 pm.
 - l'incertitude sur une mesure comportant plusieurs sources d'erreurs vaut $U(M) = \sqrt{U^2(M)_1 + U^2(M)_2 + \dots}$
 S'aider de l'AP n°1 ou de la fiche B p585. (VAL)
- 4b) - Lancer l'application Gum MC présente dans le dossier Sciences physiques.
 - Charger le fichier TP24.gum2.
 - Cliquer sur l'onglet Grandeurs d'entrée.
 - Compléter les colonnes Estimateur / Incertitude, en saisissant les valeurs en mètre.
 - Valider et calculer. (REA)
- 4c) Pour chaque disque, relever le résultat de la mesure de a , pour un niveau de confiance de 95%. (COM)
- 5) Répondre à la problématique. (VAL)

TP : CD, DVD, Blu-Ray, quel disque choisir pour stocker ses fichiers ?

Objectifs

Mettre en œuvre un protocole expérimental utilisant un laser comme outil d'investigation
Pratiquer une démarche expérimentale visant à étudier quantitativement le phénomène d'interférences dans le cas des ondes lumineuses

Capacités travaillées

APP	Rechercher, extraire et organiser l'information utile
RCO	Restituer et appliquer des connaissances
REA	Suivre un protocole, réaliser un dispositif expérimental Effectuer des mesures avec précision Respecter les règles de sécurité Utiliser le matériel (dont l'outil informatique) de manière adaptée Effectuer un calcul, utiliser la calculatrice
VAL	Estimer l'incertitude d'une mesure unique ou d'une série de mesures Exploiter et interpréter des observations, des mesures, des résultats
COM	Présenter un résultat (symbole-unité-chiffres significatifs-notation scientifique).

1a) Quelles sont les sources secondaires responsables des interférences observées ?

(APP)

Les portions de piste jouent le rôle de sources secondaires.

1b) Quel type d'interférences permet d'observer des taches brillantes sur l'écran ?

(RCO)

Des interférences constructives permettent d'observer une tache brillante sur l'écran.

2) Vérifier l'homogénéité de l'expression donnée dans le doc.4.

(REA)

$$a = \lambda \sqrt{1 + \frac{4D^2}{x^2}}$$

a s'exprime en m

λ s'exprime en m

$\frac{4D^2}{x^2}$ n'a pas d'unité $\Rightarrow \sqrt{1 + \frac{4D^2}{x^2}}$ non plus

$\lambda \sqrt{1 + \frac{4D^2}{x^2}}$ s'exprime donc en m

La relation est donc homogène.

3) Réaliser les mesures nécessaires pour déterminer le pas de disque optique pour les 2 disques. (REA)

Il faut d'abord réaliser le montage du doc.3 pour observer sur l'écran la figure d'interférences, après réflexion de la lumière sur un CD ou DVD.

Attention à la position et à l'orientation du disque :

- le faisceau laser doit arriver à la même hauteur que le centre du disque
- le faisceau laser doit arriver en incidence normale sur le disque. Pour cela, il faut que le faisceau réfléchi revienne sur le laser par le trou de l'écran.

CD	DVD
D = 27,1 cm x = 19,3 cm	D = 24,7 cm x = 51,5 cm
$a = 532.10^{-9} \sqrt{1 + \frac{4 \times 27,1^2}{19,3^2}}$ $a = 1,59.10^{-6} m = 1,59 \mu m$	$a = 532.10^{-9} \sqrt{1 + \frac{4 \times 24,7^2}{51,5^2}}$ $a = 7,37.10^{-7} m = 0,737 \mu m$

- 4a)** Calculer les incertitudes sur x , D et λ , notées respectivement $U(x)$, $U(D)$ et $U(\lambda)$ sachant que :
- le constructeur du laser indique une tolérance de 1,5 pm.
 - l'incertitude sur une mesure comportant plusieurs sources d'erreurs vaut $U(M) = \sqrt{U^2(M)_1 + U^2(M)_2 + \dots}$
- S'aider de l'AP n°1 ou de la fiche B p585. (VAL)

$$U(\lambda) = \frac{2t}{\sqrt{3}} = \frac{2 \times 1,5}{\sqrt{3}} = 1,73 \text{ pm (soit 2 pm)}$$

Pour la mesure de D , on effectue une **erreur de double lecture**.

Sur la règle, **une graduation correspond à 1 mm**.

$$U(D) = \sqrt{2} \times \frac{2 \text{ graduations}}{\sqrt{12}} = 0,816 \text{ mm (soit 0,9 mm)}$$

Pour la mesure de x , on effectue une **erreur de double lecture et une erreur de double pointage** :

$$U_{\text{dble lecture}}(x) = \sqrt{2} \times \frac{2 \text{ graduations}}{\sqrt{12}} = 0,816 \text{ mm}$$

$$U_{\text{dble pointage}}(x) \approx 2 \text{ mm}$$

$$U(x) = \sqrt{U^2_{\text{dble lecture}}(x) + U^2_{\text{pointage}}(x)} = 2,16 \text{ mm}$$

(soit 3 mm)

- 4b)** - Lancer l'application Gum MC présente dans le dossier Sciences physiques.
- Charger le fichier *TP24.gum2*.
 - Cliquer sur l'onglet Grandeurs d'entrée.
 - Compléter les colonnes Estimateur / Incertitude, en saisissant les valeurs en mètre.
 - Valider et calculer.

(REA)

Pour le CD :

Mesurande	Estimateur	Symbole erreur	Type estimation	Incertitude	Descriptif
D	0.271				
		U(D)	B	0.000816	Incertitude liée à la double lecture
LAMBDA	5.32E-7				
		U(LAMBDA)	B	1.73E-12	Incertitude liée à la tolérance
x	0.193				
		U(x)	B	0.00216	Incertitude liée à la double lecture et au pointage

Pour le DVD :

Mesurande	Estimateur	Symbole erreur	Type estimation	Incertitude	Descriptif
D	0.247				
		U(D)	B	0.000816	Incertitude liée à la double lecture
LAMBDA	5.32E-7				
		U(LAMBDA)	B	1.73E-12	Incertitude liée à la tolérance
X	0.515				
		U(x)	B	0.00216	Incertitude liée à la double lecture et au pointage

4c) Pour chaque disque, relever le résultat de la mesure de a , pour un niveau de confiance de 95%. (COM)

Choisir « Ecriture finale : 1 chiffre sur l'incertitude », et
« Taux de confiance à 95% »

Pour le CD :

Intervalles de confiance, calcul approché:

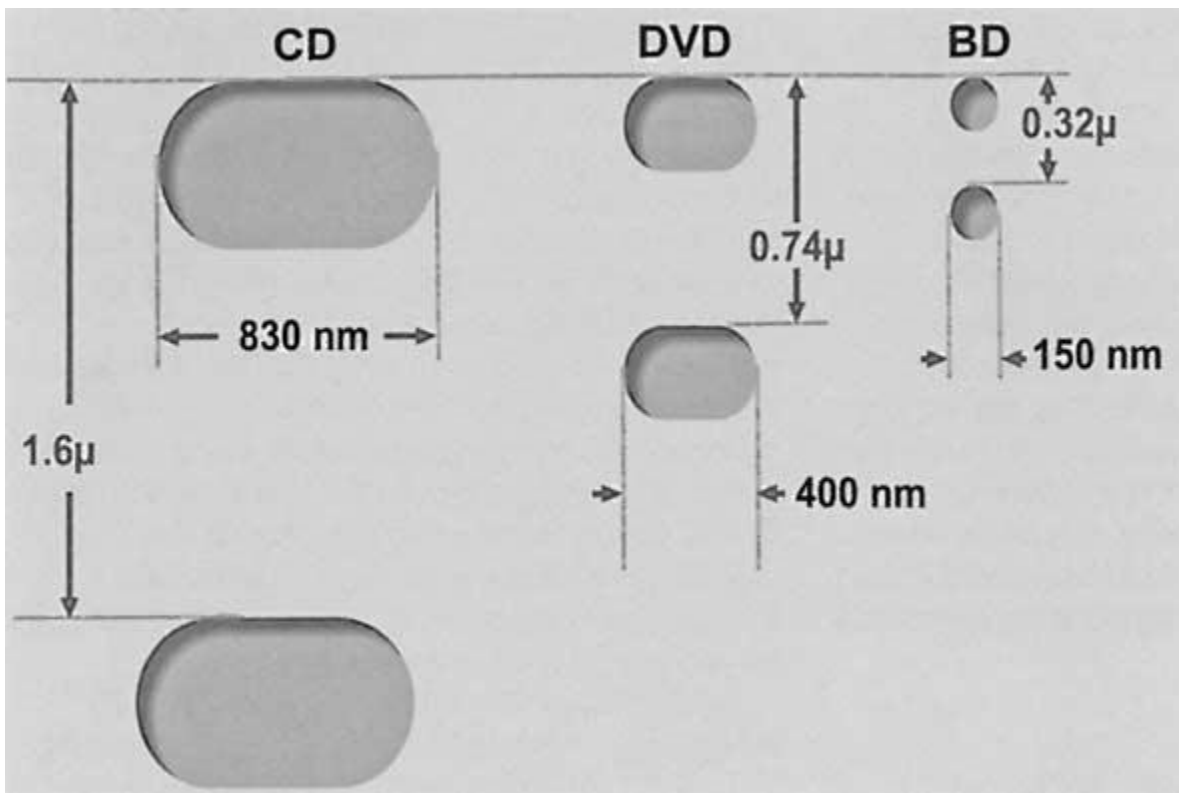
Taux de confiance	Facteur d'élargissement k	Incertitude élargie U	Intervalle [y-U ; y+U]	Ecriture finale (1 chiffre sur incertitude)	Ecriture finale (2 chiffres sur incertitude)
75%	1.15	188E-10 m	[0.0000015671 ; 0.0000016047]	(159±2)E-8m	(1586±19)E-9m
95%	1.96	320E-10 m	[0.0000015539 ; 0.0000016179]	(159±4)E-8m	(1586±32)E-9m
99%	2.58	420E-10 m	[0.0000015439 ; 0.0000016279]	(159±5)E-8m	(1586±42)E-9m

Pour le DVD :

Intervalles de confiance, calcul approché:

Taux de confiance	Facteur d'élargissement k	Incertitude élargie U	Intervalle [y-U ; y+U]	Ecriture finale (1 chiffre sur incertitude)	Ecriture finale (2 chiffres sur incertitude)
75%	1.15	217E-11 m	[0.00000073501 ; 0.00000073935]	(737±3)E-9m	(7372±22)E-10m
95%	1.96	370E-11 m	[0.00000073349 ; 0.00000074088]	(737±4)E-9m	(7372±37)E-10m
99%	2.58	486E-11 m	[0.00000073232 ; 0.00000074204]	(737±5)E-9m	(7372±49)E-10m

CD	DVD
$a = (159 \pm 4) \times 10^{-8} \text{ m}$ $= (1,59 \pm 0,04) \mu\text{m}$	$a = (737 \pm 4) \times 10^{-9} \text{ m}$ $= (737 \pm 4) \text{ nm}$



5) Répondre à la problématique.

(VAL)

La distance entre 2 portions consécutives de piste est plus faible pour le DVD $a_{\text{DVD}} < a_{\text{CD}}$

Les CD et DVD étant de même dimension, la piste est donc plus longue sur le DVD, on peut donc stocker davantage de données sur un DVD.