

T ^{ale} S5 / DS2 / 55 min	REStituer	CALculer	RAisonner	COMmuniqueur
NOM :	/7	/3	/7,5	/2,5

RES	CAL	RAI	COM
-----	-----	-----	-----

Des réponses argumentées et précises sont attendues ; elles pourront être illustrées par des schémas. La qualité de la rédaction, la rigueur des calculs ainsi que toute initiative prise pour résoudre les questions seront valorisées. La calculatrice n'est pas autorisée.

EXERCICE N°1 :

(6,5pts, durée conseillée : 16min)

À partir du début des années 80, le disque audio (CD) a supplanté les vinyles en raison d'une grande facilité d'utilisation et de la quantité d'information stockable. Nous allons, dans un premier temps, étudier un Compact-Disc, puis nous nous intéresserons à la technologie Blu-ray (voir documents 1 et 2 en annexes).

1. Le Compact-Disc :

Lorsque le spot laser se réfléchit autour d'une alvéole, il y a interférences entre la partie de l'onde qui se réfléchit sur le plat et celle qui se réfléchit sur le creux.

1.1 Calculer la différence de chemin parcouru δ entre l'onde qui se réfléchit sur un creux et celle qui se réfléchit sur un plat. (justifier)

*	*	*
---	---	---

1.2 En déduire le type d'interférences (constructives ou destructives) entre l'onde réfléchie par un creux et celle réfléchie par un plat au niveau du capteur. (justifier)

**		*
----	--	---

1.3 Expliquer, grâce au modèle sinusoïdal des ondes monochromatiques, que des ondes puissent se détruire en se superposant.

**		
----	--	--

2. Le Blu-ray :

La technologie Blu-ray a été développée au début des années 2000 afin de commercialiser des films en haute définition. Le principe de fonctionnement est le même que celui d'un CD.

2.1 Quelle doit-être la profondeur d'un creux sur un disque Blu-ray ? (justifier)

		*	*
--	--	---	---

2.2 Pourquoi ne peut-on pas lire un disque Blu-ray avec un lecteur de CD ?

		*	*
--	--	---	---

2.3 Pourquoi le Blu-ray permet-il de stocker plus d'informations qu'un CD ?

		*	
--	--	---	--

Bonus (suite de la question 2.3) : Peut-on encore augmenter cette capacité de stockage sans modifier la taille du disque ? Quels Lasers faudrait-il utiliser dans ce cas ? (justifier)

EXERCICE N°2 :

(5pts, durée conseillée : 16min)

Une lumière monochromatique est émise par un laser de longueur d'onde 560 nm. Cette lumière pénètre dans une fente d'ouverture a située à une distance D d'un écran blanc. On observe alors sur l'écran une tache centrale de largeur L (voir doc.1) :

Doc. 1 :

Doc. 2 :

$\frac{1}{a}$ (en 10^4 m^{-1})	θ (en 10^{-2} rad)
0	0
1	0.6
1.5	0.8
2	0.9
2.5	1.4
5	2.8

1. Condition d'obtention :

- 1.1. Comment se nomme le phénomène mis en évidence ici ?
- 1.2. A quelle condition peut-on observer ce phénomène ?
- 1.3. Donner la relation reliant θ et a .

2. Etude graphique :

- 2.1. On modifie l'ouverture a de la fente et on trace alors la courbe donnant $\theta = f(1/a)$ (voir doc. 2). Montrer que la courbe obtenue est en accord avec la formule donnée à la question 1.3.
- 2.2. Retrouver, grâce à ce graphe, la longueur d'onde du laser.

EXERCICE N°3 :

(8,5pts, durée conseillée : 16min)

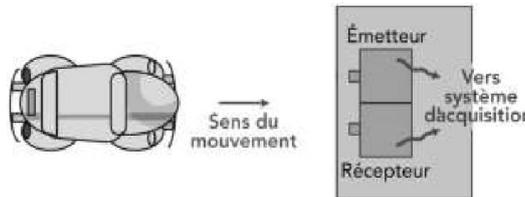
Les radars de contrôle routier émettent des ondes centimétriques de fréquence $f_0 = 20,0$ GHz. Celles-ci se réfléchissent sur le véhicule de vitesse v se rapprochant du radar qui les renvoie alors vers l'appareil. Une photographie du véhicule est prise en cas de vitesse excessive.



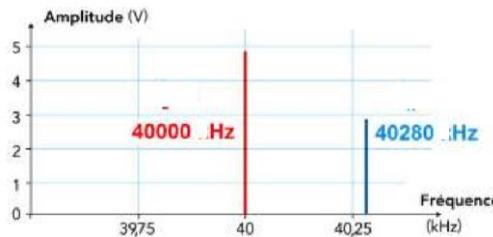
- 1. Qu'appelle-t-on effet Doppler ? Illustrer cet effet par un exemple de la vie courante.
- 2. Le radar émet une onde de fréquence f_0 . La fréquence f'_0 perçue par la voiture en mouvement est-elle supérieure ou inférieure à f_0 ? (on voit sur la photo que la voiture s'éloigne du radar)

- 3. Justifier (à l'aide d'un calcul) que les ondes électromagnétiques utilisées par les radars routiers appartiennent au domaine des ondes « centimétriques ».

Un groupe d'élèves décide de modéliser le principe de cette mesure en utilisant des ultra-sons. Ils placent ainsi un émetteur et un récepteur côte à côte en face d'une voiture jouet en mouvement (figure ci-contre).



- 4. On note f_E la fréquence de l'onde ultrasonore émise par l'émetteur et f_R la fréquence de l'onde perçue par le récepteur après réflexion sur la voiture. Une analyse des signaux donne les représentations spectrales ci-contre. Identifier les deux fréquences.



- 5. On propose différentes formules reliant les vitesses de l'onde v_{US} et de la voiture v :

(A) $f_R = f_E \times \left(\frac{2 \times v}{v_{US}} + 1\right)$ (B) $f_R = f_E \times \left(v - \frac{2 \times v}{v_{US}}\right)$ (C) $f_R = f_E \cdot \left(1 - \frac{2 \times v}{v_{US}}\right)$ (D) $f_R = v \times \left(f_E - \frac{2 \times v}{v_{US}}\right)$

- 5.1. Quelle sont les formules homogènes du point de vue des unités ? Quelle est celle correspondant à l'expérience réalisée ? (justifier)
- 5.2. Calculer la vitesse de la voiture jouet.

Données :

Célérité d'une onde électromagnétique dans l'air : $c = 3,00 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$
 Célérité d'une onde sonore dans l'air : $v_s = 340 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$
 Aide aux calculs : $40000/40280 = 0,99$; $40280/40000 = 1,01$

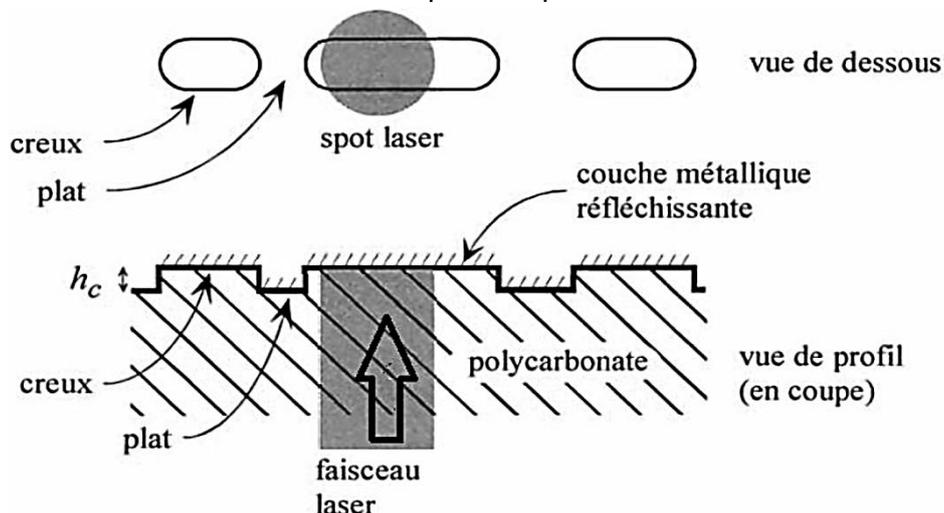
Bon travail !

*			
**			
**			
		*	*
**	**	*	
*			
*	*	*	*
		*	
**		**	*
**	**	**	

Documents de l'exercice 1

Document 1 : Principe optique de lecture d'un CD

La piste physique est constituée d'alvéoles d'une largeur de $0,67 \mu\text{m}$, d'une profondeur $h_c = 0,125 \mu\text{m}$ et de longueur variable. On nomme « creux » le fond d'une alvéole et « plat » l'espace entre deux alvéoles.

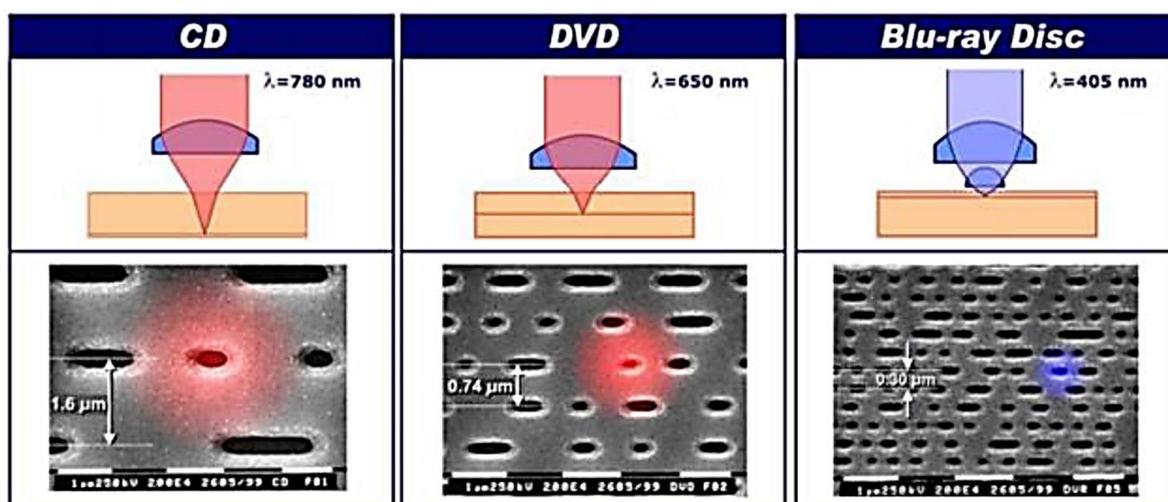


La tête de lecture est composée d'un laser émettant un faisceau lumineux et d'une cellule photoélectrique chargée de capter le faisceau réfléchi. Le laser utilisé pour lire les CD a une longueur d'onde $\lambda_0 = 780 \text{ nm}$ dans l'air et $\lambda = 503 \text{ nm}$ dans le polycarbonate.

La profondeur h_c des creux est liée à la longueur d'onde λ du laser dans le polycarbonate par : $h_c = \lambda / 4$

La vitesse de propagation de la lumière émise par le laser dans le polycarbonate vaut $1,93 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$.

Document 2 : Comparaison entre CD, DVD et Blu-ray



Type de support	CD	DVD	Blu-ray
Longueur d'onde dans l'air	780 nm	650 nm	405 nm
Longueur d'onde dans le polycarbonate	503 nm	419 nm	261 nm
Capacité de stockage	700 Mo	4,7 Go	25 Go
Distance entre pistes	1,6 μm	0,74 μm	0,3 μm
Largeur du faisceau	2,1 μm	1,2 μm	0,6 μm

CORRECTION

Exercice 1

1.1 L'onde qui se réfléchit au fond d'un creux parcourt une distance supplémentaire $\delta = 2h_c$ par rapport à l'onde qui se réfléchit sur un plat. Donc : $\delta = 2 \times 0,125 \times 10^{-6} = 2,5 \times 10^{-7} \text{ m}$

1.2 Les interférences sont destructives si $\delta = (2k+1) \cdot \lambda / 2$ et constructives si $\delta = k \cdot \lambda / 2$
Ici $\lambda = 503 \text{ nm}$ donc $\delta = \lambda/2$ et on en déduit que les interférences sont destructives ($k=0$).

1.3 Si les ondes se superposent en un point de l'espace où leur différence de marche δ est telle qu'elles sont en opposition de phase, alors le max d'amplitude de l'une s'ajoute au min d'amplitude de l'autre et l'amplitude résultante est nulle.

2.1 Pour le blu-ray, la longueur d'onde dans le polycarbonate vaut $\lambda = 261 \text{ nm}$. Sachant que $h_c = \lambda/4$ alors la profondeur d'un creux sur un disque Blu-ray est : $h_c = 261/4 = 65,3 \text{ nm}$

2.2. La longueur d'onde du lecteur de CD n'est pas adaptée à la profondeur des creux du Blu-ray donc les interférences ne pourraient pas produire.

Par ailleurs, le faisceau du laser serait trop large pour lire une seule piste du Blu-ray à la fois.

2.3. Il contient plus de « creux » : les creux sont plus petits et plus resserrés

Bonus :
Pour augmenter la quantité d'informations il faudrait plus de creux, plus petits et plus resserrés. Dans ce cas le faisceau laser devrait être plus focalisé, or on atteint une limite due à la diffraction => il faudrait utiliser un laser de longueur d'onde plus petite ($\theta = \lambda / a$).

Exercice 2

1.1. Diffraction

1.2. a doit être de l'ordre de grandeur de λ

1.3. $\theta = \lambda / a$

2.1. Sachant que la représentation de θ en fonction de $1/a$ est modélisée par une droite passant par l'origine, on en déduit que θ est proportionnel à $1/a$, ce qui est en accord avec la formule donnée en 1.3.

2.2. $\theta = \lambda \times 1/a$ donc λ correspond au coefficient directeur du graphique :

Pour un point P de la droite : coeff. direct. = y_p / x_p

AN: On choisit P ($2,2 \cdot 10^{-2}$; $4,0 \cdot 10^4$) => coeff. direct. = $2,2 \cdot 10^{-2} / 4,0 \cdot 10^4 = 0,55 \cdot 10^{-6} \text{ m} = 5,5 \cdot 10^2 \text{ nm}$

=> on retrouve la valeur de λ (aux erreurs de mesure près)

Exercice 3

1. L'effet Doppler correspond au fait qu'une onde émise à une fréquence f est perçue à une fréquence f' différente lorsque l'émetteur et le récepteur sont en mouvement relatif.

Ex: le klaxon d'une voiture paraît plus aigu ou plus grave selon qu'elle se rapproche ou s'éloigne de nous.

2. La voiture s'éloigne donc $f'_0 < f_0$

3. Déterminons leur longueur d'onde : $\lambda = c / f$ A.N. $\lambda = 3,00 \cdot 10^8 / 20 \cdot 10^9 = 1,5 \cdot 10^{-2} \text{ m} = 1,5 \text{ cm}$

=> la longueur d'onde a pour unité le « cm » donc ondes « centimétriques »

4. Le jouet se rapproche donc $f_R > f_E$. Ainsi : $f_E = 40000 \text{ Hz}$ et $f_R = 40280 \text{ Hz}$