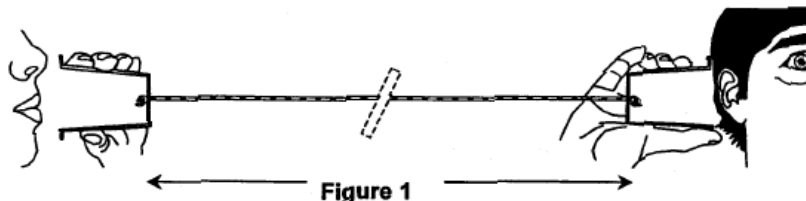


Devoir surveillé n°1 :**Durée : 2h30****Exercice n°1 : Le téléphone "pot de yaourt"**

A l'ère du téléphone portable, il est encore possible de communiquer avec un système bien plus archaïque...



L'onde sonore produite par le premier interlocuteur fait vibrer le fond du pot de yaourt, le mouvement de va et vient de celui-ci, imperceptible à l'œil, crée une perturbation qui se propage le long du fil. Cette perturbation fait vibrer le fond du second pot de yaourt et l'énergie véhiculée par le fil peut être ainsi restituée sous la forme d'une onde sonore perceptible par un second protagoniste. (figure 1)

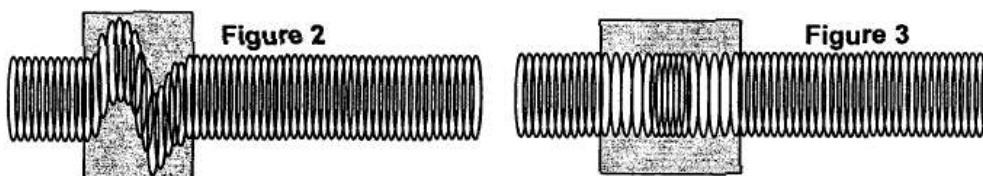
Données: célérité du son dans l'air à 25°C $v_{\text{air}} = 340 \text{ m.s}^{-1}$

A - A propos des ondes

1) Donner les caractéristiques d'une onde sonore. Quel est le domaine audible par un être humain ?

Le fil légèrement élastique peut être modélisé par un ressort à spires non jointives.

Les schémas suivants illustrent les conséquences de deux modes de déformation d'un ressort : l'écartement d'une extrémité du ressort selon une direction perpendiculaire à l'axe de celui-ci produit une onde de cisaillement (figure 2), alors qu'une déformation selon l'axe du ressort produit une onde de compression (figure 3).

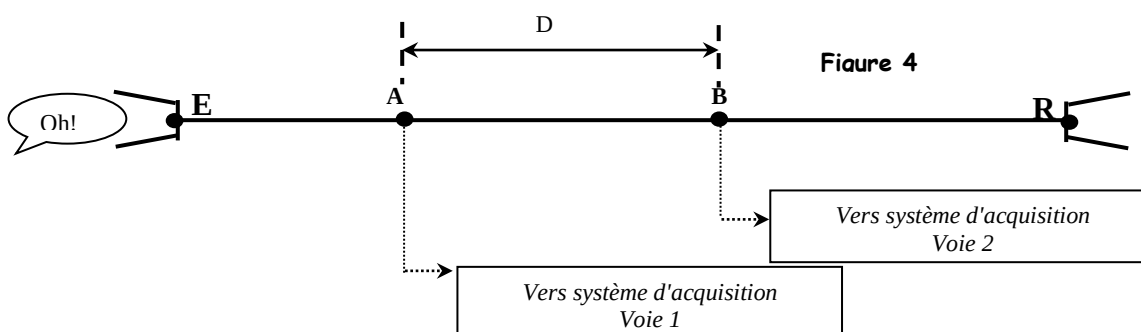


2) Attribuer, à chacune des situations représentées sur les figures 2 et 3, les termes d'onde longitudinale et d'onde transversale. Justifier votre réponse.

Seul le second mode de déformation (figure 3) correspond au phénomène observé sur le fil du dispositif étudié par la suite.

B - CELERITE DE L'ONDE QUI SE PROPAGE LE LONG DU FIL

A 25°C, on réalise le montage suivant (figure 4), afin de mesurer la célérité des ondes sur le fil du dispositif. Deux capteurs, reliés en deux points A et B distants de $D = 20 \text{ m}$ sur le fil du pot de yaourt émetteur E, enregistrent l'amplitude de cette perturbation au cours du temps.



- 1) A partir de l'enregistrement (figure 5), déterminer avec quel retard τ , par rapport au point A, le point B est atteint par le signal.

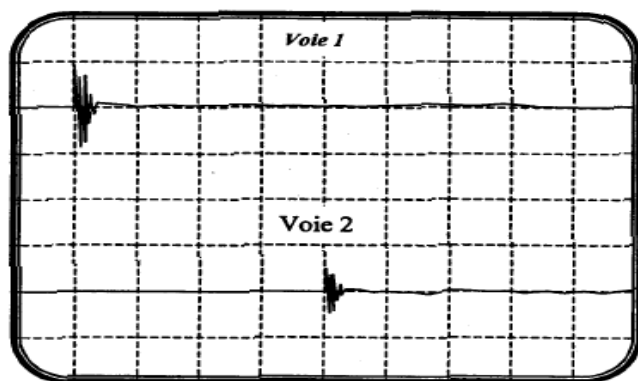


Figure 5

Sensibilité verticale 1 mV / div
Sensibilité horizontale 5 ms / div

- 2) En déduire l'expression de la célérité v de l'onde le long du fil.
3) Calculer sa valeur.
4) Comparer cette valeur à celle de la célérité du son dans l'air à 25°C. Quelle propriété justifie ce résultat ?
5) Le fil ER de longueur $L = 50$ m est assimilé à un ressort de constante de raideur $k = 20$ N.m⁻¹ et de masse linéique $\mu = 1,0 \cdot 10^{-3}$ kg.m⁻¹. Dans le cas d'un fil, le produit $k.L$ est une constante caractéristique du milieu de propagation. Un modèle simple de la célérité v d'une onde de ce type dans ce fil correspond à l'une des expressions suivantes: (1) $v = \sqrt{\frac{\mu}{k.L}}$ (2) $v = \sqrt{\frac{k.L}{\mu}}$ (3) $v = \frac{k.L}{\mu}$.
Retrouver la bonne expression parmi celle proposées en effectuant une analyse dimensionnelle.

- 6) Calculer la célérité de l'onde sur le fil ER.

Une autre méthode, permettant de déterminer la célérité v de l'onde se propageant dans le fil, consiste à placer, devant le pot de yaourt émetteur, un haut parleur (figure 6) qui émet des ondes sonores sinusoïdales de fréquence f_E . Les ondes sinusoïdales qui se propagent dans le fil ont la même fréquence.

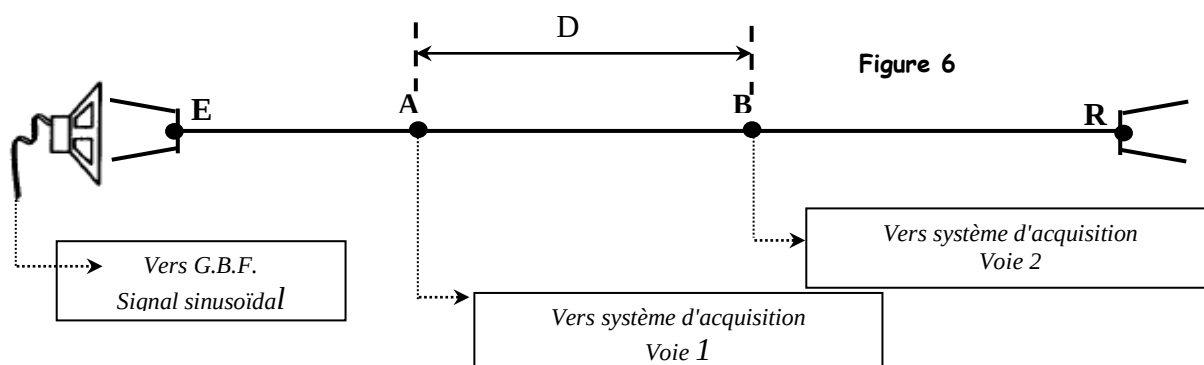


Figure 6

Lorsque la distance D est égale à 20,0 m, on obtient l'enregistrement de la figure 7.

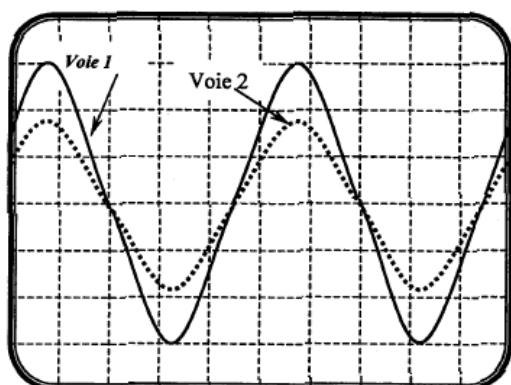


Figure 7

Sensibilité verticale 1 mV / div pour les deux voies
Sensibilité horizontale 1 ms / div

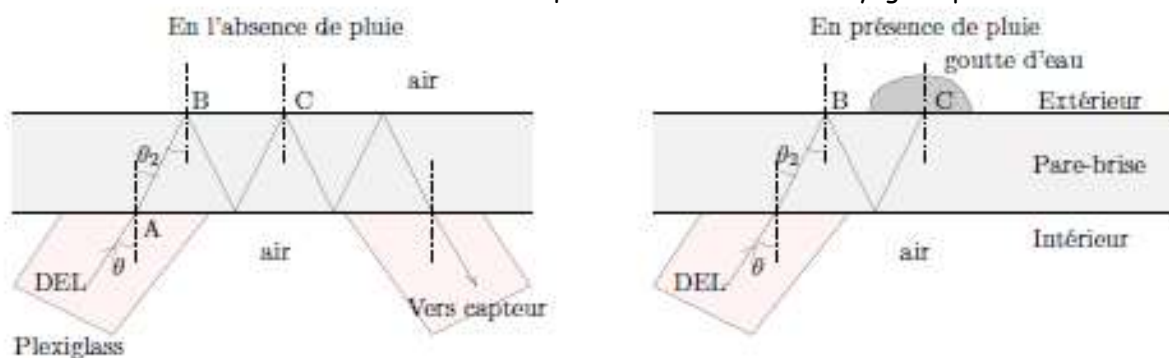
- 7) Comment peut-on expliquer que l'amplitude du signal au point B (voie 2) soit plus faible que l'amplitude du signal au point A (voie 1) ?
- 8) A partir de l'enregistrement de la figure 7, déterminer la fréquence de l'onde qui se propage dans le fil.
- 9) Lorsque l'on éloigne le point B, du point A, on constate que les signaux se retrouvent dans la même configuration pour les valeurs de la distance : $D = 25,0 \text{ m}$, $D = 30,0 \text{ m}$, $D = 35,0 \text{ m}$...
 - a) Comment s'appelle cette configuration ?
 - b) Quelle la valeur de la longueur d'onde λ associée à l'onde qui se propage dans le fil, justifier.
 - c) En déduire la célérité v de cette onde.
 - d) Représenter l'allure de la courbe que l'on observerait sur la voie 2 si la distance D était égale à $27,5 \text{ m}$.
Comment s'appelle cette configuration ?
- 10) La voix est un signal complexe constitué d'ondes sonores de fréquences différentes. A l'écoute des signaux transmis, le fil ne semble pas être un milieu de propagation notablement dispersif. Qu'est-ce qu'un milieu dispersif ? Quelle serait la conséquence sur les signaux reçus si le fil qui constitue le dispositif était un milieu de propagation très dispersif ?
- 11) L'antenne d'un téléphone portable, émet ou reçoit des ondes électromagnétiques qui ont les mêmes propriétés que la lumière. Quelle différence fondamentale existe-t-il concernant la propagation des ondes du téléphone "pot de yaourt" et celles d'un téléphone portable ?

Exercice n°2 : Détecteur de pluie (ATS 2012)

De nombreux dispositifs d'aide à la conduite sont apparus ces dernières années, comme par exemple la détection automatique de la pluie qui commande la mise en route des essuie-glaces.

Disposé à l'intérieur du véhicule, une diode électroluminescente DEL projette un faisceau lumineux sur le pare-brise. Un capteur reçoit et mesure en permanence la lumière réfléchi.

Plus il y a d'eau sur la vitre, moindre est la réflexion. Le capteur de pluie pilote ainsi l'essuie-glace en fonction de la quantité d'eau détectée et sélectionne automatiquement la vitesse d'essuyage la plus efficace.



Etude de la propagation du rayon lumineux dans le pare-brise d'une voiture.

Les rayons lumineux émis par la diode électroluminescente se propagent jusqu'au pare-brise dans du plexiglass d'indice optique $n_p = 1,50$. Les rayons sont dirigés vers le pare-brise avec un angle d'incidence de $\theta = 50^\circ$.

On supposera que le pare-brise est en verre d'indice optique $n_v = 1,55$.

L'indice optique de l'eau est $n_E = 1,33$ et celui de l'air $n_A = 1$.

- 1) Énoncer les lois de Descartes.
- 2) Calculer la valeur de θ_2 l'angle de réfraction au point A.
- 3) En l'absence de pluie, déterminer l'angle d'incidence limite au point B permettant à un rayon lumineux de se réfracter dans l'air.
- 4) Existe-t-il un rayon réfracté au point B en l'absence de pluie ?
- 5) En présence d'une goutte de pluie, existe-il un rayon réfracté au point C ? Justifier.
- 6) Expliquer pourquoi plus il y aura de gouttes sur le pare-brise, moins l'intensité lumineuse reçue par le capteur sera importante.

Exercice n°3 : Le principe de la lecture d'un disque optique (CD, DVD, BluRay...)

Inventé en 1982 par les sociétés Sony et Philips, le CD (Compact Disc) est un disque optique de 12 cm de diamètre et de 1.2 mm d'épaisseur permettant de stocker des informations numériques.

Les CD audio et CD-ROM sont constitués de 4 couches (figure 1)

- un substrat en matière plastique (polycarbonate) pourvu de creux obtenus par pressage
- une fine pellicule métallique (or ou argent) constituant la couche réfléchissante
- une couche de laque acrylique anti-UV créant un film protecteur pour les données
- une couche en polymère servant de support aux informations imprimées

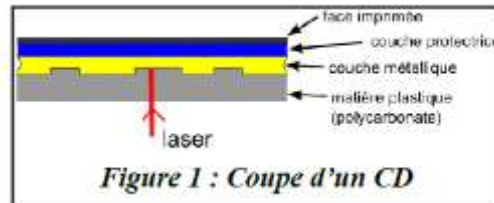


Figure 1 : Coupe d'un CD

Les données sont gravées sur une piste en forme de spirale qui fait près de 5 km de long, du centre vers l'extérieur (figure 2).

La piste est constituée d'alvéoles d'une profondeur de 0,12 μm , d'une largeur de 0,67 μm et de longueur variable. On nomme creux (*pit en anglais*) le fond de l'alvéole et on nomme plat (*land en anglais*) les espaces entre les alvéoles (figure 3 et 4). Pour coder des données numériques, il faut une série de 0 et de 1. Tous les creux et plats sont des « 0 » et c'est le passage d'un creux à un plat (ou l'inverse) qui représentera un « 1 ».

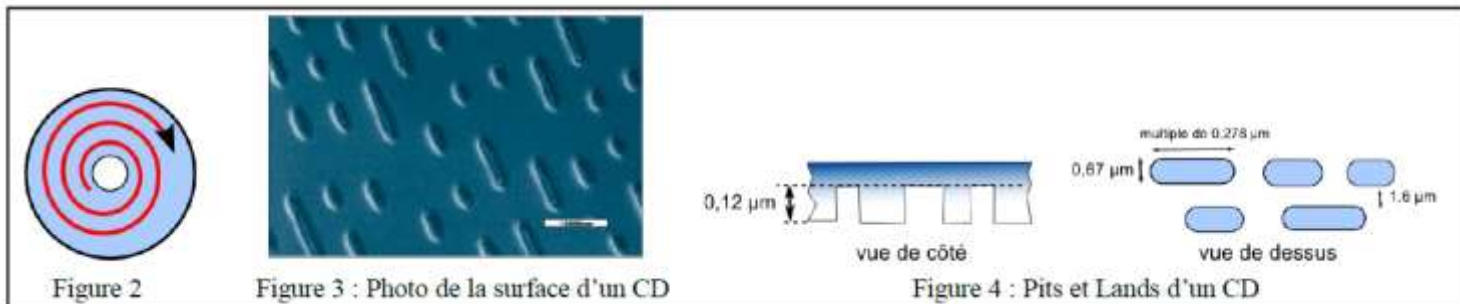


Figure 2

Figure 3 : Photo de la surface d'un CD

Figure 4 : Pits et Lands d'un CD

Une diode laser émet un faisceau de longueur d'onde dans le vide $\lambda = 780 \text{ nm}$ (figure 6). Ce faisceau traverse un miroir semi réfléchissant et va frapper la surface du disque sur laquelle il se réfléchit. Le faisceau réfléchi étant relativement « large », ses différentes parties peuvent interférer entre elles.

Selon la nature des interférences, le capteur de lumière peut ainsi repérer les transitions creux/plat.

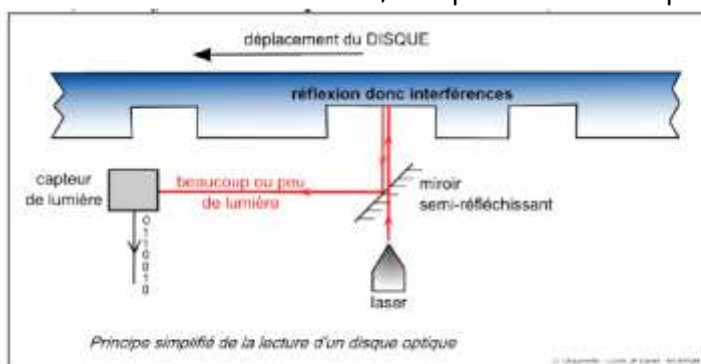


Figure 6

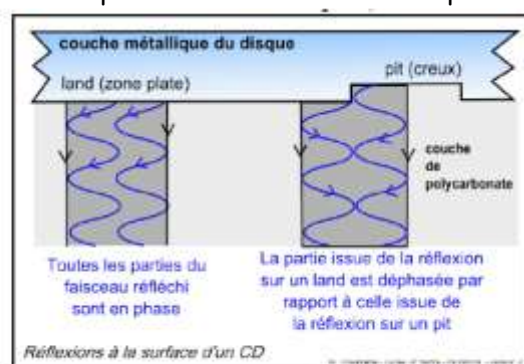
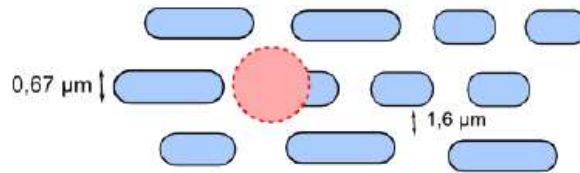


Figure 7

L'indice optique du polycarbonate est $n_p = 1,55$. La célérité de la lumière dans le vide est $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$.

- 1) Calculer la célérité v_p de la lumière dans le polycarbonate.
- 2) Calculer la longueur d'onde λ_p du laser dans le polycarbonate.
- 3) Expliquer pourquoi le capteur peut recevoir « beaucoup ou peu de lumière » (figure 6).
- 4) Expliquer grâce à la figure 7 le principe de fonctionnement du lecteur. Quelle relation doit vérifier la dimension d'un creux pour que suite à une réflexion sur un passage creux/plat les interférences soient destructives ?
- 5) Cette relation est-elle vérifiée ?

- 6) Le bloc optique est constitué d'une diode laser suivi d'une lentille convergente qui a pour rôle de faire converger le faisceau laser. Les diamètres de la diode et de la lentille sont très faibles. On observe une tâche sur le CD (cf. figure ci-dessous). Quel est le phénomène responsable ?



3 pistes vues de dessus

La tâche possède un diamètre qui vérifie la relation : $D = 1,22 \frac{\lambda}{ON}$, ON est l'ouverture numérique, caractéristique du système optique de focalisation. Le spot ne doit évidemment lire qu'une piste à la fois.

- 7) Calculer le diamètre de la tâche pour un CD.
 8) Montrer que, compte tenu des dimensions des pistes du CD, ce diamètre permet une lecture correcte.

Le tableau suivant compare les différents supports : CD, DVD, Blu-ray.

Type de support	CD	DVD	HD-DVD	Blu-ray
Longueur d'onde	780 nm	658 nm	405 nm	405 nm
Ouverture numérique NA	0,45	0,65	0,65	0,85
Capacité	700 Mbits	4,7 Gbits	15 Gbits	23 Gbits
Distance entre pistes	1,6 μm	0,74 μm	0,32 μm	0,4 μm

- 9) Commenter l'évolution de la capacité en fonction des différents supports optiques. Justifier le nom Blu-ray.