2012 Polynésie
EXERCICE 3 : MESURE DE VITESSE À L'AIDE D'UN CINÉMOMÈTRE (4 POINTS)



Un cinémomètre permet la détermination de la vitesse d'un véhicule. Les distances successives séparant le véhicule de l'appareil sont obtenues par la mesure du temps mis par une impulsion laser pour atteindre la cible visée et revenir au cinémomètre après réflexion.

Un compteur électronique de temps est déclenché lorsque l'impulsion est émise par le laser et arrêté lorsque l'impulsion « retour » est détectée. Connaissant le temps d'aller et retour ainsi que la vitesse de la lumière, on en déduit facilement la distance cinémomètre-cible.
Pour connaître la vitesse de la cible, il suffit de répéter ce processus à des intervalles de temps fixes. La variation de distance obtenue par unité de temps donne une valeur très précise de la vitesse.
Le système de mesure de la vitesse est basé sur l'évaluation analytique d'un grand nombre de distances consécutives (plus de 200). La durée d'une mesure normalement conduite est de 360 millisecondes. Durant tout ce temps, l'appareil doit être pointé sur la cible.
Précision de la mesure de vitesse
En deçà de 100 km/h, la précision de l'appareil est de 3 km/h en plus et en moins.
Au-delà de 100 km/h, elle est de 3 % en plus et en moins.

Source : Notice d'utilisation EUROLASER

Données :
- Célérité de la lumière dans le vide : $c = 3{,}00 \times 10^{8}$ m.s^{-1}
- Célérité des ultrasons dans l'air : $v_{son} = 340$ m.s^{-1}
- Constante de Planck : $h = 6{,}63 \times 10^{-34}$ J.s
- 1 ps = 10^{-12} s

1. Ondes mécaniques et lumineuses

1.1. Définir une onde mécanique.

1.2. Le son est une onde longitudinale. Définir cet adjectif.

1.3. La lumière est-elle une onde mécanique ? Justifier votre réponse.

2. Énergie lumineuse

L'impulsion laser est émise par une diode électroluminescente (DEL) d'arséniure de gallium. Lorsqu'on fournit de l'énergie à un électron de ce solide, cet électron passe de l'état E_1 à l'état E_2.
En revenant à l'état E_1, la DEL émet une « particule de lumière ». La longueur d'onde de la radiation correspondante est égale à 904 nm.

2.1. Pourquoi peut-on dire que l'énergie d'un atome est quantifiée ?

2.2. À quel domaine du spectre électromagnétique la radiation émise appartient- elle ? Justifier.

2.3. Déterminer en joules la différence d'énergie ΔE entre les états E_2 et E_1.

3. Mesure de la vitesse d'un véhicule

Le cinémomètre émet des impulsions laser à intervalles de temps réguliers de valeur T = 1,80 ms en direction d'un véhicule se rapprochant.
Lors de la première émission, le véhicule se trouve à une distance d_1. Le cinémomètre mesure la durée Δt_1 entre l'émission et la réception de l'onde.
Lors de la seconde émission, le véhicule se trouve à une distance d_2. Le cinémomètre mesure la durée Δt_2 entre l'émission et la réception de l'onde.

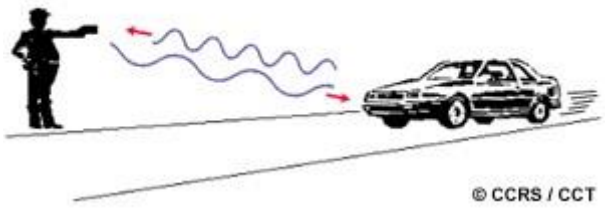
3.1. Exprimer la relation entre la distance d_1, Δt_1 et c la célérité de la lumière dans l'air.

3.2. Démontrer que la vitesse du véhicule est donnée par $v = \dfrac{c.(\Delta t_1 - \Delta t_2)}{2T}$.

3.3. Déterminer l'écart $\Delta t_1 - \Delta t_2$ si la vitesse obtenue est égale à 100 km.h^{-1}.
Cet écart est difficile à mesurer : comment le dispositif améliore-t-il la précision de cette mesure ?

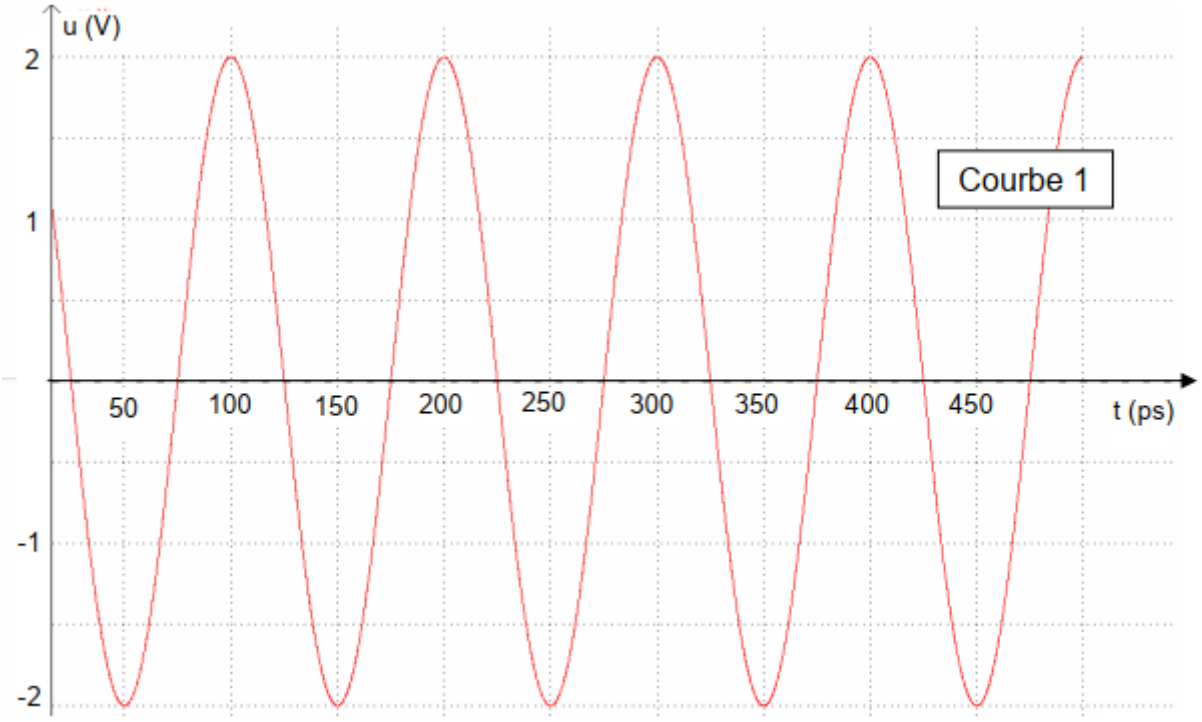
4. Cinémomètre à effet Doppler

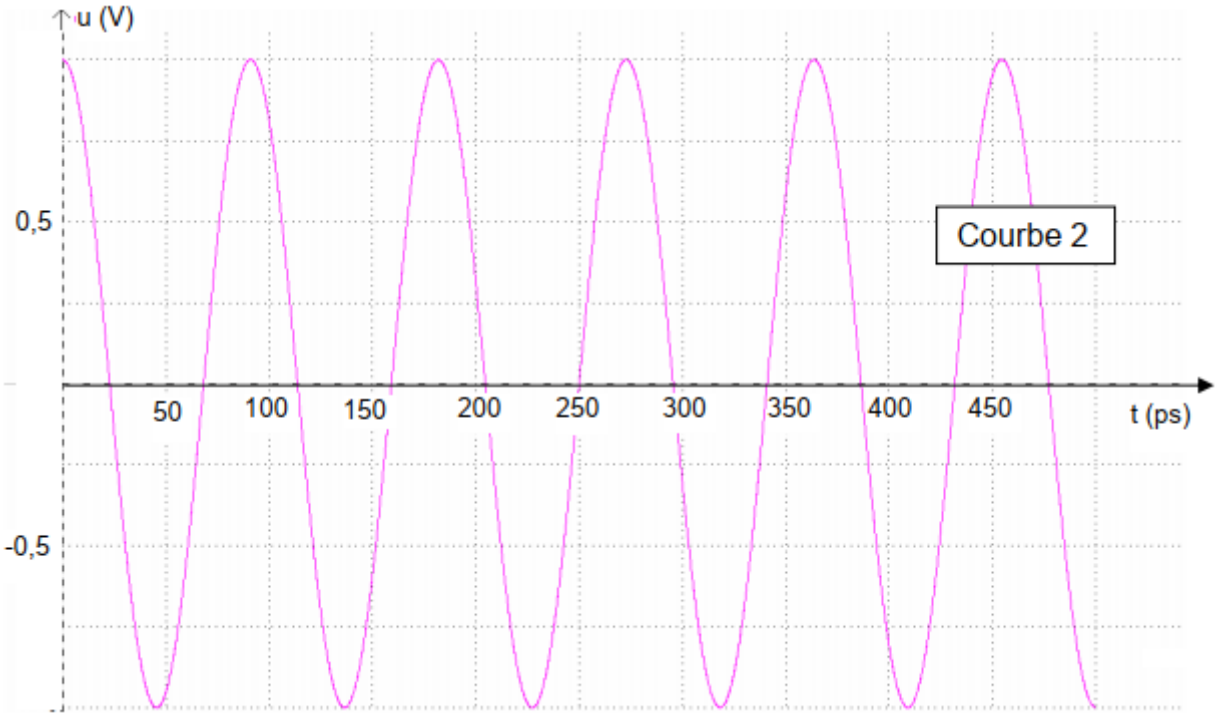
Un cinémomètre à effet Doppler émet des micro-ondes de fréquence f. Ces ondes sont réfléchies par le véhicule en mouvement vers l'émetteur. Le récepteur capte ces ondes de fréquence $f' \neq f$.



La vitesse du véhicule est donnée par $v = v_{son} \cdot \frac{f' - f}{f' + f}$.

Dans une agglomération où la vitesse est limitée à 50 km.h^{-1}, on désire mesurer la vitesse d'un véhicule. L'onde émise et l'onde reçue sont représentées sur les courbes ci-après.
La courbe 1 représente l'onde émise et la courbe 2 l'onde reçue.





Le conducteur du véhicule est-il en infraction ?