

Devoir Maison n° 1

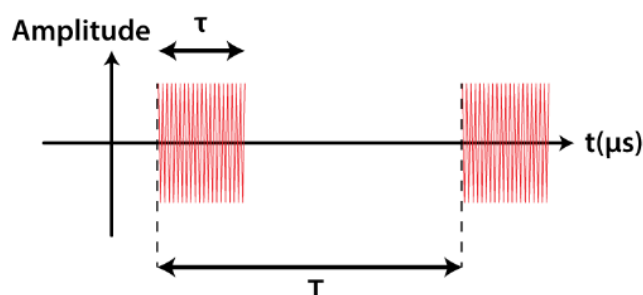
A rendre le mardi 17 septembre

Exercice n°1 : Principe du radar

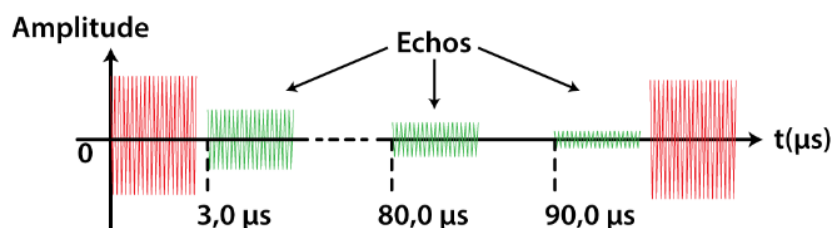
Un radar est un appareil utilisant des ondes radio (ondes électromagnétiques de fréquences comprises entre quelques MHz et 100 GHz) pour détecter la présence d'objets mobiles, et connaître leur position et leur vitesse. On s'intéresse dans la suite à ces mesures de position.

On donne la célérité des ondes électromagnétiques dans le vide : $c = 3.00 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$.

Le radar comporte une antenne qui émet, avec une période T , des impulsions, c'est-à-dire des signaux sinusoïdaux de durée limitée τ . Ces impulsions sont envoyées dans toutes les directions de l'espace. Lorsque l'une d'elles rencontre un objet réfléchissant, elle est renvoyée vers l'antenne, qui sert également de récepteur durant le temps où elle n'émet pas de signal.



Un radar émet des impulsions de fréquence $f = 2.90 \text{ GHz}$ et de durée $\tau = 1.0 \mu\text{s}$ avec une période $T = 100.0 \mu\text{s}$. L'enregistrement ci-dessous montre deux impulsions émises par le radar, et trois échos renvoyés par des objets.



- 1) Calculer la longueur d'onde des ondes émises pendant une impulsion, et le nombre N d'oscillations dans chaque impulsion.
- 2) Déterminer la distance à laquelle se trouvent les différents objets détectés, en supposant que les ondes se propagent à la même célérité que dans le vide. Comment expliquer la différence d'amplitude entre les impulsions envoyées et les échos ?
- 3) Montrer qu'il existe une distance minimale d_m et une distance maximale d_M en dehors desquelles on ne peut pas détecter la position d'un objet. Calculer leur valeur numérique.

Exercice n°2 : Traitement anti-reflet des verres de lentilles

Toute surface vitreuse reflète une partie de la lumière (environ 4% par face). Ces reflets parasites sont une perte de lumière que l'on souhaite éviter. Afin de réduire fortement le pourcentage de flux lumineux réfléchi, les verres des objectifs photographiques peuvent être traités anti-reflet. On recouvre pour cela les verres d'une couche transparente d'indice n (légèrement inférieur à l'indice du verre recouvert) et d'épaisseur e . Le traitement antireflet s'appuie alors sur les phénomènes d'interférence pour minimiser la réflexion.

Sauf indication contraire, on suppose la lumière monochromatique, de longueur d'onde dans le vide λ_0 . On note c la célérité de la lumière dans le vide.

- 1) Rappeler le lien entre la longueur d'onde λ d'une onde progressive, la vitesse de propagation v de l'onde dans le milieu et la fréquence f de l'onde.
- 2) L'indice d'un milieu n est tel que la vitesse de propagation de la lumière dans ce milieu est $v = c/n$. En déduire la relation entre la longueur d'onde λ dans un milieu d'indice n et la longueur d'onde λ_0 dans le vide.
- 3) On considère dans cette question le cas de l'onde incidente arrivant selon la normale au dioptre air/couche anti-reflet. Cette onde donne naissance à une onde réfléchie (1) et à une onde transmise. L'onde transmise arrive alors sur le dioptre couche anti-reflet/verre en donnant naissance à une deuxième onde réfléchie (2) et à une onde transmise (cf figure 1).

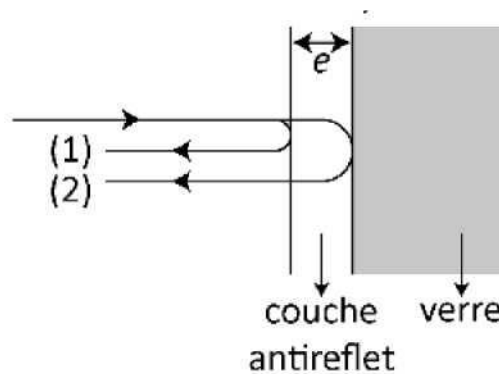


FIGURE 1-Vue en coupe d'un verre traité anti-reflet. Les rayons tracés (correspondants à l'onde incidente, à l'onde réfléchie (1) et à l'onde réfléchie (2)) sont confondus, leurs représentations ont été décalées pour la lisibilité du schéma.

- a) Exprimer, en fonction de e , n et c , le retard temporel τ de l'onde (2) par rapport à l'onde (1) à l'interface air/couche anti-reflet.
 - b) En déduire le déphasage φ de l'onde (2) par rapport à l'onde (1), en fonction de e , n et λ_0 .
 - c) À quelle condition sur e l'amplitude de l'onde réfléchie totale est-elle minimale ?
 - d) L'ingénieur opticien souhaite rendre les interférences destructives pour $\lambda_0 = 570$ nm, (longueur d'onde correspondant au jaune, maximum de sensibilité de l'œil). Il doit choisir entre deux épaisseurs de la couche anti-reflet dont il doit recouvrir les verres : 380 nm ou 475 nm. Sachant que $n = 1,50$, laquelle doit-il choisir ? Justifier.
- 4) Ce genre de traitement anti-reflet a pour conséquence, en lumière naturelle, de provoquer des reflets colorés (magentas). À votre avis, pourquoi ?
 - 5) Même pour une lumière monochromatique à λ_0 , le traitement anti-reflet n'éteint pas tous les rayons réfléchis. Proposer une explication.