

Colle n° 1 : Ondes

Questions de cours :

1. Pour une onde progressive sinusoïdale, donner ses formes mathématiques possibles puis donner la relation entre la fréquence, la célérité et la longueur d'onde. Donner les caractéristiques et les ordres de grandeurs des signaux acoustiques et électromagnétiques. Définir le phénomène de diffraction et le représenter sur un schéma.
2. Définir la propriété des signaux dans un milieu linéaire. Définir le phénomène d'interférences : quelle propriété doit vérifier les sources et quelles sont les conditions d'interférences constructives et destructives. Réaliser un schéma représentant les signaux dans les deux configurations.
3. Définir mathématiquement une onde stationnaire. Sur l'exemple d'une corde fixée des deux côtés, mettre en évidence le fait qu'un système d'onde stationnaire apparaît spontanément, on pourra utiliser la relation $\sin a + \sin b = 2 \sin \left(\frac{b+a}{2} \right) \cos \left(\frac{b-a}{2} \right)$. Définir les fréquences propres et démontrer leur expression. Représenter les modes propres de la corde et les décrire.

Exercice 1 - Unités et champ magnétique :

1. Lorsqu'une charge électrique q se déplace avec une vitesse \vec{v} dans un champ magnétique \vec{B} , elle est soumise à une force de Lorentz

$$\vec{F} = q\vec{v} \wedge \vec{B}.$$

Par analyse dimensionnelle déterminer la dimension et l'unité de B .

2. Lorsque la vitesse de cette charge est perpendiculaire au vecteur \vec{B} , la charge tourne avec une vitesse angulaire ω qui dépend de q , B et m . En utilisant une équation aux dimensions, déterminer une expression possible pour la vitesse angulaire.

Exercice 2 - Unités et dimensions :

1. Quelle est la dimension et l'unité dans le système international de la pression P sachant qu'une pression est une force divisée par une surface.
2. Déterminer la dimension et l'unité des coefficients α et β apparaissant dans l'expression de la force F subie par un objet de masse m , de surface S et de vitesse v d'expression $F = \alpha mv + \beta S v^2$.

Exercice 3 - La tension superficielle :

1. La tension superficielle γ correspond à l'énergie E qu'il faut fournir pour augmenter une surface S de liquide. Dimensionnellement, cela correspond à $E = \gamma S$. Quelle est la dimension et l'unité de γ ?
2. La fréquence de vibration d'une goutte dépend de la tension superficielle γ , de la masse volumique du fluide ρ et du rayon R de la goutte. Donner la dépendance de cette fréquence en fonction de ces paramètres.

Exercice 4 - Propagation d'une onde sinusoïdale : On considère une onde mécanique transversale produite à la position $x = 0$. L'émetteur émet en $x = 0$ un signal $s(t) = 5 \cos(\pi t/5)$ où s s'exprime en cm et t est le temps en seconde.

1. Donner la valeur numérique de l'amplitude S_m , de la période T et de la fréquence f de l'onde émise.
2. Représenter l'allure du signal émis en fonction du temps.
3. Un observateur situé à la position $x = 2$ m de l'émetteur doit attendre 20 s pour recevoir le signal. Quelle est la célérité de cette onde ? En déduire la valeur de la longueur d'onde.

Exercice 5 - Diffraction d'ondes : On indique que, pour un obstacle de taille d , le demi angle au sommet du cône de diffraction est donné par la relation : $\sin\theta \approx \lambda/d$.

1. On utilise un laser rouge de laboratoire $\lambda = 630 \text{ nm}$. Son faisceau est envoyé sur un cache percé d'un trou de forme circulaire de diamètre d . Un écran est situé à une distance de 5m. Pour $d_1 = 100 \mu\text{m}$ et $d_2 = 200 \mu\text{m}$, quel est le diamètre de la tache de diffraction observée au centre de l'écran ?
2. On utilise un émetteur à ultrason (fréquence $\nu = 40 \text{ kHz}$) de diamètre 12mm. Donner l'angle du cône de diffraction de l'émetteur utilisé.

Exercice 6 - Guitare : En musique, la gamme décompose une octave en 12 notes, dont les fréquences sont réparties de manière géométrique, avec une raison $2^{\frac{1}{12}} \approx 1,0595$. Un exemple est donnée dans le tableau ci-dessous :

	Do ₃	Do ₃ #	Ré ₃	Ré ₃ #	Mi ₃	Fa ₃	Fa ₃ #	Sol ₃	Sol ₃ #	La ₃	La ₃ #	Si ₃	Do ₄
f (Hz)	262	277	294	311	330	350	370	392	415	440	466	494	524

On remarque que sur une octave (entre Do₃ et Do₄ dans le tableau, mais aussi entre un Sol et le Sol au dessus, ou tout autre note) la fréquence est multipliée par 2.

Une corde de guitare se modélise comme une corde vibrante de longueur $L = 64,2 \text{ cm}$, tendue entre ses deux extrémités qui sont fixes.

1. Déterminer la célérité c des ondes se propageant dans la corde pour que la fréquence du fondamental (mode $n = 1$) soit un Do₃.
2. Quelle est la note correspondant à l'harmonique 3 ?

Problème - La couche anti-reflet : Lorsque l'on prend une photographie (avec flash) de quelqu'un portant des lunettes, un reflet lumineux est souvent observé. Cet effet peut être supprimé en déposant une fine couche de polymère transparent sur le verre. Une partie de la lumière issue du flash va ainsi se réfléchir sur cette couche. Une autre partie va traverser la couche et se réfléchir quand elle atteindra la surface du verre de la lunette.

Quel ordre de grandeur d'épaisseur doit-on choisir pour cette fine couche afin de supprimer le reflet lumineux ?