TD n° 10 de Physique
Ondes - Interférences

Applications directes du cours

1 Évolution temporelle d'une onde

Soit une onde $p(x,t) = A\ \cos(\omega\, t - k\, x)$. ω, k et A sont trois valeurs constantes.
Tracer l'allure de l'onde aux instants $t = 0$, $t = T/8$, $t = T/4$, $t = T/2$. Faire apparaître la longueur d'onde. Indiquer le sens de propagation. Que peut-on dire de l'onde à $t = T$?

2 Signaux électriques

À quelle vitesse se déplace un signal électrique au sein d'un circuit ? Quelle est donc la longueur d'onde si l'on considère la tension du réseau électrique à une fréquence $f = 50\,\mathrm{Hz}$? Quelle information peut-on en déduire sur les courants et tensions à un instant donné au sein d'un circuit électrique domestique ?

3 Interférences et repères de temps

Soient deux repères décalés de temps t et t' tels que $t' = t + T_0$. On considère deux signaux sinusoïdaux de même pulsation ω, de phase à l'origine φ_1 et φ_2 dans le premier repère de temps.
Combien valent les phases à l'origine dans le second repère ?
L'amplitude du signal somme est-elle identique dans les deux repères ?

4 Sources de fréquences voisines

Deux sources vibratoires ont même amplitude et des fréquences f_1 et f_2 voisines. En un point M où la différence de phase est φ, on écrit

$$u_1(t) = a\ \cos(2\,\pi\, f_1\, t) \qquad \text{et} \qquad u_2(t) = a\ \cos(2\,\pi\, f_2\, t + \varphi)$$

Quel est le mouvement résultant en M ? Tracer le graphe et donner la fréquence f_{batt} des battements en fonction de f_1 et f_2.

Exercices

1 Sources sur un axe ⋆

On considère deux sources S_1 et S_2 alignées sur un axe perpendiculaire à un écran. Les deux ondes sont sinusoïdales de même fréquence f et en phase. Les deux sources sont espacées d'une distance égale à 100 fois la longueur d'onde.

1. Sans calcul (mais avec schéma), peut-on prévoir la forme de la figure d'interférences visible sur l'écran ?
2. L'intersection de l'axe avec l'écran est-il le siège d'interférences constructives ou destructives ? Justifier.

2 Interférences dans l'espace ⋆⋆

On considère deux sources ponctuelles de vibration acoustique, situées en S_1 et S_2. Les deux oscillations sont sinusoïdales, ont mêmes fréquence et amplitude, et sont en phase.

1. Donner l'expression, en un point M et en fonction de S_1M et S_2M, de chaque onde. Quelle est la cause du déphasage entre les deux ondes ?

2. À l'aide de la représentation de Fresnel, donner l'expression de l'amplitude et de la phase à l'origine de l'onde résultante en M.
3. En déduire l'expression en M de cette onde résultante, simplifiée sous la forme d'un produit uniquement.
4. Quelles sont les conditions sur S_1M et S_2M permettant d'obtenir des interférences constructives ? des interférences destructives ? Faire un schéma correspondant, permettant d'expliquer ces résultats.

3 Contraste d'interférences ⋆⋆⋆

On fait interférer deux ondes sinusoïdales de même pulsation, d'amplitude a priori différente

$$s_1(x_1,t) = S_1\,\cos(\omega\,t - k\,x_1 + \varphi_1) \qquad s_2(x_2,t) = S_2\,\cos(\omega\,t - k\,x_2 + \varphi_2) \qquad S_1 \neq S_2$$

où x_1 et x_2 sont les distances respectives entre chaque émetteur et le point où l'interférence est observée.

On cherche à définir l'écart relatif entre les valeurs maximales et minimales observées lorsque le détecteur se déplace. Ce détecteur est sensible à l'*intensité* de l'onde résultante, carré de la valeur efficace, notée I.

1. Exprimer $I_{\max}$ et $I_{\min}$, valeurs extrêmes de I obtenues pour les différents états d'interférences.
2. On souhaite définir un *facteur de contraste* C, qui doit
   - être compris entre 0 et 1
   - être d'autant plus élevé que l'écart entre $I_{\max}$ et $I_{\min}$ est grand

   Montrer que la définition $C = \dfrac{I_{\max} - I_{\min}}{I_{\max} + I_{\min}}$ répond à ces exigences.
3. Exprimer C en fonction du rapport $a = \frac{S_2}{S_1}$ et tracer le graphe correspondant. Commenter la présence du maximum observé.

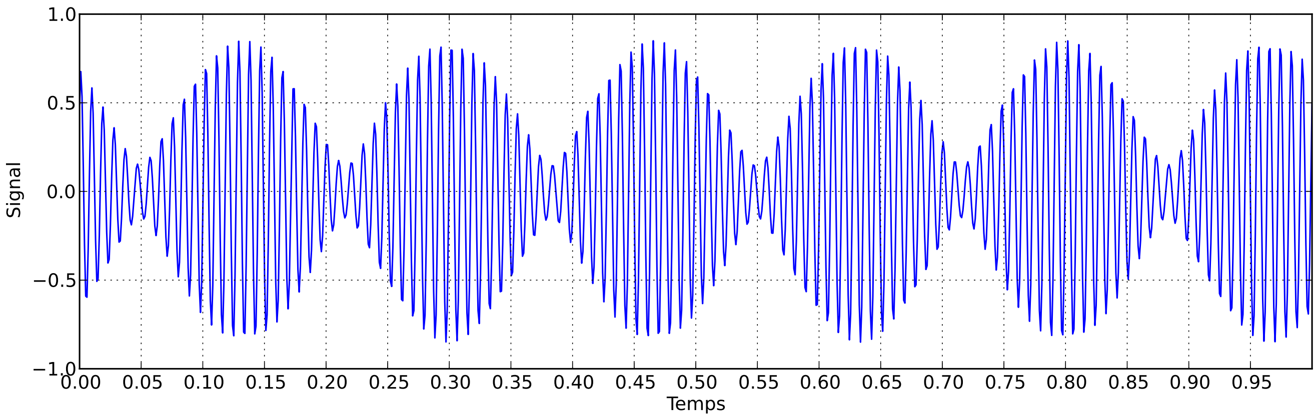
4 Expression de battements ⋆⋆

On considère deux signaux sinusoïdaux s_1 et s_2 de même amplitude S et de pulsations voisines, $\omega_1 < \omega_2$.

1. Exprimer la somme $s(t) = s_1(t) + s_2(t)$ sous la forme d'un produit de fonctions trigonométriques.
2. Déterminer les valeurs extrêmes de l'amplitude de $s(t)$.
3. Déterminer les temps correspondant à ces valeurs. En déduire le lien entre la fréquence des battements et les fréquences des deux signaux.

5 Accordement d'un instrument de musique ⋆⋆

On souhaite accorder un instrument de musique en jouant un La. On dispose d'un diapason vibrant à 110 Hz. On dispose d'un système d'acquisition, et on obtient l'enregistrement ci-dessous.



1. Décrire le dispositif expérimental qui a permis d'obtenir cet enregistrement.
2. L'instrument est-il accordé ?
3. Quelle est la fréquence du son produit par l'instrument ?