

# TD n° 10 de Physique

## Ondes - Interférences

### Applications directes du cours

#### 1 Évolution temporelle d'une onde

Soit une onde  $p(x,t) = A \cos(\omega t - kx)$ .  $\omega$ ,  $k$  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  $f = 50 \text{ Hz}$  ? 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  $\omega$ , de phase à l'origine  $\varphi_1$  et  $\varphi_2$  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  $\varphi$ , on écrit

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

Quel est le mouvement résultant en M ? Tracer le graphe et donner la fréquence  $f_{\text{batt}}$  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 ?

- 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.
- En déduire l'expression en M de cette onde résultante, simplifiée sous la forme d'un produit uniquement.
- 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

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

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  $I$ .

- Exprimer  $I_{\max}$  et  $I_{\min}$ , valeurs extrêmes de  $I$  obtenues pour les différents états d'interférences.
- 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  $C = \frac{I_{\max} - I_{\min}}{I_{\max} + I_{\min}}$  répond à ces exigences.

- Exprimer  $C$  en fonction du rapport  $a = \frac{S_2}{S_1}$  et tracer le graphe correspondant. Commenter la présence du maximum observé.

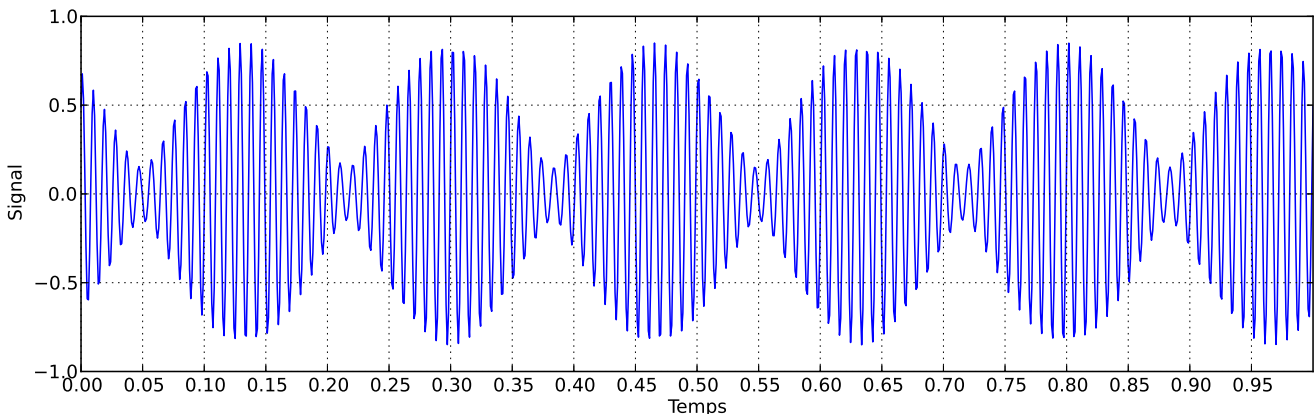
### 4 Expression de battements ★★

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

- Exprimer la somme  $s(t) = s_1(t) + s_2(t)$  sous la forme d'un produit de fonctions trigonométriques.
- Déterminer les valeurs extrêmes de l'amplitude de  $s(t)$ .
- 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.



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