Contrôle de connaissances 13

Ondes progressives et interférences

/5 **1** Soit $g(t) = A\cos(\omega t + \varphi)$ la perturbation en $x = 0$ d'un milieu 1D. L'onde progressive allant vers la droite, démontrer l'expression du signal $s(x,t)$ en fonction de ω, t, k, x et φ. Comment s'appelle k ? L'exprimer en fonction de λ.

L'onde en x est la même qu'en $x = 0$, mais avec un retard dû à son déplacement. Ainsi,

$$s(x,t) = g\left(t - \frac{x}{c}\right) = A\cos\left(\omega\left(t - \frac{x}{c}\right) + \varphi\right) = A\cos\left(\omega t - \frac{\omega}{c}x + \varphi\right)$$

Avec $k = \frac{\omega}{c} = \frac{2\pi}{\lambda}$ le vecteur d'onde, on obtient

$$\boxed{s(x,t) = A\cos(\omega t - kx + \varphi)}$$

/7 **2** Qu'est-ce que l'approximation par une onde plane ? Répondre en français. Démontrer alors le lien entre déphasage et différence de marche en un point M recevant le signal somme de deux sources sphériques S_1 et S_2 de même fréquence dans le cadre de cette approximation. Détaillez les expressions de ΔL et $\Delta\varphi$.

Toute vibration en un point M de l'espace peut s'approximer par une onde plane si la source est suffisamment éloignée. Pour deux sources S_1 et S_2 et un point M loin d'elles, on aura :

$$s_1(\mathrm{M},t) = A_1\cos(\omega t - k\mathrm{S_1M} + \varphi_{01}) \quad \text{et} \quad s_2(\mathrm{M},t) = A_2\cos(\omega t - k\mathrm{S_2M} + \varphi_{02})$$

$$\Rightarrow \varphi_1(\mathrm{M}) = -k\mathrm{S_1M} + \varphi_{01} \quad \text{et} \quad \varphi_2(\mathrm{M}) = -k\mathrm{S_1M} + \varphi_{02}$$

$$\Rightarrow \Delta\varphi_{1/2}(\mathrm{M}) = \varphi_1(\mathrm{M}) - \varphi_2(\mathrm{M}) = -k(\mathrm{S_1M} - \mathrm{S_2M}) + \varphi_{01} - \varphi_{02}$$

$$\Leftrightarrow \boxed{\Delta\varphi_{1/2}(\mathrm{M}) = -k\Delta L_{1/2}(\mathrm{M}) + \Delta\varphi_0} \quad \text{avec} \quad k = \frac{2\pi}{\lambda}$$

avec $\Delta L_{1/2}(\mathrm{M}) = \mathrm{S_1M} - \mathrm{S_2M}$ la différence de marche et $\Delta\varphi_0 = \varphi_{01} - \varphi_{02}$ la différence de phase à l'origine.

/5 **3** Quelles sont les conditions pour avoir interférence entre deux ondes ? Pour quelles valeurs de $\Delta\varphi_{1/2}(M)$ une superposition de signaux donne des interférences constructives ? destructives ? Répondre en utilisant l'**ordre d'interférence**. Pour $\Delta\varphi_0 = 0$, à quelles valeurs de $\Delta L_{1/2}$ cela correspond ?

Il faut des ondes de même fréquence et de même nature. On obtient

Interférences constructives

$$\Delta\varphi_{1/2}(\mathrm{M}) = 2p\pi \Leftrightarrow \boxed{\Delta L_{2/1}(\mathrm{M}) = p\lambda}$$

Interférences destructives

$$\Delta\varphi_{1/2}(\mathrm{M}) = (2p+1)\pi \Leftrightarrow \boxed{\Delta L_{2/1}(\mathrm{M}) = \left(p + \frac{1}{2}\right)\lambda}$$

/3 **4** Pourquoi fait-on des interférences **lumineuses** avec une unique source ? Comment s'exprime l'intensité d'un signal $s(\mathrm{M},t)$?

Les sources lumineuses changent de phase à l'origine très fréquemment ($\tau_c \approx 3 \times 10^{-15}$ s pour le Soleil). Or, pour interférer deux ondes doivent être cohérentes, c'est-à-dire avoir $\Delta\varphi_0$ constant. Cela se fait donc facilement avec une unique source.

L'intensité d'un signal est proportionnel à la moyenne du carré de son amplitude :

$$\boxed{I(\mathrm{M}) = K\left\langle s^2(\mathrm{M},t)\right\rangle}$$