Ondes
Chapitre 2

Correction – TD – Phénomènes d'interférences

I Trombone de Kœnig

1 - $\delta = d_1 - d_2$ augmente ou diminue de $2d$.

2 - Annulation de l'intensité $\Leftrightarrow$ interférences destructives $\Leftrightarrow$ $\delta = n\lambda + \lambda/2$, $n \in \mathbb{Z}$. Entre les deux annulations, δ a donc varié de λ.

Donc $2d = \lambda$. Donc $\lambda = 23\,\mathrm{cm}$.

3 - $c = \lambda f = 345\,\mathrm{m/s}$.

II Interférences et acoustique

1 - $\boxed{k = \dfrac{2\pi}{\lambda}}$ et $\boxed{\lambda f = c.}$

2 - L'onde réfléchie a parcouru une distance supplémentaire $\boxed{L = 2D.}$

3 - • On prend l'expression de l'énoncé, $s(x,t) = s_0\cos(\omega t - kx + \varphi)$, qu'on évalue en $x = 0$:

$$\boxed{s(x = 0,t) = s_0\cos(\omega t + \varphi).}$$

• De même, $\boxed{s(x = L,t) = s_0\cos(\omega t - kL + \varphi).}$

• On a deux signaux harmoniques synchrones : $s_0\cos(\omega t + \underbrace{\varphi}_{\text{phase à l'origine}})$ et $s_0\cos(\omega t + \underbrace{-kL + \varphi}_{\text{phase à l'origine}})$.

Le déphasage s'obtient en faisant la différence des phases à l'origine (cf chapitre 1), donc

$$\Delta\varphi = \varphi - (-kL + \varphi) = kL = 2kD.$$

On utilise ensuite $k = \dfrac{2\pi}{\lambda} = \dfrac{2\pi}{c/f} = \dfrac{2\pi f}{c}$, pour obtenir

$$\boxed{\Delta\varphi = \frac{4\pi D f}{c}.}$$

On peut vérifier que l'homogénéité de cette relation est correcte.

4 - Deux ondes interfèrent de façon destructive lorsque leur déphasage vérifie $\Delta\varphi = 2\pi \times n + \pi$ avec $n \in \mathbb{Z}$.

5 - Écrivons :

$$\begin{aligned}
&\Delta\varphi = 2\pi \times n + \pi\\
\Leftrightarrow &\frac{4\pi D f}{c} = 2\pi(n + 1/2)\\
\Leftrightarrow &f = \frac{2\pi c}{4\pi D}(n + 1/2)\\
&\boxed{\Leftrightarrow f_n = \frac{c}{2D}(n + 1/2), \quad n \in \mathbb{N}.}
\end{aligned}$$

(on a restreint à $n \in \mathbb{N}$ car f ne peut pas être négative)

Toutes ces fréquences f_0, f_1, ..., seront donc atténuées. Il en résulte un signal audio déformé, puisque certaines de ses fréquences sont atténuées.

6 - Les deux fréquences les plus faibles sont pour $n = 0$ et $n = 1$: $\boxed{f_0 = \dfrac{c}{4D} = 85\,\text{Hz}}$

et $\boxed{f_1 = \dfrac{c}{2D}(1 + 1/2) = \dfrac{3c}{4D} = 255\,\text{Hz.}}$

Ils s'agit bien de fréquences audibles, plutôt dans les graves.

III Mesure de l'épaisseur d'une lame à l'aide du dispositif des trous d'Young

1 - Cf correction de l'exercice de cours. On trouve $\boxed{\delta(M) = -\dfrac{ax}{D}}$

Formule de Fresnel : $I(M) = 2I_0\left(1+\cos\left(\dfrac{2\pi}{\lambda}\delta(M)\right)\right)$.

Donc ici : $\boxed{I(M) = 2I_0\left(1+\cos\left(\dfrac{2\pi}{\lambda}\dfrac{ax}{D}\right)\right)}$.

L'interfrange est $\boxed{i = \dfrac{\lambda D}{a}.}$

2 - $\delta(M) = 0 \quad \Leftrightarrow \quad x = 0$ donc la frange centrale est en $x = 0$.

3 - Non, on a encore $(S_1M) - (S_2M = -\dfrac{ax}{D}$.

4 - On a $(SS_1) = d - e + ne$ et $SS_2 = d$, donc $(SS_1) - (SS_2) = -e + ne = (n-1)e$.

5 - Donc cette fois, $\delta(M) = (n-1)e - \dfrac{ax}{D}$.

La frange centrale est en x tel que $\delta(M) = 0$, donc en $\boxed{x = \dfrac{D(n-1)e}{a}.}$

En terme de nombre d'interfranges, elle s'est déplacée de $\dfrac{x}{i} = \dfrac{(n-1)e}{\lambda}$.

6 - Enfin, on a $10 = \dfrac{x}{i} = \dfrac{(n-1)e}{\lambda}$, donc $\boxed{e = 10\times\lambda/(n-1) = 12{,}5\,\mu\text{m}.}$

Remarque :avec ce dispositif on ne pourrait en fait pas voir de combien se déplace la frange centrale, car tout se déplace d'un bloc. Il faudrait travailler en lumière blanche pour repérer où est la frange centrale, puis revenir en lumière monochromatique pour faire la mesure.

IV Mesure de longueur d'onde à l'aide du dispositif des trous d'Young

1 - Avec la source qui sert de référence, on a un interfrange $i_0 = \dfrac{\lambda_0 D}{a}$.

Avec l'autre source, on a un interfrange $i = \dfrac{\lambda D}{a}$.

Le rapport des deux donne : $\dfrac{i_0}{i} = \dfrac{\lambda_0}{\lambda}$.

Donc la longueur d'onde inconnue est $\lambda = \lambda_0 \times \dfrac{i}{i_0} = \lambda_0 \times \dfrac{10{,}2}{14{,}4} = 448\,\text{nm}$.