

Bătăi acustice – un studiu asupra interferenței a două oscilații armonice apropiate în frecvență

(Timbus Maria Alexandra)
(163)
(FMI)

11 noiembrie 2025

Rezumat

Lucrarea prezintă fenomenul de *bătăi acustice* ce apare la superpoziția a două oscilații armonice cu frecvențe apropiate. Sunt discutate modelul teoretic, metodologia numerică, rezultatele (forme de undă, anvelopă și spectru) și relevanța fenomenului pentru acordajul instrumentelor și analiza vibrațiilor.

1 Introducere

În regim liniar, principiul superpoziției permite ca două oscilații armonice să se adune. Când frecvențele sunt foarte apropiate, semnalul rezultat prezintă o modulație lentă a amplitudinii, percepță auditiv ca *bătăi*.

2 Model teoretic

Considerăm două semnale sinusoidale $x_1(t) = A \cos(2\pi f_1 t + \varphi_1)$ și $x_2(t) = A \cos(2\pi f_2 t + \varphi_2)$. Prin identitatea $\cos a + \cos b = 2 \cos \frac{a-b}{2} \cos \frac{a+b}{2}$, pentru $x(t) = x_1(t) + x_2(t)$ rezultă $x(t) = 2A \cos(\pi \Delta f t + \frac{\Delta \varphi}{2}) \cos(2\pi \bar{f} t + \bar{\varphi})$. Amplitudinea este modulată de $A_{\text{env}}(t) = 2A |\cos(\pi \Delta f t + \frac{\Delta \varphi}{2})|$, iar frecvența bătăilor este $f_b = |f_2 - f_1|$.

3 Metodologie

Am generat numeric două tonuri pure cu $f_1 = 440$ Hz și $f_2 = 444$ Hz, rata $f_s = 44\,100$ Hz, durată $T = 6$ s. Analiza: ferestre în timp și FFT ($N = 2^{16}$). Export: WAV și GIF.

4 Rezultate

5 Concluzii

Exemplul numeric reproduce fidel teoria: $f_b = |f_2 - f_1|$, iar anvelopa variază lent peste purtătoare.

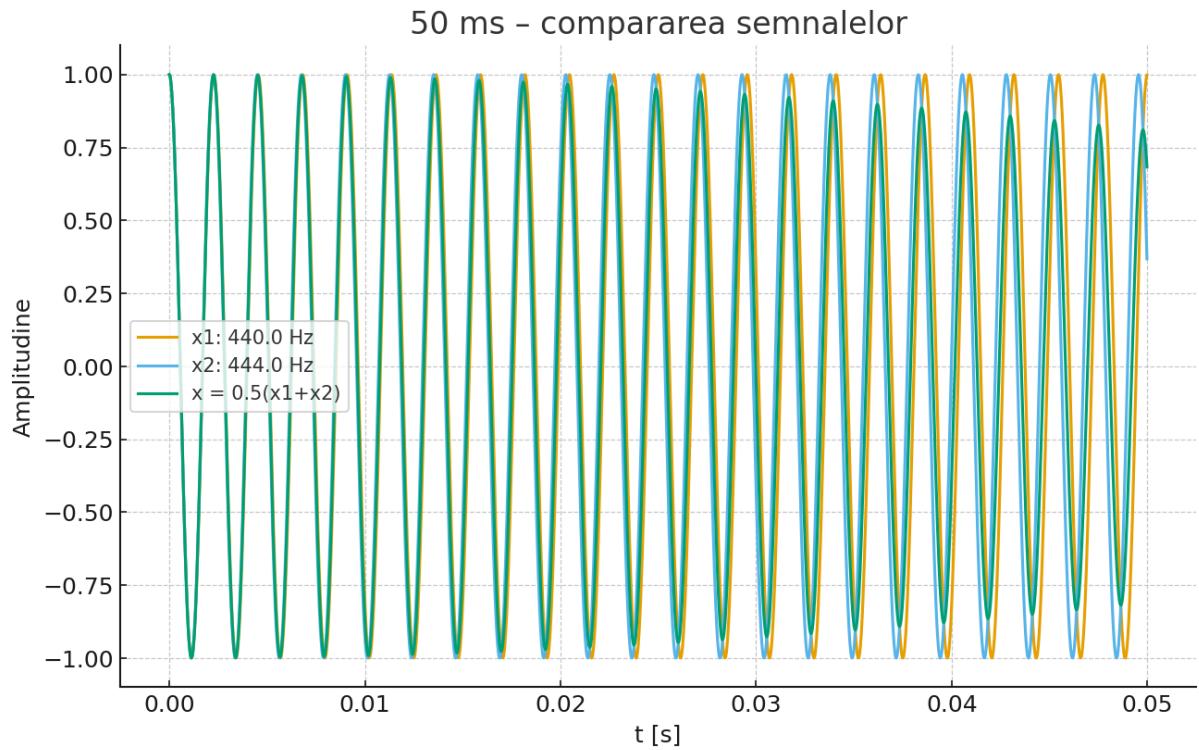


Figura 1: Fereastră scurtă (50 ms) – semnalele și suma.

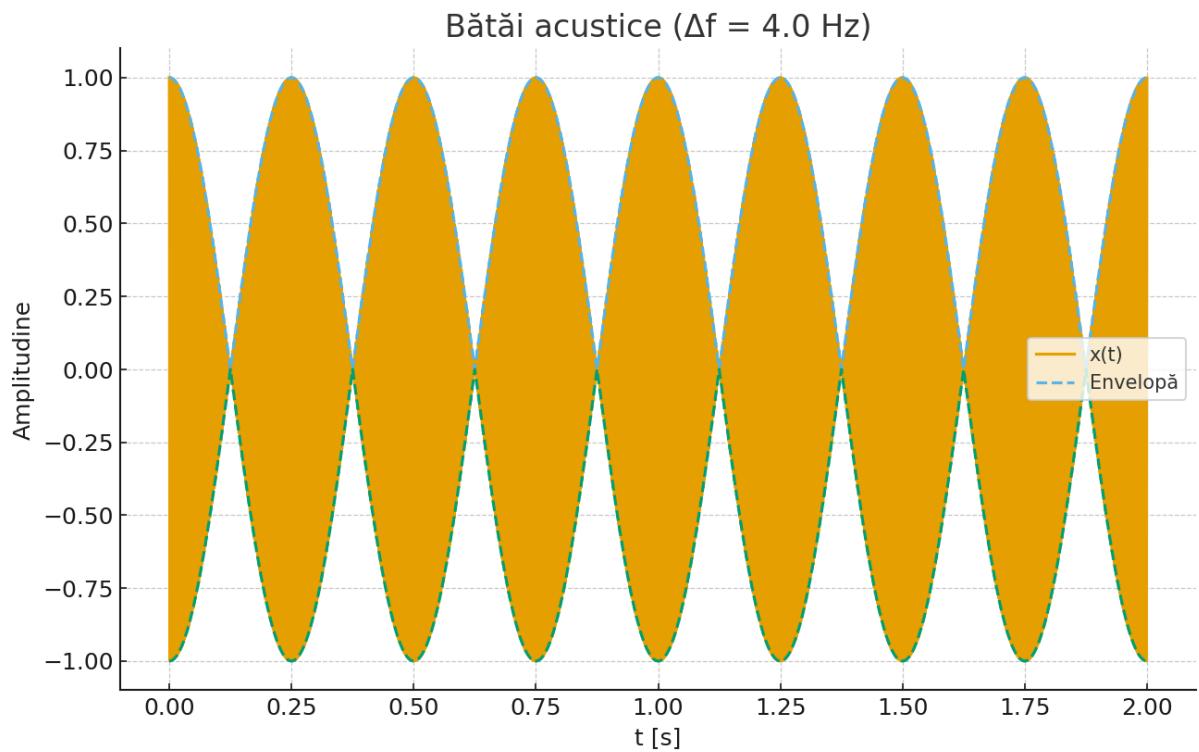


Figura 2: Bătăile și anvelopa teoretică $|\cos(\pi\Delta f t)|$.

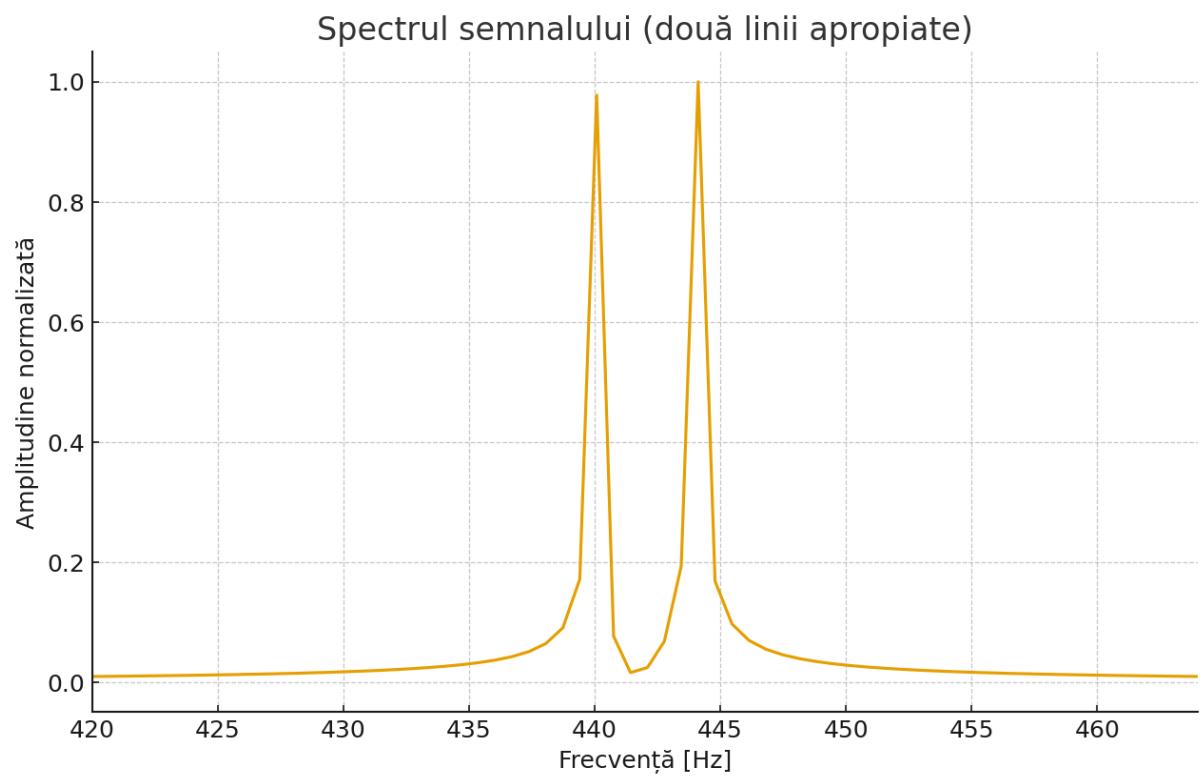


Figura 3: Spectru: două linii la f_1 și f_2 .