

Les qualitats del so: intensitat, to i timbre

Material per al professorat

Orientacions didàctiques

Temporització

- 1 hora per a l'experimentació.
- 1 hora per a respondre el qüestionari.

Alumnes als quals s'adreça l'experiència


Alumnes de 2n de batxillerat

Metodologia

- La comparació dels gràfics originats per la mateixa nota donada pel diapasó i per diferents instruments musicals (flauta, guitarra, teclat electrònic, etc.) aportats pels alumnes, permet diferenciar les ones harmòniques de les ones periòdiques.
- En cas de no disposar de cap instrument musical es pot estudiar l'emissió de les vocals castellanques o catalanes.
- La determinació dels harmònics mitjançant l'anàlisi de Fourier posa de manifest que una ona harmònica és una ona d'una única freqüència mentre que qualsevol ona periòdica es pot descompondre en una sèrie d'ones harmòniques, la freqüència de les quals varia regularment, i que els harmònics presents determinen el timbre de l'instrument.
- De manera similar, els gràfics originats per diapasos de freqüència diferent o per diferents notes emeses pel mateix instrument, permeten associar aquesta magnitud amb el to més o menys greu o agut.
- Finalment, l'observació de gràfics de diferent amplitud obtinguts colpejant amb més o menys força el mateix diapasó o apropant o allunyant el micròfon, condueix a visualitzar la relació entre l'amplitud de l'ona i la intensitat del so.

Orientacions tècniques

- Cal fer alguns assaigs per determinar a quina distància del micròfon s'ha de situar el diapasó o l'instrument de música per obtenir un gràfic amb una amplitud adient. Generalment, convé situar el micròfon a prop del diapasó o de l'instrument de música. Si el sensor se saturés sortirien les crestes de les ones tallades.
- En aquest cas, el ritme alt (més de 100 mesures per segon) no permet veure la formació del gràfic en temps real.
- Com que la freqüència dels sons és alta, no cal programar un interval de temps massa llarg per a la captació de dades. 96 ms solen ser suficients i, així i tot, caldrà retallar el gràfic obtingut per visualitzar l'ona de manera adient.

- El soroll de fons fa que les formes de les ones no surtin “netes”. Això es pot solucionar seleccionant amb els cursors una porció del gràfic i clicant el botó **Més suau** .

Conclusions

Resultats esperats

Els resultats obtinguts emprant un diapasó de 440 Hz (*la* natural) i polsant les notes *la* natural i *do* natural d'un teclat electrònic són el mostrats a les figures 1, 2, 3, 4, 5 i 6, respectivament.

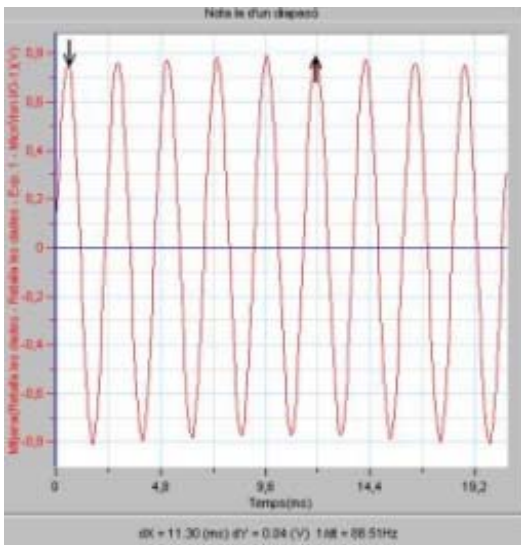


Figura 1

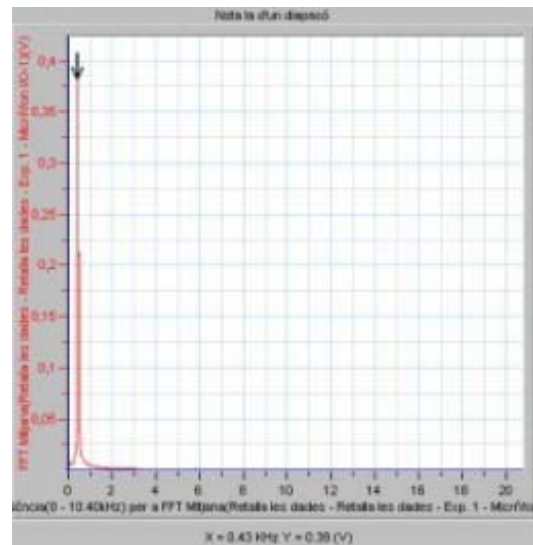


Figura 2

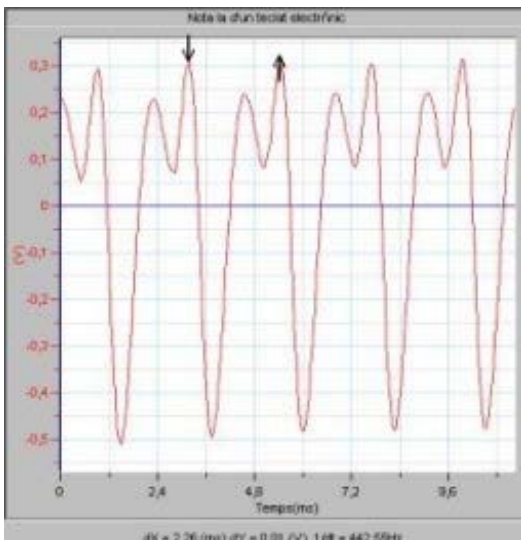


Figura 3

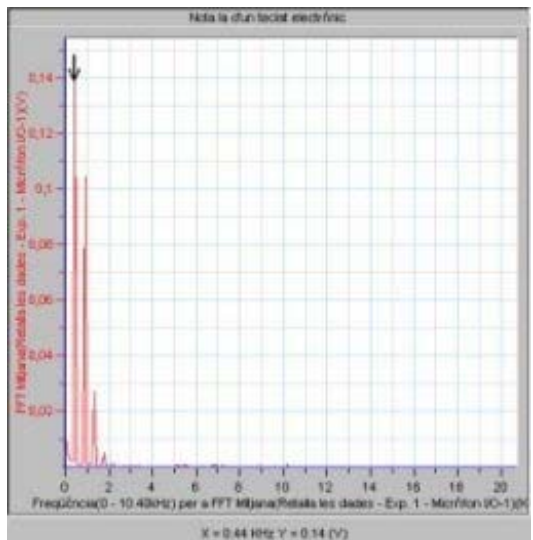


Figura 4

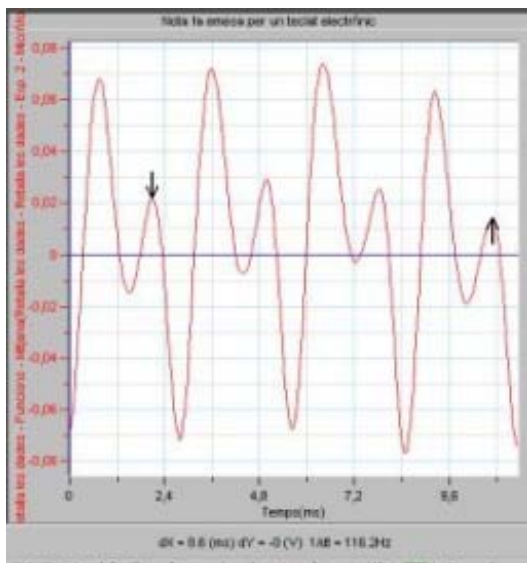


Figura 5

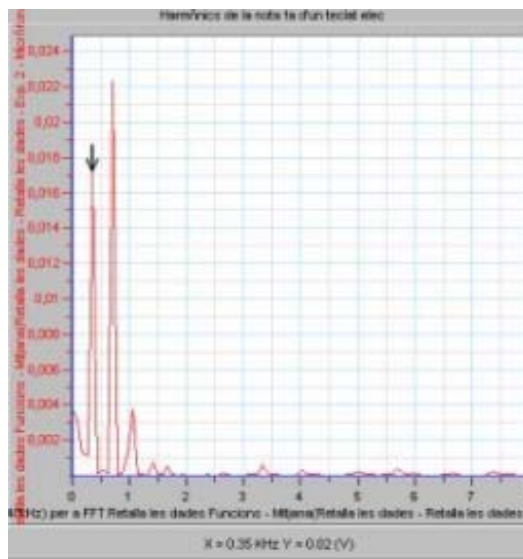


Figura 6

Respostes al qüestionari

- L'ona emesa pel diapasó és periòdica perquè a intervals regulars de temps (períodes) la seva forma es repeteix. És, a més, harmònica ja que l'amplitud (donada pel voltatge) és una funció sinusoidal del temps.
- Del gràfic de la figura 1 es dedueix que

$$T = \frac{11,3 \times 10^{-3} \text{ s}}{5} = 2,26 \times 10^{-3} \text{ s} \quad \text{i} \quad f = 68,51 \text{ Hz} \times 5 = 443 \text{ Hz}$$

La diferència entre el valor obtingut per a la freqüència (443 Hz) i el donat pel fabricant del diapasó (440 Hz) cau dintre del marge d'error experimental.

- L'anàlisi de Fourier (figura 2) confirma que l'ona emesa pel diapasó és harmònica ja que només conté un harmònic de freqüència igual a 443 Hz.
- L'ona emesa pel teclat electrònic és periòdica perquè a intervals regulars de temps (períodes) la seva forma es repeteix. Tanmateix no és harmònica ja que l'amplitud (donada pel voltatge) no és una funció sinusoidal del temps.
- De la figura 3 es dedueix que el període i la freqüència fonamentals de l'ona emesa pel teclat electrònic són:

$$T = 2,26 \times 10^{-3} \text{ s} \quad \text{i} \quad f = 443 \text{ Hz}$$

- L'anàlisi de Fourier (figura 4) confirma que l'ona emesa pel teclat electrònic no és harmònica ja que conté diversos harmònics de freqüències:

440 Hz (la fonamental), 890 Hz ($\approx 440 \text{ Hz} \times 2$), 1330 Hz ($\approx 440 \text{ Hz} \times 3$) i 1770 Hz ($\approx 440 \text{ Hz} \times 4$)

8. Dues notes diferents com, per exemple, el *la* i el *fa* del tecla electrònic difereixen en la freqüència fonamental. Tanmateix, el to del *la* del diapasó i el del *la* del teclat electrònic és el mateix perquè tenen la mateixa freqüència fonamental.
9. El timbre permet distingir un instrument d'un altre i ve determinat pels harmònics presents en l'ona sonora que emet. Això és el que succeeix quan un diapasó o un teclat electrònic emeten la nota *la* natural.
10. La intensitat d'un so ve determinada per l'amplitud (en els gràfics obtinguts la amplitud ve donada pel valor màxim del voltatge) de l'ona sonora. Per augmentar la intensitat dels sons generats pel diapasó i pel teclat electrònic hauríem de colpejar o polsar amb més força els instruments. Com que la intensitat d'un so disminueix amb la distància, apropant o allunyant el micròfon enregistrarem sons més forts o més dèbils.
11. Les ones de la figura (a) només difereixen en la intensitat. Les ones de la figura (b) només difereixen en la freqüència.

