

## TASCA 1 - ANÀLISI FITXER DE SO

### Exercici 1

Reprodueix l'exemple fent servir diferents freqüències per la sinusoide. Al menys considera  $f_x = 4$  kHz, a banda d'una freqüència pròpia en el marge audible. Comenta els resultats.

```
import matplotlib.pyplot as plt
import soundfile as sf
import sounddevice as sd      # Importem el mòdul sounddevice per accedir a la tarja de so

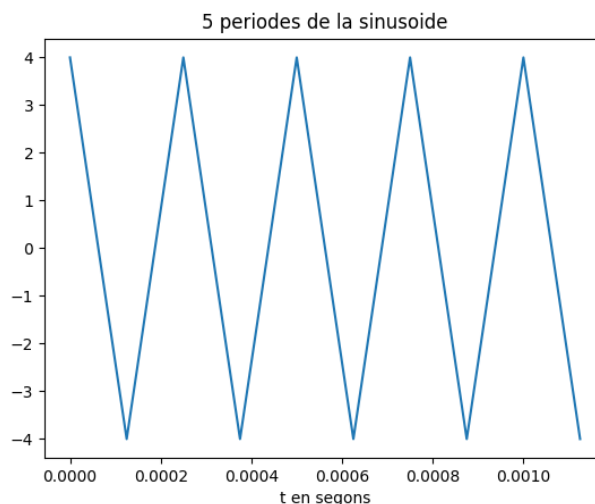
from numpy.fft import fft

T= 2.5                        # Durada de T segons
fx = 4000                     # Freqüència de mostratge en Hz
fm = 8000                     # Freqüència de la sinusoide
A = 4                         # Amplitud de la sinusoide
pi = np.pi                   # Valor del número pi
L = int(fm * T)               # Nombre de mostres del senyal digital
Tm = 1 / fm                   # Període de mostratge
t = Tm * np.arange(L)         # Vector amb els valors de la variable temporal, de 0 a T
x = A * np.cos(2 * pi * fx * t) # Senyal sinusoidal
sf.write('so_exemple2.wav', x, fm) # Escriptura del senyal a un fitxer en format wav

Tx = 1 / fx                   # Període del senyal
Ls = int(fm * 5 * Tx)         # Nombre de mostres corresponents a 5 períodes de la sinusoide

plt.figure(0)                 # Nova figura
plt.plot(t[0:Ls], x[0:Ls])    # Representació del senyal en funció del temps
plt.xlabel("t en segons")     # Etiqueta eix temporal
plt.title("5 períodes de la sinusoide") # Títol del gràfic
plt.show()                    # Visualització de l'objecte gràfic.
sd.play(x, fm)                 # Reproducció d'àudio
```

El resultat del gràfic és:



Juan C. De los Ríos

APA

Veiem que la ona, al augmentar la freqüència de la sinusoide als 4 KHz i amb una freqüència de mostratge als 8 KHz, canvia de forma a triangular i el lapse de temps per landa, es redueix. Ara hi ha més ondulacions triangulars en un marge més petit de temps i per tant el so serà més agut.

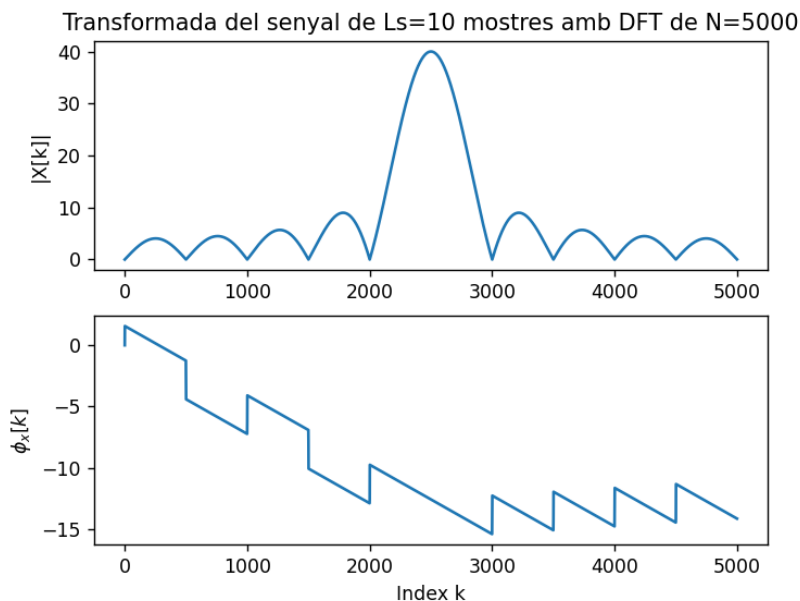
```
# Domini transformat. Analitzant en freqüència fent servir la Transformada Discreta de Fourier

N = 5000
X = fft(x[0:Ls],N)

k = np.arange(N)

plt.figure(1)
plt.subplot(211)
plt.plot(k,abs(X))
plt.title(f'Transformada del senyal de Ls={Ls} mostres amb DFT de N={N}')
plt.ylabel('|X[k]|')
plt.subplot(212)
plt.plot(k, np.unwrap(np.angle(X)))
plt.xlabel('Index k')
plt.ylabel('$\phi_x[k]$')
plt.show()
```

El resultat és:



La transformada del senyal amb  $f_x$  a 4 KHz, té tan sols un pic gairabé als 40 i ocorre a la mostra 2500, mentre que al senyal de  $f_x = 440$  Hz, hi ha dos pics separats (un als  $N=200$  i l'altre als  $N=4800$ ) de més de 150 d'altura.

Juan C. De los Ríos  
APA

La fase en el cas de  $f_x = 4$  KHz, es veu sol una petit part del principi de la ona, ja que la señal conté moltes més longituds d'ona. La fase no baixa dels -15, començant pel 0.

```
# APARTAT 1 -  $f_x = 40$  Hz

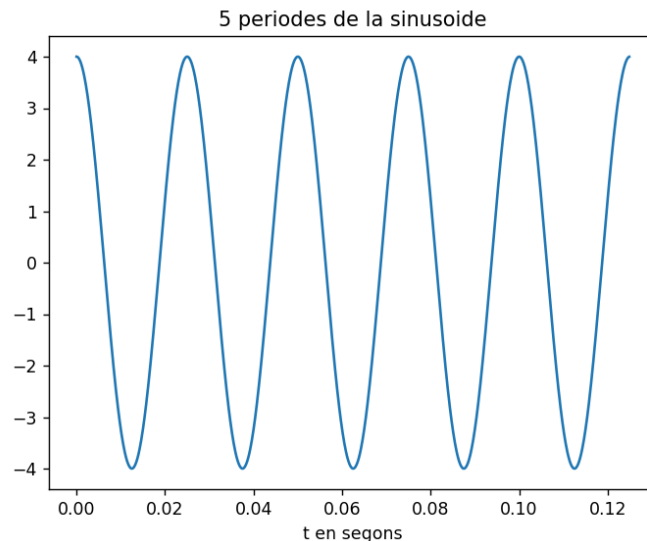
T = 2.5                                # Durada de T segons
fx = 40                                # Freqüència de mostratge en Hz
fm = 8000                               # Freqüència de la sinusoide
A = 4                                   # Amplitud de la sinusoide
pi = np.pi                             # Valor del número pi
L = int(fm * T)                         # Nombre de mostres del senyal digital
Tm = 1 / fm                             # Període de mostratge
t = Tm * np.arange(L)                  # Vector amb els valors de la variable temporal, de 0 a T
x = A * np.cos(2 * pi * fx * t)         # Senyal sinusoidal
sf.write('so_exemple3.wav', x, fm)     # Escriptura del senyal a un fitxer en format wav

Tx = 1 / fx                             # Període del senyal
Ls = int(fm * 5 * Tx)                  # Nombre de mostres corresponents a 5 períodes de la sinusoide

plt.figure(0)                           # Nova figura
plt.plot(t[0:Ls], x[0:Ls])              # Representació del senyal en funció del temps
plt.xlabel("t en segons")               # Etiqueta eix temporal
plt.title("5 períodes de la sinusoide")  # Títol del gràfic
plt.show()                              # Visualització de l'objecte gràfic.

sd.play(x, fm)                          # Reproducció d'àudio
```

El resultat és:



Veiem que la ona, al disminuir la freqüència de la sinusoide als 40 Hz i amb una freqüència de mostratge als 8 KHz, es manté la forma ondulada de l'ona i el lapse de temps per landa, es

Juan C. De los Ríos  
APA

augmenta. Ara hi ha menys ondulacions en un marge més petit de temps i per tant el so serà més greu.

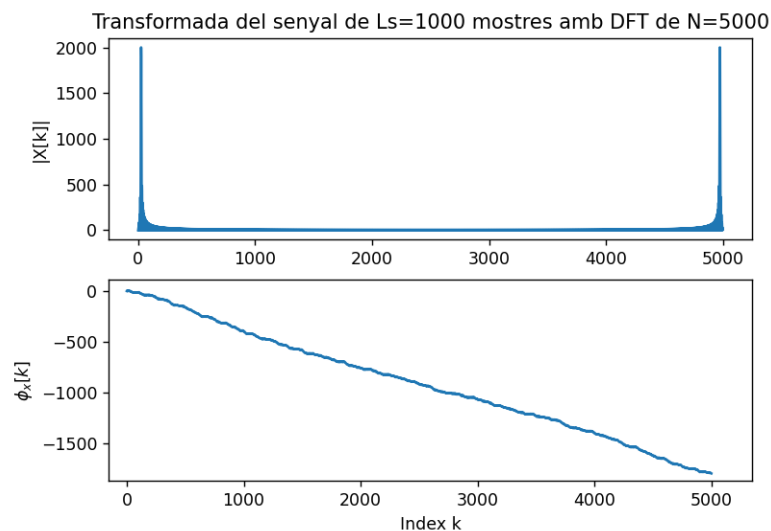
```
# Domini transformat. Analitzant en freqüència fent servir la Transformada Discreta de Fourier

N = 5000                                # Dimensió de la transformada discreta
X = fft(x[0:Ls],N)                      # Càlcul de la transformada de 5 períodes de la sinusoide

k = np.arange(N)                        # Vector amb els valors  $0 \leq k < N$ 

plt.figure(1)                           # Nova figura
plt.subplot(211)                         # Espai per representar el mòdul
plt.plot(k,abs(X))                      # Representació del mòdul de la transformada
plt.title(f'Transformada del senyal de Ls={Ls} mostres amb DFT de N={N}') # Etiqueta del títol
plt.ylabel('|X[k]|')                    # Etiqueta de mòdul
plt.subplot(212)                         # Espai per representar la fase
plt.plot(k, np.unwrap(np.angle(X)))     # Representació de la fase de la transformada, desenroscada
plt.xlabel('Index k')                   # Etiqueta de l'eix d'abscisses
plt.ylabel('$\phi_x[k]$')                # Etiqueta de la fase en LaTeX
plt.show()                              # Per mostrar els gràfics
```

El resultat és:



La transformada del senyal amb fx a 40 Hz, té dos pics gairebé als dos extrems ( $N=0$  i  $N=5000$ ) Els dos arriben als 2000 punts d'altura.

La fase va en forma d'escala (es veu la imatge de forma no ampliada, es a dir, la senyal no conté moltes longituds d'ona). Es veu que va des del 0 fins és abaix dels -1500.

## Exercici 2

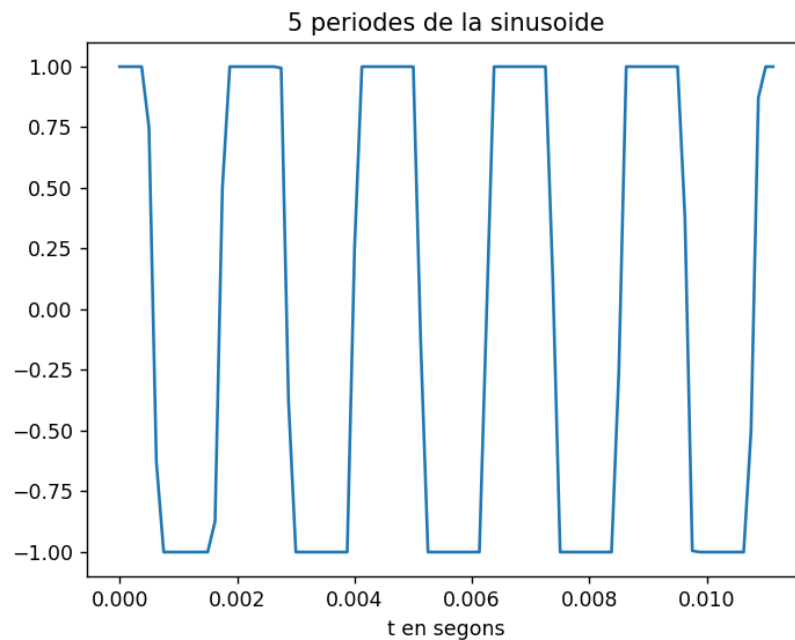
En aquest tros de codi, llegim l'arxiu .wav creat amb  $f_x = 440$  Hz i veiem que el període de la mostra es manté en  $10 \times 10^{-3}$  i apareix de forma rectangular.

```
x_r, fm = sf.read('so_exemple1.wav')          # llegim l'arxiu .wav creat anteriorment amb fx de 440 Hz
fx = 440                                       # Utilizada la de la introducció
L = int(fm * T)
Tm = 1 / fm
t = Tm * np.arange(L)

Tx = 1 / fx
Ls = int(fm * 5 * Tx)
plt.figure(0)
plt.plot(t[0:Ls], x_r[0:Ls])
plt.xlabel("t en segons")
plt.title("5 períodes de la sinusoide")
plt.show()

X = fft(x_r[0:Ls],N)

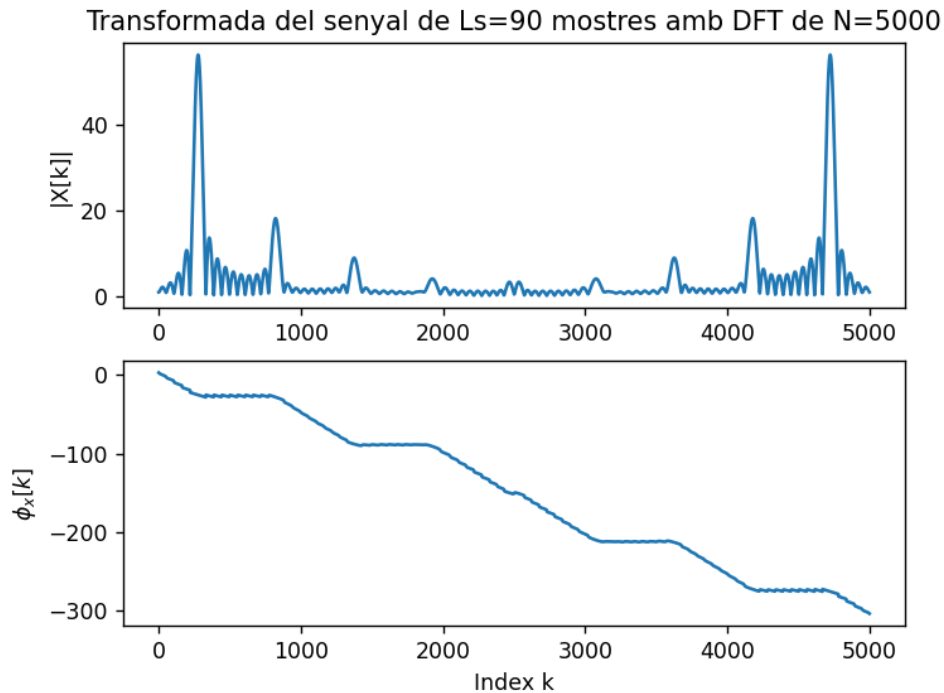
k = np.arange(N)
plt.figure(1)
plt.subplot(211)
plt.plot(k,abs(X))
plt.title(f'Transformada del senyal de Ls={Ls} mostres amb DFT de N={N}')
plt.ylabel('|X[k]|')
plt.subplot(212)
plt.plot(k,np.unwrap(np.angle(X)))
plt.xlabel('Index k')
plt.ylabel('$\phi_x[k]$')
plt.show()
```



Juan C. De los Ríos

APA

Observem que a la transformada hi ha més pics, cada cop més petits a mesura que ens apropem al mig de les mostres (2500) i una gràfica d'angle amb forma d'escala on hi ha un salt a cada pic.



A continuació, llegim l'arxiu amb 4000 Hz

```
x_r, fm = sf.read('so_exemple2.wav') # llegim l'arxiu .wav creat anteriorment amb fx de 4000 Hz

fx = 4000 # Utilizada la de la introducció
L = int(fm * T)
Tm = 1 / fm
t = Tm * np.arange(L)

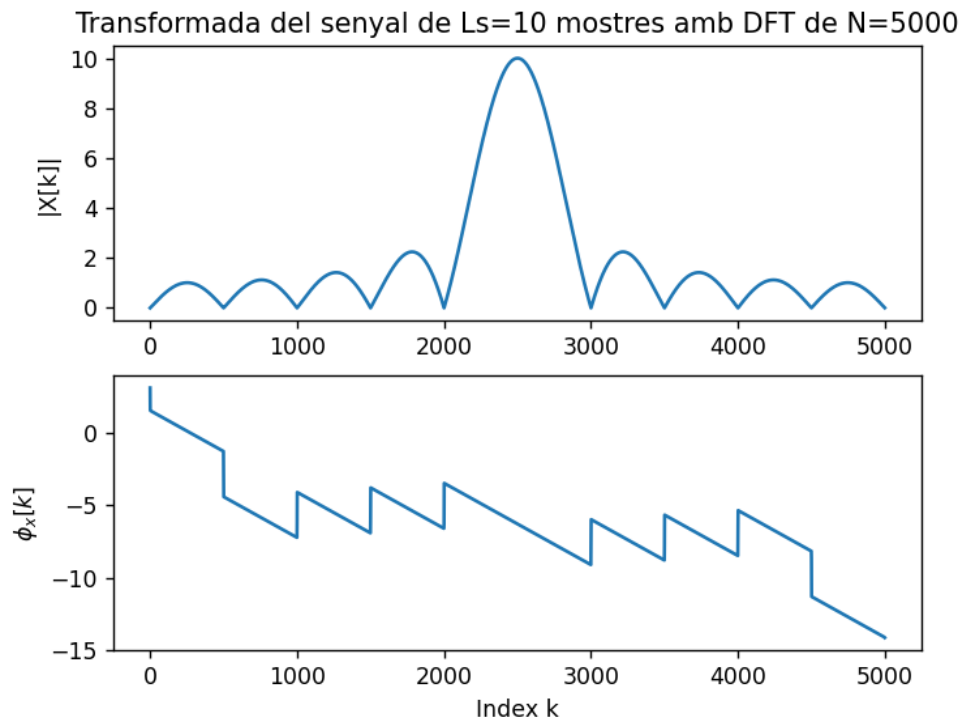
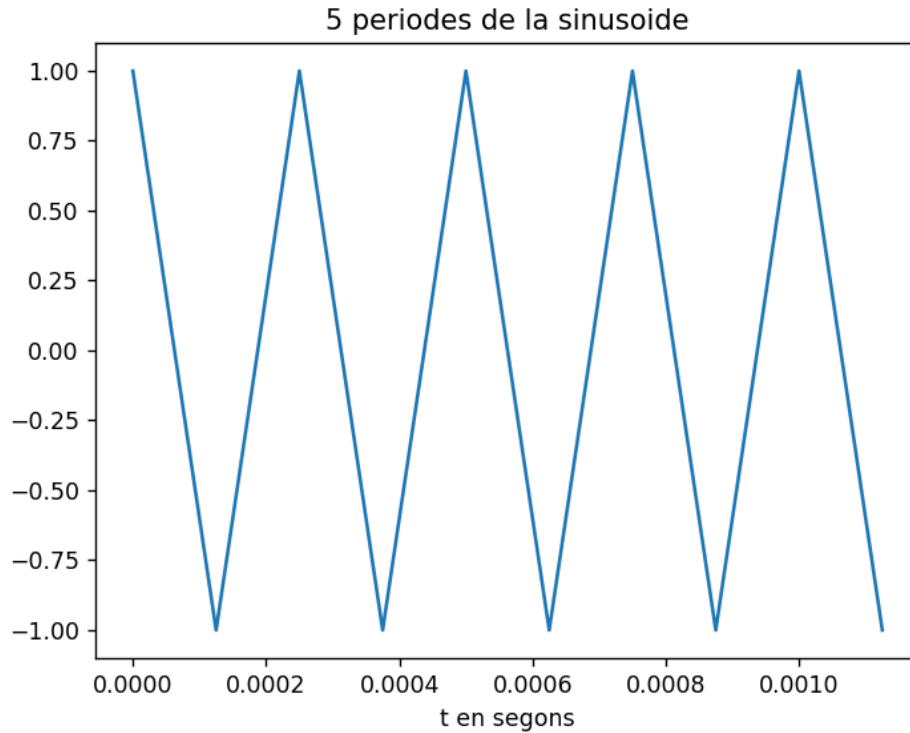
Tx = 1 / fx
Ls = int(fm * 5 * Tx)
plt.figure(0)
plt.plot(t[0:Ls], x_r[0:Ls])
plt.xlabel("t en segons")
plt.title("5 períodes de la sinusoide")
plt.show()

X = fft(x_r[0:Ls], N)

k = np.arange(N)
plt.figure(1)
plt.subplot(211)
plt.plot(k, abs(X))
plt.title(f'Transformada del senyal de Ls={Ls} mostres amb DFT de N={N}')
plt.ylabel('|X[k]|')
plt.subplot(212)
plt.plot(k, np.unwrap(np.angle(X)))
plt.xlabel('Index k')
plt.ylabel('$\phi_x[k]$')
plt.show()
```

Juan C. De los Ríos  
APA

A 4 KHz observem que la senyal es torna triangular, que el període es troba en magnitud  $10\text{e-}4$  i es veu un pic o lòbul principal ampliament amb els seus diferents lòbuls adjacents en quant a la seva transformada. La fase es veu ampliada i irregular.



Juan C. De los Ríos

APA

A continuació, llegim l'arxiu amb 40 Hz

```
x_r, fm = sf.read('so_exemple3.wav')          # llegim l'arxiu .wav creat anteriorment amb fx de 40 Hz
fx = 40                                         # freq a 40 Hz
L = int(fm * T)
Tm = 1 / fm
t = Tm * np.arange(L)

Tx = 1 / fx
Ls = int(fm * 5 * Tx)
plt.figure(0)
plt.plot(t[0:Ls], x_r[0:Ls])
plt.xlabel("t en segons")
plt.title("5 períodes de la sinusoide")
plt.show()

X = fft(x_r[0:Ls],N)

k = np.arange(N)
plt.figure(1)
plt.subplot(211)
plt.plot(k,abs(X))
plt.title(f'Transformada del senyal de Ls={Ls} mostres amb DFT de N={N}')
plt.ylabel('|X[k]|')
plt.subplot(212)
plt.plot(k,np.unwrap(np.angle(X)))
plt.xlabel('Index k')
plt.ylabel('$\phi_x[k]$')
plt.show()
```

A 40 Hz observem que la senyal rectangular altre cop, que el període augmenta en magnitud  $10e-2$  i en quant a la transformada, es veuen diversos pics molt petits que van desapareixent a mida que ens apropem al centre de les mostres (2500). La freqüència és tan petita que és difícil veure els lòbuls. Hi remarquen dos, el primer a la primera mostra y el segon a la última. La fase es veu igual que en el gràfic dels 440 Hz, però més desampliada i en forma d'escala on cada graó, es relaciona amb cada petit lòbul de la transformada.

