



**Utilizzare lo spettrogramma per determinare le note contenute nel file `dueNote.wav` ed il loro istante di onset con risoluzione temporale di 10 ms e con risoluzione in frequenza di 10 Hz**

Ricordiamo che la risoluzione temporale  $\Delta_T$  è legata alla durata della finestra  $N_w$  dalla relazione  $\Delta_T = N_w T_c$ .

La risoluzione in frequenza è invece data da  $\Delta_F = \frac{4F_C}{N_w}$  nel caso di finestra di Hamming e  $\Delta_F = \frac{2F_C}{N_w}$  per una finestra rettangolare.

Per semplicità, i valori di  $L$  e  $M$  sono fissati:  $L = N_w$  e  $M \geq 8N_w$ ; inoltre useremo la finestra di Hamming.

Suggerimento: usare due volte lo spettrogramma, una per ottenere i tempi di attacco ed una per individuare le frequenze delle note.

Una volta ottenuto lo spettrogramma, i parametri possono essere stimati per **ispezione visuale**



Si fornisce una bozza della soluzione: completare ed eseguire

Nella prima parte, trovare il numero di campioni della finestra in funzione della risoluzione temporale.

Poi determinare la risoluzione in frequenza risultante.

Nella seconda parte invece il numero di campioni della finestra va determinato in funzione della risoluzione in frequenza che si vuole ottenere. Si calcola poi la risoluzione nel tempo risultante.

$$\Delta_T = N_w / F_c$$
$$\Delta_F = \frac{4F_c}{N_w}$$

```
clear variables
close all
% Lettura dati
[suono, Fc] = audioread('dueNote.wav');
TC = 1/Fc; % Periodo di campionamento
tipo = 'hamming'; % Tipo di finestra
%% Prima parte: determinare l'attacco con Delta T = 10 ms
DeltaT = 10e-3 ; % Ris. temporale (durata della finestra in sec.)
Nw = ??? ; % Durata in numero di campioni (numero intero!)
DeltaF = ??? % Risoluzione in frequenza
L = Nw; % In questo modo, analizziamo blocchi separati
% Per lo zero-padding, prendiamo M >= 8Nw
M = 2^(nextpow2(Nw) + 3);
SX = spettrogramma(suono, Fc, Nw, L, M, tipo);
title(sprintf('\Delta_T: %d ms \Delta_F: %d Hz', (DeltaT*1000),
DeltaF));
```

```
%% Seconda parte: determinare le note con Delta F = 10 Hz
DeltaF = 10;
% Determinare la durata della finestra
% in funzione della risoluzione in frequenza
Nw = ??? ; % deve essere un numero intero!
% Risoluzione temporale in secondi
DeltaT = ??? ;
L = Nw; % come prima
M = 2^(nextpow2(Nw) + 3); % come prima
SX = spettrogramma(suono, Fc, Nw, L, M, tipo); grid minor
title(sprintf('\Delta_T: %d ms \Delta_F: %d Hz',
DeltaT*1000, DeltaF));
```



## Esercizio 4: soluzione

```
clear variables
close all
% Lettura dati
[suono, Fc] = audioread('dueNote.wav');
TC = 1/Fc; % Periodo di campionamento
tipo = 'hamming'; % Tipo di finestra

%% Prima parte: determinare l'attacco con Delta T = 10 ms
DeltaT = 10e-3 ; % Ris. temporale (durata della finestra in sec.)
Nw = round(DeltaT*Fc) ; % Durata in numero di campioni
DeltaF = 4/Nw *Fc; % Risoluzione in frequenza
L = Nw; % In questo modo, analizziamo blocchi separati
% Per lo zero-padding, prendiamo M >= 8Nw
M = 2^(nextpow2(Nw) + 3);
SX = spettrogramma(suono, Fc, Nw, L, M, tipo);
title(sprintf('\\Delta_T: %d ms \\Delta_F: %d Hz', (DeltaT*1000),
DeltaF));
```

```
%% Seconda parte: determinare le note con Delta F = 10 Hz
DeltaF = 10;
% Determinare la durata della finestra
% in funzione della risoluzione in frequenza
Nw = round(4/DeltaF *Fc) ;
% Risoluzione temporale in secondi
DeltaT = Nw/Fc ;
L = Nw; % come prima
M = 2^(nextpow2(Nw) + 3); % come prima
SX = spettrogramma(suono, Fc, Nw, L, M, tipo); grid minor
title(sprintf('\\Delta_T: %d ms \\Delta_F: %d Hz',
DeltaT*1000, DeltaF));
```

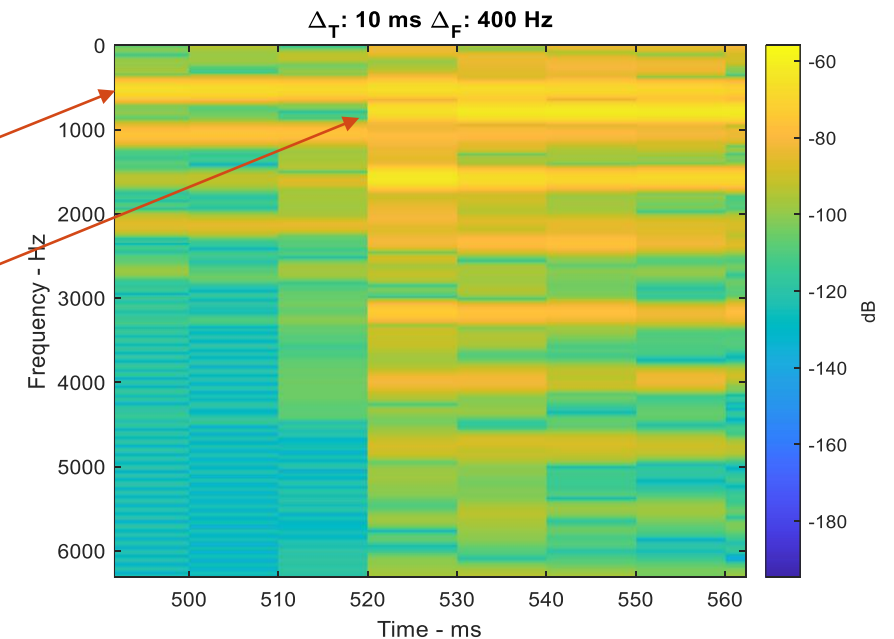
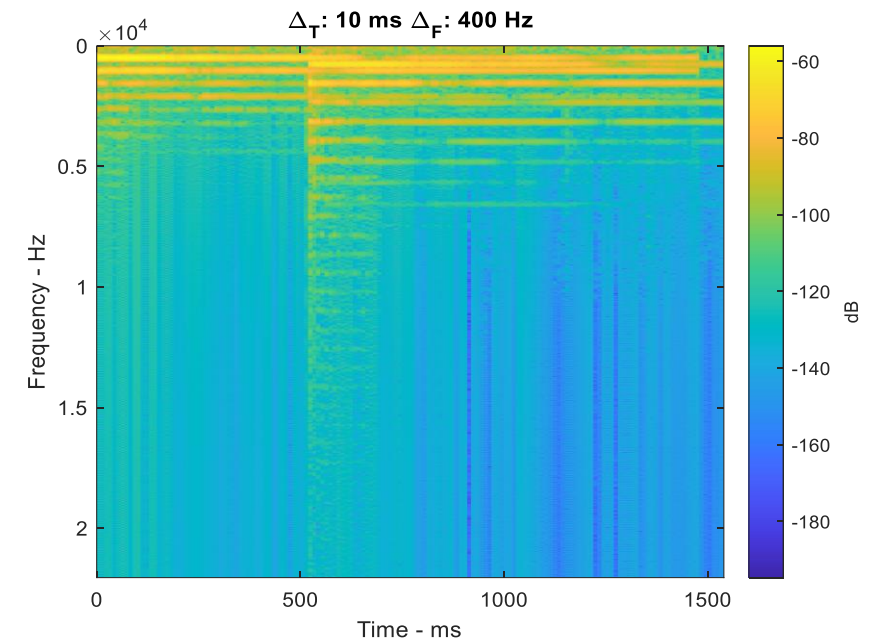
$$\Delta_T = N_w / F_c$$
$$\Delta_F = \frac{4F_c}{N_w}$$

## Esercizio 4: soluzione

Dopo aver creato la figura dello spettrogramma (immagine in alto) è utile fare uno zoom per analizzare le regioni d'interesse del piano tempo-frequenza (figura in basso)

Come si vede dallo spettrogramma, la seconda nota appare nell'intervallo 510-520 ms, anche se il suo contributo è più evidente dopo i 520 ms.

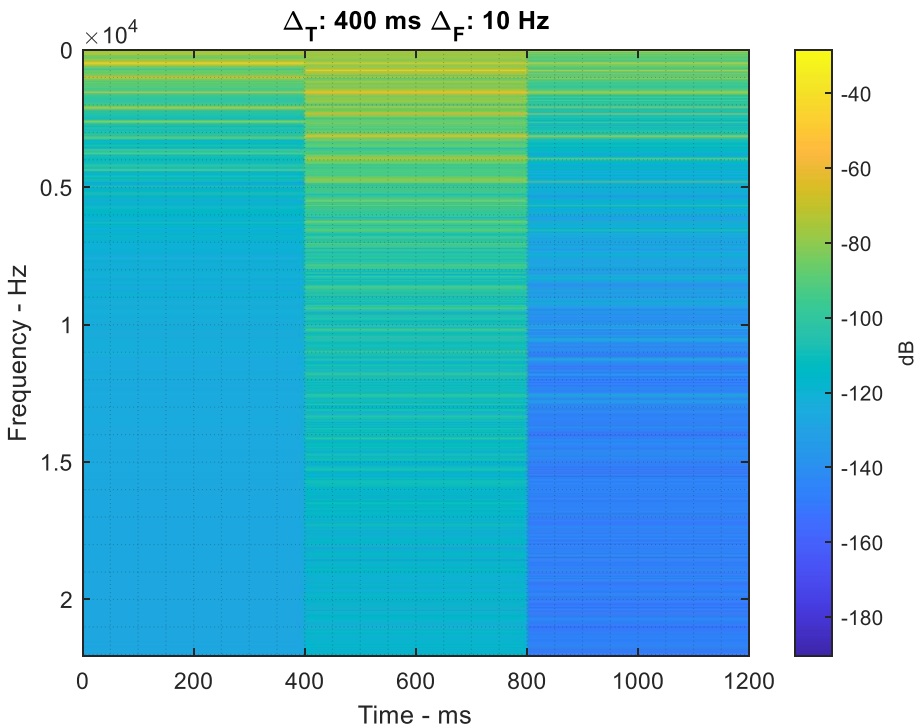
Tuttavia la risoluzione in frequenza è piuttosto grossolana e permette solo indicativamente di trovare le frequenze delle note, intorno ai 500 e 750 Hz





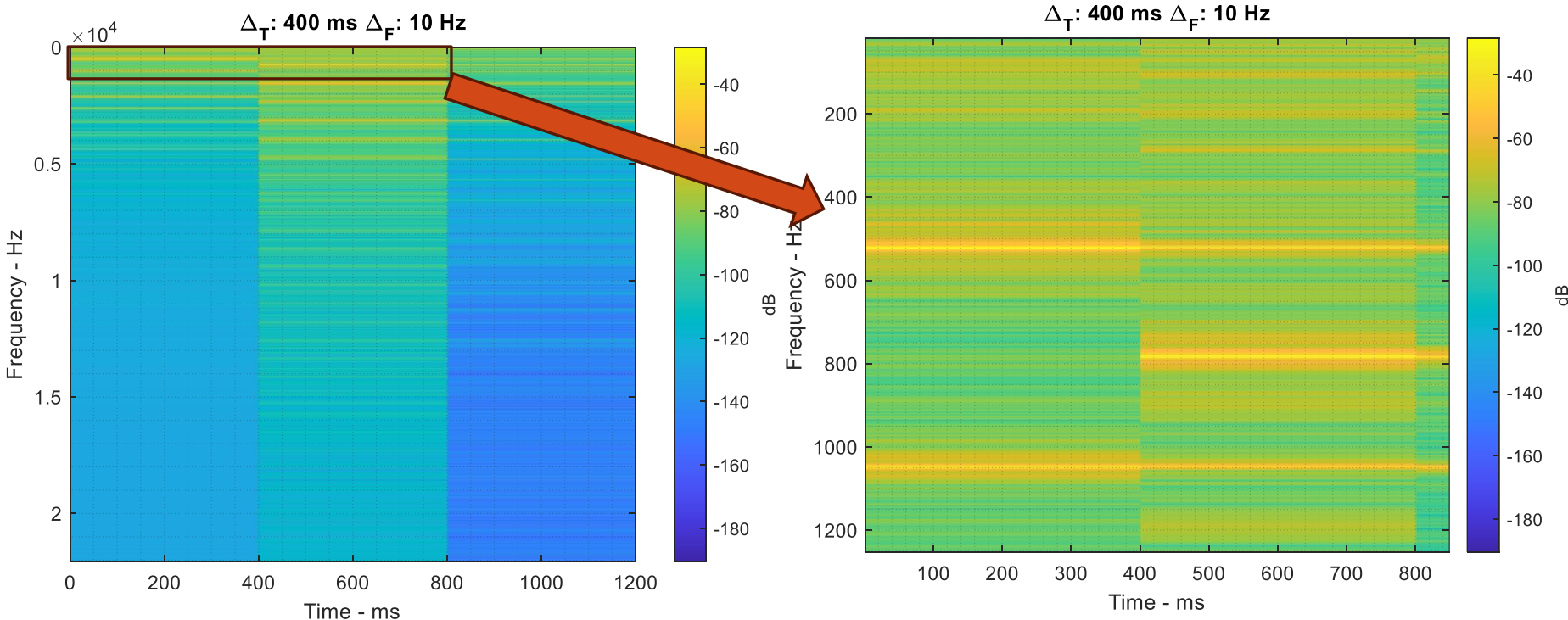
## Esercizio 4: soluzione

Nella seconda parte invece, la risoluzione temporale è grossolana (400 ms) ma quella in frequenza è sufficiente per individuare le note. Anche in questo caso, conviene fare uno zoom per individuare i valori dei parametri. Si individuano le note a 523Hz e 784 Hz



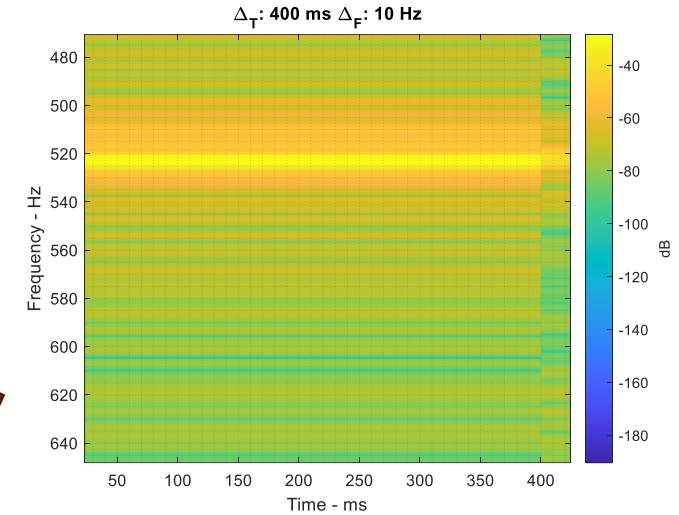
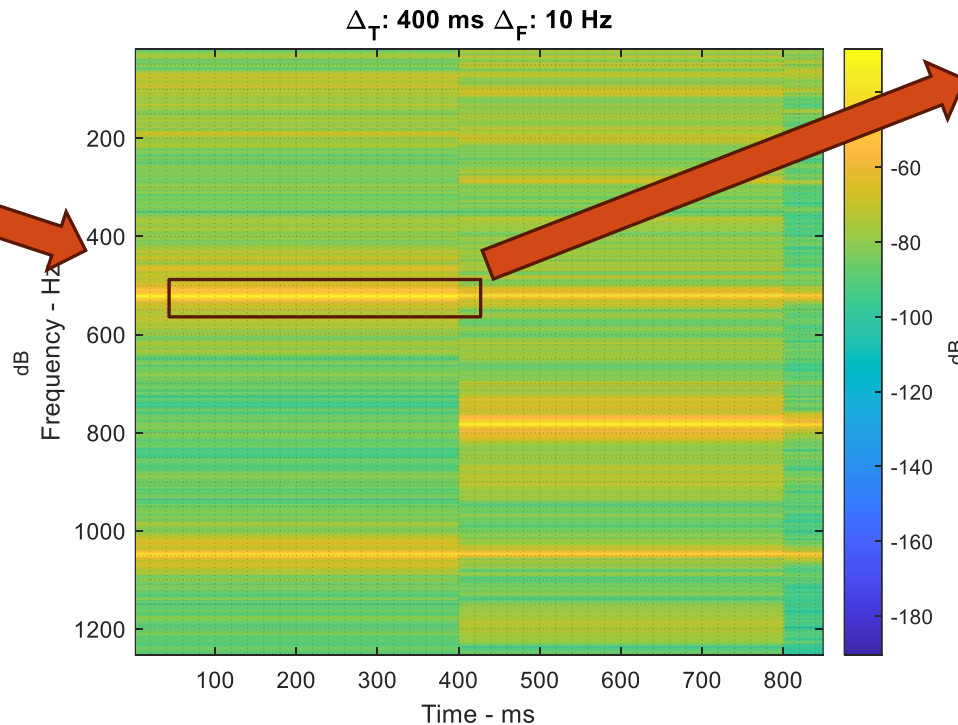
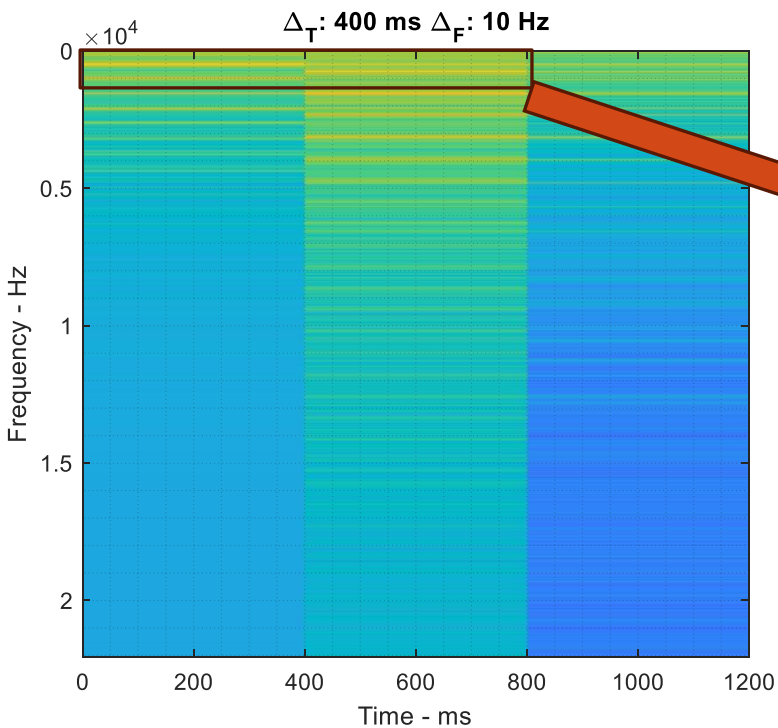
## Esercizio 4: soluzione

Nella seconda parte invece, la risoluzione temporale è grossolana (400 ms) ma quella in frequenza è sufficiente per individuare le note. Anche in questo caso, conviene fare uno zoom per individuare i valori dei parametri. Si individuano le note a 523Hz e 784 Hz



## Esercizio 4: soluzione

Nella seconda parte invece, la risoluzione temporale è grossolana (400 ms) ma quella in frequenza è sufficiente per individuare le note. Anche in questo caso, conviene fare uno zoom per individuare i valori dei parametri. Si individuano le note a 523Hz e 784 Hz



# Esercizio 4: soluzione

Nella seconda parte invece, la risoluzione temporale è grossolana (400 ms) ma quella in frequenza è sufficiente per individuare le note. Anche in questo caso, conviene fare uno zoom per individuare i valori dei parametri. Si individuano le note a 523Hz e 784 Hz

