

Traitement Numérique des Données
M1 – INF 2163
AIDN: Applications Interactives et Données Numériques

Analyse du son

Sylvie Gibet

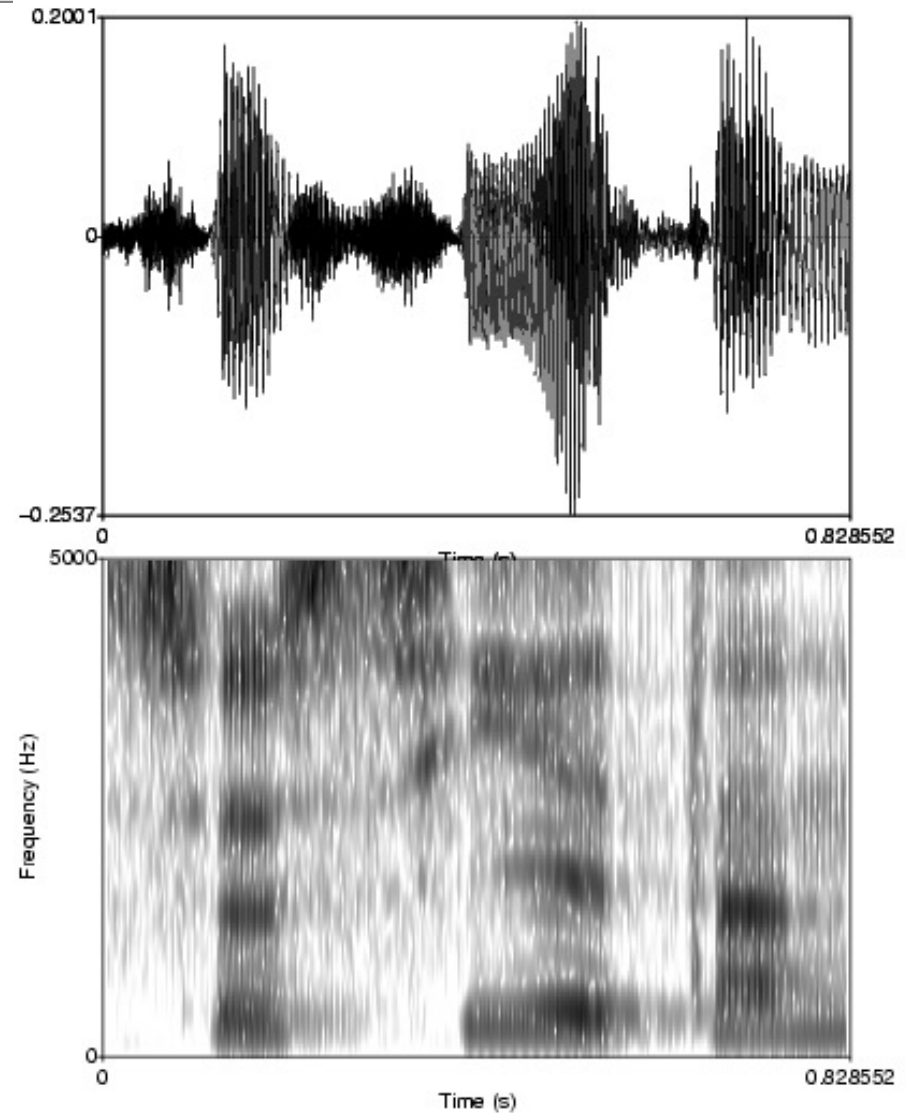
Analyse spectrale du son

- SIGNAL : représentation en temps / amplitude
- SPECTRE : représentation en fréquence / amplitude
- SPECTROGRAMME : représentation en temps / fréquence

Analyse spectrale du son

- Signal de parole

Spectrogramme



Sons harmoniques

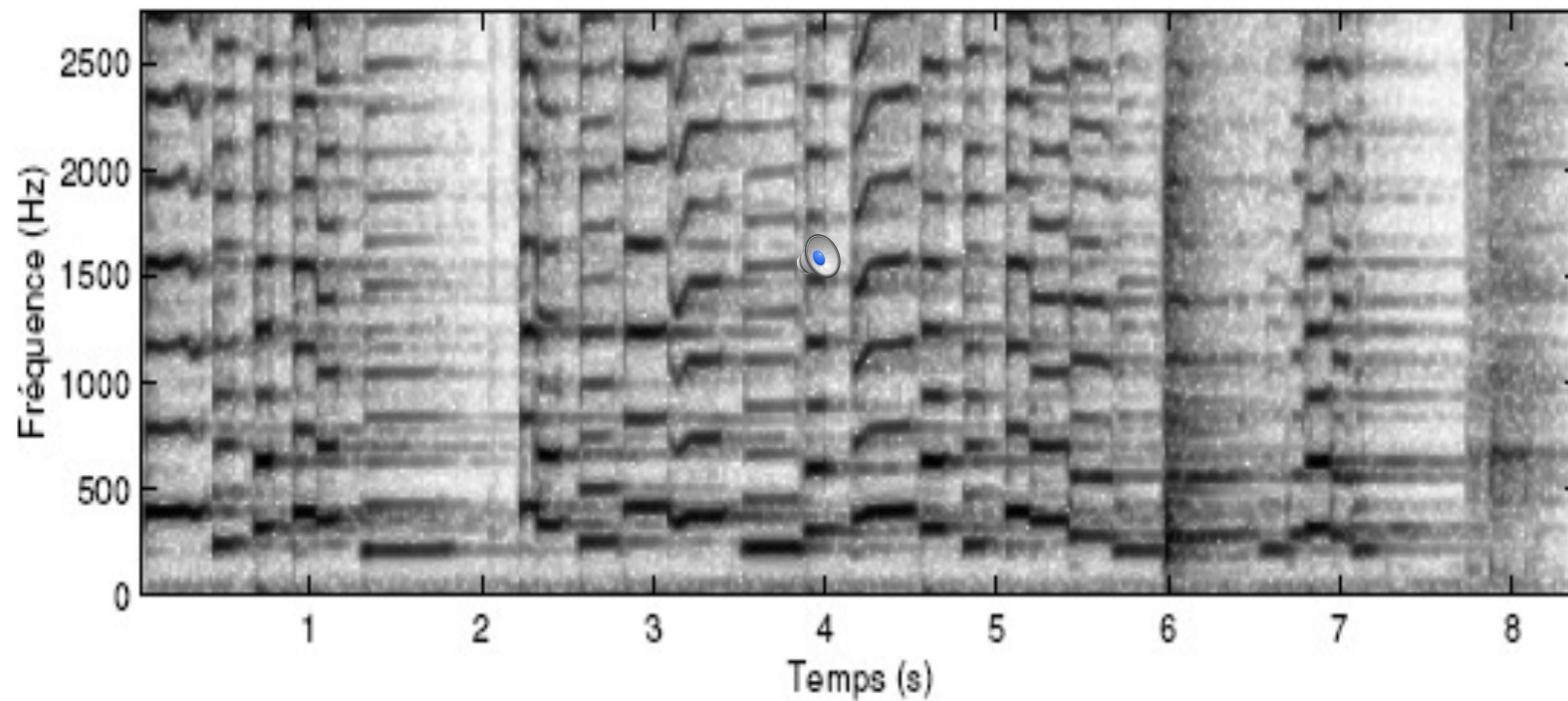


FIG. 1.4 – *Sonagramme d'un son instrumental (saxophone de Sylvain Beuf), Piste n°3* 🎵.

Sons bruités

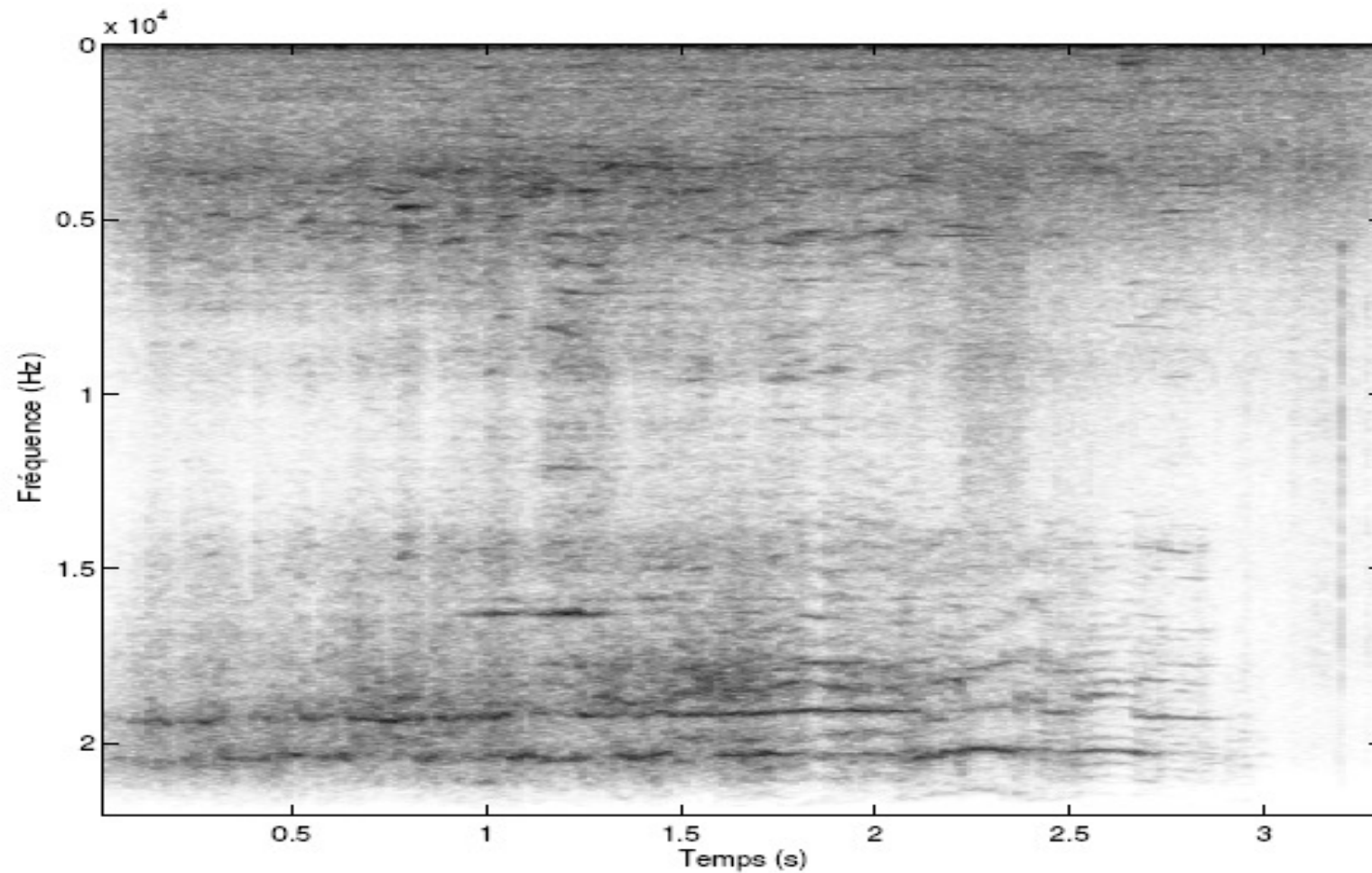


FIG. 1.5 – Sonagramme d'un bruit de freins de bus, Piste n° 56-CD2 🎵.

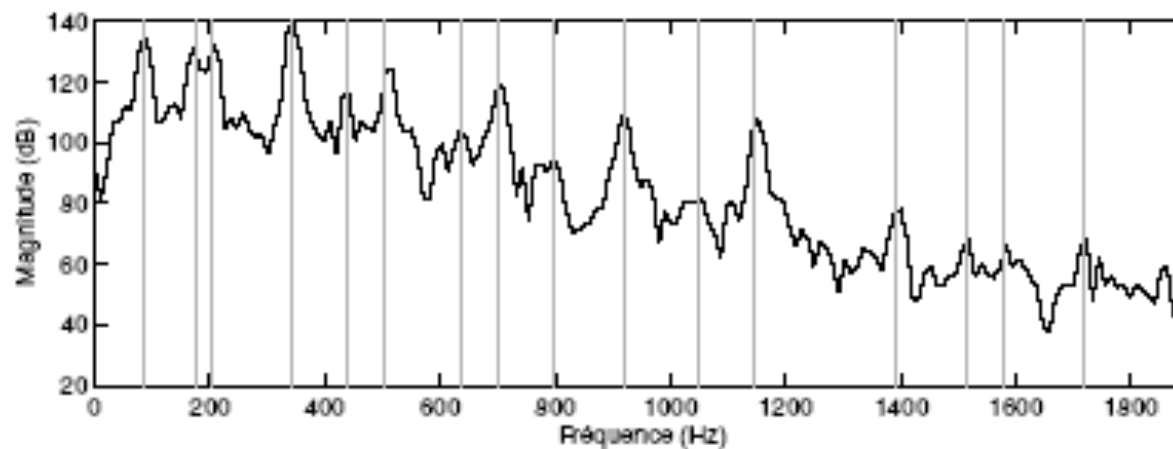
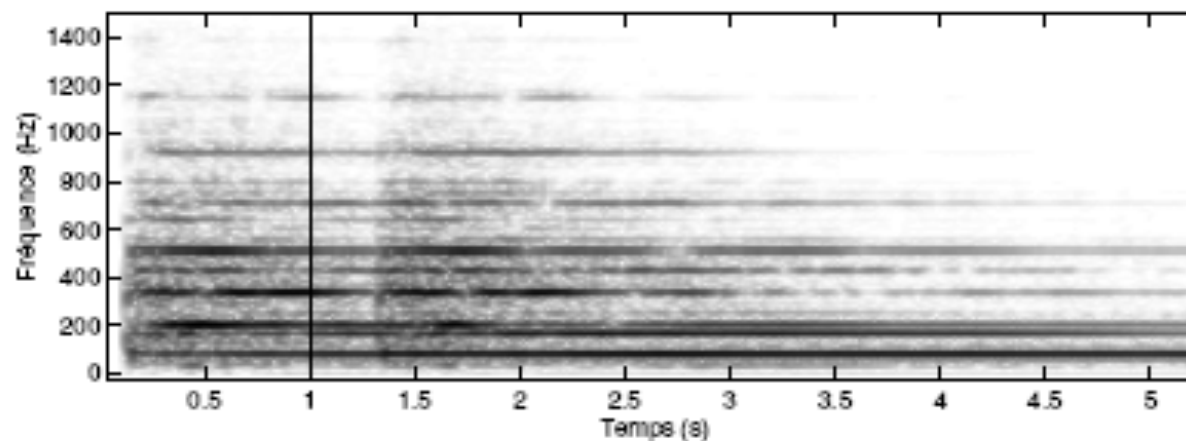
Sons quasi-harmoniques, inharmoniques

- Entre les 2, on a :
 - ▣ des sons quasi-harmoniques : les partiels ont leur fréquence qui dévie petit à petit du multiple de la fréq fond. (cas de sons instrumentaux : marimba, xylophone)
 - ▣ sons inharmoniques : les partiels ne sont pas multiples d'une fondamentale ; cependant on peut entendre une hauteur, voire plusieurs (sons de cloche)
 - ▣ sons filtrés : il s'agit de bruits filtrés passe-bande étroit. Selon la structure du filtre, une hauteur peut apparaître lors de leur audition (filtre résonant).

Enveloppe spectrale

- **Fréquence fondamentale** : Un son parfaitement périodique se décompose comme la somme de sinusoides de fréquences $f_n = nf_0$ avec $f_0 = f_1$.
 f_0 est la fréquence fondamentale, n est le numéro d'harmonique
- **Enveloppe spectrale** : si l'on observe le spectre d'amplitude des signaux musicaux, en regardant leur évolution dans le temps, on remarque que des formes plus générales que les partiels apparaissent : il s'agit de l'**enveloppe spectrale**, définie comme l'enveloppe supérieure (forme reliant les pics ou partiels), souvent approchée par lissage du spectre.
Enveloppe formée de bosses : **formants** et de creux.

Sons quasi-harmoniques, inharmoniques



Spectrogram (fig. bas) d'un son de cloche, Piste n° 2 🎵 et sa TCFT (fig. bas) prélevée au niveau de la ligne verticale noire, à 1 s. Les traits gris verticaux sur la TFCT indiquent la fréquence de chaque partiel.

Harmoniques, formants

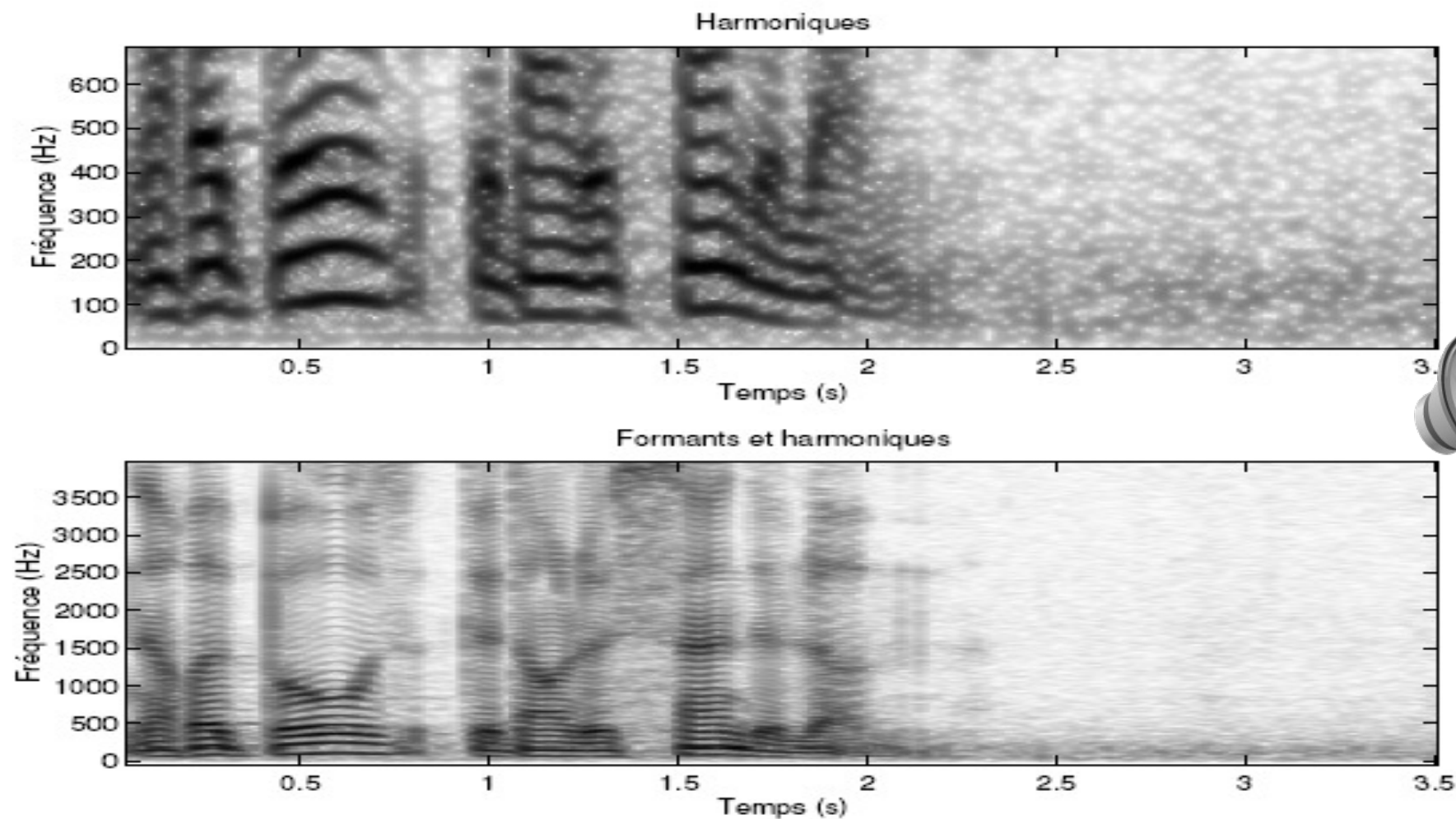


FIG. 1.7 – Zoom sur le sonagramme d'une voix parlée : fréquences de 0 à 700 Hz pour visualiser les harmoniques, et de 0 à 4000 Hz pour visualiser les formants, pour le son Piste n° 16 🎵.

Analyses de Fourier - Applications

L'analyse de Fourier a révolutionné les mathématiques : la transformée de Fourier permet de retrouver les fréquences distinctes d'un même signal

Industrie/recherche

- *Télécommunications* – téléphonie GSM/cellulaire, ADSL: *Asymmetric Digital Subscriber Line. (raccordement numérique asymétrique, RNA ou liaison numérique à débit asymétrique)*
- *Musique, audio, multimedia* : compression MP3
- *Electronique/IT* – la plupart des applications basées Digital Signal Processing (DSP)
- *Traitement d'image* : compression, imagerie médicale

Analyses de Fourier - Applications

***Théorie des ondelettes** : Obtenir des informations de fréquences et de temps dans un signal (inventé par un ingénieur de chez Elf-Aquitaine)*

- Sorte de microscope mathématique permettant de zoomer sur un instant du signal, et d'accéder à des détails très fins
- Avec la TF, l'information temporelle est perdue -> adaptation de la TF en l'appliquant à différents morceaux du signal, les fenêtres temporelles étant d'autant plus courtes qu'on accède aux fréquences élevées.
- Intéressant pour détecter des changements brusques dans un signal.

Applications : format de compression d'image JPEG 2000

Analyses de Fourier - Applications

- *Analyse de la parole* (reconnaissance, synthèse, etc.)
- *Conception de radar, d'antennes*
- *Médecine et chimie*
 - X-ray spectrometry, analyse chimique (FT spectrometry)
 - PET (Positron Emission Tomography)-scanner : technique d'imagerie nucléaire
 - IRM : Imagerie par Résonance Magnétique
- Etc.

Transformée de Fourier – TP Son

Travail sur des sons réels ; lecture du fichier son

```
#%%                                #pour créer des blocs de code à exécuter
(fs,x) = read('./DATA/Sons/Oiseaux/rossignol.wav')
#x=x[:,1]
print('taille du fichier : ', x.size)
print('fréquence d\'échantillonnage : ', fs)
print('durée du signal : ', x.size/fs, 's')
```

taille du fichier : 114260

fréquence d'échantillonnage : 16000

durée du signal : 7.14125 s

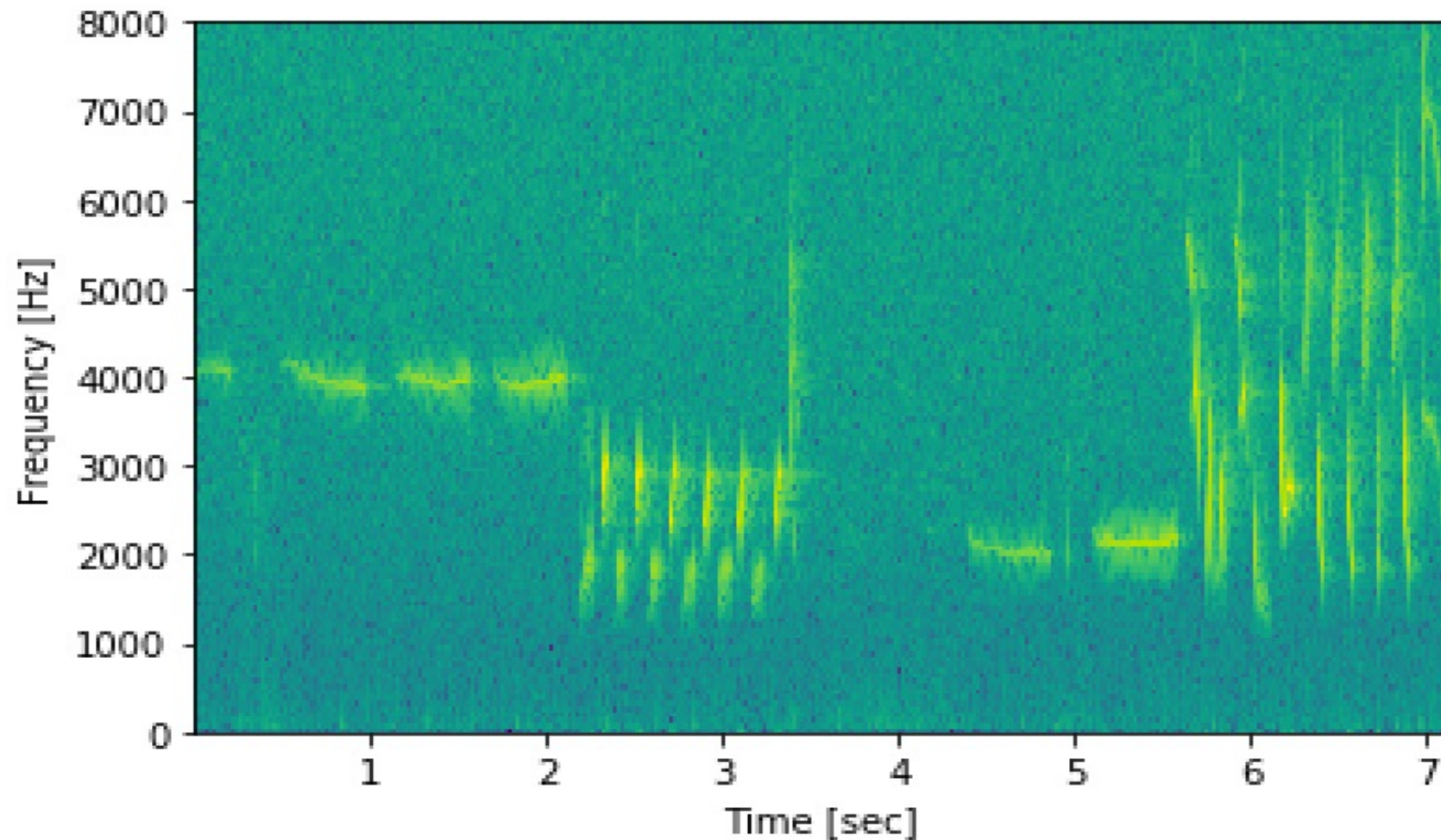
Transformée de Fourier – TP Son

Affichage du spectrogramme

```
#%%                                #pour créer des blocs de code à exécuter
fig3 = plt.figure()
f, t, Sxx = signal.spectrogram(x, fs)
plt.pcolormesh(t, f, np.log(Sxx))
plt.ylabel('Frequency [Hz]')
plt.xlabel('Time [sec]')
```

Transformée de Fourier – TP Son

Spectrogramme



Transformée de Fourier – TP Son

Récupération d'une fenêtre temporelle du signal

#%%

Nf=xxx

#taille de la fenêtre

offset=xxx

décalage par rapport au début du fichier

sf = np.zeros(Nf)

sf[:]=x[offset:offset+Nf] #fenêtre temporelle du signal

X=fft(sf)/Nf # FFT sur cette fenêtre : même nombre de points

F =np.linspace(0,fs,Nf) # échelle fréquentielle

mX = 2*abs(X) # amplitude du spectre

powerSpectra = 10 * np.log10(abs(X)) # échelle logarithmique