**TP N 03 : Analyse spectrale paramétrique AR et/ou ARMA de signaux sonores (exemple de signaux non stationnaires)**

**Objectifs :**

* Comprendre les concepts de modèles AR et ARMA.
* Apprendre à estimer les paramètres des modèles AR et ARMA à partir de signaux sonores.
* Analyser la densité spectrale de puissance (PSD) des signaux sonores utilisant les modèles AR et ARMA.

**Exercice 1 : Estimation du Modèle AR**

1. Chargez un fichier audio de votre choix dans MATLAB en utilisant la fonction **audioread.**
2. Choisissez un segment du signal audio pour l'analyse.
3. Estimez un modèle AR d'ordre p pour ce segment en utilisant la fonction **aryule**.
4. Tracez la PSD estimée du segment audio en utilisant les coefficients AR estimés.
5. Analysez et interprétez les composantes fréquentielles dominantes du signal.

**Exercice 2 : Estimation du Modele ARMA**

1. Répétez les étapes 1 et 2 de l'exercice 1.
2. Estimez un modèle ARMA d'ordre (p, q) pour ce segment en utilisant la fonction **armax**.
3. Tracez la PSD estimée du segment audio en utilisant les coefficients AR et MA estimés.
4. Comparez les résultats de l'analyse AR et ARMA. Discutez des avantages et des inconvénients de chaque approche.

**Questions de Réflexion :**

1. Quelles sont les principales différences entre les modèles AR et ARMA en termes de représentation des signaux sonores ?
2. Quels sont les avantages et les inconvénients de l'approche AR par rapport à l'approche ARMA, et vice versa ?
3. Comment choisir les ordres (p et q) des modèles AR et ARMA de manière appropriée pour une analyse efficace des signaux sonores ?
4. Dans quelles applications réelles pourrait-on utiliser l'analyse spectrale paramétrique AR et ARMA de signaux sonores ?

%%%% Enregistrer le signal dans un fichier audio WAV

% Paramètres du signal

Fs = 44100; % Fréquence d'échantillonnage (en Hz)

t = 0:1/Fs:5; % Durée du signal (5 secondes)

f = 440; % Fréquence du signal (en Hz)

% Générer un signal sinusoïdal

%y = sin(2\*pi\*f\*t);

y= sin(2\*pi\*100\*t) + 0.5\*randn(size(t)); % Signal sonore avec bruit

% Enregistrer le signal dans un fichier audio WAV

audiowrite('signal\_audio\_1.wav', y, Fs);

% Lecture du fichier audio pour vérification

[y\_loaded, Fs\_loaded] = audioread('signal\_audio\_1.wav');

% Affichage du signal

t\_loaded = (0:length(y\_loaded)-1) / Fs\_loaded;

plot(t\_loaded, y\_loaded);

xlabel('Temps (s)');

ylabel('Amplitude');

title('Signal audio généré');

Exercice 1

% 1. Chargez un fichier audio

[y, Fs] = audioread('signal\_audio\_1.wav');

% 2. Choisissez un segment du signal audio pour l'analyse

segment\_length = 1024;

segment = y(1:segment\_length);

% 3. Estimez un modèle AR d'ordre p

order\_ar = 10;

ar\_params = aryule(segment, order\_ar);

% 4. Tracez la PSD estimée

[psd\_ar, freq] = freqz(1, ar\_params, segment\_length, Fs);

psd\_ar = psd\_ar .\* conj(psd\_ar);

figure;subplot(2,1,1);

plot(freq, 10\*log10(psd\_ar));

xlabel('Fréquence (Hz)');

ylabel('PSD (dB)');

title('PSD estimée avec modèle AR');

fs = 44100; % Fréquence d'échantillonnage (en Hz)

t = 0:1/fs:5; % Temps (5 secondes)

signal\_sonore = sin(2\*pi\*100\*t) + 0.5\*randn(size(t)); % Signal sonore avec bruit

subplot(2,1,2);

plot(t, signal\_sonore);

title('Signal sonore');

xlabel('Temps (s)');

ylabel('Amplitude')

Exercice 2

% Chargez le signal sonore à partir d'un fichier audio

[y, Fs] = audioread('signal\_audio\_1.wav');

% Choisissez un segment du signal audio pour l'analyse

segment\_length = 1024;

segment = y(1:segment\_length);

% Ordres du modèle ARMA

order\_ar = 10;

order\_ma = 5;

% Estimation des paramètres AR avec la fonction ar

ar\_params = ar(segment, order\_ar);

% Estimation des paramètres MA avec la fonction arburg

[~, ma\_params] = arburg(segment, order\_ma);

% Estimation de la PSD

[h, f] = freqz(1, ma\_params, segment\_length, Fs);

psd\_ma = abs(h).^2;

% Tracer le PSD

figure;subplot(2,1,1);

plot(f, 10\*log10(psd\_ma));

xlabel('Fréquence (Hz)');

ylabel('PSD (dB)');

title('Spectre de puissance avec modèle MA (arburg)');

fs = 44100; % Fréquence d'échantillonnage (en Hz)

t = 0:1/fs:5; % Temps (5 secondes)

signal\_sonore = sin(2\*pi\*100\*t) + 0.5\*randn(size(t)); % Signal sonore avec bruit

subplot(2,1,2);

plot(t, signal\_sonore);

title('Signal sonore');

xlabel('Temps (s)');

ylabel('Amplitude')

**Questions de Réflexion :**

1. Les principales différences entre les modèles AR et ARMA sont que le modèle AR représente les signaux sonores comme une combinaison linéaire de leurs échantillons précédents, tandis que le modèle ARMA ajoute également des termes de moyenne mobile pour tenir compte des variations à court terme.
2. Les avantages de l'approche AR incluent sa simplicité et son interprétation intuitive des coefficients AR, tandis que l'approche ARMA peut mieux modéliser les signaux avec à la fois des composantes à long terme et à court terme.
3. Le choix des ordres (p et q) des modèles AR et ARMA dépend souvent de la complexité du signal sonore et des objectifs de l'analyse. Il peut être déterminé par des techniques telles que l'analyse spectrale ou la validation croisée.
4. L'analyse spectrale paramétrique AR et ARMA de signaux sonores est utilisée dans diverses applications telles que le traitement de la parole, la compression audio, la détection d'événements sonores, etc.