

Département Génie des Communications et Réseaux

Compte Rendu

TP1

Traitement Statistique des Dignaux Discrets

Traitement de Signal

Elaborés par :

Wissem Bagga

Génie des communications et Réseaux GCRA2 - Grp1

Date: 7/11/2024

Année Universitaire: 2023/2024

I. Objectifs

Les principaux objectifs de ce TP sont :

- **Étudier l'analyse d'un signal sinusoïdal** en utilisant l'autocorrélation et le spectre de puissance, pour un signal pur ainsi qu'en présence de bruit.
- **Observer l'effet des différentes fenêtres temporelles** sur la précision des fréquences dans le spectre.

II. Autocorrélation d'un Signal Sinusoïdal à 15 Hz

1. Visualisation du Signal x1:

Nous avons créé un signal sinusoïdal **x1** à 15 Hz avec 128 échantillons, ce qui donne une onde régulière à cette fréquence.

- **Code**

```
clear all;  
clc;  
close all;  
fe=128;  
pe=1/fe;  
n=128;  
t=(0:n-1)*pe;  
% Génération d'une sinusoïde de fréquence 15 Hz  
f1=15;  
x1=sin(2*pi*f1*t);  
%Affichage du signal x1  
figure;  
subplot(2,1,1);  
plot(t, x1);
```

```
title('Signal x1');  
xlabel('Temps (s)');  
ylabel('Amplitude');
```

2. Spectre de x1:

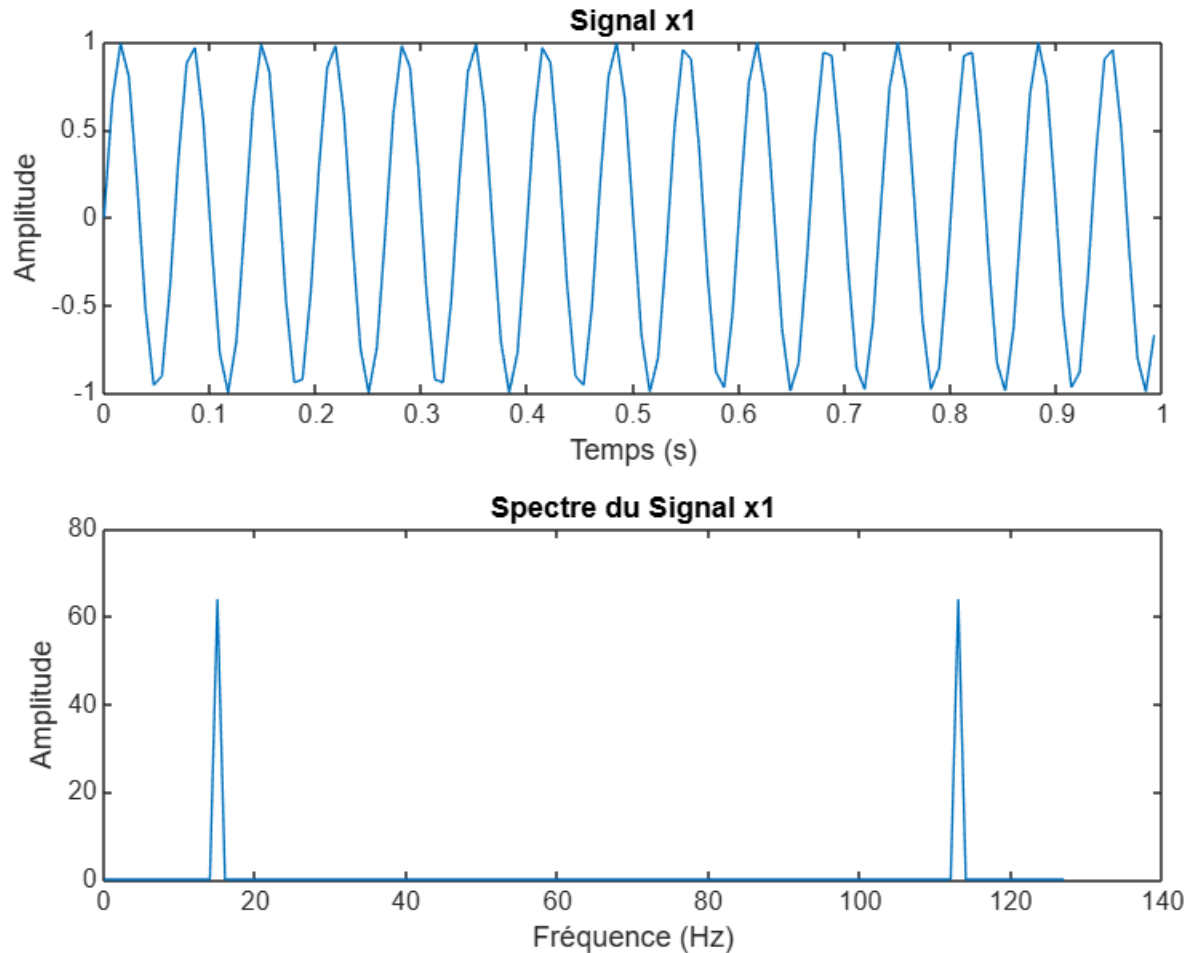
Le spectre montre un pic à 15 Hz, qui est la fréquence de notre sinusoïde.

- **Code**

%a. Calcul et affichage du spectre du signal x1

```
X1 = fft(x1);  
fs = (0:n-1) * fe / n;  
subplot(2,1,2);  
plot(fs, abs(X1));  
title('Spectre du Signal x1');  
xlabel('Fréquence (Hz)');  
ylabel('Amplitude');
```

- **Representation du Signal x1 et Spectre X1**



Interprétation du Signal x1 et Spectre X1 : Le signal x1 sert de référence pour observer l'effet des autres traitements. Le pic confirme la fréquence du signal, un pic fin montre que le signal est stable.

3. Autocorrélations Biaisée et Non Biaisée :

Autocorrélation biaisée : Montre une décroissance progressive des valeurs.

Autocorrélation non biaisée : Conserve des valeurs constantes autour du centre.

- **Code**

% Estimation de l'autocorrélation du signal x1

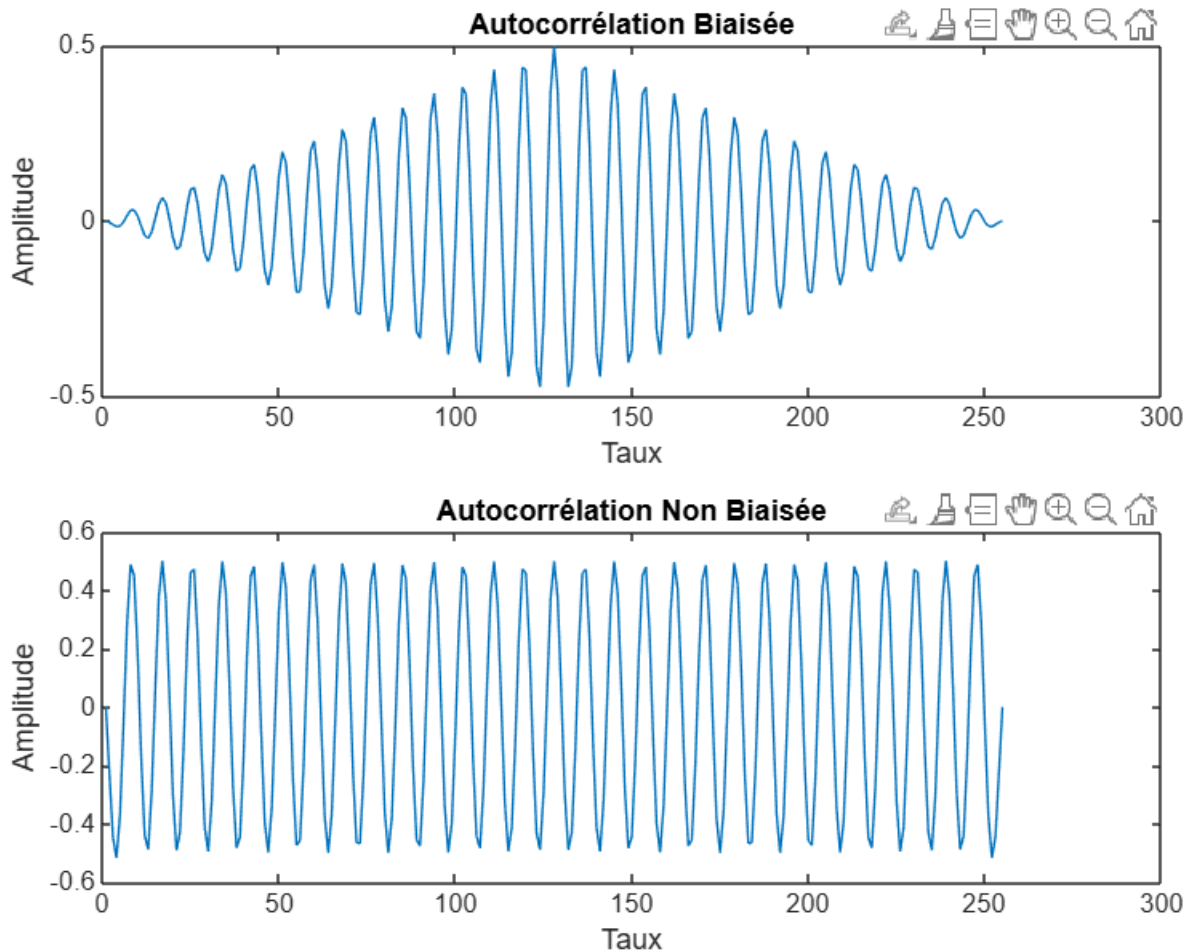
x1_autocorr_biaise = xcorr(x1,'biased'); % Estimateur biaisé

x1_autocorr_non_biaise = xcorr(x1,'unbiased'); % Estimateur non biaisé

% Affichage de l'autocorrélation biaisée

```
figure;  
subplot(2,1,1);  
plot(x1_autocorr_biaise);  
title('Autocorrélation Biaisée');  
xlabel('Taux');  
ylabel('Amplitude');  
% Affichage de l'autocorrélation non biaisée  
subplot(2,1,2);  
plot(x1_autocorr_non_biaise);  
title('Autocorrélation Non Biaisée');  
xlabel('Taux');  
ylabel('Amplitude');
```

- **Representation**



Interprétation : L'autocorrélation non biaisée donne une meilleure idée de la régularité du signal, sans réduire artificiellement les valeurs en fonction du décalage (taux).

III. Autocorrélation d'un Signal Sinusoïdal avec Bruit Blanc

1. Ajout de Bruit Blanc :

Nous ajoutons un bruit blanc aléatoire au signal x_1 pour créer un signal bruité.

- **Code**

%Génération d'un bruit blanc

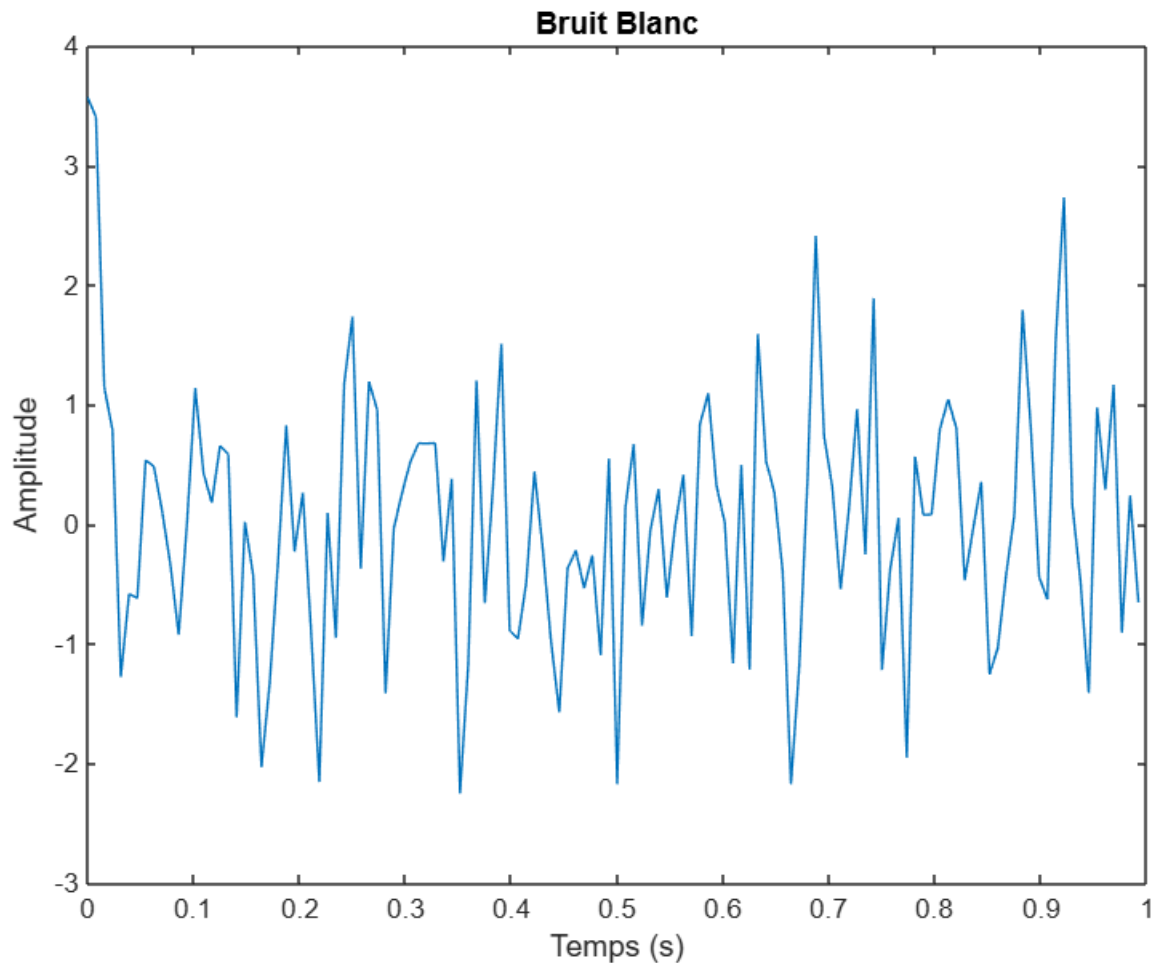
bruit=randn(size(t));

%Affichage du bruit blanc

figure;

```
plot(t, bruit);  
title('Bruit Blanc');  
xlabel('Temps (s)');  
ylabel('Amplitude');
```

- **Representation**



Interprétation : Ce bruit simule des interférences ou des perturbations dans le signal.

2. Autocorrélation du Bruit Blanc :

L'autocorrélation du bruit blanc présente une valeur élevée au centre, puis des valeurs très faibles.

- **Code**

% Estimation de l'autocorrélation du bruit blanc

autocorr_bruit = xcorr(bruit, 'biased');

%Affichage de l'autocorrélation du bruit blanc

figure;

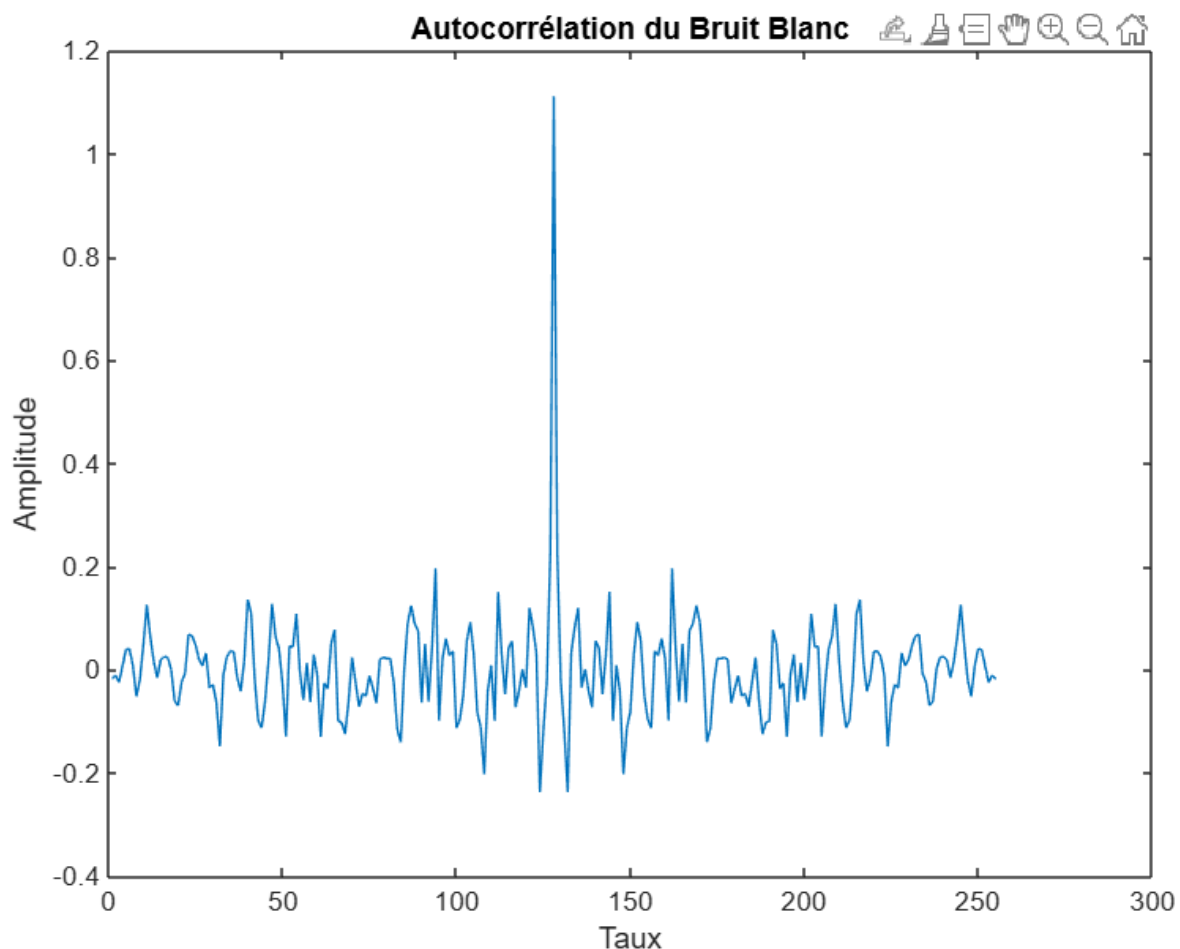
plot(autocorr_bruit);

title('Autocorrélation du Bruit Blanc');

xlabel('Taux');

ylabel('Amplitude');

- **Représentation**



Interprétation : Un bruit aléatoire ne présente pas de corrélation significative, sauf au centre.

3. Autocorrélation du Signal Bruité :

L'autocorrélation du signal bruité est plus dispersée, avec moins de régularité que le signal sans bruit.

- **Code**

```
%Ajout du bruit blanc au signal x1
```

```
signal_bruit = x1 + bruit;
```

```
%Autocorrélation biaisée du signal avec bruit
```

```
autocorr_signal_bruit = xcorr(signal_bruit, 'biased');
```

```
%Affichage de l'autocorrélation biaisée du signal avec bruit
```

```
figure;
```

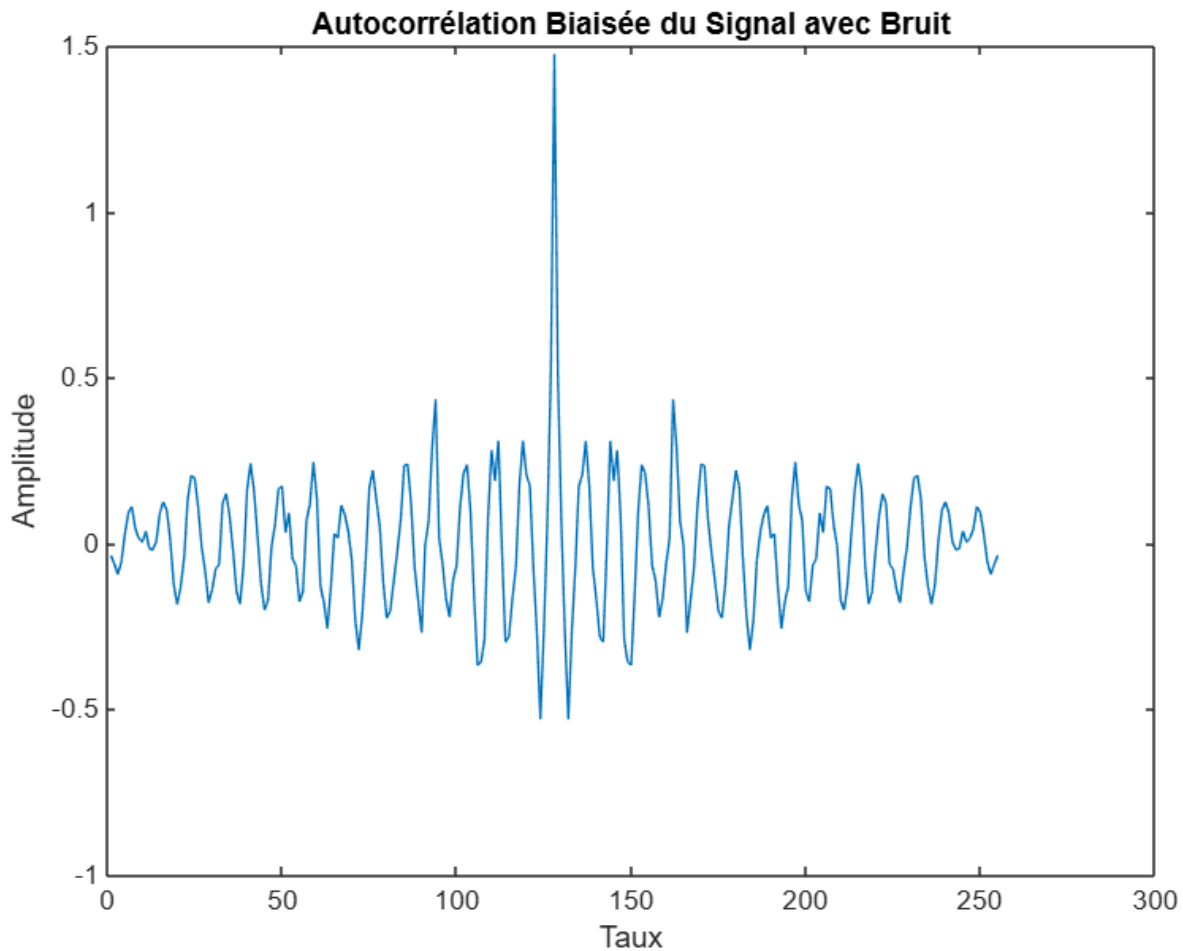
```
plot(autocorr_signal_bruit);
```

```
title('Autocorrélation Biaisée du Signal avec Bruit');
```

```
xlabel('Taux');
```

```
ylabel('Amplitude');
```

- **Représentation**



Interprétation : Le bruit diminue la régularité du signal, ce qui se reflète dans une autocorrélation plus diffuse.

IV. Analyse Spectrale : Périodogramme et Corrélogramme

1. Périodogramme Simple

Le périodogramme du signal original et du signal bruité est observé.

- **Code :**

```
%Comparaison entre périodogramme du signal sinusoidal x1 et du signal avec  
bruit  
figure;  
subplot(2,1,1)  
periodogram(x1, [], n, fe);
```

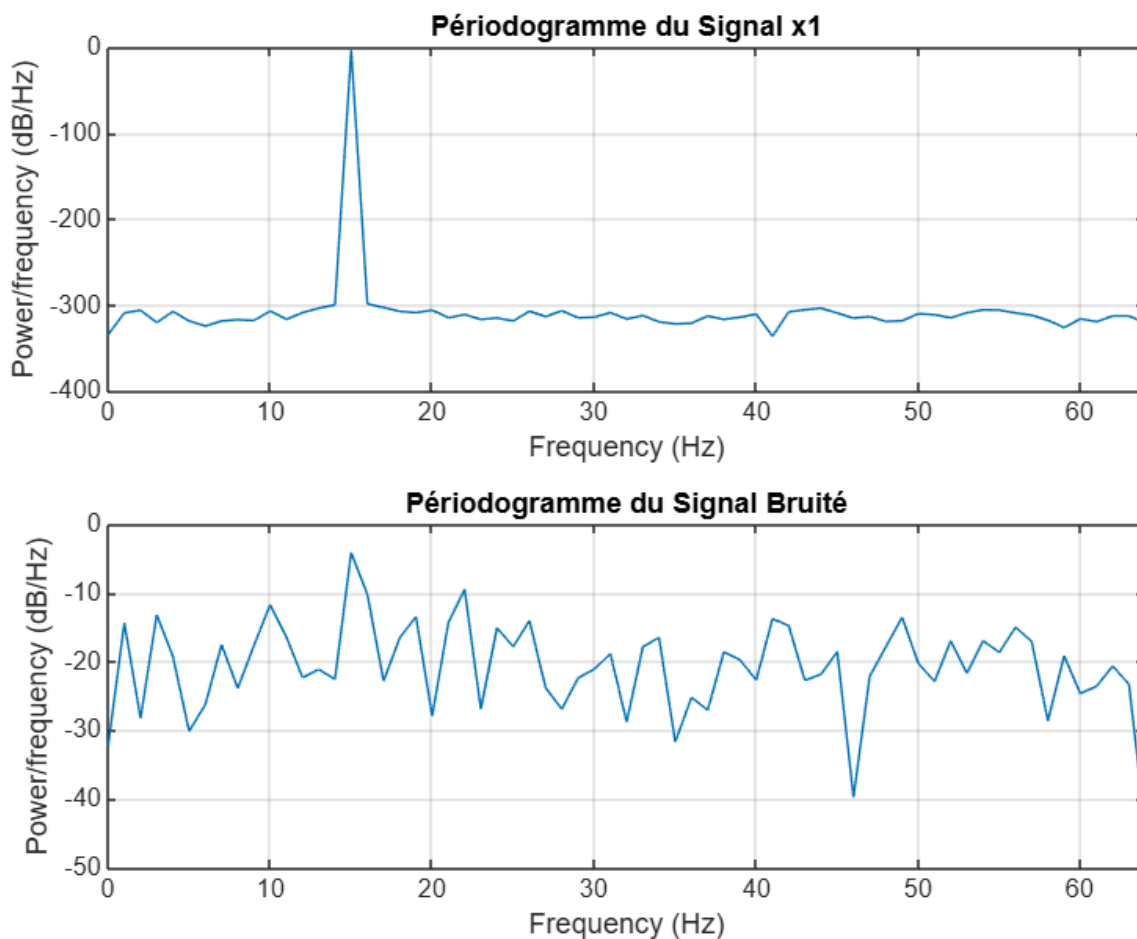
```
title('Périodogramme du Signal x1');
```

```
subplot(2,1,2)
```

```
periodogram(signal_bruit, [], n, fe);
```

```
title('Périodogramme du Signal Bruité');
```

- **Représentation :** Le périodogramme du signal x1 montre un pic net à 15 Hz, tandis que le signal bruité montre une augmentation de la puissance du bruit sur l'ensemble des fréquences.



Interprétation : Le bruit dégrade le signal, rendant difficile la distinction des pics de fréquence.

2. Corrélogramme

Un corrélogramme biaisé est obtenu pour le signal bruité.

- **Code :**

%Comparaison entre le Corrélogramme biaisé du signal bruité et périodogramme du signal sinusoidal x1

```
spectre_x1_autocorr_biaise = fft(autocorr_signal_bruit);
```

```
figure;
```

```
subplot(2,1,1)
```

```
plot(abs(spectre_x1_autocorr_biaise));
```

```
title('Corrélogramme Biaisé du Signal Bruité');
```

```
xlabel('Fréquence (Hz)');
```

```
ylabel('Amplitude');
```

```
subplot(2,1,2)
```

```
periodogram(signal_bruit, [], n, fe);
```

```
title('Périodogramme du Signal Bruité');
```

%Corrélogramme non biaisé du signal x1

```
spectre_x1_autocorr_non_biaise = fft(x1_autocorr_non_biaise);
```

```
figure;
```

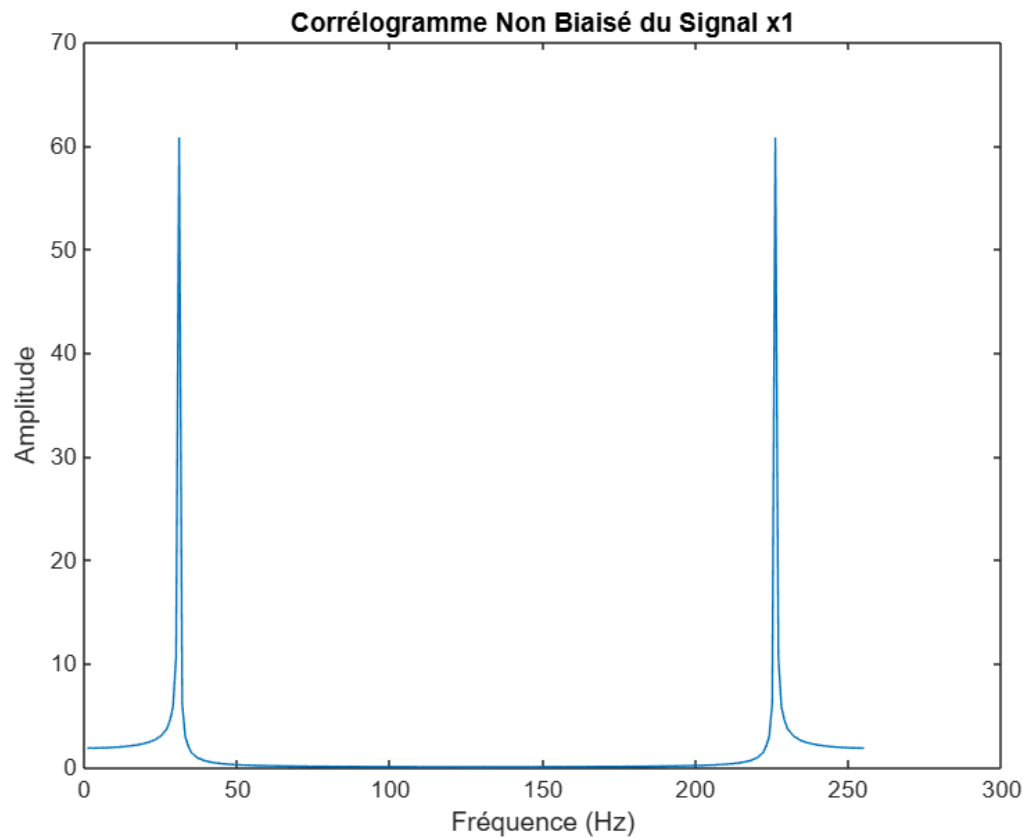
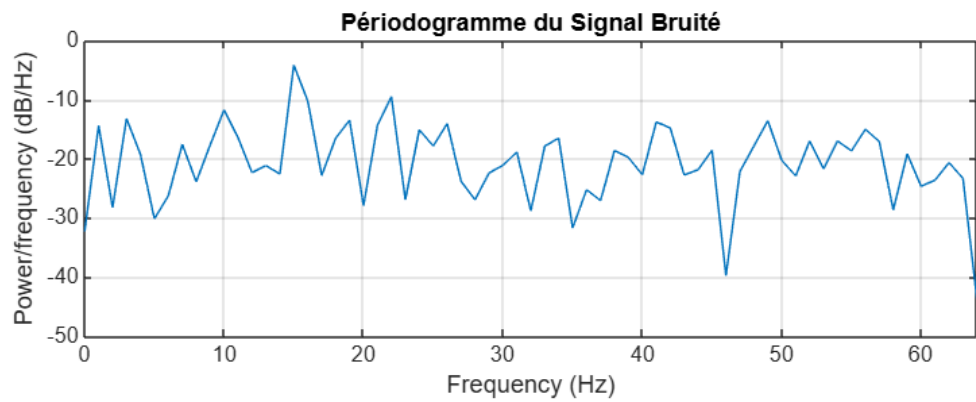
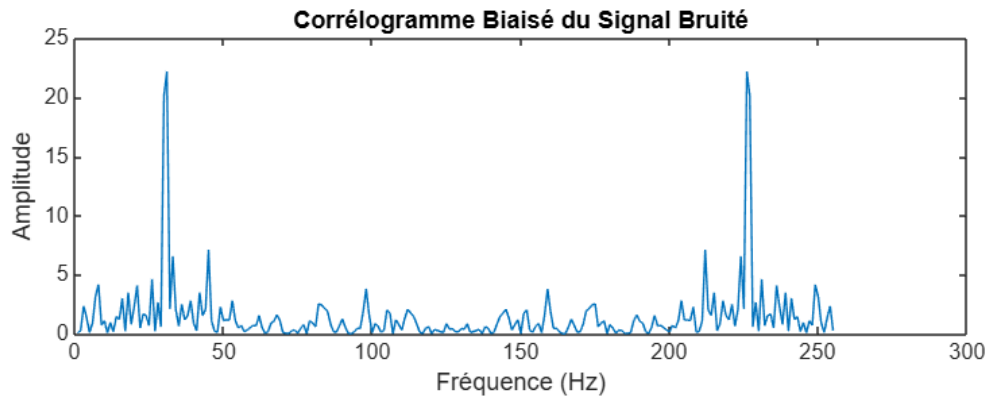
```
plot(abs(spectre_x1_autocorr_non_biaise));
```

```
title('Corrélogramme Non Biaisé du Signal x1');
```

```
xlabel('Fréquence (Hz)');
```

```
ylabel('Amplitude');
```

- **Représentation :** Le corrélogramme présente des pics plus flous, influencés par le bruit.



Interprétation : Le corrélogramme est moins efficace pour identifier la fréquence exacte en présence de bruit par rapport au périodogramme.

V. Étude de la Résolution de Fréquence et des Fenêtres Temporelles

1. Résolution de Fréquence avec un Signal Combiné (15 Hz et 16 Hz)

Une deuxième signal x2 de 16 Hz est ajouté à x1 pour observer l'effet des fenêtres sur la résolution fréquentielle.

- **Code :**

```
% Génération d'un second sinus de fréquence 16 Hz
```

```
f2 = 16;
```

```
x2 = sin(2 * pi * f2 * t);
```

```
% Affichage du signal et de son spectre
```

```
figure;
```

```
subplot(2,1,1);
```

```
plot(t, x2);
```

```
title('Signal x2 de 16 Hz');
```

```
xlabel('Temps (s)');
```

```
ylabel('Amplitude');
```

```
X2 = fft(x2);
```

```
subplot(2,1,2);
```

```
plot(fs, abs(X2));
```

```
title('Spectre du Signal x2 de 16 Hz');
```

```
xlabel('Fréquence (Hz)');
```

```
ylabel('Amplitude');
```

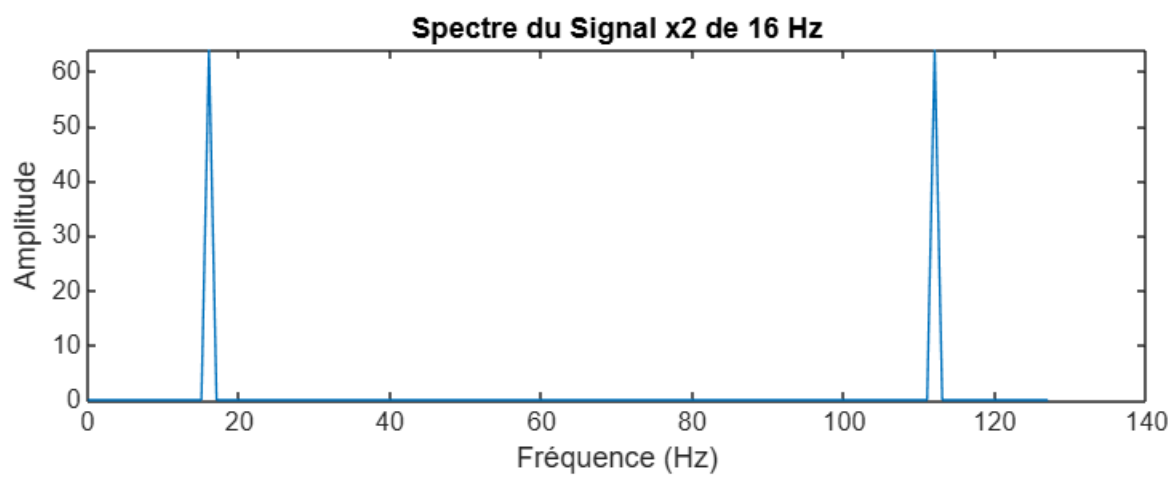
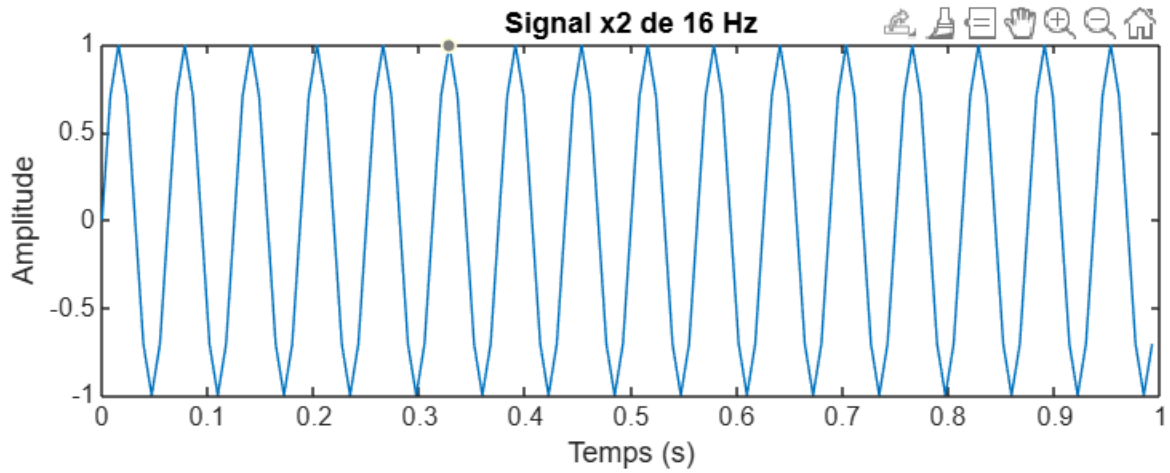
```
%Addition des signaux sinus à 15 Hz et 16 Hz
```

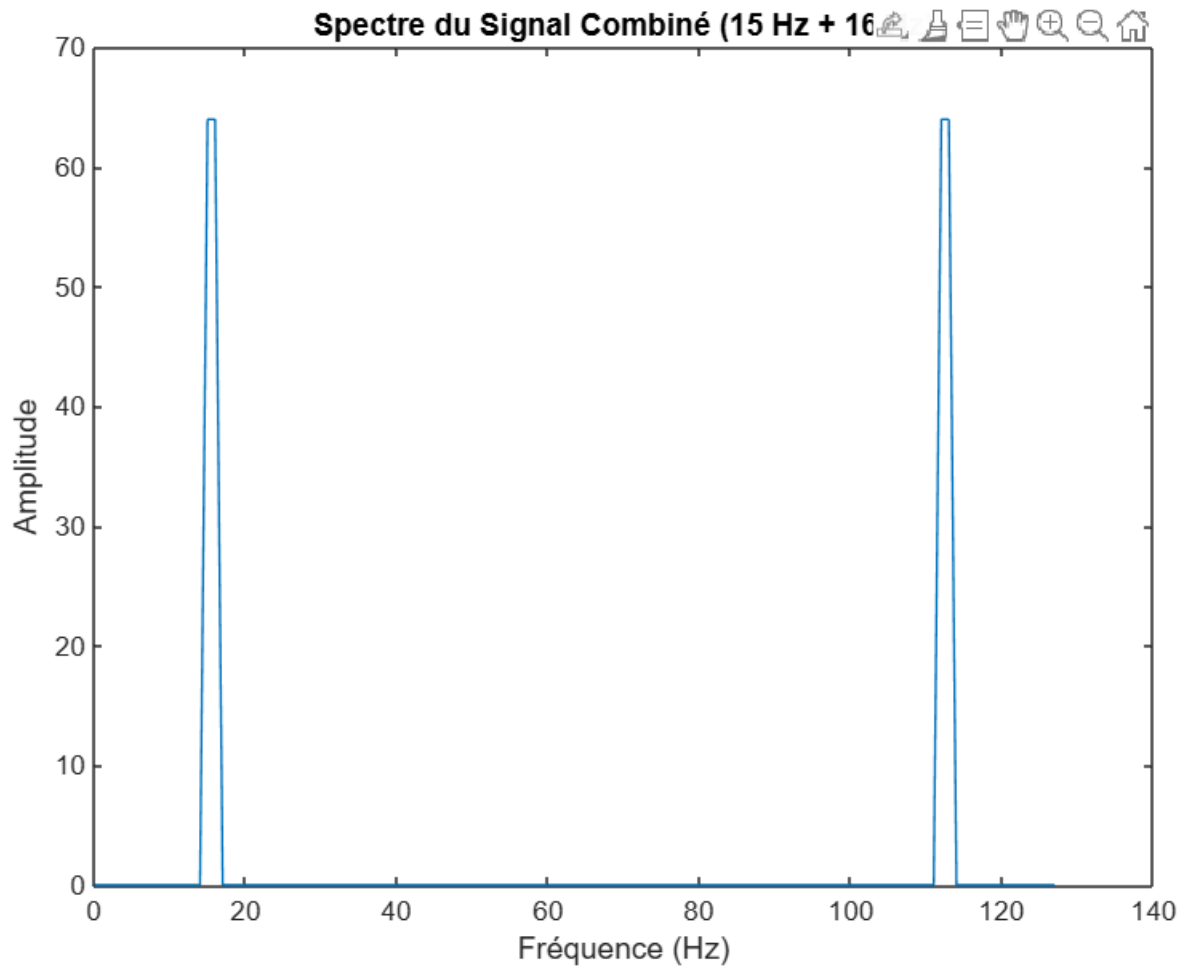
```
y1 = x1 + x2;
```

```
% Spectre du signal combiné
```

```
Y1 = fft(y1);
figure;
plot(fs, abs(Y1));
title('Spectre du Signal Combiné (15 Hz + 16 Hz)');
xlabel('Fréquence (Hz)');
ylabel('Amplitude');
% Estimation de l'autocorrélation du signal y1
y1_autocorr_biaise = xcorr(y1,'biased'); % Estimateur biaisé
y1_autocorr_non_biaise = xcorr(y1,'unbiased'); % Estimateur non biaisé
% Affichage de l'autocorrélation biaisée et non biaisée
figure;
subplot(2,1,1);
plot(y1_autocorr_biaise);
title('Autocorrélation Biaisée de Signal Combiné');
xlabel('Taux');
ylabel('Amplitude');
subplot(2,1,2);
plot(y1_autocorr_non_biaise);
title('Autocorrélation Non Biaisée Signal Combiné');
xlabel('Taux');
ylabel('Amplitude');
```

- **Représentation :**





2. Fenêtres Temporelles : Triangulaire, Hamming, et Hanning

Trois fenêtres temporelles sont représentée.

- **Code :**

```
f3 = 55;
```

```
%Observation des fenêtres d'apodisation (triangulaire, Hamming, Hanning)
```

```
fenetre_triangulaire = triang(n)';
```

```
fenetre_hamming = hamming(n)';
```

```
fenetre_hanning = hanning(n)';
```

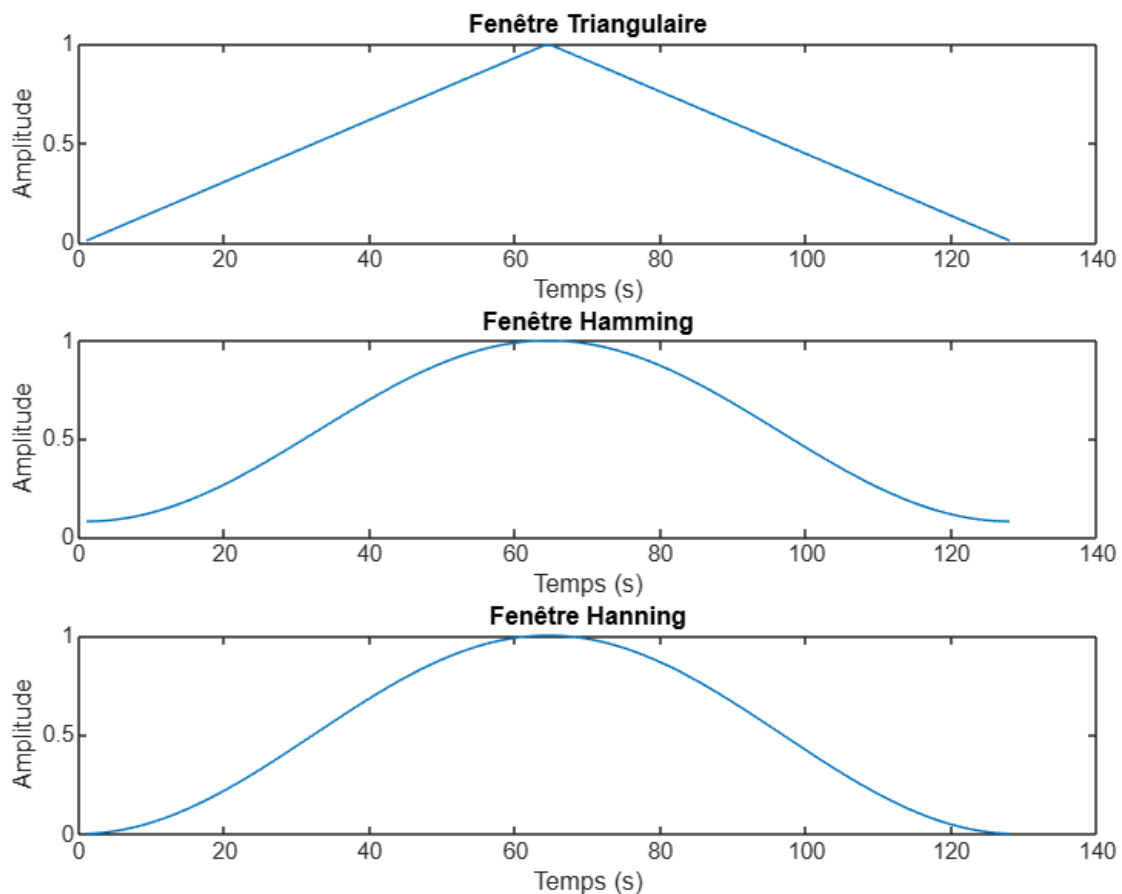
```
subplot(3,1,1);
```

```
plot(fenetre_triangulaire);
```

```
title('Fenêtre Triangulaire');
```

```
xlabel('Temps (s)');  
ylabel('Amplitude');  
subplot(3,1,2);  
plot(fenetre_hamming);  
title('Fenêtre Hamming');  
xlabel('Temps (s)');  
ylabel('Amplitude');  
subplot(3,1,3);  
plot(fenetre_hanning);  
title('Fenêtre Hanning');  
xlabel('Temps (s)');  
ylabel('Amplitude');
```

- **Représentation** : Chaque fenêtre présente une forme distincte qui modifie le signal dans le domaine fréquentiel.



Interprétation : Les fenêtres influencent les lobes secondaires dans le spectre, et donc la précision de l'estimation fréquentielle.

3. Application des Fenêtres

Le spectre du signal x_1 est obtenu en appliquant chaque fenêtre.

- **Code :**

%Application des fenêtres au signal x_1 et observation des spectres

signal_fenetre_triangulaire = x_1 .* fenetre_triangulaire;

signal_fenetre_hamming = x_1 .* fenetre_hamming;

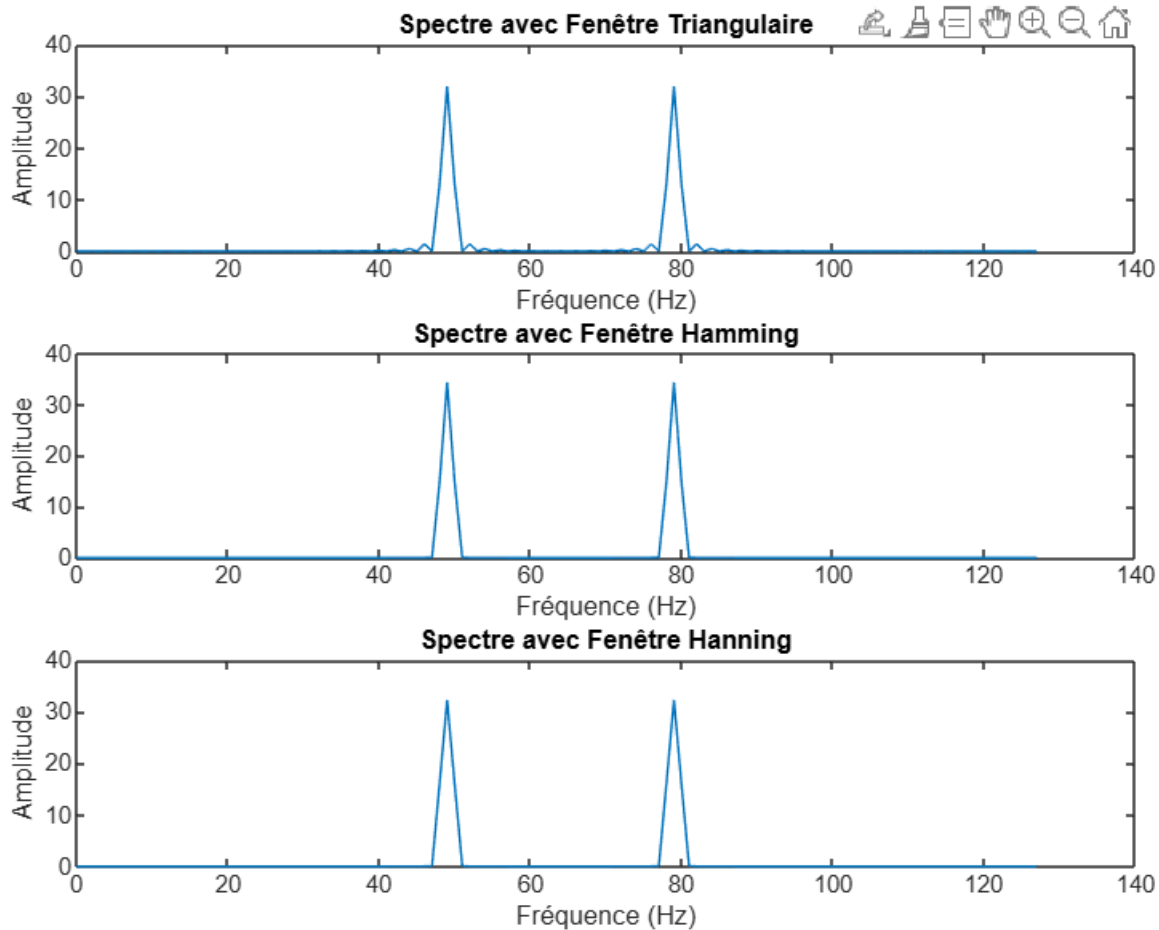
signal_fenetre_hanning = x_1 .* fenetre_hanning;

% Affichage des spectres des signaux fenêtrés

figure;

```
subplot(3,1,1);  
plot(fs, abs(fftshift(fft(signal_fenetre_triangulaire))));  
title('Spectre avec Fenêtre Triangulaire');  
xlabel('Fréquence (Hz)');  
ylabel('Amplitude');  
subplot(3,1,2);  
plot(fs, abs(fftshift(fft(signal_fenetre_hamming))));  
title('Spectre avec Fenêtre Hamming');  
xlabel('Fréquence (Hz)');  
ylabel('Amplitude');  
subplot(3,1,3);  
plot(fs, abs(fftshift(fft(signal_fenetre_hanning))));  
title('Spectre avec Fenêtre Hanning');  
xlabel('Fréquence (Hz)');  
ylabel('Amplitude');
```

- **Représentation** : Les spectres montrent des pics plus ou moins nets selon la fenêtre appliquée.



Interprétation : La fenêtre de Hamming présente le meilleur compromis entre résolution en fréquence et réduction des lobes secondaires.

- **Reponses :**

f. Comparaison des effets des fenêtres sur les lobes secondaires :

Observation visuelle des lobes secondaires dans les graphes ci-dessous.

g. Résolution de fréquence :

La résolution de fréquence est déterminée par la largeur des pics principaux dans les spectres. (Observation qualitative basée sur les spectres)

4. Résolution de Fréquence avec un Signal Combiné (15 Hz et 55 Hz)

Un troisième signal x3 de 55 Hz est ajouté à x1 pour observer l'effet des fenêtres sur la résolution fréquentielle.

- **Code :**

%Ajouter un troisième signal x3 de fréquence 55 Hz au signal x1

x3=sin(2 * pi * f3 * t);

y2=x1+x3;

%On refaire les étapes avec le signal y2 (ajout de 15 Hz et 55 Hz)

y2_fenetre_triangulaire = y2 .* fenetre_triangulaire;

y2_fenetre_hamming = y2 .* fenetre_hamming;

y2_fenetre_hanning = y2 .* fenetre_hanning;

% Spectre du signal y2 avec différentes fenêtres

figure;

subplot(3,1,1);

plot(fs, abs(fftshift(fft(y2_fenetre_triangulaire))));

title('Spectre de y2 avec Fenêtre Triangulaire');

xlabel('Fréquence (Hz)');

ylabel('Amplitude');

subplot(3,1,2);

plot(fs, abs(fftshift(fft(y2_fenetre_hamming))));

title('Spectre de y2 avec Fenêtre Hamming');

xlabel('Fréquence (Hz)');

ylabel('Amplitude');

subplot(3,1,3);

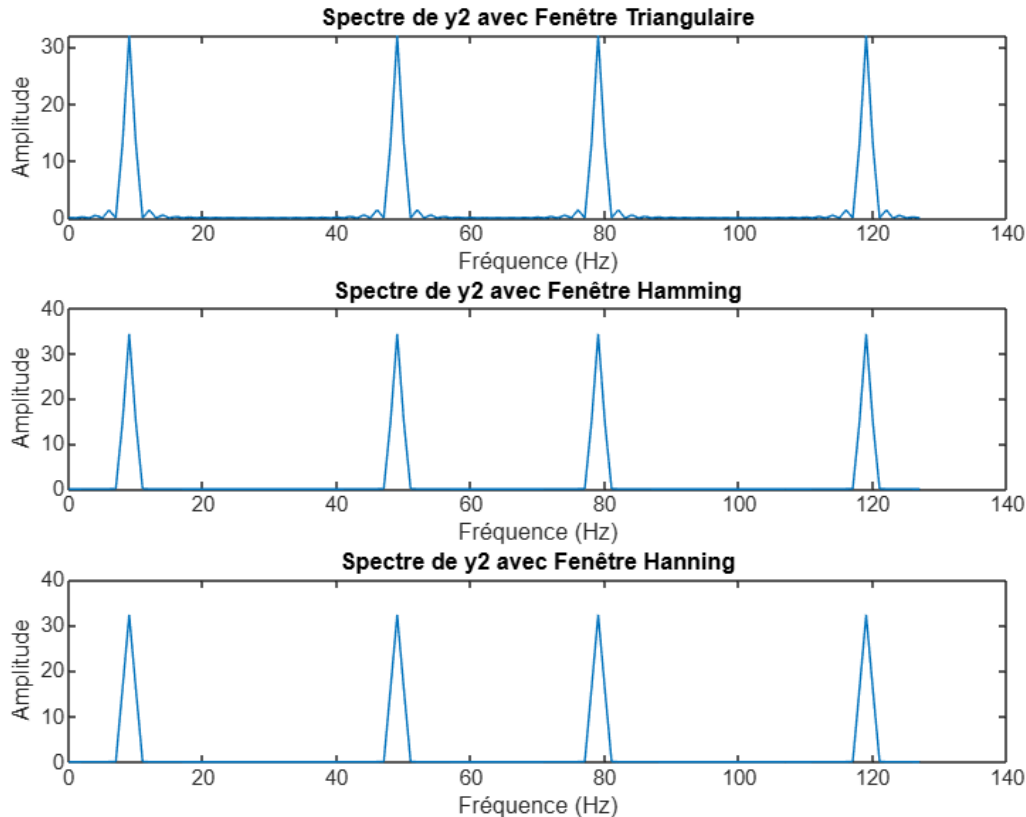
plot(fs, abs(fftshift(fft(y2_fenetre_hanning))));

title('Spectre de y2 avec Fenêtre Hanning');

xlabel('Fréquence (Hz)');

ylabel('Amplitude');

- **Représentation :** Les spectres de y2 montrent des pics distincts pour les fréquences 15 Hz et 55 Hz.



Interprétation : L'application de fenêtres temporelles influence la capacité à distinguer des fréquences proches.

- **Reponses :**

j. Observation de la résolution de fréquence avec les nouvelles fréquences (15 Hz, 16 Hz, et 55 Hz)

Les spectres montrent la capacité à distinguer les pics en fonction des fenêtres appliquées.

VI. Conclusion

Ce TP a permis d'explorer :

- Les effets de l'autocorrélation sur la précision de l'analyse d'un signal.
- L'impact du bruit blanc sur un signal sinusoïdal.

-
- L'importance de choisir une fenêtre temporelle adaptée pour améliorer la résolution de fréquence dans le spectre.