REPUBLIQUE TUNISIENNE

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université de Gabès

الجمهـورية التونسيـة
وزارة الـتـعـلـيـــم الـعـالـــي والـبـحـث الـعـلـمـــي
جامعــة قابـــس
المدرسة الوطنية للمهندسين بقابس

Département Génie des Communications et Réseaux

Compte Rendu

TP1

<u>Analyse Spectrale et Transformée de Fourier Discrète</u>

Traitement de Signal

Elaborés par :

Wissem Bagga

Génie des communications et Réseaux GCRA2 - Grp1

Date: *21/10/2024*

Année Universitaire: 2023/2024

I. Introduction

La Transformée de Fourier est utilisée pour analyser un signal dans le domaine fréquentiel. Dans ce TP, on va utiliser la Transformée de Fourier Discrète (TFD) avec l'algorithme FFT pour visualiser et analyser un signal, puis nous étudierons différentes représentations de la FFT.

II. Objectifs

Les principaux objectifs de ce TP sont :

1. **Visualisation et Analyse d'un Signal Échantillonné** :
    - Visualiser un signal échantillonné dans le domaine temporel.
    - Calculer la Transformée de Fourier Discrète (TFD) du signal à l'aide de l'algorithme FFT.
    - Comparer l'effet de l'ajout de zéros (zéro-padding) sur la résolution du spectre fréquentiel.

2. **Étude des Différentes Représentations de la TFD** :
    - Générer un signal sinusoïdal de fréquence déterminée et observer son comportement dans le domaine fréquentiel.
    - Représenter le spectre du signal à l'aide de différentes méthodes :
        - Spectre brut.
        - Spectre avec fréquences normalisées.
        - Spectre avec fréquences positives et négatives.
        - Spectre avec fréquences absolues.

III. Analyse Spectrale d'un Signal par la TFD

1. Visualisation du signal

On commence par charger le fichier de données contenant le signal « sig_quidonc » avec le commande **load sig_quidonc.**

Cela va charger deux variables

- **Fs** : fréquence d'échantillonnage du signal.
- **xk** : le signal échantillonné.

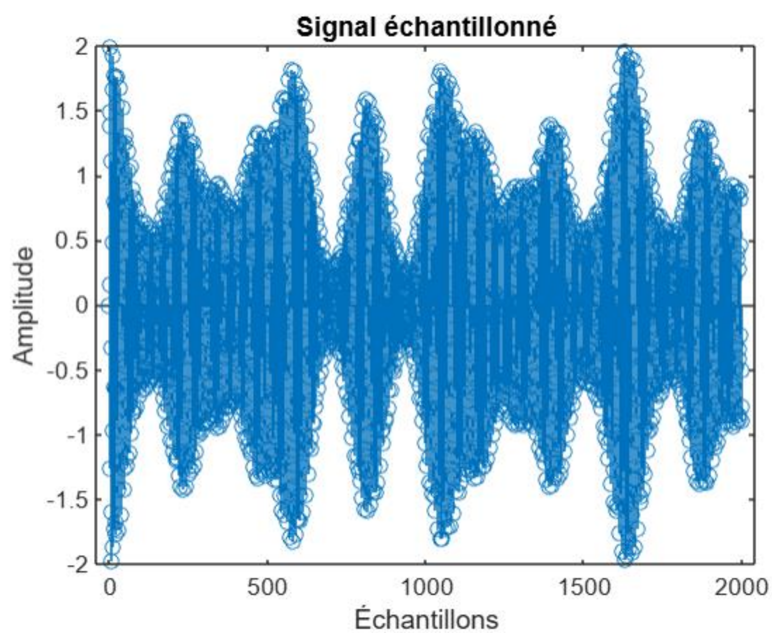
Pour représenter le signal, on utilise la commande **stem**.

2. Représentation du signal avec la commande Stem :

- **Code :**

```
clear;
close all;
load sig_quidonc;
figure(1);
stem(xk);
xlabel('Échantillons');
ylabel('Amplitude');
title('Signal échantillonné');
```

- **Representation**



Interprétation : Ce graphique montre le signal échantillonné. En observant les valeurs, on peut voir des variations dans le signal.

3. **Représentation de la TFD du signal Xk et du signal Xn1 (avec zéro-padding)**

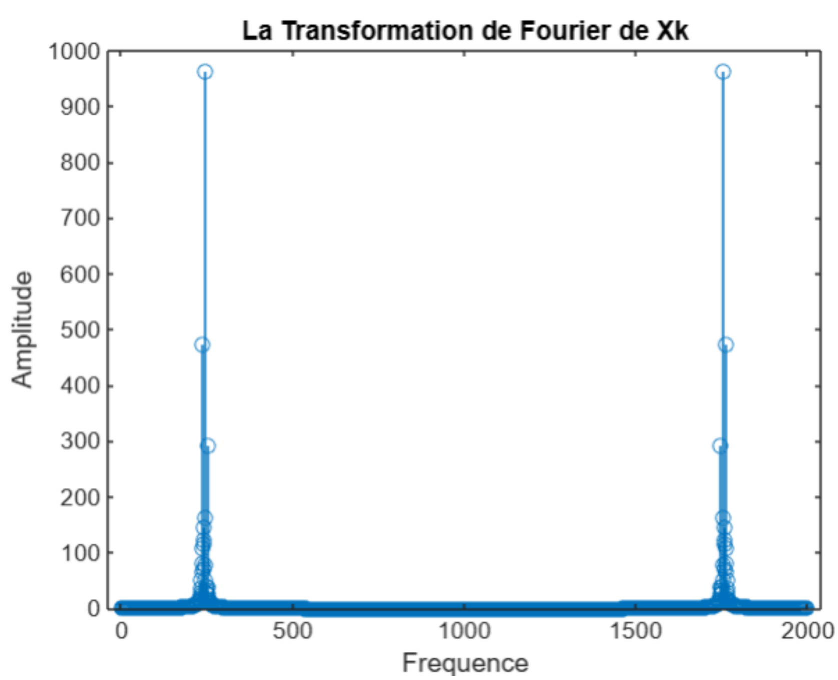
On utilise la commande **fft** pour calculer la TFD du signal Xk.

- **Code**

```
clear;
close all;
load sig_quidonc;

Xn = fft(xk);
figure;
stem(abs(Xn));
xlabel('Frequence');
ylabel('Amplitude');
title('La Transformation de Fourier de Xk');
```

- **Représentation**



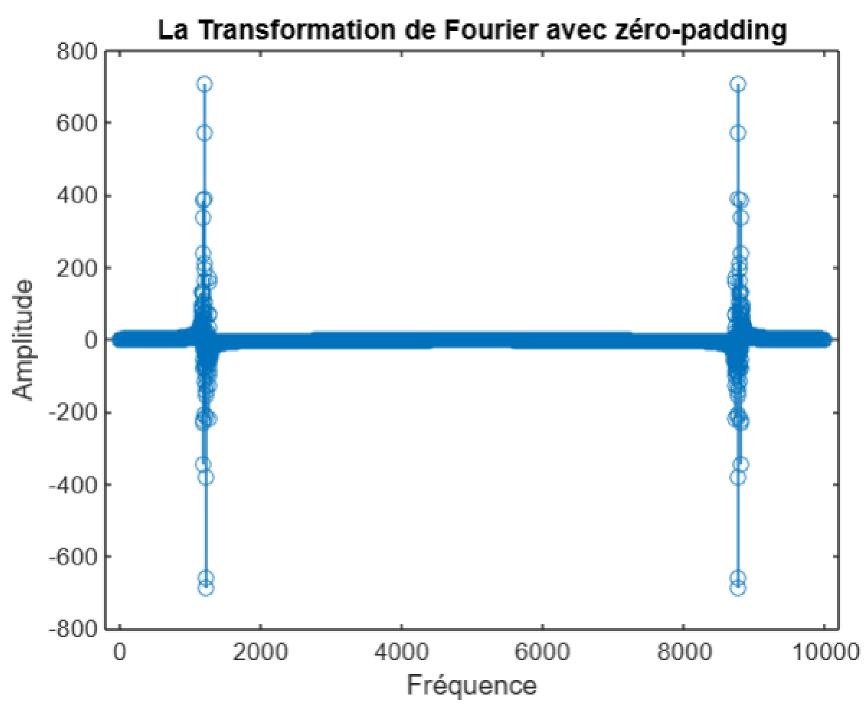
On créer un nouveau signal xk1 en ajoutant des zéros (zéro-padding) à la fin du signal d'origine pour améliorer la résolution fréquentielle.

- N = length(xk) → Nombre d'échantillons
- xk1 = [xk zeros(1, 4*N)] → Ajout de 4N zéros
- **Code**

```
clear;
close all;
load sig_quidonc;
figure(1);
stem(xk);
xlabel('Échantillons');

N = length(xk);
xk1 = [xk zeros(1, 4*N)];
Xn1 = fft(xk1);
figure(3)
stem(Xn1);
xlabel('Fréquence');
ylabel('Amplitude');
title('La Transformation de Fourier avec zéro-padding');
```

- **Représentation**



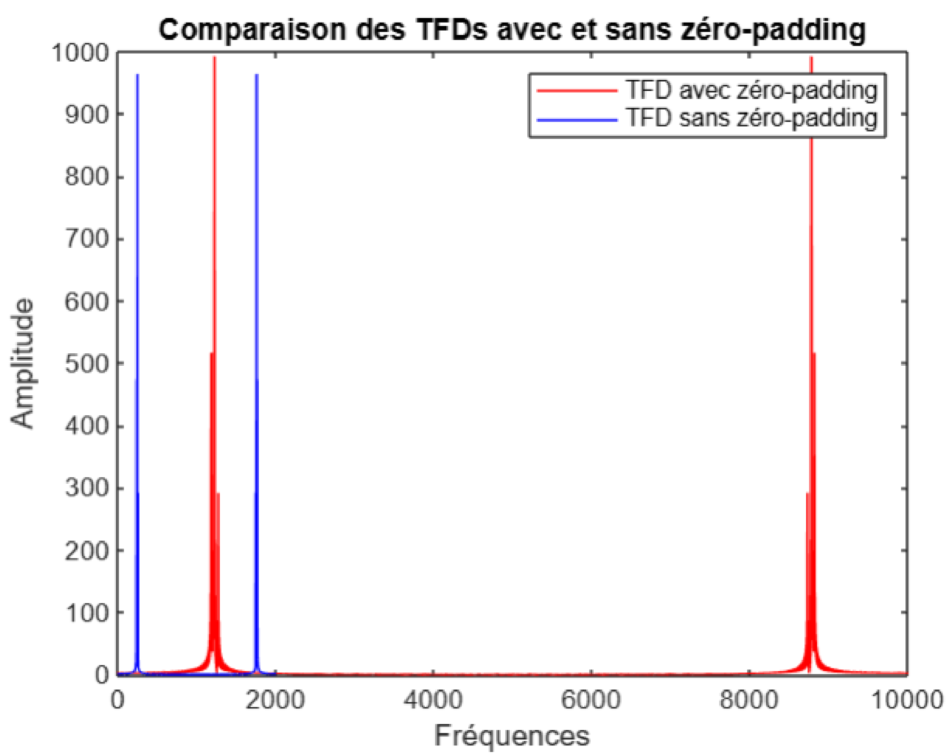
4. Comparaison des TFDs avec (Xn1) et sans zéro-padding (Xn)

Nous allons tracer les deux TFDs sur la même figure pour comparer visuellement. On utilise :

- plot(abs (Xn1), 'r') → TFD avec zéro-padding avec le couleur **rouge**
- plot(abs (Xn), 'b') → TFD sans zéro-padding avec le couleur **bleu**
- **Code**

```
clear;
close all;
load sig_quidonc;
Xn = fft(xk);
N = length(xk);
xk1 = [xk zeros(1, 4*N)];
Xn1 = fft(xk1);
figure;
plot(abs(Xn1), 'r');
hold on;
plot(abs(Xn), 'b');
xlabel('Fréquences');
ylabel('Amplitude');
title('Comparaison des TFDs avec et sans zéro-padding');
legend('TFD avec zéro-padding', 'TFD sans zéro-padding');
hold off;
```

- **Représentation**



Interprétation : L'ajout de zéros améliore la résolution fréquentielle, ce qui permet de mieux distinguer les pics dans le domaine fréquentiel.

5. Déduction

Lorsqu'un signal présente un pic distinct à une fréquence particulière, cela signifie qu'il est principalement composé d'une onde sinusoïdale à cette fréquence dominante. Si plusieurs pics apparaissent à des fréquences différentes, le signal est alors constitué de la somme de plusieurs ondes sinusoïdales à ces fréquences.

Ainsi, l'analyse des pics dans le spectre permet de déduire la forme analytique du signal en identifiant les fréquences dominantes et leur contribution respective au signal global.

IV. Différentes Représentations de la FFT

1. Signal sinusoidal

On va créer un signal sinusoïdal de fréquence f =10 F, échantillonné à

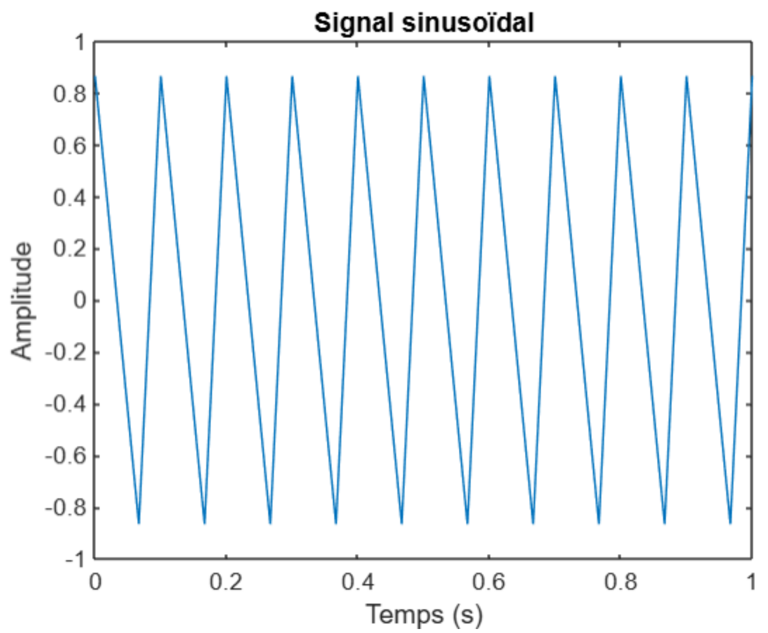
- Un taux d'échantillonnage → taux=30
- Une phase du signal → $\phi=\pi/3$.
- Période de temps sur 10 cycles → t = 0:1/taux:10/f
- **Code**

```
clear;
close all;

f = 10;
taux = 30;
phi = pi/3;
t = 0:1/taux:10/f;
x = sin(2*pi*f*t + phi);

figure(1);
plot(t, x);
xlabel('Temps (s)');
ylabel('Amplitude');
title('Signal sinusoïdal');
```

- **Représentation**



2. **Calcul de la FFT brute et tracé**

On calcule la FFT du signal et trace les valeurs brutes.

- NFFT = 1024 → Nombre de points pour la FFT
- X = fft(x, NFFT)→ Calcul de la FFT du signal sinusoïdal

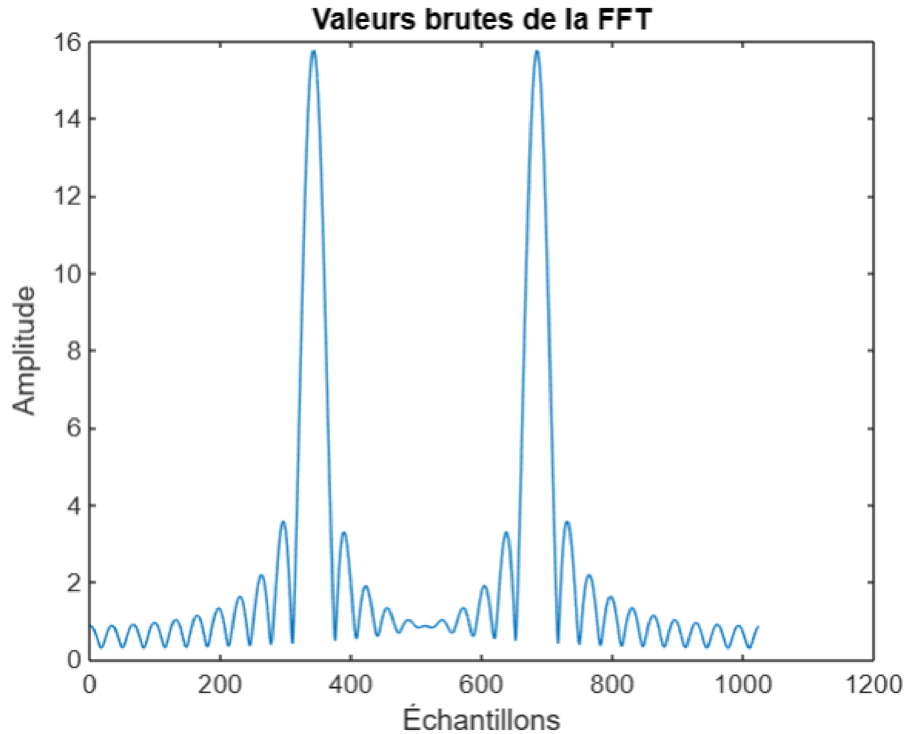
- **Code**

```
clear;
close all;

f = 10;
taux = 30;
phi = pi/3;
t = 0:1/taux:10/f;
x = sin(2*pi*f*t + phi);

NFFT = 1024;
X = fft(x, NFFT);
figure(2);
plot(abs(X));
xlabel('Échantillons');
ylabel('Amplitude');
title('Valeurs brutes de la FFT');
```

- **Représentation**



Interprétation : Le spectre présente un pic qui correspond à la fréquence principale du signal.

3. **Spectre avec fréquences normalisées**

On va normaliser les fréquences et tracer le spectre dans une nouvelle figure.

- freq = (0:NFFT-1)*(taux/NFFT) → Fréquences normalisées
- **Code**

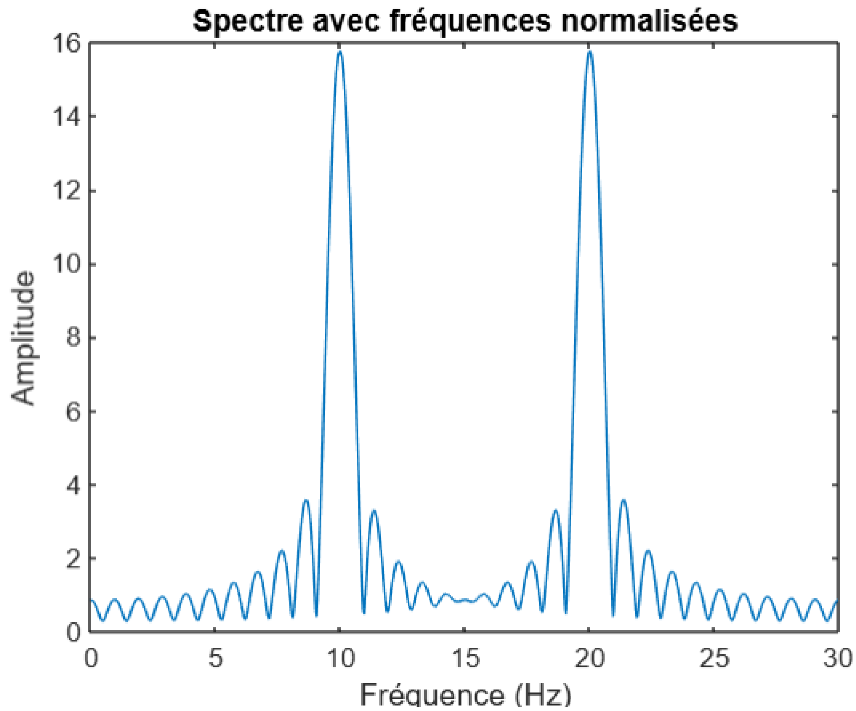
```
clear;
close all;

f = 10;
taux = 30;
phi = pi/3;
t = 0:1/taux:10/f;
x = sin(2*pi*f*t + phi);

NFFT = 1024;
X = fft(x, NFFT);

freq = (0:NFFT-1)*(taux/NFFT);
figure(3);
plot(freq, abs(X));
xlabel('Fréquence (Hz)');
ylabel('Amplitude');
title('Spectre avec fréquences normalisées');
```

- **Représentation**



Interprétation : Le pic doit se situer à la fréquence du signal, ici autour de 10 Hz.

4. **Spectre avec fréquences normalisées positives et négatives (fftshift)**

Nous allons utiliser **fftshift** pour <u>centrer les fréquences à 0</u>.

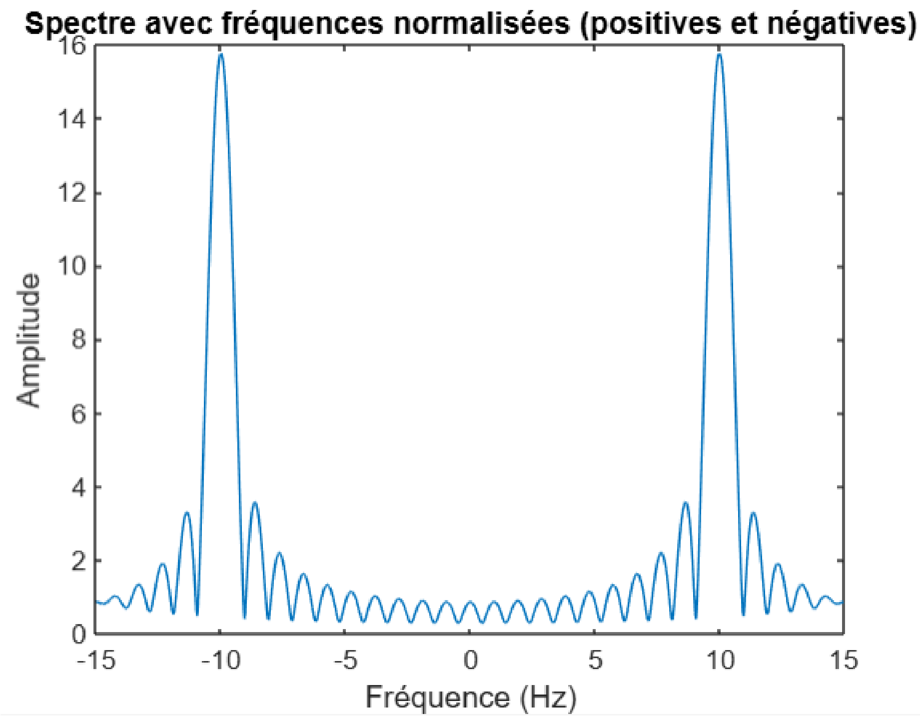
- freq_shift=(-NFFT/2:NFFT/2-1)*(taux/NFFT) → Fréquences positives et négatives.

- **Code**

```
clear;
close all;
f = 10;
taux = 30;
phi = pi/3;
t = 0:1/taux:10/f;
x = sin(2*pi*f*t + phi);
NFFT = 1024;
X = fft(x, NFFT);
freq = (0:NFFT-1)*(taux/NFFT);
X_shift = fftshift(X);
freq_shift = (-NFFT/2:NFFT/2-1)*(taux/NFFT);

figure(5);
plot(freq, abs(X));
xlabel('Fréquence (Hz)');
ylabel('Amplitude');
title('Spectre avec fréquences absolues');
```

- **Représentation**



Interprétation : On remarque une symétrie autour de la fréquence 0, ce qui montre que les fréquences négatives sont présentes dans le spectre.

5. Fréquences absolues

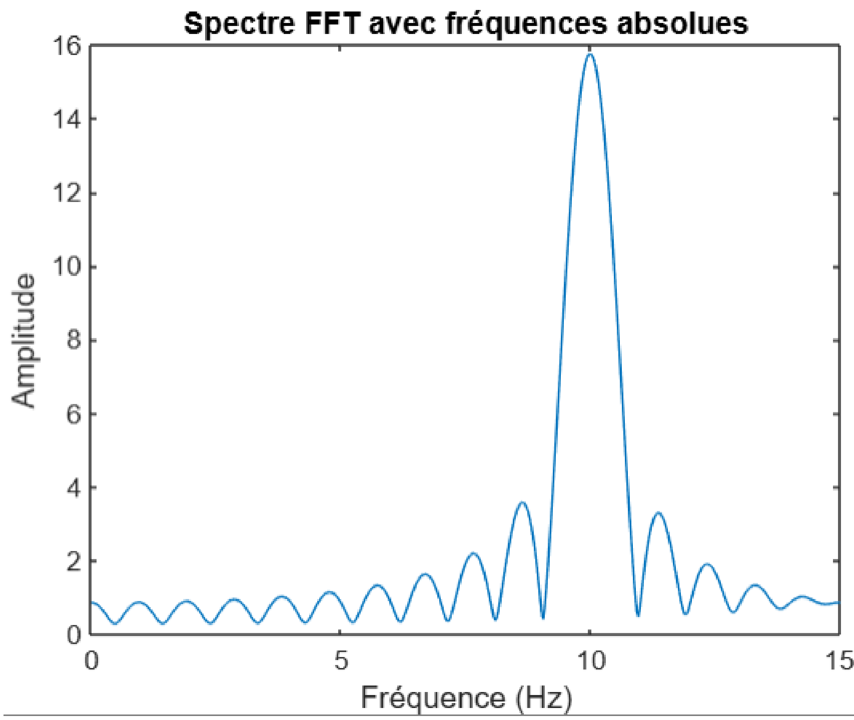
Pour finir, on va tracer le spectre avec les fréquences absolues.

- **Code**

```
clear;
close all;
f = 10;
taux = 30;
phi = pi/3;
t = 0:1/taux:10/f;
x = sin(2*pi*f*t + phi);
NFFT = 1024;
X = fft(x, NFFT);
freq = (0:NFFT-1)*(taux/NFFT);
X_shift = fftshift(X);
freq_shift = (-NFFT/2:NFFT/2-1)*(taux/NFFT);

figure(5);
plot(freq, abs(X));
xlabel('Fréquence (Hz)');
ylabel('Amplitude');
title('Spectre avec fréquences absolues');
```

- **Représentation**



Interprétation : La fréquence principale (autour de 10 Hz) est bien visible dans le spectre.

V. Conclusion

Ce TP permet d'analyser un signal dans le domaine fréquentiel en utilisant la Transformée de Fourier Discrète. Nous avons visualisé le signal et sa TFD, comparé les effets du zéro-padding, et exploré différentes manières de représenter le spectre. Le signal sinusoïdal créé et étudié nous a permis de voir comment la fréquence principale ressort clairement dans le spectre.