

Travaux pratiques

Etude de la modulation d'amplitude

Table des matières

1. Modulation / démodulation d'un seul signal	2
1.1. Code.....	2
1.1.1. Modulation / démodulation	2
1.1.2. Fonction transformée de Fourier	2
1.2. Graphiques.....	3
1.2.1. Création du signal	3
1.2.2. Signal modulé.....	3
1.2.3. Signal démodulé.....	3
1.2.4. Analyse des résultats.....	4
1.3. Modification de la fréquence de porteuse.....	4
1.3.1. Signal modulé	4
1.3.2. Signal démodulé.....	4
1.3.3. Analyse des résultats.....	4
1.4. Modification de l'indice de modulation.....	5
1.4.1. Signal modulé	5
1.4.2. Signal démodulé.....	5
1.4.3. Analyse des résultats.....	5
2. Modulation / démodulation de deux signaux	6
2.1. Code.....	6
2.2. Graphiques.....	7
2.2.1. Création du signal	7
2.2.2. Signal modulé	7
2.2.3. Signal 1 et 2 filtrés passe-bande	7
2.2.4. Signal 1 et 2 démodulés.....	8
2.2.5. Analyse des résultats.....	8
2.3. Modification de la fréquence de porteuse.....	8
2.3.1. Signal modulé	8
2.3.2. Signal 1 et 2 filtrés passe-bande	9
2.3.3. Signal 1 et 2 démodulés.....	9
2.3.4. Analyse des résultats.....	9
2.4. Modulation/démodulation sans filtrage passe bande.....	10
2.4.1. Signal modulé puis démodulé	10
2.4.2. Analyse des résultats.....	10
Conclusion	11

1. Modulation / démodulation d'un seul signal

1.1. Code

1.1.1. Modulation / démodulation

```
Fe = 2000;
t = (0:(1/Fe):1-(1/Fe));

%----- LE SIGNAL -----
f1 = 20;
f2 = 40;
x = sin(2*pi*f1*t)+sin(2*pi*f2*t); %signal composé de 2 fréquences à 20 et 40 Hz
figure
plot(t,x)

f = (-Fe/2:Fe/(numel(x)-1):Fe/2); %ensemble des fréquences = abscisse des représentations fréquentielles

FFT = transformee_fourier(x,Fe,t);

%----- MODULATION -----
a = 1/2; %indice de modulation
f0 = 500; %frequence de porteuse
y=(1+a.*x).*sin(2*pi*f0*t); % signal x modulé = y
figure
plot(t,y)

FFT = transformee_fourier(y,Fe,t);

%----- DEMODULATION -----
%----- REDRESSAGE -----
ypp=subplus(y); %récupération de la partie positive du signal modulé
figure
plot(t,ypp)

FFT = transformee_fourier(ypp,Fe,t);

%----- FILTRAGE PASSE-BAS -----
[vB,vA] = butter(4,100/(2000/2));
yppfiltre = filter(vB,vA,ypp); %filtrage passe bas de la partie positive du signal modulé

figure
plot(t,yppfiltre)

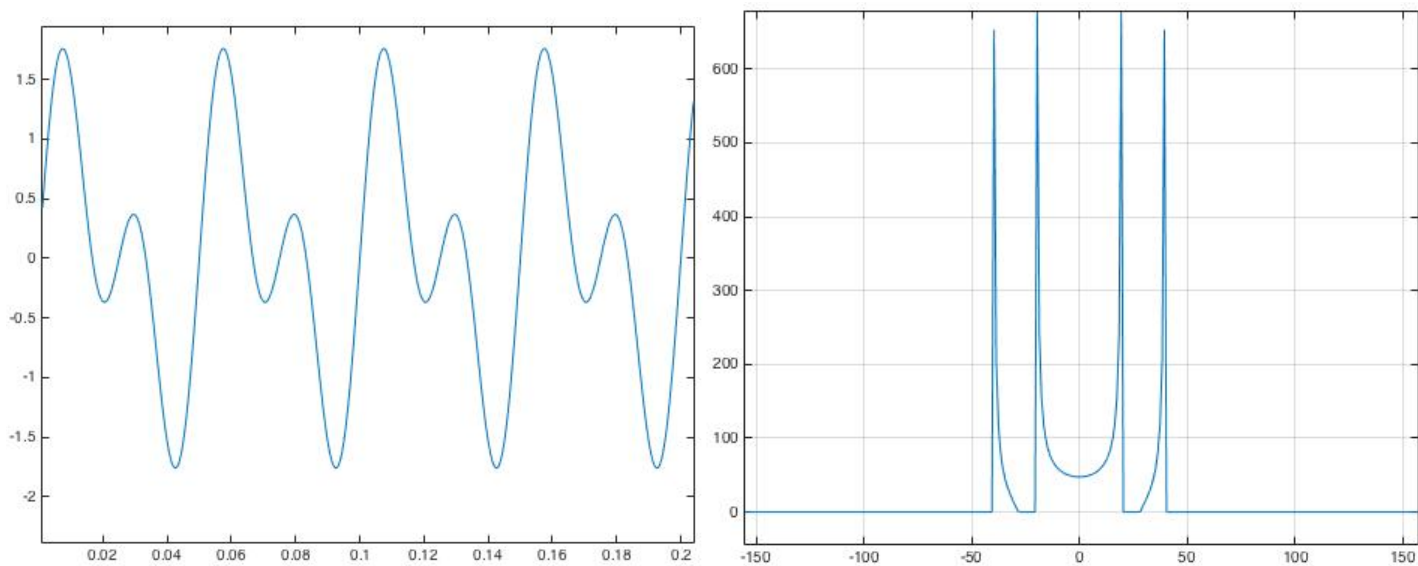
FFT = transformee_fourier(yppfiltre,Fe,t);
```

1.1.2. Fonction transformée de Fourier

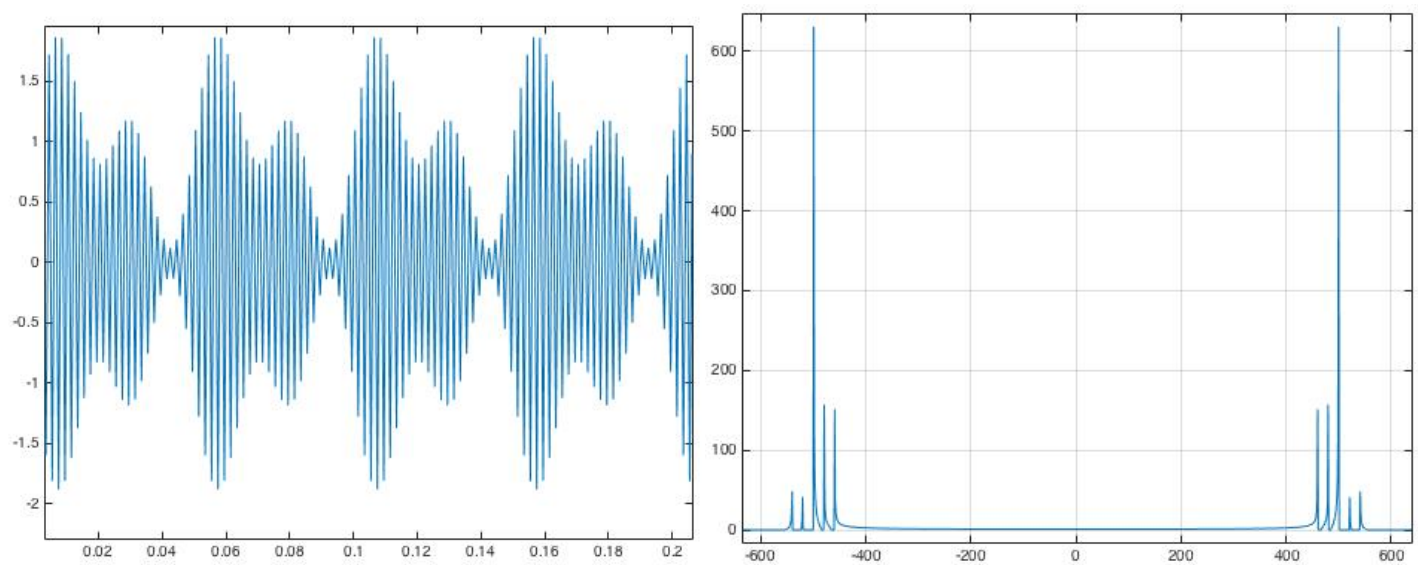
```
function FFT = transformee_fourier(x,Fe,t)
mesF=(-Fe/2:Fe/(numel(x)-1):Fe/2); %ensemble des fréquences pour lesquelles on va calculer la transformée de Fourier
% autre façon de faire : mesF=linspace(-Fe/2,Fe/2,numel(x));
indice=1;
FFT=zeros(size(mesF)); %on crée un vecteur de la taille de l'ensemble des fréquences, initialisé à zéro
while(indice<numel(x)) %on fait une boucle pour se ramener à un cas discret qui sera exécutée le nombre d'éléments de x
    FFT(indice)=sum( x.*exp(-2i*pi*mesF(indice).*t ) ); %calcul de la transformée de Fourier
    indice=indice+1;
end
figure;
plot(mesF,subplus(real(FFT))); %affichage de la representation fréquentielle
grid on;
end
```

1.2. Graphiques

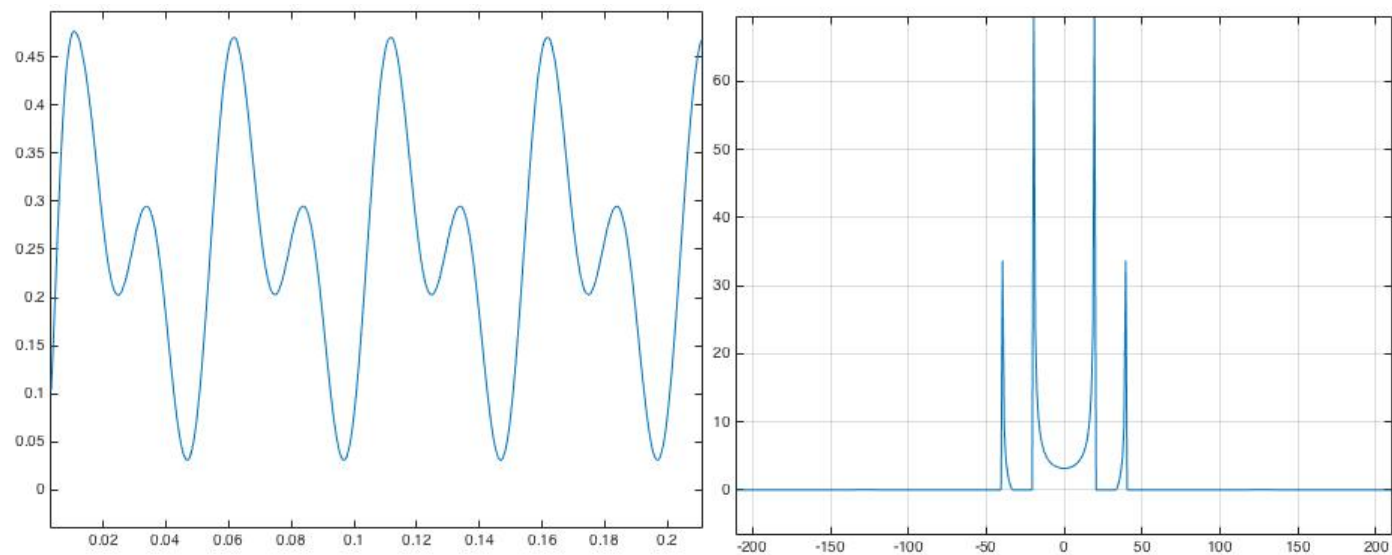
1.2.1. Création du signal



1.2.2. Signal modulé



1.2.3. Signal démodulé



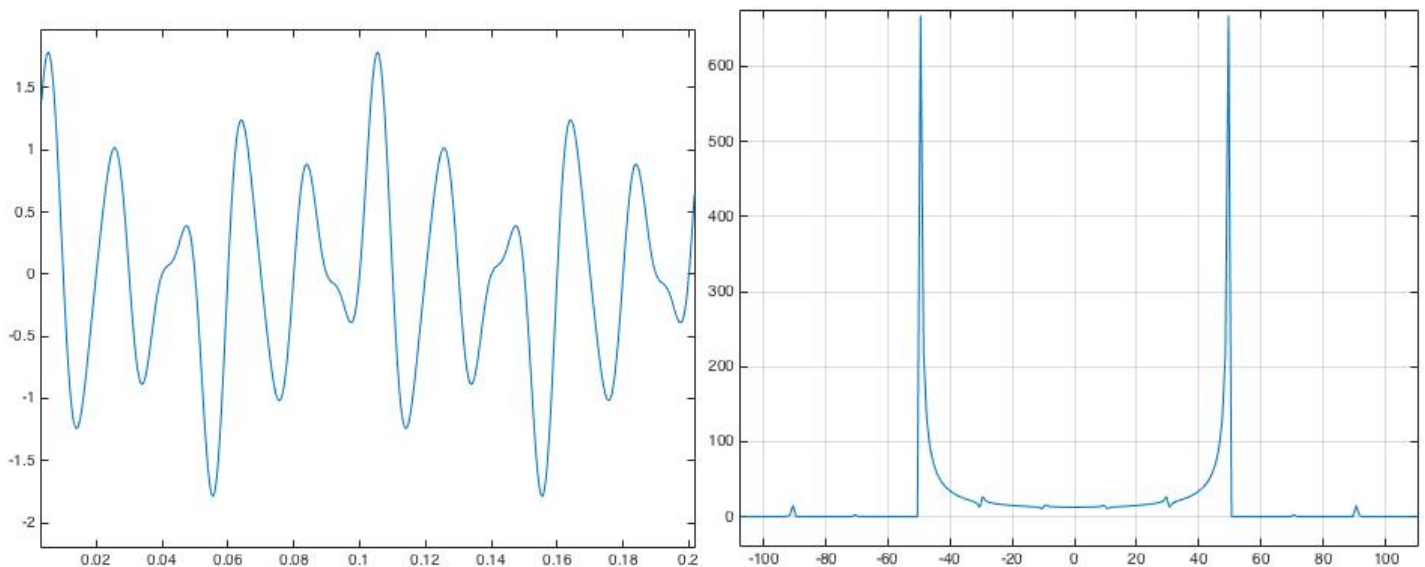
1.2.4. Analyse des résultats

Après modulation et démodulation, on obtient le même signal que le signal initial en ayant pris une fréquence de porteuse ($f_0 = 500$ Hz) beaucoup plus grande que la fréquence maximale du signal ($f_1 = 40$ Hz) et un indice de modulation a ($a=0,5$), respectant la condition $[a \cdot x(t)] < 1$.

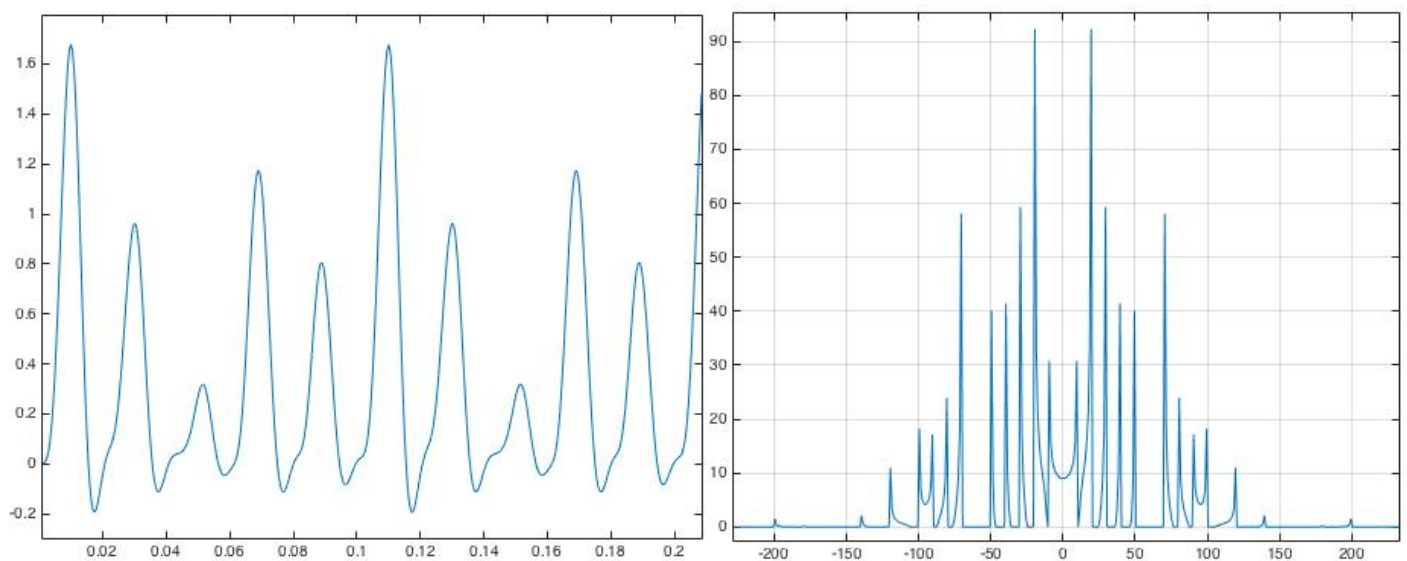
1.3. Modification de la fréquence de porteuse

On module avec une fréquence de porteuse $f_0=50$ Hz, volontairement proche de la fréquence maximale du signal.

1.3.1. Signal modulé



1.3.2. Signal démodulé



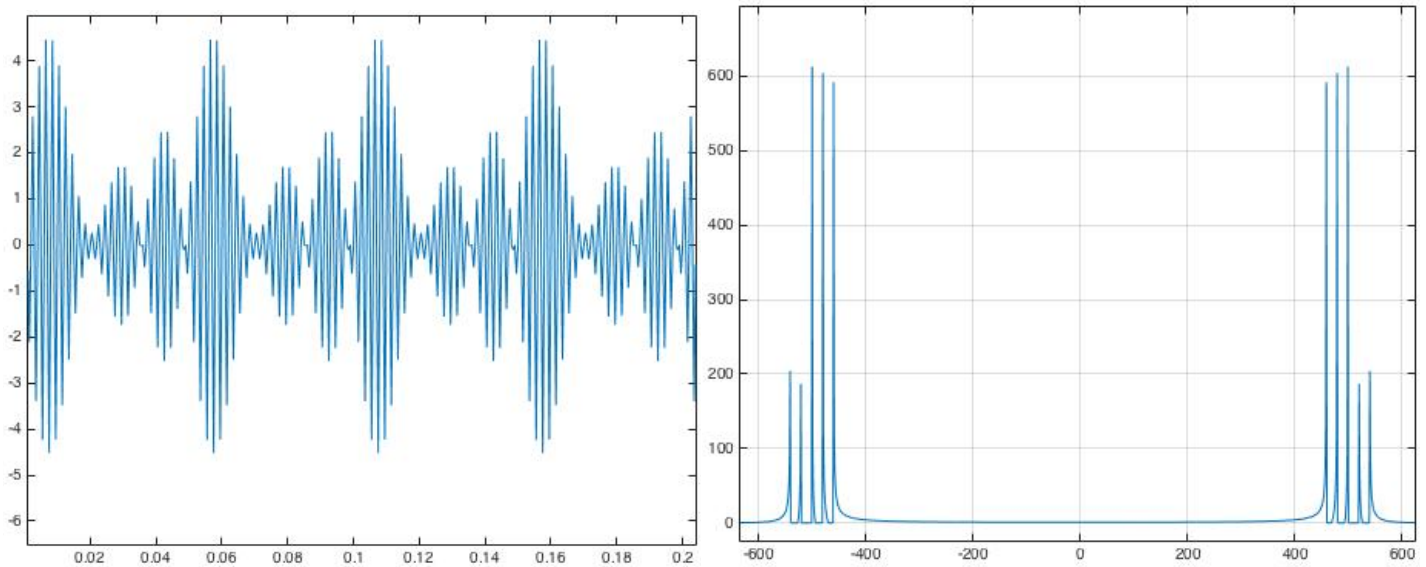
1.3.3. Analyse des résultats

Après modulation et démodulation, nous n'obtenons pas le signal initial en ayant pris une fréquence de porteuse ($f_0 = 50$ Hz) du même ordre de grandeur que la fréquence maximale du signal ($f_1 = 40$ Hz) et un indice de modulation a ($a=0,5$), respectant la condition $[a \cdot x(t)] < 1$.

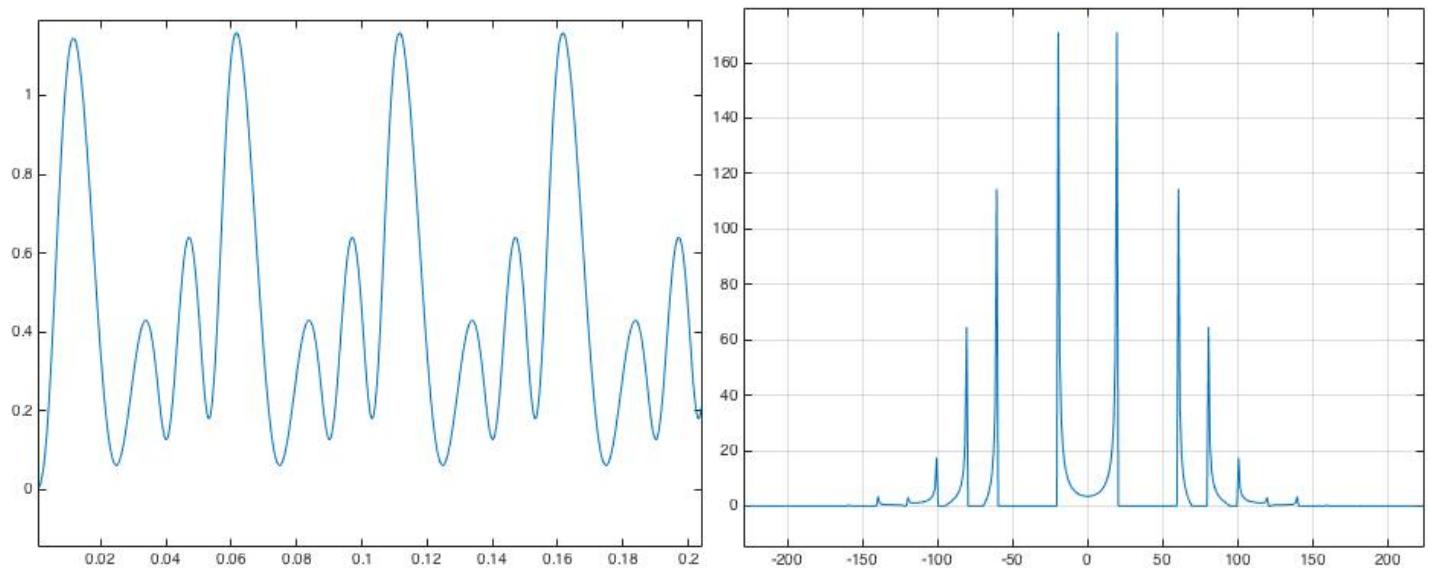
1.4. Modification de l'indice de modulation

On choisit un indice de modulation ($a=2$) ne respectant donc pas la condition $[a \cdot x(t)] < 1$.

1.4.1. Signal modulé



1.4.2. Signal démodulé



1.4.3. Analyse des résultats

Après modulation et démodulation, nous n'obtenons pas le signal initial en ayant pris un indice de modulation ($a=2$) ne respectant donc pas la condition $[a \cdot x(t)] < 1$ et une fréquence de porteuse ($f_0 = 500$ Hz).

2. Modulation / démodulation de deux signaux

2.1. Code

```
Fe = 2000;
t = (0:(1/Fe):1-(1/Fe));
%----- LE SIGNAL -----
f1 = 20;
f2 = 40;
f3 = 60;
x1 = sin(2*pi*f1*t)+sin(2*pi*f2*t); %signal 1 composé de 2 fréquences à 20 et 40 Hz
x2 = cos(2*pi*f3*t); %signal 2 avec une fréquence de 60 Hz
x = x1 + x2; %signal composé des deux signaux
figure
plot(t,x)

f = (-Fe/2:Fe/(numel(x)-1):Fe/2); %ensemble des fréquences = abscisse des représentations fréquentielles
FFT = transformee_fourier(x,Fe,t);

%----- MODULATION -----
a = 1/2; %indice de modulation
f01 = 400; %frequence de porteuse du signal 1
f02 = 800; %frequence de porteuse du signal 2
y1=(1+a.*x1).*sin(2*pi*f01*t); % signal x1 modulé = y1
y2=(1+a.*x2).*sin(2*pi*f02*t); % signal x2 modulé = y2
y = y1 + y2; % signal x modulé = y
figure
plot(t,y)

FFT = transformee_fourier(y,Fe,t);
%----- DEMODULATION -----
%----- FILTRAGE PASSE-BANDE -----
[vB,vA] = butter(4, [(f01-100) (f01+100)]/(Fe/2));
y1filtre = filter(vB,vA ,y); % filtre passe bande le signal y pour récupérer le signal 1
figure
plot(t,y1filtre)
FFT = transformee_fourier(y1filtre,Fe,t);

[vB,vA] = butter(4, [(f02-100) (f02+100)]/(Fe/2));
y2filtre = filter(vB,vA ,y); % filtre passe bande le signal y pour récupérer le signal 2
figure
plot(t,y2filtre)
FFT = transformee_fourier(y2filtre,Fe,t);

%----- REDRESSAGE -----
ypp1=subplus(y1filtre); %récupération de la partie positive du signal modulé 1
%figure
%plot(t,ypp1)
%FFT = transformee_fourier(ypp1,Fe,t);

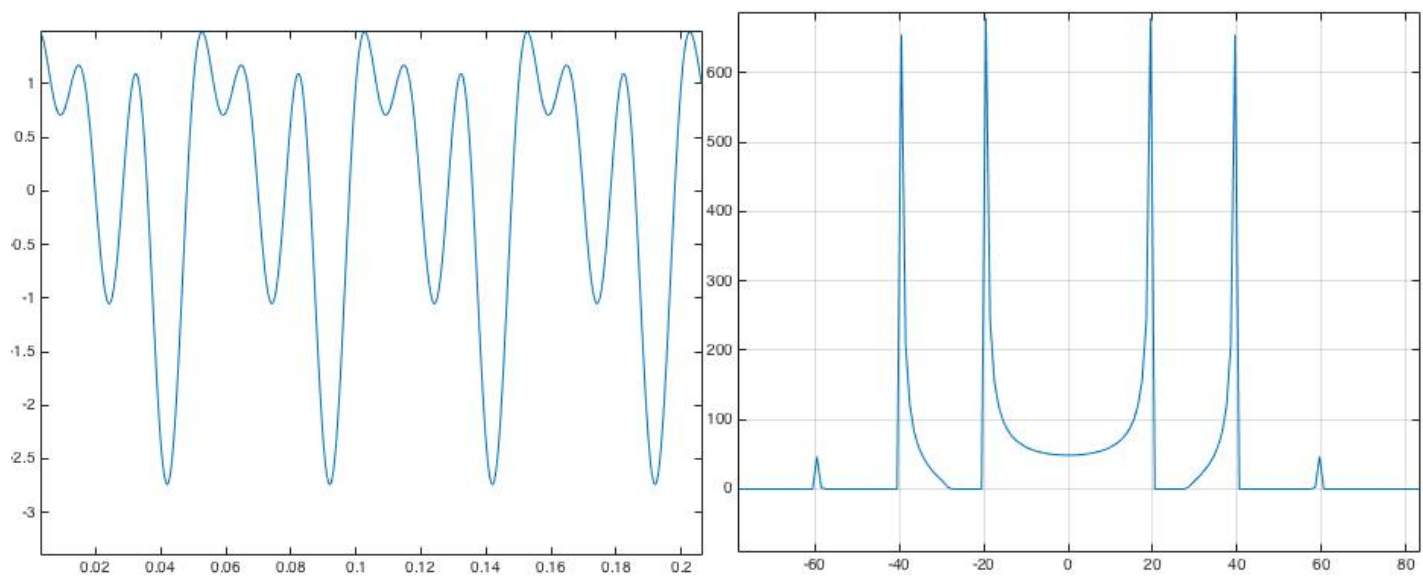
ypp2=subplus(y2filtre); %récupération de la partie positive du signal modulé 2
%figure
%plot(t,ypp2)
%FFT = transformee_fourier(ypp2,Fe,t);

%----- FILTRAGE PASSE-BAS -----
[vB,vA] = butter(4,100/(2000/2));
yppfiltre1 = filter(vB,vA,ypp1); %filtrage passe bas de la partie positive du signal modulé
figure
plot(t,yppfiltre1)
FFT = transformee_fourier(yppfiltre1,Fe,t);

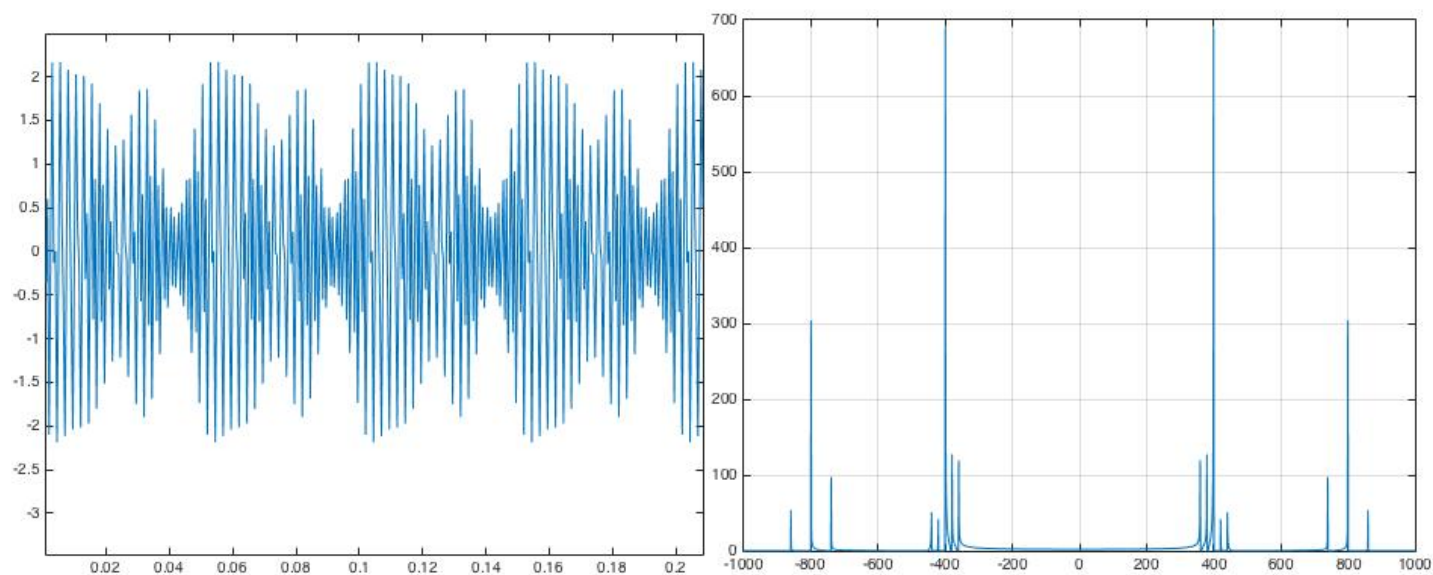
[vB,vA] = butter(4,100/(2000/2));
yppfiltre2 = filter(vB,vA,ypp2); %filtrage passe bas de la partie positive du signal modulé
figure
plot(t,yppfiltre2)
FFT = transformee_fourier(yppfiltre2,Fe,t);
```


2.2. Graphiques

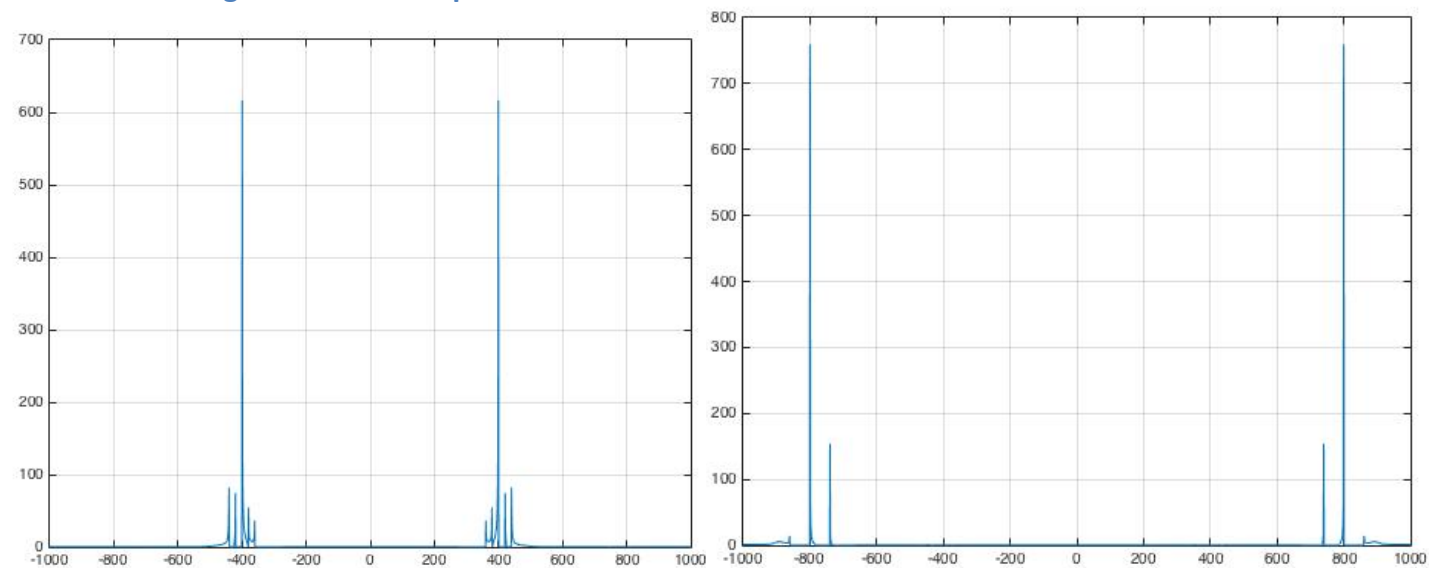
2.2.1. Création du signal



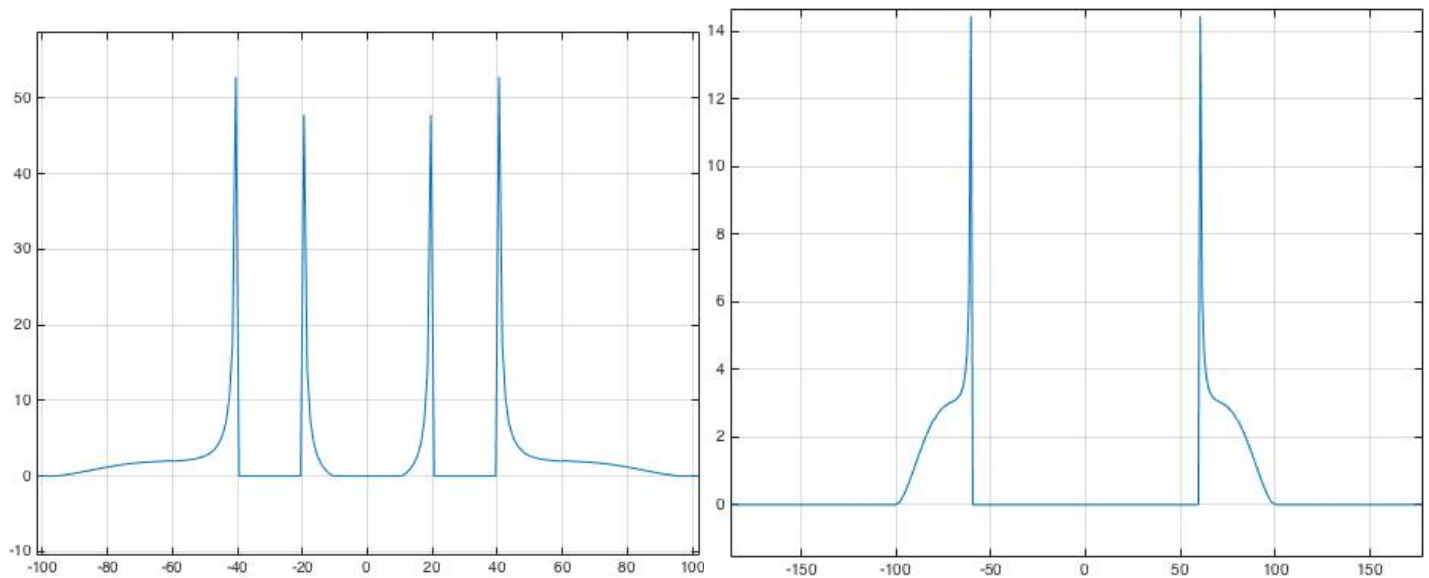
2.2.2. Signal modulé



2.2.3. Signal 1 et 2 filtrés passe-bande



2.2.4. Signal 1 et 2 démodulés



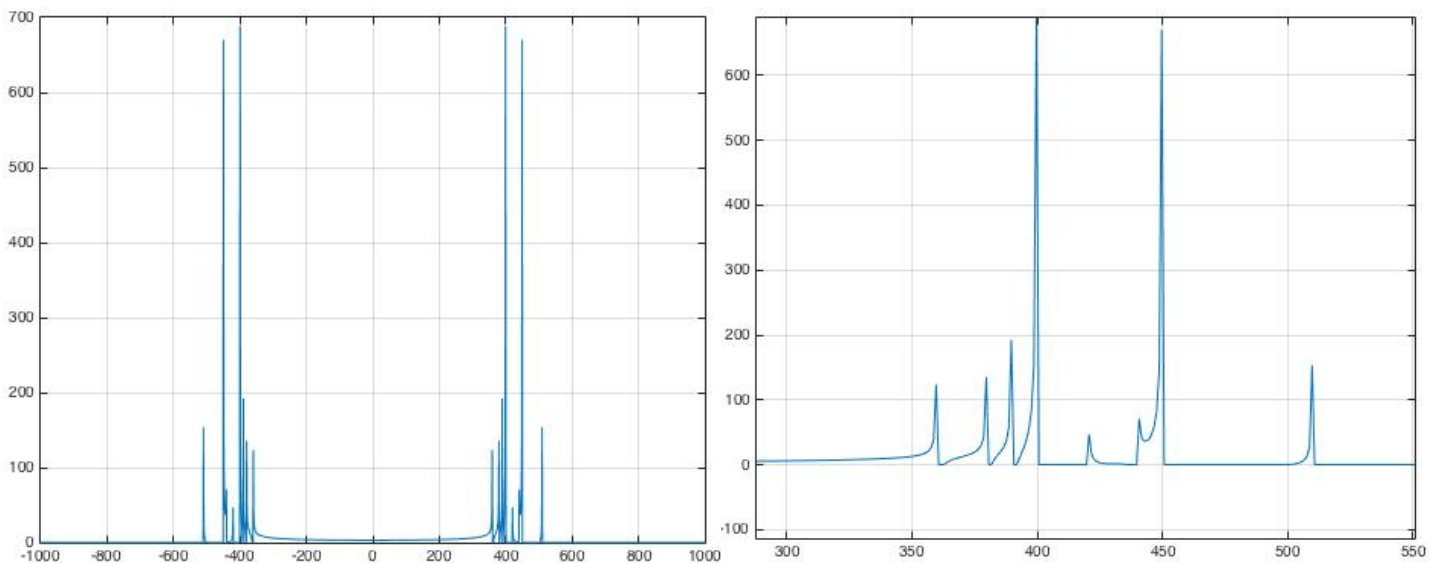
2.2.5. Analyse des résultats

Après modulation, filtrage passe bande et démodulation, nous obtenons les signaux initiaux en ayant pris deux fréquences de porteuse respectant la condition $|f_{02} - f_{01}| > f_{max}$. Avec comme paramètres : $f_{max} = 60$ Hz, $f_{01} = 400$ Hz et $f_{02} = 800$ Hz.

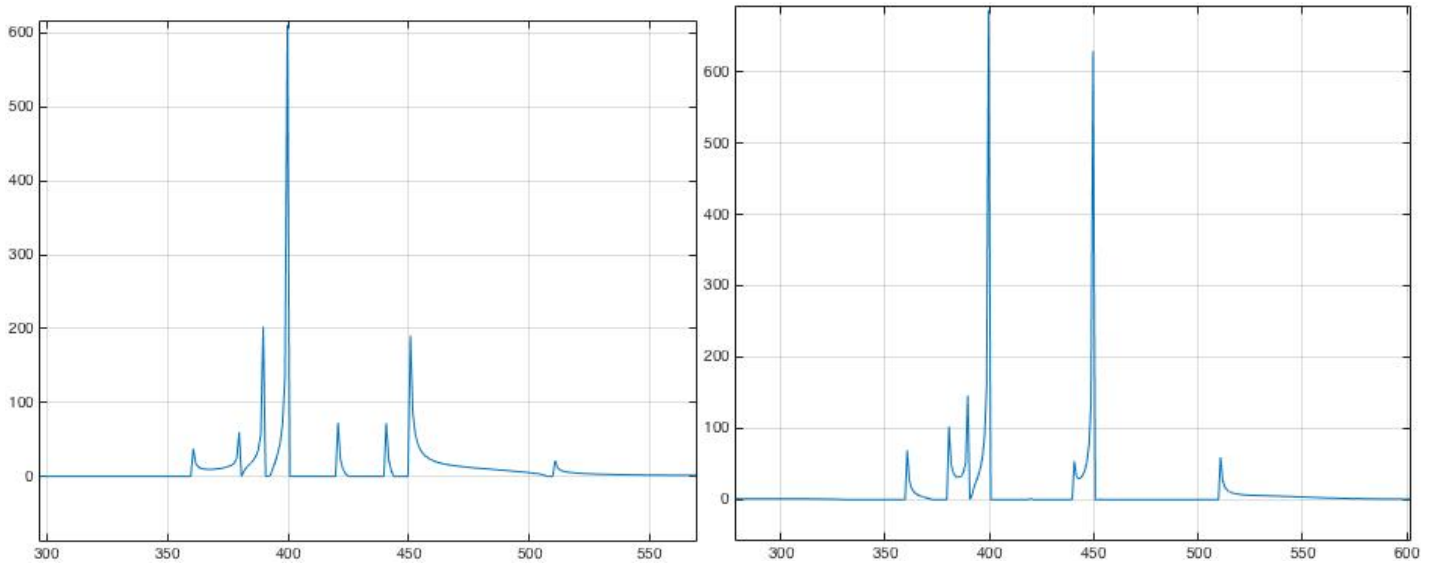
2.3. Modification de la fréquence de porteuse

On module avec deux fréquences de porteuse $f_{01}=400$ Hz et $f_{02}=450$ Hz, ne respectant pas la condition $|f_{02} - f_{01}| > f_{max}$.

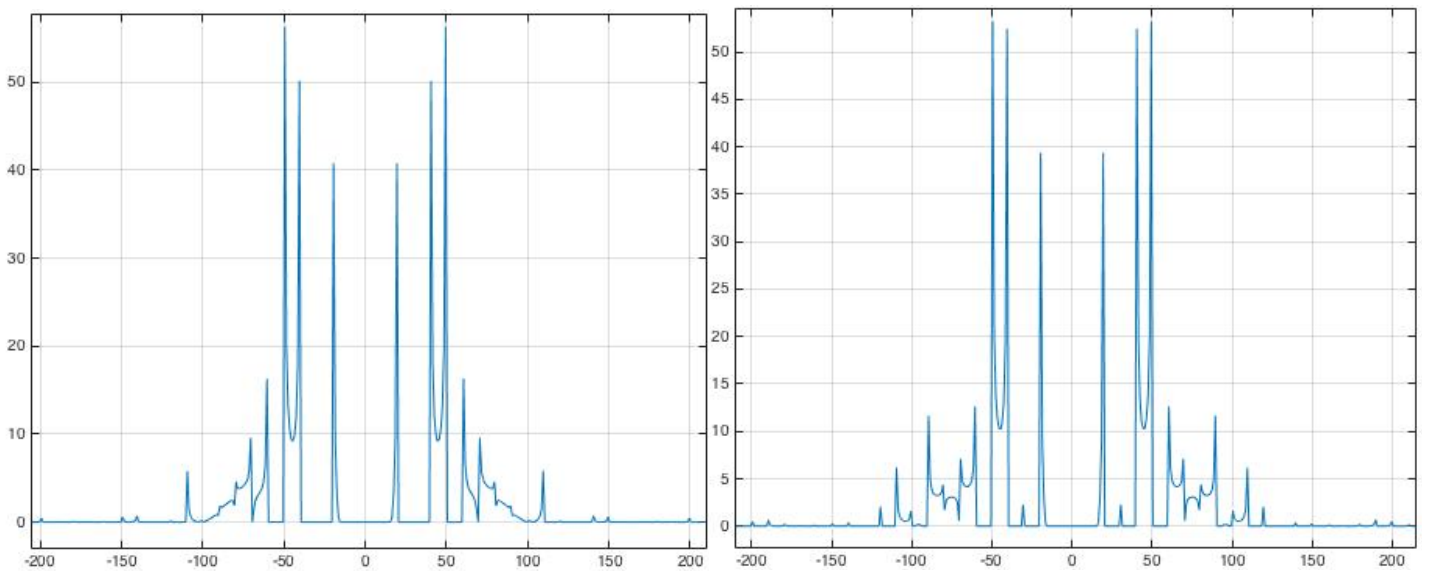
2.3.1. Signal modulé



2.3.2. Signal 1 et 2 filtrés passe-bande



2.3.3. Signal 1 et 2 démodulés



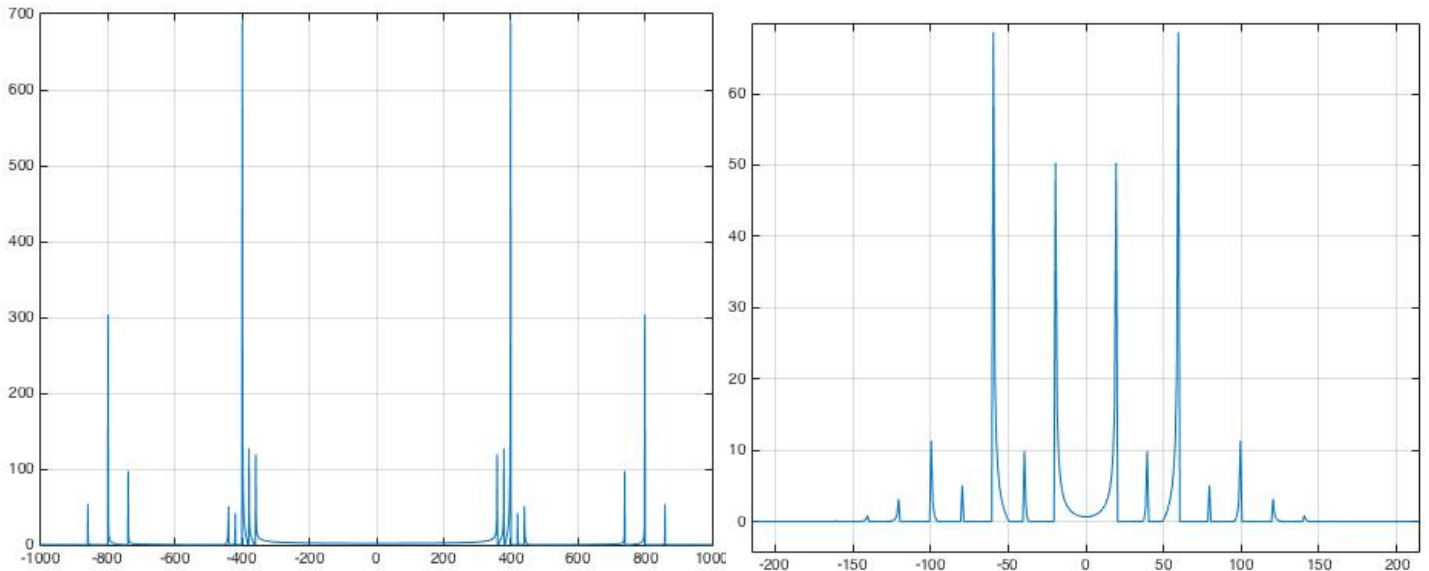
2.3.4. Analyse des résultats

Après modulation et démodulation, nous n'obtenons pas le signal initial en ayant pris deux fréquences de porteuse ne respectant pas la condition $|f_{02} - f_{01}| > f_{max}$. En effet, les deux signaux ne sont pas sur un support fréquentiel disjoint, il est donc impossible d'isoler un seul signal et par conséquent de le démoduler.

2.4. Modulation/démodulation sans filtrage passe bande

On module avec deux fréquences de porteuse respectant la condition $|f_{02} - f_{01}| > f_{max}$. Avec comme paramètres : $f_{max} = 60$ Hz, $f_{01} = 400$ Hz et $f_{02} = 800$ Hz. Mais cette fois ci nous ne ferons pas l'étape de filtrage passe-bande de chaque signal avant la démodulation.

2.4.1. Signal modulé puis démodulé



2.4.2. Analyse des résultats

Après modulation et démodulation, nous n'obtenons pas le signal initial en ayant pris deux fréquences de porteuse respectant la condition $|f_{02} - f_{01}| > f_{max}$ mais sans avoir effectué l'étape de filtrage passe-bande de chaque signal avant la démodulation. En effet, le signal que l'on récupère est un mélange des deux signaux.

Conclusion

Au cours de ce TP, nous avons pu constater qu'il est nécessaire de respecter certaines conditions pour transmettre un ou plusieurs signaux en utilisant la technique de modulation d'amplitude. En effet, la fréquence de la porteuse du signal doit être beaucoup plus grande que celle du signal. De plus, l'indice de modulation « a », doit respecter la condition $|a \cdot x(t)| < 1$, auquel cas une surmodulation est engendrée. Lors d'une transmission de deux signaux, il faut également respecter la condition $|f_02 - f_01| > f_{max}$ où f_01 et f_02 représentent les fréquences des porteuses et f_{max} la fréquence maximale des deux signaux. Enfin, nous avons montré qu'il est nécessaire de réaliser un filtrage passe bande pour séparer les deux signaux et retomber dans le cas de la démodulation d'un seul signal.