Introduction à MATLAB et Simulink

Hoang Le-Huy
Professeur
Département de génie électrique et de génie informatique
Université Laval
Québec, CANADA

Septembre 1998

Table des matières

1
Introduction

Ce document est un guide simplifié de MATLAB et Simulink. Les notions de base sont présentées de façon simple pour permettre aux lecteurs de démarrer rapidement. Les exemples seront illustrés utilisant MATLAB Version 5.2 et Simulink Version 2.2. Plus de détails sur MATLAB et Simulink se trouvent dans les manuels de Mathworks Inc.: *Using MATLAB*, *Using MATLAB Graphics*, et *Using Simulink*.

On peut se procurer à la COOP une version «étudiant» de MATLAB et Simulink (environ $100.00 chaque) pour Windows ou Macintosh (avec document complet). Cette version comporte des limitations concernant les dimensions de matrices (dans MATLAB) et le nombre de blocs (dans Simulink). Cependant, elle est largement suffisante pour les problèmes les plus complexes rencontrés durant les études de génie.

Envoyez vos commentaires sur ce document «Introduction à MATLAB et Simulink» à lehuy@gel.ulaval.ca

Introduction à MATLAB

MATLAB est un logiciel de calcul matriciel à syntaxe simple. Avec ses fonctions spécialisées, MATLAB peut être aussi considéré comme un langage de programmation adapté pour les problèmes scientifiques.

MATLAB est un interpréteur: les instructions sont interprétées et exécutées ligne par ligne. MATLAB fonctionne dans plusieurs environnements tels que X-Windows, Windows, Macintosh.

Il existe deux modes de fonctionnement:

1. mode interactif: MATLAB exécute les instructions au fur et à mesure qu'elles sont données par l'usager.
2. mode exécutif: MATLAB exécute ligne par ligne un "fichier M" (programme en langage MATLAB).

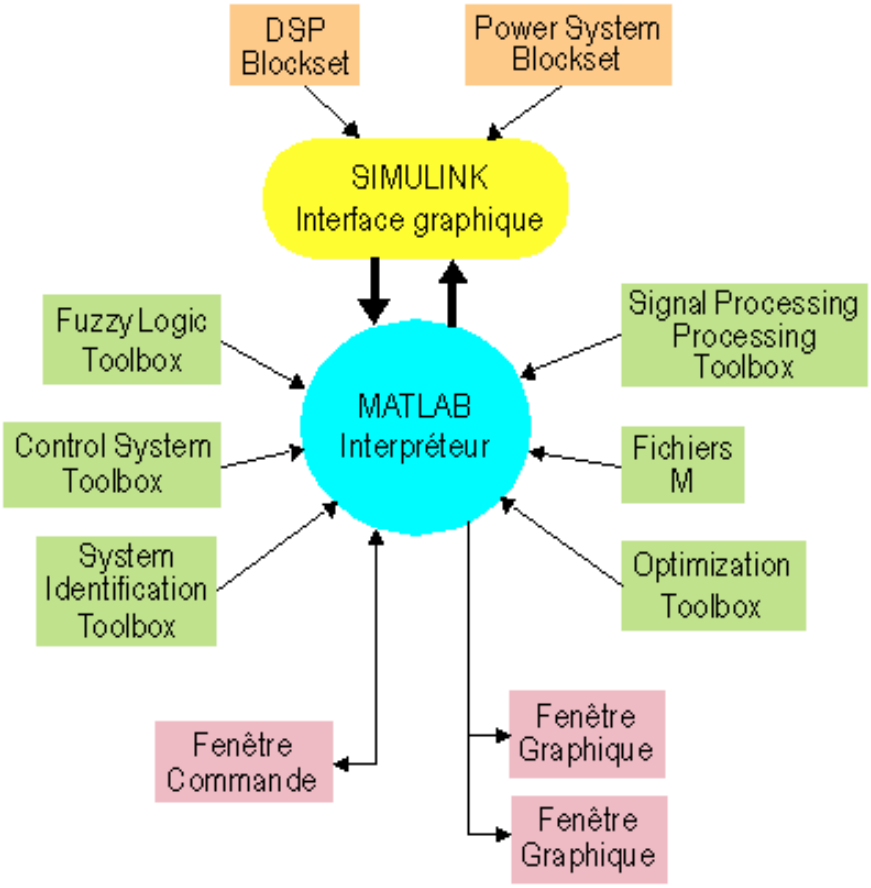


Figure 1 Environnement MATLAB

Fenêtre Commande: Dans cette fenêtre, l'usager donne les instructions et MATLAB retourne les résultats.

Fenêtres Graphique: MATLAB trace les graphiques dans ces fenêtres.

Fichiers M: Ce sont des programmes en langage MATLAB (écrits par l'usager).

Toolboxes: Ce sont des collections de fichiers M développés pour des domaines d'application spécifiques (Signal Processing Toolbox, System Identification Toolbox, Control System Toolbox, u-Synthesis and Analysis Toolbox, Robust Control Toolbox, Optimization Toolbox, Neural Network Toolbox, Spline Toolbox, Chemometrics Toolbox, Fuzzy Logic Toolbox, etc.)

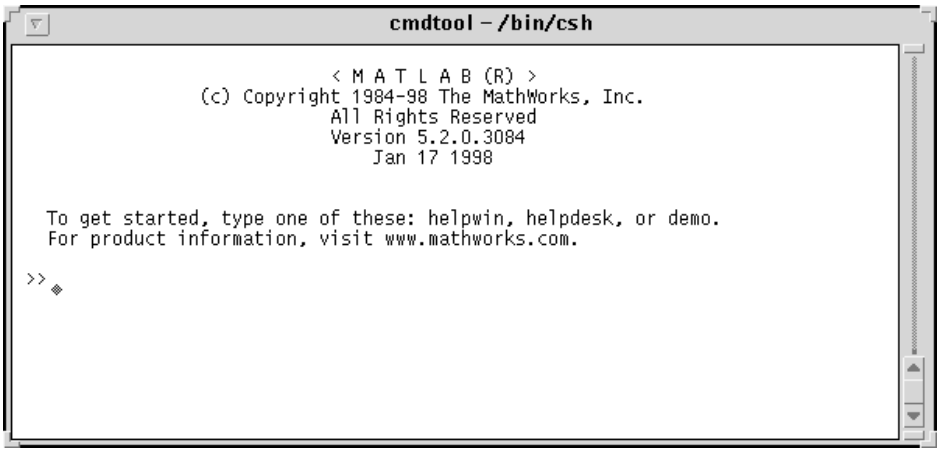
Simulink: C'est l'extension graphique de MATLAB permettant de travailler avec des diagrammes en blocs.

Blocksets: Ce sont des collections de blocs Simulink développés pour des domaines d'application spécifiques (DSP Blockset, Power System Blockset, etc.).

Une session de travail MATLAB

DÉMARRER MATLAB

Dans une fenêtre *cmdtool*, taper matlab. MATLAB répondra par un symbole >>. Dans cette fenêtre Commande, on tape les instructions une ligne à la fois:

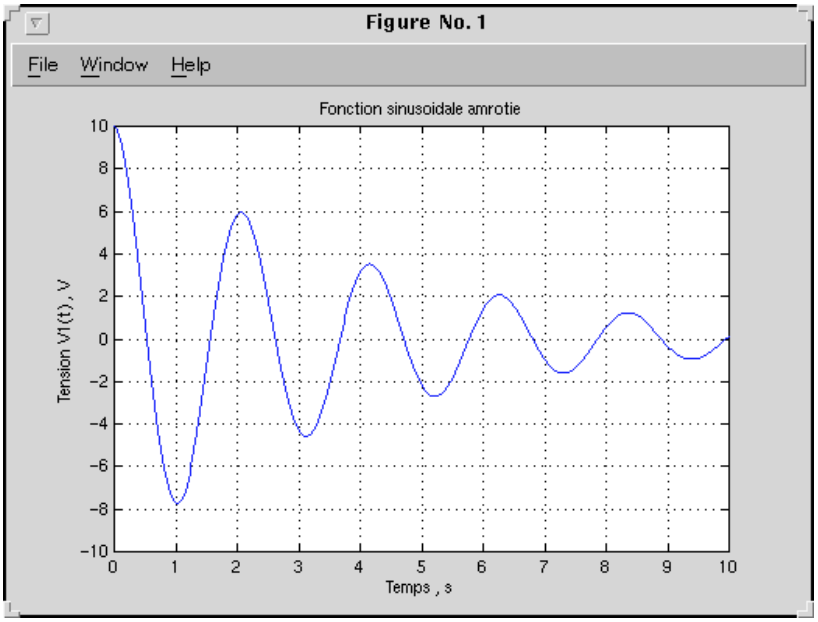


Chaque ligne est exécutée immédiatement après la touche "Return".

Une ligne peut contenir plusieurs instructions séparées par des virgules (,).

Des boucles FOR, WHILE, IF ... ELSE peuvent être sur plusieurs lignes.

Lorsque les fonctions graphiques sont appelées, la fenêtre Graphique s'ouvrira:



FONCTION "HELP"

Pour obtenir de l'aide sur un sujet, une instruction ou une fonction, on tape help suivi par le sujet, l'instruction ou la fonction désirée.

Exemple 1:

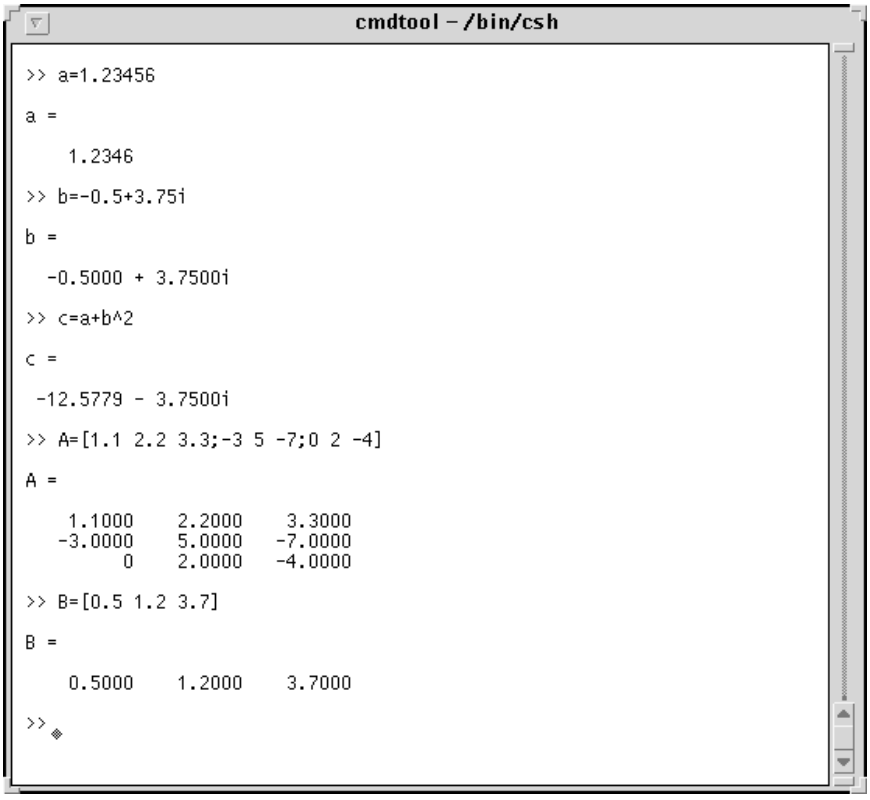
```
» help atan2
 ATAN2  Four quadrant inverse tangent.
    ATAN2(Y,X) is the four quadrant arctangent of the real parts of the
    elements of X and Y.  -pi <= ATAN2(Y,X) <= pi.

    See also ATAN.
```

ESPACE DE TRAVAIL (Workspace)

Les variables sont définies au fur et à mesure que l'on donne leurs noms et leurs valeurs numériques ou leurs expressions mathématiques.

Les variables ainsi définies sont stockées dans l'espace de travail et peuvent être utilisées dans les calculs subséquents.



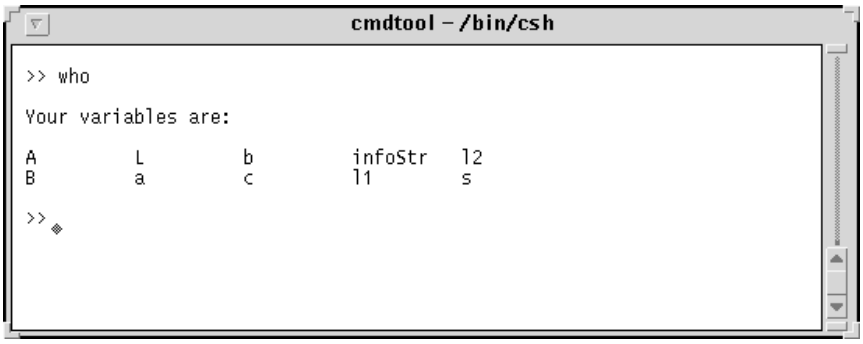
INFORMATION SUR L'ESPACE DE TRAVAIL

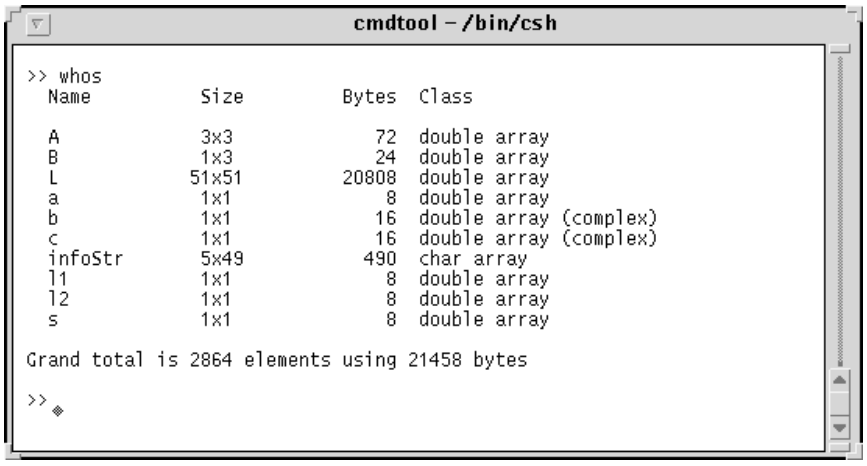
Pour obtenir une liste des variables dans l'espace de travail, on utilise les instructions suivantes:

who Affichage des variables dans l'espace de travail.

whos Affichage détaillé des variables dans l'espace de travail.

Instruction who





Instruction whos

ENREGISTRER LES VARIABLES DE L'ESPACE DE TRAVAIL DANS UN FICHIER

Pour enregistrer les variables de l'espace de travail dans un fichier, on utilise les instructions suivantes:

save Enregistrer toutes les variables dans un fichier matlab.mat. Dans une session ultérieure, taper load pour ramener l'espace de travail enregistrée.

save fichier1.mat x y z A X Enregistrer les variables x, y, z, A, X dans le fichier fichier1.mat. Dans une session ultérieure, taper load fichier1 pour ramener les variables x, y, z, A, X dans l'espace de travail.

2
Opérations mathématiques

Nombres et opérations arithmétiques

NOMBRES

Les nombres réels peuvent être écrits sous différents formats:

5 1.0237 0.5245E-12 12.78e6 0.001234 -235.087

Les nombres complexes peuvent être écrits sous forme cartésienne ou polaire:

Forme cartésienne: 0.5 + i*2.7 -1.2 + j*0.789 2.5 + 9.7i

Forme polaire: 1.25*exp(j*0.246)

FORMATS D'AFFICHAGE

Pour choisir le format d'affichage pour les nombres, on utilise l'instruction format:

format short	0.1234
format long	0.12345678901234
format short e	1.2341E+002
format long e	0.123456789012345E+002
format hex	ABCDEF0123456789

OPÉRATIONS ARITHMÉTIQUES

+	Addition
-	Soustraction
*	Multiplication
/	Division à droite
\	Division à gauche
^	Puissance

Vecteurs et matrices

VECTEURS

On peut définir un vecteur x en donnant la liste de ses éléments:

```
>> x=[0.5 1.2 -3.75 5.82 -0.735]
x =
    0.5000    1.2000   -3.7500    5.8200   -0.7350
```

ou en donnant la suite qui forme le vecteur:

```
>> x=2:0.6:5
x =
    2.0000    2.6000    3.2000    3.8000    4.4000    5.0000
```

ou en utilisant une fonction qui génère un vecteur:

```
>> x=linspace(1,10,6)
x =
    1.0000    2.8000    4.6000    6.4000    8.2000   10.0000
```

ou:

```
>> y=logspace(1,3,7)
y =
  1.0e+003 *
    0.0100    0.0215    0.0464    0.1000    0.2154    0.4642    1.0000
```

Remarque:

Lors qu'on ajoute un «;» à la fin d'une instruction, elle est exécutée mais le résultat n'est pas affiché:

```
>> a=[1 2 3 4 5];
>> b=-2.5;
>> c=b*a;
>>
```

Lors qu'il n'y a pas de «;» à la fin d'une instruction, elle est exécutée et le résultat est affiché:

```
>> a=[1 2 3 4 5]
a =
     1     2     3     4     5
>> b=-2.5
b =
   -2.5000
>> c=b*a
c =
   -2.5000   -5.0000   -7.5000  -10.0000  -12.5000
>>
```

MATRICES

On définit une matrice A en donnant ses éléments:

```
>> A=[0.5 2.7 3.9;4.5 0.85 -1.23;-5.12 2.47 9.03]
A =
    0.5000    2.7000    3.9000
    4.5000    0.8500   -1.2300
   -5.1200    2.4700    9.0300
```

Matrice unitaire:

```
>> B=eye(4)
B =
     1     0     0     0
     0     1     0     0
     0     0     1     0
     0     0     0     1
```

EMPLOI DES INDICES

Les éléments d'un vecteur ou d'une matrice peuvent être adressés en utilisant les indices sous la forme suivante:

t(10)	élément no. 10 du vecteur t
A(2,9)	élément se trouvant à ligne 2, colonne 9 de la matrice A
B(:,7)	la colonne 7 de la matrice B
C(3,:)	la ligne 3 de la matrice B

OPÉRATIONS MATRICIELLES

Les opérations matricielles exécutées par MATLAB sont illustrées dans le tableau suivant:

B = A'	La matrice B est égale à la matrice A transposée
E = inv(A)	La matrice E est égale à la matrice A inversée
C = A + B	Addition
D = A - B	Soustraction
Z = X*Y	Multiplication
X = A\B	Équivalent à inv(A)*B
X = B/A	Équivalent à B*inv(A)

OPÉRATION «ÉLÉMENT PAR ÉLÉMENT»

Les opérations «élément par élément» des vecteurs et des matrices sont effectuées en ajoutant un point (.) avant les opérations * / \ ^ '

Exemple 2:

```
>> A=[1 2 3 4 5];
>> B=[6 7 8 9 10];
>> C=A.*B
C =
     6    14    24    36    50
>> D=A./B
D =
    0.1667    0.2857    0.3750    0.4444    0.5000
```

Variables et fonctions

VARIABLES

On définit une variable en donnant son nom et sa valeur numérique ou son expression mathématique :

```
a =1.25;
x = 0:0.5:10;
y = a*x;
z = y.^2;
```

EXPRESSIONS MATHÉMATIQUES

On écrit les expressions mathématiques de la façon habituelle:

```
z = 5*exp(-0.4*x).*sin(7.5*y);
```

FONCTIONS MATHÉMATIQUES

Les fonctions mathématiques de base sont données dans le tableau suivant:

abs valeur absolue module (nb. complexe)	angle argument (nb. complexe)	sqrt racine carrée	real partie réelle	imag partie imaginaire
conj conjuguée (nb. complexe)	round arrondir	fix arrondir (vers zéro)	floor arrondir (vers -∞)	ceil arrondir (vers ∞)
sign signe	rem reste	exp exponentielle	log logarithme base e	log10 logarithme base 10

Les fonctions trigonométriques sont données dans le tableau suivant:

sin	cos	tan	asin	acos	atan	atan2
sinh	cosh	tanh	asinh	acosh	atanh	

Exemple 3:

```
>> x=-2+5i
x =
  -2.0000 + 5.0000i
>> a=real(x)
a =
    -2
>> b=imag(x)
b =
     5
>> X=abs(x)
X =
    5.3852
>> alfa=angle(x)
alfa =
    1.9513
```

Exemple 4:

```
>> w=50;
>> t=0.5e-3;
>> y=25*exp(-4*t)*cos(w*t)
y =
   24.9423
```

CRÉATION DE FONCTIONS

L'usager peut créer des fonctions particulières pour ses applications. Voir «Programmation avec MATLAB».

3
Graphiques

Graphiques 2D

TRAÇAGE DE COURBES

On utilise l'instruction plot pour tracer un graphique 2D:

plot(x,y)	Tracer le vecteur y en fonction du vecteur x
plot(t,x,t,y,t,z)	Tracer x(t), y(t) et z(t) sur le même graphique
plot(t,z,'r--')	Tracer z(t) en trait pointillé rouge

FORMAT DE GRAPHIQUE

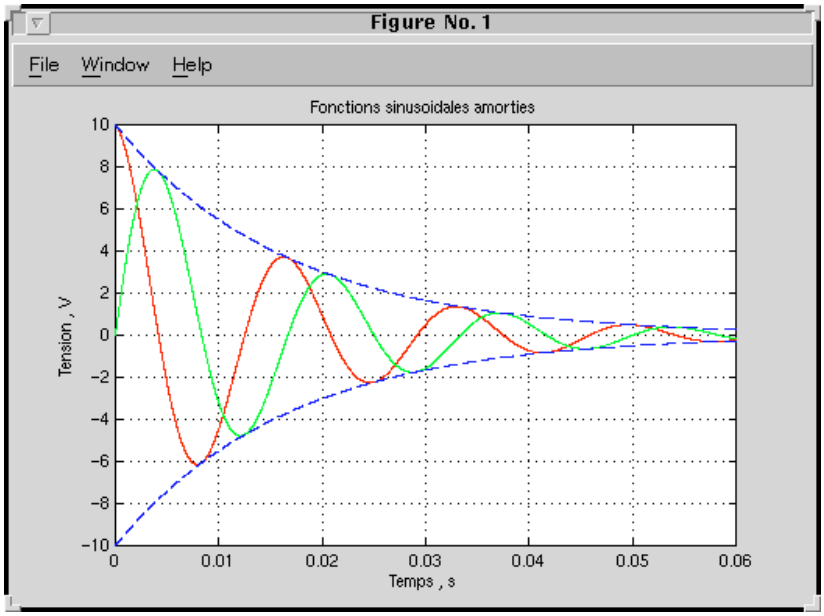
On peut choisir le format du graphique:

plot(x,y)	Tracer y(x) avec échelles linéaires
semilogx(f,A)	Tracer A(f) avec échelle log(f)
semilogy(w,B)	Tracer B(w) avec échelle log(B)
polar(theta,r)	Tracer r(theta) en coordonnées polaires
bar(x,y)	Tracer y(x) sous forme des barres
grid	Ajouter une grille

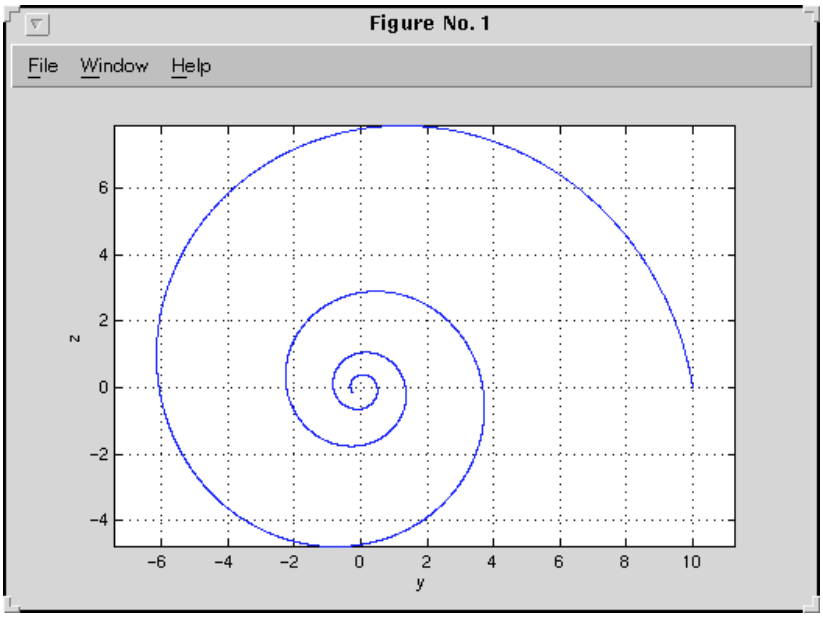
Exemple 5:

```
>> t=0:0.01e-3:0.06;
>> y=10*exp(-60*t).*cos(120*pi*t);
>> z=10*exp(-60*t).*sin(120*pi*t);
>> plot(t,y,'r',t,z,'g'),grid
>> a=10*exp(-60*t);
>> hold
Current plot held
>> plot(t,a,'b--')
```

```
>> plot(t,-a,'b--')
>> title('Fonctions sinusoidales amorties')
>> xlabel('Temps , s'),ylabel('Tension , V')
```



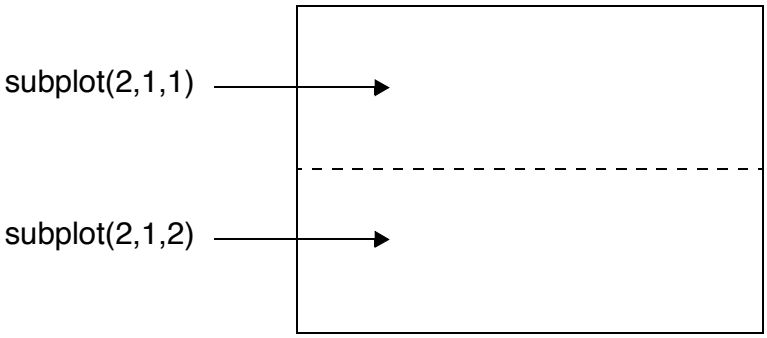

```
>> hold off
>> plot(y,z),grid
>> axis equal
>> xlabel('y'),ylabel('z')
```



GRAPHIQUE MULTIPLE

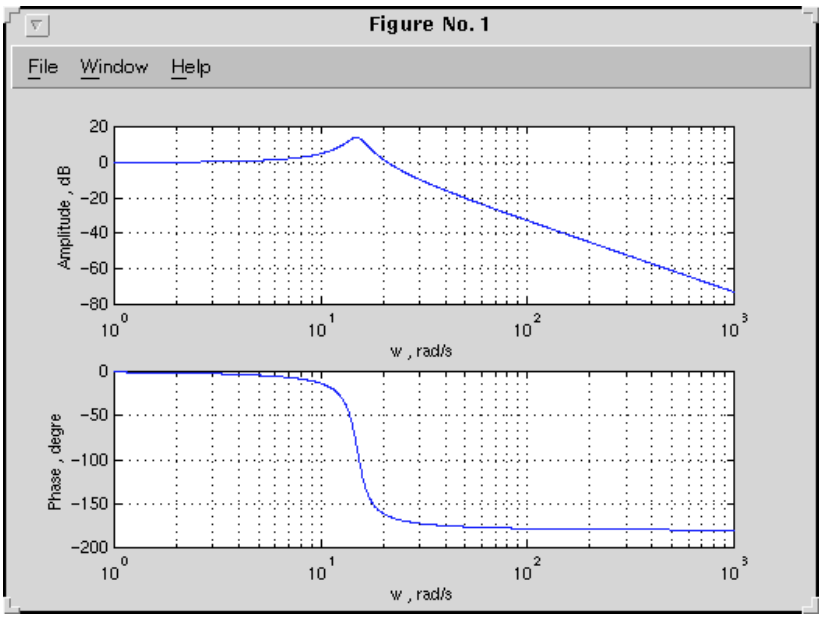
On peut tracer plusieurs graphiques dans la même fenêtre en utilisant l'instruction subplot pour diviser la fenêtre en plusieurs parties.

- Diviser la fenêtre en deux parties (2 x 1)

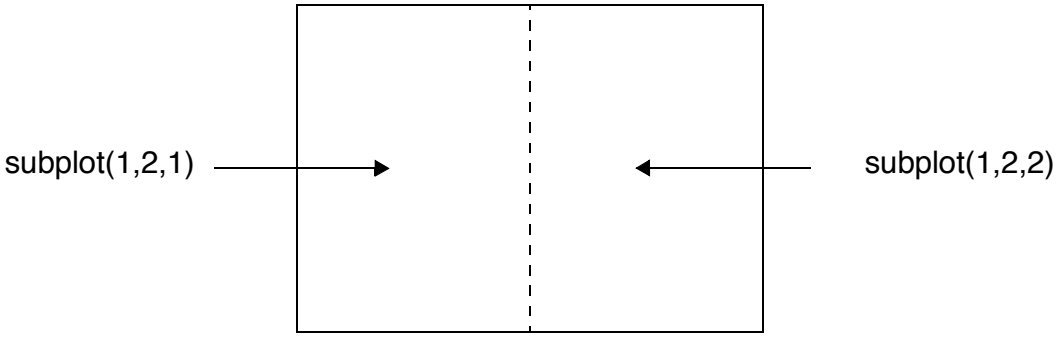


Exemple 6:

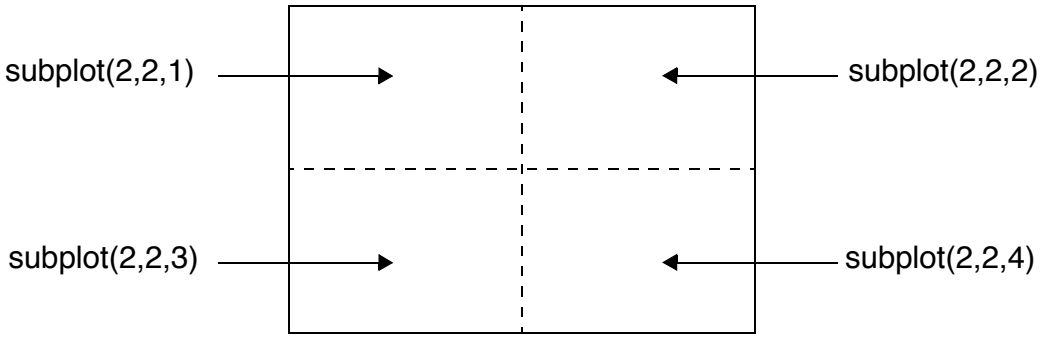
```
>> w=logspace(0,3,1000);
>> s=j*w;
>> H=225./(s.*s+3*s+225);
>> AdB=20*log10(abs(H));
>> phase=angle(H)*(180/pi);
>> subplot(2,1,1),semilogx(w,AdB),grid
>> xlabel('w , rad/s'),ylabel('Amplitude , dB')
>> subplot(2,1,2),semilogx(w,phase),grid
>> xlabel('w , rad/s'),ylabel('Phase , degre')
```



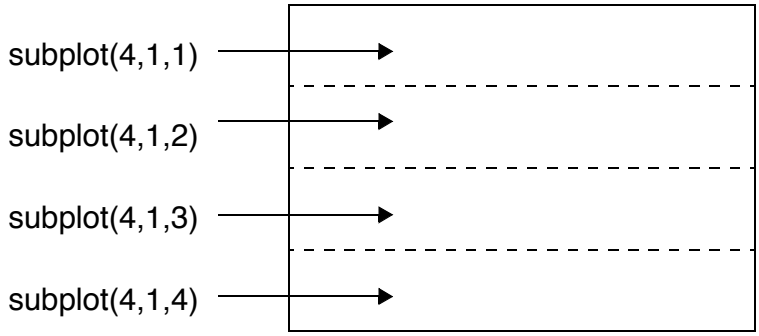
- Diviser la fenêtre en deux parties (1 x 2)



- Diviser la fenêtre en quatre parties (2 x 2)



- Diviser la fenêtre en quatre parties (4 x 1)



AJOUT DU TEXTE AU GRAPHIQUE

title('Titre du graphique')	Donner un titre au graphique
xlabel('Temps')	Étiquette de l'axe x
ylabel('Tension')	Étiquette de l'axe y
gtext('Valeur absolue')	Ajouter du texte au graphique avec la souris

MANIPULATION DE GRAPHIQUES

axis([-1 5 -10 10])	Choix des échelles x = (-1,5) et y = (-10,10)
hold	Garder le graphique sur l'écran (pour tracer plusieurs courbes sur le même graphique)

IMPRESSION ET ENREGISTREMENT DE GRAPHIQUES

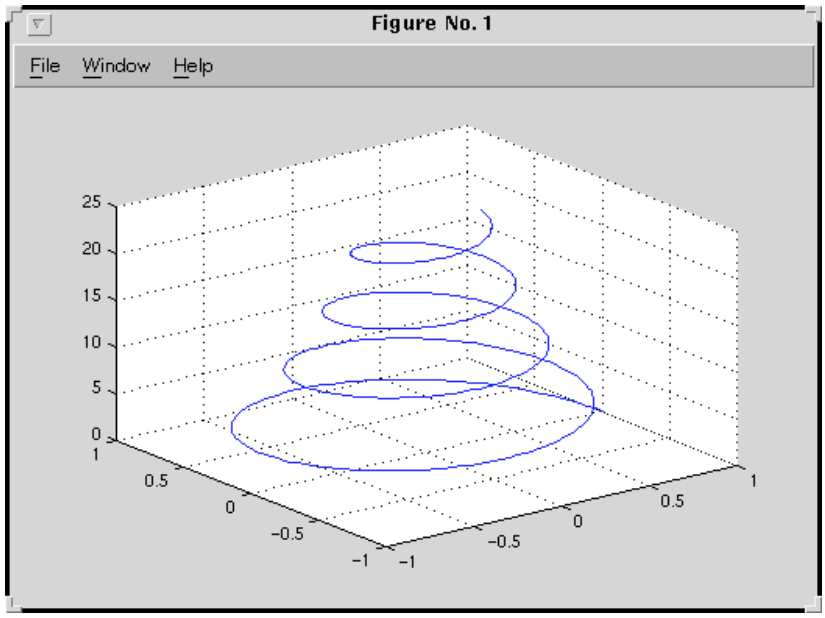
print -dps	Imprimer le graphique en PostScript
print -dpsc	Imprimer le graphique en PostScript Couleur
print -dps dessin.ps	Enregistrer le graphique en PostScript dans le fichier dessin.ps

Graphiques 3D

Le traçage des graphiques 3D est illustré dans les deux exemples suivants.

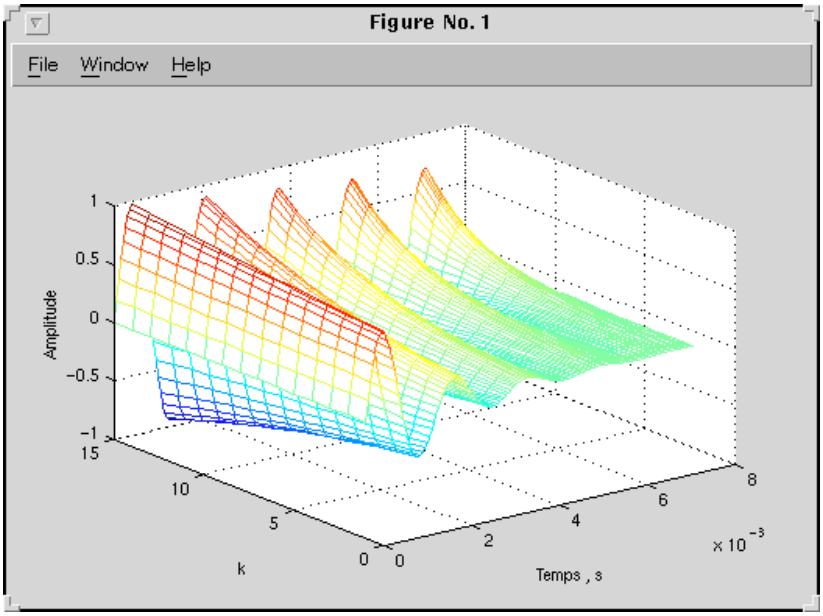
Exemple 7:

```
>> t = 0:0.05:25;
>> x = exp(-0.05*t).*cos(t);
>> y = exp(-0.05*t).*sin(t);
>> z = t;
>> plot3(x,y,z), grid
```



Exemple 8:

```
>> b=1200*pi;
>> dt=50e-6;
>> for j=1:15
>> for i=1:150
>> k(j)=j;
>> a=(16-j)*50;
>> t(i)=(i-1)*dt;
>> y(j,i)=exp(-a*t(i)).*sin(b*t(i));
>> end
>> end
>> [K,T]=meshgrid(k,t);
>> mesh(T,K,y)
```



4
Programmation avec MATLAB

COMMUNICATION AVEC L'USAGER

On peut afficher un message, une valeur à l'écran avec l'instruction disp:

disp('Ceci est un test') Afficher "Ceci est un test" sur l'écran

On peut entrer une valeur avec l'instruction input:

x = input('Valeur de x = ') Afficher sur l'écran "Valeur de x = " et attendre qu'un nombre soit tapé sur le clavier

BOUCLE FOR

On peut créer une boucle en utilisant for ... end. On peut aussi réaliser des boucles FOR imbriquées.

Exemple 9:

Boucle FOR simple:

```
for i=1:100
   wt = 24*i*0.01;
   x(i)=12.5*cos(wt+pi/6);
end
```

Deux boucles FOR:

```
for i=1:5
   for j=1:20
      amp=i*1.2;
      wt=j*0.05;
      v(i,j)=amp*sin(wt);
   end
end
```

BOUCLE WHILE

On peut créer une boucle en utilisant while ... end.

Exemple 10:

```
n=1;
while n<100
   x=n*0.05;
   y(n)=5.75*cos(x);
   z(n)=-3.4*sin(x);
   n=n+1;
end
```

INSTRUCTION IF ... ELSEIF ... ELSE

L'instruction IF ... ELSEIF ... ELSE permet de choisir plusieurs options.

Exemple 11:

```
n=input('Donner un nombre positif  ');
if rem(n,3)==0
   disp('Ce nombre est divisible par 3')
elseif rem(n,5)==0
   disp('Ce nombre est divisible par 5')
else
   disp('Ce nombre n''est pas divisible par 3 ou par 5')
end
```

FICHIERS M

Les fichiers M sont des fichiers ASCII contenant des suites d'instructions MATLAB dont le nom a comme extension m. Par exemple «test1.m». Dans la fenêtre Commande, si l'on tape test1, les instructions contenues dans le fichier test1.m seront exécutées une par une. On peut créer des fichiers M à l'aide de «Text Editor».

Exemple d'un fichier M:

```
% Ceci est un exemple de fichier M
% Les lignes "commentaires" commencent par "%"
for i=1:10
   for j=1:4
      x=0.005*i;
      y=30+j;
      z(i,j)=10*exp(-y*x)*cos(120*pi*x);
   end
end
```

CRÉATION DE FONCTIONS MATLAB

Une fonction MATLAB est un fichier M particulier dont la première ligne commence par «function». Une fonction peut être utilisée dans les expressions mathématiques ou dans les instructions MATLAB.

Exemple d'une fonction MATLAB:

```
function y = EFF(x)
% EFF  Calcul de la valeur efficace
%      Pour un vecteur EFF(x) donne la valeur efficace
%      Pour une matrice, EFF(x) donne un vecteur contenant
%      la valeur efficace de chaque colonne.
[m,n] = size(x);
if m==1
   m=n;
end
y=sqrt(sum(x.*x)/m);
```

Les commentaires donnés dans la fonction EFF seront affichés à l'écran lorsqu'on tape help EFF.