Notes introductives à Matlab

Le logiciel Matlab consiste en un langage interprété qui s'exécute dans une fenêtre dite d'*exécution.* L'intérêt de Matlab tient, d'une part, à sa simplicité d'utilisation : pas de compilation, déclaration implicite des variables utilisées et, d'autre part, à sa richesse fonctionnelle : arithmétique matriciel et nombreuses fonctions de haut niveau dans de nombreux domaines (analyse numérique, graphique, ...). La programmation sous Matlab consiste à écrire des *scripts* de commandes Matlab, exécutables dans la fenêtre d'*exécution*. En outre, grâce aux diverses *Toolboxes* spécialisés (ensemble de scripts Matlab), Matlab s'enrichit au fur et à mesure.

1. Lancement de Matlab

Lors de son lancement (via la commande **Matlab** par exemple) la fenêtre d'*exécution* s'ouvre. Il est alors possible d'exécuter différents types de commandes dans cette fenêtre, par exemple[1] :

`help`

```
HELP topics:

toolbox\local        -  Local function library.
matlab\datafun       -  Data analysis and Fourier transform functions.
matlab\elfun         -  Elementary math functions.
matlab\elmat         -  Elementary matrices and matrix manipulation.
matlab\funfun        -  Function functions - nonlinear numerical methods.
matlab\general       -  General purpose commands.
matlab\color         -  Color control and lighting model functions.
matlab\graphics      -  General purpose graphics functions.
matlab\iofun         -  Low-level file I/O functions.
matlab\lang          -  Language constructs and debugging.
matlab\matfun        -  Matrix functions - numerical linear algebra.
matlab\ops           -  Operators and special characters.
matlab\plotxy        -  Two dimensional graphics.
matlab\plotxyz       -  Three dimensional graphics.
matlab\polyfun       -  Polynomial and interpolation functions.
matlab\sounds        -  Sound processing functions.
matlab\sparfun       -  Sparse matrix functions.
matlab\specfun       -  Specialized math functions.
matlab\specmat       -  Specialized matrices.
matlab\strfun        -  Character string functions.
matlab\dde           -  DDE Toolbox.
matlab\demos         -  The MATLAB Expo and other demonstrations.
toolbox\wintools     -  GUI tools for MATLAB for MS Windows.

For more help on directory/topic, type "help topic".
```

La commande suivante permet d'affiner l'aide sur les fonctions mathématiques élémentaires :

[1] dans tous les exemples qui suivent, apparaît après la commande le résultat de cette commande

help elfun

```
 Elementary math functions.

 Trigonometric.
   sin         - Sine.
   sinh        - Hyperbolic sine.
   asin        - Inverse sine.
   asinh       - Inverse hyperbolic sine.
   cos         - Cosine.
   cosh        - Hyperbolic cosine.
   acos        - Inverse cosine.
   acosh       - Inverse hyperbolic cosine.
   tan         - Tangent.
   tanh        - Hyperbolic tangent.
   atan        - Inverse tangent.
   atan2       - Four quadrant inverse tangent.
   atanh       - Inverse hyperbolic tangent.
   sec         - Secant.
   sech        - Hyperbolic secant.
   asec        - Inverse secant.
   asech       - Inverse hyperbolic secant.
   csc         - Cosecant.
   csch        - Hyperbolic cosecant.
   acsc        - Inverse cosecant.
   acsch       - Inverse hyperbolic cosecant.
   cot         - Cotangent.
   coth        - Hyperbolic cotangent.
   acot        - Inverse cotangent.
   acoth       - Inverse hyperbolic cotangent.

 Exponential.
   exp         - Exponential.
   log         - Natural logarithm.
   log10       - Common logarithm.
   sqrt        - Square root.

 Complex.
   abs         - Absolute value.
   angle       - Phase angle.
   conj        - Complex conjugate.
   imag        - Complex imaginary part.
   real        - Complex real part.

 Numeric.
   fix         - Round towards zero.
   floor       - Round towards minus infinity.
   ceil        - Round towards plus infinity.
   round       - Round towards nearest integer.
   rem         - Remainder after division.
   sign        - Signum function.
```

permettant ainsi de voir toutes les fonctions mathématiques élémentaires dont dispose Matlab. On peut maintenant préciser la recherche si l'on veut avoir une idée plus précise de la fonction **log** par exemple :

help log

```
 LOG Natural logarithm.
   LOG(X) is the natural logarithm of the elements of X.
   Complex results are produced if X is not positive.

   See also LOG10, EXP, LOGM.
```

♦ Quelques commandes d'environnement importantes

path : permet de savoir quels sont les dossiers que Matlab référence et de spécifier de nouveaux dossiers Unix où se trouvent des ressources personnelles, par exemple :

path=(path,'~/monapplication/mesfichiersmatlab')

cd : positionne Matlab dans un dossier Unix, par exemple :

cd ~/monapplication/mesfichiersmatlab

dir ou **ls** : permet de faire la liste des objets du dossier courant, par exemple la commande suivante :

```
ls

.            basename.exe dos4gw.exe   matlab.exe   ml_dos.pif
..           binpatch.m   fmex.bat     matlab.hlp   spr.exe
basefnam.exe cmex.bat     is_ext.exe   ml_bang.pif
```

clear all : efface tous les objets en mémoire

clf : détruit les figures

Si *monscript.m* est un *script* Matlab que vous avez écrit et qui est accessible (soit via le *path* ou un commande *cd*) pour l'exécuter, il suffira de saisir la commande :

monscript

Par défaut, Matlab inscrit le résultat à la suite de la commande. Si l'on ne désire pas voir le résultat d'une commande il suffit de terminer cette commande par **;**. Pour certaine commande (**ls**,**help**,...) celà ne change rien!

2. Les variables sous Matlab

Matlab gère de façon automatique : les nombres entiers, réels, complexes de façon indifférente, les chaines de caractères ainsi que les tableaux de nombre. En aucun cas, il n'est utile de déclarer le type de la variable que l'on manipule, y compris les tableaux. Ainsi les instructions suivantes, déclarent les variables lors de leur affectation :

```
a=1
a =
     1

b=1.01
b =
    1.0100

X=1.0e+05
X =
      100000


nom='    mon nom'
nom =
    mon nom
```

```
c=1+2i
c =
   1.0000 + 2.0000i
```

la constante **i** est le nombre imaginaire prédéclaré, de même que certaines constantes (**e,pi,**...)

On déclare un vecteur colonne de la façon suivante :

```
u=[1;3;-1]
u =
     1
     3
    -1
```

un vecteur ligne de la façon suivante :

```
v=[1,3,-1]
v =
     1     3    -1
```

et une matrice d'ordre 3x2 :

```
A=[1,2 ; -1, 3; 4, 0]
A =
     1     2
    -1     3
     4     0
```

la '**,**' sert à séparer les éléments d'une ligne et '**;**' les éléments colonnes. En fait, on peut remplacer la '**,**' par un espace , ce qui améliore la lisibilité :

```
vb=[1 3 -1]
vb =
     1     3    -1
```

Pour spécifier un élément d'un vecteur, d'une matrice, on utilise la syntaxe suivante :

```
u(2)
ans =
     3

v(3)
ans =
    -1

A(3,2)
ans =
     0
```

L'utilisation d'indice hors limite provoque une erreur, comme le montre cet exemple:

```
A(3,3)
???  Index exceeds matrix dimensions.
```

On peut utiliser des raccourcis bien utiles et plus efficaces pour remplir des vecteurs ou des tableaux . En voici quelques exemples :

```
u1=1:10          (incrémentation automatique de 1 à 10 avec pas de 1)
u1 =
```

```
     1     2     3     4     5     6     7     8     9    10
```

v1=1:2:10 *(incrémentation automatique de 1 à 10 avec pas de 2)*

```
v1 =
     1     3     5     7     9
```

Id3=eye(3) *(matrice identité d'ordre3)*

```
Id3 =
     1     0     0
     0     1     0
     0     0     1
```

Un=ones(2) *(matrice constituée de 1 d'ordre 2)*

```
Un =
     1     1
     1     1
```

Z=zeros(2,3) *(matrice nulle d'ordre 2x3)*

```
Z =
     0     0     0
     0     0     0
```

De même, il existe des syntaxes particulières permettant d'extraire des lignes, des colonnes de matrices :

```
A1=[11 12 13;21 22 23;31 32 33]
A1 =
    11    12    13
    21    22    23
    31    32    33
```

A1(:,1) *(colonne 1 de la matrice A1)*

```
ans =
    11
    21
    31
```

A1(2,:) *(ligne 2 de la matrice A1)*

```
ans =
    21    22    23
```

Une des difficultés que rencontre le débutant est le mauvais maniement des matrices du à une mauvaise connaissance des tailles des matrices. Pour vérifier ces tailles, on pourra utiliser la commande **size**:

```
size(A1)
ans =
     3     3
```

```
size(u)
ans =
     3     1
```

3. Opérations élémentaires sous Matlab

Les opérations sur les scalaires sont standards : addition **+**, soustraction **-**, multiplication *****, division /, puissance ^. La racine carrée s'obtient par la function **sqrt**.On dispose de toutes les fonctions usuelles sur les scalaires,

faire **help elfun** pour plus de détails. Attention les fonctions peuvent renvoyer des complexes même dans des situations anodines :

```
sqrt(-1)
ans =
        0 + 1.0000i
```

acos(2) *(function arc cosinus, ici on a affaire au prolongement dans le plan complexe de cette fonction!)*

```
ans =
        0 + 1.3170i
```

En ce qui concerne les vecteurs et matrices ces opérateurs se prolongent au sens du calcul vectoriel et matriciel. En particulier, il faut veiller à la compatibilité des tailles des objets! Voici quelques exemples :

```
u=[1 2 3]
u =
     1     2     3
```

```
v=[-1 1 1]
v =
    -1     1     1
```

w=u+v *(addition)*

```
w =
     0     3     4
```

ut=u' *(transposition d'un vecteur ligne)*

```
ut =
     1
     2
     3
```

ut2=[ut ut] *(concaténation de deux vecteurs colonnes donne une matrice 3x2)*

```
ut2 =
     1     1
     2     2
     3     3
```

ps=v*ut *(Produit qui conduit au produit scalaire)*

```
ps =
     4
```

M=ut*v *(Produit qui conduit à une matrice)*

```
M =
    -1     1     1
    -2     2     2
    -3     3     3
```

```
L=M+2*eye(3)
L =
     1     1     1
    -2     4     2
    -3     3     5
```

Y=L\ut *(Résolution du système linéaire L.Y=ut)*

```
Y =
    0.1667
    0.3333
    0.5000
```

```
E=u/L'          (Résolution du système linéaire E.L' =u)
E =
    0.1667    0.3333    0.5000
```

On prendra garde au sens de la division. Si les matrices ne sont pas inversibles, un message vous prévient.

On peut effectuer des opérations tensorielles sur les vecteurs et matrices, par exemple effectuer le produit de deux vecteurs colonnes, composante par composante par l'adjonction d'un . à l'opérande *. Par exemple :

```
ut.*Y
ans =
    0.1667
    0.6667
    1.5000

ut.^Y
ans =
    1.0000
    1.2599
    1.7321
```

De même, Matlab autorise l'utilisation de toutes les fonctions scalaires dans un contexte vectoriel. Ainsi, si **h** est un vecteur de dimension **n**, **sin(h)** sera un vecteur de même dimension :

```
h=0:pi/4:pi
h =
         0    0.7854    1.5708    2.3562    3.1416
sin(h)
ans =
         0    0.7071    1.0000    0.7071    0.0000
```

Pour les multiples opérations sur les matrices (inverse, puissance, trace, déterminant, factorisation, ...) faire **help elmat** et **help matfun**.

Pour ce qui est des opérations sur les chaînes de caractères, ces dernières étant considérées comme des vecteurs ligne de caractères ascii, la concaténation de deux chaînes s'effectuera de la façon suivante :

```
c1='texte'
c1 =
texte

c2=' et suite de texte'
c2 =
 et suite de texte

c3=[c1 c2]
c3 =
texte et suite de texte
```

pour les autres opérations voir **help strfun**.

4. Contrôle de flux

♦ Opérateurs booléens

Avant de décrire la syntaxe du test sous Matlab, indiquons les principaux opérateurs de relation ainsi que les opérateurs booléens qu'utilisent Matlab.

<	strictement inférieur à
<=	inférieur ou égal à
>	strictement supérieur à
>=	supérieur ou égal à
==	égal à
~=	différent de
&	et logique (and)
|	ou logique (or)
~	non logique (not)

Le résultat d'un test est un booléen, qui sous Matlab, prend la valeur 1 pour vrai et 0 pour faux. Par exemple, on a les résultats suivants :

```
r=1<2
r =
     1
r=~((1>2)|(0~=0))        (traduction Matlab de l'expression logique : non (1>2 ou 0≠0))
r =
     1
```

Il existe d'autres fonctions booléennes, par exemple **xor**, **isfinite**, **isnan**, **isinf**,..dont on trouvera la description en faisant **help ops**.

♦ Syntaxe du test (if)

if *expression booléenne*
instructions
end

if *expression booléenne*
instructions
else
instructions
end

if *expression booléenne*
instructions
elseif *expression booléenne*
instructions
else
instructions
end

♦ Syntaxe du branchement (switch)

switch *expression* (*expression* est un scalaire ou une chaîne de caractères*)*
case *value1*
instructions (*instructions* effectuées si *expression=value1*)
case *value2*
instructions
...
otherwise
instructions
end

♦ Syntaxe de boucle (while et for)

while *expression*
instructions
end

for *indice=debut*:*pas*:*fin* (si le pas n'est pas précisé, par défaut il vaut 1)
instructions
end

5. Utilisation des fonctions

La notion de fonction existe sous Matlab. Sa syntaxe est la suivante :

function [*args1,args2,...***] =** nomfonction**(***arge1,arge2,...***)**
instructions

args1,args2,... sont les arguments de sortie de la fonction et peuvent être de n'importe quel type
arge1,arge2,... sont les arguments d'entrée de la fonction et peuvent être de n'importe que type
instructions est un bloc d'instructions quelconque devant affecter les arguments de sortie *args1,args2,...*

Lorsqu'il n'y a qu'un seul argument de sortie, on peut utiliser la syntaxe plus simple :

function *args* = nomfonction**(***arge1,arge2,...***)**

L'appel à la fonction s'opère de la façon suivante :

[*vars1,vars2,...***] =** nomfonction**(***vare1,vare2,...***)**

avec compatibilité des variables d'entrées *vare1,vare2,...* avec les arguments d'entrée *arge1,arge2,...* et compatibilité des variables de sorties *vars1,vars2,...*, si celles-ci ont déjà été utilisées, avec les arguments de sortie *args1,args2,....*

Remarque : il n'est pas obligatoire de fournir tous les arguments d'entrées et de sortie lors de l'appel d'une fonction, mais ceux que l'on omet doivent être les derniers des listes d'entrée ou de sortie. Ainsi, supposons *nomfonction* soit une fonction à 2 arguments d'entrée et 2 arguments de sortie, on peut alors utiliser l'appel suivant :

[*vars1***]=** nomfonction**(***vare1***)** mais pas l'appel : **[***vars2***]=** nomfonction**(***vare2***)**.

La limitation du nombre d'arguments de sortie est gérée de façon automatique dans Matlab. Par contre, les variations du nombre d'arguments d'entrée doivent être gérées par le concepteur de la fonction à l'aide du paramètre **nargin** qui indique le nombre d'arguments en entrée lors de l'appel de la fonction. Voici un exemple de calcul d'un produit scalaire ou d'une norme au carrée, illustrant son utilisation :

```
function r = psnorm2(a,b)        (a,b sont des vecteurs colonne)
 if (nargin==1)
   r=a'*a
 elseif (nargin==2)
   r=a'*b
 end
```

psnorm2(u,v) renvoie le produit scalaire et *psnorm2(u)* renvoie la norme au carrée de *u*. Remarquer que *psnorm2(u,u)* renvoit également la norme au carrée de *u*.

Bien qu'il soit parfois dangereux d'utiliser cette possibilité, il est important de la connaître car de nombreuses fonctions natives de Matlab l'utilisent.

♦ Portée d'une fonction

On peut déclarer des fonctions dans un *script principal* à la suite des instructions du *script principal*. Mais il est souvent plus recommandé, pour des raisons d'organisation, de les placer dans un autre *script*, voire plusieurs. Dans ce cas, le nom du *script* externe devra porter le nom de la fonction avec l'extension *.m*. Si dans ce *script* externe, on y place plusieurs fonctions, seule la fonction dont le *script* porte le nom sera accessible depuis le *script* d'appel. Les autres fonctions ne seront accessibles que dans le *script* où elles ont été déclarées; on parle, dans ce cas, de sous-fonctions.

Egalement liée aux fonctions, la notion de variable globale permet de rendre visible des variables d'un script à l'autre. Par défaut, aucune variable n'est globale. Supposons que l'on ait un *script principal* et un *script secondaire* contenant la déclaration de la fonction *nomfonction*. Pour déclarer de façon globale, la variable de nom *varg*, on introduira l'instruction suivante dans le *script principal* et la fonction *nomfonction* :

global *varg*

♦ Fonction comme argument d'une fonction

Pour clore cette partie sur les fonctions, mentionnons l'existence de commandes permettant d'évaluer une chaîne de caractères comme une commande Matlab. La command **eval** s'utilise ainsi :

```
comd='s1=sin(1)'
comd =
s1=sin(1)

eval(comd)
s1 =
    0.8415
```

La commande **feval** permet quant à elle de transférer, en temps que chaîne de caractères, le nom d'une fonction que l'on veut évaluer :

```
fon='sin'
fon =
sin

s1=feval(fon,1)     (derrière le nom de la fonction à évaluer, apparaissent les arguments)
s1 =
    0.8415
```

6. Lecture et écriture

Comme il l'a déjà été mentionné, par défaut toute commande exécutée produit un résultat qui apparaît dans la fenêtre d'exécution à la suite de la commande. On peut empêcher l'affichage du résultat en terminant la commande par '**;**'. Ainsi, on a :

```
H=[1 2 3]                (Résultat affiché)
H =
     1     2     3
H=[1 2 3];               (Aucun résultat affiché)
```

Dans les *scripts* d'exécution, l'affichage d'un résultat est exceptionnel. Il sert, essentiellement, à détecter les erreurs et à afficher des résultats finaux. On prendra donc garde à ne pas oublier le '**;**' à la fin de chaque ligne de commande.

♦ Impression à l'écran

La commande standard d'écriture dans la fenêtre d'exécution est **fprintf** qui a la structure générale suivante :

fprintf(*format***,***var1***,***var2***,...)**

où *format* est une chaîne de caractères décrivant le format d'écriture des variables *var1,var2,...* que l'on souhaite afficher. Les principaux types de formats d'écriture sont :

%d	entier	%5d : entier de longueur 5, par exemple 34562
%f	réel	%5.2f : réel de longueur 5 avec 2 chiffres après la virgule, par exemple 32.42
%e	exponentiel	%10.8e : nombre de la forme -21.01e+05
%g	réel double précision	mode automatique de détection entre %e et %f
%s	chaîne de caractères	

Par souci de simplicité, on peut se contenter d'utiliser les formats %d,%f,%e sans spécifier de longueur précise. Par ailleurs on dispose de certains opérateurs de mise en forme , par exemple **\n** pour passer à la ligne. Ainsi, on écrira, par exemple :

fprintf ('**\n** Convergence en **%d** iterations '**,***it***)**

où *it* désigne une variable contenant un entier.

Pour plus de détails, faire **help fprintf**.

♦ Impression dans un fichier

Il est également possible d'écrire les résultats dans un fichier (et souhaitable lorsqu'il y en a beaucoup). Pour ce faire, on utilise encore la commande **fprintf**, mais en spécifiant un numéro *nfic* associé à un nom de fichier de résultats, nommé ici *ficres*. On effectue, les opérations suivantes :

nfic=**fopen(***ficres*,'**rw');** *(ouvre le fichier ficres en mode lecture et écriture)*
fprintf (*fid*,'**\n** Convergence en **%d** iterations '**,***it***);** *(écrit dans le fichier ficres)*
status=**fclose**(*fid*); *(ferme le fichier ficres)*

L'opération d'ouverture de fichier par la commande **fopen** a échoué si *nfic* vaut -1 et *status* renvoie 0 si l'opération de fermeture par la commande **fclose** est réussie et -1 sinon.

♦ Lecture de données

Afin de lire des données utiles à l'exécution, on peut procéder de deux façons : soit en interrompant l'exécution du programme et en demandant à l'utilisateur d'indiquer les données, soit en lisant un fichier de données. Cette deuxième solution étant bien souvent préférable.

Pour interrompre l'exécution et demander une valeur, on utilise la commande **input,** dont voici un exemple d'utilisation :

data=**input(**'Donnez votre valeur (par defaut 0)'**);**

A l'issue de la réponse, la variable *data* contiendra la réponse envoyée, qui peut prendre n'importe quel type et même prendre la valeur vide **[]** si on a taper sur *enter*. C'est d'ailleurs par ce moyen que l'on gère les valeurs par défaut :

```
if (data ==[])
    data=0;
end
```

Pour lire des fichiers de donnée, on utilise la commande **fscanf** dont le principe de fonctionnement est voisin de la commande **fprint**. Pour lire la donnée *data* dans le fichier *ficdon*, on utilisera la suite de commande suivante :

```
nfic=fopen(ficdon,'r');          (ouvre le fichier ficdon en mode lecture)
data=fscanf(fid,'%d');           (lit dans le fichier ficdon)
status=fclose(fid);              (ferme le fichier ficdon)
```

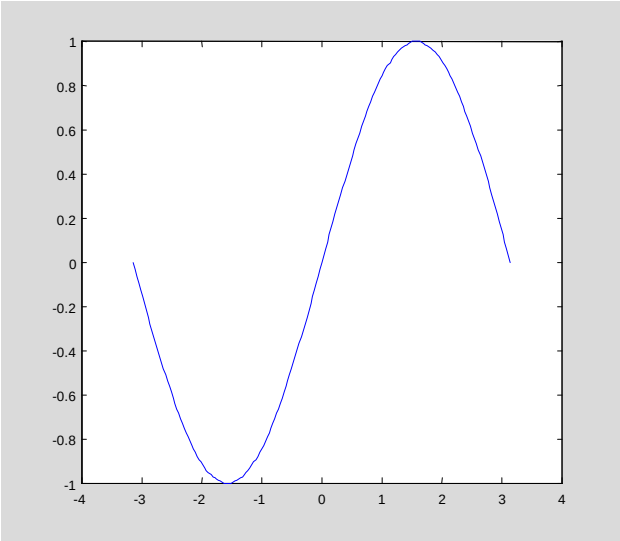
Pour plus d'informations, faire **help fscanf**, **help fopen** et **help fclose**. Il existe d'autres méthodes de lecture et d'écriture sur fichier, faire **help iofun** pour de plus amples informations.

7. Graphique sous Matlab

Afin de terminer cette brève introduction à Matlab, indiquons quelques fonctionnalités graphiques de Matlab. Donnons deux exemples : le tracé d'une courbe et le tracé d'un champ d'isovaleurs.

Supposons que l'on veuille représenter graphiquement la courbe $y=sin(x)$ sur l'intervalle $[-\pi,\pi]$ avec 200 points. On exécute alors les commandes suivantes :

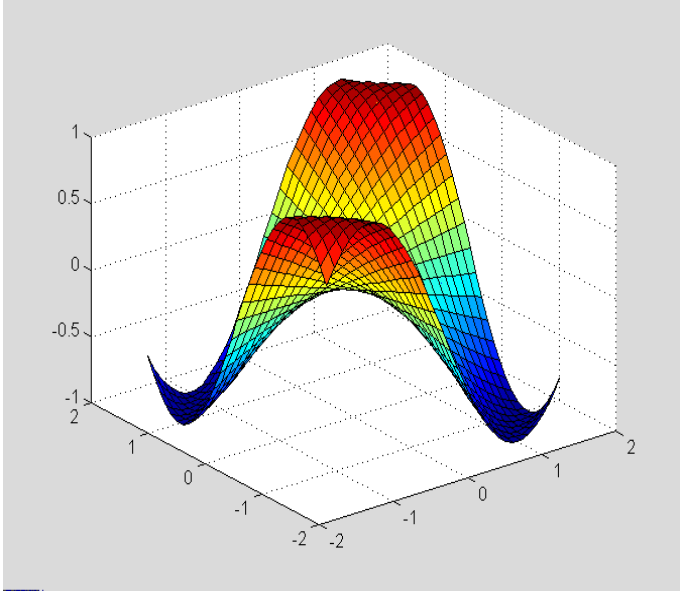
```
x=-pi:pi/100:pi;
y=sin(x);
plot(x,y);
```



Il existe de nombreuses options pour contrôler l'affichage des courbes (couleur, axe, commentaire ...), faire **help plot** et plus généralement **help graph2d**.

Maintenant, supposons que l'on veuille représenter la surface définie par la fonction *z=sin(xy)* sur le carré suivant [-*π*/2,*π*/2]x[-*π*/2,*π*/2] à l'aide d'une grille de points 30x30. On utilise la séquence de commandes suivantes :

```
[xi,yi]=meshgrid(-pi/2:pi/30:pi/2);
zi=sin(xi.*yi);
surf(xi,yi,zi,zi)
```



Pour les autres possibilités faire **help graph3d**.