Eviter au maximum les boucles, *e.g.,*

```
>> for k=1 : N, x(k)=k; end
```

est équivalent à

```
>> x=1 : N;
```

Autre exemple :

```
>> r=1 : 10; A=[]; % init. de A à vide
>> for k=1 : 5, A=[A; r]; end
```

peut être écrit

```
>> r=1 : 10; A=ones(5,1)*r;
```

et même

```
>> r=1 : 10; A=r([1 1 1 1 1], :);
```

ou

```
>> r=1 : 10; A= r(ones(1,5), :);
```

Attention à ne pas utiliser `i` ou `j` comme indice de boucle car `i` et `j` prédéfinis à $\sqrt{-1}$.

6 Signal et image

6.1 Matrices particulières

Matrices de Tœplitz :

```
>> c=[ 1 2 3 ]; l=[ 1.5 2.5 3.5 4.5 5.5 ];
>> toeplitz(c,l)
   ans = 1.0 2.5 3.5 4.5 5.5
         2.0 1.0 2.5 3.5 4.5
         3.0 2.0 1.0 2.5 3.5
```

Matrices de Hankel, Hadamard, Hilbert, *etc...*

6.2 Filtrage et convolution

Fonction `filter` (2D : `filter2`) : filtrage rationnel par un filtre de coefficients dans `A` et `B` :

```
>> Y = filter(B,A,X);
```

Convolution `conv` (2D : `conv2`) :

```
>> Z = conv(X,Y);
```

La fonction `roots` : racines (zéros, pôles). Calcul des racines d'un polynôme donné par ses coefficients (ici $P(z) = z^3 - 6z^2 - 72z - 27$) :

```
>> p = [1 -6 -72 -27]; r=roots(p)
```

La fonction `polyval` calcule la valeur d'un polynôme en certains points :

```
>> polyval(p,[ 1, exp(j*pi/4) ])
   ans = 1.0e+002 *
   -1.0400 -0.7862-0.5620i
```

La fonction `poly` inverse la fonction `roots`.

```
>> p=poly(r)
   p = 1.000 -6.000 -72.000 -27.000
```

6.3 Transformation de Fourier

`fft`, `ifft`. Calcul de la FFT du signal `x`, sur 1024 points régulièrement distribués dans $[0, 1]$:

```
>> TF=fft(x,1024);
```

Pour $[-0.5, +0.5]$ utiliser `fftshift`. En dimension 2 : `fft2` et `ifft2`.

6.4 Un peu d'aléa

`rand` : génération pseudo-alétoire uniforme sur $[0, 1]$
`randn` : génération gaussienne $\mathcal{N}(0, 1)$
`mean` : moyenne empirique
`std` : écart-type empirique
`xcorr` : corrélation empirique
`cov` : covariance empirique

6.5 Fonctions mathématiques spéciales

`besselj`, `bessely`, `gamma`, `erf`, `erfinv`, *etc...*

6.6 Exemple de fichier de commande

Problème : On possède N mesures (x_n, y_n) bruitées censées correspondre à des points d'une droite. On va estimer la pente a et la valeur à l'origine b de cette droite par moindres carrés, c'est-à-dire minimisant :

$$J(a, b) = \sum_{k=1}^{N} (y_k - a x_k - b)^2$$

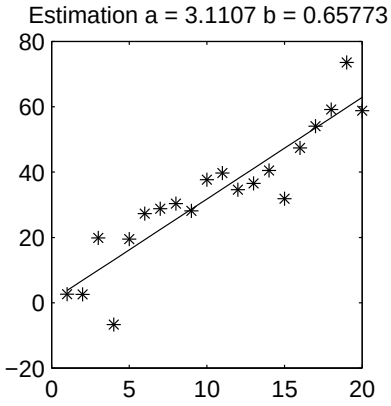
Solution : En annulant les dérivées partielles par rapport à a et b on trouve (un seul minimum) :

$$a = \frac{\sum_{k=1}^N x_k y_k - \frac{1}{N}(\sum_{k=1}^N x_k)(\sum_{k=1}^N y_k)}{\sum_{k=1}^N x_k^2 - \frac{1}{N}(\sum_{k=1}^N x_k)^2}$$

$$b = \frac{1}{N}(\sum_{k=1}^{N} y_k - a \sum_{k=1}^{N} x_k)$$

Script Matlab :

```
% Simulation
  a = pi; b = 1/3;
% Tirage d'un ensemble de mesures
  N = 20; x = 1 :N;
  bruit = 10*randn(1,N); y = a*x+b+bruit;
% Estimation
  aest = (sum(x.*y) - sum(x)*sum(y)/N)/...
       (sum(x.^2) - sum(x)^2/N);
  best = (sum(y) - aest*sum(x))/N;
% Affichage
  plot(x,y,'*',x,aest*x+best)
  title(['Estimation a=',num2str(aest),...
       ' b=',num2str(best)])
```



— Matlab en bref —

Table des matières

1 Généralités

1.1 Introduction

Matlab pour « Matrix Laboratory » : **tout est matrice**. Environnement de calcul matriciel, adapté à l'automatique et au traitement du signal et de l'image : facilité d'emploi, possibilités graphiques, boites à outils : signal processing, image processing, optimization, *etc...*

1.2 Démarrer

Cliquez sur l'icône Matlab ou tapez `matlab` dans un shell. Tapez les commandes Matlab ou le nom d'un fichier de commandes à la suite des chevrons `>>` .

1.3 Aide en ligne

Commande `help` : `help NomFct`. Également `lookfor`. Avant d'écrire une fonction, assurez-vous qu'une fonction similaire n'existe pas déjà. De même, avant d'utiliser une fonction, vérifiez qu'elle réalise bien l'opération souhaitée. Vérifiez également sa syntaxe. En cas d'erreur, lisez le message d'erreur que Matlab a la gentillesse de vous indiquer.

1.4 Langage interprété

Pas de compilation, ni de déclaration de variable, ni de réservation mémoire. Résultat affiché et stocké dans la variable `ans`.

```
>> 2+2
   ans = 4
>> 2*sin(pi/4)
   ans = 1.4142
```

Fonctions usuelles : `sin`, `cos`, `exp`, `log`, *etc...*

1.5 Variables

Les noms de variable commencent par une lettre. Attention, Matlab fait la différence entre `X` et `x`.

```
>> x = pi/4
   x = 0.7854
```

Point virgule « ; » évite l'affichage du résultat. Plusieurs commandes par ligne : séparées par « ; » ou « , » :

```
>> x = pi/2; y = sin(x);
```

1.6 Variables complexes

Matlab gère réels et complexes. `i` et `j` initialisés à $\sqrt{-1}$.

```
>> z = 3 + 2*i
   z = 3.0000 + 2.0000i
```

Fonctions prédéfinies : `real`, `imag`, `abs`, `angle`, *etc...*

```
>> r = abs(z);
>> theta = angle(z);
>> y = r*exp(i*theta);
```

1.7 Vecteurs, matrices et manipulations

Matrice sous forme d'un tableau :

```
>> A = [ 1 2 3; 4 5 6 ]
   A = 1 2 3
       4 5 6
```

Expressions à évaluer possible :

```
>> x = [-1.3 sqrt(3) (1+2+3)*4/5]
   x = -1.3000 1.7321 4.8000
```

Éléments référencés par leurs indices :

```
>> x(2)
   ans = 1.7321
>> x(5) = abs(x(1))
   x = -1.300 1.732 4.800 0.000 1.300
```

Ajout de lignes à une matrice :

```
>> r = [7 8 9]; A = [A; r]
   A = 1 2 3
       4 5 6
       7 8 9
```

Ajout de colonnes : « , » à la place de « ; »

Fonctions `zeros`, `ones`, et `eye` :

```
>> eye(2) % eye comme I : Identity
   ans = 1 0
         0 1
>> x = ones(1,5)
   ans = 1 1 1 1 1
```

Taille d'une matrice : `size`, `length` :

```
>> size(x)
   ans = 1 5
```

Transposée, conjuguée, retournement, rotation :

```
>> A' % Transposée conjuguée de A
>> A.' % Transposée de A
>> flipud(A) % Up - Down
>> fliplr(A) % Left - Right
>> rot90(A) % Rotation de 90°
```

1.8 L'opérateur d'énumération « : »

Pas à pas, incrément :

```
>> x = 0.5 : 0.1 : 0.85
   x = 0.5000 0.6000 0.7000 0.8000
```

Incrémentation par défaut : 1 (voir aussi `linspace`) :

```
>> x = 1 : 5
   x = 1 2 3 4 5
```

Sélection d'éléments :

```
>> A(1,3); A(1,1 : 3); A( : ,3);
```

Si on a :

```
>> A = [1,2,3; 4,5,6; 7,8,9];
```

alors, extraction lignes 1 à 2 et toutes les colonnes :

```
>> A(1 : 2, : )
   ans = 1 2 3
         4 5 6
```

1.9 Chaînes de caractères

Variables contenant des chaînes de caractères :

```
>> mess = 'Bienvenue sur Matlab';
```

Manipulations de même type que pour les vecteurs :

```
>> mess = [mess ' v 5']
   mess = Bienvenue sur Matlab v 5
```

Conversion de nombres en chaînes de caractères : `num2str`, `int2str`, `sprintf` :

```
>> mess = ['pi vaut ', num2str(pi)]
   mess = pi vaut 3.142
```

Évaluation d'une chaîne : `eval` et `feval` :

```
>> nomvar = 'x';
>> eval([nomvar '1 = sqrt(-1)'])
   x1 = 0.0000 + 1.0000i
>> NomFct = 'sin';
>> feval(NomFct,pi)
   ans = 1.2246e-16 % sin(pi) 0 !
```

2 Opérations matricielles

Opérations usuelles définies de façon naturelle :

```
>> 2*A
>> A*B % Produit matriciel
>> A^p
>> inv(A)
```

Résolution de systèmes linéaires :

```
>> X = A\B % solution de A*X = B
>> X = B/A % solution de X*A = B
```

Attention :

```
>> A.*B      % Produit terme à terme
>> X = A./B  % Division terme à terme
>> A.^p      % Puissance terme à terme
```

Autres fonctions utiles sur les matrices :

```
>> poly(A)        % Polyn. caract. de A
>> det(A)         % Déterminant de A
>> trace(A)       % Trace de A
>> [V,D] = eig(A) % Val. et vect. propres
```

Matrices creuses : gain en mémoire et en coût de calcul

```
>> A = eye(2); B = sparse(A);
>> A*[1;1]; % 4 multiplications
>> B*[1;1]; % 2 multiplications
```

Pour certaines fonctions, matrice = tableau de valeurs :

```
>> exp(A); log(A); sqrt(A);
>> round(A); sign(A); rem(A,2);
```

Pour d'autres, matrice = suite de vecteurs colonnes

```
>> min(A); % Minima des colonnes
>> max(A); % Maximum
>> sum(A); % Somme
>> prod(A); % Somme
>> cumsum(A); % Sommes cumulés
>> cumprod(A); % Produits cumulés
>> sort(A); % Tri des colonnes
>> median(A); % Val. médiane des col
```

Décomposition de matrices :

```
>> [U,S,V] = svd(X,0); % Valeurs singulières
>> R = chol(X); % Cholesky
>> [Q,R] = qr(X); % QR
>> [L,U] = lu(X); % LU (Lower, Upper)
```

3 Affichages

3.1 Affichage alpha-numérique

Façon Matlab ou façon C

```
>> disp(mess)
   pi vaut 3.142
>> fprintf('pi vaut %1.3e \n',pi)
   pi vaut 3.141e+000
```

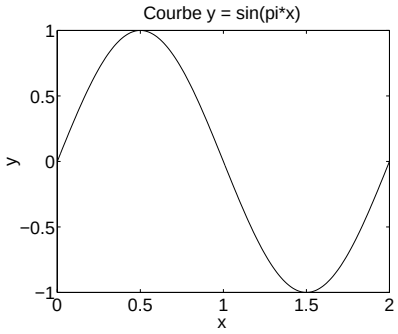
Saisie d'une valeur :

```
>> rep=input('Valeur de lambda : ');
```

3.2 Graphiques 1D : `plot`

Tracé d'une fonction avec axes et titre :

```
>> x = (0 : 0.1 : 2); y = sin(x*pi);
>> plot(x,y); % abscisse, ordonnée
>> title('Courbe y = sinus(pi*x)')
>> xlabel('x'); ylabel('y')
```

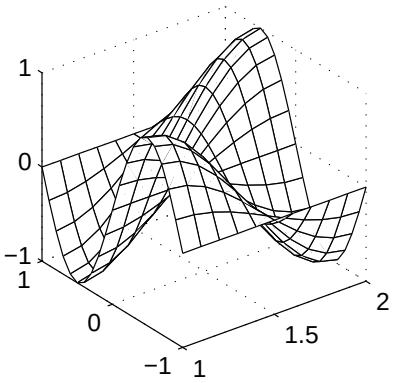



3.3 Graphiques 2D : `mesh`

Pour une fonction de deux variables :

```
>> x = 1 : 0.1 : 2; y = -1 : 0.1 : 1;
>> [X,Y] = meshgrid(x,y);
>> mesh(X,Y,cos(pi*X).*sin(pi*Y))
```

Mais aussi `meshc`, `contour`, `image`, `surf`, *etc.*...



3.4 Affichage de plusieurs courbes

`subplot` divise la fenêtre graphique :

```
>> subplot(2,1,1)
>> plot(x,y)
>> subplot(2,1,2)
>> plot(x,y.^2)
```

1	2
3	4

La commande `figure` crée une nouvelle fenêtre graphique. `figure(2)` permet d'adresser la figure n° 2.

4 Fichiers, scripts, fonctions

4.1 Répertoire de travail

Commandes `cd` et `dir` (*idem* DOS) ; `cd` et `ls` (*idem* Unix).

4.2 Sauvegarde et chargement

Sauvegarde :

```
>> save NomFichier NomsVariables
```

Exemple :

```
>> save test.mat A x y
```

Par défaut sauvegarde dans `matlab.mat`.
Chargement :

```
>> load NomFichier
```

Voir aussi les commandes `who`, `whos`, `pack` et `clear`.

4.3 Scripts

Script : suite de commandes dans un fichier. Commentaires par : « % ». Nom de fichier avec extension « .m » (`nomfich.m`). Exécution sous Matlab : nom du fichier, sans « .m ». Variables de l'espace de travail visbibles dans le script et réciproquement.

4.4 Fonctions

Définition :

```
function y = sinuscardinal(x)
   z = sin(x); % Variable de stockage
   y = z./x; % Variable de sortie
```

Appel identique aux fonctions Matlab :

```
>> sincpi = sinuscardinal(pi);
```

Autre exemple :

```
function [min, max] = minetmax(x)
   min = min(x); max = max(x);
```

Appel :

```
>> [miny, maxy] = minetmax(y);
```

Passage par valeur seulement. Nombres d'arguments en entrée et en sortie acessibles dans `nargin` et `nargout`. Variables de l'espace de travail invisible dans les fonctions et réciproquement. Outils de mise au point (déboggage) : plus simple : `keyboard` ; plus évolués : déboggeur intégré...

5 Boucles et contrôles

5.1 Test « `if` » :

Structure générale :

```
if (expression logique)
   suite d'instructions 1;
else
   suite d'instructions 2;
end
```

Opérateurs logiques : et (`&`), ou (`|`, `xor`), égal (`==`), différent (`~=`), supérieur (`>`, `>=`), inférieur (`<`, `<=`), non (`~`). Fonctions logiques : `exist`, `any`, `find`, `isinf`, `isnan`, *etc.*... Expression considérée fausse si `0`, et vraie sinon.

5.2 Boucle « `for` » :

Structure générale :

```
for k=1 : 10
   suite d'instructions;
end
```