

```
% phd.m
%
% author: Cecilia
% date: 09/08/05

load THESIS_TOPIC

while (funding==true)
    data = run_experiment(THESIS_TOPIC);
    GOOD_ENOUGH = query(advisor);
    if (data > GOOD_ENOUGH)
        graduate();
        break
    else
        THESIS_TOPIC = new();
        years_in_gradschool += 1;
    end
end
```



www.phdcomics.com



# INTRODUCTION A GNU OCTAVE

Ph. Truillet

Août 2023, v. 1.7

# GNU ?

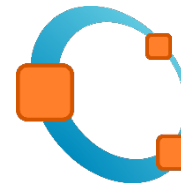


**GNU** est l'acronyme récursif **GNU's Not Unix**

C'est un système d'exploitation constitué de logiciels libres (i.e. respecte la liberté des utilisateurs). Il comprend des logiciels GNU et des logiciels libres publiés par des tiers.

Un **logiciel libre** est un logiciel que les utilisateurs sont libres d'exécuter, de copier, de distribuer, d'étudier, de modifier et d'améliorer

GNU Octave fait partie de cette catégorie !

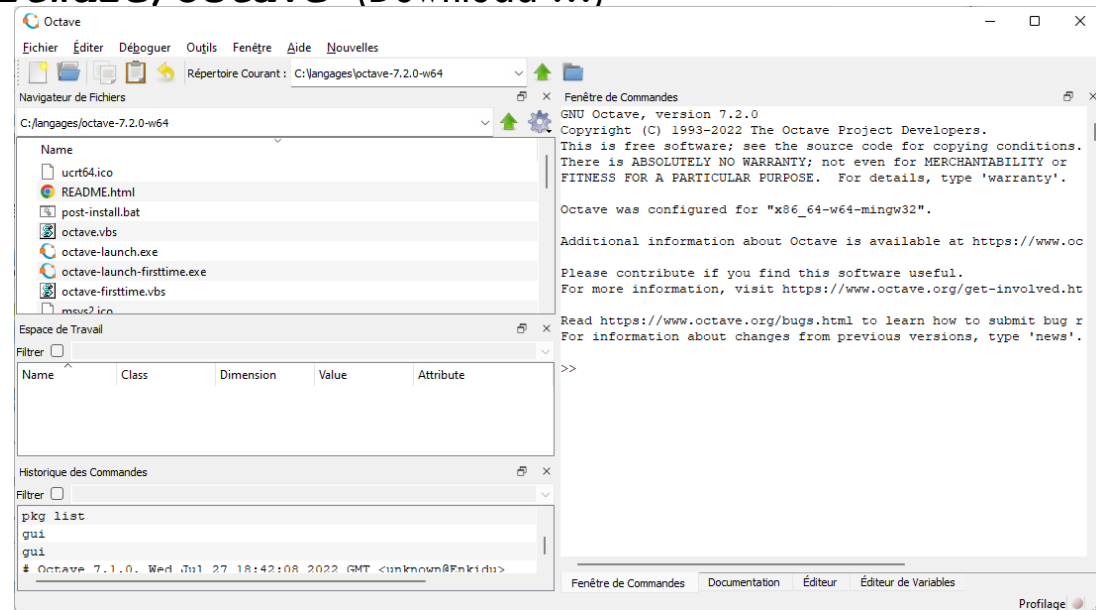


**Lien :** <https://www.gnu.org>

# OÙ OBTENIR GNU OCTAVE

Vous pouvez le télécharger (gratuitement) depuis :

- <https://www.gnu.org/software/octave> (Download ...)
- Version au 08 août 2023 : **8.3.0**





MATLAB

GNU OCTAVE

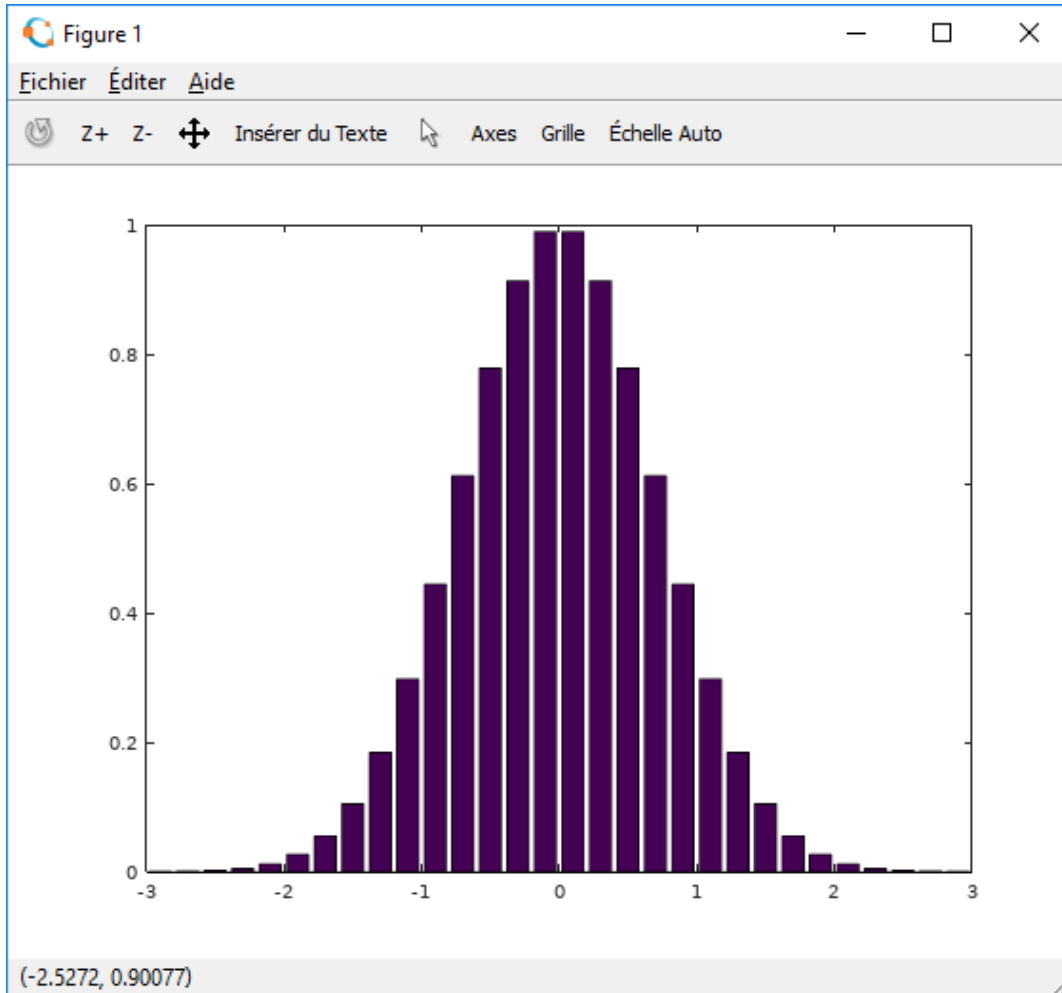
meme-arsenal.fr

# GNU OCTAVE, C'EST QUOI ?

C'est la version libre de **Matlab** (acronyme pour **MAT**rix **LAB**oratory)

- un langage interprété (comme **Python**) compatible Matlab
- de multiples possibilités de visualisation
- de nombreuses fonctions mathématiques embarquées (notamment pour la manipulation de matrices)
- facile à apprendre et simple à utiliser !

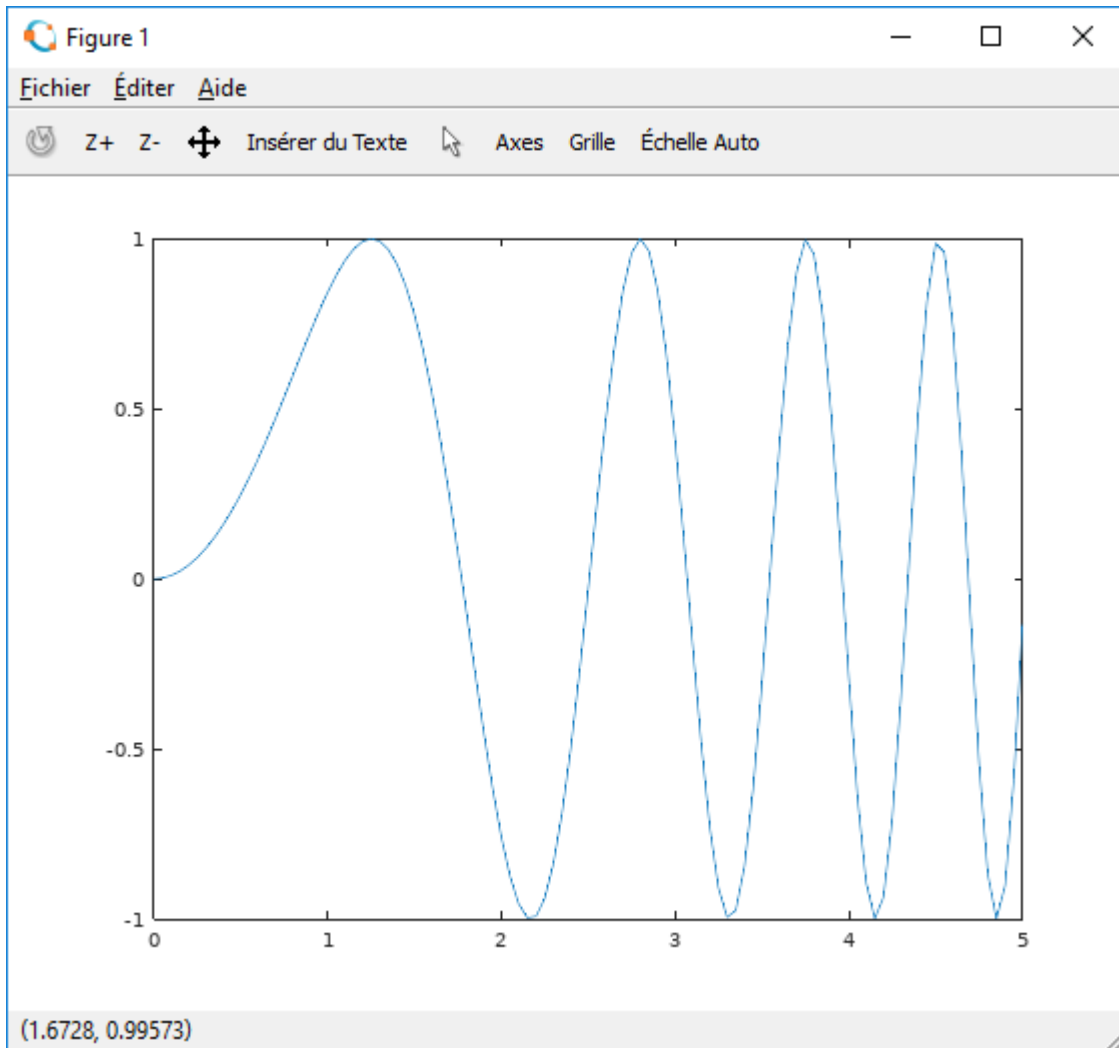
# QUELLES VISUALISATIONS ?



## Des barres

```
x = -2.9:0.2:2.9;  
bar(x,exp(-x.*x));
```

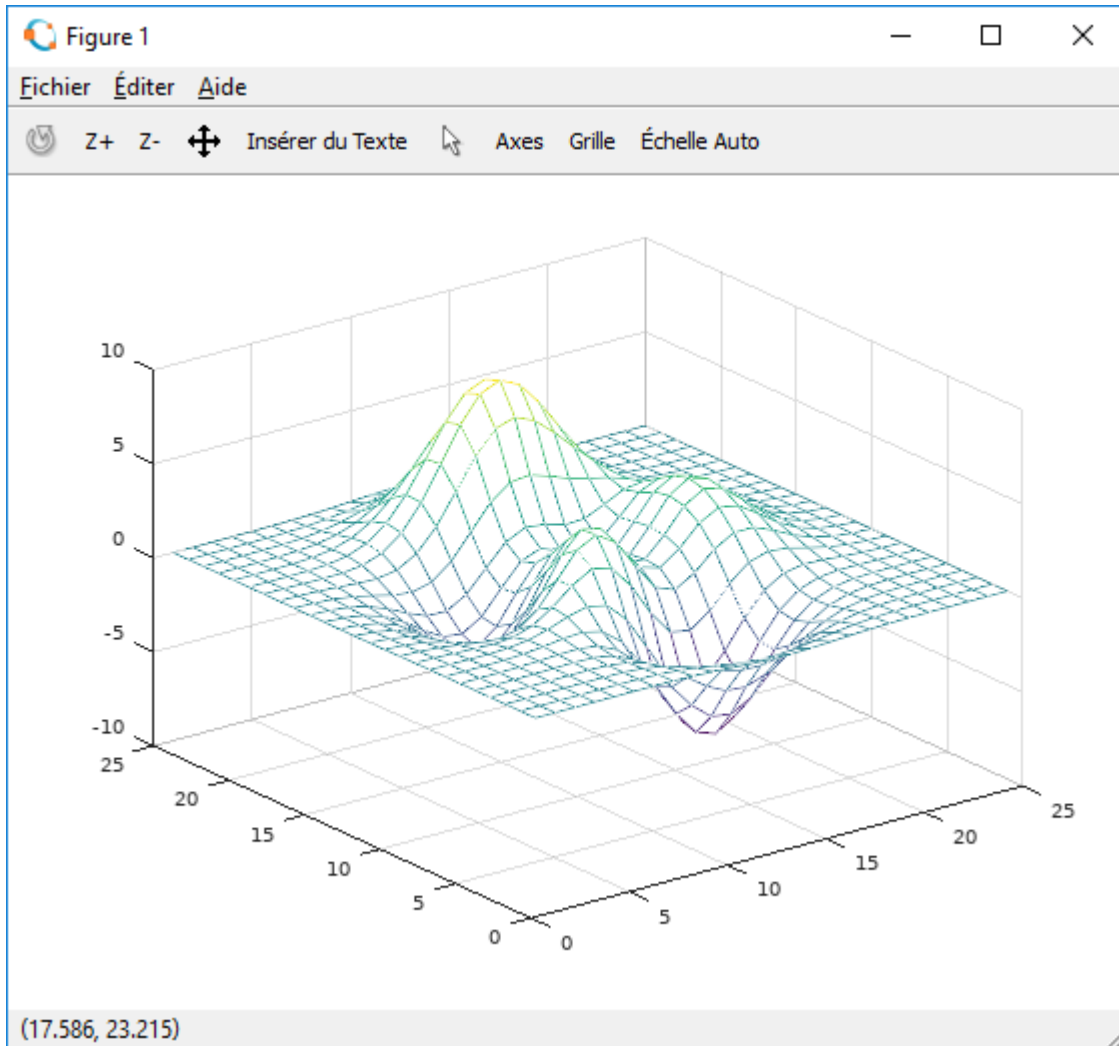
# QUELLES VISUALISATIONS ?



## Des fonctions mathématiques

```
x=0:0.05:5;  
y=sin(x.^2);  
plot(x,y);
```

# QUELLES VISUALISATIONS ?



## Des fonctions 3D

```
z=peaks(25);  
mesh(z);
```

# QUELLES VISUALISATIONS ?

Et plein d'autres choses ... comme :

- l'affichage de séries
- l'affichage de plusieurs fonctions dans une fenêtre,
- des multi-vues
- l'affichage d'équations différentielles,
- etc...



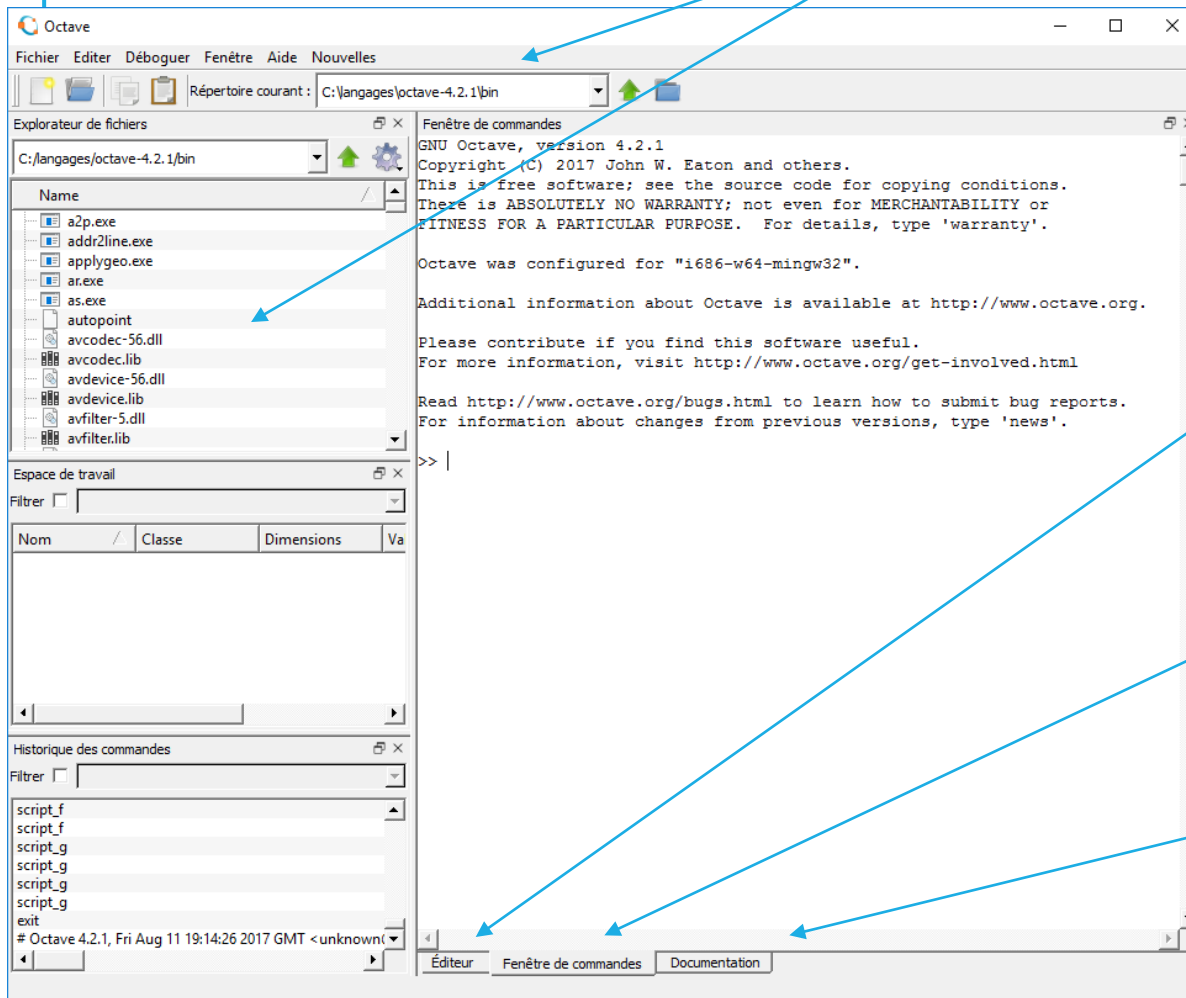
# GNU OCTAVE

Le répertoire courant utilisé (**TRES UTILE !**)

L'éditeur de texte  
(pour écrire des scripts  
ou des fonctions)

La fenêtre de commandes

L'aide du logiciel



# LES VARIABLES

Il n'est pas nécessaire de déclarer ses variables 😊 ni de les initialiser avant usage !

Il suffit de s'en servir quand on en a besoin !

```
>>
```

```
>> a=12; % la variable a contient la valeur 12
```

“Prompt”  
GNU  
Octave

Opérateur  
d'assignation

Supprime  
l'affichage du  
résultat de  
l'opération

Commentaire



Essayer de taper la même chose sans le ; de la fin

# LES VARIABLES

Les types manipulés sont nombreux dont les plus courants :

- Les booléens `true (1) et false (0)`
- Les entiers `12`
- Les « flottants » `12.1`
- Les nombres complexes `2+12*i (ou 2+12*j)`
- Les caractères `'a'`
- Les chaînes de caractères `"a" (attention 'a' ≠ "a")`
- (et d'autres que l'on va étudier par ailleurs)

Par ailleurs, GNU Octave définit l' $\infty$  (`Inf`) et le résultat de la division zéro par zéro (`NaN` : **Not a Number**)

# LES VARIABLES

Pour voir le contenu d'une variable, il suffit de taper son nom

```
>> a
```

```
a = 12
```

Vous pouvez aussi manipuler des variables stockées dans l'espace de travail

```
>> b = 10;
```

```
>> c = a + b
```

```
c = 22
```

# COMMANDES UTILES

- **clc** : clear console : efface la console
- **clear a** : efface le contenu de la variable a
- **clear all** : efface toutes les variables
- **help** <cmd> : cherche de l'aide pour la commande <cmd>
- **lookfor** <chaine> : cherche de l'aide qui contient la chaîne de caractères <chaine>
- **whos** : donne le contenu de l'espace de travail

```
Fenêtre de commandes
>> a = 12
a = 12
>> b=14
b = 14
>> whos
Variables in the current scope:

Attr Name      Size      Bytes  Class
====
a            1x1         8  double
b            1x1         8  double

Total is 2 elements using 16 bytes
>> |
```

# VECTEURS ET MATRICES

Ce sont des tableaux à une (vecteur) ou  $x$  dimensions (matrice)  $m \times n$

- On distinguera les vecteurs-ligne (1 colonne,  $m$  lignes) des vecteurs-colonne ( $n$  colonnes, 1 ligne)
- Les matrices à deux dimensions seront codées sous la forme ligne/colonne ( $m/n$ )

Par convention, les noms des **matrices** débiteront par une **lettre en majuscule** tandis que les **vecteurs et variables** le seront par une **lettre en minuscule**

En réalité, toutes les entités en GNU Octave sont des matrices !

# VECTEURS ET MATRICES

Définir une matrice est simple 😊

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

$$\begin{bmatrix} 1 & 2 \\ 3 & 4 \end{bmatrix}$$

Accéder à un élément est aussi simple !

```
>> A(1, 2)
```

```
ans=2
```

1<sup>ère</sup> ligne

2<sup>ème</sup> colonne

Utiliser un « , » ou un « » pour  
séparer les colonnes

Utiliser un « ; » ou un « <CR> » pour  
séparer les lignes

# VECTEURS ET MATRICES

## Il existe plusieurs façons de créer des vecteurs

Créer un vecteur avec n intervalles fixes

```
>> x = 0:0.5:pi % créer un ensemble de données entre 0 et pi  
avec un intervalle de n=0,5
```

Créer un vecteur avec m intervalles égaux

```
>> x = linspace(0,pi,7) % m=7 intervalles entre 0 et pi
```

Créer un vecteur dans un espace logarithmique

```
>> x = logspace(1,2,7) % m=7 intervalles entre  $\log_{10}(1)$  et  
 $\log_{10}(2)$ 
```



# VECTEURS ET MATRICES

## Il existe plusieurs façons de créer des matrices

`zeros(m, n)` : créer une matrice  $m \times n$  remplie de 0

`ones(m, n)` : créer une matrice  $m \times n$  remplie de 1

`eye(m, n)` : créer une matrice  $m \times n$  identité

`randn(m, n)` : créer une matrice  $m \times n$  distribuée normalement  
(moyenne à 0 et variance à 1)

`magic(m)` : créer un carré magique (matrice carrée où la somme des éléments est la même pour chaque colonne, ligne et diagonale)

`pascal(m)` : créer une matrice de Pascal d'ordre  $m$

# VECTEURS ET MATRICES

**Un opérateur très important : « : »** (que l'on peut traduire par « à »)

`1:10` : créé un vecteur (ligne) de la valeur 1 à 10 (avec un pas de 1)

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

Si l'on veut définir le *pas*, il faut insérer la valeur entre les valeurs de départ et d'arrivée

`1:2:10` : créé un vecteur (ligne) de la valeur 1 à 10 (avec un pas de 2)

```
ans= 1 3 5 7 9
```



Essayer avec les valeurs

`x=0:0.01:2*pi`

# VECTEURS ET MATRICES

Cet opérateur est aussi utilisé pour sélectionner des plages de données

```
>> A (3,2:3)
```

```
ans= 1 7
```

A =

|   |   |   |
|---|---|---|
| 3 | 2 | 1 |
| 5 | 1 | 0 |
| 2 | 1 | 7 |

```
>> A(:,2)
```

```
ans= 2
```

```
1
```

```
1
```



Que se passe t-il si vous tapez A(:, :) ?

# VECTEURS ET MATRICES

$$A = \begin{pmatrix} 3 & 2 & 1 \\ 5 & 1 & 0 \\ 2 & 1 & 7 \end{pmatrix}$$

## Quelques opérateurs utiles

$$B = \begin{pmatrix} 1 & 3 & 1 \\ 4 & 9 & 5 \\ 2 & 7 & 2 \end{pmatrix}$$

- >> A'                    % calcule la transposée de A
- >> B\*A                % multiplie les matrices A et B
- >> B.\*A               % multiplie élément par élément les matrices A et B
- >> B/A                % divise les matrices A et B
- >> B./A               % divise élément par élément les matrices
- >> [B A]              % fusionne les matrices (horizontalement)
- >> [B;A]              % fusionne les matrices (verticalement)



Créer les matrices A and B et essayez les différents opérateurs  
(**Attention**, il peut y avoir des erreurs !)

# VECTEURS ET MATRICES

**De manière globale, on peut appliquer les opérateurs mathématiques suivants sur les matrices et vecteurs**

**+** : addition

**−** : soustraction

**\*** : multiplication

**/** : division

**^** : exposant

**\** : division à gauche. L'opération  $A \setminus B$  est la même que  $\text{inv}(A) * B$  mais plus rapide

# VECTEURS ET MATRICES

A ceci, s'ajoutent des opérateurs « *spéciaux* » (sans équivalence mathématique mais **TRES** utiles).

Ce sont les opérations « *élément par élément* » caractérisées par un « . » avant l'opérateur mathématique :  $.^*$ ,  $. /$  et  $.^{\wedge}$

# VECTEURS ET MATRICES

**Il existe aussi de nombreuses fonctions de manipulation de vecteurs et de matrices**

`mean(a)` : calcule la moyenne d'un vecteur `a`

`max(a)`, `min(a)` : calcule le maximum et le minimum d'un vecteur `a`

`sum(a)` : somme les éléments d'un vecteur `a`

`sort(a)` : trie le vecteur `a`

`median(a)` : calculi la valeur médiane d'un vecteur `a`

# VECTEURS ET MATRICES

`std(a)` : calcule la déviation standard de  $a$

`det(A)` : calcule le déterminant d'une matrice carrée  $A$

`dot(a,b)` : calcule le produit scalaire de 2 vecteurs

`cross(a,b)` : calcule le produit vectoriel de 2 vecteurs

`inv(A)` : inverse la matrice carrée  $A$

`size(A)` : renvoie la taille de la matrice  $A$  (par dimension)

`columns(A)` : renvoie le nombre de colonnes de  $A$

`rows(A)` : renvoie le nombre de lignes de  $A$

`numel(A)` : renvoie le nombre d'éléments de  $A$



# POLYNÔMES

Soit **P** un polynôme composés de  $n$  coefficients

$[2 \ 3 \ 1]$  représente le polynôme  $2x^2 + 3x + 1$

`polyder(P)` : calcule la dérivée de  $P$

`polyint(P)` : calcule l'intégrale de  $P$

`polyout(P, "x")` : affiche le polynôme  $P$

Plein d'autres fonctions à découvrir !

# GRAPHIQUES

Afficher des données sous forme de graphiques est un point très important de GNU Octave.

Vous allez pouvoir afficher des données sous différentes formes : séries, fonctions 2D, 3D, surfaces, etc., etc. ...

Généralement, il faut commencer par générer des données (vecteurs) sur les différents axes

Par exemple :

```
>> x = 0:0.01:2*pi;
```

```
>> y = sin(x);
```

# GRAPHIQUES

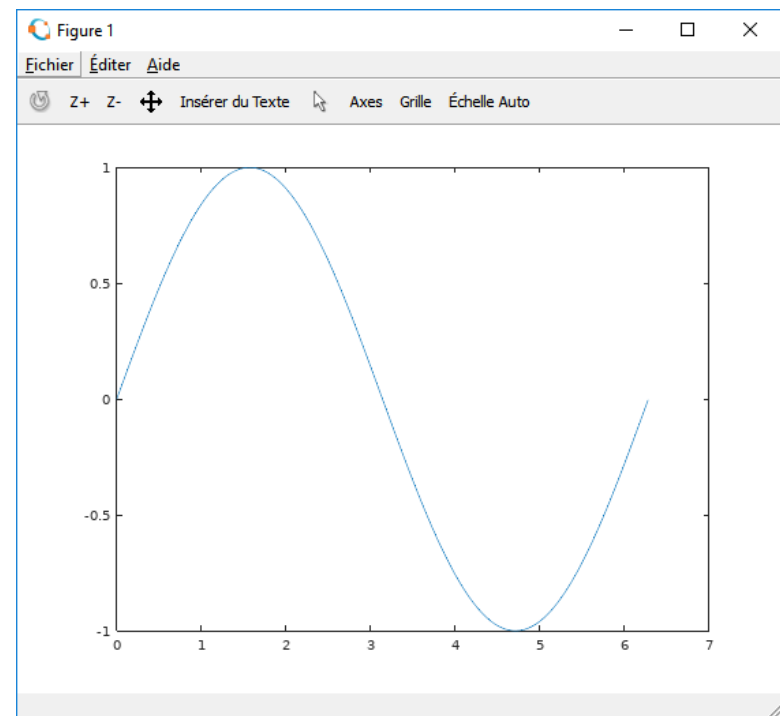
Enfin, on va pouvoir générer la figure, le plus souvent avec la fonction `plot`

```
>> plot(x,y)
```

La forme générale est :

```
plot(x_axis,y_axis,'style')
```

Où le `style` va permettre d'afficher les données avec différentes couleurs ou sous forme de `+`, `o`, etc...



# GRAPHIQUES

Il est bien évidemment possible d'ajouter des informations au graphique : nom des axes, titre ou légende grâce à différentes fonctions !

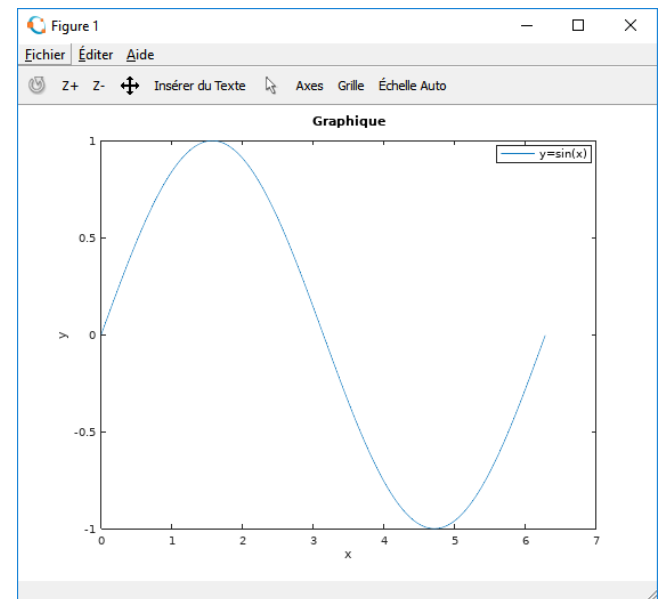
```
xlabel('nom de l'axe x')
```

```
ylabel('nom de l'axe y')
```

```
title('titre de la figure')
```

```
legend('légende du graphique')
```

```
fenetre de commandes  
>> xlabel('x')  
>> ylabel('y')  
>> title('Graphique')  
>> legend('y=sin(x)')  
>> |
```



# GRAPHIQUES

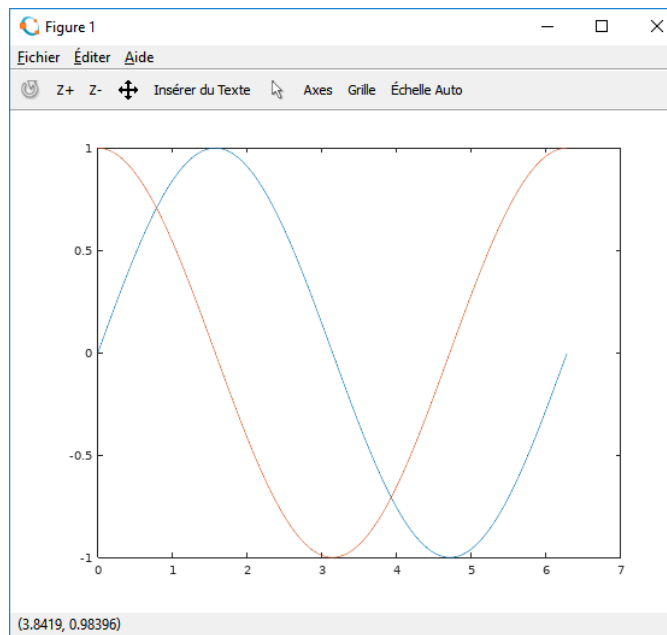
Il est possible de **superposer** plusieurs graphiques dans la même figure.

Par défaut, chaque appel à `plot` réinitialise l'affichage.

Néanmoins l'appel à la commande `hold on` permet de superposer les affichages (`hold off` annulera cette action)

Ex :

```
>> x = 0:0.01:2*pi;  
>> y1 = sin(x);  
>> y2 = cos(x);  
>> plot(x,y1);  
>> hold on;  
>> plot(x,y2);
```



# GRAPHIQUES

De la même manière, il est possible d'afficher plusieurs graphiques séparés dans une même figure en utilisant la commande `subplot`

Tout d'abord, il faut sélectionner où vous voulez afficher vos données

```
subplot(2,2,1);
```

nombre de lignes

nombre de colonnes

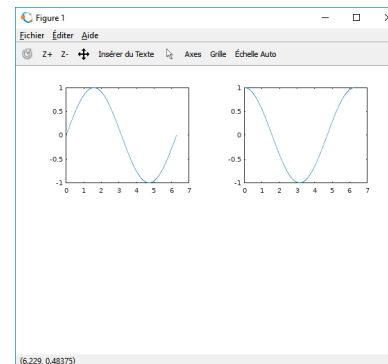
sous-graphique sélectionné

|   |   |
|---|---|
| 1 | 2 |
| 3 | 4 |

Puis utiliser la commande `plot` comme vu précédemment

Ex :

```
>> subplot(2,2,1);  
>> plot(x,y1);  
>> subplot(2,2,2);  
>> plot(x,y2);  
>> |
```



# GRAPHIQUES

De nombreux affichages sont possibles avec différentes fonctions remplaçant `plot` comme :

`stem` : affiche des données de manière discrète

`plot3` : affiche une courbe dans un espace 3d (attention à l'axe z !)

`bar`, `barh` : affiche les données sous forme de barres verticales ou horizontales,

`pie` : affiche les données sous forme de camembert

...

# GRAPHIQUES

On peut enfin afficher des surfaces 3D suivant un processus un peu spécifique détaillé ici :

1. créer des tableaux suivant les axes x et y

```
x = 0:0.1:10
```

```
y = 0:0.1:10
```

2. créer un réseau de mailles en x,y

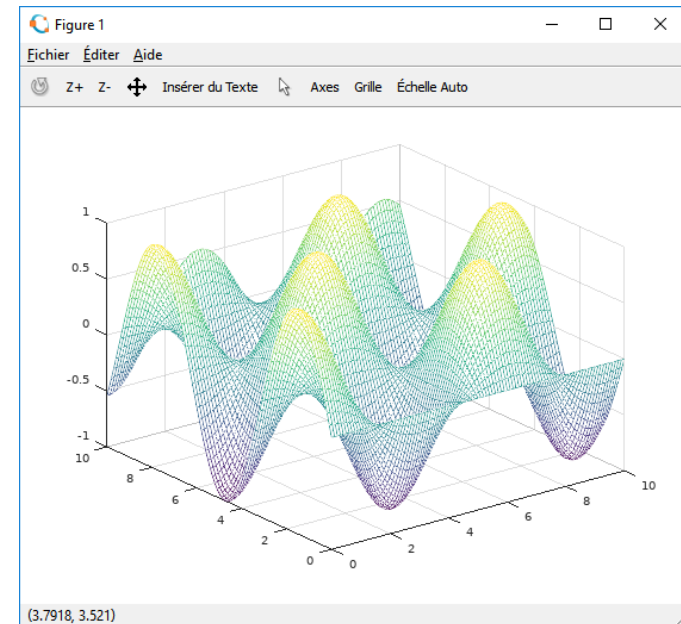
```
[X,Y] = meshgrid(x,y)
```

3. appliquer la fonction  $z=f(x,y)$  sur ce maillage

```
Z = cos(X).*sin(Y);
```

4. afficher les données

```
mesh(X,Y,Z); % ou surf(X,Y,Z)
```





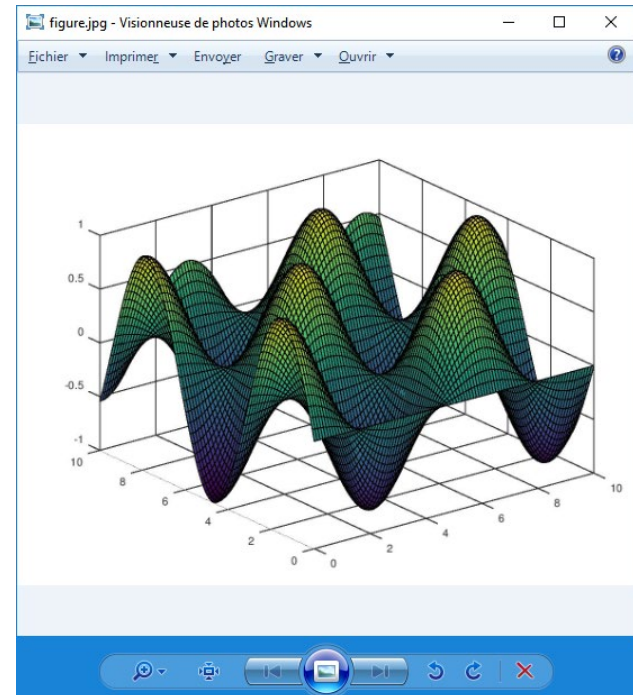
# GRAPHIQUES

Dernière étape intéressante, il est possible de sauver les figures dans différents formats (jpeg, png, eps, ...) avec la fonction `saveas`

Ex :

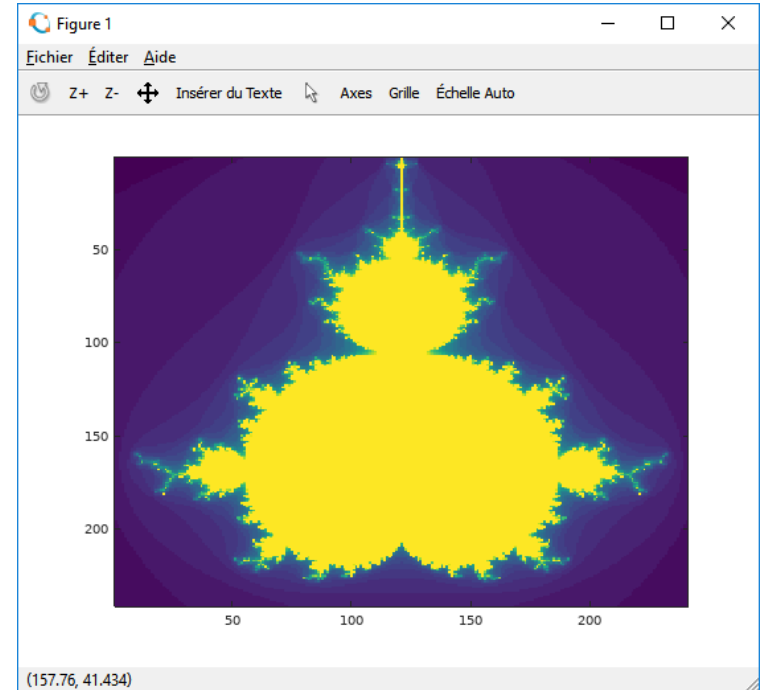
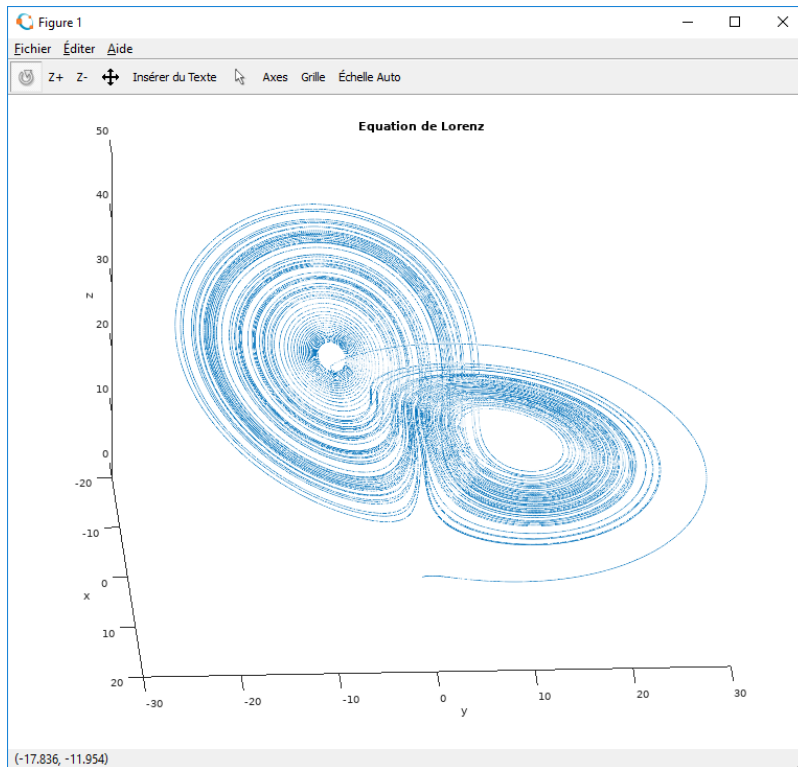
```
f1 = mesh(X,Y,Z);  
saveas(f1,'figure.jpg');
```

**Attention :** le processus peut être assez long !



# GRAPHIQUES

Nous verrons plus tard comment afficher des équations différentielles ou des fractales (mais ce n'est pas compliqué)

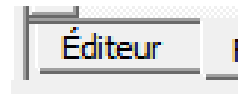


# SCRIPTS ET FONCTIONS

Tout ce qui a été vu précédemment a été saisi au clavier commande par commande ... Mais le plus intéressant reste d'automatiser ces processus de saisie grâce à des **scripts** (que l'on apparentera à des **programmes**) et des **fonctions** (sous-programmes génériques)

scripts et fonctions sont sauvés dans un **fichier texte** avec l'extension **.m** (matlab)

Ces fichiers peuvent être créés, ouverts, modifiés dans l'onglet « *Editeur* » de GNU Octave



# SCRIPTS ET FONCTIONS

Les scripts sont équivalents aux commandes tapées directement dans la fenêtre de commandes mais rassemblées dans un fichier et ré-appelables autant de fois que nécessaire.

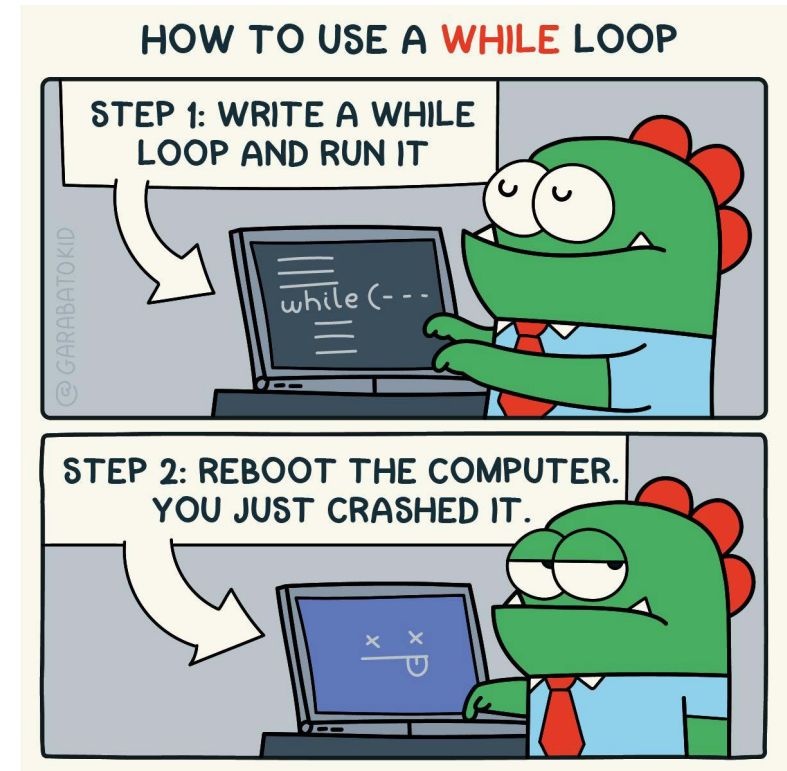
L'avantage est de pouvoir prototyper (essayer) différentes méthodes sans avoir à tout retaper !

Si le nom du script est « **monscript.m** », il suffit de taper « **monscript** » dans la fenêtre de commande pour que les différentes actions soient exécutées.

# SCRIPTS ET FONCTIONS

De plus, les scripts peuvent utiliser les structures fondamentales de l'algorithmique à savoir

- les **répétitions** (`while`, `for`, ...)
- et les **sélections** (`if`, `switch`, ...)
- en sus des **séquences**



# SCRIPTS ET FONCTIONS

Les **fonctions**, même si elles ressemblent à des scripts sont différentes de ceux-ci.

Le mot clé « `function` » est utilisé.

**Le nom de fichier est de celui de la fonction.**

Les **fonctions** ne manipulent pas directement des **variables effectives** (qui contiennent des valeurs) mais des **variables formelles** (qui servent à expliciter les calculs dans la fonction). Ces variables sont **nécessaires** et **suffisantes** pour effectuer le travail

Enfin, les fonctions acceptent des paramètres en entrées et fournit des valeurs en sortie.

# SCRIPTS ET FONCTIONS

Un exemple de définition d'une fonction

```
de6faces.m x
1 function val=de6faces()
2     % renvoie une valeur entre 1 et 6 - tir de dé
3     val =ceil(rand()*6); % renvoie la valeur entière
4                     % par excès entre ]0,6[ soit entre [1,6]
5 endfunction
```

Et son appel dans la fenêtre de commandes

```
>> de6faces()
ans = 5
>> de6faces()
ans = 1
>> |
```

# SCRIPTS ET FONCTIONS

L'objectif se résume la plupart du temps :

1. à analyser le problème posé
2. à décomposer son problème en sous-problèmes
  - Le cas échéant, écrire des fonctions génériques utiles à la résolution
3. à écrire un script GNU Octave qui résout ce problème (qui appellera un ensemble de fonctions)
4. et à afficher, sauver et analyser les résultats (souvent sous forme graphique)



# SCRIPTS ET FONCTIONS

De très nombreuses fonctions et bibliothèques sont déjà implémentées dans GNU Octave

Au-delà de l'aspect informatique, il rend d'énormes services :

- comme vérifier ses calculs rapidement
- comparer différentes méthodes numériques
- effectuer des simulations dans différents domaines (mécanique, thermodynamique, électronique, ...)
- s'amuser un peu 😊

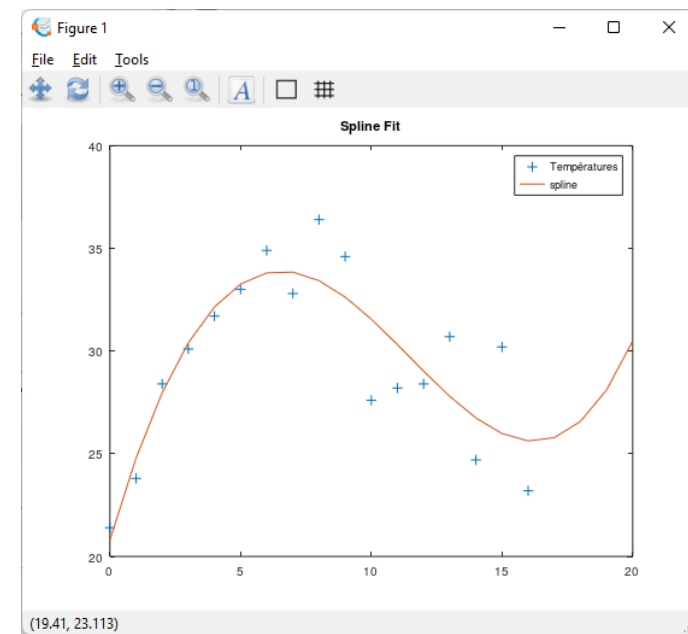
# INTERPOLATION

x= ...

x= ...

p = polyfit(x,y,5); % Ajuster le polynôme jusqu'à  $x^5$

pp = splinefit(x,y,5) % 5 morceaux de polynômes.



```
ex_data.m x
1 x = [0:16];
2 y=[21.4, 23.8, 28.4, 30.1, 31.7, 33, 34.9, 32.8, 36.4, 34.6, 27.6,
3 28.2, 28.4, 30.7, 24.7, 30.2, 23.2 ]; % t° Toulouse 14-30 juillet 2022
4
5 pp = splinefit (x, y, 2); % 2 parties
6
7 ## Plot
8 xx = [0:20];
9 yy = ppval (pp, xx);
10
11 hold off
12 plot(x, y, "+")
13 hold on
14 plot(xx, yy);
15 title("Spline Fit");
16 legend("Températures","spline");
17 axis tight
18 ylim auto
19
```

# EQUATIONS DIFFÉRENTIELLES

GNU Octave permet la résolution d'équations différentielles du 1<sup>er</sup> ordre (sinon, se ramener à une forme canonique)

Deux types de résolution possibles :

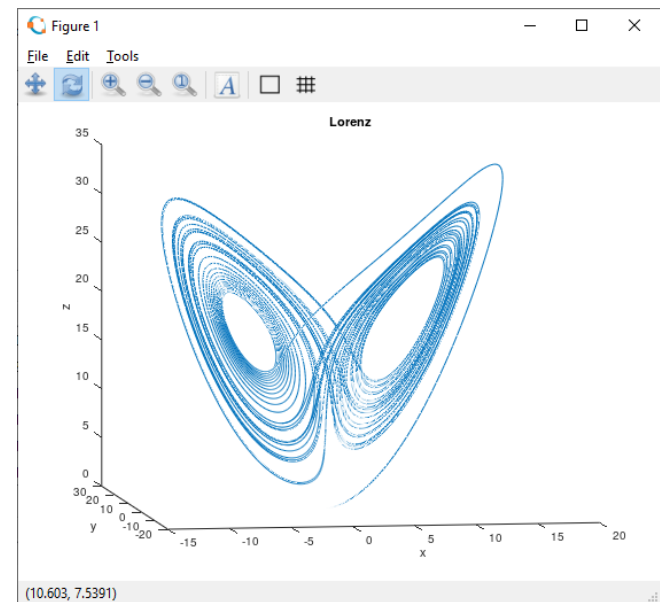
- par la méthode d'Euler

$$\frac{dx}{dt} = f(t, x) \quad \rightarrow \quad x_{n+1} = x_n + hf_n. \quad (h : \text{intervalle de temps})$$

- avec un solveur  $\rightarrow$  ode (**o**rdinary **d**ifferential **e**quation)
  - Fonction la plus utilisée sous GNU Octave : `ode45`

# EQUATIONS DIFFÉRENTIELLES (EULER)

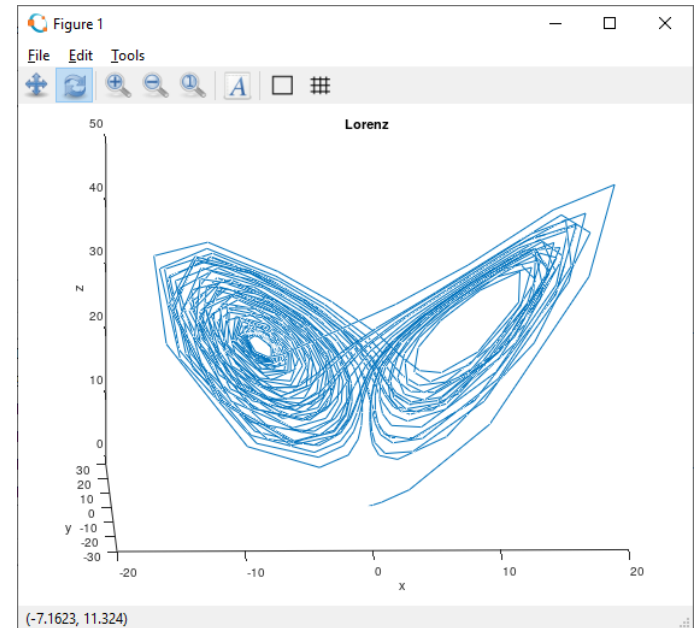
```
% dx/dt=sigma*(y-x); dy/dt=-x*z+r*x-y; dz/dt=x*y-b*z
sig=10.0;
b=8/3;
r=20; % Parameters
t(1)=0.0; % Initial t
x(1)=0.1;
y(1)=0.1;
z(1)=0.1; % Initial x,y,z
dt=0.005; % Time step
nn=10000; % Number of time steps
for k=1:nn % Time loop
    fx=sig*(y(k)-x(k)); % RHS of x equation
    fy=-x(k)*z(k)+r*x(k)-y(k); % RHS of y equation
    fz=x(k)*y(k)-b*z(k); % RHS of z equation
    x(k+1)=x(k)+dt*fx; % Find new x
    y(k+1)=y(k)+dt*fy; % Find new y
    z(k+1)=z(k)+dt*fz; % Find new z
    t(k+1)=t(k)+dt; % Find new t
end % Close time loop
plot3(x,y,z) % Plot data
title("Lorenz") % Title
xlabel('x');
ylabel('y');
zlabel('z');
```



# EQUATIONS DIFFÉRENTIELLES (SOLVER)

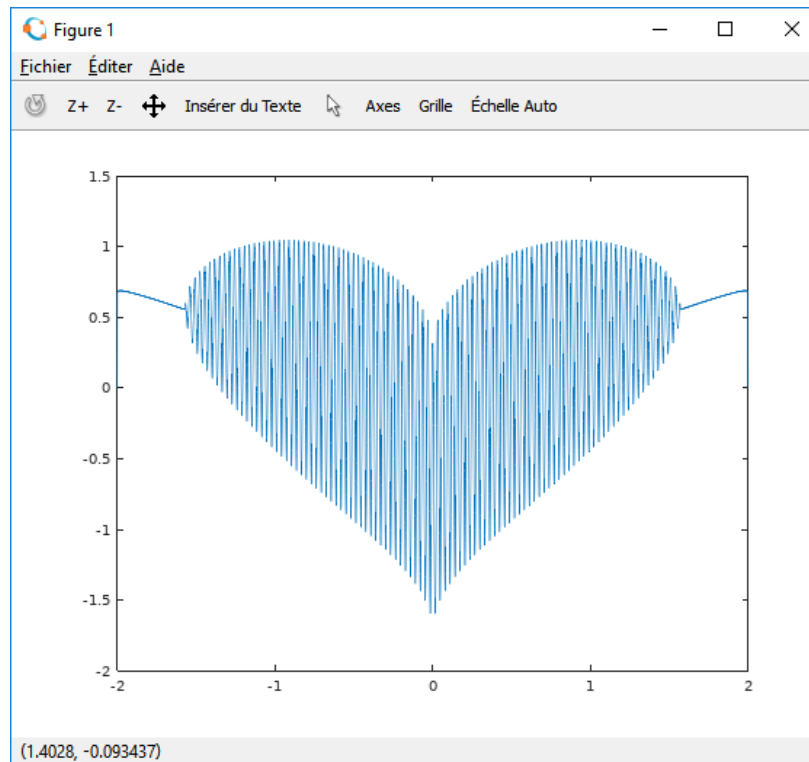
```
function dv=lorenz(t,v)
% Parameters
sigma=10; r=28; b=8/3;
%Right hand sides
dxdt = sigma*(v(2)-v(1)); # sigma(y-x)
dydt = r*v(1) -v(2) - v(1)*v(3); # rx - y -xz
dzdt = v(1)*v(2) - b*v(3); # xy-bz
%Put together the RHS vector
dv=[dxdt;dydt;dzdt];
end
```

```
t=[0 50]; % Time window
xinit=[0.1;0.1;0.1]; % Initial condition [t,x]=ode45(@lorenz,t,xinit);
% Integrate in time
plot3(x(:,1),x(:,2),x(:,3)) % Plot solution
title('Lorenz');
xlabel('x');
ylabel('y');
zlabel('z');
```



# POUR FINIR ...

```
x=[-2:.001:2];  
y=(sqrt(cos(x)).*cos(200*x)+sqrt(abs(x))-0.7).*(4-x.*x).^0.01;  
plot(x,y);
```



# LIENS AVEC PYTHON

2 librairies Python permettent (à peu près) d'effectuer le même travail

- **numpy** - <https://numpy.org> pour le calcul



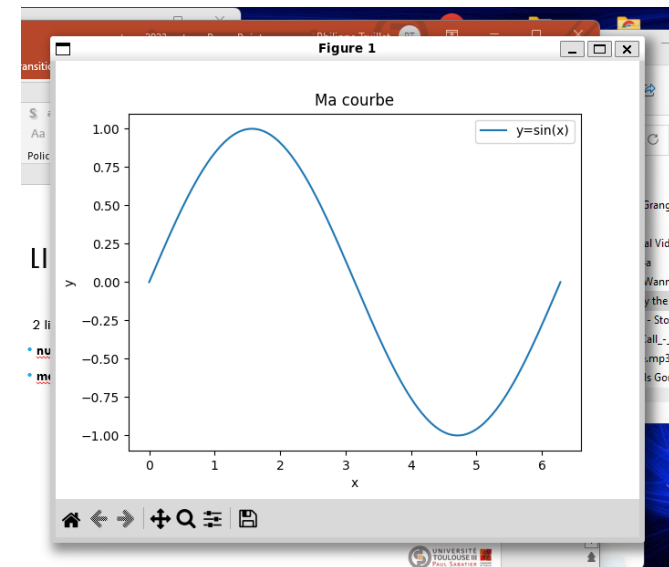
- **matplotlib** - <https://matplotlib.org> pour l'affichage

**matplotlib**

```
import matplotlib.pyplot as plt
import numpy as np

x = np.linspace(0, 2*np.pi, 200)
y = np.sin(x)

plt.plot(x, y, label="y=sin(x)")
plt.title("Ma courbe")
plt.legend()
plt.xlabel('x')
plt.ylabel('y')
plt.show()
```



# DES LIENS

- **Octave en ligne** : <https://octave-online.net>
- **éditeur graphique** : <https://gitlab.com/labinformatica/guieditor>
- **Supports** :  
<https://github.com/truillet/upssitech/tree/master/GCGEO/1A>