



Python scientifique

Une intro pour scientifiques débutants

fpaletou@irap.omp.eu

- Prise en main et rudiments
- Utilisation interactive
- `numpy` - `scipy`
- `matplotlib`
- Scripts
- Des boucles, des tests...
- Visualisation/sauvegarde graphiques
- Lecture/écriture de fichiers
- *Pickling*





Généralités

Python est un langage :

- **interprété,**
- à **typage dynamique** (fort),
 - l'exécution détectera des erreurs/conflits de typage
- **scriptable,**
- « **multi-paradigmes** » donc éventuellement « objet » (**pas abordé ici...**),
 - programmation impérative/structurée et fonctionnelle
- **multi-platerformes,**
- **sous licence libre.**

<https://www.python.org/>



Anecdote ?

Dès l'annonce de la première détection directe des **ondes gravitationnelles**, le 11 février 2016, un tuto sur le traitement des données était aussitôt rendu public !

SIGNAL PROCESSING WITH GW150914 OPEN DATA

Welcome! This ipython notebook (or associated python script GW150914_tutorial.py) will go through some typical signal processing tasks on strain time-series data associated with the LIGO GW150914 data release from the LIGO Open Science Center (LOSC):

- <https://losc.ligo.org/events/GW150914/>
- View the tutorial as a web page - https://losc.ligo.org/s/events/GW150914/GW150914_tutorial.html
- Download the tutorial as a python script - https://losc.ligo.org/s/events/GW150914/GW150914_tutorial.py
- Download the tutorial as iPython Notebook - https://losc.ligo.org/s/events/GW150914/GW150914_tutorial.ipynb

To begin, download the ipython notebook, readligo.py, and the data files listed below, into a directory / folder, then run it. Or you can run the python script GW150914_tutorial.py. You will need the python packages: numpy, scipy, matplotlib, h5py.

On Windows, or if you prefer, you can use a python development environment such as Anaconda (<https://www.continuum.io/why-anaconda>) or Enthought Canopy (<https://www.enthought.com/products/canopy/>).

Questions, comments, suggestions, corrections, etc: email losc@ligo.org

v20160208b

Intro to signal processing

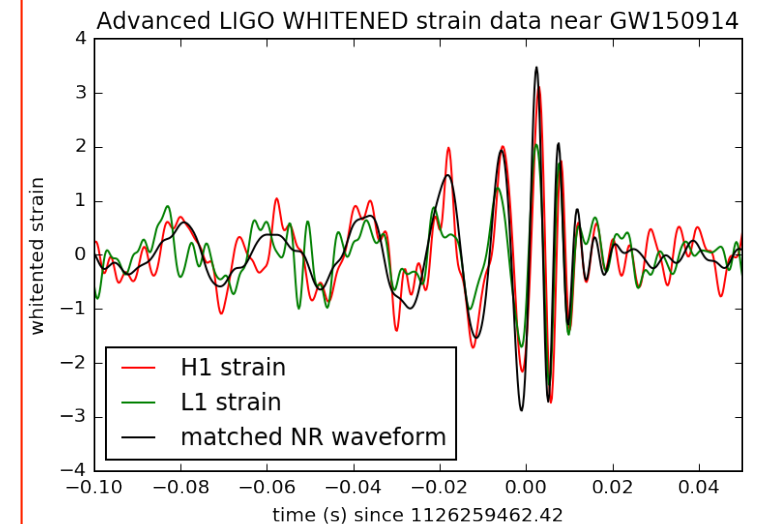
This tutorial assumes that you know python well enough.

If you know how to use "ipython notebook", use the GW150914_tutorial.ipynb file. Else, you can use the GW150914_tutorial.py script.

This tutorial assumes that you know a bit about signal processing of digital time series data (or want to learn!). This includes power spectral densities, spectrograms, digital filtering, whitening, audio manipulation. This is a vast and complex set of topics, but we will cover many of the basics in this tutorial.

If you are a beginner, here are some resources from the web:

- <http://101science.com/dsp.htm>
- <https://georgemdallas.wordpress.com/2014/05/14/wavelets-4-dummies-signal-processing-fourier-transforms-and-heisenberg/>
- https://en.wikipedia.org/wiki/Signal_processing
- https://en.wikipedia.org/wiki/Spectral_density



https://losc.ligo.org/s/events/GW150914/GW150914_tutorial.html



Quoi installer ?

Il existe **divers** moyens d'installer les ressources que nous allons utiliser en priorité (numpy/scipy et matplotlib)... il est souvent recommandé d'utiliser :

🏠 ANACONDA ► DOWNLOAD

DOWNLOAD ANACONDA NOW!

Jump to: [Windows](#) | [OSX](#) | [Linux](#)

<https://www.continuum.io/>

Get Superpowers with Anaconda

Anaconda is a completely free Python distribution (including for commercial use and redistribution). It includes more than 400 of the most popular [Python packages](#) for science, math, engineering, and data analysis. See [the packages included with Anaconda](#) and [the Anaconda changelog](#).

Which version should I download and install?

Because Anaconda includes installers for Python 2.7 and 3.5, either is fine. Using either version, you can use Python 3.4 with the conda command. You can create a 3.5 environment with the conda command if you've downloaded 2.7 — and vice versa.

If you don't have time or disk space for the entire distribution, try [Miniconda](#), which contains only conda and Python. Then install just the individual packages you want through the conda command.



Démarrage

Ouvrez un **terminal**...

Tapez : **python**...

```
Python 2.7.10 (default, Oct 23 2015, 18:05:06)
[GCC 4.2.1 Compatible Apple LLVM 7.0.0 (clang-700.0.59.5)]
on darwin
Type "help", "copyright", "credits" or "license" for more
information.
>>>
```

Vous êtes sous Python ! Essayez :

```
>>> a=2
>>> a+2
4
>>>
```

On sort par **Ctrl-D**



Typage dynamique

```
>>> a=2
>>> b='zzz'
>>> a+b
```

```
Traceback (most recent call last):
```

```
  File "<stdin>", line 1, in <module>
```

```
TypeError: unsupported operand type(s) for +: 'int' and 'str'
```

```
>>> c='42'
>>> b+c
'zzz42'
```

```
>>> l=[0,1,2,3,4]
>>> a+l
```

```
Traceback (most recent call last):
```

```
  File "<stdin>", line 1, in <module>
```

```
TypeError: unsupported operand type(s) for +: 'int' and 'list'
```



Usage scientifique

Bien que <https://docs.python.org/2/library/numeric.html> soit une librairie standard, **Python** n'est **pas** en l'état pleinement adapté à un usage scientifique...

Nécessite l'**ajout de certaines librairies** dont les plus indispensables sont :

numpy <http://www.scipy.org/>
matplotlib <http://matplotlib.org/>

numpy : pour la création/manipulation de vecteurs/matrices, de l'algèbre linéaire ou de l'analyse de Fourier, etc.

matplotlib : pour toutes les représentations graphiques, du `plot(x, y)` simple à la visualisation d'images...

Vous serez aussi certainement intéressés par d'**autres** librairies spécifiques e.g., **scipy**, `astropy`, **pyngl** (*NCAR Graphics*), `pyfits`, etc. suivant la nature de vos activités et de vos besoins.



numpy

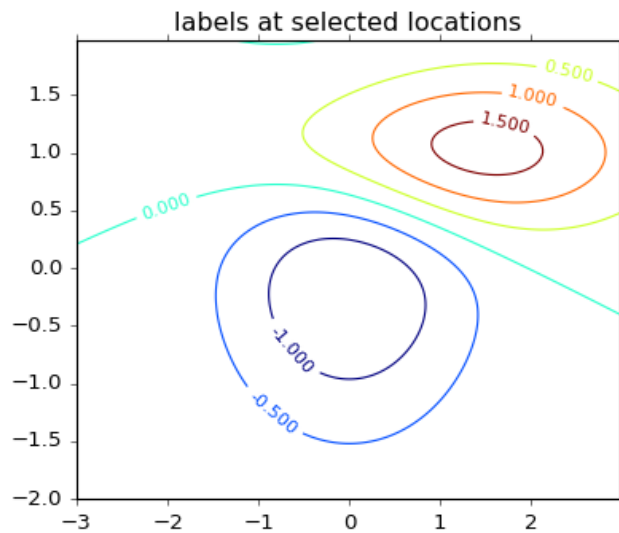
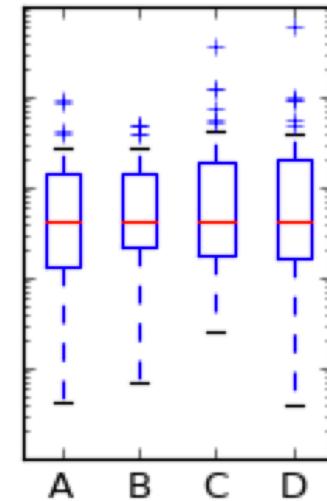
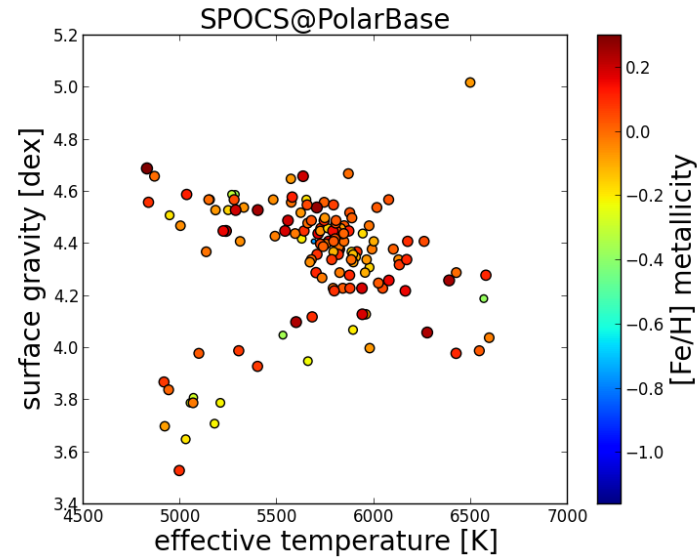
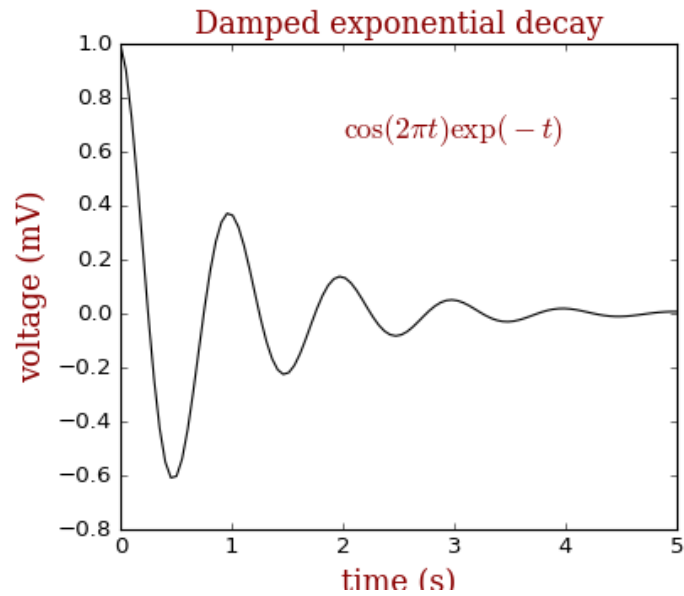
La librairie **numpy** permet :

- la **création et manipulation de tableaux**,
- des **opérations de base** (e.g., produits vectoriel ou matriciel etc.),
- de faire de l'**algèbre linéaire** (`numpy.linalg`),
- et aussi :
 - `numpy.random`
 - `numpy.fft`
 - ...

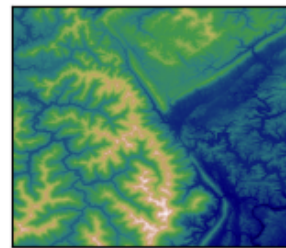
<http://www.numpy.org/>



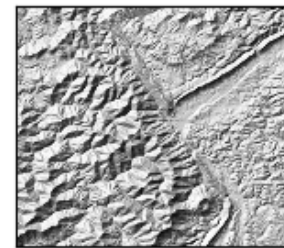
matplotlib



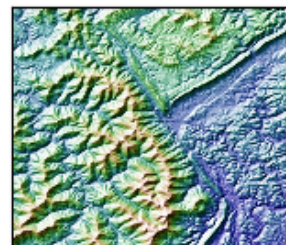
Overlay Blending Looks Best with Rough Surfaces



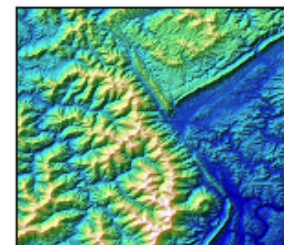
Colormapped Data



Illumination Intensity



Blend Mode: "hsv" (default)



Blend Mode: "overlay"

matplotlib.org



Librairies : `import`

Dans la suite nous utiliserons fréquemment `numpy` et `matplotlib` que nous devons systématiquement « importer » avant de pouvoir les utiliser !

Un exemple :

```
>>> pi
Traceback (most recent call last):
  File "<stdin>", line 1, in <module>
NameError: name 'pi' is not defined
>>> import numpy as np
>>> np.pi
3.141592653589793
```

ou encore, pour créer un tableau 1D de 10 éléments, rempli initialement de 1...

```
>>> np.ones(10)
array([ 1.,  1.,  1.,  1.,  1.,  1.,  1.,  1.,  1.,  1.])
```



Librairies : **import**

De la même façon, on ajoutera à **Python** les fonctionnalités **pyplot** de **matplotlib** par une commande du type :

```
import matplotlib.pyplot as plt
```

Et l'utilisation de tout module de **matplotlib** se fera ensuite de la façon suivante :

```
>>> import numpy as np
>>> import matplotlib.pyplot as plt
>>> x=np.arange(10)
>>> x
array([0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9])
>>> plt.plot(x,x*x)
[<matplotlib.lines.Line2D object at 0x10804a210>]
>>> plt.show()
```

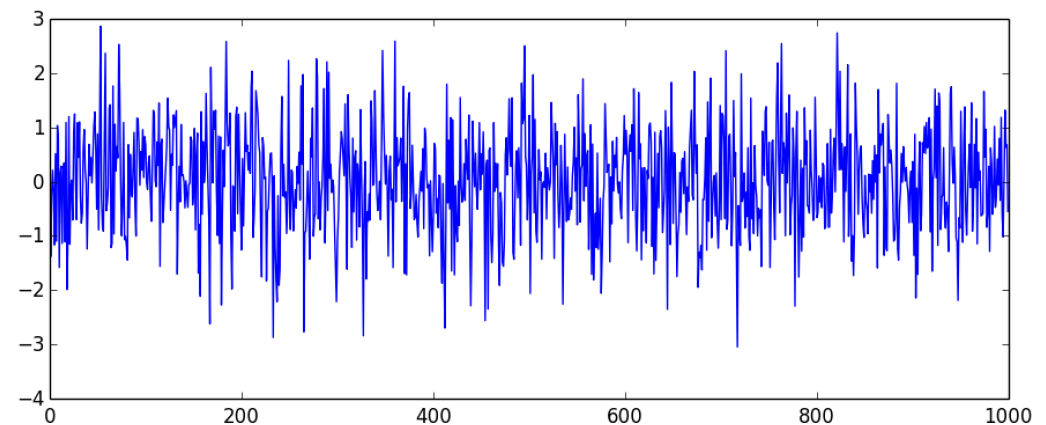
Cette dernière commande permettant de visualiser le graphique... *on y reviendra.*



Librairies : `import`

Ces librairies proposent diverses « familles » de fonctions, regroupées selon les types de fonctionnalités proposées p. ex. `random` de `numpy` :

```
>>> import numpy as np
>>> s=np.random.randn(1000)
>>> np.mean(s)
0.021971490883817026
>>> np.std(s)
0.96371306923133593
>>> import matplotlib.pyplot as plt
>>> plt.plot(s)
[<matplotlib.lines.Line2D object at 0x106cdf290>]
>>> plt.show()
```



randn : *Return a sample (or samples) from the “standard normal” distribution.*



Help !?

Il est possible d'obtenir **une aide en ligne** en faisant p.ex. :

```
>>> help(np.std)
```

Qui affichera...

```
Help on function std in module numpy.core.fromnumeric:
```

```
std(a, axis=None, dtype=None, out=None, ddof=0,  
keepdims=False)
```

Compute the standard deviation along the specified axis.

Returns the standard deviation, a measure of the spread of a distribution, of the array elements. The standard deviation is computed for the flattened array by default, otherwise over the specified axis.

Parameters (...)



Création de tableaux

```
>>> x=np.arange(10)
>>> print(x)
[0 1 2 3 4 5 6 7 8 9]
```

```
>>> x=np.arange(1, 10)
>>> print(x)
[1 2 3 4 5 6 7 8 9]
```

```
>>> x=np.arange(1, 10, 0.5)
>>> print(x)
[ 1.   1.5  2.   2.5  3.   3.5  4.   4.5  5.   5.5  6.
 6.5  7.   7.5  8.   8.5  9.   9.5]
```

```
>>> print(x[5])
3.5
```



Création de tableaux

```
>>> x=np.zeros(10)
>>> print(x)
[ 0.  0.  0.  0.  0.  0.  0.  0.  0.  0.]
```

```
>>> x=np.ones(10)
>>> print(x)
[ 1.  1.  1.  1.  1.  1.  1.  1.  1.  1.]
```

Tableaux multi-dimensionnels :

```
>>> M=np.zeros(4,4)
>>> print(M)
[[ 0.  0.  0.  0.]
 [ 0.  0.  0.  0.]
 [ 0.  0.  0.  0.]
 [ 0.  0.  0.  0.]
```



Manipulation de tableaux

```
>>> x=np.arange(25)
```

On transforme un tableau 1D en matrice (5,5) :

```
>>> M=np.reshape(x, (5,5))
```

```
>>> print(M)
```

```
[[ 0  1  2  3  4]
 [ 5  6  7  8  9]
 [10 11 12 13 14]
 [15 16 17 18 19]
 [20 21 22 23 24]]
```

Accès à des sous-matrices :

```
>>> print(M[2,:])
[10 11 12 13 14]
```

Essayez maintenant :

```
>>> len(M)
```

```
5
```

```
>>> M.shape
```

```
(5, 5)
```

```
>>> M[1]
```

```
array([5, 6, 7, 8, 9])
```

```
>>> M[1][1]
```

```
6
```



« = » vs . copy

Attention à ce que l'on fait !!!

Soit :

```
>>> M
array([[ 0,  1,  2,  3],
       [ 4,  5,  6,  7],
       [ 8,  9, 10, 11],
       [12, 13, 14, 15]])
```

```
>>> B=M[0]
>>> B[1]=42
```

```
>>> M
array([[ 0, 42,  2,  3],
       [ 4,  5,  6,  7],
       [ 8,  9, 10, 11],
       [12, 13, 14, 15]])
```

Par contre...

```
>>> B=np.copy(M[0])
>>> B[1]=42
```

```
>>> B
array([ 0, 42,  2,  3])
```

```
>>> M
array([[ 0,  1,  2,  3],
       [ 4,  5,  6,  7],
       [ 8,  9, 10, 11],
       [12, 13, 14, 15]])
```



Algèbre linéaire

- Produit scalaire : `dot(x, y)`
- Produit matriciel : **même instruction !**

```
>>> x=np.arange(9)
>>> M=np.reshape(x, (3,3))
>>> M
array([[0, 1, 2],
       [3, 4, 5],
       [6, 7, 8]])

>>> a=np.arange(3)
>>> a
array([0, 1, 2])

>>> np.dot(M,a)
array([ 5, 14, 23])
```

```
>>> M=[ [-1., 3.],
...      [-5., 2.]]

print(np.linalg.det(M)*np.linalg.inv(M))
[[ 2. -3.]
 [ 5. -1.]]

>>> np.dot(np.linalg.inv(M),M)
array([[ 1.00000000e+00,
        -5.55111512e-17],
       [ 5.55111512e-17,
        1.00000000e+00]])
```



Algèbre linéaire

Un grand nombre de fonctions sont disponibles @ `numpy.linalg`

- Multiplication par un scalaire (p) : `p*M`
- Transposée d'une matrice : `transpose (M)`
- Décomposition d'une matrice : `svd (M) , etc...`
- Valeurs propres et vecteurs propres : `eig (M)`
- Solution de $Ax=b$: `solve (A, b)`
- ...

<http://docs.scipy.org/doc/numpy/reference/routines.linalg.html>



Scripts

On peut aussi utiliser **Python** à partir de scripts rassemblant un certain nombre de commandes.

L'indentation des lignes d'instruction est critique !

En effet, les divers blocs (boucles, tests etc.) ne sont identifiés **que** par l'indentation !

On exécutera un script soit, depuis un terminal comme : `python mon_script.py`

ou encore : `python -i mon_script.py`

qui permet de **rester dans l'environnement Python** une fois les commandes effectuées, et de pouvoir continuer à travailler **interactivement**

En **restant sous l'environnement Python** et pour (re-)lancer un script :

```
>>> execfile('mon_script.py')
```



Boucles « for »

Un exemple :

```
>>> for i in np.arange(10):  
...     print i    # attention en interactif placer un TAB avant la commande  
...               # puis RETURN ici pour lancer la boucle...  
0  
1  
2  
3  
4  
5  
6  
7  
8  
9
```

À retenir que `arange(10)` commence par '0' tout comme les **indices** des tableaux créés avec **numpy**



Créer un tableau 2D

Un exemple :

```
#---set (x,y) domains
x=np.arange(-12.,12.,0.165)
y=np.arange(-12.,12.,0.165)

#---make 2D function array
nx=len(x)
ny=len(y)
sinc2=np.zeros( (nx, ny), 'Float32')

#---make a 2D sinc-function
for i in np.arange(nx):
    for j in np.arange(ny):
        sinc2[i,j]=(np.sin(x[i])/x[i])*(np.sin(y[j])/y[j])
```

Notez qu'il **existe** une fonction **numpy.sinc** !

Visualisation à suivre...



Les listes

Les objets **list** permettent la création **dynamique** de tableaux.

```
import numpy as np

#---make initial array
a=np.arange(15)
print(a)

l=[]

#---makes a list of even elements only
for i in a:
    if (np.mod(i,2) == 0) :
        l.append(i)

print(l)
```

Ce sont aussi, comme les objets **str**, des “**objets itérables**” comme vont (aussi) le montrer les exemples à suivre...



Les listes

On peut aussi **mélanger les types**... Soit par exemple une liste faite comme :

```
lst.append( ([0., 1./3, 1./6, 1./9], 'A', 'BB', 'CCC') )  
lst.append( ([0., 1./2, 1./4, 1./8], 'B', 'CC', 'AAA') )  
lst.append( ([0., 1./3, 1./5, 1./7], 'C', 'AA', 'BBB') )
```

On peut alors la **manipuler** de la façon suivante :

```
>>> lst[1]  
([0.0, 0.5, 0.25, 0.125], 'B', 'CC', 'AAA')
```

```
>>> lst[1][0]  
[0.0, 0.5, 0.25, 0.125]
```

```
>>> len(lst[1][0])  
4
```

```
>>> lst[1][1]+lst[1][3]  
'BAAA'
```



Boucles « for »

Avec des “objets itérables” comme...

```
>>> for letter in 'Python':  
...     print 'Current letter:', letter  
...  
Current letter: P  
Current letter: y  
Current letter: t  
Current letter: h  
Current letter: o  
Current letter: n
```

Ou encore...

```
>>> color=['r','g','b']  
>>> for k in color:  
...     print(k)  
...  
r  
g  
b
```



Formatage

```
import numpy as np
```

```
#--- LaTeX-table style output
```

```
a=1/3.
```

```
b=1/4.
```

```
c=1/5.
```

```
object-1 & 0.33 & 0.25 & 0.20 \\
object-2 & 0.25 & 0.20 & 0.33 \\
object-3 & 0.20 & 0.33 & 0.25 \\
```

```
lst=[ ['object-1',a,b,c],
      ['object-2',b,c,a],
      ['object-3',c,a,b] ]
```

```
print('Method #1')
```

```
print('-----')
```

```
for i in np.arange(3):
```

```
    print lst[i][0], ' & ', '%4.2f' % lst[i][1], ' & ', \
          '%4.2f' % lst[i][2], ' & ', '%4.2f' % lst[i][3], '\\\\'
```



Formatage

```
print('Method #2')
print('-----')
for i in np.arange(3):
    print ("%10s & %4.2f & %4.2f & %4.2f \\\\" % \
          (lst[i][0], lst[i][1], lst[i][2], lst[i][3]))
```

```
object-1 & 0.33 & 0.25 & 0.20 \\  
object-2 & 0.25 & 0.20 & 0.33 \\  
object-3 & 0.20 & 0.33 & 0.25 \\  

```

Attention en Python-3 : `print` est une fonction !!!



Boucles « `while` »

Un exemple (classique) :

```
#--- seeking for the smallest float  
eps=0.1  
  
while (1. + eps > 1.):  
    eps=eps/2.  
  
print (eps)
```

Rappel : il n’y a pas d’autre indicateur de fin de boucle que le retour à l’indentation précédant cette boucle (**blocs identifiés par l’indentation !**)

```
>>> execfile('epsilon.py')  
8.881784197e-17
```



Tests

```
import sys
#--- warning! execute as: python SecDeg.py a b c
#--- where (a,b,c) are real

import numpy as np

#--- extract (a,b,c) before solving for:
#---  $a*x^2 + b*x + c = 0$ 
a=float(sys.argv[1])
b=float(sys.argv[2])
c=float(sys.argv[3])

delta=b*b-4.*a*c

if (delta < 0):
    print('Pas de solution (dans R) !')
else:
    x1=(-b+np.sqrt(delta))/2./a
    x2=(-b-np.sqrt(delta))/2./a
    print 'solution(s):', x1, x2
```



Nombres complexes

```
import sys
#--- warning! execute as: python SecDegInC.py a b c
#--- (a,b,c) are real

import numpy as np

#--- extract (a,b,c) before solving for:  $a*x^2 + b*x + c = 0$ 
a=np.complex(sys.argv[1])
b=np.complex(sys.argv[2])
c=np.complex(sys.argv[3])

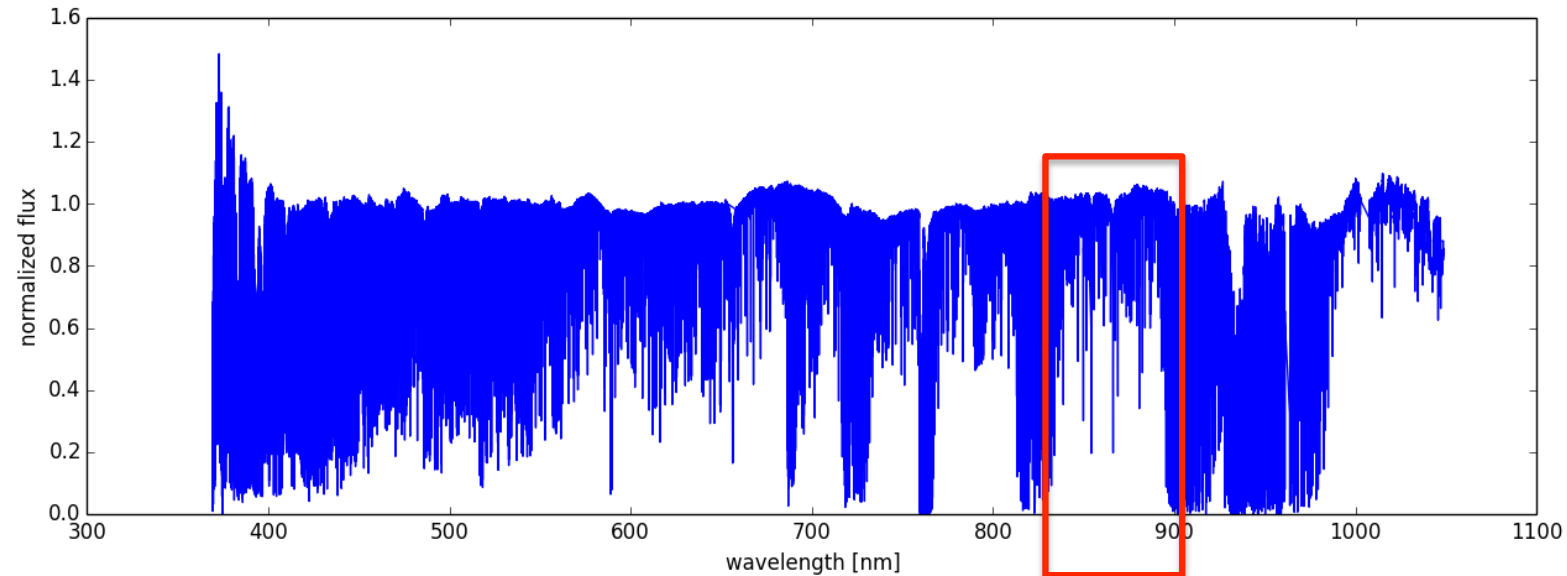
delta=b*b-4.*a*c

x1=(-b+np.sqrt(delta))/2./a
x2=(-b-np.sqrt(delta))/2./a
print 'solution(s):', x1, x2
print(np.real(x1), np.imag(x1))
print(np.real(x2), np.imag(x2))
```



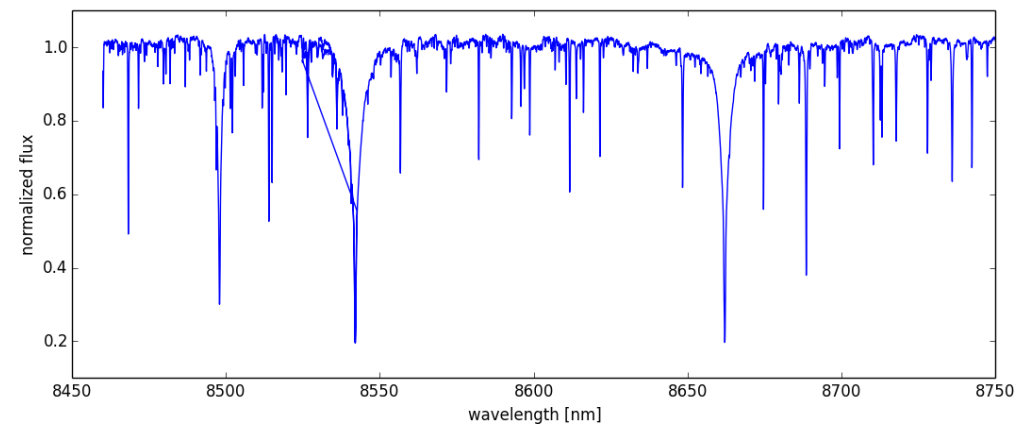
Filtrage

Un spectre solaire observé par Narva1@TBL (Pic du Midi)...



```
>>> critrvs=(lo>=846.0) & (lo<=875.0)  
>>> lirt=10.*lo[critrvs]  
>>> flirt=flo[critrvs]
```

`(lo, flo)` : *spectre complet*





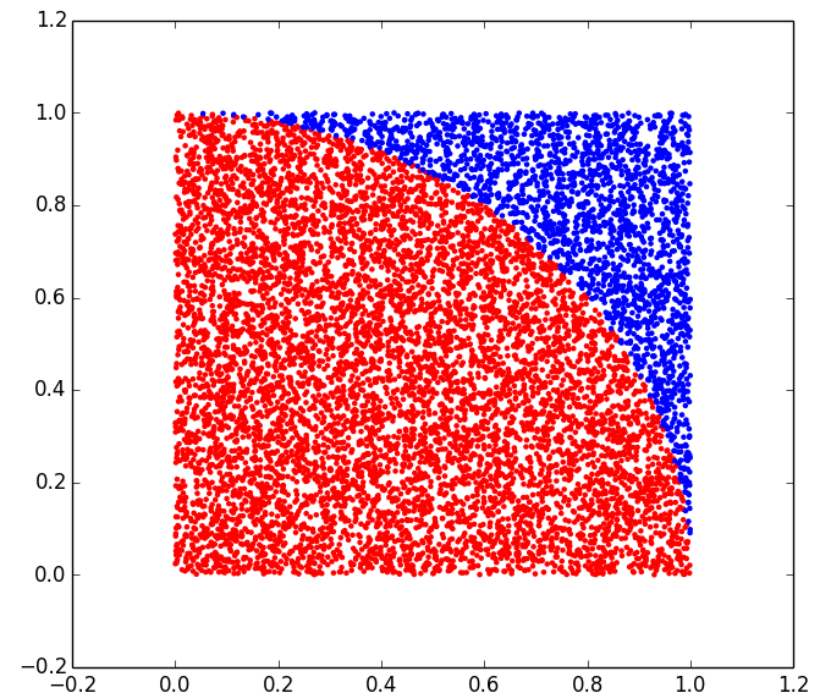
Filtrage

```
>>> N=10000  
>>> x=np.random.random(N)  
>>> y=np.random.random(N)  
  
>>> r2=x*x+y*y  
  
>>> pi_est=4.*float(len(r2[np.where(r2<1)]))/float(N)  
  
>>> pi_est  
3.1572
```

Prétexte : estimation de π
par une méthode de **Monte Carlo**

Sortie graphique associée :

pyplot : **scatter**(x, y, [...])





Définir une fonction

```
#---ma fonction/procedure/subroutine  
def echange(a,b) :  
    c=a  
    a=b  
    b=c  
    return a,b  
  
#---valeurs initiales  
a=1  
b=42  
print a,b  
  
#---swap  
a,b=echange(a,b)  
print a,b
```

Voir le script : **def_simple.py**



Créer sa bibliothèque

- Je mets mes fonctions dans un fichier spécifique p. ex. `ma_bib.py`
- Dans le nouveau script, j'**importe** cette nouvelle librairie, ce qui va aussi **modifier la syntaxe de l'appel** :

```
#---importe ma fonction/procedure/subroutine  
import ma_bib
```

```
#---valeurs initiales
```

```
a=1
```

```
b=42
```

```
print a,b
```

```
#---swap
```

```
a,b=ma_bib.echange(a,b)
```

```
print a,b
```

+ Création d'un fichier `ma_bib.pyc` !

Voir aussi : `reload(module)`



Lecture de fichiers `ascii`

Nous allons utiliser un exemple avec les données historiques de **concentration de CO₂** mesurées au *Mauna Loa* (Hawaii) et distribuées par le NOAA @

<http://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends/data.html>

```
#  
# CO2 expressed as a mole fraction in dry air, micromol/mol, abbreviated as ppm  
#  
# year    mean    unc  
1959  315.97  0.12  
1960  316.91  0.12  
1961  317.64  0.12  
.....
```

Nous n'avons retenu que 4 lignes de commentaires (commençant par #) par rapport au fichier d'origine.

L'objectif est d'**extraire les concentrations (en colonne-2) vs. le temps [year]**

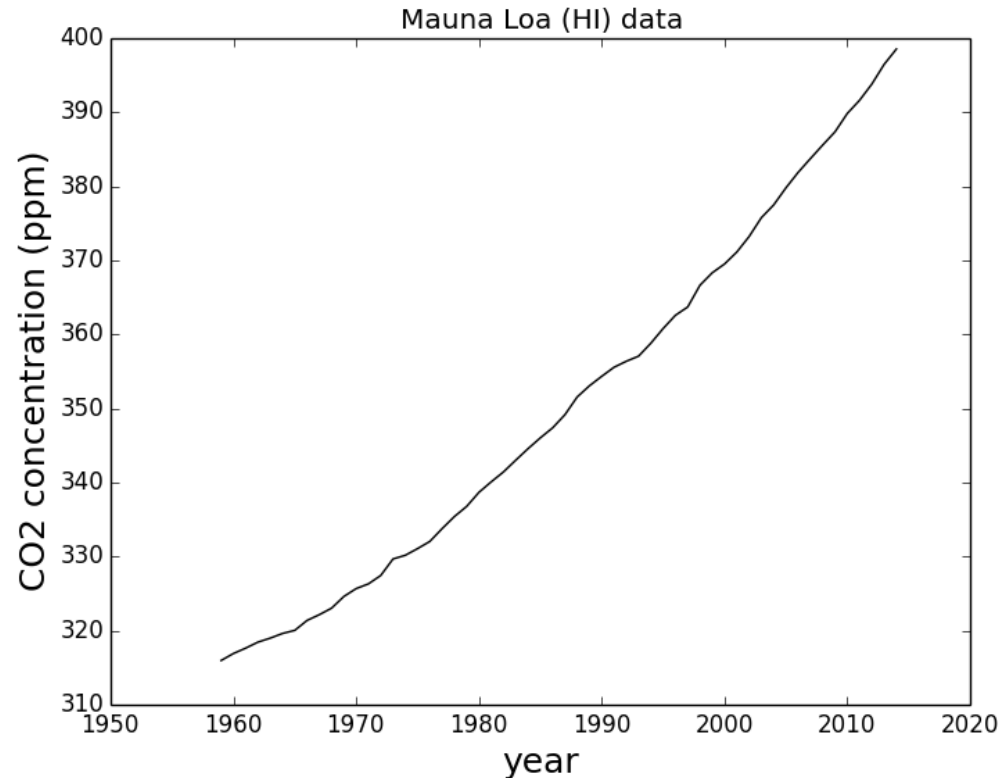


Lecture de fichiers `ascii`

```
#--- ouvre le fichier ascii  
f=open('CO2MaunaLoa.txt','r')  
  
#--- tout lire  
tout=f.readlines()  
nlines=len(tout)  
  
#--- fermer le fichier  
f.close()  
  
#--- initialiser deux listes : year/taux co2  
year=[]  
tco2=[]  
  
#--- eliminer les 4 premieres lignes de commentaire  
for i in np.arange(4,nlines):  
    year.append( float(str.split(tout[i])[0]) )  
    tco2.append( float(str.split(tout[i])[1]) )
```



CO₂ vs. année



```
plt.plot(year, tco2, 'k')  
plt.title('Mauna Loa (HI) data')  
plt.xlabel('year', fontsize=18)  
plt.ylabel('CO2 concentration (ppm)', fontsize=18)  
plt.show()
```



Lecture de fichiers csv

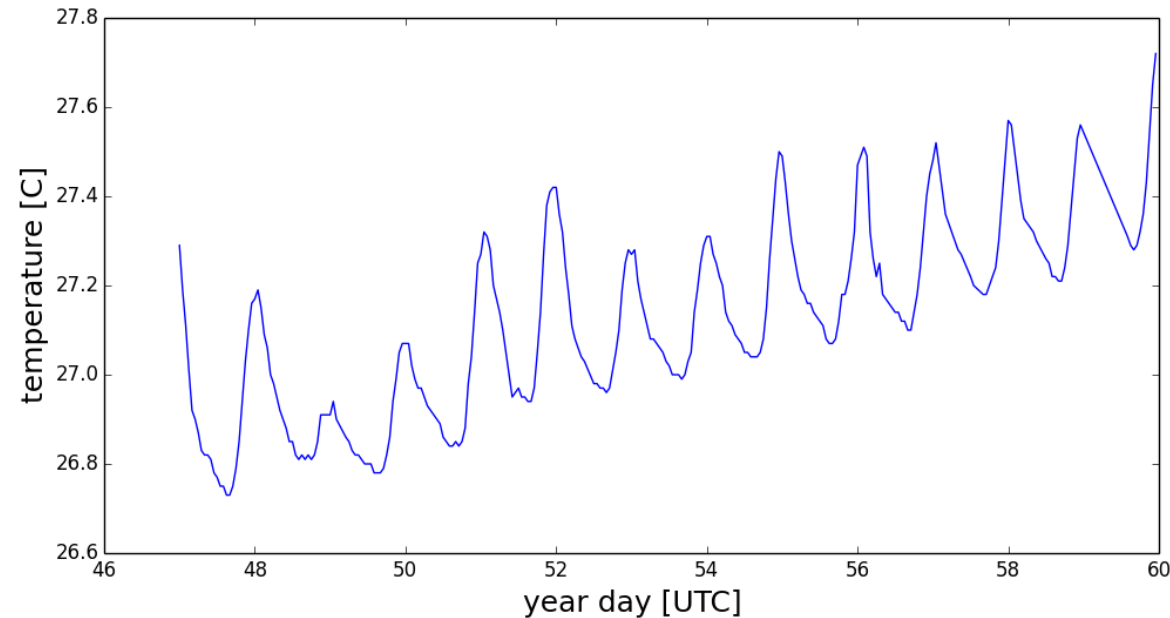
Un exemple à partir d'un fichier « *Carioca temperature data* » récupéré sur la page :

<http://www.pmel.noaa.gov/co2/story/GasEx+2001+Data>

```
>>> import csv
>>> flnm=open('carioca_temp.csv','rU')
>>> x=csv.reader(flnm)
>>> ll=[]
>>> for row in x:
...     ll.append(row)
...
>>> ll[0]
['%Year Day(UTC)', 'Latitude(deg)', 'Longitude(deg)',
'Carioca SST(degC)']
>>> ll[1]
['47.00000000', '-2.9992', '-125.2541', '27.29']
>>> len(ll)
273
>>> ll[272]
['59.95832176', '-2.3021', '-131.4159', '27.72']
```



Lecture de fichiers csv



```
day=[]
tmp=[]
for i in np.arange(1,len(l1)):
    day.append( float(l1[i][0]) )
    tmp.append( float(l1[i][3]) )
plt.plot(day, tmp)
plt.xlabel('year day [UTC]', fontsize=18)
plt.ylabel('temperature [C]', fontsize=18)
plt.show()
```



Lecture de fichiers «csv»

À partir d'un fichier créé par **Excel (FR)** et exporté en **csv** :

```
angle;cos(angle)
1;0,540302306
2;-0,416146837
3;-0,989992497
4;-0,653643621
5;0,283662185
6;0,960170287
```

```
flnm=open('cosA.csv','rU')
tout=flnm.readlines()

A=[]
c=[]

for i in np.arange(1,len(tout)):
    A.append(float(tout[i].split(';')[0]))
    c.append(???)
```

- la colonne-2 est le cosinus de la colonne-1
- séparation par ';' (ou « **;- separated values** » !)
- réels « à virgule » : **0,54...** au lieu de 0.54... !
- relecture et exploitation **sans utiliser le module csv** ?
- méthode « **readlines** » : cf. le script `cosA.py`



Manipuler « ; -sv (# , #) »

```
>>> tout[1]
'1;0,540302306\n'

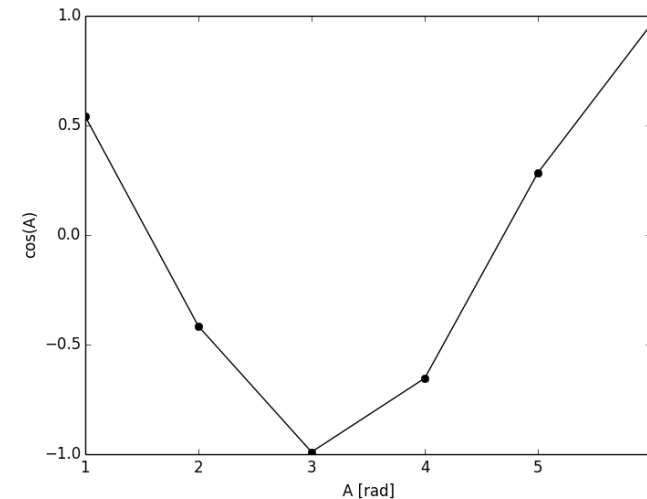
>>> tout[1].split(';')
['1', '0,540302306\n']

>>> tout[1].split(';')[1]
'0,540302306\n'

>>> tout[1].split(';')[1].strip()
'0,540302306'

>>> tout[1].split(';')[1].strip().replace(',','.')
'0.540302306'

>>> float(tout[1].split(';')[1].strip().replace(',','.'))
0.540302306
```



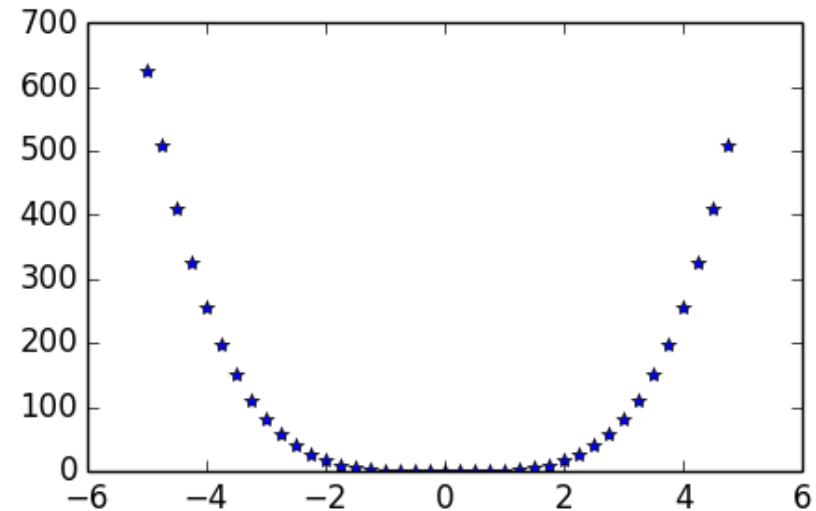
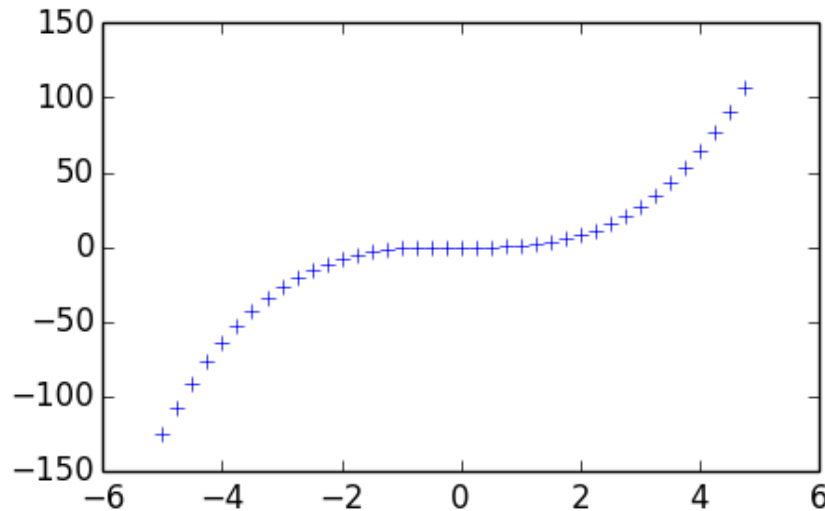
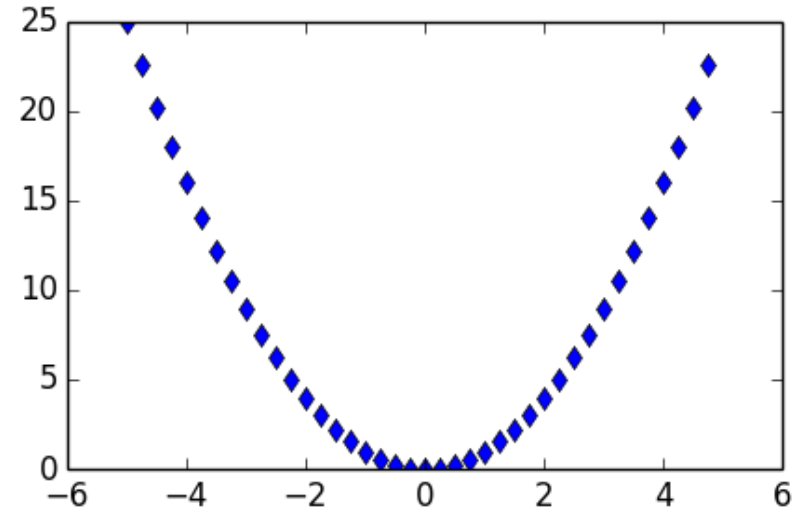
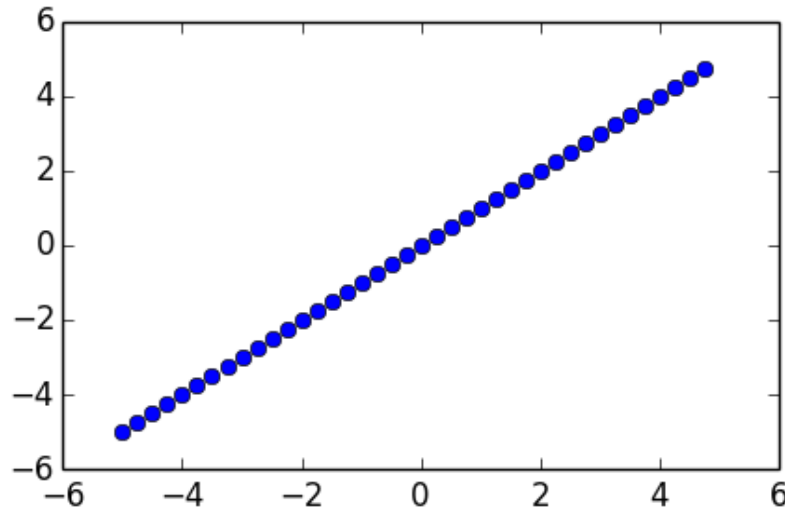


Affichages multiples

```
>>> x=np.arange(-5.,5.,0.25)
>>> plt.subplot(2,2,1)
<matplotlib.axes.AxesSubplot object at 0x10d957c90>
>>> plt.plot(x,x,'o')
[<matplotlib.lines.Line2D object at 0x10cfe2e50>]
>>> plt.subplot(2,2,2)
<matplotlib.axes.AxesSubplot object at 0x10cfe2e10>
>>> plt.plot(x,x*x,'d')
[<matplotlib.lines.Line2D object at 0x10d18f3d0>]
>>> plt.subplot(2,2,3)
<matplotlib.axes.AxesSubplot object at 0x10d18f390>
>>> plt.plot(x,x*x*x,'+')
[<matplotlib.lines.Line2D object at 0x10d1f0c90>]
>>> plt.subplot(2,2,4)
<matplotlib.axes.AxesSubplot object at 0x10d1f0ed0>
>>> plt.plot(x,x*x*x*x,'*')
[<matplotlib.lines.Line2D object at 0x10d286210>]
>>> plt.show()
```



Affichages multiples



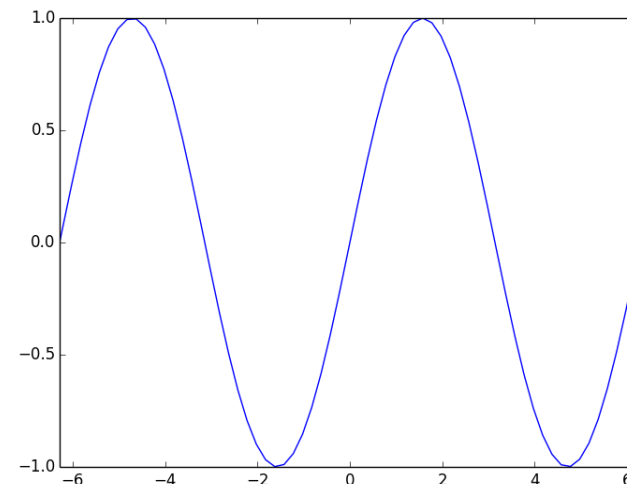
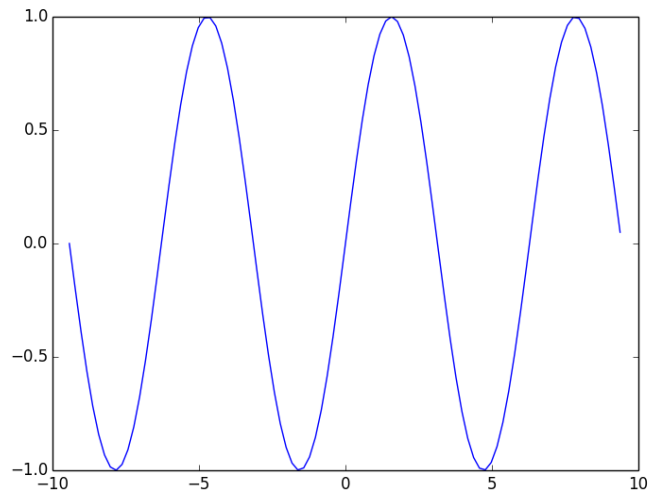


Contrôle des limites

```
>>> import numpy as np
>>> from matplotlib import pyplot as plt

>>> x=np.arange(-3.*np.pi,3.*np.pi,0.2)

>>> plt.xlim([-2*np.pi,2*np.pi])
(-6.283185307179586, 6.283185307179586)
>>> plt.plot(x,np.sin(x))
[<matplotlib.lines.Line2D object at 0x10e1b0990>]
>>> plt.show()
```





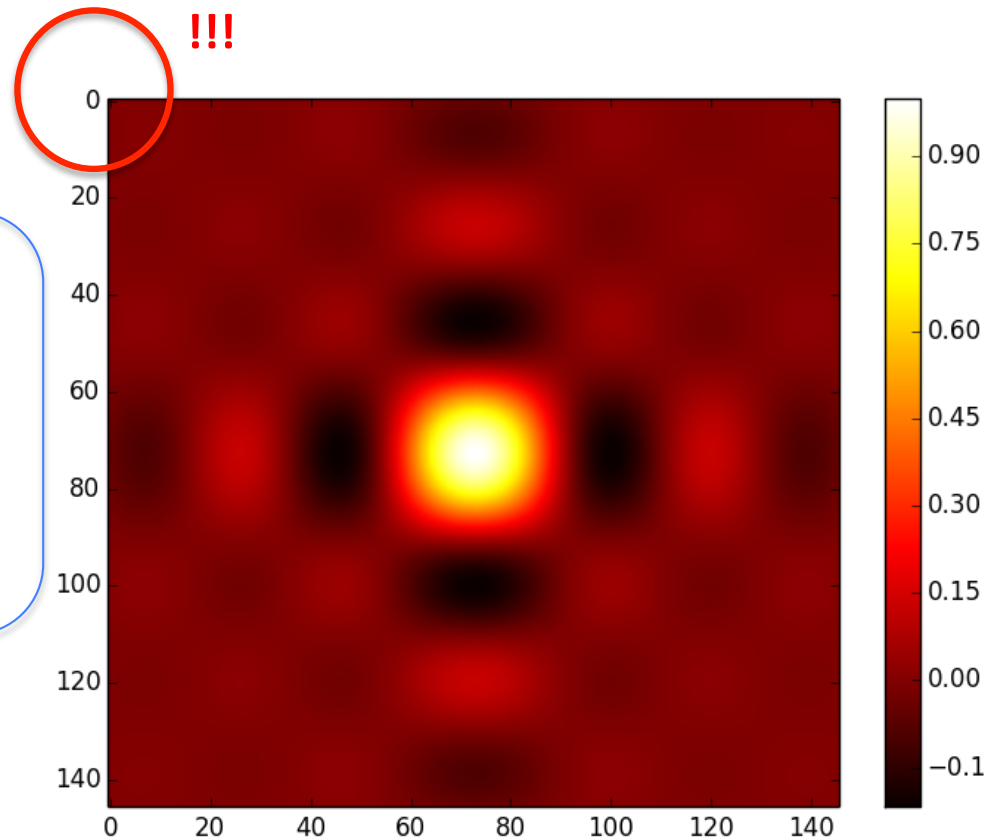
Visualiser une image

À partir de l'exemple (déjà vu) de fonction **sinc** en 2D :

$$\text{sinc2}(x, y) = \text{sinc}(x) * \text{sinc}(y) ; x, y \in [-12, +12]$$

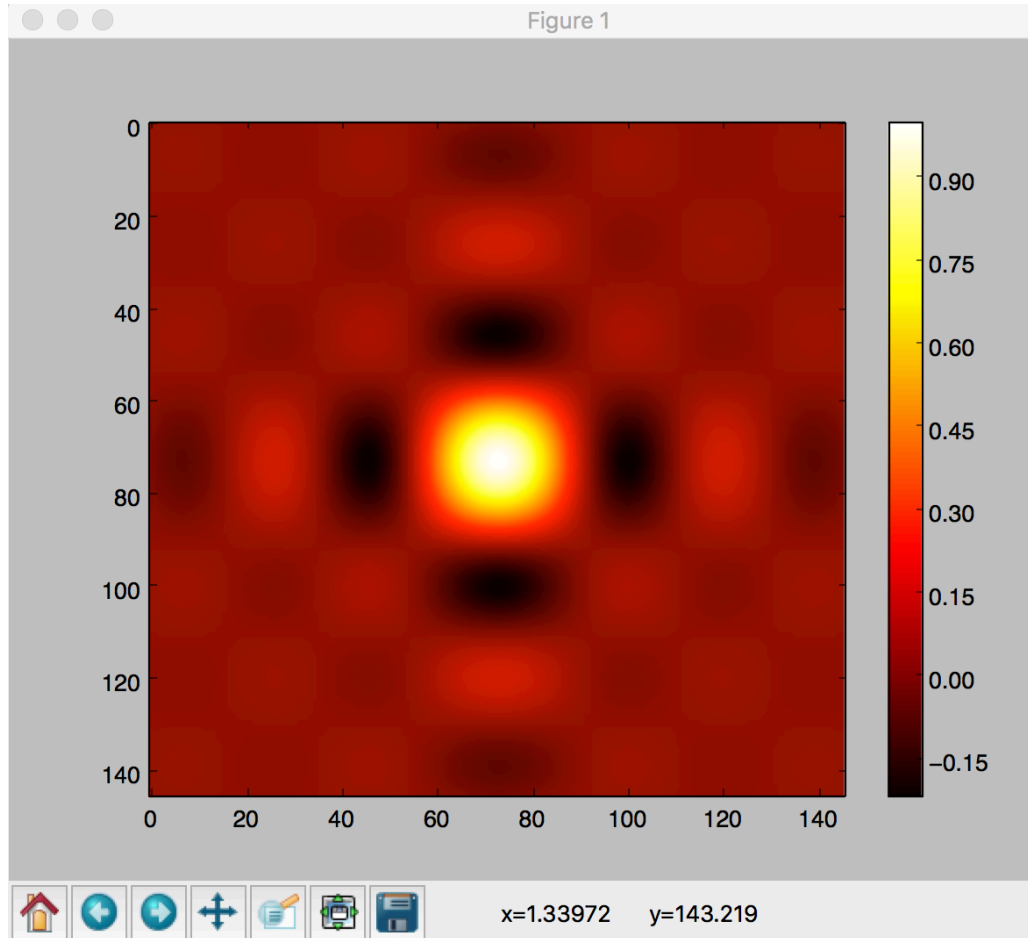
tableau créé plus haut...

```
#---display + (hot) colortable  
#--- + colorbar  
plt.hot()  
plt.imshow(sinc2, aspect='auto')  
plt.colorbar()  
plt.show()
```





Exporter les graphiques



Voir aussi :

`savefig()`

@ [matplotlib](#)

Manipulations
interactives du
graphique

Exporte un fichier **png**



Animations : plot 2D

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

x=np.arange(100)
y=np.random.rand(100)

for i in np.arange(10):
    if i == 0:
        # make a tuple - see the ',' below
        pp,=plt.plot(x,y)
        t=plt.gca().set_title("frame #"+str(i))
    else:
        y=np.random.rand(100)
        pp.set_ydata(y)
        t.set_text("frame #"+str(i))
    print("step", i)
    plt.pause(0.25)
```



Animations : images

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

imas=np.random.rand(20,20)

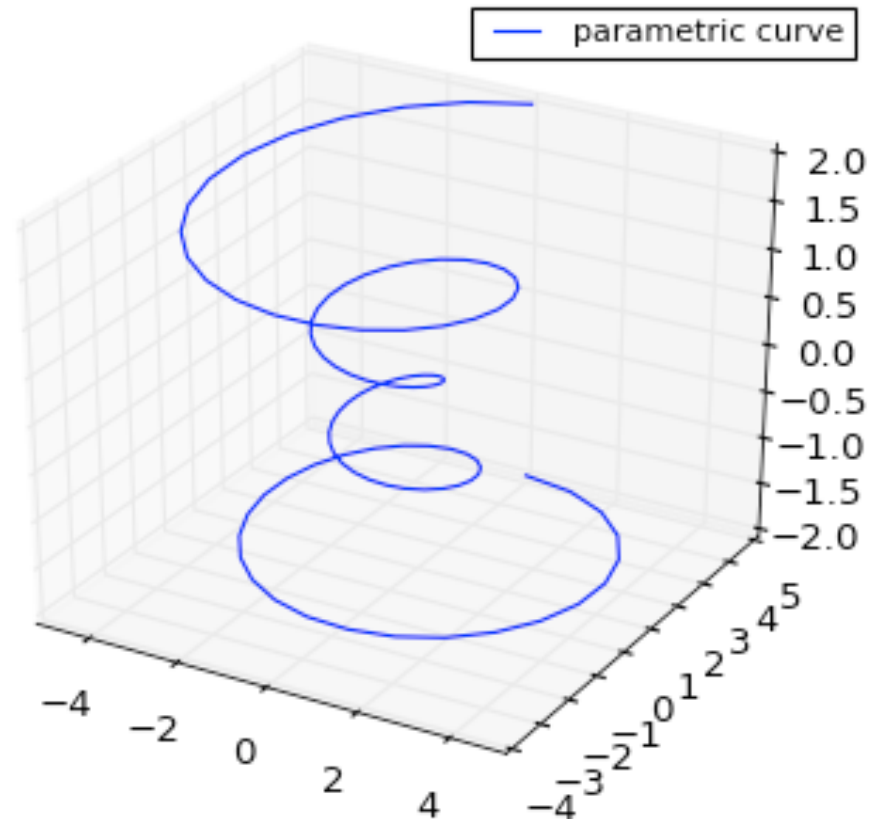
for k in np.arange(10):
    if k == 0:
        m=plt.imshow(imas, aspect='auto',
interpolation='nearest', cmap='jet')
        t=plt.gca().set_title("frame #"+str(k))
    else:
        imas=np.random.rand(20,20)
        m.set_data(imas)
        t.set_text("frame #"+str(k))
    print("step",k)
    plt.pause(0.1)

###- more @ matplotlib.animation
```



3D

`mplot3D` (de `matplotlib`) permet aussi de produire des représentations en 3D...



http://matplotlib.org/mpl_toolkits/mplot3d/



Pickling

Ce module permet la **sauvegarde** ou encore l'**échange** de **résultats**, partiels ou définitifs, de façon très pratique (*similaire aux fichiers .sav d'IDL pour les... nostalgiques*).

Il faut d'abord incorporer dans ses commandes : **import pickle**

```
flnm=open('sauvegarde.dat','wb')  
pickle.dump(mon_objet,flnm)  
flnm.close()
```

wb indique que l'on va **écrire** (w) en format **binaire** (b)

La **relecture** se fera comme :

```
flnm=open('sauvegarde.dat','r')  
relecture=pickle.load(flnm)  
flnm.close()
```



Données formatées

pyfits est dédiée à la lecture/écriture de fichiers **FITS** (astro) :

http://www.stsci.edu/institute/software_hardware/pyfits/

Il existe aussi des ressources spécifiques à d'autres formats de données d'usage courant dans les divers laboratoires de l'OMP :

- **HDF5** : <http://www.h5py.org/>
- **NetCDF** : <http://www.pyngl.ucar.edu/Nio.shtml>
- **GDAL** : <https://pypi.python.org/pypi/GDAL/>
- ...



OS

Ce module permet d'exécuter des **commandes systèmes** sous python.

Un exemple simple :

```
>>> import os
>>> os.listdir(os.curdir)
['co2.py', 'CO2MaunaLoa.txt', 'def_simple.py', 'epsilon.py',
'import_ma_bib.py', 'ma_bib.py', 'SecDeg.py', 'sinc2D.py']
```

permet de récupérer les **noms de tous les fichiers** présents dans le répertoire courant (`curdir`) - dans cet exemple, une liste des ressources qui vont sont distribuées ici... - dans une **liste** manipulable.

Voir aussi, selon les besoins :

- **sys**
- **time**
- ...



Aller plus loin...

- **Beaucoup d'utilisateurs apprécient l'environnement ipython**
 - <http://ipython.org/>
- **Visualisations complexes**
 - <http://www.vtk.org/>
 - <http://mayavi.sourceforge.net/>
 - ...
- **Programmation objet**
 - Demander à l'atelier numérique de l'OMP ?
- **Calcul parallèle**
 - <http://www.parallelpython.com/>
 - ...
- **Python 3 !**





Aller (encore) plus loin...

<https://www.fun-mooc.fr/courses/inria/41001S02/session02/about>

<http://calcul.math.cnrs.fr/spip.php?article236>

<http://www.scipy-lectures.org/>

<http://www.labri.fr/perso/nrougier/teaching/index.html>

<http://python-prepa.github.io/index.html>

...

