gipsa-lab

Grenoble | images | parole | signal | automatique | laboratoire

Introduction au langage de programmation Python

Une pas si courte introduction à Python comme alternative à Matlab pour réaliser des calculs scientifiques ou d'autres applications.

Guillaume Becq

November 22, 2017

cnrs Grenoble INP UNIVERSITÉ Grenoble Alpes UMR 5216



Outline



Historique

Python

- 1989–1995 : Hollande
- 1995–1999 : USA
- 1999+ : Worldwide open source

sources : `http://www.wikipedia.org`, `http://www.python.org`



Historique

Python

- 1989–1995 : Hollande
  - Centrum voor Wiskunde en Informatica (CWI).
  - *Guido von Rossum*, fan des Monty Python, travaille sur :
    - ABC : langage de script, syntaxe et indentation.
    - Modula-3 : gestion des exceptions, orienté objet.
    - langage C, Unix.
    - OS distribué Amoeba: accès difficile en shell.
  - Créée le langage Python :
    - 1991/02 : versions 0.9.06 déposée sur un newsgroup de Usenet
    - 1995 : dépôt de la version 1.2
- 1995–1999 : USA

Historique

Python

- 1989–1995 : Hollande
- 1995–1999 : USA
  - Corporation for National Research Initiatives (CNRI), non profit organisation, Reston, USA.
  - Grail7 : navigateur internet utilisant Tk.
  - 1999 : projet *Computer Programming for Everybody* (CP4E) (CNRI, DARPA Defense Advanced Research Projects Agency) :
    - Python comme langage d'enseignement de la programmation.
    - Création de l'IDLE (Integrated DeveLopment Environment)
  - 1999 : Python 1.6

Historique

Python

- 1989–1995 : Hollande
- 1995–1999 : USA
- 1999+ : Worldwide open source
  - BeOpen.com :
    - compatibilité GPL (General Public Licence)
    - création de la branche pythonLabs
  - 2000 : Python Software Foundation
    - Python 2.1 : changement licence, dérivée de Apache Software Foundation (OO, svn, commons plutôt java) (`http://www.apache.org`).
  - 2008: Python 3.0

sources : `http://www.wikipedia.org`, `http://www.python.org`

Historique

Guido van Rossum

- Guido van Rossum :
  - 31 janvier 1956 (61 ans)
  - Développeur néerlandais
  - 1982 : M. Sc
  - Développeur ABC.
- Créateur Python : *Benevolent Dictator For Life (BDFL)*
  - 1991 : Python 0.9.06
  - 1999 : Grail
- 2002 : Prix pour le développement du logiciel libre 2001 décerné par la *Free Software Foundation*
- 2005–2012 : Google (python)
- 2013 : Dropbox

2006, source wikipedia

Spécificités

`http://www.python.org/about/`

- Fortement typé.
- Objet.
- Script, séquentiel, interprété : fichier génère du byte code.
- Comparé à Tcl, Perl, Ruby, Scheme, Java.

Spécificités

Exemple 1er programme

Dans le fichier "hello.py" :

```
print("Bonjour monde")
```

Exécution dans une interface système (terminal, shell) :

```
~/python/example> python hello.py
Bonjour monde
```

Spécificités

Exemple shell scripting

Exemple copies des fichiers '.txt' et '.tex' du répertoire 'a' vers 'b'.

```
# -*- encode:  utf-8 -*-
import shutil, os
extList = ['.txt', '.tex']
pathSrc = 'a'
pathDst = 'b'
fileList = os.listdir(pathSrc)
for fileSrc in fileList:
    if (os.path.splitext(fileSrc)[1] in extList):
        fullfileSrc = os.path.join(pathSrc, os.path.basename(fileSrc))
        fullfileDst = os.path.join(pathDst, os.path.basename(fileSrc))
        shutil.move(fullfileSrc, fullfileDst)
```

Utilisations

A partir du shell

- Fichiers "*.py" contient des scripts, des définitions de fonctions, de classes... Ils sont exécutés dans le shell avec la commande "python".
  Exemple : "python hello.py"
- La commande "python" ouvre une console utilisateur (*interpreter*) avec une invite de commande (prompt) caractéristique "> > > "

```
Python 3.5.1 (v3.5.1:37a07cee5969, Dec  5 2015, 21:12:44)
[GCC 4.2.1 (Apple Inc. build 5666) (dot 3)] on darwin
Type "help", "copyright", "credits" or "license" for more information.
>>>
```




Utilisations

Utilisation de l'interpréteur

- Association d'une valeur à une variable : a = 'abc'
- Affichage de la valeur : print()
- Liste des variables, attributs, fonctions disponibles. . . : dir()

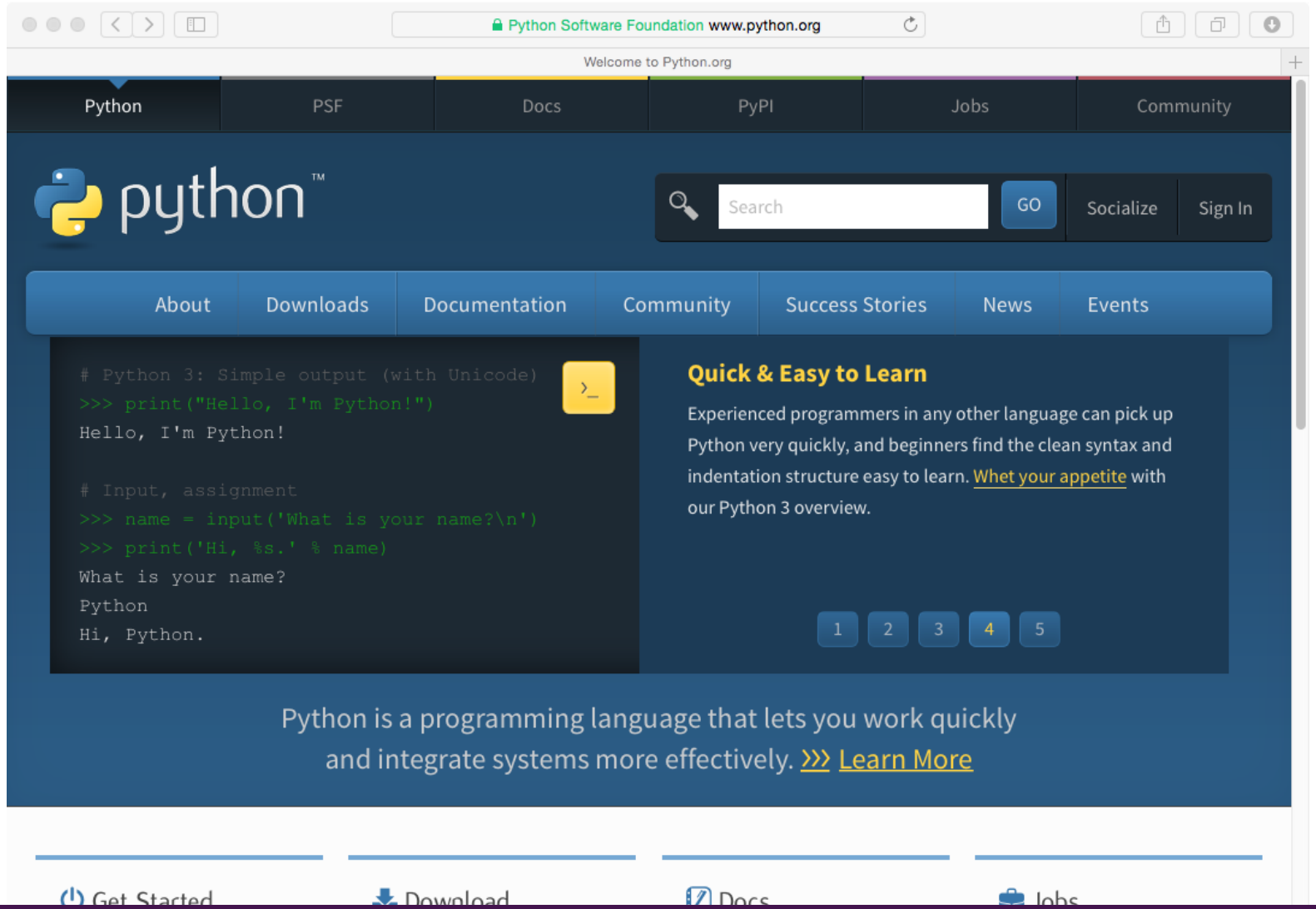
```
>>> a = "abc"
>>> print(a)
abc
>>> dir()
['__builtins__', '__doc__', '__name__', '__package__', 'a']

>>> dir(a)
['__add__', '__class__', '__contains__', '__delattr__', '__doc__',
'__eq__', '__format__', '__ge__', '__getattribute__', '__getitem__',
'__getnewargs__', '__getslice__', '__gt__', '__hash__', '__init__',
'__le__', '__len__', '__lt__', '__mod__', '__mul__', '__ne__', '__new__',
'__reduce__', '__reduce_ex__', '__repr__', '__rmod__', '__rmul__',
'__setattr__', '__sizeof__', '__str__', '__subclasshook__',
'_formatter_field_name_split', '_formatter_parser', 'capitalize',
'center', 'count', 'decode', 'encode', 'endswith', 'expandtabs', 'find',
'format', 'index', 'isalnum', 'isalpha', 'isdigit', 'islower', 'isspace',
'istitle', 'isupper', 'join', 'ljust', 'lower', 'lstrip', 'partition',
'replace', 'rfind', 'rindex', 'rjust', 'rpartition', 'rsplit', 'rstrip',
'split', 'splitlines', 'startswith', 'strip', 'swapcase', 'title',
'translate', 'upper', 'zfill']
```

- Besoin d'aide : help()

```
>>> help(a.find)

Help on built-in function find:

find(...)
    S.find(sub [,start [,end]]) -> int

    Return the lowest index in S where substring sub is found,
    such that sub is contained within S[start:end].  Optional
    arguments start and end are interpreted as in slice notation.

    Return -1 on failure.
(END)
```

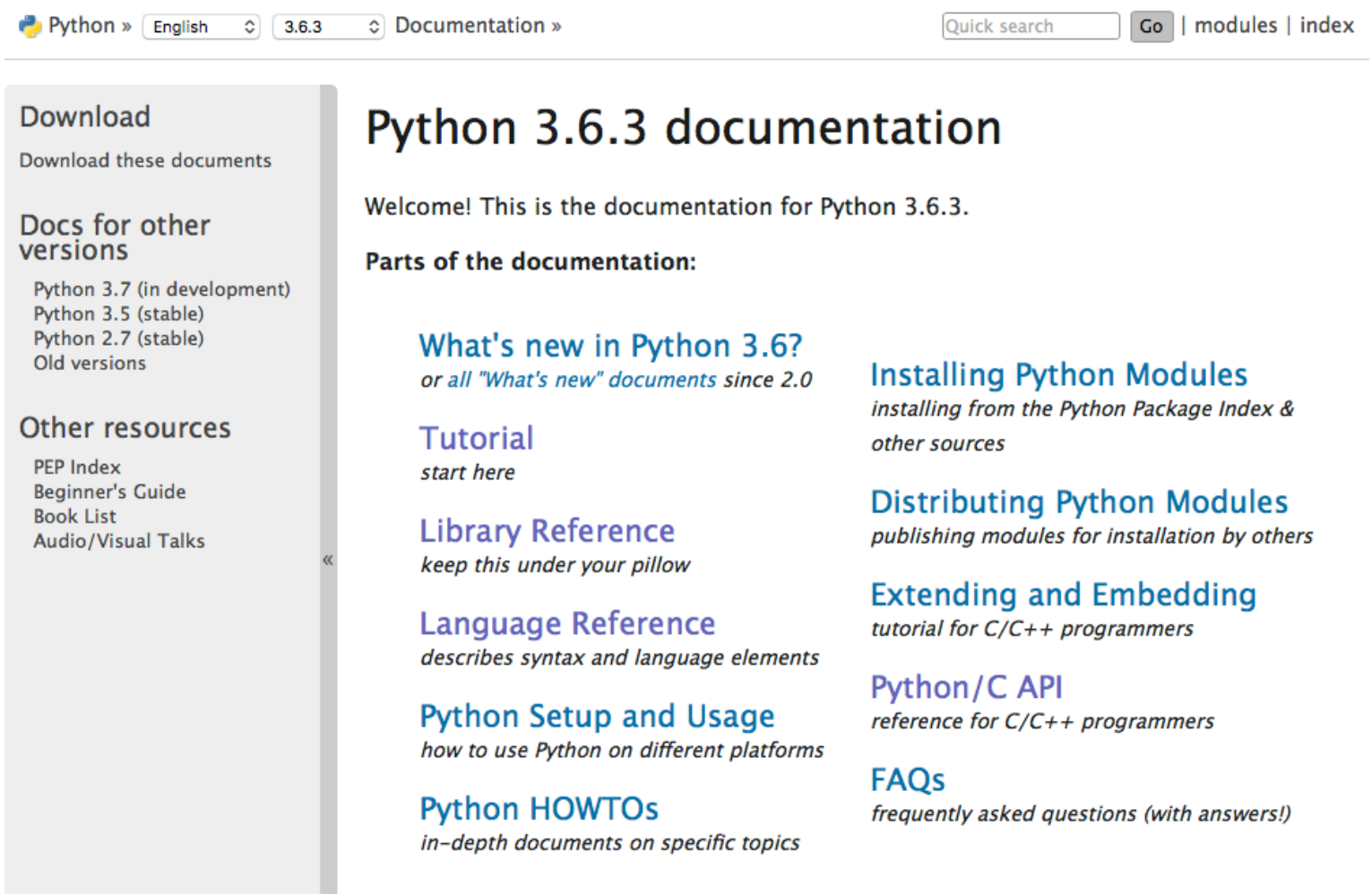
Site Web

www.python.org



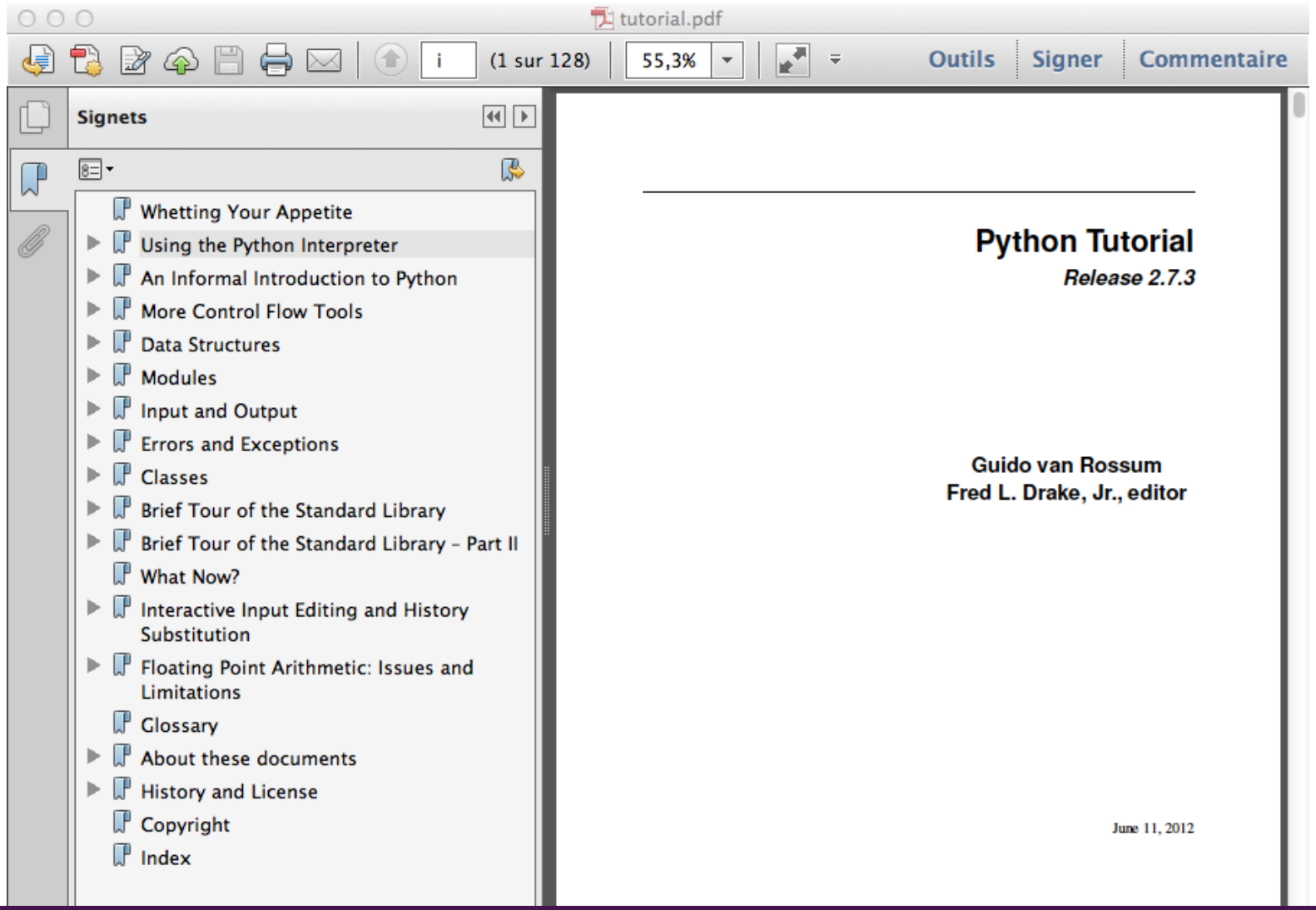
Documentation

Trouver la documentation



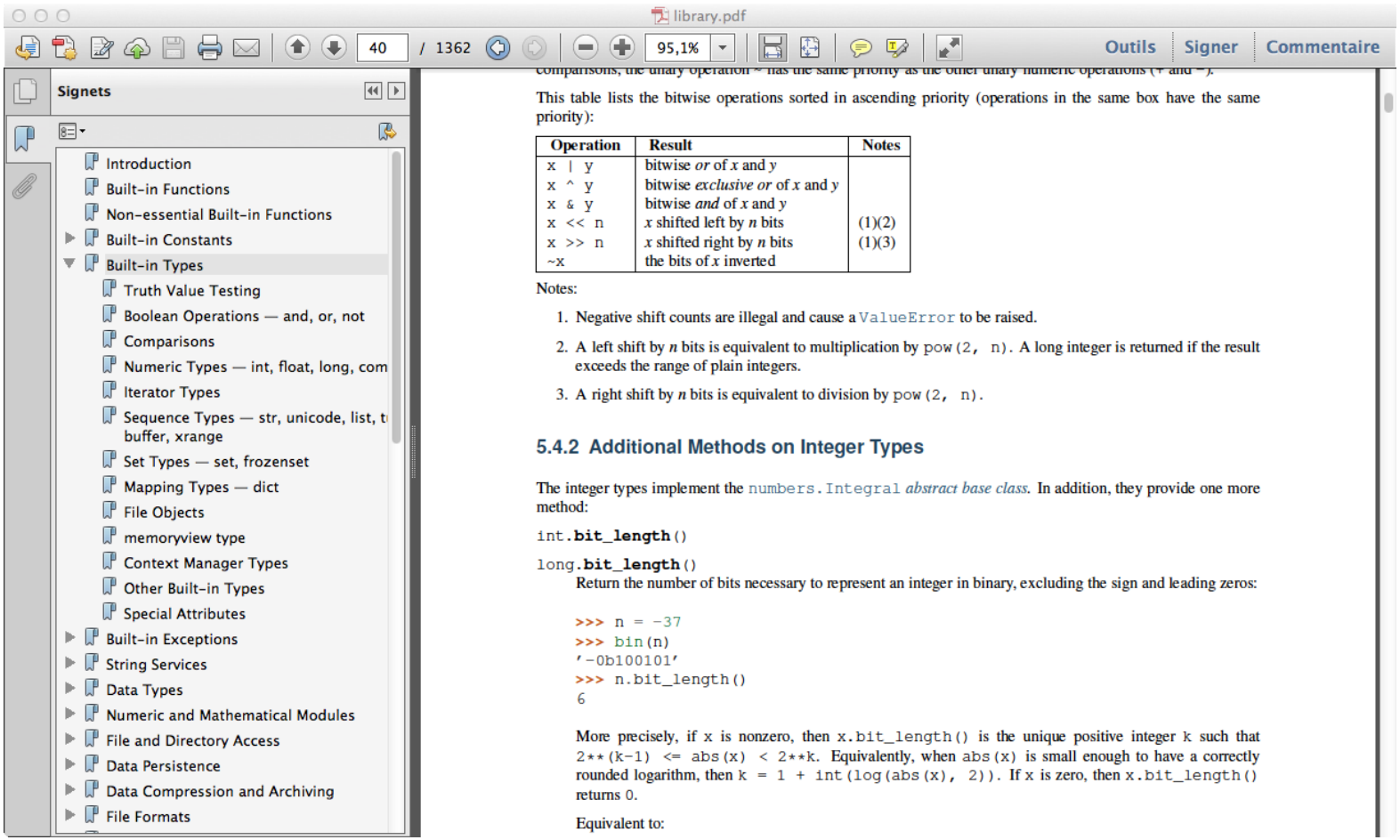
Documentation

Lire la documentation - Tutorial



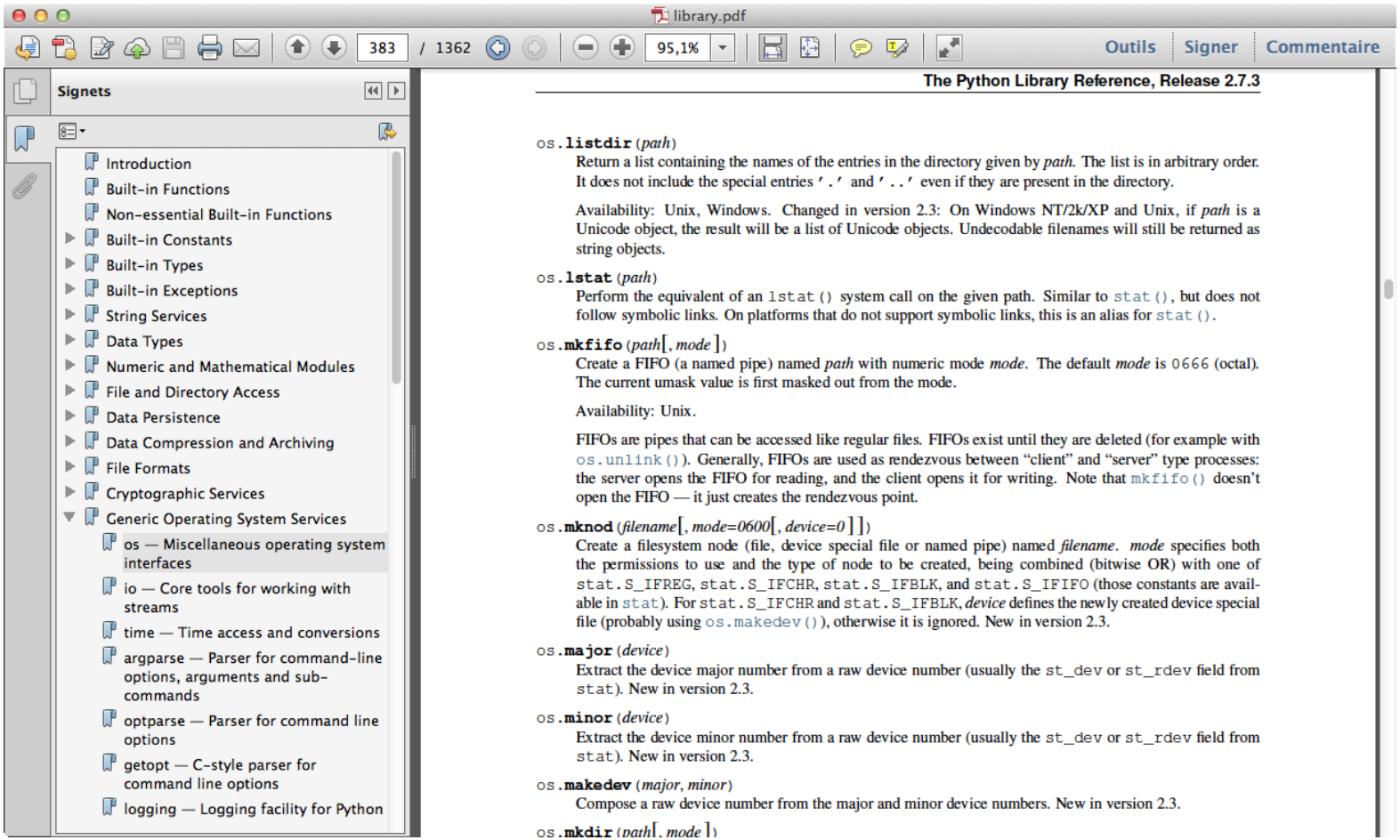
Documentation

Lire la documentation - Library reference



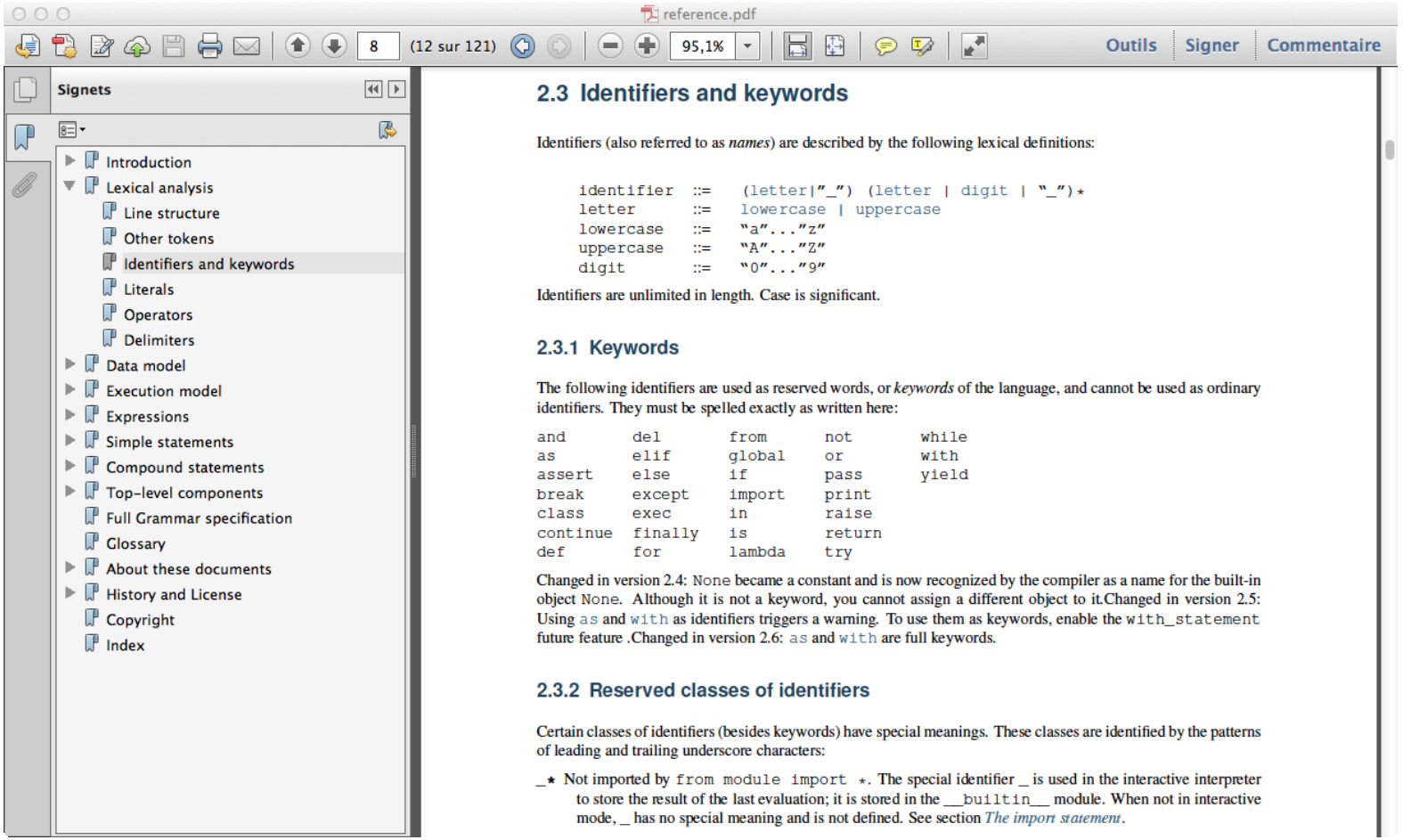
Documentation

Lire la documentation - Library reference



Documentation

Lire la documentation - Language reference

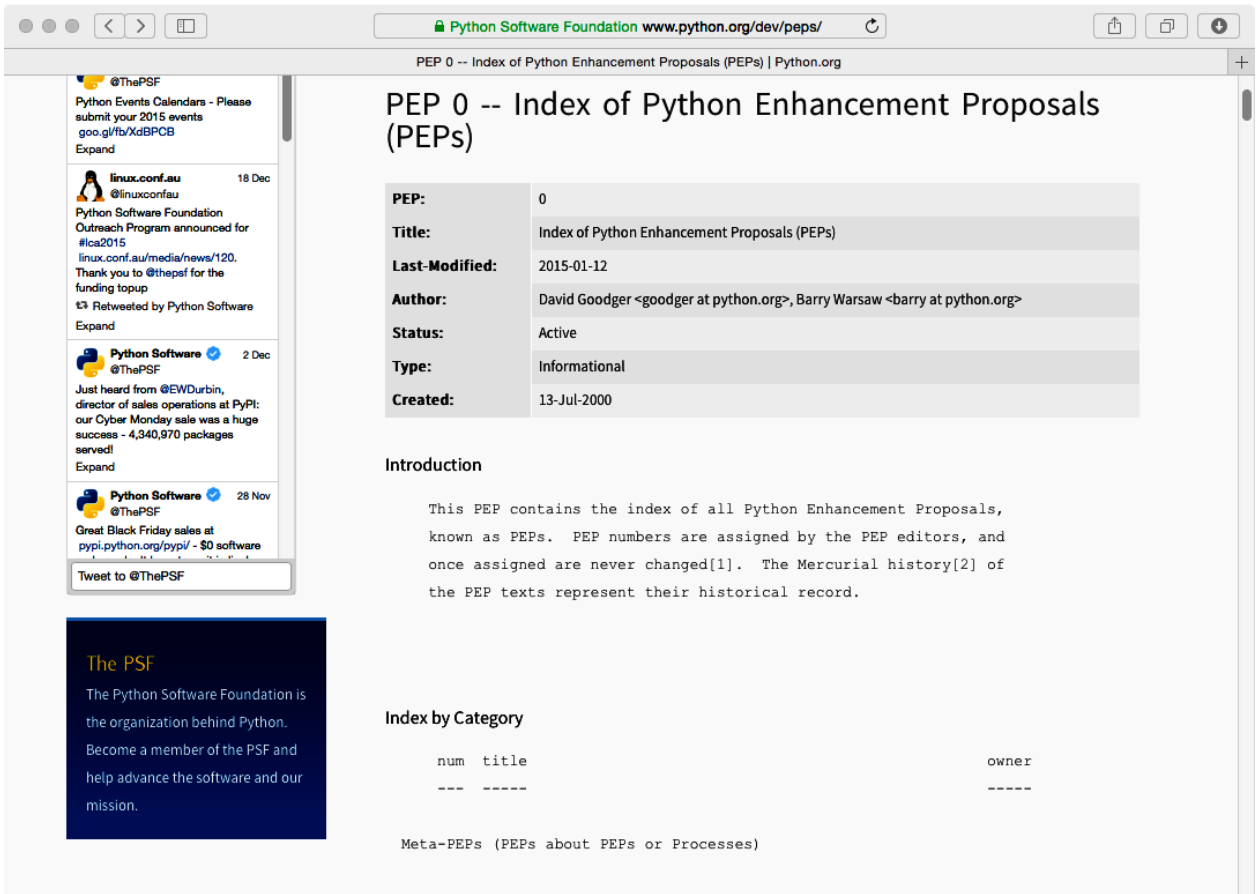


p. ex. grammaire sous forme de Backus-Naur (BNF)

Python Enhancements Proposals

PEPs

Propositions et conseils pour l'utilisation et l'amélioration du langage.



Installation

- Téléchargement sous `www.python.org` pour les OS courants : Windows, Linux, Mac.
- 32 bits vs 64 bits :
  - Performances vs compatibilités bibliothèques (paquets)
  - Problèmes de configuration des compilateurs (gcc).
- Autres distributions : Enthought Canopy, pythonXY, Anaconda, WinPython, ...
- Implémentations alternatives :
  - Langage identique mais implémentation différentes permet par exemple : d'interfacer du java facilement (Jython), d'être plus performant pour les calculs avec un compilateur JIT (Pypy)...

Installation

Python 2.7 vs 3.x

- 2.7 : figée.
- 3.x : présent et futur :
  - *better Unicode support*
  - Quelques inconsistences du langage (ex print 'a' vs print('a')).
  - Résultats de la division des entiers (1/2 : 2.x, = 0 ; 3.x, = 0.5).
  - ...
- Peut poser des problèmes :
  - Paquets portées sur 3.x ?
  - Compatibilité 64 bits ?

Outline



Type de base

- **Nombres** : entiers (int, long), réels (float), complex (complex), booléens (bool).
- **Séquences** : Chaînes de caractères (str), bytes (bytes), listes (list), tuples (tuple), dictionnaires (dict), ensembles (set),

Nombres

Entiers

- Division non entière en 3.x, conversion de type non implicite.
- 'type()' indique le type d'une variable.

```
>>> a = 1
>>> b = 2
>>> c = a / b
>>> print(c)
0.5
>>> print(type(a))
<class 'int'>
>>> print(type(c))
<class 'float'>
```

Nombres

Réels

- Utilisation du point pour passer en réels.

```
>>> a = 1.0
>>> b = 2.
>>> c = a / b
>>> print(c)
0.5
```

Nombres

Réels notations scientifiques

- Notation scientifique de type signe, mantisse et exposant.

```
>>> a = 1.234e100
>>> a
1.234e+100
>>> type(a)
<class 'float'>
```

Nombres

Complexes

- z = x + yj (complex)
- Attention à la syntaxe.
- Génère une erreur (*exception*) de type "NameError".
- '_' variable courante (cf. *ans* matlab)

```
>>> a = 1 + 2j
>>> type(a)
<class 'complex'>
>>> a = 1 + j
Traceback (most recent call last):
  File " <stdin>", line 1, in <module>
NameError: name 'j' is not defined
>>> 123.456j
123.456j
>>> type(_)
<class 'complex'>
>>> a = 1 + 1j
>>> b = 2 + 3j
>>> c = a + b
>>> print(c)
(3+4j)
```

Nombres

Booléens

- True, False (bool)
- Attention aux résultats des opérations sur les booléens.
- + et * donne des entiers 'int'.
- Opérateurs booléens spécifiques.

```
>>> a = True
>>> type(a)
<class 'bool'>
>>> b = False
>>> c = a + b
>>> print(c)
1
>>> type(c)
<class 'int'>
>>> c = a * b
>>> print(c)
0
>>> c = a & b
>>> print(c)
False
>>> c = a | b
>>> print(c)
True
```

Nombres

Opérateurs

- Redéfinition des opérateurs selon les types.
- Pour les règles de priorités, cf 'language reference'.
- Bitwise operations on integer, cf 'language reference'.

entiers	+	addition	-	substraction
	*	multiplication	/	division
	%	modulo	//	floor division
	**	power		
	«	shifting left	»	shifting right
réels	idem entiers hors shifting et bitwise op.			
complexes	idem réels			
booléens	&, and	and	|, or	or
	^	xor	not	not

Nombres

Opérateurs de comparaisons

Comparaisons > , < , >=, <=, ==
<>, != (mieux, version C)
in, not in (sequence)
is, is not (objet)

```
>>> a = 1
>>> a in [0, 1, 2]
True
>>> b = 2
>>> a is b
False
>>> a is 1
True
>>> c = a
>>> a is c
True
>>> 0 < a <= 2
True
```

Nombres

Typage explicite, conversion de type

- possibilité de typer explicitement avec la fonction associée au type voulue : int(), float() ...
- conversion, implicite pour certaines opérations.

```
>>> a = float(9)
>>> type(a)
<class 'float'>
>>> c = 1 / a
>>> print(c)
0.111111111111
>>> b = 9
>>> c = 1 / float(b)
>>> print(c)
0.111111111111
>>> d = complex(1, 2)
>>> print(d)
(1+2j)
>>> print(str(d))
(1+2j)
```

Nombres et Caractères

Binary, Hexadecimal, Octal, Character, Unicode Character

- binary (0b) (bin), hexadecimal (0x) (hex), octal (0c) (oct)
- character ascii + unicode (chr) (< 0x10FFFF)

```
>>> a = 0x597d
>>> print(a)
22909
>>> a = 0b0101
>>> print(a)
5
>>> a = chr(42)
>>> print(a)
*
>>> b = chr(0x597D)
>>> print(b)
chinese symbol ni
>>> a = bin(22909)
>>> print(a)
0b101100101111101
>>> type(a)
<class 'str'>
```

Séquences

Chaînes de caractères

- Texte délimité par ' ' ou " " (str)
- La chaîne de caractère a une longueur (len)

```
>>> a = 'abc'
>>> type(a)
<class 'str'>
>>> b = "def"
>>> c = a + b
>>> c
'abcdef'
>>> len(c)
6
```

Séquences

Chaînes de caractères

- Alternance des single/double quote.
- Control code (\n, \t, etc.) façon C.

```
>>> a = "1. Bisque de pigeonneaux\n\t Prenez vos pigeonneaux apres qu'ils
seront bien nettoyez\n\t&'Troussez', faites les blanchir, \n\t& Les " +
'"empottez" avec un petit brin de fines herbes'
>>> print(a)
1. Bisque de pigeonneaux
    Prenez vos pigeonneaux apres qu'ils seront bien nettoyez
    & 'Troussez', faites les blanchir,
    & Les "empottez" avec un petit brin de fines herbes
```

Séquences

Chaînes de caractères

- forme multiligne """ """ ou ''' ''' (! caractères spéciaux).
- Représentation (repr) différente de (str).

```
>>> a = """1. Bisque de pigeonneaux\n
... \tPrenez vos pigeonneaux apres qu'ils seront bien nettoyez\n
...     & 'Troussez', faites les blanchir,
...     & Les "empottez" avec un petit brun de fines herbes
... """
>>> print(a)
1. Bisque de pigeonneaux

    Prenez vos pigeonneaux apres qu'ils seront bien nettoyez

    & 'Troussez', faites les blanchir,
    & Les "empottez" avec un petit brun de fines herbes
>>> repr(a)
'\'1. Bisque de pigeonneaux\\n\\n\\t\\tPrenez vos pigeonneaux apres qu\\\'
ils seront bien nettoyez\\n\\n\\t& \\\'Troussez\\\', faites les blanchir,\
\n\\t& Les "empottez" avec un petit brun de fines herbes\\n\''
>>> str(a)
"1. Bisque de pigeonneaux\n\n\tPrenez vos pigeonneaux apres qu'ils seront bien
nettoyez\n\n    & 'Troussez', faites les blanchir, \n    & Les "empottez" avec
un petit brun de fines herbes"
```

Séquences

Chaînes de caractères

- forme brute (r" " ou r' ' ou r""" """ ou r''' ''')
- forme unicode (" " ou u" " ou u' ' ou u""" """ ou u''' ''')

```
>>> a = r"Potage de santé\n\tLe potage de santé se fait de chapons..."
>>> print(a)
Potage de santé\n\tLe potage de santé se fait de chapons...
>>> repr(a)
"'Potage de sant\\xc3\\xa9\\\\n\\\\tLe potage de sant\\xc3\\xa9 se fait
de chapons...'"
>>> a = u"Potage de santé\n\tLe potage de santé se fait de chapons..."
>>> print(a)
Potage de santé
    Le potage de santé se fait de chapons...
>>> repr(a)
"'Potage de sant\\xe9\\n\\tLe potage de sant\\xe9 se fait de chapons...
'"
>>> print("\u4F60\u597D")
```

你好

Séquences

Chaînes de bytes

- Distinction entre chaîne de charactère et chaîne de bytes.

```
>>> a = 'abcd'
>>> a.encode('utf8')
b'abcd'
>>> a.encode('ascii')
b'abcd'
>>> b = a.encode('utf32')
>>> print(b)
b'\xff\xfe\x00\x00a\x00\x00\x00b\x00\x00\x00c\x00\x00\x00d\x00\x00'
>>> c = b.decode('utf32')
>>> print(c)
abcdef
```

Séquences

Listes

- Listes d'éléments ([,], list)
- Longueur n (len)
- Accès aux élément : indices de 0 à $n-1$

```
>>> a = [1, 2, 3]
>>> type(a)
<class 'list'>
>>> len(a)
3
>>> b = ['abc', 'de', 'fghij']
>>> len(b)
3
>>> c = a + b
>>> print(c)
[1, 2, 3, 'abc', 'de', 'fghij']
>>> c[0]
1
>>> c[5]
'fghij'
```

Séquences

Listes

- découpage, slicing (:, i:, :j, i:j, i:j:k, slice(i,j,k))
- Indices négatifs de -1 à $-n$ permettent de parcourir en partant par la fin.

```
>>> a = [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9]
>>> a[:]
[1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9]
>>> a[3:]
[4, 5, 6, 7, 8, 9]
>>> a[:3]
[1, 2, 3]
>>> a[2:2+4] # a[2:6]
[3, 4, 5, 6]
>>> a[2:6:2]
[3, 5]
>>> s = slice(2, 6, 2)
>>> a[s]
[3, 5]
>>> a[-1]
9
>>> a[-9]
1
```

Séquences

Listes

- Imbrications, nested.
- Attention aux erreurs d'indexation, les listes Python ne sont pas des matrices à la Matlab.

```
>>> a = [[1, 2, 3], [4, 5, 6]]
>>> a
[[1, 2, 3], [4, 5, 6]]
>>> len(a)
2
>>> a[0]
[1, 2, 3]
>>> a[0][0]
1
>>> a[0, 0]
Traceback (most recent call last):
  File "<stdin>", line 1, in <module>
TypeError: list indices must be integers, not tuple
```

Séquences

Tuples

- Couple, triplet, n-uplet, plus généralement tuple ((,), tuple)
- Ce sont des séquences (de même que les types str, bytes, list, tuple, buffer, xrange) : même indexation que les listes.

```
>>> couple = ('papa', 'maman')
>>> type(couple)
<class 'tuple'>
>>> couple[0]
'papa'
>>> a = ('bob', 'alice')
>>> b = ('pierre', 'paul')
>>> c = a + b
>>> print(c)
('bob', 'alice', 'pierre', 'paul')
```

Séquences

Tuples

- Taille fixe immuable (immutable en anglais).
- Pratique pour le passage de paramètres de taille fixe.
- Affectation multiple implicite.
- On ne peut pas changer les valeurs des tuples.

```
>>> papa = 'bob'
>>> maman = 'alice'
>>> couple = (papa, maman)
>>> print(couple)
'bob', 'alice'
>>> couple = (papa, maman) = ('bob', 'alice')
>>> couple = papa, maman = 'bob', 'alice'
>>> couple[0] = 'robert'
Traceback (most recent call last):
  File "<stdin>", line 1, in <module>
TypeError: 'tuple' object does not support item assignment
```




Séquences

Tuples

- Attention : couples immuables, listes muables

```
>>> address = '0001'
>>> instr = '011'
>>> code1 = (instr, address)
>>> code2 = ('100', '0010')
>>> code3 = ('110', '0011')
>>> code4 = ('010', '0001')
>>> prog = [code1, code2, code3]
>>> prog.append(code4)
>>> print(progr)
[('011', '0001'), ('100', '0010'), ('110', '0011'), ('010', '0001')]
```

Séquences

Tuples

- Exemple de liste de couples.

```
>>> name = 'abc'
>>> value = 123
>>> entry1 = (name, value)
>>> entry2 = ('def', 234)
>>> dictionary = [entry1, entry2]
>>> dictionary.append(('efg', 345))
>>> print(dictionary)
[('abc', 123), ('def', 234), ('efg', 345)]
```




Séquences

Dictionnaires

- Dictionnaires (dict)
- key (str): value

```
>>> d = {'abc': 123, 'def': 234}
>>> type(d)
<class 'dict'>
>>> print(d)
{'abc': 123, 'def': 234}
>>> d['abc']
123
>>> for key in d:
...   print((key, d[key]))
...
('abc', 123)
('def', 234)
```




Séquences

Ensemble

- Ensemble ({ , }, set)
- Collections d'éléments uniques non ordonnés.
- Opération ensemblistes (add, discard, union, intersect, . . .)

```
>>> E = {1, 2, 3}
>>> type(E)
<class 'set'>
>>> print(E)
set([1, 2, 3])
>>> E[0]
... TypeError: 'set' object does not support indexing
>>> F = {1, 2, 3, 2, 1, 4, 1, -1}
>>> F
set([1, 2, 3, 4, -1])
>>> a = 1
>>> a in F
True
>>> G = E + F
... TypeError: unsupported operand type(s) for +: 'set' and 'set'
>>> E.intersection(F)
set([1, 2, 3])
>>> E.add(-10)
>>> print(E)
set([1, 2, 3, -10])
```

Séquences

Résumé

- Chaîne de caractères " " ou ' '
- Liste [,]
- Tuple (,)
- Dictionnaire {": , ": }
- Ensemble { , }

Syntaxe

- Fonctions prédéfinies, 'Builtin' Functions
- Structures de contrôles
- Fonctions
- Objets et Classes

Syntaxe

Fonctions prédéfinies

- Built-in Functions : fonctions de base du langage.

abs()	divmod()	input()	open()	staticmethod()
all()	enumerate()	int()	ord()	str()
any()	eval()	isinstance()	pow()	sum()
basestring()	execfile()	issubclass()	print()	super()
bin()	file()	iter()	property()	tuple()
bool()	filter()	len()	range()	type()
bytearray()	float()	list()	raw_input()	unichr()
callable()	format()	locals()	reduce()	unicode()
chr()	frozenset()	long()	reload()	vars()
classmethod()	getattr()	map()	repr()	xrange()
cmp()	globals()	max()	reversed()	zip()
compile()	hasattr()	memoryview()	round()	__import__()
complex()	hash()	min()	set()	apply()
delattr()	help()	next()	setattr()	buffer()
dict()	hex()	object()	slice()	coerce()
dir()	id()	oct()	sorted()	intern()

Syntaxe

Fonctions prédéfinies

- Built-in Functions : fonctions de base du langage.

abs()	divmod()	input()	open()	staticmethod()
all()	enumerate()	int()	ord()	str()
any()	eval()	isinstance()	pow()	sum()
basestring()	execfile()	issubclass()	print()	super()
bin()	file()	iter()	property()	tuple()
bool()	filter()	len()	range()	type()
bytearray()	float()	list()	raw_input()	unichr()
callable()	format()	locals()	reduce()	unicode()
chr()	frozenset()	long()	reload()	vars()
classmethod()	getattr()	map()	repr()	xrange()
cmp()	globals()	max()	reversed()	zip()
compile()	hasattr()	memoryview()	round()	__import__()
complex()	hash()	min()	set()	apply()
delattr()	help()	next()	setattr()	buffer()
dict()	hex()	object()	slice()	coerce()
dir()	id()	oct()	sorted()	intern()

déjà rencontrées

Syntaxe

Fonctions prédéfinies

- Built-in Functions : fonctions de base du langage.

abs()	divmod()	input()	open()	staticmethod()
all()	enumerate()	int()	ord()	str()
any()	eval()	isinstance()	pow()	sum()
basestring()	execfile()	issubclass()	print()	super()
bin()	file()	iter()	property()	tuple()
bool()	filter()	len()	range()	type()
bytearray()	float()	list()	raw_input()	unichr()
callable()	format()	locals()	reduce()	unicode()
chr()	frozenset()	long()	reload()	vars()
classmethod()	getattr()	map()	repr()	xrange()
cmp()	globals()	max()	reversed()	zip()
compile()	hasattr()	memoryview()	round()	__import__()
complex()	hash()	min()	set()	apply()
delattr()	help()	next()	setattr()	buffer()
dict()	hex()	object()	slice()	coerce()
dir()	id()	oct()	sorted()	intern()

abordées tôt ou tard

- **blocs conditionnels** : if else
- **boucles conditionnelles** : while
- **boucles** : for in
- **gestion d'exceptions** : try except

Syntaxe

Structure de contrôle - if else

- blocs conditionnels : if else
- ':' et indentation suivie d'un bloc d'instruction.

```
>>> a = 1
>>> if (a == 1):
...     print("a vaut 1")
... else:
...     print("a ne vaut pas 1")
...
a vaut 1
```

Syntaxe

Indentation

- Pour l'indentation dans un fichier, il est conseillé d'utiliser 4 espaces plutôt qu'une tabulation.
- Possibilité de régler ces paramètres dans les éditeurs de texte : tabulation souple émulée avec des espaces ('soft tab' with 4 spaces vs 'hard tab').

```
if (a == 1):
    print("a vaut 1")
else:
    print("a ne vaut pas 1")
```

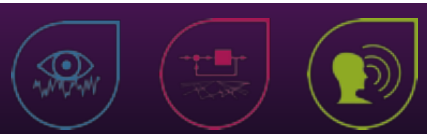
Syntaxe

Structure de contrôle - if elif else

- blocs conditionnels : if elif else

```
>>> a = 2
>>> if (a == 1):
...     print("a vaut 1")
... elif a == 2:
...     print("a vaut 2")
... elif a == 3:
...     print("a vaut 3")
... else:
...     print("a ne vaut ni 1 ni 2 ni 3")
...
a vaut 2
```

cf matlab (if elseif else end, switch case otherwise end)



Syntaxe

Structure de contrôle - if elif else

- blocs conditionnels : if elif else

```
>>> a = "green"
>>> if (a == "green"):
...     print("00FF00")
... elif (a == "red"):
...     print("FF0000")
... elif (a == "blue"):
...     print("0000FF")
... else:
...     print("Unknown color")
...
00FF00
```

cf matlab (if elseif else end, switch case otherwise end)

Syntaxe

Structure de contrôle - while

- boucles conditionnelles : while

```
>>> question = "Voulez-vous continuer ? (o, oui, O, OUI) "
>>> cond = True
>>> reponseOK = {"o", "O", "oui", "OUI"}
>>> i = 0
>>> while cond:
...     i += 1
...     print(str(i) + " fois")
...     answer = input(question)
...     if (answer in reponseOK):
...         cond = True
...     else:
...         cond = False
...
1 fois
Voulez-vous continuer ? (o, oui, O, OUI) 'o'
2 fois
Voulez-vous continuer ? (o, oui, O, OUI) 'oui'
3 fois
Voulez-vous continuer ? (o, oui, O, OUI) 'non'
>>>
```

Syntaxe

Structure de contrôle - for

- boucles : for in :
- Dans 'language reference' :
  for_stmt ::= "for" target_list "in" expression_list ":" suite
  ["else" ":" suite]

```
>>> for i in [0, 1, 2, 3]:
...     print(i)
...
0
1
2
3
```

Syntaxe

Structure de contrôle - for

- une étendue (range) de $[0, n[$: range(n)
- $[i, i + k, \ldots, j[$: range(i, j, k)

```
>>> for i in range(4):
...     print(i)
...
0
1
2
3
```

```
>>> x = [0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9]
>>> x[range(1, 5, 2)]
Traceback (most recent call last):
  File "<stdin>", line 1, in <module>
TypeError: list indices must be integers, not list
>>> x[slice(1, 5, 2)]
[1, 3]
>>> range(1, 5, 2)
[1, 3]
>>> slice(1, 5, 2)
slice(1, 5, 2)
```

Syntaxe

Structure de contrôle - for

- boucles : for

```
>>> for (i, j) in [(1, 2), (2, 3), (3, 4)]:
...     print((i,j))
...
(1, 2)
(2, 3)
(3, 4)
```

```
>>> for [i, j] in [[1, 2], [2, 3], [3, 4]]:
...     print([i, j])
...
[1, 2]
[2, 3]
[3, 4]
```

Syntaxe

Structure de contrôle - break, continue

- possibilité de break et continue.

```
>>> for i in range(10):
...     if (i % 2 == 0):
...         continue
...     if (i == 9):
...         break
...     print(i)
...
1
3
5
7
```

Syntaxe

Structure de contrôle - try except

- Gestion des erreurs ou exceptions : try except

```
>>> a = "abc"
>>> a += 1
Traceback (most recent call last):
  File "<stdin>", line 1, in <module>
TypeError: cannot concatenate 'str' and 'int' objects
```

```
>>> a = 'abc'
>>> try:
...     a += 1
... except :
...     print("problem" )
...
problem
```

Syntaxe

Structure de contrôle - try except else finally

- Gestion des erreurs ou exceptions : try except else finally

```
>>> a = 'abc'
>>> try:
...     a += 1
... except IOError as e :
...     print("problem entrées sorties : " + str(e))
... except TypeError as e :
...     print("problem de types : " + str(e))
... finally:
...     print("Avec ou sans erreurs, on continue")
problem de types : cannot concatenate 'str' and 'int' objects
Avec ou sans erreurs, on continue
```

```
>>> a = 1
>>> try:
...     a += 1
... except IOError as e :
...     print("problem entrées sorties : " + str(e))
... except TypeError as e :
...     print("problem de types : " + str(e))
... else:
...     print("a = " + str(a))
... finally:
...     print("Avec ou sans erreurs, on continue")
a = 2
Avec ou sans erreurs, on continue
```

Syntaxe

Fonctions - Définition d'une fonction

- définition d'une fonction : "def" funcname "(" [parameter_list] ")" ":" suite
- indentation nécessaire pour le bloc d'instructions.

```
>>> def sayHello():
...     print("Hello")
...
>>> sayHello()
Hello
```

Syntaxe

Fonctions - passage de paramètres obligatoires

- Les arguments (dit args) sont définis entre parenthèse.
- args : obligatoires et ordonnés

```
>>> def sayHello(titre, prenom, nom):
...     print("Hello " + str(titre) + " " + str(prenom) + " " + str(nom))
...
>>> sayHello("détective privé de classe R", "John", "Difool")
Hello détective privé de classe R John Difool
```

```
>>> sayHello()
Traceback (most recent call last):
  File "<stdin>", line 1, in <module>
TypeError: sayHello() takes exactly 3 arguments (0 given)
```

Syntaxe

Fonctions - passage de paramètres optionnels

- arguments mots clés (keywords arguments dits kwargs) non obligatoires.
- args avant les kwargs
- kwargs : optionnels et non ordonnés

```
>>> def sayHello(titre, prenom="", nom=""):
...     print("Hello " + str(titre) + " " + str(prenom) + " " + str(nom))
...
>>> sayHello("old")
Hello old
>>> sayHello("old", prenom="Nick")
Hello old Nick
>>> sayHello("old", "Tom", "Bombadil")
Hello old Tom Bombadil
>>> sayHello("old", nom="Bombadil", prenom="Tom")
Hello old Tom Bombadil
>>> sayHello(nom="Bombadil")
Traceback (most recent call last):
  File "<stdin>", line 1, in <module>
TypeError: sayHello() takes at least 1 argument (1 given)
>>> sayHello("old", nom="Bombadil", "Tom")
  File "<stdin>", line 1
SyntaxError: non-keyword arg after keyword arg
```

Syntaxe

Fonctions - renvoi de valeurs

- renvoi de valeurs : return

```
>>> def fun(x):
...     y = 2 * x
...     return y
...
>>> fun(3)
6
```

```
>>> def fun(x):
...     y1 = x
...     y2 = 2 * x
...     y3 = 3 * x
...     name = "1, 2, 3 * " + str(x) + " = "
...     return name, y1, y2, y3 # the tuple (name, y1, y2, y3)
...
>>> fun(3)
('1, 2, 3 * 3 = ', 3, 6, 9)
>>> (name, y1, y2, y3) = fun(3)
>>> name, y1, y2, y3 = fun(3)
```

Syntaxe

Fonctions - autres spécificités

- bloc vide : pass
- None values
- variables de fonctions

```
>>> def fonctionQuiNeFaitRienEtQuiAUnNomHorribleMaisDescriptif(x):
...     pass
...
>>> def fonctionQuiNeFaitRienEtQuiAUnNomHorribleMaisDescriptif(x):
...     return
...
>>> def fonctionQuiNeFaitRienEtQuiAUnNomHorribleMaisDescriptif(x):
...     return None
...
>>> a = fonctionQuiNeFaitRienEtQuiAUnNomHorribleMaisDescriptif(3)
>>> a == None
True
>>> pfff = fonctionQuiNeFaitRienEtQuiAUnNomHorribleMaisDescriptif
>>> pfff(1)
>>> pfff("abc")
>>> pfff
<function fonctionQuiNeFaitRienEtQuiAUnNomHorribleMaisDescriptif at 0x2d49b0>
```




Syntaxe

Objets - Notion de programmation orientée objet

- Un objet possède :
  - des *propriétés* ou *attributs*, variables spécifiques à l'objet.
  - des *méthodes*, fonctions qui permettent de communiquer entre objets ou avec l'extérieur.
- Un objet appartient à une classe, *un objet est une instance de classe.*

```
3 canards : riri, fifi, loulou

classe Canard :
propriétés, attributs : 2 pattes, 2 ailes, état d'activité
méthodes : manger, chanter, ne rien faire.

Canard :
 à 2 pattes
 à 2 ailes
 statut par défaut : ne fait rien

 mange(aliments)
  vérification aliments : herbivore, carnivore occasionnel

 chante()
  génère un son qui fait "couin couin"

 ne fait rien()
```




Syntaxe

Objets : définition en Python

- Définition d'une nouvelle : "class" classname ":" suite
- par convention, majuscule pour la première lettre de classname : Canard
- propriétés : variables avec une valeur par défaut.
- méthodes : fonctions avec le premier argument l'objet lui même par convention 'self'

```
>>> class Canard:
...     pattes = 2
...     ailes = 2
...     status = "en attente"
...     def mange(self, aliment):
...         self.status = "mange"
...         if aliment in {"grain", "feuille", "fleur", "tige", "racine"}:
...             print("miam")
...         elif aliment in {"ver", "insecte", "friture"}:
...             print("j'avais faim")
...         else :
...             print("non merci")
...     def chante(self):
...         self.status = "chante"
...         print("couin couin")
...     def expecte(self):
...         self.status = "en attente"
```

Syntaxe

Objets : définition des attributs et méthodes spéciales

- `__init__` : création lors de l'instanciation. Il est conseillé d'initialiser les attributs dans ce bloc.
- `__...__` : attributs spéciaux ou méthodes spéciales (special atributes, special méthods), reconnues par Python.

```
...
...     def __init__(self):
...         self.pattes = 2
...         self.ailes = 2
...         self.status = "en attente"
...     def __del__(self):
...         print('arrrggghhhh')
...     def __add__(self, canard2):
...         canard_fils = Canard()
...         canard_fils.pattes = int(self.pattes + canard2.pattes / 2)
...                 return canard_fils
...
```

Syntaxe

Objets : instanciation et usage

- instanciation : objet = Classname()
- propriétés obtenues par : object.property (cf structure en C)
- méthodes obtenues par : object.method(argument)

```
>>> riri = Canard()
>>> riri
<__main__.Canard instance at 0x2c8760>
>>> fifi = Canard()
>>> loulou = Canard()
>>> riri.ailes
2
>>> riri.status
en attente
>>> riri.chante()
couin couin
>>> loulou.mange("grain")
miam
>>> riri.status, loulou.status, fifi.status
('chante', 'mange', 'en attente')
>>> fifi.expecte()
0
>>> dir(riri)
[..., 'ailes', 'chante', 'espere', 'mange', 'pattes',
'status']
```

Syntaxe

Objets : méthodes spéciales

- destruction : del(instance)

```
>>> rilou = riri + loulou
>>> rilou.pattes
3
>>> del(rilou)
arrrggghhhh
```

Syntaxe

Objets : exemple avec des nombres

- En python toutes les variables sont des objets.

```
>>> a = 123
>>> dir(a)
['__abs__', '__add__', '__and__', '__bool__', '__ceil__', '__class__',
'__delattr__', '__dir__', '__divmod__', '__doc__', '__eq__', '__float__',
'__floor__', '__floordiv__', '__format__', '__ge__', '__getattribute__',
'__getnewargs__', '__gt__', '__hash__', '__index__', '__init__', '__int__',
'__invert__', '__le__', '__lshift__', '__lt__', '__mod__', '__mul__', '__ne__',
'__neg__', '__new__', '__or__', '__pos__', '__pow__', '__radd__', '__rand__',
'__rdivmod__', '__reduce__', '__reduce_ex__', '__repr__', '__rfloordiv__',
'__rlshift__', '__rmod__', '__rmul__', '__ror__', '__round__', '__rpow__',
'__rrshift__', '__rshift__', '__rsub__', '__rtruediv__', '__rxor__',
'__setattr__', '__sizeof__', '__str__', '__sub__', '__subclasshook__',
'__truediv__', '__trunc__', '__xor__', 'bit_length', 'conjugate', 'denominator',
'from_bytes', 'imag', 'numerator', 'real', 'to_bytes']
>>> type(a)
<class 'int'>
>>> a.real
123
>>> a.bit_length()
7
```

Syntaxe

Objets : exemple avec les listes et les tuples

```
>>> a = [1, 2, 3, 1, 2]
>>> dir(a)
[..., 'append', 'clear', 'copy', 'count', 'extend', 'index', 'insert', 'pop',
'remove', 'reverse', 'sort']
>>> type(a)
<class 'list'>
>>> a.append(3)
>>> a
[1, 2, 3, 1, 2, 3]
>>> a.pop()
>>> a
[1, 2, 3, 1, 2]
```

```
>>> a = (1, 2, 3, 1, 2)
>>> dir(a)
[..., 'count', 'index']
>>> type(a)
<class 'tuple'>
>>> a.count(1)
2
>>> a.index(1)
0
```

Syntaxe

Objets : exemple avec les chaînes de caractères

```
>>> a = "abc.def"
>>> dir(a)
[..., 'capitalize', 'casefold', 'center', 'count', 'encode', 'endswith',
'expandtabs', 'find', 'format', 'format_map', 'index', 'isalnum', 'isalpha',
'isdecimal', 'isdigit', 'isidentifier', 'islower', 'isnumeric', 'isprintable',
'isspace', 'istitle', 'isupper', 'join', 'ljust', 'lower', 'lstrip',
'maketrans', 'partition', 'replace', 'rfind', 'rindex', 'rjust', 'rpartition',
'rsplit', 'rstrip', 'split', 'splitlines', 'startswith', 'strip', 'swapcase',
'title', 'translate', 'upper', 'zfill']
>>> a.upper()
ABC.DEF
>>> a.index('.')
3
>>> (head, sep, tail) = a.partition('.')
('abc', '.', 'def')
>>> (head, sep, tail) = a.partition('.')
>>> head
'abc'
```




Module

Exécution dans le shell

- Enregistrement du code dans un fichier module1.py
- Contient des définitions des classes ou de fonctions, des scripts, une documentation (docstring).
- Exécution du code dans le shell : python module1.py

```
def f1(x):
    y = 10 * x
    return y
def f2(x):
    y = 100 * x
    return y
x = 3
y1 = f1(x)
y2 = f2(x)
print("(x, y1, y2) : " + str((x, y1, y2)))
```

```
~/python/example/module> python module1.py
(x, y1, y2) : (3, 30, 300)
```

Module

Importation de code : import

- Importation du code dans la console ou dans un autre module : import
- Variante en modifiant l'espace de nom (namespace) : import ... as fun

```
import module1
x = 4
y1 = module1.f1(x)
y2 = module1.f2(x)
print("from import -> (x, y1, y2) : " + (x, y1, y2))
```

```
(x, y1, y2) : (3, 30, 300)
from import -> (x, y1, y2) : (4, 40, 400)
```

```
import moduleQuiAUnNomBeaucoupTropLong as myMod
x = 4
y1 = myMod.f1(x)
y2 = myMod.f2(x)
```

Module

Importation de code : import

- importation spécifique d'une ou plusieurs fonctions : from ... import (f1, f2) ; from ... import (f1 as fun1, f2 as fun2) ; from ... import f1 as fun1, f2 as fun2
- from ... import *

```
>>> from module1 import f1
>>> f1(5)
50
```

```
>>> from module1 import f1 as fois10
>>> fois10(5)
50
```

```
>>> from module1 import *
>>> dir()
[..., 'f1', 'f2', 'x', 'y1', 'y2']
```

```
>>> import module1
>>> dir()
[..., 'module1']
>>> type(module1)
<class 'module'>
>>> dir(module1)
[..., 'f1', 'f2', 'x', 'y1', 'y2']
```

Module

Importation ou exécution de code

- attribut special : '__name__'

```
print("Affichage en import ou en exécution")
print("__name__ : " + str(__name__))

if (__name__ == "__main__"):
    print("Que si executé de l'extérieur")
```

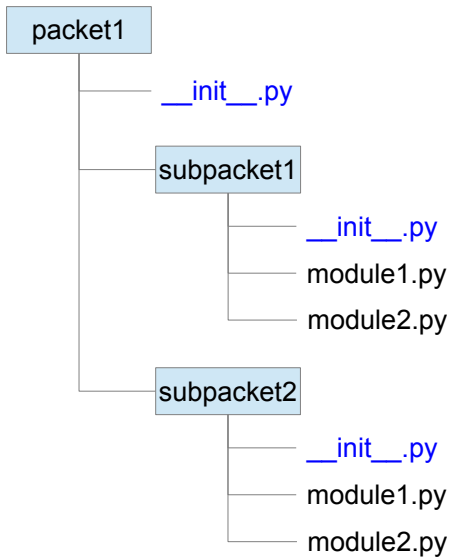
```
>>> import moduleMain
Affichage en import ou en exécution
__name__ : moduleMain
```

```
~/python/example/module> python moduleMain.py
Affichage en import ou en exécution
__name__ : __main__
```

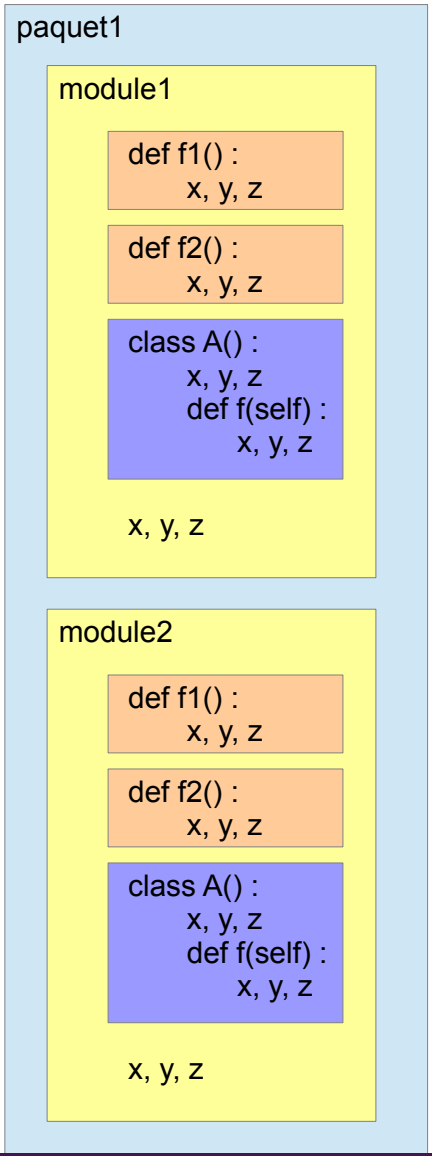
Paquet

- Un dossier contenant :
  - des modules
  - un fichier '__init__.py', vide ou non.
- possibilité de faire des sous-paquets.

```
>>> from packet1.subpacket1 import module1 as mod1
```



Portée



- paquet, module, def, class : chaque niveau à sa portée (scope).
- Attention à l'espace des noms (namespace) : par exemple, f1 est disponible dans module1 et module2.

```
>>> import paquet1
>>> x = 10
>>> a1 = paquet1.module1.A()
>>> a2 = paquet1.module2.A()
>>> a2.f()
>>> resF1 = paquet1.module1.f1(x)
>>> resF2 = paquet1.module2.f2(x)
>>> from paquet1.module1 import * # A EVITER
>>> resF1 = f1(x)
```

Standard library

- Un ensemble de paquets et modules sont déjà livrés avec Python (Battery included) : math, os, sys, datetime ...
- Avant de recoder quelque chose, vérifier si cela existe dans la documentation : 'The Python Library Reference'.



Exemple

Math

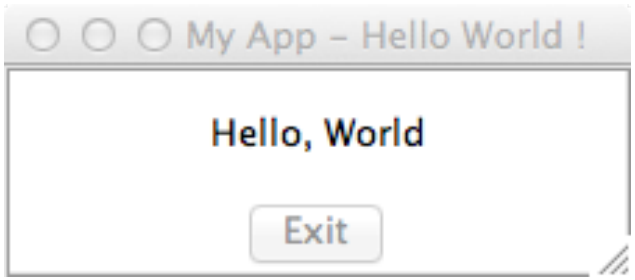
```
>>> import math
>>> dir(math)
['__doc__', '__file__', '__loader__', '__name__', '__package__', '__spec__',
'acos', 'acosh', 'asin', 'asinh', 'atan', 'atan2', 'atanh', 'ceil', 'copysign',
'cos', 'cosh', 'degrees', 'e', 'erf', 'erfc', 'exp', 'expm1', 'fabs',
'factorial', 'floor', 'fmod', 'frexp', 'fsum', 'gamma', 'gcd', 'hypot', 'inf',
'isclose', 'isfinite', 'isinf', 'isnan', 'ldexp', 'lgamma', 'log', 'log10',
'log1p', 'log2', 'modf', 'nan', 'pi', 'pow', 'radians', 'sin', 'sinh', 'sqrt',
'tan', 'tanh', 'trunc']
>>> math.cos(math.pi/3)
0.5000000000000001
```

Exemple

Graphical User Interface / GUI

- interface graphique pour Tk (tkinter), GTK (PyGTK), wxWidgets (wxPython), Qt (PyQt).

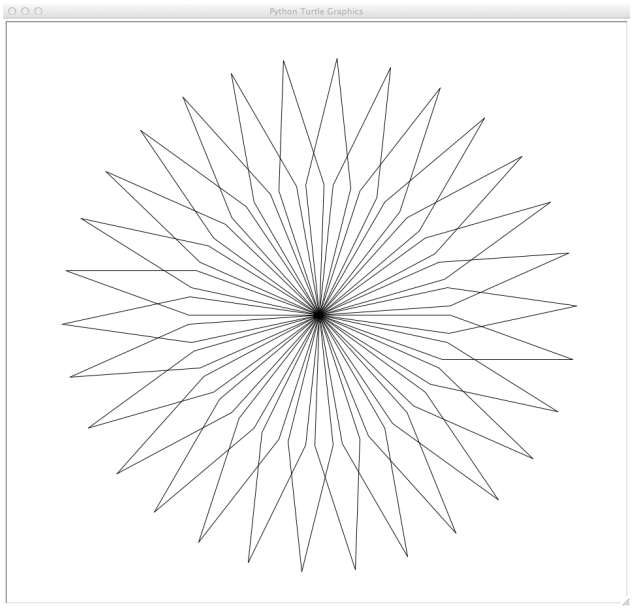
```
>>> import tkinter
>>> from tkinter.constants import *
>>> tk = tkinter.Tk()
>>> tk.title("My App - Hello World !")
>>> frame = tkinter.Frame(tk, relief=RIDGE, borderwidth=2)
>>> frame.pack(fill=BOTH,expand=1)
>>> label = tkinter.Label(frame, text="Hello, World")
>>> label.pack(fill=X, expand=1)
>>> button = tkinter.Button(frame,text="Exit",command=tk.destroy)
>>> button.pack(side=BOTTOM)
>>> tk.mainloop()
```



Exemple

Graphical User Interface / GUI

```
>>> import turtle
>>> for i in range(30):
...     turtle.forward(200)
...     turtle.rt(20)
...     turtle.forward(200)
...     turtle.rt(160)
...     turtle.forward(200)
...     turtle.rt(20)
...     turtle.forward(200)
...     turtle.rt(172)
...
```



Exemple

Base de données

```
>>> import sqlite3
>>> db = sqlite3.connect("myDB.sq3")
>>> cur = db.cursor()
>>> cur = cur.execute("CREATE TABLE membres
    (nom TEXT, prenom TEXT, institut TEXT)")
>>> cur = cur.execute("INSERT INTO membres(nom,prenom,institut)
    VALUES('Michel','Olivier','INPG')")
>>> cur = cur.execute("INSERT INTO membres(nom,prenom,institut)
    VALUES('Brossier','Jean-Marc','UJF')")
>>> cur = cur.execute("INSERT INTO membres(nom,prenom,institut)
    VALUES('Amblard','Pierre-Olivier','CNRS')")
>>> db.commit()
>>> cur = cur.execute("SELECT * FROM membres WHERE institut = 'CNRS'")
>>> list(cur)
[(u'Amblard', u'Pierre-Olivier', u'CNRS')]
>>> db.close()
```

Documentation

docstrings

- Commentaires : ligne qui commence par #
- Texte de documentation (Docstring): *Une chaîne de caractère qui apparaît comme première expression dans un module, une fonction ou une classe.*
- """ """ recommandé (see PEP257 : `http://www.python.org/dev/peps/pep-0257/`)

```
def times(x, y):
    """
    Multiply x by y

    Compute z = x * y

    Input parameters
    x and y, any numbers

    Output parameters
    z

    Copyright 2013 G. Becq, Gipsa-lab, UMR 5216, CNRS.
    """
    return x * y
```

Documentation

docstrings – exemple

- Première ligne est un résumé suivi d'une ligne vide.
- Première ligne vide et indentation seront effacées.

```
# -*- encoding:utf-8 -*-
"""
Module pour tester les docstrings.

Contient deux fonctions et une classe.
Ne fait rien.

Copyright 2013 G. Becq, Gipsa-lab, UMR 5216, CNRS.
"""

def fun1():
    """
    fun1 c'est bien.

    Fonction sans parametres
    Ne fait rien.
    """
    print("blah blah")
    """
    Ce texte ne sera pas visible
    """
    print("blah blah")
    "Ce texte non plus, les declarations vides non plus"
    1
```

Documentation

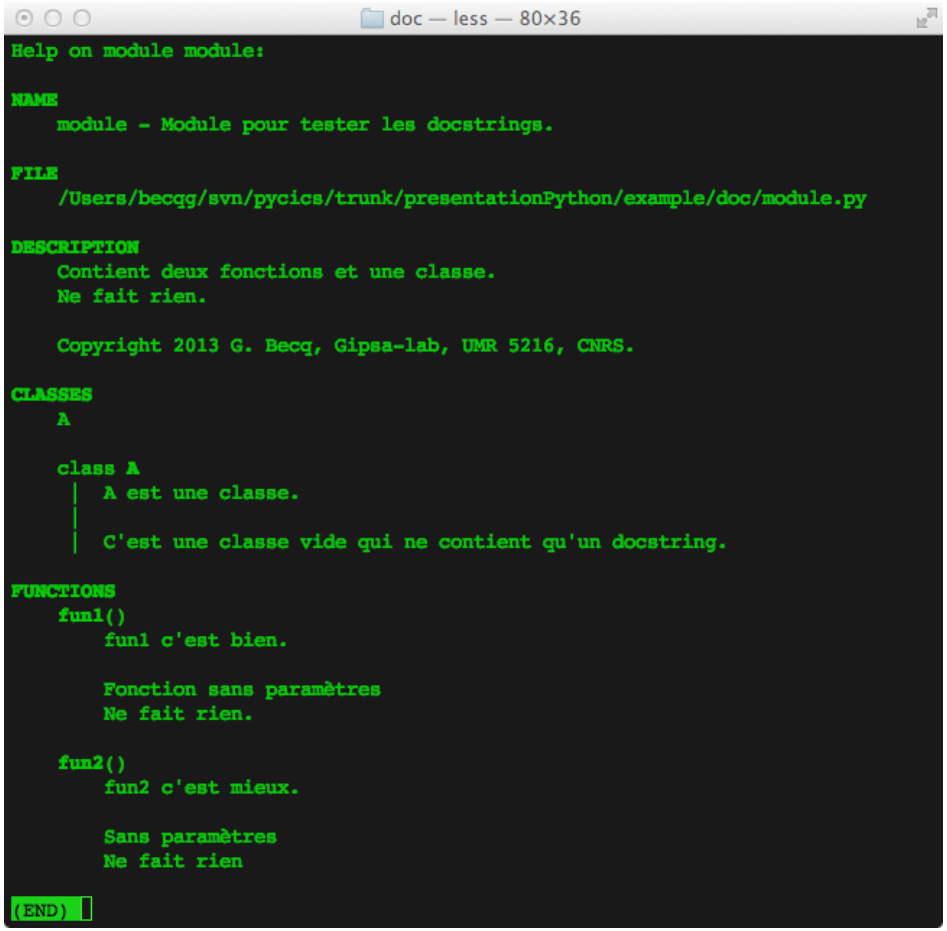
docstrings – exemple

```
def fun2():
    """
    fun2 c'est mieux.

    Sans parametres
    Ne fait rien
    """
    return

class A():
    """
    A est une classe.

    C'est une classe vide qui ne contient qu'un docstring.
    """
```

Documentation

help

- Génération automatique de documentation : help(nomDuModule)



Documentation

pydoc

- Dans le shell 'pydoc -g', lance un serveur de documentation accessible via un navigateur.
- 'pydoc' génère aussi d'autres sorties.

Packaging

- Repose sur *distutils* de la bibliothèque standard.
- Créer un fichier 'setup.py' qui contient des metadonnées.

```
from distutils.core import setup
setup(name="distrib1",
    description="une distribution de démos",
    version="1.0",
    author="Guillaume Becq",
    author_email="guillaume.becq@gipsa-lab.grenoble-inp.fr",
    url="http://example.org",
    py_modules=["module1", "module2"],
    )
```

Packaging

- Distribution : fichier compressé de type 'zip' ou '.tar.gz'
- Exécuter dans un terminal "python setup.py sdist"
- Génère :
  - un dossier 'dist' : contenant la distribution.
  - un fichier MANIFEST : liste des fichiers inclus dans le paquet.
- possibilité d'utiliser MANIFEST.in pour dire quels fichiers à inclure.
- Faire un README.txt sinon warning.

```
~/myPackage> python setup.py sdist
writing manifest file 'MANIFEST'
creating packet1-1.0
making hard links in packet1-1.0...
hard linking setup.py -> packet1-1.0
creating dist
Creating tar archive
removing 'packet1-1.0' (and everything under it)
~/myPackage> cd dist
~/myPackage/dist> ls
packet1-1.0.tar.gz
```



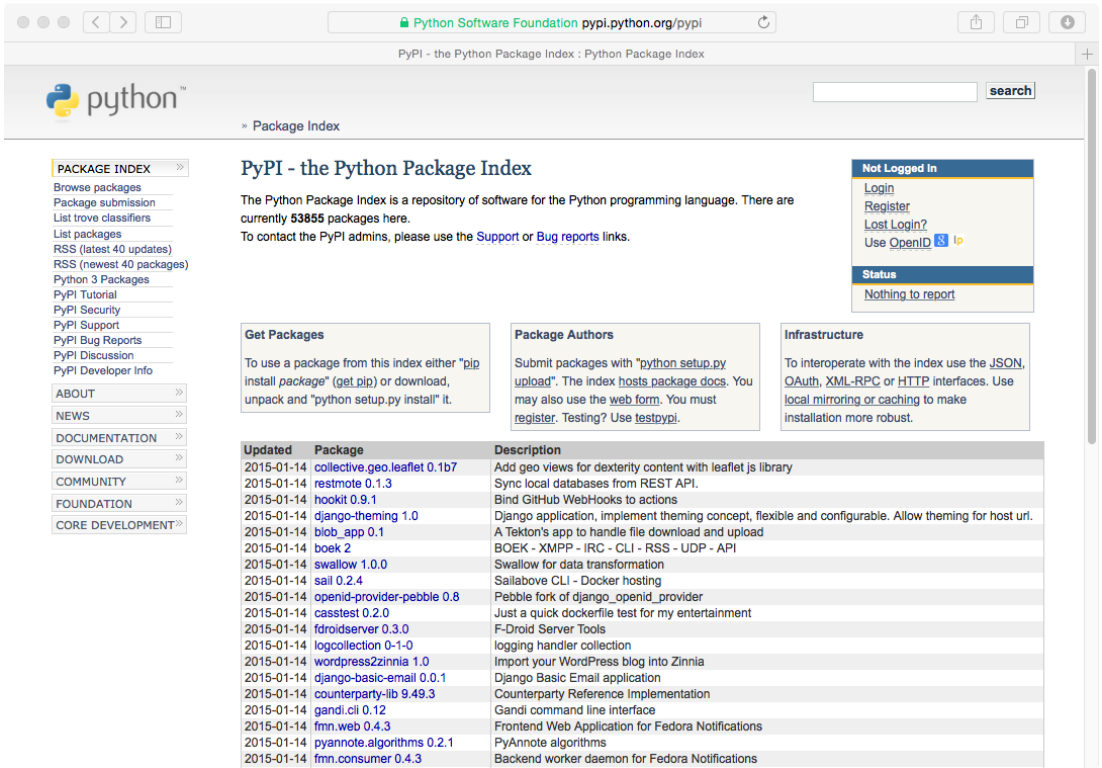

Installation des paquets

- Décompresser le paquet : il existe une bibliothèque 'tarfile' dans la librairie standard de Python qui permet de décompresser les fichiers 'tar'.
- Exécuter dans un terminal : "python setup.py"
- L'installation se fait dans "PYTHONHOME/site-packages".

```
~/tempdir/packageToInstall> python setup.py install
```

Python Package Index

- Python Package Index : PyPI
  `https://pypi.python.org/pypi`
- Base de données de paquets disponibles.



Installation des paquets

- A la base **distutils**, ne gère pas les dépendances : python setup.py
- **setuptools** : introduit la commande 'easy_install' qui opère sur de fichers 'egg': easy_install example.egg
- setuptools a généré **distribute** qui gère les dépendances.
- **pip** : remplace 'easy_install' : "pip install paquetExample"

Outline

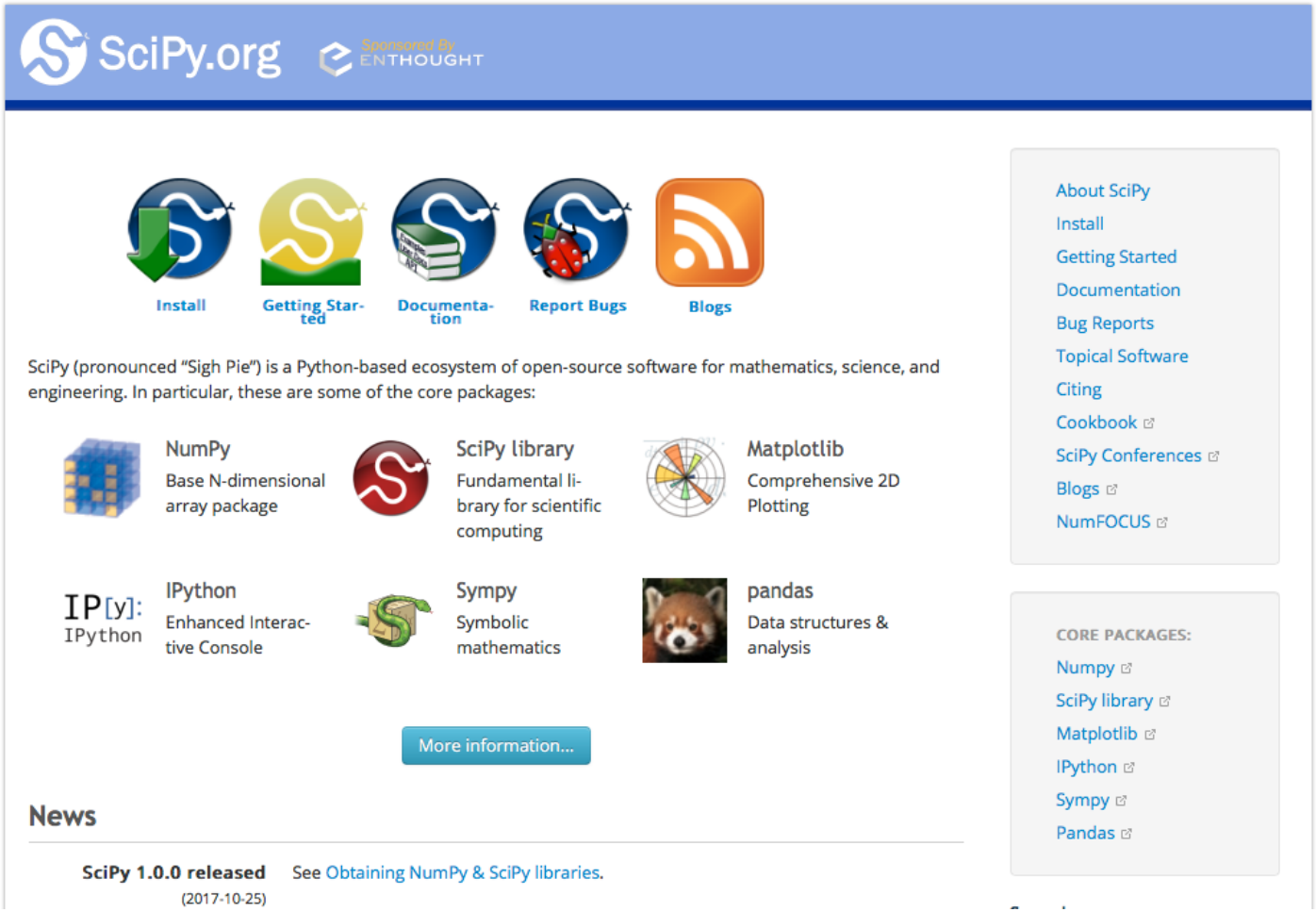


Quelques Paquets et Outils Scientifiques

- SciPy : Scientific Python
  - Numpy
  - SciPy library
  - Matplotlib
  - Pandas
  - IPython -> Jupyter notebook
- Scikit-learn : machine learning.
- Mayavi : objets 3D avancés
- ...

SciPy

- `http://www.scipy.org/`



Numpy

-  http://www.numpy.org
- *NumPy is the fundamental package for scientific computing with Python*

```
>>> import numpy
>>> help(numpy)

Help on package numpy:

NAME
    numpy

DESCRIPTION
    NumPy
    =====

    Provides
      1. An array object of arbitrary homogeneous items
      2. Fast mathematical operations over arrays
      3. Linear Algebra, Fourier Transforms, Random Number Generation
...
```

N-dimensional array Object

- N-dimensional array : ndarray
- Création d'un tableau vide et réservation de l'espace (empty)
- Accès aux éléments : A[i, j, . . .]
- indices de 0 à $n-1$
- indices négatifs de $-n$ à -1

```
>>> A = numpy.empty((2, 2))
>>> print(A)
[[ -1.28822975e-231   2.68678092e+154]
 [  2.24497156e-314   2.24499315e-314]]
>>> A[0, 0] = 1
>>> A[1, 0] = 2
>>> A[0, 1] = 11
>>> A[1, 1] = 12
>>> print(A)
[[  1.   2.]
 [ 11.  12.]]
>>> type(A)
<class 'numpy.ndarray'>
>>> A[-1, -2] = 11
```

N-dimensional array Object

- Rappel : accès aux propiétés et méthodes (dir)

```
>>> dir(A)
['T', ..., 'all', 'any', 'argmax', 'argmin', 'argpartition', 'argsort',
'astype', 'base', 'byteswap', 'choose', 'clip', 'compress', 'conj', 'conjugate',
'copy', 'ctypes', 'cumprod', 'cumsum', 'data', 'diagonal', 'dot', 'dtype',
'dump', 'dumps', 'fill', 'flags', 'flat', 'flatten', 'getfield', 'imag', 'item',
'itemset', 'itemsize', 'max', 'mean', 'min', 'nbytes', 'ndim', 'newbyteorder',
'nonzero', 'partition', 'prod', 'ptp', 'put', 'ravel', 'real', 'repeat',
'reshape', 'resize', 'round', 'searchsorted', 'setfield', 'setflags', 'shape',
'size', 'sort', 'squeeze', 'std', 'strides', 'sum', 'swapaxes', 'take',
'tobytes', 'tofile', 'tolist', 'tostring', 'trace', 'transpose', 'var', 'view']
```

N-dimensional array Object

Attributs sur la forme du tableau

- Forme du tableau (shape), c'est un tuple.
- Nombre de dimension (ndim)
- Type des éléments (dtype)
- Taille du tableau (size), c'est le nombre de cellules totales.

```
>>> A.shape
(2, 2)
>>> (nRow, nCol) = A.shape
>>> nRow = A.shape[0]
>>> nCol = A.shape[1]
>>> A.ndim
2
>>> A.dtype
dtype('float64')
>>> A.size
4
```

N-dimensional array Object

Changement de forme

- Pour changer la forme (reshape)
- Transposition (T)

```
>>> B = A.reshape((4, 1))
array([[  1.],
       [  2.],
       [ 11.],
       [ 12.]])
>>> B.ndim
2
>>> B.size
4
>>> B.T
array([[ 1.,   2.,  11.,  12.]])
```

N-dimensional array Object

Vues et copies de tableaux

- Les éléments de B sont les mêmes que ceux de A, seule la forme change. On a une vue de l'objet (view).
- Si on veut une copie : méthode copy(), numpy.copy().

```
>>> B[0, 0] = 21
>>> print(A[0, 0], B[0, 0])
21.0 21.0
>>> B[1, 0]
>>> C = A.copy()
>>> C[0, 0] = 31
>>> print(A[0,0], C[0,0])
(21.0, 31.0)
```

N-dimensional array Object

Création de tableaux

- tableau vide et réservation de l'espace (empty).
- initialisation à zeros (zeros) ou avec des uns (ones).
- tableau identité (eye) avec la dimension.
- à partir de listes (array) ou suivant une étendue (arange).

```
>>> A = numpy.zeros((2, 4))
>>> print(A)
[[ 0.  0.  0.  0.]
 [ 0.  0.  0.  0.]]
>>> A = numpy.ones((3, 2))
>>> print(A)
[[ 1.  1.]
 [ 1.  1.]
 [ 1.  1.]]
>>> A = numpy.eye(2)
>>> print(A)
[[ 1.  0.]
 [ 0.  1.]]
>>> A = numpy.array([[1, 2], [11, 12]])
>>> print(A)
[[ 1  2]
 [11 12]]
>>> print(numpy.arange(0.5, 1.7, 0.1))
[ 0.5  0.6  0.7  0.8  0.9  1.   1.1  1.2  1.3  1.4  1.5  1.6]
```

N-dimensional array Object

Types

- Définition du type à la création
- Changement de type (astype)
- Multiplication ou addition avec un scalaire typé.

```
>>> A = numpy.array([[1, 2], [11, 12]])
>>> print(A.dtype)
int64
>>> A = numpy.array([[1., 2], [11, 12]])
>>> print(A.dtype)
float64
>>> A = numpy.array([[1, 2], [11, 12]], dtype="float")
>>> print(A.dtype)
float64
>>> A = A.astype("complex")
>>> print(A)
[[  1.+0.j   2.+0.j]
 [ 11.+0.j  12.+0.j]]
>>> A = numpy.array([[1, 2], [11, 12]]) * 1.
>>> print(A.dtype)
float64
```

N-dimensional array Object

Additions, soustractions, multiplications sur les tableaux

- Addition, soustraction de tableaux ou d'un scalaire (+, -)
- Multiplication par un scalaire (*)
- Produit élément par élément (*)

```
>>> A = numpy.array([[1, 2], [11, 12]])
>>> B = numpy.array([[3, 4], [13, 14]])
>>> print(A + 10)
[[ 11.  12.]
 [ 21.  22.]]
>>> print(A + B)
[[  4.   6.]
 [ 24.  26.]]
>>> print(A * 10)
[[  10.   20.]
 [ 110.  120.]]
>>> print(A * B)
[[   3.    8.]
 [ 143.  168.]]
>>> C = numpy.ones((10, ))
>>> print(A * C)
Traceback (most recent call last):
  File "<stdin>", line 1, in <module>
ValueError: operands could not be broadcast together with shapes (2,2) (10)
```

N-dimensional array Object

Produit scalaire

- Produit scalaire (dot)
- See also numpy.dot : en général, pour chaque méthode associée à un ndarray, il existe une fonction équivalente dans numpy.

```
>>> A = numpy.array([[1, 2], [11, 12]])
>>> B = numpy.array([[3, 4], [13, 14]])
>>> print(A.dot(B))
[[  29.   32.]
 [ 189.  212.]]
>>> print(numpy.dot(A, B))
[[  29.   32.]
 [ 189.  212.]]
>>> C = numpy.ones((10, ))
>>> print(A.dot(C))
Traceback (most recent call last):
  File "<stdin>", line 1, in <module>
ValueError: matrices are not aligned
>>>
```

N-dimensional array Object

Division

- Division par un scalaire (/)
- Division éléments par éléments (/)

```
>>> A = numpy.array([[1, 2], [11, 12]])
>>> B = numpy.array([[3, 4], [13, 14]])
>>> print(A / 2)
[[ 0.5  1. ]
 [ 5.5  6. ]]
>>> print(A / B)
[[ 0.33333333  0.5       ]
 [ 0.84615385  0.85714286]]
```

N-dimensional array Object

Autres méthodes

- max, min, sum, mean, std, cumsum, cumprod . . . sur tous les éléments ou sur une dimension particulière (kwarg axis).

```
>>> A = numpy.ones((2, 3, 4))
>>> print(A)
[[[ 1.  1.  1.  1.]
  [ 1.  1.  1.  1.]
  [ 1.  1.  1.  1.]]

 [[ 1.  1.  1.  1.]
  [ 1.  1.  1.  1.]
  [ 1.  1.  1.  1.]]]
>>> print(A.cumsum())
[  1.   2.   3.   4.   5.   6.
7.   8.   9.  10.  11.  12.  13.
14.  15.  16.  17.  18.  19.  20.
21.  22.  23.  24.]
>>> print(A.cumsum(axis=0))
[[[ 1.  1.  1.  1.]
  [ 1.  1.  1.  1.]
  [ 1.  1.  1.  1.]]

 [[ 2.  2.  2.  2.]
  [ 2.  2.  2.  2.]
  [ 2.  2.  2.  2.]]]
```

```
>>> print(A.cumsum(axis=1))
[[[ 1.  1.  1.  1.]
  [ 2.  2.  2.  2.]
  [ 3.  3.  3.  3.]]

 [[ 1.  1.  1.  1.]
  [ 2.  2.  2.  2.]
  [ 3.  3.  3.  3.]]]
>>> print(A.cumsum(2))
[[[ 1.  2.  3.  4.]
  [ 1.  2.  3.  4.]
  [ 1.  2.  3.  4.]]

 [[ 1.  2.  3.  4.]
  [ 1.  2.  3.  4.]
  [ 1.  2.  3.  4.]]]
```

N-dimensional array Object

Fonctions universelles et constantes

- Fonction universelle (universal function, ufunc) : fonction qui opère sur tous les éléments du tableau, un par un.
- Quelques constantes : pi, e, euler_gamma, inf, nan.

```
>>> pi = numpy.pi
>>> A = numpy.deg2rad(numpy.array([[30 / num, 60], [45, 90]]))
>>> B = numpy.cos(A)
>>> print(B)
[[  8.66025404e-01   5.00000000e-01]
 [  7.07106781e-01   6.12323400e-17]]
>>> B[1, 1] = numpy.nan
>>> print(numpy.isfinite(B))
[[ True  True]
 [ True False]]
```

N-dimensional array Object

Sélection de sous-tableaux

- découpage, slicing, comme pour les séquences.
- ellipse (ellipsis, . . .)

```
>>> A = numpy.array([[1, 2, 3, 4], [11, 12, 13, 14]])
>>> print(A)
[[ 1  2  3  4]
 [11 12 13 14]]
>>> print(A[1, :])
[11 12 13 14]
>>> print(A[:, 1:3])
[[ 2  3]
 [12 13]]
>>> A = numpy.arange(24).reshape((2, 3, 4))
>>> print(A[0, ...])
[[ 0  1  2  3]
 [ 4  5  6  7]
 [ 8  9 10 11]]
```

N-dimensional array Object

Sélection de sous-tableaux

- Comparaison et opérateurs logiques
- Opérations logiques pour sélectionner des éléments (voir aussi advanced indexing + masking)
- Récupérer les indices (where)

```
>>> A = numpy.array([[1, 2, 3, 4], [11, 12, 13, 14]])
>>> print(A)
[[ 1  2  3  4]
 [11 12 13 14]]
>>> B = A > 2
>>> print(B)
[[False False  True  True]
 [ True  True  True  True]]
>>> print(A[B])
[ 3  4 11 12 13 14]
>>> indices = numpy.where(B)
>>> print(indices[0])
array([0, 0, 1, 1, 1, 1])
>>> print(indices[1])
array([2, 3, 0, 1, 2, 3])
>>> (i, j) = numpy.where(A > 2)
```

N-dimensional array Object

Concaténations

- Concaténation verticale (vstack, r_[])
- Concaténation horizontale (hstack, c_[])
- Concatenate (concatenate, kwarg axis)

```
>>> A = numpy.array([[1, 2], [11, 12]])
>>> B = numpy.array([[3, 4], [13, 14]])
>>> C = numpy.vstack((A, B)) # r_[A, B]
>>> print(C)
[[ 1  2]
 [11 12]
 [ 3  4]
 [13 14]]
>>> D = numpy.hstack((A, B, A, A)) # c_[A, B, A, A]
>>> print(D)
[[ 1  2  3  4  1  2  1  2]
 [11 12 13 14 11 12 11 12]]
>>> E = numpy.concatenate((A, B, A, A), axis=1)
>>> print(E)
[[ 1  2  3  4  1  2  1  2]
 [11 12 13 14 11 12 11 12]]
```

N-dimensional array Object

Structured Arrays

- Possibilité de mettre des éléments de types différents.
- Possibilité de tableaux structurés . . .

```
>>> A = numpy.array([["a", 1], ["b", 2]], dtype="object")
>>> print(A)
[['a' 1]
 ['b' 2]]
>>> print(A.dtype)
object

>>> A = numpy.array([(1, "abc"), (2, "def")], dtype=[("index", "int"),
        ("name", "S8")])
>>> print(A)
[(1, b'abc') (2, b'def')]
>>> A["index"]
array([1, 2])
>>> A["name"]
array([b'abc', b'def'],
      dtype='|S8')
```

Sauvegarde et lecture de données

- Enregistrement d'un tableau (save) dans un fichier ".npy"
- Enregistrement compressé de plusieurs tableaux (savez) au format ".npz"
- Lecture (load) des fichiers ".npy", ".npz"

```
>>> A = numpy.array([[1, 2], [11, 12]])
>>> numpy.save("save_A", A)
>>> del(A)
>>> A = numpy.load("save_A.npy")
>>> print(A)
[[ 1  2]
 [11 12]]
>>> A = numpy.array([[1, 2], [11, 12]])
>>> B = numpy.array([[21, 22], [31, 32]])
>>> numpy.savez("save_AB", tab1=A, B=B)
>>> del(A, B)
>>> data = numpy.load("save_AB.npz")
>>> print(data["tab1"])
[[ 1  2]
 [11 12]]
>>> print(data["B"])
[[21 22]
 [31 32]]
```

Sauvegarde et lecture de données txt

- Lecture de fichier texte ".txt" (load ou loadtxt)
- Enregistrement (savetxt)

```
>>> A = numpy.loadtxt("data.txt")
>>> A
array([[  1.,   2.,   3.,   4.,   5.],
       [ 11.,  12.,  13.,  14.,  15.],
       [ 21.,  22.,  23.,  24.,  25.]])
>>> numpy.savetxt("data.txt", A)
>>> numpy.savetxt("data.csv", A, delimiter=",", header="A, B, C, D, E")
```

Matrix

Définition

- Classe héritée de ndarray avec ndim = 2.

```
>>> help(numpy.matrix)
class matrix(numpy.ndarray)
 |  matrix(data, dtype=None, copy=True)
 |
 |  Returns a matrix from an array-like object, or from a string of data.
 |  A matrix is a specialized 2-D array that retains its 2-D nature
 |  through operations.  It has certain special operators, such as ``*``
 |  (matrix multiplication) and ``**`` (matrix power).
...
```

Matrix

Saisie

- Saisie directe de type ndarray avec des listes imbriquées.
- Possibilité de saisie type Matlab.

```
>>> A = numpy.matrix([[1, 2], [11, 12]])
>>> print(A)
[[ 1  2]
 [11 12]]
>>> type(A)
 <class 'numpy.matrixlib.defmatrix.matrix'>
>>> A = numpy.matrix("[1, 2, 3, 4; 11, 12, 13, 14]")
>>> print(A)
[[ 1  2  3  4]
 [11 12 13 14]]
```

Matrix

Multiplication et exposant

- Produit de matrices (*)
- Exposant de matrice (**)

```
>>> A = numpy.matrix([[1, 2], [11, 12]])
>>> B = numpy.matrix([[3, 4], [13, 14]])
>>> print(A * B)
[[ 29  32]
 [189 212]]
>>> print(A ** 2)
[[ 23  26]
 [143 166]]
```

Matrix

Opérateurs matriciels courants

- Transposition (T)
- Inversion (I)
- Opérateur Hermitien (H)

```
>>> A = numpy.matrix([[1, 2], [11, 12]])
>>> print(A)
[[ 1  2]
 [11 12]]
>>> print(A.T)
[[ 1 11]
 [ 2 12]]
>>> print(A.I)
print(A.I)
[[-1.2  0.2]
 [ 1.1 -0.1]]
>>> B = numpy.matrix([[1, 2+1j], [11+1j, 12]])
>>> print(B)
[[  1.+0.j   2.+1.j]
 [ 11.+1.j  12.+0.j]]
>>> print(B.H)
[[  1.-0.j  11.-1.j]
 [  2.-1.j  12.-0.j]]
```

Autres opérations d'algèbre linéaire

Sous paquet linalg

- Interface vers des bibliothèques d'algèbre linéaire (numpy.linalg).

```
>>> help(numpy.linalg)
...
    Linear algebra basics:
    - norm            Vector or matrix norm
    - inv             Inverse of a square matrix
    - solve           Solve a linear system of equations
    - det             Determinant of a square matrix
    - lstsq           Solve linear least-squares problem
    - pinv            Pseudo-inverse (Moore-Penrose)...
    - matrix_power    Integer power of a square matrix
    Eigenvalues and decompositions:
    - eig             Eigenvalues and vectors of a square matrix
    - eigh            Eigenvalues and eigenvectors of a Hermitian matrix
    - eigvals         Eigenvalues of a square matrix
    - eigvalsh        Eigenvalues of a Hermitian matrix
    - qr              QR decomposition of a matrix
    - svd             Singular value decomposition of a matrix
    - cholesky        Cholesky decomposition of a matrix
    Tensor operations:
    - tensorsolve     Solve a linear tensor equation
    - tensorinv       Calculate an inverse of a tensor
...
```

Autres paquets de numpy

```
>>> help(numpy)
...
    doc
        Topical documentation on broadcasting, indexing, etc.
    lib
        Basic functions used by several sub-packages.
    random
        Core Random Tools
    linalg
        Core Linear Algebra Tools
    fft
        Core FFT routines
    polynomial
        Polynomial tools
    testing
        Numpy testing tools
    f2py
        Fortran to Python Interface Generator.
    distutils
        Enhancements to distutils with support for
        Fortran compilers support and more.
...
```




Autres paquets de numpy

Random

- Sous paquet random : générateurs de nombres aléatoires.

```
>>> numpy.random.seed(0)
>>> A = numpy.random.randn(2, 3, 4)
>>> print(A)
[[[ 1.76405235  0.40015721  0.97873798  2.2408932 ]
  [ 1.86755799 -0.97727788  0.95008842 -0.15135721]
  [-0.10321885  0.4105985   0.14404357  1.45427351]]

 [[ 0.76103773  0.12167502  0.44386323  0.33367433]
  [ 1.49407907 -0.20515826  0.3130677  -0.85409574]
  [-2.55298982  0.6536186   0.8644362  -0.74216502]]]
```

Scipy library

Librairie scientifique

-  http://www.scipy.org/scipylib/index.html
- *It provides many user-friendly and efficient numerical routines such as routines for numerical integration and optimization.*

```
>>> import scipy
>>> help(scipy)
        ...
     cluster                      --- Vector Quantization / Kmeans
     fftpack                      --- Discrete Fourier Transform algorithms
     integrate                    --- Integration routines
     interpolate                  --- Interpolation Tools
     io                           --- Data input and output
     linalg                       --- Linear algebra routines
     linalg.blas                  --- Wrappers to BLAS library
     linalg.lapack                --- Wrappers to LAPACK library
     misc                         --- Various utilities that don't have
                                      another home.
     ndimage                      --- n-dimensional image package
     odr                          --- Orthogonal Distance Regression
     optimize                     --- Optimization Tools
     signal                       --- Signal Processing Tools
    ...
```

Scipy

- Optimisation, Intégration, Interpolation, Algèbre linéaire, Algèbre linaire creuse, Signal, Image, Statistiques, Fonctions spéciales (Γ, ψ)...

```
...
 sparse                          --- Sparse Matrices
 sparse.linalg                   --- Sparse Linear Algebra
 sparse.linalg.dsolve            --- Linear Solvers
 sparse.linalg.dsolve.umfpack    --- :Interface to the UMFPACK library:
                                     Conjugate Gradient Method (LOBPCG)
 sparse.linalg.eigen             --- Sparse Eigenvalue Solvers
 sparse.linalg.eigen.lobpcg      --- Locally Optimal Block Preconditioned
                                     Conjugate Gradient Method (LOBPCG)
 spatial                         --- Spatial data structures and algorithms
 special                         --- Special functions
 stats                           --- Statistical Functions
...
```

Scipy

lecture de fichiers Matlab

- Exemple, lectures de fichiers Matlab dans le subpackage io (scipy.io)

```
>>> import scipy.io
>>> data = scipy.io.loadmat('file.mat')
>>> data
{'__header__': b'MATLAB 5.0 MAT-file, Platform: MACI64,
        Created on: Tue Nov 14 14:40:01 2017', '__version__': '1.0',
    'B': array([[ 1,  2],
       [11, 21]], dtype=uint8), 'A': array([[ 1,  2,  3],
       [11, 12, 13]], dtype=uint8), '__globals__': []}
>>> data['A']
array([[ 1,  2,  3],
       [11, 12, 13]], dtype=uint8)
```

Matplotlib

- 

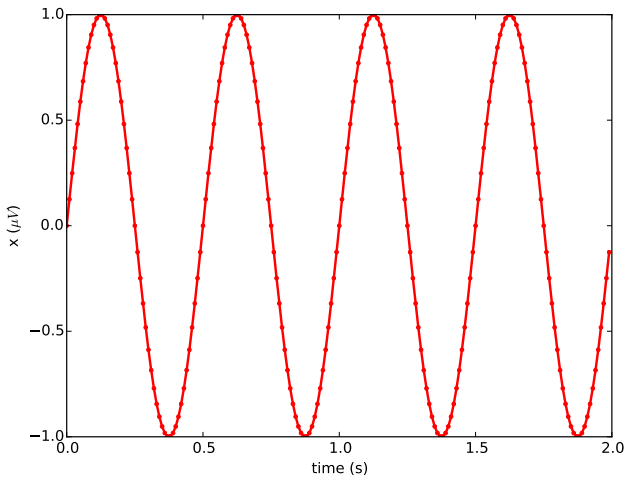
: `http://www.matplotlib.org`
- *matplotlib is a python 2D plotting library which produces publication quality figures in a variety of hardcopy formats and interactive environments across platforms.*
- Contient des classes : programmation orientée objets avec différents backends pour différentes interfaces graphiques, graphical user interfaces (GUI) : agg, gtk, qt, svg, ps, pdf...
- Contient des procédures pour faciliter l'accès à ces classes .

Matplotlib

pyplot

- Fonctions procédurales dans le sous-paquet pyplot (matplotlib.pyplot)

```
>>> import matplotlib.pyplot
>>> t = numpy.arange(0, 10, 0.01)
>>> x = numpy.sin(2 * numpy.pi * 3 * t)
>>> matplotlib.pyplot.plot(t, x)
>>> matplotlib.pyplot.xlabel("time (s)")
>>> matplotlib.pyplot.ylabel("x ($\mu V$)")
>>> matplotlib.pyplot.show()
```



Matplotlib

Saving figures

- Sauvegarde manuelle à partir de la fenêtre ouverte sur l'icône save.
- sauvegarde en ligne de commande (savefig) sans passage par un affichage à l'écran.

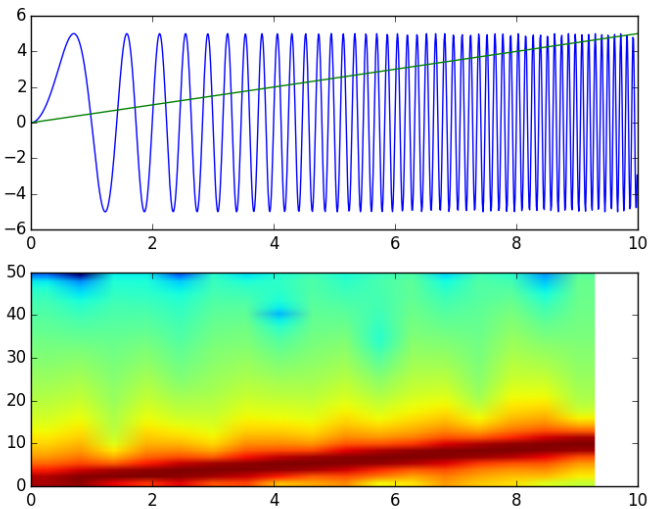
```
...
>>> matplotlib.pyplot.ylabel("x ($\mu V$)")
>>> # matplolib.pyplot.show()
>>> matplotlib.pyplot.savefig("./sinus.ps")
>>> matplotlib.pyplot.savefig("./sinus.pdf")
>>> matplotlib.pyplot.savefig("./sinus.svg")
>>> matplotlib.pyplot.savefig("./sinus.tiff")
>>> matplotlib.pyplot.savefig("./sinus.png")
>>> matplotlib.pyplot.savefig("./sinus.jpg")
```

Matplotlib

Pylab

- Fonctions à la Matlab dans le sous-paquet pylab (matplotlib.pylab)
- Beaucoup de fonctions (≈ 973) sous formes abrégées . . .

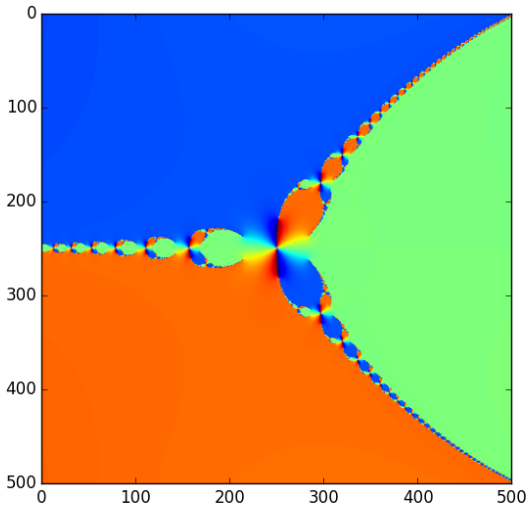
```
>>> import matplotlib.pylab as pylab
>>> len(dir(pylab))
973

>>> from pylab import *
>>> t = arange(0, 10, 0.01)
>>> f = arange(0, 5, 0.005)
>>> x = sin(2 * pi * f * t)
>>> subplot(2, 1, 1)
>>> plot(t, x * 5)
>>> plot(t, f)
>>> subplot(2, 1, 2)
>>> res = specgram(x, NFFT=64,
... Fs=100, noverlap=8)
>>> show()
```



Matplotlib

Pylab

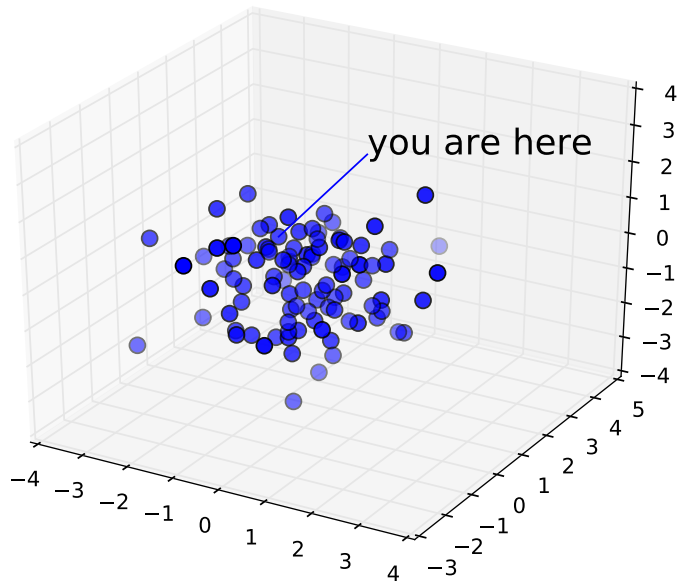
```
>>> (X, Y) = meshgrid(linspace(-2, 2,
... 500), linspace(-2, 2, 500))
>>> Z = X + Y * 1j
>>> for k in range(76):
...  Z -= (Z / 3 - 1) / (3 * Z ** 2)
>>> close("all")
>>> imshow(angle(Z))
>>> # savefig('/MonChemin/Lenom.pdf')
>>> show()
```



Matplotlib

Exemples en 3D

```
>>> import matplotlib.pyplot as plt
>>> from mpl_toolkits.mplot3d import \
... Axes3D
>>> fig = plt.figure()
>>> ax = fig.add_subplot(111, \
...     projection='3d')
>>> X = numpy.random.randn(100, 3)
>>> ax.scatter(X[:,0], X[:,1], X[:,2])
>>> ax.plot([X[0,0], X[0,0]+1], \
...     [X[0,1], X[0,1]+1], [X[0,2], \
... X[0,2]+1])
>>> ax.text(X[0,0]+1.2, X[0,1]+1.2, \
...     X[0,2]+1.2, 'you are here', \
... fontsize=20)
>>> pl.savefig('plot3D.pdf')
```



Pandas

-  `http://www.scipy.org/scipylib/index.html`
- *data structure and analysis*
- ressemble au traitement de données sous R (data.frame)

```
>>> import numpy as np
>>> import pandas as pd
>>> A = np.array([[141, 70, 'M'], [176, 75, 'F'], [164, 66, 'M']])
>>> df = pd.DataFrame(A)
>>> print(df)
     0   1  2
0  141  70  M
1  176  75  F
2  164  66  M
>>> l_ind = ['riri', 'fifi', 'loulou']
>>> l_col = ['taille', 'masse', 'genre']
>>> df = pd.DataFrame(A, index=l_ind, columns=l_col)
>>> print(df)
       taille masse genre
riri      141    70     M
fifi      176    75     F
loulou    164    66     M
```

Pandas

- Facilités pour traiter les données
- sélection d'une colonne : df['...']
- sélection d'une ligne : df.loc['...']
- ou par indices, slicing etc : df.iloc[i, j], df.iloc[i:j,k:l]

```
>>> df['masse']
riri      70
fifi      75
loulou    66
Name: masse, dtype: object
>>> df.loc['riri']
df.loc['riri']
taille    141
masse      70
genre       M
Name: riri, dtype: object
>>> df.iloc[0,0]
'141'
>>> df.iloc[0:2, 1:2]
     masse
riri    70
fifi    75
```

Pandas

- Extraction de données

```
>>> df.values
array([['141', '70', 'M'],
       ['176', '75', 'F'],
       ['164', '66', 'M']], dtype=object)
>>> df[df['masse'].astype('int')>67][['masse', 'taille']].values
array([['70', '141'],
       ['75', '176']], dtype=object)
```

Pandas

- Beaucoup de méthodes pour traiter les tableaux de données.

```
>>> taille = 170 + 10 * np.random.randn(100)
>>> masse = 70 + 10 * np.random.randn(100)
>>> dico = {'taille': taille, 'masse': masse}
>>> df = pd.DataFrame(dico)
>>> df.describe()
             masse       taille
count   100.000000  100.000000
mean     70.507943  169.915690
std       9.999280   10.264489
min      45.467455  144.149219
25%      63.300037  162.736237
50%      70.043825  171.168028
75%      78.153612  176.164359
max      94.118966  201.781565
```

Pandas

- Beaucoup de méthodes pour traiter les tableaux de données.

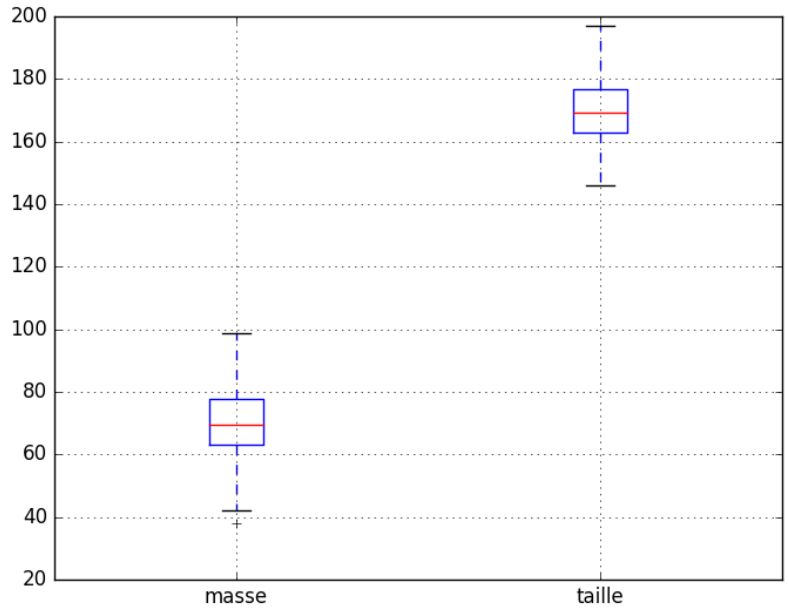
```
>>> df.sort('masse').head(5)
        masse       taille
7   38.125336  173.929789
10  42.258867  168.138387
73  52.573235  169.219885
93  53.767518  179.082610
70  54.847734  155.914292
>>> df.sort('masse').tail(5)
        masse       taille
48  88.451660  152.918614
89  89.600090  169.169344
20  91.230047  195.892489
83  92.329533  156.447108
25  98.779502  173.894076
```

Pandas

Tracés

- Facilités pour afficher les données.

```
>>> df.boxplot()
```



Pandas

Series

- Séries (Series)
- Possibilité d'indexation spéciale.
- DataFrame : colonnes de series

```
>>> help(pd.Series)
class Series(Series)
 |  One-dimensional ndarray with axis labels (including time series).
>>> t = np.arange(0, 3, 0.1)
>>> x = np.cos(2 * np.pi * 2 * t)
>>> s = pd.Series(x, t)
>>> print(s[0.2:0.5])
0.2   -0.809017
0.3   -0.809017
0.4    0.309017
0.5    1.000000
```

Pandas

Series

- Possibilité d'indexation spéciale.

```
>>> t1 = np.arange(0, 3, 0.3)
>>> t2 = np.arange(1, 2, 0.2)
>>> x1 = np.cos(2 * np.pi * 0.01 * t1)
>>> x2 = np.cos(2 * np.pi * 0.03 * t2)
>>> s1 = pd.Series(x1, t1)
>>> s2 = pd.Series(x2, t2)
>>> df = pd.DataFrame({'x1':s1, 'x2':s2})
>>> print(df)
          x1        x2
0.0  1.000000       NaN
0.3  0.999822       NaN
0.6  0.999289       NaN
0.9  0.998402       NaN
1.0       NaN  0.982287
1.2  0.997159  0.974527
1.4       NaN  0.965382
1.5  0.995562       NaN
1.6       NaN  0.954865
1.8  0.993611  0.942991
2.1  0.991308       NaN
2.4  0.988652       NaN
2.7  0.985645       NaN
```

```
>>> print(df.fillna(method='ffill'))
          x1        x2
0.0  1.000000       NaN
0.3  0.999822       NaN
0.6  0.999289       NaN
0.9  0.998402       NaN
1.0  0.998402  0.982287
1.2  0.997159  0.974527
1.4  0.997159  0.965382
1.5  0.995562  0.965382
1.6  0.995562  0.954865
1.8  0.993611  0.942991
2.1  0.991308  0.942991
2.4  0.988652  0.942991
2.7  0.985645  0.942991
```

IPython

- IP[y]: IPython Interactive Computing http://ipython.org
- *Enhanced python console*
- Attention, ce n'est pas un paquet mais une console améliorée !
- Accessible à partir d'un terminal (ipython)
- Aide simplifiée

```
$ ipython
```

```
Python 3.5.1 (v3.5.1:37a07cee5969, Dec  5 2015, 21:12:44)
Type "copyright", "credits" or "license" for more information.

IPython 4.0.1 -- An enhanced Interactive Python.
?         -> Introduction and overview of IPython's features.
%quickref -> Quick reference.
help      -> Python's own help system.
object?   -> Details about 'object', use 'object??' for extra details.
```

IPython

- Complétion automatique avec la touche tab.
- Accès rapide à l'historique avec ↑ et ↓.
- Fonctions magiques (magic functions) :
  - % line oriented
  - %% cell oriented

```
In [1]: g = lambda x: cos(x ** 2)
In [2]: In [21]: %time g(10)
CPU times: user 41 µs, sys: 1 µs, total: 42 µs
Wall time: 46 µs
Out[2]: 0.862318872287684
In [3]: %%time
   ...: a = 10
   ...: g(a)
   ...:
CPU times: user 42 µs, sys: 1 µs, total: 43 µs
Wall time: 47 µs

In [4]: magic # or \%magic
IPython's 'magic' functions
===========================

The magic function system provides a series of functions which allow you to
control the behavior of IPython itself, plus a lot of system-type
features. There are two kinds of magics, line-oriented and cell-oriented.
```

IPython

- exécution de modules Python (%run) + debugger + profiler (see %run? for details).
- accès aux fonctions du système.
- rechargement dynamique des modules changés à l'extérieur.

```
In [1]: %run mod1.py

In [2]: %cd ./Documents/
/Volumes/HD1/Users/becqg/Documents
In [3]: %%system
    ...: pwd
    ...:
Out[3]: ['/Volumes/HD1/Users/becqg/Documents']

In [4]: %load_ext autoreload          In [4]: import importlib as imp
In [5]: %aimport mod1                 In [5]: imp.reload(mod1)
In [6]: %autoreload 1
```

IPython

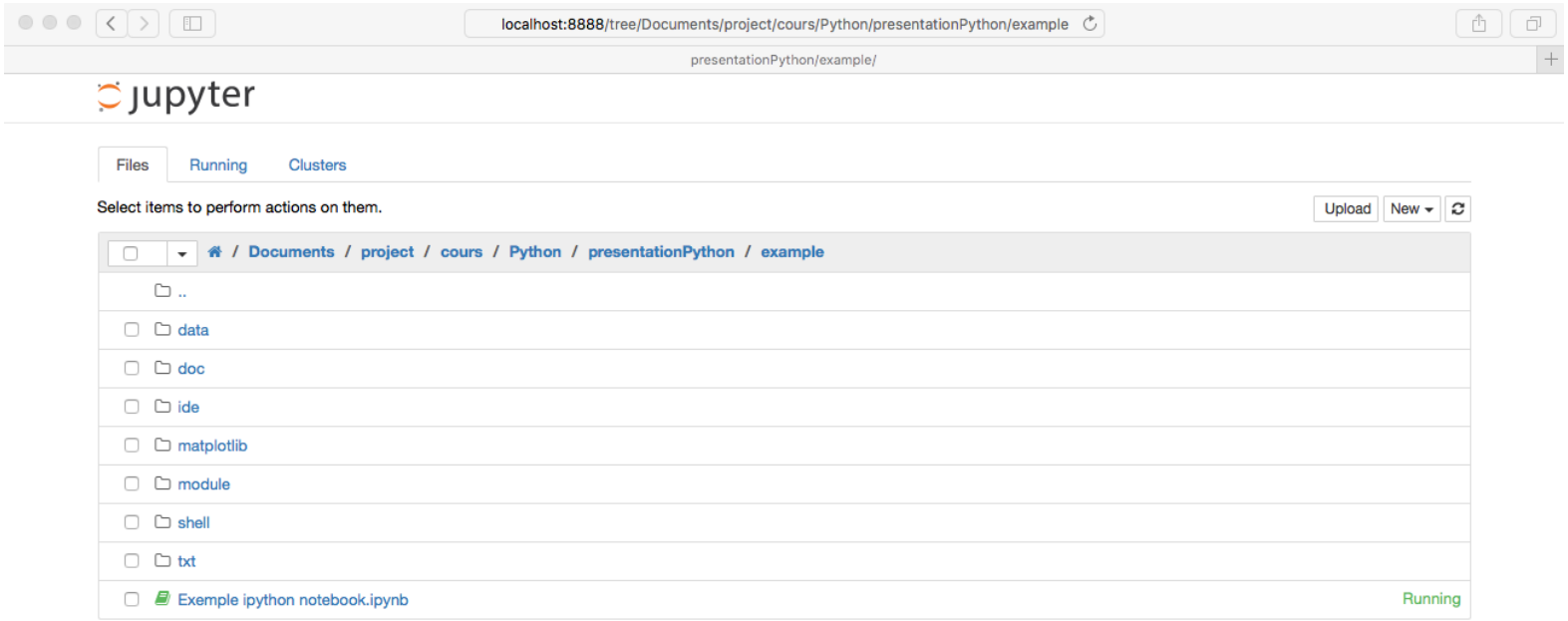
- import des fonctions pylab amélioré.

```
In [1]: %pylab
Using matplotlib backend: MacOSX
Populating the interactive namespace from numpy and matplotlib

In [2]: A = empty((3,3))

In [3]: %pylab?
...
%pylab makes the following imports::

    import numpy
    import matplotlib
    from matplotlib import pylab, mlab, pyplot
    np = numpy
    plt = pyplot

    from IPython.display import display
    from IPython.core.pylabtools import figsize, getfigs

    from pylab import *
    from numpy import *
```

IPython

notebook

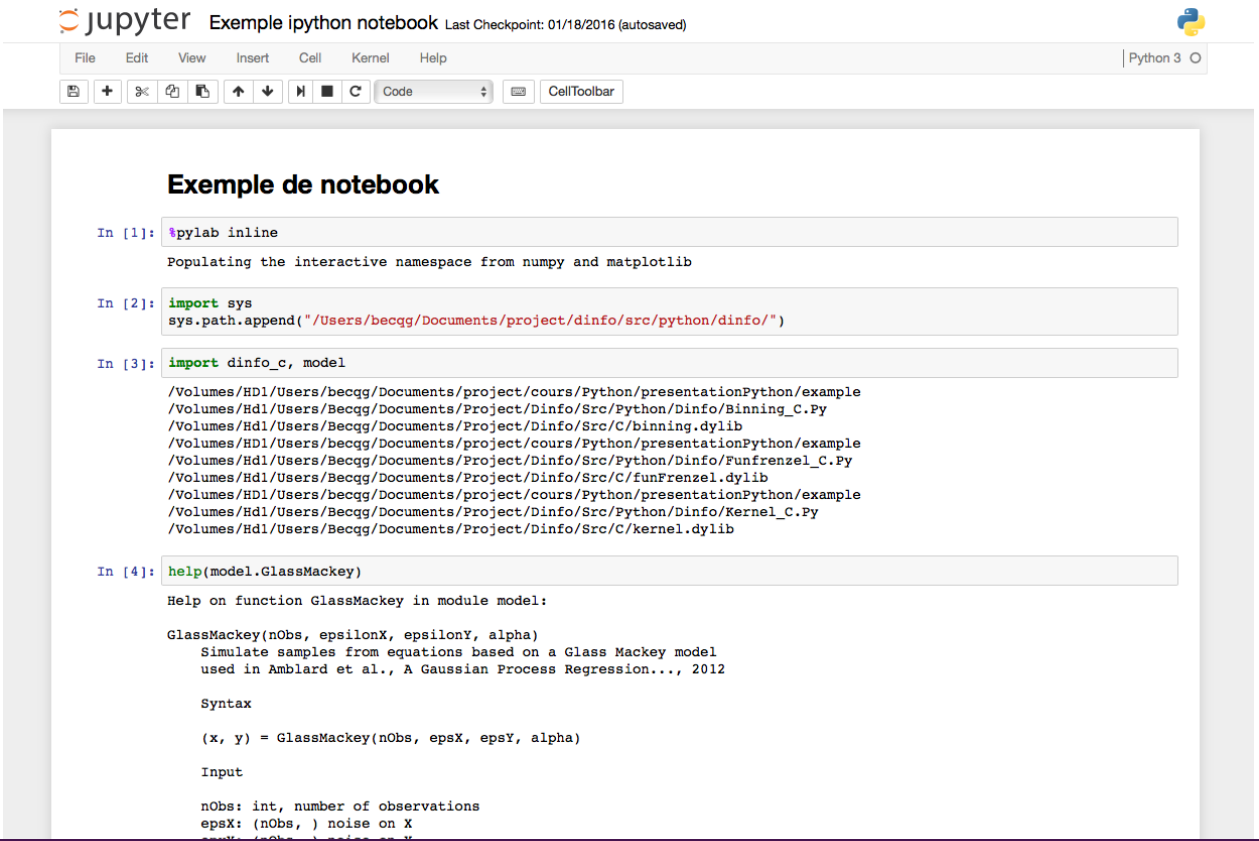
- Accessible à partir d'un terminal (ipython notebook, *jupyter notebook)*
- *Ouverture et création de notebooks (*.ipynb)*



Jupyter

jupyter notebook

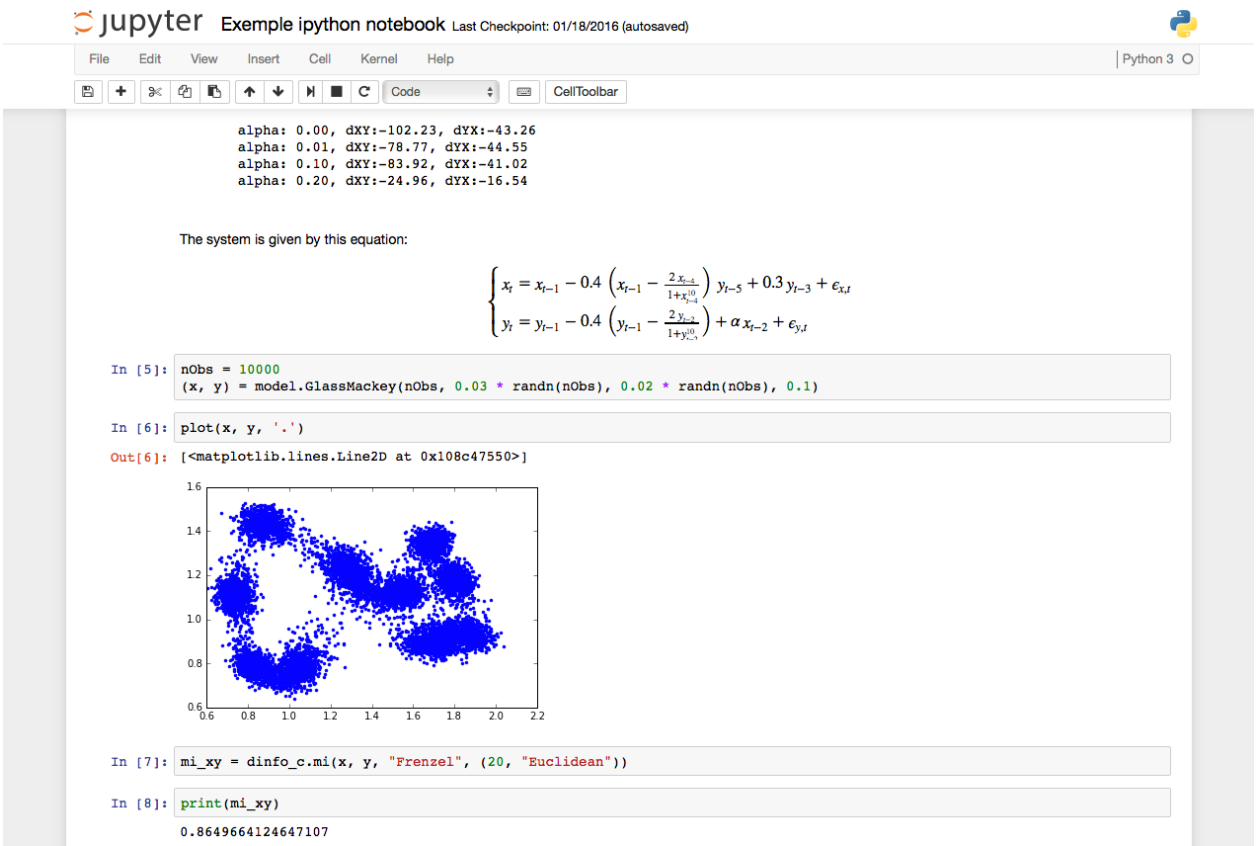
- Les cellules exécutent du code ou formatent du texte
- Chargement des fonctions pylab avec affichage dans le notebook : %pylab inline



Jupyter

jupyter notebook

- Saisie et affichage en HTML et LaTeX, entre autres.

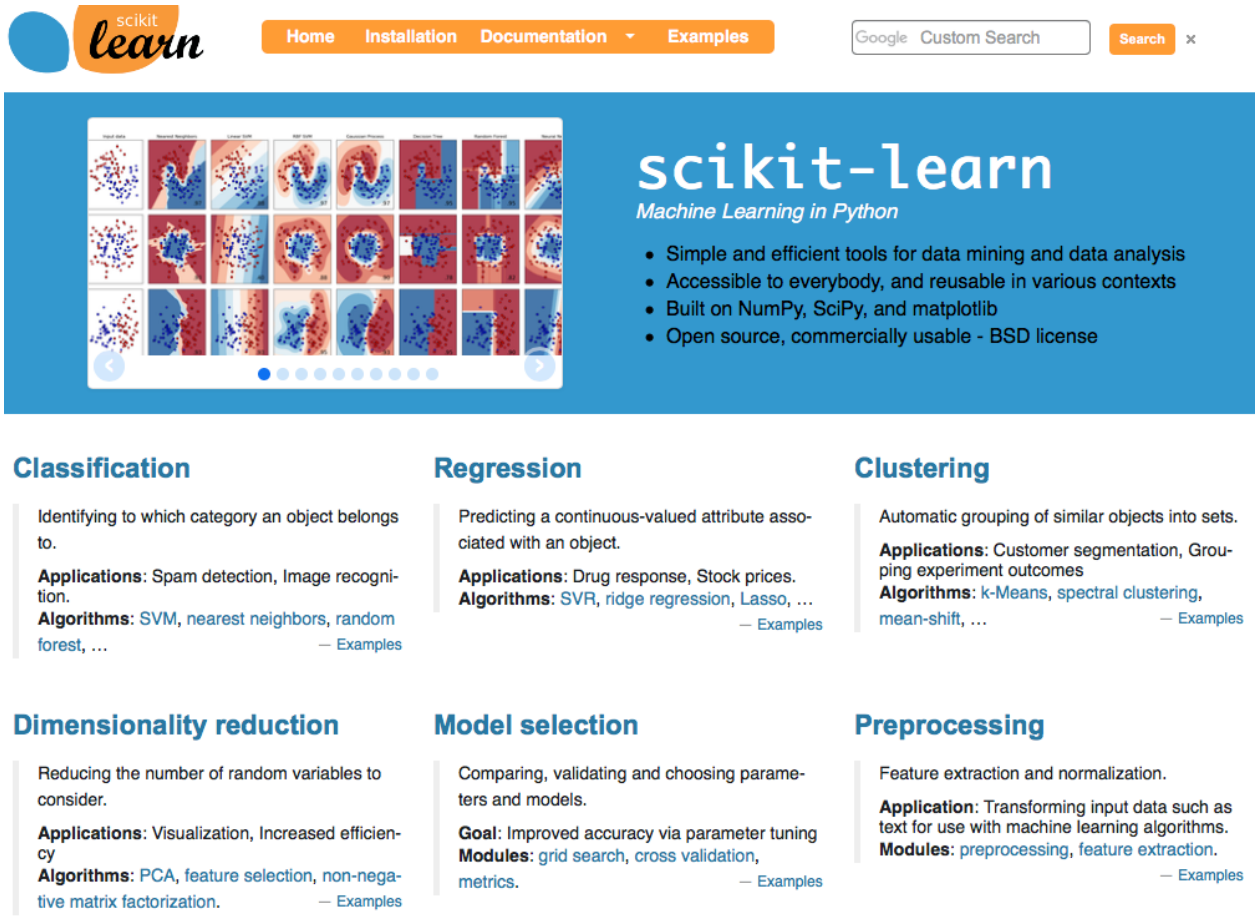


Jupyter

- `https://jupyter.org`
- Interface avec d'autres langages de programmation.

Scikit-learn

- http://scikit-learn.org/
- https://github.com/scikit-learn/scikit-learn



Scikit-learn

Help content

```
>>> import sklearn
>>> help(sklearn)

DESCRIPTION
    Machine learning module for Python
    ==================================

    sklearn is a Python module integrating classical machine
    learning algorithms in the tightly-knit world of scientific Python
    packages (numpy, scipy, matplotlib).

    It aims to provide simple and efficient solutions to learning problems
    that are accessible to everybody and reusable in various contexts:
    machine-learning as a versatile tool for science and engineering.

    See http://scikit-learn.org for complete documentation.

PACKAGE CONTENTS
    __check_build (package)
    _build_utils
    _isotonic
    base
    calibration
    cluster (package)
    covariance (package)
    cross_decomposition (package)
    cross_validation
```




Scikit-learn

Help content

```
datasets (package)
decomposition (package)
discriminant_analysis
dummy
ensemble (package)
externals (package)
feature_extraction (package)
feature_selection (package)
gaussian_process (package)
grid_search
isotonic
kernel_approximation
kernel_ridge
lda
learning_curve
linear_model (package)
manifold (package)
metrics (package)
mixture (package)
multiclass
naive_bayes
neighbors (package)
neural_network (package)
pipeline
preprocessing (package)
qda
random_projection
semi_supervised (package)
setup
svm (package)
tests (package)
tree (package)
utils (package)
```




Scikit-learn

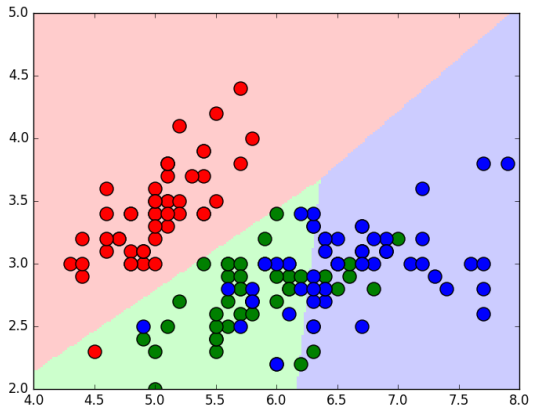
Exemple de Classifieur : Linear Discriminant Analysis

```
>>> from pylab import *
>>> from sklearn.datasets import load_iris
>>> from sklearn.discriminant_analysis import LinearDiscriminantAnalysis as LDA
>>> dic = load_iris()
>>> x = dic["data"]
>>> y = dic["target"]
>>> nClasses = unique(y).size
>>> clf = LDA()
>>> clf.fit(x[:, :2], y)
LinearDiscriminantAnalysis(n_components=None, priors=None, shrinkage=None,
              solver='svd', store_covariance=False, tol=0.0001)
```

Scikit-learn

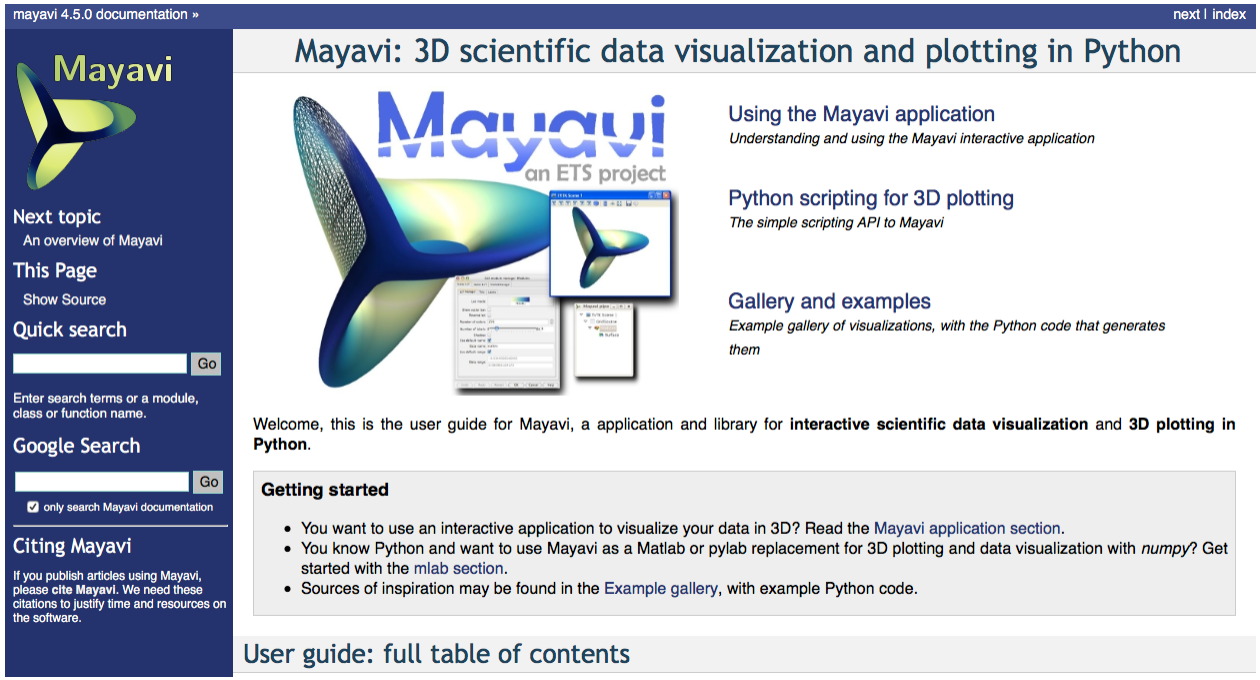
Exemple de Classifieur : Linear Discriminant Analysis

```
>>> from matplotlib import colors
>>> cmap = colors.LinearSegmentedColormap.from_list('3_classes',
[(1, 0.8, 0.8), (0.8, 1, 0.8), (0.8, 0.8, 1)], N=3)
>>> cm.register_cmap(cmap=cmap)
>>> (mx1, mx2) = meshgrid(linspace(4, 8, 100), linspace(2, 5, 100))
>>> Z = clf.predict(vstack((mx1.flatten().T, mx2.flatten())).T)
>>> pcolor(mx1, mx2, Z.reshape(mx1.shape), cmap='3_classes')
>>> colors = ["r", "g", "b"]
>>> for i in range(nClasses):
...   scatter(x[y==i, 0], x[y==i, 1], marker='o', edgecolor='k', linewidths=1,
c=colors[i], s=150)
>>> axis(xmin=4, xmax=8, ymin=2, ymax=5); show()
```

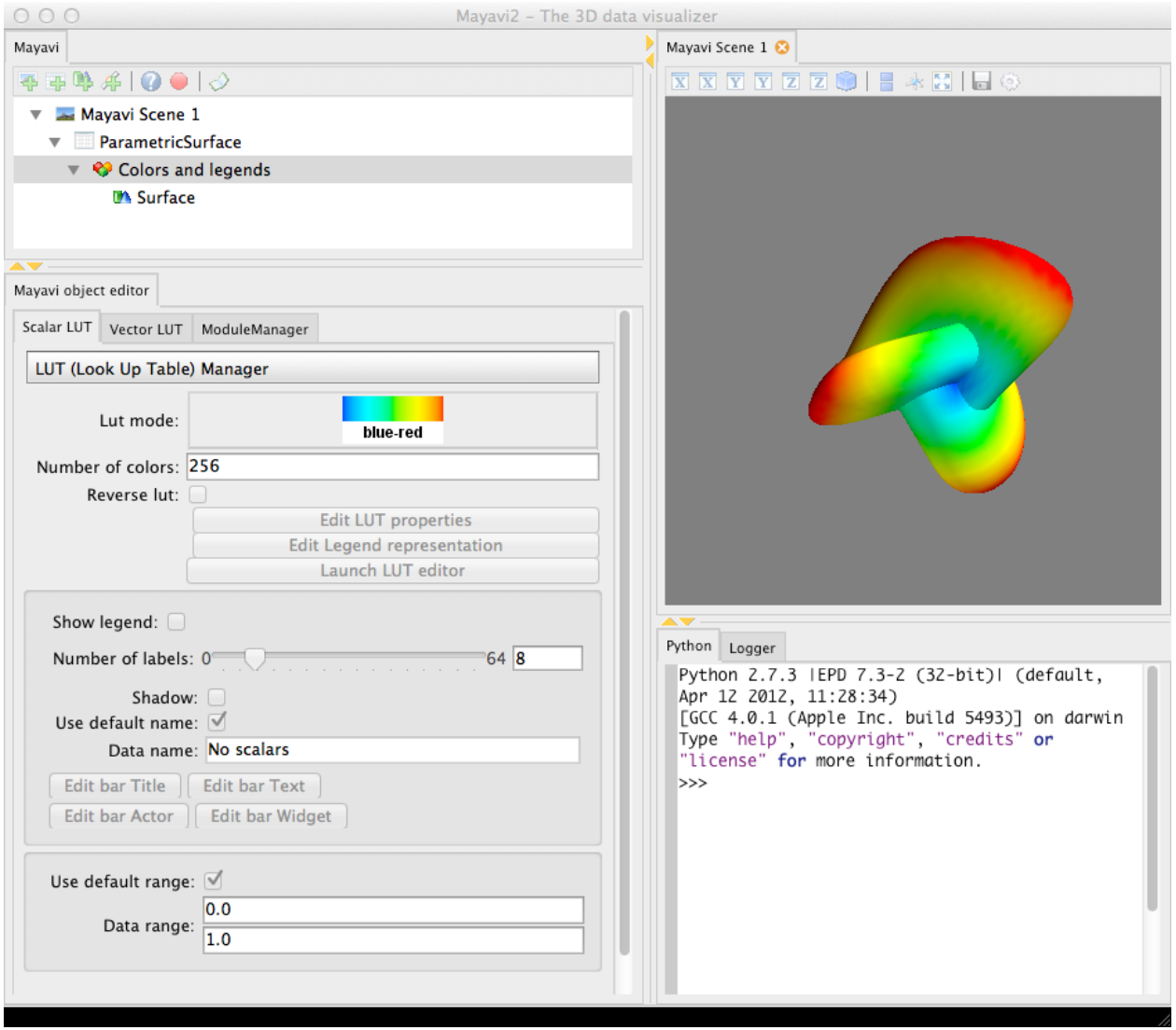


Mayavi

- `http://docs.enthought.com/mayavi/mayavi/`
- `https://github.com/enthought/mayavi`
- Manipulation des objets 3D améliorée (objet VTK).



Mayavi


Mayavi2 - The 3D data visualizer
Mayavi
Mayavi Scene 1
ParametricSurface
Colors and legends
Surface
Mayavi object editor
Scalar LUT
Vector LUT
ModuleManager
LUT (Look Up Table) Manager
Lut mode:
blue-red
Number of colors:
256
Reverse lut:
Edit LUT properties
Edit Legend representation
Launch LUT editor
Show legend:
Number of labels:
0
64
8
Shadow:
Use default name:
Data name:
No scalars
Edit bar Title
Edit bar Text
Edit bar Actor
Edit bar Widget
Use default range:
Data range:
0.0
1.0
Mayavi Scene 1
Python
Logger
Python 2.7.3 |EPD 7.3-2 (32-bit)| (default, Apr 12 2012, 11:28:34)
[GCC 4.0.1 (Apple Inc. build 5493)] on darwin
Type "help", "copyright", "credits" or "license" for more information.
>>>

Mayavi

import mayavi.engine

- Dans une console Python : import mayavi. . . .

```
>>> from mayavi.api import Engine
>>> engine = Engine()
>>> engine.start()
>>> engine.new_scene()
>>> from mayavi.sources.parametric_surface import ParametricSurface
>>> parametric_surface1 = ParametricSurface()
>>> scene = engine.scenes[0]
>>> engine.add_source(parametric_surface1, scene)
>>> from mayavi.modules.surface import Surface
>>> surface1 = Surface()
>>> engine.add_filter(surface1,parametric_surface1)
```

Importation de bibliothèques de fonctions écrites en C

Exemple using module ctypes

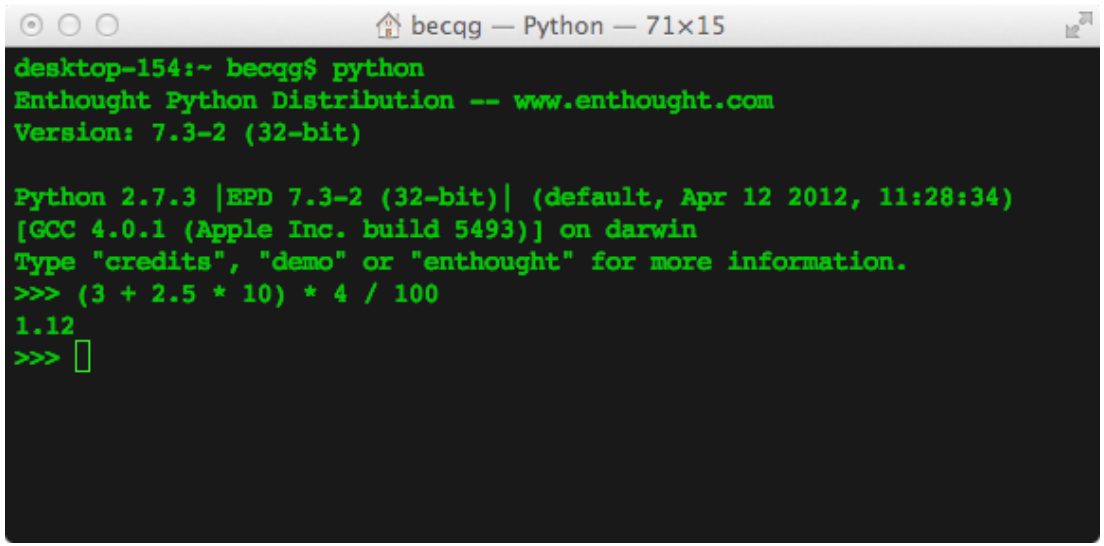
```
import ctypes
libName = './clz.lib'
libCLZ = ctypes.CDLL(libName)
clz_c = libCLZ.clz
clz_c.restype = ctypes.c_uint
sequence = numpy.ctypeslib.ndpointer(dtype=numpy.int)
clz_c.argtypes = ([sequence, ctypes.c_uint])
# conversion of s into sequence with numpy.asarray
c = clz_c(numpy.asarray(s, dtype='int'), n)
```

Outline

Python.org

Official

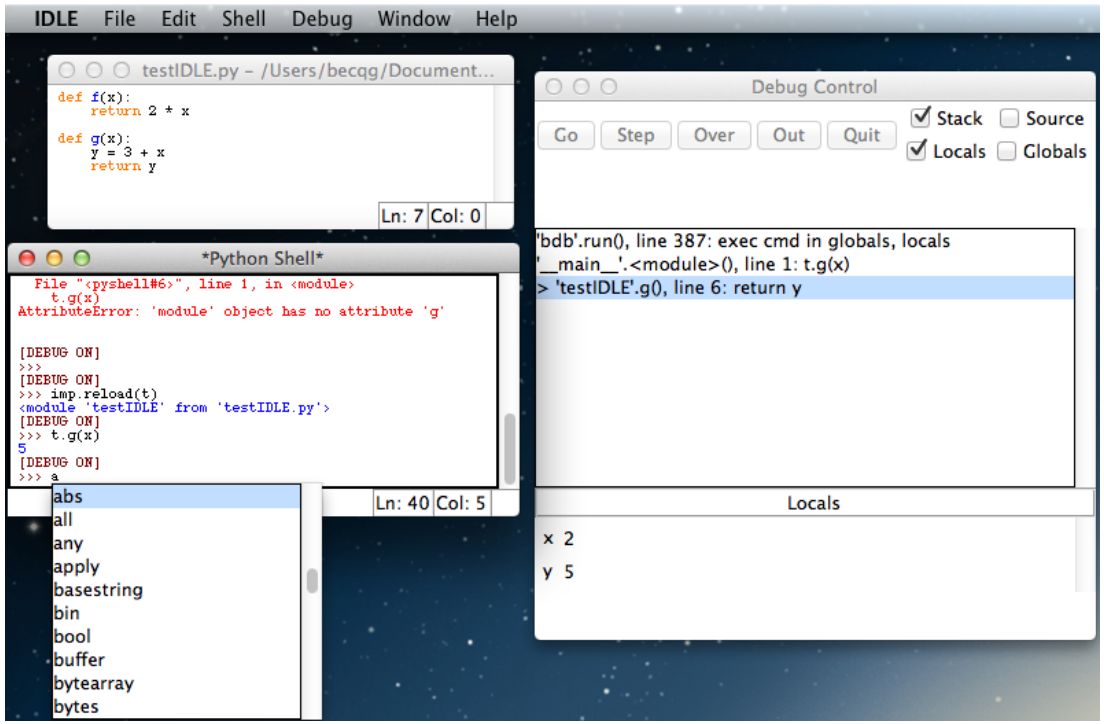
- Python 2.7 ou 3.x téléchargeable sur `www.python.org`.
- Livré uniquemenent avec la bibliothèque standard.
- Inclus l'interpréteur Python natif accessible à partir de l'environnement système.
- Parfait pour tester des petits bouts de codes.



Python IDLE

official

- Python livré avec un Integrated DeveLopment Environment (IDLE) :
  - Une console Python : coloration automatique, autocomplétion . . .
  - Un éditeur de texte : indentation automatique, coloration syntaxique, debuggueur, . . .



Enthought Canopy

- 

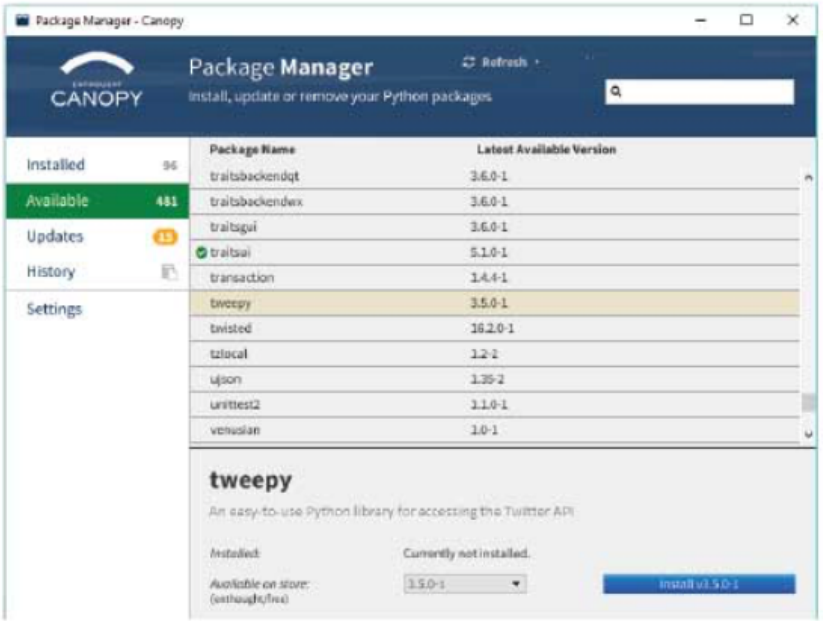
:

  `https://www.enthought.com/products/canopy/`
- Contient Python et +100 librairies orientées applications scientifiques.
- Canopy express *free license for all users.*

Enthought Canopy

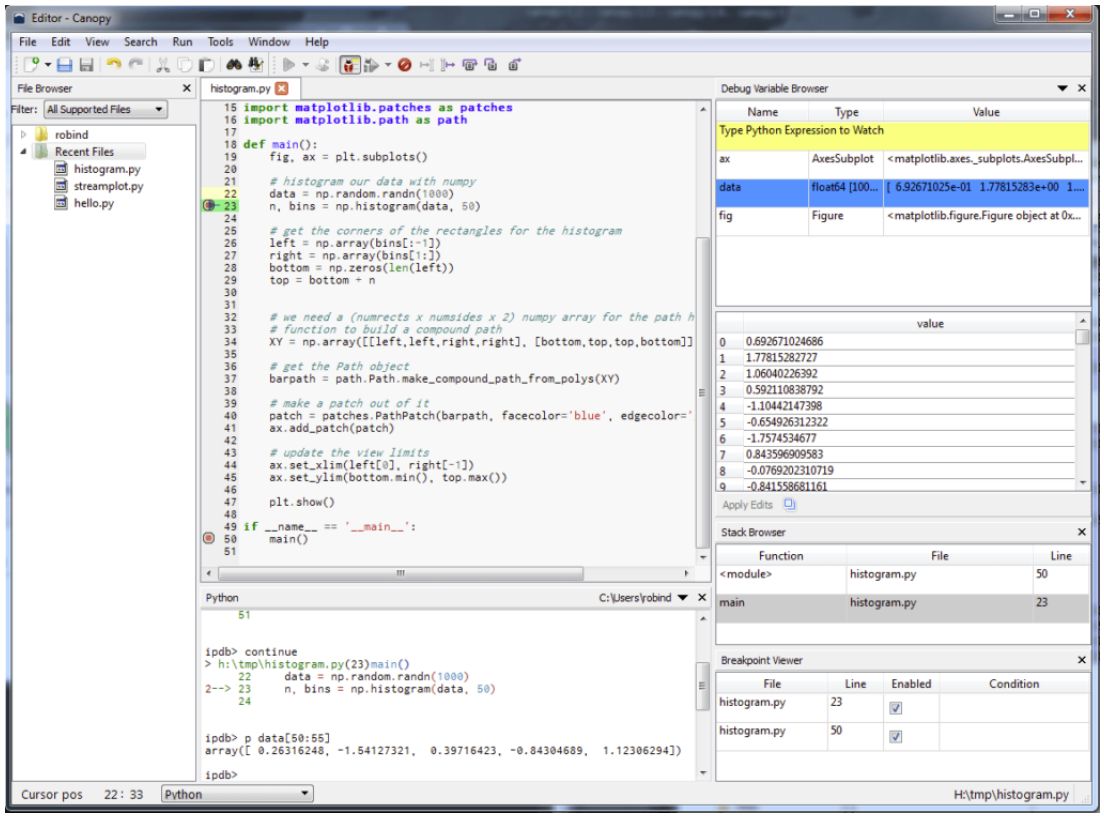
- ENTHOUGHT :
  `https://www.enthought.com/products/canopy/`
- *Easy installation and update.*

Graphical Package Manager with Integrated Dependency Solver and Version Rollback



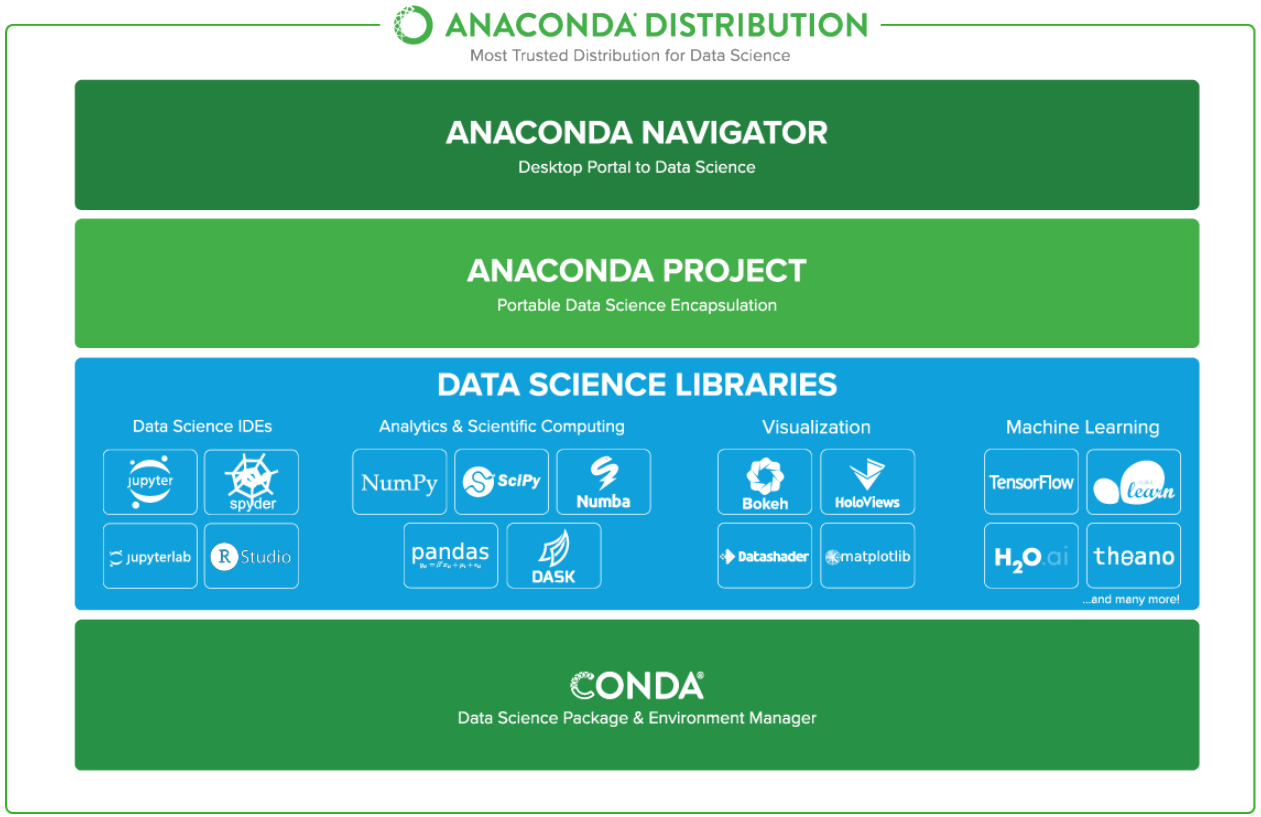
Enthought Canopy

- ENTHOUGHT :
  `https://www.enthought.com/products/canopy/`
- \+ Jupyter notebook + Canopy editor.



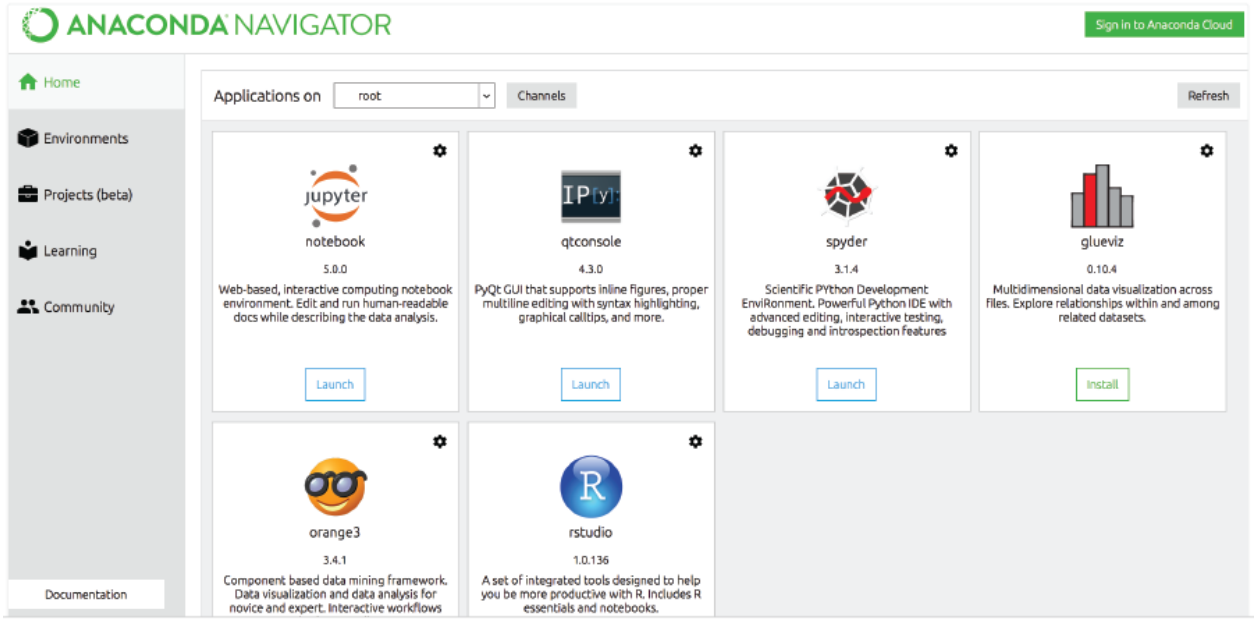
Anaconda

- ANACONDA. https://www.anaconda.com



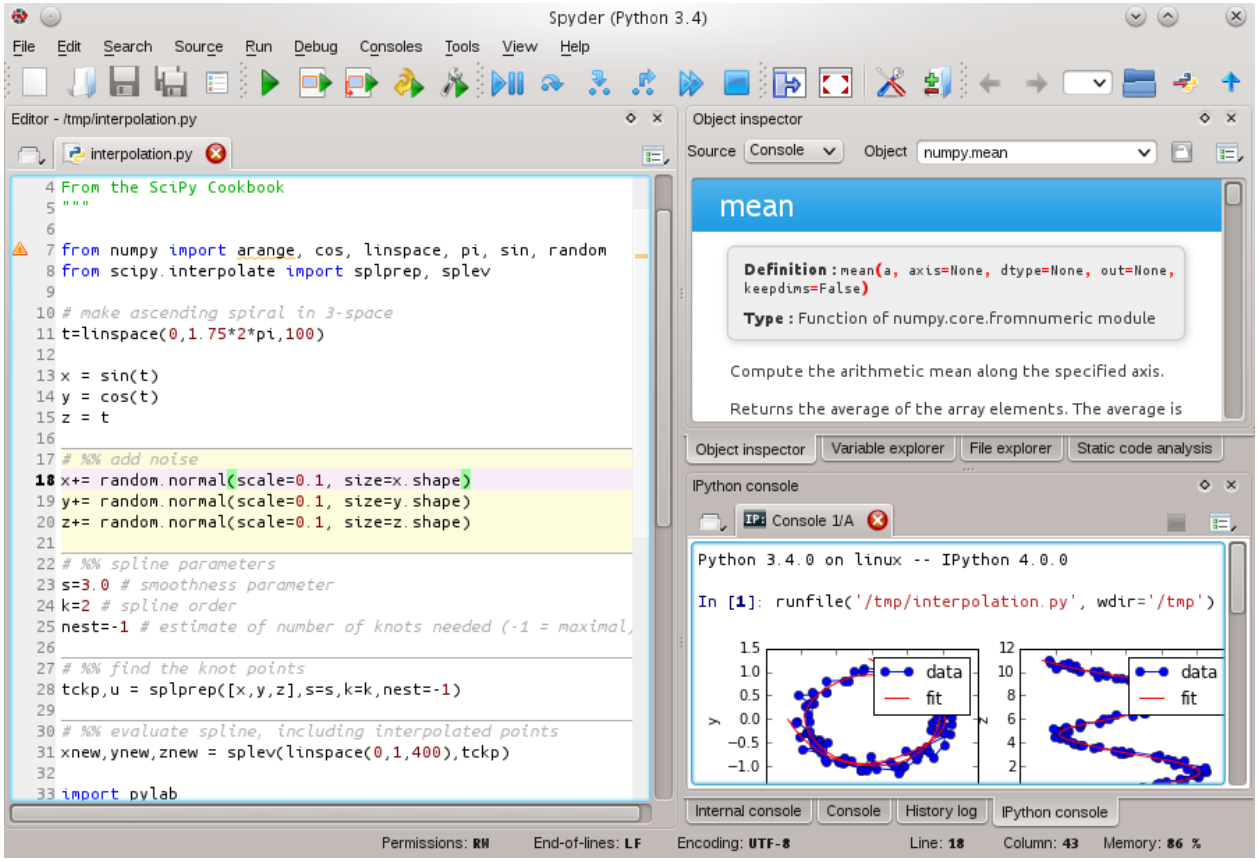
Anaconda

- ANACONDA. `https://www.anaconda.com`



Spyder

- Spyder (multiplateforme) : environnement de type Matlab pour Python.
- `https://github.com/spyder-ide/spyder`

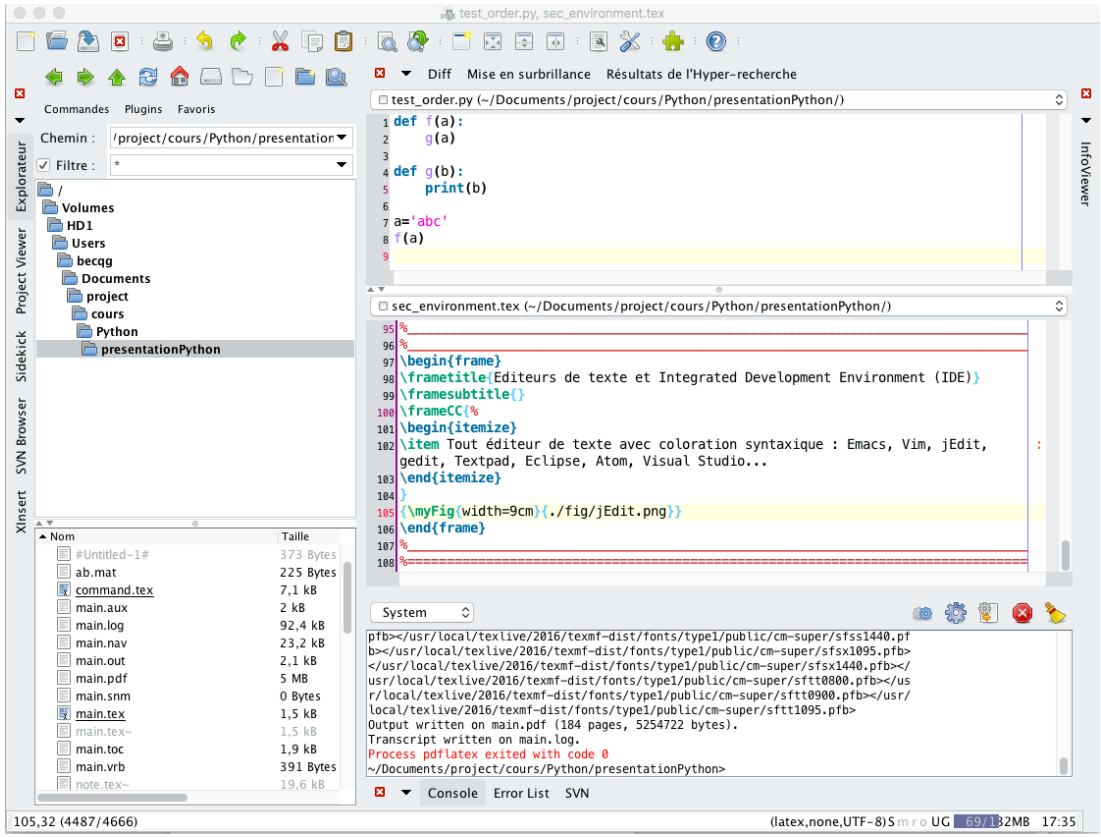


Autres distributions

- SageMath  `http://www.sagemath.org`
- PythonXY  `https://code.google.com/p/pythonxy/`
- ?

Editeurs de texte et Integrated Development Environment (IDE)

- Tout éditeur de texte avec coloration syntaxique : Emacs, Vim, jEdit, gedit, Textpad, Eclipse, Atom, Visual Studio...

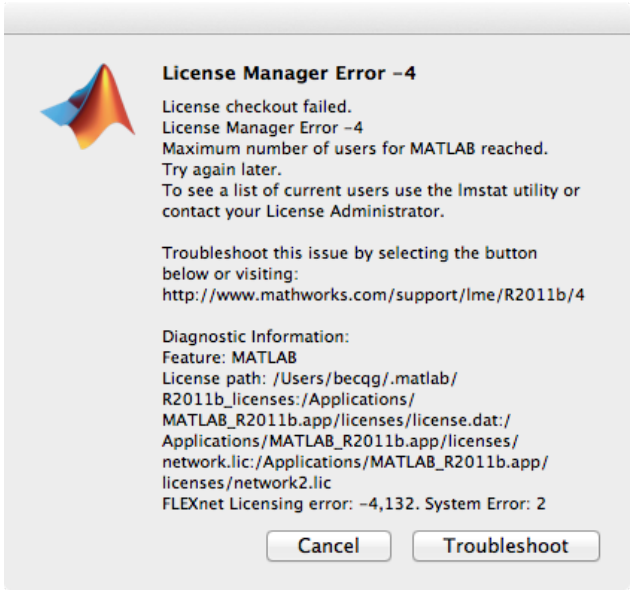


Outline



Python vs Matlab

- Outils équivalents : matrices vs ndarray, console, script, graphisme, GUI, cell mode vs jupyter notebook ...
- Matlab, Matrix Laboratory, a des bibliothèques d'algèbre linéaire plus rapide que Numpy ou Scipy (sauf avec certaines distributions payantes).
- Python est un langage de programmation.
- Python est plus proche du code C pour prototyper.
- Chargement des modules à la volée en Python.
- Python est gratuit.
- Votre code en Python peut être utilisé gratuitement.





Outline

classe et variable 'self'

Classe exemples avec self

- Dans le corps de la classe, 'self' n'est pas défini.

```
class Canard():
...     self.a = 10
...
Traceback (most recent call last):
 File "<stdin>", line 1, in <module>
 File "<stdin>", line 2, in Canard
NameError: name 'self' is not defined
```

Classe exemples avec self

- Dans une méthode seul self.nomAttribut est accessible.

```
class Canard():
...     a = 10
...     def __init__(self):
...             self.b = 100
...             print(self.a)
...             print(b)
...
riri = Canard()
10
Traceback (most recent call last):
 File "<stdin>", line 1, in <module>
 File "<stdin>", line 6, in __init__
NameError: global name 'b' is not defined
```

Classe exemples avec self

- 'self' est conventionnel.
- Le premier paramètre d'une méthode est considéré comme l'objet lui même.

```
class Canard():
...     def __init__(obj):
...             obj.a = 10
...             print(obj.a)
...
riri = Canard()
10
```

Classe exemples avec self

- Possibilité de rajouter des arguments optionnels lors de l'instanciation d'un objet.

```
class Canard():
...     def __init__(self, patte=2):
...             self.a = patte
...             print(self.a)
...
riri = Canard(patte=3)
3
```

Transposition NDarray exemple 3D

- A.shape (1, 2, 3, 4)
- A.T.shape (4, 3, 2, 1) by default.
- can set the axes order. see help(numpy.matrix.transpose)

```
>>> A = numpy.array([[[[1, 2, 3, 4], [11, 12, 13, 14], [21, 22, 23, 24]],
        [[101, 102, 103, 104], [111, 112, 113, 114], [121, 122, 123, 124]]]])

>>> A
array([[[[  1,   2,   3,   4],
         [ 11,  12,  13,  14],
         [ 21,  22,  23,  24]],

        [[101, 102, 103, 104],
         [111, 112, 113, 114],
         [121, 122, 123, 124]]]])

>>> A.T
array([[[[  1],
         [101]],
         ...
        [[ 24],
         [124]]]])
```

Identity of an object

- Return the identity of an object. This is guaranteed to be unique among simultaneously existing objects. (CPython uses the object's memory address.)

```
>>> a = 123
>>> id(a)
4297541856
>>> id(123)
4297541856
```

Order of definition in a module

- L'ordre de définition des fonctions n'est pas important à partir du moment où lors de leurs utilisations, celles-ci ont été définies. C'est particulièrement fréquents dans les modules.

```
>>> def f(a):
...     g(a)
>>> def g(b):
...     print(b)
>>> a='abc'
>>> f(a)
abc
```

Order of definition in a module

- l'ordre de définition des fonctions n'est pas important à partir du moment où lors de l'utilisation es focntions ont été définies. Fonctionne dans la console ou dans un module.

```
>>> def f(a):
>>>     g(a)
>>> def g(b):
>>>     print(b)
>>> a='abc'
>>> f(a)
abc
```

slice and ellipsis

- l'ellipse

```
>>> A = arange(24).reshape(2, 3, 4)
>>> A
array([[[ 0,  1,  2,  3],
        [ 4,  5,  6,  7],
        [ 8,  9, 10, 11]],

       [[12, 13, 14, 15],
        [16, 17, 18, 19],
        [20, 21, 22, 23]]])
>>> A[:,0]
array([[ 0,  1,  2,  3],
       [12, 13, 14, 15]])
>>> A[...,0]
array([[ 0,  4,  8],
       [12, 16, 20]])
```

slice and ellipsis

- A[i, ...] est identique à A[i, :, :, etc.].
- A[i, :] est identique à A[i, :, :, etc.], donc identique à ...
- A[:, i, :] = A[..., i, :] dans l'exemple mais
- A[..., 0] est différent de A[:, 0] car ici c'est A[:, 0, :] et non A[:, :, 0] !

```
>>> A = arange(12).reshape(2, 3, 2)
>>>  A
array([[[ 0,  1],
        [ 2,  3],
        [ 4,  5]],

       [[ 6,  7],
        [ 8,  9],
        [10, 11]]])
>>> A[:,0]                          >>> A[:,0,:]
array([[0, 1],                      array([[0, 1],
       [6, 7]])                            [6, 7]])
>>> A[...,0]
array([[ 0,  2,  4],
       [ 6,  8, 10]])
```

Zen of Python - Pythonic

Thanks to Branislav Gerazov (Branko) in regard to his friendly mail about this presentation: *. . . one thing that I find awesome in Python it's its emphasis on aesthetics and readability. On this note I would add the Zen of Python ('import this') and the concept of being 'pythonic', and contrast it to Perl which is the most awful computer language in the world (I am recoding something now from Perl and that — is really frustrating!). In this sense I've had students often saying they love Python . . .*

```
>>> import this
The Zen of Python, by Tim Peters

Beautiful is better than ugly.
Explicit is better than implicit.
Simple is better than complex.
Complex is better than complicated.
Flat is better than nested.
...
>>> # a pythonic list comprehension for example !
>>> list_of_number = [(i, 2*i, 3*i) for i in range(10)]
>>> list_of_number
[(0, 0, 0), (1, 2, 3), (2, 4, 6), (3, 6, 9), (4, 8, 12), (5, 10, 15),
(6, 12, 18), (7, 14, 21), (8, 16, 24), (9, 18, 27)]
```

Lien Patricia Ladret

- Cours d'une collègue Patricia Ladret pour Python via Anaconda: `http://chamilo1.grenet.fr/ujf/courses/FAMILIARISATIONAVECPYTHONSUITEANACON/index.php`