

UNE INTRODUCTION À PYTHON

voire un peu plus...

Xavier Olive, ONERA

version 0.999



Python est un langage de programmation :

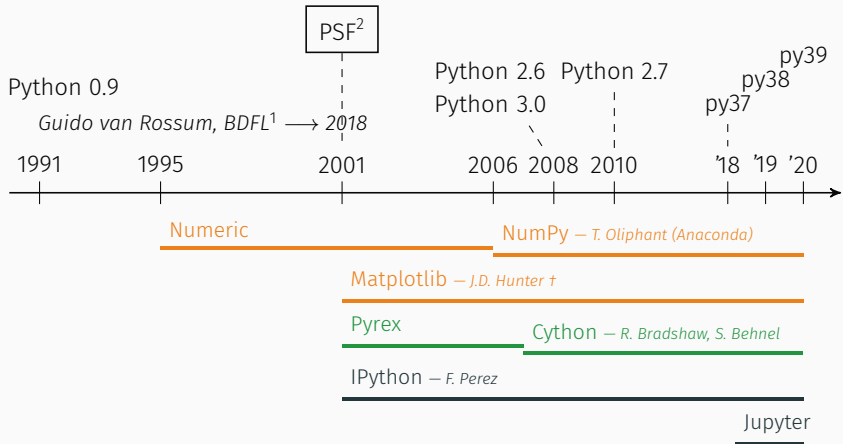
- ▶ interprété;
- ▶ multi-paradigme;
- ▶ multi-plateforme;

utilisé par une communauté importante :

- ▶ une syntaxe simple;
- ▶ de nombreuses extensions;
- ▶ libre et gratuit.



HISTORIQUE



¹ BDFL : Benevolent dictator for life

² PSF : Python Software Foundation

Les références à garder à porter de souris :

- ▶ le site officiel : www.python.org;
- ▶ la documentation des *core packages* : docs.python.org;
- ▶ les PEP (Python Enhancement Proposals),
notamment le PEP 8 : *Style Guide for Python Code*;
- ▶ le glossaire;

et d'une manière générale :

- ▶ la commande `help`;
- ▶ les moteurs de recherche du type www.google.com;
- ▶ les forums du type www.stackoverflow.com.

LES BASES DU LANGAGE

L'INTERPRÉTEUR PYTHON

```
Python 3.4.3 (default, Aug 11 2015, 08:57:25)
[GCC 4.2.1 Compatible Apple LLVM 6.1.0 (clang-602.0.53)] on darwin
Type "help", "copyright", "credits" or "license" for more information.
```

```
>>> 2 + 3                                # Addition d'entiers
5
>>> 1 + 0.03                             # Entiers et flottants
1.03
>>> (2 + 3) / 7                           # Division flottante
0.7142857142857143
>>> 12 // 5                              # Division entière
2
>>> 0.1 + 0.2                             # Le classique!
0.30000000000000004
>>> print("hello", "y'all")              # Affichage de variables/valeurs
hello y'all
```

OUVREZ VOTRE INTERPRÉTEUR PYTHON!

LA FONCTION PRINT

```
>>> print("hello")
hello

>>> a = 4
>>> print("hello, you are now", a)
hello, you are now 4

>>> print("history:", [0, 1, 2, 3])
history: [0, 1, 2, 3]

>>> import math
>>> print(math.pi)
3.141592653589793

>>> print("C-style format: %.2f" % math.pi)
C-style format: 3.14

>>> print("{} has value {}".format("π", math.pi))
π has value 3.141592653589793

>>> print(f"Today style: π = {math.pi:.2f}")
Today style: π = 3.14
```


- Les variables Python sont des références non typées :

```
>>> a = 12          # a est un entier
>>> a = "hello"     # a est désormais une chaîne de caractères
```

- En revanche, les valeurs Python sont typées :

```
>>> type(2)
<class 'int'>
>>> type(3.14)
<class 'float'>
>>> type("hello")
<class 'str'>
```

- Dans l'interpréteur, `_` rappelle la dernière valeur évaluée :

```
>>> _
<class 'str'>
```

- On peut « convertir » le type de certains objets.

```
>>> int(2.4)
```

```
2
```

```
>>> str(2)
```

```
'2'
```

```
>>> float("3.14")
```

```
3.14
```

- On peut appeler ces fonctions sans paramètre :

```
>>> int()
```

```
0
```

```
>>> float()
```

```
0.0
```

```
>>> str()
```

```
''
```

En Python, c'est l'indentation qui définit les blocs;

- PEP 8 recommande l'utilisation de 4 espaces;
(bannir les tabulations)

```
>>> a, b = 15, 9
>>> while (a != b):
...     if (a > b):
...         a = a - b
...     else:
...         b = b - a
...
>>> print("GCD =", a)
GCD = 3
```

- Python fournit un mécanisme de gestion d'erreurs :

```
>>> float("hello")
```

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

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

```
ValueError: could not convert string to float: 'hello'
```

```
>>> pi
```

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

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

```
NameError: name 'pi' is not defined
```

- ▶ Le code est écrit dans un fichier avec l'extension `.py`;

- ▶ Modèle d'exécution similaire aux scripts shell :

```
shell> python script.py arg 12
```

- ▶ Transformation du script en commande shell :

```
#!/usr/bin/env python3
```

```
shell> ./script.py arg 12
```

- ▶ On peut appeler le code d'un autre fichier par un mécanisme de modules :

```
import script
```

- ▶ Support par défaut de l'UTF-8 depuis Python 3.

LES STRUCTURES DE DONNÉES

- Les entiers Python sont munis des opérations habituelles.

```
>>> 2 * 2
4
>>> 7 // 3 # integer division
2
>>> 7 % 4 # modulo
3
>>> 2 ** 8 # power
256
>>> 7 & 3 # bitwise and (equivalent to "modulo 4")
3
>>> 123 ^ 24 # bitwise xor
99
>>> 1 << 8 # bit shifting (equivalent to 2 ** 8)
256
```

- On peut manipuler les entiers par leurs représentations binaire, octale, décimale ou hexadécimale.

```
>>> bin(127)
'0b1111111'
>>> oct(127)
'0o177'
>>> hex(127)
'0x7f'
>>> 0b1111111
127
>>> 0o177
127
>>> 0x7f
127
```


- Les entiers Python ont une amplitude illimitée.

```
>>> 123 ** 24 # no overflow (would need 168 bits!)
143788010446775248848237875203163336494653562343841
```

```
>>> 123 ** 24 * 134 ** 45 # besides it is fast!
754116773913301291674484428969148011550171822575090416487017684
057230784745923800513525439801776494774185798453198912700344174
39450350881010089984
```

Les flottants Python suivent le standard IEEE 754

► Représentation double précision sur 64 bits :

- 1 bit de signe
- 11 bits d'exposant (-1022 à 1023)
- 52 bits de mantisse (bit 1 implicite)

```
>>> float.hex(1.)  
'0x1.0000000000000p+0'  
>>> float.hex(2.)  
'0x1.0000000000000p+1'  
>>> float.hex(.5)  
'0x1.0000000000000p-1'  
>>> float.hex(10.) # (1 + 4/16) * 2**3  
'0x1.4000000000000p+3'  
>>> float.hex(1.5) # (1 + 8/16)  
'0x1.8000000000000p+0'
```

```
>>> float.hex(0.1)
'0x1.999999999999ap-4'
#  $2^{-4} + 2^{-5} + 2^{-8} + 2^{-9} + 2^{-12} + \dots = 0.0999999\dots$ 
>>> float.hex(0.2)
'0x1.999999999999ap-3'
#  $2^{-3} + 2^{-4} + 2^{-7} + 2^{-8} + 2^{-11} + \dots = 0.1999999\dots$ 

>>> float.hex(0.3)
'0x1.3333333333333p-2'
#  $2^{-2} + 2^{-5} + 2^{-6} + 2^{-9} + 2^{-10} + \dots = 0.3333333\dots$ 
>>> float.hex(0.1 + 0.2)
'0x1.3333333333334p-2'

>>> 0.1 + 0.2
0.30000000000000004
>>> import sys
>>> 0.1 + 0.2 - 0.3 < sys.float_info.epsilon
True
```

Les complexes sont écrits en notation cartésienne à partir de deux flottants. La partie imaginaire est suffixée par j .

```
>>> a = 3+4j
>>> a.real
3.0
>>> a.imag
4.0
>>> a * a.conjugate()
(25+0j)
>>> abs(a)
5.0
```

Les chaînes de caractères sont écrites à l'aide de guillemets simples, doubles ou retriplées (multi-lignes).

```
>>> "hel" + 'lo'
'hello'
>>> a = """Hello
- dear students;
- dear all"""
>>> a[0]
'H'
>>> a[2:4]
'll'
>>> a[-1]
'l'
>>> a[-8:]
'dear all'
>>> "dear all"[:-1]
"lla read"
```

Les chaînes de caractères offrent les opérations usuelles.

```
>>> a = "hello"
>>> (a + ' ') * 2
'hello hello '
>>> len(a)
5
>>> a.capitalize()
'Hello'
>>> " hello ".strip()
'hello'
>>> "hello y'all".split()
['hello', "y'all"]

>>> help(str)
```

Le *backslash* est un caractère d'échappement.

```
>>> print("\u0127") # 16-bit Unicode
```

```
ñ
```

```
>>> print('hello students\n') # end of line
```

```
hello students
```

```
>>> print(r'hello students\n') # raw string -- ignore backslashes
```

```
hello students\n
```

```
>>> print(u"àççèñtüe") # forcing unicode (Python 2)
```

```
àççèñtüe
```

Les chaînes de caractères ne sont pas modifiables :

```
>>> a = "hello"
```

```
>>> a[1] = "a"
```

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

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

```
TypeError: 'str' object does not support item assignment
```

Il faut procéder par copie :

```
>>> a = "hello"
```

```
>>> a[:1] + "a" + a[2:]
```

```
"hallo"
```


- Python manipule des chaînes de caractères en UTF-8.
Le type `bytes` donne accès à sa représentation mémoire.

```
>>> type("hello")
<class 'str'>
>>> b"hello", type(b"hello")
(b'hello', <class 'bytes'>)
>>> b"accentué"
File "<stdin>", line 1
SyntaxError: bytes can only contain ASCII literal characters.
>>> "accentué".encode('utf8')
b'accentu\xc3\xa9'

>>> list("123")
['1', '2', '3']
>>> " ".join(["1", "2", "3"])
"1 2 3"
```

La liste est un conteneur Python mutable :

- ▶ une séquence de valeurs hétérogènes;
- ▶ tout objet Python peut être placé dans une liste;
- ▶ algorithmique associée (recherche, cycles, etc.)

```
>>> a = [1, "deux", 3.0]
>>> a[0]
1
>>> len(a)
3
>>> a.append(1)
>>> a
[1, 'deux', 3.0, 1]
```

```
>>> a
[1, 'deux', 3.0, 1]

>>> a.count(1)
2
>>> 3 in a
True

>>> a[1] = 2 # mutable
>>> a
[1, 2, 3.0, 1]

>>> a.sort()
>>> a
[1, 1, 2, 3.0]

>>> a[1:3]
[1, 2]
```

Python offre des facilités de syntaxe pour les listes.

```
>>> [i for i in range(5)] # similar to list(range(5))
[0, 1, 2, 3, 4]
>>> [str(i) for i in range(5)]
['0', '1', '2', '3', '4']
>>> [i**2 for i in range(5)] # list(i**2 for i in range(5))
[0, 1, 4, 9, 16]

>>> [i**2 for i in range(5) if i&1 == 0] # smarter than i%2 == 0
[0, 4, 16]

>>> [x.upper() for x in "hello"] # even with strings
['H', 'E', 'L', 'L', 'O']
```

```
>>> a = set()
>>> a.add(1)
>>> a.add(2)
>>> a.add(3)
>>> a.add(1)
>>> a
{1, 2, 3}

>>> a.intersection({2, 3, 4}) # set theory
{2, 3}
>>> a.isdisjoint({4, 5})
True

>>> [i == 2 for i in a] # list comprehension
[False, True, False]

>>> set([1, 2, 4, 1]) # conversion
{1, 2, 4}
```

Les dictionnaires sont des tables associatives conçues pour structurer des données sur le modèle clé/valeur.

```
>>> d = dict()
>>> d[1] = 'Ain', "Bourg-en-Bresse"
>>> d[2] = 'Aisne', "Laon"
>>> d
{1: ('Ain', 'Bourg-en-Bresse'), 2: ('Aisne', 'Laon')}
>>> d[1]
('Ain', 'Bourg-en-Bresse')
>>> d['01']
Traceback (most recent call last):
  File "<stdin>", line 1, in <module>
KeyError: '01'
>>> d[1] = "un"
>>> d
{1: 'un', 2: ('Aisne', 'Laon')}
```

On peut parcourir les clés et les valeurs :

```
>>> d.keys()
dict_keys([1, 2])
>>> d.values()
dict_values([('Ain', 'Bourg-en-Bresse'), ('Aisne', 'Laon')])
>>> d.items()
dict_items([(1, ('Ain', 'Bourg-en-Bresse')), (2, ('Aisne', 'Laon'))])

>>> e = {}
>>> for key, value in d.items():
...     e["%02d" % key] = value
>>> e
{'02': ('Aisne', 'Laon'), '01': ('Ain', 'Bourg-en-Bresse')}
```

Le séparateur « virgule » définit le tuple.

```
>>> x = 1, 2, 3
```

```
>>> x[0]
```

```
1
```

```
>>> x[0] = -1
```

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

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

```
TypeError: 'tuple' object does not support item assignment
```

```
>>> a, b, c = x # associativity!
```

```
>>> b
```

```
2
```

```
>>> a, b = x
```

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

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

```
ValueError: too many values to unpack (expected 2)
```


INTERLUDE



Une fonction est un bloc de code réutilisable :

- ▶ mots-clés `def` et `return`;
- ▶ arguments, variables locales, variables globales;
- ▶ gestion des cas limites;
- ▶ documentation associée, cas tests (doctest);

Important!

La présentation d'une interface claire, générique et robuste est fondamentale.

```
def gcd(a, b):  
    """Computes the GCD of two positive integers.  
  
    >>> gcd(12, 8)  
    4  
    If necessary, a and b will be cast into integers.  
    >>> gcd(4, 2.3)  
    2  
    """  
    a, b = int(a), int(b)  
    while a != b:  
        if (a > b):  
            a = a - b  
        else:  
            b = b - a  
    return a
```

La documentation est accessible par la fonction `help`.

```
>>> help(gcd)
```

```
Help on function gcd in module __main__:
```

```
gcd(a, b)
```

```
    Computes the GCD of two positive integers.
```

```
>>> gcd(12, 8)
```

```
4
```

```
If necessary, a and b will be cast into integers.
```

```
>>> gcd(4, 2.3)
```

```
2
```

Le module `doctest` permet d'automatiser les tests unitaires :

```
>>> import doctest
>>> doctest.testmod()
TestResults(failed=0, attempted=2)
```

Il permet également de gérer les exceptions :

```
"""
[...]
>>> gcd(12, -8)
Traceback (most recent call last):
...
AssertionError: Input values must be positive integers
"""
```

On peut définir des valeurs par défaut pour les paramètres d'entrée d'une fonction.

```
>>> import cmath
>>> def rotate(value, angle, radian=True):
...     if not radian:
...         angle *= cmath.pi / 180.
...     return value * cmath.exp(angle*1j)
...
>>> rotate(1+2j, cmath.pi/2)
(-2+1.0000000000000002j)
```

En nommant les arguments, l'ordre n'a plus d'importance :

```
>>> rotate(angle=cmath.pi/2, value=1+2j)
(-2+1.0000000000000002j)
```

INTERLUDE



- ▶ Construire et documenter une fonction qui calcule l'aire d'un triangle équilatéral de côté a .
- ▶ Construire et documenter une fonction qui calcule la liste des nombres premiers inférieurs ou égaux à n .


```
import doctest
import math

def area(x: float) -> float:
    """Computes the area of an equilateral triangle.

    >>> area(2)
    1.7320508075688772
    """
    return x * x * math.sqrt(3) / 4

if __name__ == "__main__":
    print(doctest.testmod())
```

```
import doctest
import math

def prime(n: int) -> set:
    """Computes all prime numbers below n.

    Computes the sieve of Eratosthenes
    >>> prime(20)
    {1, 2, 3, 5, 7, 11, 13, 17, 19}
    """
    p = set(range(1, n))
    for i in range(2, int(math.sqrt(n)) + 1):
        p = p - set(x * i for x in range(2, n // i + 1))
    return p

if __name__ == "__main__":
    print(doctest.testmod())
```

Python fournit un mécanisme d'exceptions pour la gestion des cas limites (erreurs et comportements imprévus) :

- ▶ déclenchement par `raise`;
- ▶ rattrapage par `try/except`;

Saut de contexte automatique :

- ▶ affichage de la pile d'appel qui a mené à l'erreur.

On peut créer un modèle d'exception ad-hoc mais la sémantique des built-in exceptions suffit généralement.

```
>>> def check(value):
...     if (int (value) < 0):
...         raise ValueError("Cannot handle negative value (%s)" % (value))
...
>>> check(3)
>>> check(-7)
Traceback (most recent call last):
  File "<stdin>", line 1, in <module>
  File "<stdin>", line 3, in check
ValueError: Cannot handle negative value (-7)
```

```
>>> def analyze(s):
...     r = []
...     try:
...         vlist = s.split()
...         for v in vlist:
...             r.append(int(v))
...         return r
...     except ValueError as val:
...         print("Python said: %s" % val)
...     except AttributeError:
...         print("The argument must be a string of space-separated int")
...
>>> analyze("1 2 3 4 5")
[1, 2, 3, 4, 5]
>>> analyze("1 2 3 4 a")
Python said: invalid literal for int() with base 10: 'a'
>>> analyze(["1 2 3 4 5"])
The argument must be a string of space-separated int
```

Easier to Ask for Forgiveness than Permission (EAFP)

On suppose vraies les conditions nécessaires à l'exécution d'un code pour lever des exceptions si ces hypothèses se révèlent fausses.

≠ Look Before You Leap (LBYP)

```
# LBYP
if "key" in my_dict:
    x = my_dict["key"]
else:
    # handle missing key
```

```
# EAFP
try:
    x = my_dict["key"]
except KeyError:
    # handle missing key
```

- Toutefois, le mécanisme étant coûteux, les exceptions sont à réserver au traitement des cas limites, exceptionnels.

```
>>> text = "We usually consider that pi = 3.14159"
>>> for f in text.split():
...     try:
...         f = float(f)
...         print(f)
...     except ValueError: # not smart in that case...
...         pass
...
3.14159
```

Il faut repenser la logique. On pourrait par exemple écrire :

```
>>> import re # next episode!
>>> for f in re.finditer("\d+(\.\d+)?", text):
...     f = float(f.group())
...     print(f)
...
3.14159
```

Note : `\d+(\.\d+)?` est une *expression régulière* qui décrit le format :
« suite non vide (+) d'entiers (`\d`) suivie éventuellement (?) d'un point (`\.`) et d'une suite non vide d'entiers ».

PYTHON SCIENTIFIQUE

Un éventail de bibliothèques Python performantes fait autorité dans la communauté Python *scientifique* :

- ▶ **NumPy** joue sur la performance des traitements numériques basés sur les tableaux;
- ▶ **SciPy** intègre des algorithmes scientifiques (optimisation, algèbre linéaire, interpolation, intégration, etc.);
- ▶ **Matplotlib** permet des tracés graphiques à la Gnuplot;
- ▶ **IPython** propose une version plus interactive de l'interpréteur Python habituel.

- ▶ NumPy fournit le type `ndarray`;
- ▶ Les tableaux sont constitués d'éléments du même type;
- ▶ Les opérations arithmétiques sont vectorisées/optimisées.

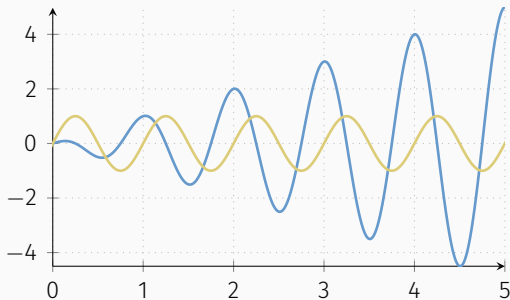
```
>>> import numpy as np
>>> a = np.array([1, 2, 3, 4]) # <class 'numpy.ndarray'>
>>> a.dtype
dtype('int64')
>>> a
array([1, 2, 3, 4])
>>> b = 2.5 * a # scalar multiplication
>>> b.dtype
dtype('float64')
>>> b - a # vector subtraction
array([ 1.5,  3. ,  4.5,  6. ])
```

- NumPy permet d'exprimer des traitements de manière efficace et élégante;

Exemple de calcul des décimales de π (Monte-Carlo) :

```
>>> import numpy as np
>>> size = 1e8
>>> positions = np.random.rand(size, 2)
>>> x, y = positions[:, 0], positions[:, 1] # memory views
>>> x0, y0 = 0.5, 0.5
>>> distances = (x - x0)**2 + (y - y0)**2
>>> sum(distances < .25)/size * 4
3.14154144
```

```
>>> import numpy as np
>>> import matplotlib.pyplot as plt
>>> x = np.linspace(0, 5, 1000)
>>> plt.plot(x, x * np.cos(2*np.pi*x))
>>> plt.plot(x, np.sin(2*np.pi*x))
>>> plt.show()
```



IPython propose un interpréteur plus puissant que celui par défaut, avec notamment :

- ▶ l'auto-complétion;
- ▶ la coloration syntaxique;
- ▶ l'aide *docstring* accessible via le préfixe ? ou ??;
- ▶ des *commandes magiques* accessibles via le préfixe % :
 - %timeit évalue le temps d'exécution de la commande qui suit;
- ▶ l'exécution de commandes systèmes préfixées par ! :
 - !ls (Unix ou Mac) liste les fichiers du répertoire courant.

```
Python 3.4.3 (default, Aug 11 2015, 08:57:25)
Type "copyright", "credits" or "license" for more information.
```

```
IPython 4.1.2 -- 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.
```

```
In [1]: import numpy as np
```

```
In [2]: np.si<TAB>
```

np.sign	np.sin	np.singlecomplex
np.signbit	np.sinc	np.sinh
np.signedinteger	np.single	np.size

```
In [2]: np.si
```

Le format « Jupyter notebook » (extension `.ipynb`) permet :

- ▶ d'écrire du texte dans un langage à balises simple;
- ▶ d'exécuter du code dans un langage interprété (IPython);
- ▶ d'exploiter, de présenter et d'analyser les résultats dans le même document.

À retenir!

La commande `%matplotlib inline` permet l'inclusion de figures produites par Matplotlib au sein du même document.

INTERLUDE




- ▶ Présentation des modules NumPy et Matplotlib;
- ▶ Introduction à Pandas;
- ▶ <https://github.com/ASPP/2021-bordeaux-dataviz>

Ressources pour aller plus loin :

- ▶ <https://github.com/rougier/scientific-visualization-book> (si publié)

LA BIBLIOTHÈQUE STANDARD PYTHON

Python propose par défaut :

- ▶ des fonctions intégrées (comme `print()`, `help()`, etc.);
- ▶ des bibliothèques d'utilitaires usuels;
 *batteries included*

<https://docs.python.org/3.9/library/index.html>

6.2. re – Regular expression operations

8.1. datetime – Basic date and time types

9.2. math – Mathematical functions

11.1. pathlib – Object-oriented filesystem paths

16.1. os – Miscellaneous operating system interfaces

26.2. doctest – Test interactive Python examples

29.1. sys – System-specific parameters and functions

Une expression régulière décrit un motif applicable à une chaîne de caractères.

Syntaxe de base :

- ▶ les caractères usuels, a ou 0, se décrivent eux-mêmes;
- ▶ . décrit un caractère quelconque;
- ▶ * marque 0 occurrence ou plus d'un motif;
- ▶ + marque 1 occurrence ou plus d'un motif;
- ▶ ? marque 0 ou 1 occurrence d'un motif;
- ▶ [] décrit un ensemble de caractères;
- ▶ () regroupe un motif (à identifier, répéter, etc.)
- ▶ des raccourcis : \d pour [0-9], \w pour [a-zA-Z0-9_] en ASCII, etc.

```
>>> import re

# Match simple words
>>> re.search("and", "lorem ipsum dolor sit amet")
>>> re.search("or", "lorem ipsum dolor sit amet")
<_sre.SRE_Match object; span=(1, 3), match='or'>
>>> re.findall("or", "lorem ipsum dolor sit amet")
['or', 'or']

# Match hexadecimal colors
>>> re.search(r"([\da-fA-F]){6}", "color=#aa3d1f;")
<_sre.SRE_Match object; span=(7, 13), match='aa3d1f'>
>>> _.group()
'aa3d1f'
```

```
>>> m = re.match(r"(\w+) (\w+)", "Isaac Newton, physicist")
>>> m.group(0)          # The entire match
'Isaac Newton'
>>> m.group(1)          # The first parenthesized subgroup.
'Isaac'
>>> m.group(2)          # The second parenthesized subgroup.
'Newton'

# Find all adverbs
>>> text = "He was carefully disguised but captured quickly by police."
>>> for m in re.finditer(r"\w+ly", text):
...     print('%02d-%02d: %s' % (m.start(), m.end(), m.group(0)))
07-16: carefully
40-47: quickly
```

```
>>> from datetime import datetime, timedelta, timezone

>>> now = datetime.now()
>>> now
datetime.datetime(2016, 5, 19, 9, 40, 30, 390247)
>>> print(now)
2016-05-19 09:40:30.390247

>>> now + timedelta(minutes=10)
datetime.datetime(2016, 5, 19, 9, 50, 30, 390247)

>>> xmas = datetime(now.year, 12, 25, tzinfo=datetime.timezone.utc)
>>> print(xmas)
2021-12-25 00:00:00+00:00
>>> xmas - now
datetime.timedelta(219, 51569, 609753)
>>> print(xmas - now)
219 days, 14:19:29.609753
```



```
>>> import os
>>> import sys

>>> sys.platform
'darwin'

>>> help(sys.argv) # you may prefer argparse or click

>>> os.getcwd(), os.path.abspath(os.getcwd())
('.', '/Users/xo')

>>> [x for x in os.listdir() if re.match(".*rc", x)]
['.bashrc', '.condarc', '.curlrc', '.vimrc', '.wgetrc', '.zshrc']
```

```
>>> from pathlib import Path
>>> p = Path(".")
>>> p.isdir()
True
>>> p.absolute()
PosixPath('/home/xo')
>>> sorted(p.glob(".*rc"))
[
    PosixPath('/home/xo/.bashrc'), PosixPath('/home/xo/.condarc'),
    PosixPath('/home/xo/.curlrc'), PosixPath('/home/xo/.vimrc'),
    PosixPath('/home/xo/.wgetrc'), PosixPath('/home/xo/.zshrc'),
]
>>> # Read and write
>>> bashrc = (p / ".bashrc").read_text()
>>> (p / "contents").write_text("some text")
```

INTERLUDE



- ▶ Construire et documenter une fonction qui lève une exception `ValueError` si une chaîne de caractères ne représente pas un numéro d'immatriculation de véhicule.
- ▶ Lister les éléments du dossier `/tmp` qui ont été modifiés il y a moins de 24 heures.
- ▶ Construire et documenter une fonction qui décompose une chaîne de caractères représentant un entier pour reconstruire l'entier correspondant.

👉 *ne pas utiliser `int()`*

```
import re

def verify(string: str):
    """Match valid registration numbers.

    >>> verify("AA-229-BY")
    >>> verify("1234-WC-75")
    Traceback (most recent call last):
        ...
    ValueError: Not a valid registration number: 1234-WC-75
    """
    if not re.match(r"[A-Z]{2}-\d{3}-[A-Z]{2}$", string):
        raise ValueError("Not a valid registration number: %s" % string)
```

```
from datetime import datetime, timedelta
from pathlib import Path

files: list[Path] = []

for p in Path("/tmp").glob("*"):
    timestamp = p.stat().st_mtime
    ts_date = datetime.fromtimestamp(timestamp)
    delta_max = timedelta(days=1)
    if datetime.now() - ts_date < delta_max:
        files.append(p)

print(files)
```

```

import functools

def horner(string):
    """Horner's method. Equivalent to int(string) for strings.

    >>> horner("12583")
    12583
    >>> horner("1234a")
    Traceback (most recent call last):
      ...
    TypeError: 'a' is not a number
    """
    tab = [x - b"0"[0] for x in string.encode()]
    for i, x in enumerate(tab):
        if x > 9 or x < 0:
            raise TypeError("'s' is not a number" % string[i])
    return functools.reduce(lambda rec, x: rec * 10 + x, tab, 0)

```

- ▶ Python est livré avec des fonctions de bases, notamment `print()`, `type()` ou `help()`;
- ▶ D'autres fonctions s'appliquent à des structures qui répondent à des spécifications particulières :
 - `len()` renvoie la longueur d'une structure séquentielle;
 - `max()` renvoie le plus grand élément d'une structure séquentielle si ces éléments peuvent se comparer entre eux;
 - `sum()` renvoie la somme d'éléments d'une structure séquentielle si ces éléments peuvent se sommer entre eux;
 - `sorted()` renvoie une liste triée d'éléments d'une structure séquentielle si ces éléments peuvent se comparer entre eux;

La fonction `range` produit une forme d'itération :

- ▶ les éléments sont générés explicitement, un par un, à chaque passage dans une boucle;
- ▶ `len`, `sorted`, etc. savent manipuler cette structure *itérable*.

```
>>> r = range(1, 1024, 3) # range does not produce a list
>>> r
range(1, 1024, 3)
```

```
>>> import collections
>>> isinstance(r, collections.Iterable)
True
>>> list(r)
# (truncated: the full list is expanded in memory)
```

`enumerate` ajoute un index lors de l'itération sur une séquence :

```
# anti-pattern
n = len(x)
for i in range(n):
    a = x[i]
    ...

# préférer
for i, a in enumerate(x):
    ...

# exemples
s = list(x**2 for x in range(5)) # [0, 1, 4, 9, 16]
list(enumerate(s)) # [(0, 0), (1, 1), (2, 4), (3, 9), (4, 16)]
```

zip itère sur plusieurs séquences à la fois.

```
x = [1, 2, 7, 4]
y = [2*t+1 for t in x]

# anti-pattern
length = min(len(x), len(y))
l = []
for i in range(length):
    l.append((x[i], y[i]))

# préférer
list(zip(x, y)) # [(1, 3), (2, 5), (7, 15), (4, 9)]
```

Trouver la paire d'éléments consécutifs d'une liste telle que leur différence en valeur absolue soit la plus grande de la liste.

```
>>> s = [1, 0, 3, 7, 2, 5, 8, 9, 4, 6]
>>> list(zip(s, s[1:]))
[(1, 0), (0, 3), (3, 7), (7, 2), (2, 5), (5, 8), (8, 9), (9, 4), (4, 6)]
>>> list(abs(x-y) for x, y in zip(s, s[1:]))
[1, 3, 4, 5, 3, 3, 1, 5, 2]
>>> max(abs(x-y) for x, y in zip(s, s[1:]))
5
>>> max((abs(x-y), i) for i, (x, y) in enumerate(zip(s, s[1:])))
(5, 7)
>>> list(zip(s, s[1:]))[7]
(9, 4)
>>> max((abs(x-y), (x, y)) for x, y in zip(s, s[1:]))
(5, (9, 4))
>>> max(zip(s, s[1:]), key=lambda elt: abs(elt[1] - elt[0]))
(7, 2)
```

Python permet d'appeler une fonction en passant ses arguments avec la notation (`*args`, `**kwargs`) :

- ▶ sous la forme d'un dictionnaire ➡ *keyword arguments*

```
>>> d = {'real': 3, 'imag': 5}
>>> complex(**d) # complex(real=3, imag=5)
(3+5j)
```

- ▶ sous la forme d'un tuple ➡ *positional arguments*

```
>>> t = (3, 5)
>>> complex(*t) # complex(3, 5)
(3+5j)
```

Use case :

```
def function(name, *args, **kwargs):
    print(name)
    other_function(*args, **kwargs)
```

- Le mot-clé `yield` remplace le mot `return` :

```
>>> def syracuse(n):  
...     yield n  
...     while n != 1:  
...         if n % 2 == 0:  
...             n = n // 2  
...         else:  
...             n = 3*n + 1  
...     yield n  
...  
>>> syracuse(58)  
<generator object syracuse at 0x7f9386164d38>  
>>> list(syracuse(58)) # or for s in syracuse(58): ...  
[58, 29, 88, 44, 22, 11, 34, 17, 52, 26, 13, 40, 20, 10, 5, 16, 8, 4, 2, 1]
```

- Des mots-clés venus du paradigme *fonctionnel*.

```
>>> temperatures = [36.5, 37, 37.5, 38, 39] # celsius
>>> fahrenheit = map(lambda t: 9/5 * t + 32, temperatures)
>>> list(fahrenheit)
[97.7, 98.60000000000001, 99.5, 100.4, 102.2]
```

```
>>> fever = filter(lambda t: t > 37.5, temperatures)
>>> list(fever)
[38, 39]
```

- La compréhension de liste peut être plus lisible.

```
>>> [9./5 * t + 32 for t in temperatures]
[97.7, 98.60000000000001, 99.5, 100.4, 102.2]
>>> [t for t in temperatures if t > 37.5]
[38, 39]
```

Comment appliquer à une liste $[x_0, x_1 \dots x_n]$ l'opération :

$$f(\dots f(f(x_0, x_1), x_2) \dots x_n)$$

```
>>> import functools
>>> l = [1, 7, 2, 4]
>>> functools.reduce(lambda x, y: x + y, l) # prefer sum here
14
>>> import operator
>>> same_result = functools.reduce(operator.add, l)
>>> functools.reduce(lambda x, y: x * y, l)
56
>>> same_result = functools.reduce(operator.mul, l)
>>> functools.reduce(lambda x, y: 10*x + y, l)
1724
```


PYTHON ORIENTÉ OBJET

Les valeurs, ou **instances**, Python ont un type, ou **classe** :
`int`, `bool`, `str`, `list` ou `numpy.ndarray`, etc.

Chaque classe présente des propriétés :

- ▶ on peut comparer des `int`, des `float` :

```
>>> 1 < 3.14  
True
```

- ▶ on peut parcourir et indexer des `str`, des `list` :

```
>>> 'object'[2]  
'j'
```

- ▶ certaines classes exposent des **méthodes** :

```
>>> 'help!'.upper()  
'HELP!'
```

Les fonctions Python sont codées en supposant que les données d'entrées ont les mêmes propriétés :

- `sorted` trie une structure **séquentielle** formée de valeurs **comparables**.

```
>>> sorted([1, 4, 7])  
[1, 4, 7]  
>>> sorted("help")  
['e', 'h', 'l', 'p']
```

Le typage canard (*duck-typing*)

« S'il marche comme un canard et cancale comme un canard, alors c'est un canard! »

- ▶ Python ne s'intéresse pas tant aux objets qu'à leur comportement.
- ▶ Si deux instances offrent la même interface, alors on peut appeler les mêmes fonctions dessus.
- ▶ Le contrôle est assuré par les exceptions.

☞ style EAFP

L'orienté objet est un style de programmation qui repose sur trois grands principes :

- ▶ la notion d'**encapsulation** : un objet embarque des propriétés (attributs, méthodes, etc.);
- ▶ la notion d'**interface** : un objet présente et documente des services tout en cachant sa structure interne;
- ▶ la notion de **factorisation** : on met en commun des objets au comportement similaire.

Python³ offrent des facilités pour mettre en œuvre ces principes.

³ et a fortiori les langages orienté objet

On souhaite trier une liste de points (coordonnées complexes) dans le plan par module croissant :

```
>>> coords = [1+2j, 3j, 2+1j, 4]
>>> sorted(coords)
Traceback (most recent call last):
  File "<stdin>", line 1, in <module>
TypeError: unorderable types: complex() < complex()
```

► *Il n'y a pas de relation d'ordre total sur les complexes.*

On crée un objet `Point` qui hérite des complexes :

```
>>> class Point(complex):
...     """A class for representing 2-dimension points."""
...     def __lt__(self, pt):
...         """An order relation based on the L2-norm."""
...         return self.real**2 + self.imag**2 < pt.real**2 + pt.imag**2
...
>>> points = [Point(p) for p in coords]
>>> sorted(points)
[(1+2j), (2+1j), 3j, (4+0j)]
```

Le `Point` garde toutes les propriétés des complexes.

```
>>> points[0] * points[1]
5j
>>> 2+3j + Point(3j)
(2+6j)
>>> points[1].real
2.0
```

Les `doctests` produisent la documentation habituelle.

```
>>> help(Point)
```


Une instance Python permet l'ajout dynamique d'attributs.

```
class Vector(object):  
    pass
```

```
v = Vector()  
v.x = 4.2  
v.y = 2.3  
v.z = 0.2  
  
print(v.x, v.y, v.z)
```

similaire à un dictionnaire...

```
v = {'x': 4.2, 'y': 2.3, 'z': 0.2}  
  
print(v['x'], v['y'], v['z'])
```

CONSTRUCTION D'UNE CLASSE

```
import numpy as np

class Vector(object):
    # By convention, self refers to the instance itself
    def norm(self):
        """The L2-norm of the structure."""
        return np.sqrt(self.x**2 + self.y**2 + self.z**2)

v = Vector()
v.x = 4.2
v.y = 2.3
v.z = 0.2

print(v.norm()) # 4.792702786528704
```

CONSTRUCTION D'UNE CLASSE

```
class Vector(object):
    null = 0.0
    def norm(self):
        """The L2-norm of the structure."""
        return np.sqrt(self.x**2 + self.y**2 + self.z**2)
    # Methods may modify the instance.
    def zero(self):
        """Bring back to zero."""
        self.x, self.y, self.z = self.null, self.null, self.null

v = Vector()
v.x = 4.2
v.y = 2.3
v.z = 0.2
v.zero()

print(v.norm()) # 0.0
```

CONSTRUCTION D'UNE CLASSE

```
class Vector(object):
    null = 0.0
    def __init__(self, x, y, z):
        """Creates a new vector from its coordinates."""
        self.x, self.y, self.z = x, y, z
    def norm(self):
        """The L2-norm of the structure."""
        return np.sqrt(self.x**2 + self.y**2 + self.z**2)
    def zero(self):
        """Bring back to zero."""
        self.x, self.y, self.z = self.null, self.null, self.null

v = Vector(4.2, 2.3, 0.2)
print(v.norm()) # 4.792702786528704

v.zero()
print(v.norm()) # 0.0
```

☞ On n'a jamais dit que x , y et z doivent être des flottants.
Ils doivent simplement pouvoir :

- ▶ être additionnés;
- ▶ être valides vis-à-vis du calcul de la norme.

```
>>> a = np.linspace(0, 5, 3)
>>> b = np.linspace(5, 0, 3)
>>> c = 0
>>> v = Vector(a, b, c)
>>> v.norm()
array([ 5.          ,  3.53553391,  5.          ])
```

Si une classe A veut donner aux accès aux services fournis par la classe B, on peut procéder par :

- ▶ **composition** : la classe A donne accès à un attribut de la classe B : les méthodes de B sont appelées via des appels à des méthodes de A;
- ▶ **héritage** : la classe A reproduit le comportement de la classe B quitte à surcharger certains comportements.

```
class Triangle:

    def __init__(self, a, b, c):
        self.points = a, b, c # composition

    def translate(self, t):
        for point in self.points:
            point.translate(t) # accès aux méthodes de point
```

```
class TriangleCompteur(Triangle): # héritage

    compteur = 0

    def __init__(self, a, b, c): # surcharge
        super().__init__(a, b, c) # appel à la méthode de Triangle
        self.__class__.compteur += 1

    def __repr__(self): # surcharge
        return f"Un triangle parmi {self.__class__.compteur}"

# def translate(self, t): # inutile: accès offert par l'héritage
#     for point in self.points:
#         point.translate(t) # accès aux méthodes de point

>>> [TriangleCompteur(p1, p2, p3), TriangleCompteur(p2, p3, p4)]
[Un triangle parmi 2, Un triangle parmi 2]
```


On dit souvent qu'il faut préférer la composition à l'héritage. Retenons plutôt qu'il vaut mieux **éviter de faire de l'héritage pour les mauvaises raisons**.

D'une manière générale, si on pense faire hériter B de A :

- ▶ toutes les instances d'une classe B pour fonctionner telles quelles avec du code écrit pour A;
- ▶ construire une liste qui mélange des instances de A et des instances de B aurait du sens;

on peut préférer l'héritage.

Sinon, il vaut sans doute mieux procéder par composition.

```
class Rectangle(Triangle):  
    ...
```

```
class Point3D(Point2D):  
    ...
```

NON!

Un rectangle n'est pas un triangle. À la limite, Point2D est un cas particulier de Point3D (pas l'inverse).

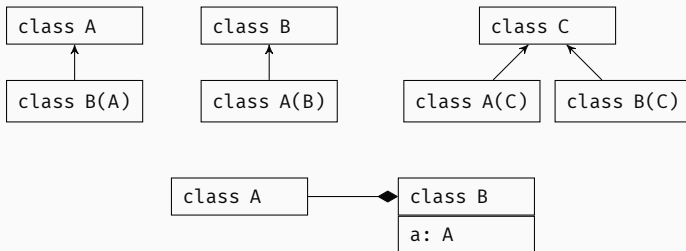
→ Il vaut mieux créer une classe **Forme** (ou **PointnD**) qui factorise les comportements et créer l'héritage à partir de là.

- ▶ La factorisation se conçoit sur les valeurs (les données). Elle se formalise **ensuite** sur les types.
- ▶ La factorisation est arbitraire.
- ▶ La factorisation dépend de l'application cible.

On peut factoriser deux classes A et B si :

- ▶ elles ont la même interface;
- ▶ leur interface a une partie commune.

La factorisation peut s'exprimer suivant ces modèles :



Les protocoles sont des interfaces informelles à la base du fonctionnement du polymorphisme.

L'exemple fondamental est celui de structure itérable.

Les classes n'héritent pas d'une interface **Iterable** mais si l'interpréteur trouve des méthodes qui lui permettent d'itérer, (`__iter__` ou `__getitem__`) alors il reconnaît la classe comme suivant le protocole **Iterable**.

```
from collections.abc import Iterable

class Point:
    coords = (0, 0, 0)

isinstance(Point(), Iterable) # False

class Point:
    coords = (0, 0, 0)

    def __iter__(self):
        yield from self.coords

isinstance(Point(), Iterable) # True

list(Point()) # [0, 0, 0]
```

```
from collections.abc import Container, Sized
```

```
isinstance(Point(), Container) # False
```

```
isinstance(Point(), Sized) # False
```

```
class Point:
```

```
    coords = (0, 0, 0)
```

```
    def __iter__(self):  
        yield from self.coords
```

```
    def __len__(self): # Sized  
        return len(self.coords)
```

```
    def __contains__(self, elt): # Container  
        return elt in self.coords
```

```
isinstance(Point(), Container) # True
```

```
isinstance(Point(), Sized) # True
```

INTERLUDE



- ▶ Construire et documenter une classe `Container` qui contient un `set` de valeurs accompagné d'un ensemble de valeurs autorisées :
 - la méthode `add` ajoute une valeur si elle est autorisée ;
 - la méthode `extend` ajoute une valeur à la liste autorisée ;
 - la méthode `restrict` enlève une valeur de la liste des valeurs autorisées.

Note : Il faut aussi gérer et documenter les cas limites.

```
"""Specifications and unit tests for the exercise.
```

```
>>> e = Container()
>>> for v in [1, 2, 'a', 3.14]:
...     e.extend(v)
>>> e.add(3.14)
>>> e.add(2)
>>> e.add(2)
>>> e
Container({2, 3.14})

>>> e.add(5)
Traceback (most recent call last):
...
ValueError: Value '5' is not allowed.
```

```
>>> e.extend(5)
>>> e.add(5)

>>> e.restrict(1)
>>> e.restrict(2)
Traceback (most recent call last):
...
ValueError: Value '2' is present in the Container.
"""
```

```
class Container(set):
    def __init__(self):
        self.allowedValues = set()
        super().__init__()

    def extend(self, v):
        """Add a value in the list of allowed values."""
        self.allowedValues.add(v)

    def add(self, v):
        """Add a value in the set."""
        if v not in self.allowedValues:
            raise ValueError("Value '%s' is not allowed." % v)
        super().add(v)

    def restrict(self, v):
        """Remove a value from the list of allowed values."""
        if v in self:
            raise ValueError("Value '%s' is present in the Container." % v)
        self.allowedValues.remove(v)
```

REPRENONS...

Les objets Python sont détruits automatiquement par un *garbage collector* qui compte le nombre de références vers chaque objet.

Quand le compteur arrive à zéro, l'objet est détruit :

```
>>> class foo(object):
...     def __del__(self):
...         print("bye bye")
...
>>> e = foo()    # Py_INCREF()    --> 1
>>> f = []
>>> f.append(e)   # Py_INCREF()    --> 2
>>> del e         # Py_DECREF()    --> 1
>>> f.clear()     # Py_DECREF()    --> 0
bye bye
```

- ▶ Les attributs et méthodes « classiques » sont accessibles par la notation pointée.
- ▶ En revanche, les attributs préfixés par `__` sont inaccessibles en dehors de l'instance. 🖱 *attribut privé*

Des noms de méthodes sont réservés :

- ▶ `__init__(self)`, appelé lors de la création de l'objet;
- ▶ `__del__(self)`, appelé lors de la destruction de l'objet;
- ▶ `__repr__(self)`, appelé lors de l'affichage dans le terminal;
- ▶ `__add__(self, other)`, appelé par l'opérateur `+`;
- ▶ `__lt__(self, other)`, appelé par l'opérateur `<`;
- ▶ `__next__(self)`, appelé lors d'un `for i in ...`;
- ▶ etc.

```
class Circle(object):
    def __init__(self, radius):
        self.radius = radius

    @property
    def area(self):
        return math.pi * self.r**2

    @area.setter
    def area(self, value):
        self.r = math.sqrt(value/math.pi)
```

```
>>> a = Circle(2)
>>> a.area
12.566370614359172
>>> a.radius = 3
>>> a.area
28.274333882308138
>>> a.area = 2
>>> a.radius
0.7978845608028654
```


INTERLUDE



- ▶ Trier par ordre croissant de surface des formes géométriques définies comme suit :
 - un cercle : son rayon;
 - un triangle : ses trois sommets;
 - un quadrilatère : ses quatre sommets (dans l'ordre)

```
"""
```

Make a list of geometrical shapes and order them by area.

```
>>> c = Circle(1)
>>> t = Triangle(0, 4, 3j)
>>> q = Quadrilateral(0, 2, 2+2.5j, 2.5j)
>>> sorted([c, t, q])
[Circle of area 3.14, Quadrilateral of area 5.00, Triangle of area 6.00]
"""
```

```
class Shape(object):
    def __lt__(self, shape):
        return self.area() < shape.area()

    def __repr__(self):
        return f"{type(self).__name__} of area {self.area():.2f}"
```

```
class Circle(Shape):
    """Define a circle by its radius.

    >>> c = Circle(2)
    >>> c.area()/math.pi
    4.0
    """

    def __init__(self, radius):
        assert radius > 0, "Only positive radius"
        self.r = radius

    def area(self):
        # not very spectacular
        return math.pi * self.r ** 2
```

```
class Triangle(Shape):
    """Define a triangle by three vertices.

    >>> t = Triangle(0, 4, 3j)
    >>> t.area()
    6.0
    """

    def __init__(self, a, b, c):
        self.v1 = b - a
        self.v2 = c - a

    def area(self):
        # z1.conjugate() * z2 = dot(z1, z2) + cross(z1, z2) * j
        # area is half of the abs value of the cross product
        return abs((self.v1.conjugate() * self.v2).imag) / 2.0
```

```
class Quadrilateral(Shape):
    """Define a quadrilateral by four vertices.

    >>> q = Quadrilateral(0, 2, 2+2.5j, 2.5j)
    >>> q.area()
    5.0
    """

    def __init__(self, a, b, c, d):
        # cut the quadrilateral into two triangles and sum the areas
        self.t1 = Triangle(a, b, c)
        self.t2 = Triangle(c, d, a)

    def area(self):
        return self.t1.area() + self.t2.area()
```

MODULES – INTERFACES

Le module est l'unité de nommage Python (\approx fichier).
C'est une **unité de services** qui fournit :

- ▶ des constantes;
- ▶ des types et des classes;
- ▶ des fonctions.

```
import numpy
import matplotlib.pyplot as plt
from math import pi, cos
```

La commande `import` procède à de l'interprétation de code Python et/ou au chargement de bibliothèques compilées.

L'interpréteur recherche le module dans :

- ▶ le répertoire courant;
- ▶ la liste de répertoires du PYTHONPATH;
- ▶ les répertoires systèmes.

Important!

Chaque module n'est importé **qu'une seule fois** par session.
Si le module est changé, il faut redémarrer l'interpréteur.

Note : Python produit et maintient une version compilée d'un fichier à l'extension `.pyc` dans un dossier `__pycache__`.

Les modules présentent une interface à des *services génériques et réutilisables*, tout en masquant les détails techniques : algorithmique, code, choix du langage !

Rappel

La présentation d'une interface claire, générique et robuste est fondamentale.

Questions fondamentales :

- ▶ Quelles sont les fonctions à forte plus-value ?
- ▶ Où trouver la documentation et des exemples d'utilisation ?

Python fournit des outils performants pour la livraison de modules, mais il faut penser en amont à :

- ▶ une méthodologie (tests, documentation, développement);
- ▶ des bonnes pratiques sur l'interface.

On distingue souvent :

- ▶ tests unitaires (non régression, à granularité fine);
- ▶ tests d'intégration (l'articulation du code);
- ▶ tests de performance.

Python propose `distutils` mais la Python Packaging Authority maintient une alternative plus complète, `setuptools`.

L'arborescence suivante est courante :

```
geography.git/  
- geography/  
  - __init__.py  
  - core.py  
  - geodesy.py  
  - projection.py  
- tests/  
- license.txt  
- readme.txt  
- setup.py
```

- ▶ Le fichier `__init__.py` permet de charger des fichiers dans un répertoire. Il est souvent vide;
- ▶ Les `import` relatifs au module courant sont permis :

```
import .core  
from ..foo import bar # go up one directory
```

- ▶ Le fichier `setup.py` décrit le module;
- ▶ Construction, installation, distribution du *paquet* :

```
python setup.py install # build and install  
python setup.py install --prefix=/my/favourite/directory  
python setup.py bdist_wheel # produce a distributable archive
```

```
from setuptools import setup

setup(name="geography",
      version="0.1",
      author="Xavier Olive,",
      author_email="me@example.com",
      description="A fantastic module for geography",
      long_description=open("readme.txt").read(),
      license="MIT",
      packages=["geography", ], # folder name
      install_requires=["numpy>=1.4", ],
    )
```

- ▶ Le site <https://pypi.python.org/pypi>⁴ recense des milliers de paquets.
- ▶ **pip**⁵ est un outil de gestion des paquets et dépendances :

```
pip install numpy  
pip uninstall numpy  
pip install numpy=1.9  
pip install -r requirements.txt
```
- ▶ Notion d'environnement virtuel.
 - le paquet `virtualenv`;
 - les environnements virtuels dans Anaconda.

⁴ The Python Package Index

⁵ Acronyme récursif pour « Pip Installs Packages »

INTERLUDE



- Reprendre le code des séances précédentes et commencer la production d'un module livrable.

PYTHON AVANCÉ

La syntaxe « décorateur » utilise une notation à base de @ :

```
>>> def explicit_call(func):
...     def func_wrapper(*args, **kwargs):
...         print("calling " + func.__name__)
...         return func(*args, **kwargs)
...     return func_wrapper
...
>>> @explicit_call
... def is_positive(number):
...     return number > 0
...
>>> is_positive(4)
calling is_positive
True
```

La notation est équivalente à :

```
>>> is_positive = explicit_call(is_positive)
```


"Premature optimization is the root of all evil in programming."

"If you optimize everything, you will always be unhappy."

"I've never been a good estimator of how long things are going to take."

— Donald Knuth

Pour analyser les performances d'un code :

- ▶ le module `time` ( `%timeit` avec IPython);
- ▶ le module `cProfile`, plus complet.

```
import cProfile
cProfile.run('main()', sort='time')
```

- ▶ Cython permet à la fois :
 - d'optimiser du code Python en le compilant pour une architecture spécifique de machine;
 - de créer une interface Python pour appeler du code écrit dans un autre langage, via son API C/C++.

- ▶ Un mécanisme interne à Python (le GIL) ne permet pas aux *threads* qui manipulent des objets Python de s'exécuter en parallèle;
 - possible, mais sans gain de performance
- ▶ Les extensions C (notamment NumPy) peuvent désactiver le GIL pour paralléliser des traitements;
- ▶ Le *multiprocessing* est une alternative mais les espaces de variables de chaque processus sont isolés.
- ▶ Numpy, Cython, Numba sont des bibliothèques optimisées pour le traitement parallèle.

PyQt5 propose une interface vers l'API de Qt⁶ (Nokia).

- ▶ joli, convivial, portable,
- ▶ mais chronophage!

Le principe est de fournir des fonctions, ou *callbacks*, à appeler lors d'un événement (clic sur un bouton, etc.)

- ▶ Dropbox, QGIS, calibre (ebooks), etc.

⁶ prononcé *cute*

```
>>> import this
```