Chapitre 1

Tutoriel d'initiation à Python 1re partie

Le langage Python [1], créé en 1989 par Guido van Rossum, est utilisé dans de nombreux domaines. Sa syntaxe simple en fait un langage facile à lire et à comprendre. Il a en outre un intérêt tout particulier dans le domaine scientifique, grâce aux nombreux modules qui permettent d'utiliser et de développer des méthodes numériques, mais aussi de faire du calcul formel.

Ce chapitre présente une initiation à Python sous la forme d'un tutoriel qui, au fil de l'apprentissage, deviendra un aide-mémoire facilement consultable. Ce tutoriel sera complété par le chapitre 3 qui en constituera la deuxième partie. De même qu'une première étape dans l'apprentissage d'une langue est la répétition de ce qui est entendu, de même ici la meilleure façon d'étudier ce tutoriel est de saisir au clavier tous les exemples donnés pour s'approprier ainsi les différentes commandes de Python.

1.1 Installation et premier exemple

1.1.1 Installation de Python

On peut installer Python de la façon suivante.
• Télécharger le fichier « Python-3.4.1.msi » à l'adresse ci-dessous et l'exécuter.

`https://www.python.org/downloads/`

• Télécharger ensuite les modules « libsvm », « pyparsing », « python-dateutil », « pytz », « six », « scipy », « numpy-mkl », « matplotlib », « scikit-image » (pour le traitement

1. On trouve dans le langage Python de nombreuses références à la série des Monty Python, chère à l'inventeur de ce langage !

d'images), « mysqlclient » (pour les bases de données), « sympy » (pour le calcul formel), « cx_Freeze » (pour convertir un fichier Python en exécutable) à l'adresse ci-dessous et les installer dans cet ordre.

`http://www.lfd.uci.edu/~gohlke/pythonlibs/`

On peut aussi utiliser Spyder et WinPython, ou bien Anaconda et IPython, ou encore Pyzo.

1.1.2 Premier exemple

Quand on ouvre le terminal IDLE, le symbole >>> apparaît à l'écran. On peut alors saisir une instruction que l'on exécute en appuyant sur la touche « Entrée ».
Calculer $4 \times 13 - 1$.
Une nouvelle ligne commençant par >>> apparaît alors. Calculer $\frac{4}{3}$.
On remarque que l'on obtient une valeur approchée en utilisant le symbole `/`. Si l'on souhaite avoir la division euclidienne de 4 par 3, on devra écrire `4//3`. Quant au reste, il est obtenu en écrivant `4%3`.

Remarque 1.1.1

— L'aide est accessible en cliquant sur le menu « Help » ou par exemple en tapant `help(print)` si l'on désire avoir des informations sur la commande `print`.
— On accède aux instructions précédemment écrites en appuyant simultanément sur les touches « alt » et « P ».
— La commande `print` permet d'afficher un résultat.

1.1.3 Modules

On peut importer des **modules** qui ne sont pas accessibles par défaut quand on lance Python. Par exemple pour calculer $\sin(\frac{\pi}{2}) + \sqrt{2} - e$, on peut importer le module `math` qui contient un certain nombre de fonctions mathématiques. Il y a au moins trois façons de procéder (et les trois sont utiles).
— Soit on écrit `from math import *` (cela importe tout le module), puis l'expression `sin(pi/2)+sqrt(2)-e`.
— Soit on écrit `from math import sin,pi,sqrt,e` (seules les commandes `sin`, `pi`, `sqrt` sont importées), puis `sin(pi/2)+sqrt(2)-e`.
— Soit on écrit `import math as mt` (cela importe tout le module et ses fonctions devront être préfixées par `mt`), puis `mt.sin(mt.pi/2)+mt.sqrt(2)-mt.e`.
Pour connaître toutes les commandes contenues dans le module `cmath`, on entre l'instruction `dir("cmath")`.

1.1.4 Utilisation de fichiers

Dans le menu de IDLE, sélectionner « File », puis « New File ». Une nouvelle fenêtre s'ouvre, dans laquelle on peut entrer des instructions, avec des retours à la ligne sans que la ligne précédente soit exécutée. Toutes ces instructions peuvent cependant être exécutées en bloc en utilisant la touche « f5 ».

✔ *Dans la pratique, on crée un fichier dès que l'on souhaite écrire une procédure ou tracer un graphe. Le terminal utilisé jusqu'à présent sert alors par exemple à évaluer certaines fonctions du fichier pour des valeurs données des paramètres.*

1.2 Types d'objets

1.2.1 Entiers et flottants

Différents types d'objets existent en Python. La commande `type` donne le type d'un objet. Entrer `type(-44)` et `type(-44.0)`.

On peut convertir l'entier -44 en un nombre flottant en écrivant `float(-44)`, de même que l'on peut convertir le flottant -44.1 en entier (i. e. calculer $\text{sgn}(x)\, E(|x|)$) en écrivant `int(-44.1)`. La partie entière est donnée par la commande `floor` du module `math`. Quant à la commande `round`, elle permet d'obtenir un arrondi, et l'on peut préciser le nombre de décimales souhaité. Exemple : `round(44.7318,2)`.

1.2.2 Variables

Une **variable** est une **référence**[2] à une « case mémoire » dans laquelle on peut mettre un objet (l'objet peut être un nombre, un polynôme, une fonction, une matrice, un graphique…).
Par exemple, pour créer une variable a qui fait référence à l'objet 13 (on dit que l'on affecte la valeur 13 à la variable a), on écrit `a=13`. Evaluer alors a et a^2.

On peut créer plusieurs variables simultanément. Par exemple `b,c=4,7`. L'affectation des variables se fait en parallèle, ce qui évite le recours à une troisième variable quand on veut échanger leurs valeurs : les instructions `b,c=c,b` échangent le contenu des variables b et c. Attention cependant au cas des tableaux 2D dont on reparlera au paragraphe 3.1.4…

On peut ajouter une valeur à une variable donnée (c'est l'incrémentation). L'instruction `a=a+4` peut aussi s'écrire `a+=4`. De même on a les opérateurs `-=`, `*=`, `/=`, `//=` et `%=`.

2. Et non directement une « case mémoire » ! Cette distinction a toute son importance.

1.2.3 Nombres complexes

Le nombre complexe i est représenté en Python par la constante `1j`. Pour définir le nombre $z = 4 - 7i$, on écrira `z=4-7j`. On peut alors accéder aux parties réelle et imaginaire de z par les instructions `z.real` et `z.imag`. Quant au module de z, il est donné par `abs(z)`.

Pour utiliser certaines commandes relatives aux nombres complexes, on doit importer le module `cmath`. Après avoir écrit `import cmath`, on peut calculer l'argument de z (`cmath.phase(z)`) et son écriture exponentielle (`cmath.polar(z)`). Inversement, l'écriture cartésienne d'un nombre complexe $z = \rho e^{i\theta}$ s'obtient par la commande `rect`. Par exemple pour $e^{i\frac{\pi}{4}}$, on écrit `cmath.rect(1,cmath.pi/4)`.

1.2.4 Booléens

Les **constantes booléennes** sont `True` et `False`. Par exemple, si l'on veut savoir si l'inégalité $4 < 13$ est vraie, on entre `4<13` et Python renvoie `True`. On teste l'égalité (resp. la non égalité) de deux valeurs au moyen de l'opérateur `==` (resp. `!=`).
La conjonction (resp. la disjonction) est donnée par `and` (resp. `or`).
Quant à la négation, elle s'écrit `not`.
On peut convertir un booléen en un entier en écrivant par exemple `int(True)`.
Tester ces différentes commandes à partir des formules $4 < 13$, $4 > 13$, $4 = 4$, $4 \neq 4$, en créant des variables qui les contiennent.

1.2.5 Chaînes de caractères

Une **chaîne de caractères** est une suite de caractères placée entre guillemets ou entre apostrophes. Par exemple `x='vacances'`. On peut concaténer des chaînes de caractères grâce à l'opérateur `+`. On peut ainsi écrire `'vive les '+x`.
Calculer aussi `7*x`.

La commande `str` convertit un entier ou un flottant en une chaîne de caractères, ce qui est utile pour les concaténations. Exemple : `'numéro '+str(4)`. Réciproquement, on a les commandes `int` et `float` : entrer `int('44')` et `float('44.7')`.

1.2.6 Listes

Une **liste** en Python est une suite finie d'objets séparés par des virgules qui est placée entre crochets. Un exemple de liste est `L=[4,-13.7,'vacances',True]`. Une liste est en fait un tableau (au sens où l'on peut accéder facilement à n'importe quelle case et en temps constant, indépendamment de la longueur de la liste) dynamique (au sens où l'on peut ajouter et retirer des éléments et modifier la valeur des éléments).
Attention, toute liste est indexée à partir de 0 (et non 1). La liste vide est notée `[]`.
La commande `len` retourne le nombre d'éléments d'une liste, et `L[j]` retourne le $j-$ème élément de la liste L.

On peut ajouter un élément à la fin d'une liste grâce à la méthode `append`.
Exemple : `L.append(92160)`.
Pour concaténer deux listes, on utilise l'opérateur `+`.
Exemple : `L+[2,False,'abcd']`. On peut également construire des listes avec l'opérateur `*`. Exemples : `4*L` (i. e. « 4 fois la liste L »), `7*[0]`.
L'instruction `L[i:j]` renvoie la sous-liste de L formée des éléments d'indices compris dans l'intervalle $[\![i, j[\![$. Exemple : `L[0:3]`.
Si l'on omet l'indice i (resp. j), Python le remplace automatiquement par 0 (resp. la taille de la liste). Exemples : `L[:3]`, `L[1:]`.
On peut aussi accéder aux éléments d'une liste en utilisant des indices négatifs. Ainsi `L[-1]` renvoie le dernier élément de la liste.
La commande `del` supprime un élément d'une liste. Exemple : `del(L[2])`. Et la méthode pop supprime le dernier élément d'une liste et le récupère.
Exemple : `z=L.pop()`.
Attention, il faut se rappeler que les variables sont des *références*. Si l'on définit `x=[4,7,13,0]` et `y=x`, alors la modification `x[1]=44` affectera aussi y (« car x et y pointent vers la même case mémoire »). En revanche si l'on définit `x=[4,7,13,0]` et `y=[4,7,13,0]`, alors la modification `x[1]=44` n'affectera pas y (« car x et y pointent vers deux cases mémoire différentes »).

Etant donné une liste L comportant un élément a, l'instruction `L.index(a)` donne l'indice correspondant à la première occurrence de l'élément a dans L.
Quant à l'instruction `L.reverse()`, elle modifie la liste L en renversant l'ordre de ses éléments.

L'instruction `list(range(0,4))` renvoie la liste des entiers de l'intervalle $[\![0, 3]\!]$.
Autres exemples : `list(range(0,14,3))`, `list(range(6,1,-1))`.
Une méthode très importante pour définir une liste est donnée par l'exemple `[1/j for j in range(1,10)]`.
De même, on peut écrire `[1/j for j in range(1,10) if j%2==0]` en spécifiant une condition sur j.

La commande `sum` permet de calculer des sommes finies. Ainsi on obtient la somme $\sum_{k=1}^{10} k$ au moyen de `sum([k for k in range(1,11)])`. De même, $\sum_{k=1}^{100} \frac{1}{k^2}$ s'obtient par `sum([1/k**2 for k in range(1,101)])`.

1.2.7 Polynômes

Pour effectuer des calculs sur les polynômes, on importe le module `numpy`, dont nous reparlerons dans le paragraphe 3.1.1, en écrivant `import numpy as np`.

La commande `poly1d` permet de créer un polynôme en définissant ses coefficients dans l'ordre des degrés décroissants. Exemple : `P=np.poly1d([4,7,-1,2])`. On peut alors afficher ce polynôme en écrivant `print(P)`. Les opérations sur les polynômes sont obtenues grâce aux opérateurs classiques $+$, $-$, $*$. Le degré d'un poly-

nôme est donné par la commande `order`. Exemple : `P.order`. Et l'on obtient la liste des coefficients de P (toujours dans l'ordre des degrés décroissants) en écrivant `P.c`. Pour avoir le coefficient de degré j, on écrit `P[j]`.

On obtient le polynôme dérivé (resp. primitive s'annulant en 0) grâce à `P.deriv()` (resp. `P.integ()`). Pour évaluer le polynôme en un point a, il suffit d'écrire `P(a)`. Pour calculer le quotient et le reste de la division euclidienne d'un polynôme A par un polynôme B, on procède ainsi.

```
A=np.poly1d([4,7,-1,2]); B=np.poly1d([3,-5])
Q,R=A/B
Q,R ⟶ poly1d([ 1.33333333,  4.55555556,  7.25925926]),
    poly1d([ 38.2962963])
print(B*Q+R)
```

1.3 Graphes de fonctions et courbes paramétrées

1.3.1 Le module `matplotlib`

Pour tracer des graphiques avec Python, on doit importer le sous-module `pyplot` du module `matplotlib`. De plus, on a presque toujours besoin du module `numpy`. On commencera donc le fichier contenant les instructions graphiques par les deux lignes ci-dessous.

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

1.3.2 Graphes de fonctions

Pour tracer le graphe de la fonction f sur l'intervalle $[a,\, b]$, on discrétise cet intervalle en une suite $t_0, \ldots, t_n$ d'abscisses. On trace alors la ligne brisée joignant les points de coordonnées $(t_j,\, f(t_j))$. Puis la commande `show()` (toujours placée à la fin) affiche le graphique. Notons que la commande `clf()` permet d'effacer la fenêtre graphique.
Pour tracer la fonction $\cos$ sur $[0,\, 10]$, on écrit donc
`t=np.linspace(0,10,100)` (ici on choisit 100 points de discrétisation)

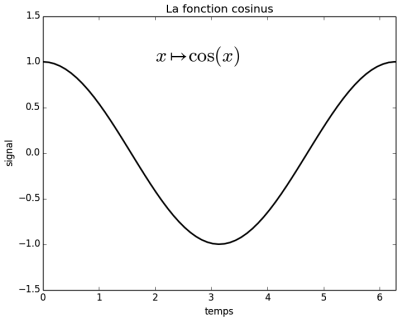
```
y=np.cos(t)
plt.plot(t,y); plt.show()
```

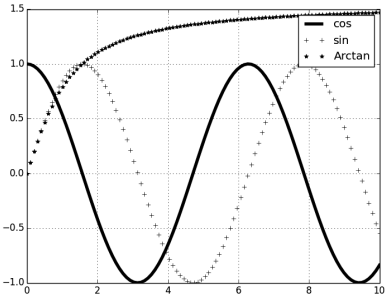
De nombreuses options peuvent être ajoutées. Pour avoir un quadrillage, on écrit `grid()`. La commande `axis` permet de spécifier une fenêtre d'affichage : en entrant `plt.axis([0,2*np.pi,-1.5,1.5])`, on obtient la fenêtre $[0,\, 2\pi] \times [-1.5,\, 1.5]$. On peut indiquer un troisième argument dans `plot` pour préciser un style de tracé ou une couleur. On peut aussi choisir l'épaisseur du trait grâce à la commande `linewidth`.
L'instruction `plt.axis('equal')` permet d'avoir un repère orthonormé.
On peut aussi indiquer des informations sur les axes.
Exemple : `plt.xlabel('temps'); plt.ylabel('signal')`.
L'instruction `plt.title('La fonction cosinus')` donne un titre au graphe.

Il est aussi possible d'écrire du texte sur le graphique, éventuellement en Latex :
`plt.text(2,1,'$x\mapsto\cos(x)$',fontsize=25,color='b').`

Pour superposer plusieurs graphes, on procède comme ci-dessous. On peut ajouter une légende grâce à l'instruction `plt.legend(('cos','sin','Arctan'))` (dans l'ordre indiqué pour le tracé), qui permet de repérer les graphes.

```
t=np.linspace(0,10,100)
y=np.cos(t); z=np.sin(t); w=np.arctan(t)
plt.plot(t,y,'r',t,z,'+k',t,w,'*g',linewidth=4)
plt.legend(('cos','sin','Arctan')); plt.grid(); plt.show()
```

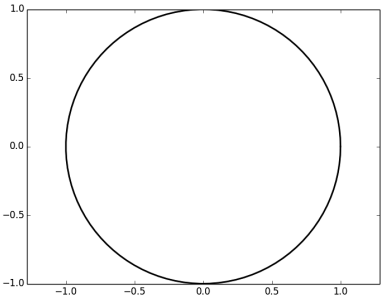




1.3.3 Courbes paramétrées

Pour tracer la courbe paramétrée $t \mapsto (x(t), y(t))$, on utilise toujours la commande `plot`. Exemple :

```
t=np.linspace(0,2*np.pi,100)
x=np.cos(t); y=np.sin(t)
plt.plot(x,y,'r'); plt.axis('equal'); plt.show()
```



De même, pour tracer la courbe définie par $t \mapsto \left(\dfrac{2t+t^2}{3+3t},\ \dfrac{2t^2-1}{4t}\right)$, on écrit les instructions suivantes.

```
t=np.linspace(-10,10,200)
x=(2*t+t**2)/(3+3*t); y=(2*t**2-1)/(4*t)
plt.plot(x,y,'r'); plt.axis('equal');
plt.axis([-5,5,-5,5]); plt.show()
```