Principales fonctions

1. Mathématiques

Opérations classiques

- `a + b`, `a - b`, `a * b` opérations classiques
- `a / b` division « réelle » (renvoie un nombre flottant)
- `a // b` quotient de la division euclidienne (renvoie un entier)
- `a % b` reste de la division euclidienne, appelé a modulo b
- `abs(x)` valeur absolue
- `x ** n` puissance x^n
- `4.56e12` pour 4.56×10^{12}

Module « math »

L'usage d'autres fonctions mathématiques nécessite le recours au module `math` qui s'appelle par la commande :

```
from math import *
```

- `sqrt(x)` racine carrée $\sqrt{x}$
- `cos(x)`, `sin(x)`, `tan(x)` fonctions trigonométriques $\cos x$, $\sin x$, $\tan x$ en radians
- `pi` valeur approchée de $\pi = 3.14159265\ldots$
- `inf` valeur $+\infty$ (plus grande que tout autre nombre flottant)
- `-inf` valeur $-\infty$ (plus petite que tout autre nombre flottant)
- `floor(x)` entier juste en-dessous de x
- `ceil(x)` entier juste au-dessus de x
- `gcd(a,b)` pgcd de a et de b
- `exp(x)` exponentielle e^x
- `log(x)` logarithme népérien (en base e), $\ln(x)$
- `log(x,b)` logarithme de x en base b, $\log_b(x)$
- `log(x,10)` logarithme décimal, $\log_{10}(x)$
- `log(x,2)` logarithme en base 2, $\log_2(x)$
- `acos(x)`, `asin(x)`, `atan(x)` fonctions trigonométriques inverse $\arccos x$, $\arcsin x$, $\arctan x$, renvoie un angle en radians
- `atan2(y,x)` renvoie l'angle $\arctan(\frac{y}{x})$ en radians. C'est l'angle entre l'horizontale et le vecteur $\overrightarrow{OM}$, où M est le point de coordonnées (x, y).

Nombres complexes

Les nombres complexes sont compris nativement par `Python`, cependant pour davantage de fonctionnalités on peut utiliser le module `cmath`. Pour éviter les conflits avec le module `math` on l'importe par :

```
import cmath
```

- `z.real` (sans parenthèses) partie réelle a de $z = a + ib$
- `z.imag` (sans parenthèses) partie imaginaire b de $z = a + ib$
- `abs(z)` module $|z| = \sqrt{a^2 + b^2}$
- `z.conjugate()` conjugué $\bar{z} = a - ib$
- `cmath.phase(z)` argument $\theta \in]-\pi, +\pi]$ de z
- `cmath.rect(r,theta)` renvoie le nombre complexe dont le module est r et l'argument θ

Module « random »

Le module `random` génère des nombres de façon pseudo-aléatoire. Il s'appelle par la commande :

```
from random import *
```

- `random()` à chaque appel, renvoie un nombre flottant x au hasard vérifiant $0 \leqslant x < 1$.
- `randint(a,b)` à chaque appel, renvoie un nombre entier n au hasard vérifiant $a \leqslant n \leqslant b$.
- `choice(liste)` à chaque appel, tire au hasard un élément de la liste.
- `liste.shuffle()` mélange la liste (la liste est modifiée).

Écriture binaire

- `bin(n)` renvoie l'écriture binaire de l'entier n sous la forme d'une chaîne. Exemple : `bin(17)` renvoie `'0b10001'`.
- Pour écrire directement un nombre en écriture binaire, il suffit d'écrire le nombre en commençant par `0b` (sans guillemets). Par exemple `0b11011` vaut 27.

Affectation multiple

`Python` permet les affectations multiples, ce qui permet d'échanger facilement le contenu de deux variables.

- **Affectation multiple.**
  ```
  a, b, c = 3, 4, 5
  ```
  Maintenant `a` vaut 3, `b` vaut 4 et `c` vaut 5.
- **Échange de valeurs.**
  ```
  a, b = b, a
  ```
  Maintenant `a` vaut l'ancien contenu de `b` donc vaut 4 et `b` vaut l'ancien contenu de `a` donc 3.
- **Échange à la main.** Pour échanger deux valeurs sans utiliser la double affectation, il faut introduire une variable temporaire :

  ```
  temp = a
  a = b
  b = temp
  ```

Note. `Python` est suffisamment intelligent pour autoriser une syntaxe souple, par exemple afin de passer d'une liste aux éléments de cette liste :

```
liste = [2,3,4]
a,b,c = liste   # a vaut 2, b vaut 3,...
```

Par contre lors d'un appel à une fonction il est nécessaire de décompacter (*unpacking*) à l'aide de l'opérateur « * » utilisé en préfixe.

```
def ma_fonction(a,b,c):
    ...

liste = [2,3,4]
ma_fonction(*liste) # note l'étoile !
```

L'instruction `ma_fonction(*liste)` équivaut ici à l'appel `ma_fonction(2,3,4)`.

Incrémentation rapide

Pour incrémenter une variable on écrit simplement :

```
x = x + 1
```

mais on peut utiliser l'opérateur « += » pour écrire plus simplement :

```
x += 1
```

.

L'opérateur « += » peut être utilisé dans d'autres situations :

- `x += 2` pour `x = x + 2`
- `chaine += "mot"` pour `chaine = chaine + "mot"`
- `liste += [element]` pour `liste = liste + [element]` ou `liste.append(element)`

Évaluation

- `eval(chaine)` permet d'évaluer une expression donnée sous la forme d'une chaîne de caractères.
- Par exemple `eval('8*3')` renvoie 24.
- Par exemple `eval('2+2 == 2*2')` renvoie `True`.

2. Booléens

Un booléen est une donnée qui prend soit la valeur `True` (« Vrai »), soit la valeur `False` (« Faux »).

Comparaisons

Les tests de comparaison suivants renvoient un booléen.

- `a == b` test d'égalité
- `a < b` test inférieur strict
- `a <= b` test inférieur large
- `a > b` ou `a >= b` test supérieur
- `a != b` test de non égalité

Ne pas confondre « `a = b` » (affectation) et « `a == b` » (test d'égalité).

Opérations sur les booléens

- `P and Q` « et » logique
- `P or Q` « ou » logique
- `not P` négation

3. Chaînes de caractères I

Chaînes

- `"A"` ou `'A'` un caractère
- `"Python"` ou `'Python'` une chaîne de caractères
- `len(chaine)` la longueur de la chaîne. Exemple : `len("Python")` renvoie 6.
- `chaine1 + chaine2` concaténation.
  Exemple : `"J aime bien" + "Python"` renvoie `"J aime bienPython"`.
- `chaine[i]` renvoie le i-ème caractère de `chaine` (la numérotation commence à 0).
  Exemple avec `chaine = "Python"`, `chaine[1]` vaut `"y"`. Voir le tableau ci-dessous.

Lettre	**P**	**y**	**t**	**h**	**o**	**n**
Rang	0	1	2	3	4	5

Conversion nombre/chaîne

- **Chaîne.** `str(nombre)` convertit un nombre (entier ou flottant) en une chaîne. Exemples : `str(7)` renvoie la chaîne `"7"` ; `str(1.234)` renvoie la chaîne `"1.234"`.
- **Entier.** `int(chaine)` renvoie l'entier correspondant à la chaîne. Exemple `int("45")` renvoie l'entier `45`.
- **Nombre flottant.** `float(chaine)` renvoie le nombre flottant correspondant à la chaîne. Exemple `float("3.14")` renvoie le nombre `3.14`.

Sous-chaînes

- `chaine[i:j]` renvoie la sous-chaîne des caractères de rang i à $j-1$ de `chaine`.
  Exemple : avec `chaine = "Ceci est une chaine"`, `chaine[2:6]` renvoie `"ci e"`.
- `chaine[i:]` renvoie les caractères de rang i jusqu'à la fin de `chaine`.
  Exemple : `chaine[5:]` renvoie `"est une chaine"`.
- `chaine[:j]` renvoie les caractères du début jusqu'au rang $j-1$ de `chaine`. Exemple : `chaine[:4]` renvoie `"Ceci"`.

Mise en forme

La méthode `format()` permet de mettre en forme du texte ou des nombres. Cette fonction renvoie une chaîne de caractères.

- **Texte**

  `Test␣␣␣␣␣␣␣` `␣␣␣␣␣␣␣Test` `␣␣␣Test␣␣␣`

  — `'{:10}'.format('Test')` alignement à gauche (sur 10 caractères)
  — `'{:>10}'.format('Test')` alignement à droite
  — `'{:^10}'.format('Test')` centré
- **Entier**

  `456` `␣␣␣456` `000456`

  — `'{:d}'.format(456)` entier
  — `'{:6d}'.format(456)` alignement à droite (sur 6 caractères)
  — `'{:06d}'.format(456)` ajout de zéros non significatifs (sur 6 caractères)
- **Nombre flottant**

  `3.141593` `3.14159265` `␣␣3.1416` `003.1416`

  — `'{:f}'.format(3.141592653589793)` nombre flottant
  — `'{:.8f}'.format(3.141592653589793)` 8 chiffres après la virgule
  — `'{:8.4f}'.format(3.141592653589793)` sur 8 caractères avec 4 chiffres après la virgule
  — `'{:08.4f}'.format(3.141592653589793)` ajout de zéros non significatifs

4. Chaînes de caractères II

Encodage

- `chr(n)` renvoie le caractère associé au numéro de code ASCII/unicode n. Exemple : `chr(65)` renvoie `"A"` ; `chr(97)` renvoie `"a"`.
- `ord(c)` renvoie le numéro de code ASCII/unicode associé au caractère c. Exemple : `ord("A")` renvoie `65` ; `ord("a")` renvoie `97`.

Le début de la table des codes ASCII/unicode est donné ci-dessous.

33 !	43 +	53 5	63 ?	73 I	83 S	93]	103 g	113 q	123 {
34 "	44 ,	54 6	64 @	74 J	84 T	94 ^	104 h	114 r	124 |
35 #	45 -	55 7	65 A	75 K	85 U	95 _	105 i	115 s	125 }
36 $	46 .	56 8	66 B	76 L	86 V	96 ‘	106 j	116 t	126 ~
37 %	47 /	57 9	67 C	77 M	87 W	97 a	107 k	117 u	127 -
38 &	48 0	58 :	68 D	78 N	88 X	98 b	108 l	118 v	
39 ’	49 1	59 ;	69 E	79 O	89 Y	99 c	109 m	119 w	
40 (	50 2	60 <	70 F	80 P	90 Z	100 d	110 n	120 x	
41)	51 3	61 =	71 G	81 Q	91 [	101 e	111 o	121 y	
42 *	52 4	62 >	72 H	82 R	92 \	102 f	112 p	122 z	

Majuscules/minuscules

- `chaine.upper()` renvoie une chaîne en majuscules.
- `chaine.lower()` renvoie une chaîne en minuscules.

Chercher/remplacer

- `sous_chaine in chaine` renvoie « vrai » ou « faux » si `sous_chaine` apparaît dans `chaine`.
  Exemple : `"PAS" in "ETRE OU NE PAS ETRE"` vaut `True`.
- `chaine.find(sous_chaine)` renvoie le rang auquel la sous-chaîne a été trouvée (et `-1` sinon).
  Exemple : avec `chaine = "ABCDE"`, `chaine.find("CD")` renvoie 2.
- `chaine.replace(sous_chaine,nouv_sous_chaine)` remplace chaque occurrence de la sous-chaîne par la nouvelle sous-chaîne.
  Exemple : avec `chaine = "ABCDE"`, `chaine.replace("CD","XY")` renvoie `"ABXYE"`.
- `ligne.strip()` renvoie la chaîne de caractères de la ligne sans les espaces de début et de fin, ni le saut de ligne.
  Exemple : avec `ligne = " Il était une fois ! \n"`, `ligne.strip()` renvoie `'Il était une fois !'`.

Séparer/regrouper

- `chaine.split(separateur)` sépare la chaîne en une liste de sous-chaînes (par défaut le séparateur est l’espace).
  Exemples :
  — `"Etre ou ne pas etre.".split()` renvoie `['Etre', 'ou', 'ne', 'pas', 'etre.']`
  — `"12.5;17.5;18".split(";")` renvoie `['12.5', '17.5', '18']`
- `separateur.join(liste)` regroupe les sous-chaînes en une seule chaîne en ajoutant le séparateur entre chaque.
  Exemples :
  — `"".join(["Etre", "ou", "ne", "pas", "etre."])` renvoie `'Etreounepasetre.'` Il manque les espaces.
  — `" ".join(["Etre", "ou", "ne", "pas", "etre."])` renvoie `'Etre ou ne pas etre.'` C’est mieux lorsque le séparateur est une espace.

— `"--".join(["Etre", "ou", "ne", "pas", "etre."])` renvoie `'Etre--ou--ne--pas--etre.'`

5. Listes I

Construction d'une liste

Exemples :

- `liste1 = [5,4,3,2,1]` une liste de 5 entiers.
- `liste2 = ["Vendredi","Samedi","Dimanche"]` une liste de 3 chaînes.
- `liste3 = []` la liste vide.
- `list(range(n))` liste des entiers de 0 à $n-1$.
- `list(range(a,b))` liste des entiers de a à $b-1$.
- `list(range(a,b,saut))` liste des entiers de a à $b-1$, avec un pas donné par l'entier `saut`.

Accéder à un élément

- `liste[i]` renvoie l'élément de la liste de rang i. Attention, le rang commence à 0.
  Exemple : `liste = ["A","B","C","D","E","F"]` alors `liste[2]` renvoie `"C"`.

Lettre	"A"	"B"	"C"	"D"	"E"	"F"
Rang	0	1	2	3	4	5

- `liste[-1]` renvoie le dernier élément, `liste[-2]` renvoie l'avant-dernier élément...
- `liste.pop()` supprime le dernier élément de la liste et le renvoie (c'est l'opération « dépiler »).

Ajouter un élément (ou plusieurs)

- `liste.append(element)` ajoute l'élément à la fin de la liste. Exemple : si `liste = [5,6,7,8]` alors `liste.append(9)` rajoute 9 à la liste, `liste` vaut `[5,6,7,8,9]`.
- `nouv_liste = liste + [element]` fournit une nouvelle liste avec un élément en plus à la fin. Exemple : `[1,2,3,4] + [5]` vaut `[1,2,3,4,5]`.
- `[element] + liste` renvoie une liste où l'élément est ajouté au début. Exemple : `[5] + [1,2,3,4]` vaut `[5,1,2,3,4]`.
- `liste1 + liste2` concatène les deux listes. Exemple : avec `liste1 = [4,5,6]` et `liste2 = [7,8,9]` alors `liste1 + liste2` vaut `[4,5,6,7,8,9]`.

Exemple de construction. Voici comment construire la liste qui contient les premiers carrés :

```
liste_carres = []          # On part d'un liste vide
for i in range(10):
    liste_carres.append(i**2)    # On ajoute un carré
```

À la fin `liste_carres` vaut :

`[0, 1, 4, 9, 16, 25, 36, 49, 64, 81]`

Parcourir une liste

- `len(liste)` renvoie la longueur de la liste. Exemple : `len([5,4,3,2,1])` renvoie 5.
- Parcourir simplement une liste (et ici afficher chaque élément) :

```
for element in liste:
    print(element)
```

- Parcourir une liste à l'aide du rang.

```
n = len(liste)
for i in range(n):
    print(i,liste[i])
```

Copier une liste

```
new_list = list(liste)
```

6. Listes II

Mathématiques

- `max(liste)` renvoie le plus grand élément. Exemple : `max([10,16,13,14])` renvoie 16.
- `min(liste)` renvoie le plus petit élément. Exemple : `min([10,16,13,14])` renvoie 10.
- `sum(liste)` renvoie la somme de tous les éléments. Exemple : `sum([10,16,13,14])` renvoie 53.

Trancher des listes

- `liste[a:b]` renvoie la sous-liste des éléments du rang a au rang $b-1$.
- `liste[a:]` renvoie la liste des éléments du rang a jusqu'à la fin.
- `liste[:b]` renvoie la liste des éléments du début jusqu'au rang $b-1$.

Lettre	"A"	"B"	"C"	"D"	"E"	"F"	"G"
Rang	0	1	2	3	4	5	6

Par exemple si `liste = ["A","B","C","D","E","F","G"]` alors :

- `liste[1:4]` renvoie `["B","C","D"]`.
- `liste[:2]` c'est comme `liste[0:2]` et renvoie `["A","B"]`.
- `liste[4:]` renvoie `["E","F","G"]`. C'est la même chose que `liste[4:n]` où `n = len(liste)`.

Trouver le rang d'un élément

- `liste.index(element)` renvoie la première position à laquelle l'élément a été trouvé. Exemple : avec `liste = [12, 30, 5, 9, 5, 21]`, `liste.index(5)` renvoie 2.
- Si on souhaite juste savoir si un élément appartient à une liste, alors l'instruction :

  `element in liste`

  renvoie `True` ou `False`. Exemple : avec `liste = [12, 30, 5, 9, 5, 21]`, « `9 in liste` » est vrai, alors que « `8 in liste` » est faux.

Ordonner

- `sorted(liste)` renvoie la liste ordonnée des éléments.
  Exemple : `sorted([13,11,7,4,6,8,12,6])` renvoie la liste `[4,6,6,7,8,11,12,13]`.
- `liste.sort()` ne renvoie rien mais par contre la liste `liste` est maintenant ordonnée.

Inverser une liste

Voici trois méthodes :

- `liste.reverse()` modifie la liste sur place ;
- `list(reversed(liste))` renvoie une nouvelle liste ;
- `liste[::-1]` renvoie une nouvelle liste.

Supprimer un élément

Trois méthodes.

- `liste.remove(element)` supprime la première occurrence trouvée.
  Exemple : `liste = [2,5,3,8,5]`, la commande `liste.remove(5)` modifie la liste qui maintenant vaut `[2,3,8,5]` (le premier 5 a disparu).
- `del liste[i]` supprime l'élément de rang i (la liste est modifiée).
- `element = liste.pop()` supprime le dernier élément de la liste et le renvoie. C'est l'opération « dépiler ».

Liste par compréhension

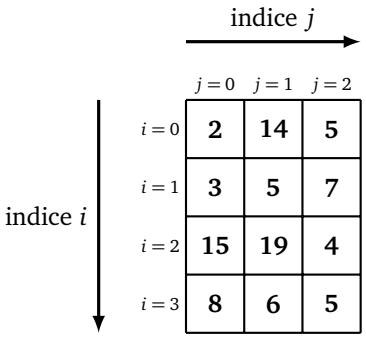
- Partons d'une liste, par exemple `maliste = [1,2,3,4,5,6,7,6,5,4,3,2,1]`.
- `liste_doubles = [ 2*x for x in maliste ]` renvoie une liste qui contient les doubles des éléments de la liste `maliste`. C'est donc la liste `[2,4,6,8,...]`.
- `liste_carres = [ x**2 for x in maliste ]` renvoie la liste des carrés de éléments de la liste `maliste`. C'est donc la liste `[1,4,9,16,...]`.
- `liste_partielle = [x for x in maliste if x > 2]` extrait la liste composée des seuls éléments strictement supérieurs à 2. C'est donc la liste `[3,4,5,6,7,6,5,4,3]`.

Liste de listes

Exemple :

```
tableau = [ [2,14,5], [3,5,7], [15,19,4], [8,6,5] ]
```

correspond au tableau :



Alors `tableau[i]` renvoie la sous-liste de rang i, et `tableau[i][j]` renvoie l'élément situé dans la sous-liste de rang i, au rang j de cette sous-liste. Par exemple :

- `tableau[0]` renvoie la sous-liste `[2,14,5]`.
- `tableau[1]` renvoie la sous-liste `[3,5,7]`.
- `tableau[0][0]` renvoie l'entier 2.
- `tableau[0][1]` renvoie l'entier 14.
- `tableau[2][1]` renvoie l'entier 19.

Un tableau de n lignes et p colonnes.

- `tableau = [[0 for j in range(p)] for i in range(n)]` initialise un tableau et le remplit de 0.
- `tableau[i][j] = 1` modifie une valeur du tableau (celle à l'emplacement (i, j)).

7. Dictionnaire

Un dictionnaire est un peu comme une liste, mais les éléments ne sont pas indexés par des entiers mais par une « clé ». Un ***dictionnaire*** est donc un ensemble de couples clé/valeur : à une ***clé*** est associée une ***valeur***.

Exemple : un dictionnaire identifiant/mot de passe.

- Voici l'exemple d'un dictionnaire `dico` qui stocke des identifiants et des mots de passe :
  `dico = {'jean':'rev1789', 'adele':'azerty', 'jasmine':'c3por2d2'}`
- Par exemple `'adele'` a pour mot de passe `'azerty'`. On obtient le mot de passe comme on accéderait à un élément d'une liste par l'instruction :
  `dico['adele']` qui vaut `'azerty'`.
- Pour ajouter une entrée on écrit :
  `dico['lola'] = 'abcdef'`
- Pour modifier une entrée :
  `dico['adele'] = 'vwxyz'`
- Maintenant la commande `print(dico)` affiche :
  `{'jean':'rev1789', 'adele':'vwxyz', 'jasmine':'c3por2d2', 'lola':'abcdef'}`
- Le parcours d'un dictionnaire se fait par une boucle « pour ». Par exemple, la boucle suivante affiche l'identifiant et le login de tous les éléments du dictionnaire :

```
for prenom in dico:
    print(prenom + " a pour mot de passe " + dico[prenom])
```

- Attention : il n'y a pas d'ordre dans un dictionnaire. Tu ne contrôles pas dans quel ordre les éléments sont traités.

Commandes principales.

- Définir un dictionnaire `dico = {cle1:valeur1, cle2:valeur2,...}`
- Récupérer une valeur : `dico[cle]`
- Ajouter une valeur : `dico[new_cle] = valeur`
- Modifier une valeur : `dico[cle] = new_valeur`
- Taille du dictionnaire : `len(dico)`
- Parcourir un dictionnaire : `for cle in dico:` et dans la boucle on accède aux valeurs par `dico[cle]`
- Tester si une clé existe : `if cle in dico:`
- Dictionnaire vide : `dico = {}`, utile pour initialiser un dictionnaire dans le but de le remplir ensuite.

Des commandes un peu moins utiles :

- Liste des clés : `dico.keys()`
- Liste des valeurs : `dico.values()`
- On peut récupérer les clés et les valeurs pour les utiliser dans une boucle :

```
for cle,valeur in dico.items():
    print("Clé :", cle, " Valeur :", valeur)
```

8. Entrée/sortie

Affichage

- `print(chaine1,chaine2,chaine3,...)` affiche des chaînes ou des objets. Exemple : `print("Valeur =",14)` affiche `Valeur = 14`. Exemple : `print("Ligne 1 \n Ligne 2")` affiche sur deux lignes.
- **Séparateur.** `print(...,sep="...")` change le séparateur (par défaut le séparateur est le caractère espace). Exemple : `print("Bob",17,13,16,sep="; ")` affiche `Bob; 17; 13; 16`.
- **Fin de ligne.** `print(...,end="...")` change le caractère placé à la fin (par défaut c'est le saut de ligne `\n`). Exemple `print(17,end="")` puis `print(89)` affiche `1789` sur une seule ligne.

Entrée clavier

`input()` met le programme en pause et attend de l'utilisateur un message au clavier (qu'il termine en appuyant sur la touche « Entrée »). Le message est une chaîne de caractères.
Voici un petit programme qui demande le prénom et l'âge de l'utilisateur et affiche un message du style « Bonjour Kevin » puis « Tu es mineur/majeur » selon l'âge.

```
prenom = input("Comment t'appelles-tu ? ")
print("Bonjour",prenom)

age_chaine = input("Quel âge as-tu ? ")
age = int(age_chaine)

if age >= 18:
    print("Tu es majeur !")
else:
    print("Tu es mineur !")
```

9. Fichiers

Commande

- `fic = open("mon_fichier.txt","r")` ouverture en lecture (`"r"` = *read*).
- `fic = open("mon_fichier.txt","w")` ouverture en écriture (`"w"` = *write*). Le fichier est créé s'il n'existe pas, s'il existait le contenu précédent est d'abord effacé.
- `fic = open("mon_fichier.txt","a")` ouverture en écriture, les données seront écrites à la fin des données actuelles (`"a"` = *append*).
- `fic.write("une ligne")` écriture dans le fichier.
- `fic.read()` lit tout le fichier (voir plus bas pour autre méthode).
- `fic.readlines()` lit toutes les lignes (voir plus bas pour autre méthode).
- `fic.close()` fermeture du fichier.

Écrire des lignes dans un fichier

```
fic = open("mon_fichier.txt","w")

fic.write("Bonjour le monde\n")

ligne = "Coucou\n"
fic.write(ligne)

fic.close()
```

Lire les lignes d'un fichier

```
fic = open("mon_fichier.txt","r")

for ligne in fic:
    print(ligne)

fic.close()
```

Utile. La commande `ligne.strip()` renvoie la chaîne de caractères de la ligne sans les espaces de début et de fin, ni le saut de ligne.

Lire un fichier (méthode officielle)

```
with open("mon_fichier.txt","r") as fic:
    for ligne in fic:
        print(ligne)
```

10. Tortue

Le module `turtle` s'appelle par la commande :

```
from turtle import *
```

Principales commandes

- `forward(longueur)` avance de `longueur` pas
- `backward(longueur)` recule
- `right(angle)` tourne vers la droite selon l'angle donné en degrés
- `left(angle)` tourne vers la gauche
- `setheading(direction)` s'oriente dans une direction (0 = droite, 90 = haut, −90 = bas, 180 = gauche)
- `goto(x,y)` se déplace jusqu'au point (x, y)
- `setx(newx)` change la valeur de l'abscisse (déplacement horizontal)
- `sety(newy)` change la valeur de l'ordonnée (déplacement vertical)
- `down()` abaisse le stylo
- `up()` relève le stylo
- `width(epaisseur)` change l'épaisseur du trait
- `color(couleur)` change la couleur du trait : `"red"`, `"green"`, `"blue"`, `"orange"`, `"purple"`,...
- `position()` renvoie la position (x, y) de la tortue
- `heading()` renvoie la direction `angle` vers laquelle pointe la tortue
- `towards(x,y)` renvoie l'angle entre l'horizontale et le segment commençant à la tortue et finissant au point (x, y)
- `speed("fastest")` vitesse maximale de déplacement
- `hideturtle()` cache le curseur de la tortue
- `showturtle()` affiche le curseur de la tortue
- `exitonclick()` termine le programme dès que l'on clique

Plusieurs tortues

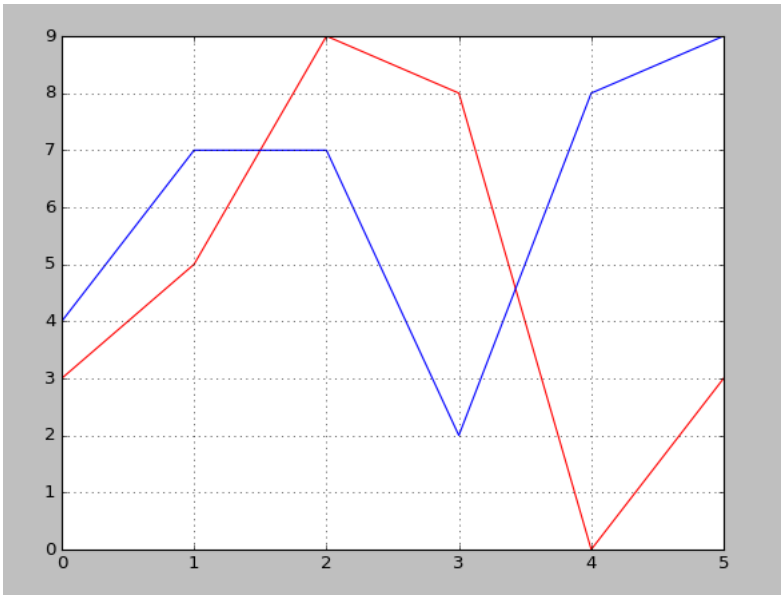
Voici un exemple de programme avec deux tortues.

```
tortue1 = Turtle()   # Avec un 'T' majuscule !
tortue2 = Turtle()
```

```
tortue1.color('red')
tortue2.color('blue')

tortue1.forward(100)
tortue2.left(90)
tortue2.forward(100)
```

11. Matplotlib

Avec le module `matplotlib` il est très facile de tracer une liste. Voici un exemple.




```
import matplotlib.pyplot as plt

liste1 = [3,5,9,8,0,3]
liste2 = [4,7,7,2,8,9]

plt.plot(liste1,color="red")
plt.plot(liste2,color="blue")
plt.grid()
plt.show()
```

Principales fonctions.

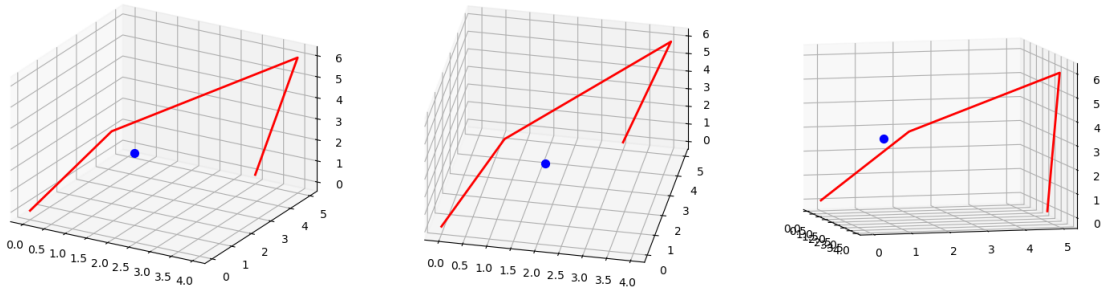
- `plt.plot(liste)` trace les points d'une liste (sous la forme (i, ℓ_i)) et les joint.
- `plt.plot(listex,listey)` trace les points d'une liste (sous la forme (x_i, y_i) où x_i parcourt la première liste et y_i la seconde).
- `plt.scatter(x,y,color='red',s=100)` affiche un point en (x, y) (d'une grosseur `s`).
- `plt.grid()` trace une grille.
- `plt.show()` affiche tout.
- `plt.close()` termine le tracé.
- `plt.xlim(xmin,xmax)` définit l'intervalle des x.
- `plt.ylim(ymin,ymax)` définit l'intervalle des y.
- `plt.axis('equal')` impose un repère orthonormé.

12. Matplotlib 3D

Avec le module `matplolib` il est aussi assez facile de tracer une représentation des objets dans l'espace. Le principe est similaire à l'affichage dans le plan, sauf bien sûr qu'il faut préciser trois coordonnées x, y, z pour déterminer un point de l'espace.

Voici un code très simple qui affiche :

- un point bleu de coordonnées $(2,1,3)$,
- des segments rouges qui relient les points de la liste $(0,0,0)$, $(1,2,3)$, $(4,5,6)$, $(3,5,0)$.



Une fenêtre s'affiche dans laquelle sont dessinés le point et les segments ainsi que les plans quadrillés de coordonnées. L'image est dynamique : à l'aide de la souris tu peux faire tourner le dessin afin de changer de point de vue.

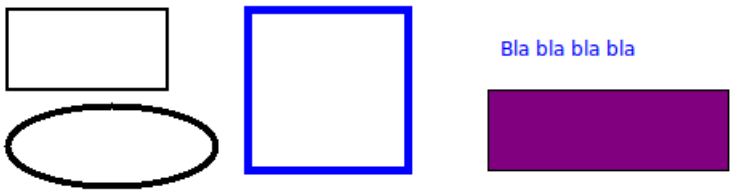
```
import matplotlib.pyplot as plt
from mpl_toolkits.mplot3d import Axes3D

# Initialisation
fig = plt.figure()
ax = fig.gca(projection='3d',proj_type = 'ortho')

# Affichage d'un point
x,y,z = (2,1,3)
ax.scatter(x,y,z,color='blue',s=50)

# Segments reliant des points
points  = [(0,0,0),(1,2,3),(4,5,6),(3,5,0)]
liste_x = [x for x,y,z in points]
liste_y = [y for x,y,z in points]
liste_z = [z for x,y,z in points]

ax.plot(liste_x,liste_y,liste_z,color='red',linewidth=2)

# Affichage
plt.show()
```

Avertissement. Pour afficher des segments la commande `plot` n'est pas très naturelle (mais c'était déjà le cas dans le plan). Par exemple pour relier le point $(1,2,3)$ au point $(4,5,6)$ on donne d'abord la liste des x, puis la liste des y, puis la liste des z :

```
plot([1,4],[2,5],[3,6])
```

13. Tkinter

Pour afficher ceci :



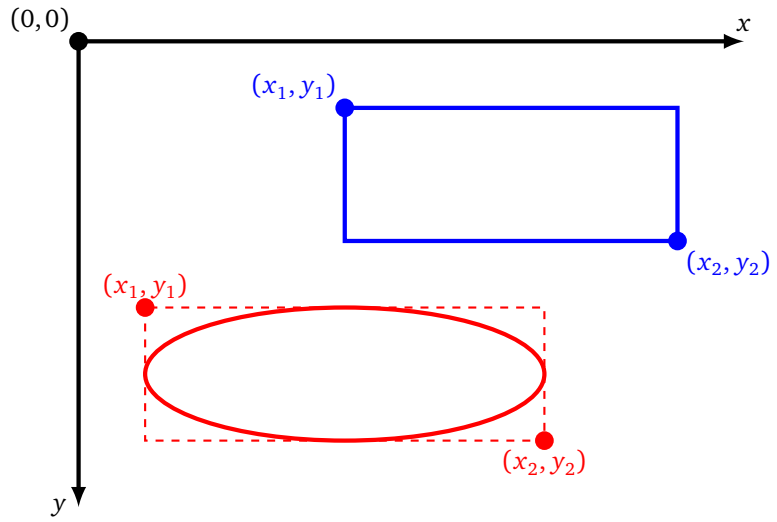
le code est :

```
# Module tkinter
from tkinter import *

# Fenêtre tkinter
root = Tk()

canvas = Canvas(root, width=800, height=600, background="white")
canvas.pack(fill="both", expand=True)

# Un rectangle
canvas.create_rectangle(50,50,150,100,width=2)

# Un rectangle à gros bords bleus
canvas.create_rectangle(200,50,300,150,width=5,outline="blue")

# Un rectangle rempli de violet
canvas.create_rectangle(350,100,500,150,fill="purple")

# Un ovale
canvas.create_oval(50,110,180,160,width=4)

# Du texte
canvas.create_text(400,75,text="Bla bla bla bla",fill="blue")

# Ouverture de la fenêtre
root.mainloop()
```

Quelques explications :

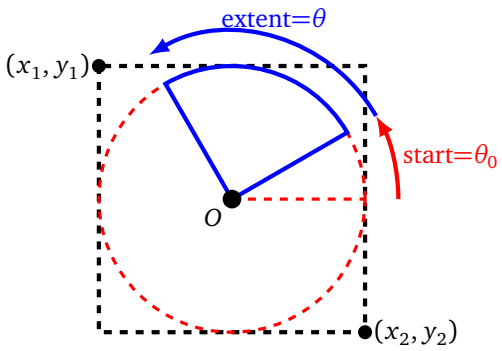
- Le module `tkinter` nous permet de définir des variables `root` et `canvas` qui définissent une fenêtre graphique (ici de largeur 800 et de hauteur 600 pixels). On décrit ensuite tout ce que l'on veut ajouter dans la fenêtre. Et enfin, la fenêtre est affichée par la commande `root.mainloop()` (tout à la fin).
- Attention ! Le repère graphique de la fenêtre a son axe des ordonnées dirigé vers le bas. L'origine $(0,0)$ est le coin en haut à gauche (voir la figure ci-dessous).
- Commande pour tracer un rectangle : `create_rectangle(x1,y1,x2,y2)` ; il suffit de préciser les coordonnées (x_1, y_1) et (x_2, y_2) de deux sommets opposés. L'option `width` ajuste l'épaisseur du trait, `outline` définit la couleur de ce trait et `fill` définit la couleur de remplissage.

- Une ellipse est tracée par la commande `create_oval(x1,y1,x2,y2)`, où (x_1, y_1), (x_2, y_2) sont les coordonnées de deux sommets opposés d'un rectangle encadrant l'ellipse voulue (voir la figure). On obtient un cercle lorsque le rectangle correspondant est un carré.
- Le texte est affiché par la commande `canvas.create_text()` en précisant les coordonnées (x, y) du point à partir duquel on souhaite afficher le texte.



Portion de cercle. La fonction `create_arc()` n'est pas très intuitive. Il faut penser que l'on dessine un cercle, en précisant les coordonnées de deux sommets opposés d'un carré qui l'entoure, puis en précisant l'angle de début et l'angle du secteur (en degrés).

```
canvas.create_arc(x1,y1,x2,y2,start=debut_angle,extent=mon_angle)
```



L'option `style=PIESLICE` affiche un secteur au lieu d'un arc.