Introduction à la programmation avec Python 3

Micha Hersch

19 février 2024

1 Introduction

Python est un langage de programmation, c'est-à-dire que c'est un langage qui permet à un humain (le programmeur ou la programmeuse) d'expliquer à un ordinateur ce qu'il doit faire. Un programme est une série d'instructions écrites de façon à ce que l'ordinateur les comprenne et qu'il peut exécuter une à une. Toutes les applications, sites web, et appareils numériques, fonctionnent grâce à des programmes qui sont écrit soit en Python (comme par exemple youtube ou dropbox) soit en d'autres langages. Certains petits programmes ont juste quelques instructions, alors que d'autres en ont des millions.

Le langage Python, comme la plupart des langages de programmation, est basé sur l'anglais, donc il faut savoir un peu d'anglais pour se rappeler de la significations des instructions.

Voici un exemple d'un tout petit programme en Python qui ne contient qu'une seule instruction :

Exemple 1

```
print("bonjour")                                                    1
```

En anglais, "print" signifie “imprime". En Python, l'instruction `print` fait que l'ordinateur écrit à l'écran le contenu de la parenthèse qui vient après.

Exercice 1 Ecrire et exécuter le programme ci-dessus.
Vérifier que l'ordinateur suit bien l'instruction qui lui est donnée. Changer le texte pour que l'ordinateur écrive autre chose, par exemple "au revoir !"

Il est souvent utile de mettre des commentaires dans un programme, pour expliquer ce qu'il fait. En Python un commentaire est introduit par le caractère `#`. Tout ce qui vient après et jusqu'à la fin de la ligne, n'est pas lu par l'ordinateur. Cela sert uniquement à l'humain qui va lire le programme.

Exemple 2

```
# un tout petit programme                                           1
print("bonjour") # salutations                                      2
```

Exercice 2 Ajouter un commentaire dans le programme de l'exercice précédent. Vérifier qu'il ne change pas le déroulement du programme.

Parfois, l'ordinateur ne comprend pas les instructions qui sont données dans le programme. Cela signifie qu'il y a une erreur dans le programme, et que l'ordinateur ne peut pas l'exécuter. C'est un peu comme si on lui disait des mots qu'il ne comprend pas.

Exercice 3 Enlever les guillemets dans le programme 1 et l'exécuter. Qu'est-ce qui se passe ?

Le chapitre suivant explique pourquoi l'ordinateur a besoin des guillemets pour comprendre cette instruction.

2 Les variables simples

2.1 Types d'objet simples

De la même manière qu'une recette de cuisine indique au cuisinier comment manipuler des ingrédients pour obtenir un plat, un programme indique au processeur comment manipuler des objets pour obtenir une application. En Python, les types d'objets de base sont les suivants :

1. les nombre entiers, appelés `int` : 2, 45, -4, 56
2. les nombres à virgules, appelés `float` : 2.3, 6.5, 78.9, -89.0. La décimale est indiquée par un point (et non une virgule) comme cela est l'usage dans les pays anglo-saxons.
3. les chaines de caractères, appelés `str` (pour *string*, chaîne) : "bonjour", "au revoir", "3432", "232.543". Il s'agit simplements d'une suite de caractères (lettre, chiffre, signe de ponctuation, espace) placées entre guillemets ou (de manière équivalente) entre apostrophes.
4. Les booléens, appelés `bool` : `True`, `False`. Ce type d'objet ne peut prendre que deux valeurs True (vrai) et False (faux), à écrire avec une majuscule.

Exercice 4 Indiquer lesquels des objets suivants sont valides en Python et le cas échéant de quel type d'objet il s'agit. :

a) "rewr"

b) 34

c) gdru

d) 5

e) 5.0

f) 'julien34'

g) 18gd

h) "65.5"

i) True

j) "False"

Pour vérifier les réponses, entrer les objets ci-dessus dans un terminal Python. Il est possible de vérifier le type d'objet en utilisant la fonction `type()`, par exemple `type("rewr")`.

2.2 Opérateurs

Pour chaque type d'objet, plusieurs opérateurs sont définis qui permettent de manipuler ces objet. Pour les nombres entiers, les opérateurs suivants sont les plus courants :

— + (addition),
— - (soustraction)
— * (multiplication)
— / (division)
— // (division entière)
— % (modulo ou reste de la division entière)

Toutes les opérations ci-dessus retournent un nombre entier, sauf la division (/) qui retourne un nombre à virgule. Les opérateurs similaires sont définis pour les nombres à virgules.
Il existe également les opérateurs de comparaison qui retournent des booléens (`True` ou `False`) :

- $>$ (plus grand que)
- $<$ (plus petit que)
- $>=$ (plus grand ou égal à)
- $<=$ (plus petit ou égal à)
- $==$ (égal à)
- $!=$ (non égal à)

Enfin, les opérateur logiques suivants sont définis sur les booléens :

- `not` (non)
- `and` (et)
- `or` (ou)
- $==$ (égal à)
- $!=$ (non égal à)

Exercice 5 Prédire le résultat des opérations suivantes en Python et vérifier en les entrant dans un terminal Python :

a) 3+2
b) 2.3*2
c) 3/2
d) 3//2
e) 3.0/2.0
f) 3.0//2.0
g) 20%3
h) 18.5%4.5
i) 34-65
j) 3 > 2
k) -2 < -5.0
l) 3 == 3.0
m) `True and False`
n) `True or False`
o) `True` != `False`
p) (2>3) == (5>10)

.

Comme en mathématique, les opérateurs ont un ordre de priorité. Ainsi le calcul 4+2*3 correspond à 4+(2*3) parce que la multiplication a priorité sur l'addition. Si on veut d'abord effectuer 4+2 et mutliplier le résultat par 3, alors il faut l'indiquer avec des parenthèses : (4+2)*3. De manière générale, la multiplication et la division ont priorité sur l'addition et la soustraction, et les opérateurs de calcul ont la priorité sur les opérateurs de comparaison. Si deux opérateurs ont le même niveau de priorité, alors celui de gauche est effectué en premier.

Exercice 6 Prédire le résultat des instructions suivantes en Python

a) 3+2*5

b) 3*5+3

c) 6*2/4

d) 6/4*2

e) 6.0/4*2

f) 3*4<5*2

g) 2*4 != 5*2

h) 2+4*2 == (2+3)*2

i) 2==1+1 `or` 2==3

j) 2==1+1 `and` 2<=3

Entrer ces expressions dans un terminal Python pour vérifier les réponses.

2.3 Assignation de variables

Afin de manipuler des objets, il est utile de leur donner des noms, c'est ce qu'on appelle une assignation. Ceci se fait en utilisant l'opérateur = (à ne pas confondre avec l'opérateur == et qui est différent du = mathématique). Les noms de variable, s'écrivent sans guillemets, mais il ne peuvent pas commencer par un chiffre, ni contenir d'accent, d'apostrophe ou de caractères spéciaux.

Exemple 3

```
a = "Bonjour"                                                    1
print(a)                                                         2
```

Dans l'exemple ci-dessus, on donne le nom `a` à la chaîne de caractère `"bonjour"`. On peut dire que la variable `a` contient la chaîne de caractère `"bonjour"`. Une fois un objet nommé, on peut le manipuler en l'appelant par son nom. Dans cet exemple on demande à l'ordinateur d'écrire le contenu de `a`, c'est-à-dire "bonjour".
Chaque nom ne peut correspondre qu'à un seul objet, donc si on redonne un nom déjà utilisé, l'ancien objet désigné par ce nom est oublié. Autrement dit, le contenu de cette variable est remplacé avec le nouvel objet.

Exemple 4

```
a = "Bonjour"                                                    1
a = "Au revoir"                                                  2
print(a)                                                         3
```

Dans le programme ci-dessus, la variable `a` désigne d'abord l'objet "Bonjour", puis elle désigne l'objet "Au revoir". C'est cette dernière expression qui apparaît à l'écran avec la dernière ligne du programme.
Une variable peut apparaître des deux côtés d'une assignation (d'un signe =). En ce cas, l'ordinateur calcule d'abord le côté droit, puis assigne le résultat à la variable apparaissant à gauche du signe =.

Exemple 5

```
b = 5                                                    1
b = b*2                                                  2
print(b)                                                 3
```

Dans cet exemple, la première instruction assigne 5 à la variable `b`. Pour la seconde instruction, il multiplie `b` par 2 (ce qui donne 10), puis le résultat est assigné à `b` qui contient maintenant la nombre 10. La troisième instruction affiche cette valeur.

Exercice 7 Mettre l'objet 6 dans une variable appelée `a`, l'imprimer à l'écran puis le diviser par trois et le remettre dans `a`. Imprimer la nouvelle valeur de `a` à l'écran.

Exercice 8 Qu'impriment les trois programmes (6,7,8) suivants ? Vérifiez vos réponses.

Exemple 6

```
x = 2
y = 3
x = y
print(x,y)
```

Exemple 7

```
x = 2
y = 3
y = x
print(x,y)
```

Exemple 8

```
x = 2                                                    1
y = 3                                                    2
x == y                                                   3
print(x,y)                                               4
```

3 Les fonctions

Python, comme tout autre langage de programmation, contient tout une séries de *fonctions*, c'est-à-dire des instructions déjà définies qui font faire quelque chose au programme. Nous en avons déjà utilisés deux au chapitre précédent, la fonction `print` qui affiche quelque chose à l'écran et la fonction `type` qui retourne le type d'un objet. L'appel d'une fonction s'effectue en indiquant la nom de la fonction, suivi d'une paires de parenthèses. Ces parenthèse contiennent les éventuels *arguments* de la fonction, c'est-à-dire les objets nécessaires pour que la fonction puisse être exécutée. S'il y en a plusieurs, ces arguments sont séparés par des virgules.

Exemple 9

```
print("Hello!")
type(56.8)
a = "rouge"
print(a)
type(a)
```

Dans l'exemple ci-dessus, chaque appel de fonction se fait en fournissant un objet en argument. Cet objet peut être donné directement (comme dans les deux premières lignes), soit par une variable (ligne 4-5).
Certaines fonctions prennent plus qu'un argument comme la fonction `pow` qui calcule la puissance de deux nombres, et qui a donc besoin de deux arguments :

Exemple 10

```
a = pow(2,3) # calcule 2 puissance 3
print(a)
```

Si vous ne donnez qu'un seul argument à la fonction `pow`, python vous indiquera une erreur. Souvent, les fonctions retournent une valeur, qui contient le résultat de la fonction. Dans l'exemple ci-dessus ce résultat (ici 8) est stocké dans la variable `a` puis affiché.
La fonction `print` a ceci de spécial qu'elle peut accueillir zéro, un, ou plusieurs arguments.

Exemple 11

```
a = 3
b = 5
print("a vaut", a, "b vaut", 4) # print a ici 4 arguments
```

Exercice 9 Ecrire un programme qui calcule 3.5 à la puissance 5 et qui affiche le résultat à l'aide d'une phrase commençant par "3.5 à la puissance 5 vaut ...".

Python contient un grand nombre de fonctions, et la plupart d'entre elles sont organisées au sein de *modules* ou librairies, qui ne sont rien d'autre qu'une collection de fonctions. Par exemple, le module `math` contient beaucoup de fonctions mathématiques, comme par exemple la fonction `sqrt` qui calcule la racine

carrée (*square root* en anglais) d'un nombre. Pour utiliser ces fonctions, il faut d'abord importer le module.

Exemple 12

```
from math import *                                    1
a = sqrt(9) ## calcule la racine caree                2
```

La première ligne de l'exemple ci-dessus indique que l'on va utiliser les fonctions du module `math`. La seconde ligne utilise la fonction `sqrt` pour calculer la racine carrée de 9. La description des fonctions du module `math` est disponible ici : https://docs.python.org/fr/3/library/math.html.

Exercice 10 Trouver dans le lien ci-dessus, la fonction permettant de calculer le sinus d'un nombre. Ecrire un programme calculant le sinus de 1 radian et affichant le résultat à l'écran.

3.1 Les fonctions d'entrées

Une des fonctions les plus utiles est la fonction `input(phrase)` qui affiche `phrase` dans le terminal et retourne la chaîne de caractères que l'utilisateur ou l'utilisatrice écrit dans le terminal. Cela lui permet de donner des informations au programme, et le résultat du programme pourra ainsi dépendre des indications de la personne qui l'utilise

Exemple 13

```
nom = input("Quel est votre nom?")                    1
print("Bonjour", nom)                                 2
```

Dans cet exemple, le programme va demander à la personne utilisatrice d'écrire son nom dans le terminal, est assignera la chaîne de caractère entrée à la variable `nom`. Il écrit ensuite "Bonjour" puis le nom donné par la personne utilisatrice.

Exercice 11 Ecrire un programme demandant d'abord le nom, puis le prénom de l'utilisateur ou l'utilisatrice et qui la salue ensuite avec son prénom et son nom.

Si l'on souhaite que l'utilisateur rentre un nombre, il faudra convertir la chaîne de caractère rentrée par l'utilisateur soit en un nombre entier avec la fonction `int`, soit en nombre à virgule avec la fonction `float`.

Exemple 14

```
annee = int(input("Quel est votre annee de naissance"))   1
age = 2022-annee                                          2
print("Vous avez", age, "ans")                            3
```

Si l'on n'appelle pas la fonction `int` dans la première ligne, `annee` sera une chaîne de caractère et la seconde ligne retournera une erreur car python ne sait pas comment soustraire une chaîne de caractère à un nombre.

Exercice 12 Ecrire un programme qui demande d'entrer un nombre et affiche le carré de ce nombre dans le terminal.

4 Les structures de contrôle

Les structures de contrôle sont un élément central de la programmation. C'est cela qui permet de moduler l'exécution du programme en fonction des étapes intermédiaires. Les structures de contrôle se retrouvent de façon presque identique dans les autres langages de programmation.

4.1 L'instruction `if`

L'instruction `if` (si, en anglais) permet d'effectuer une liste d'instructions uniquement si une valeur booléenne (appelée la condition) est `True` (vraie) et une autre liste d'instruction sinon.

Exemple 15

```
ok = True
if ok:
  print("la variable ok est vraie")
else:
  print("la variable ok est fausse")
```

Dans l'exemple ci-dessus, on définit la variable booléenne `ok` à `True` (vrai). L'instruction `if` teste cette variable. Si elle est vraie, le bloc d'instructions (décalé à droite) qui vient après les deux points est exécuté. sinon, le bloc d'instructions (aussi décalé à droite) qui vient après l'instruction `else:` est exécuté. L'indentation du texte (c'est-à-dire où la ligne commence) est importante. Elle permet à l'ordinateur de savoir quelles sont les instructions qui appartiennent au bloc du `if` et quelles sont celles qui appartiennent au bloc du `else`. (Il est conseillé d'utiliser la touche de tabulation du clavier, plutôt que la touche espace, pour régler les indentations.) De même, les deux points sont nécessaires pour que l'ordinateur puisse différencier la condition des blocs d'instructions.

Exercice 13 Ecrire un programme qui demande son âge à l'utilisateur. Si l'utilisateur donne un nombre inférieur à 20, le programme écrit "Comme vous êtes jeune !", sinon il écrit "Comme vous êtes vieux !".

On peut mettre plus qu'une instruction dans un block `if` ou `else`, comme le montre l'exemple suivant :

Exemple 16

```
age = int(input("Quel est votre age?"))
if age<18:
  print("Vous etes encore mineur.")
  print("Vous ne pouvez pas encore voter.")
else:
  print("Vous etes majeur.")
  print("Vous pouvez voter."
print("Nous vous recontacterons.")
```

Dans cet exemple, la condition que l'on teste est `age<18`. C'est une valeur booléenne que l'on peut tester même si elle n'est pas explicitement mise dans une variable.

Exercice 14 Dans l'exemple ci-dessus, indiquer ce que le programme écrit si l'utilisateur indique un âge inférieur à 18, et ce qu'il écrit dans le cas contraire. Considérer en particulier la dernière ligne et vérifier sa réponse en exécutant le programme.

Il peut arriver que le programme n'ai rien à faire si la condition est fausse. En ce cas, on peut écrire l'instruction `if` sans la partie `else:`.

Exemple 17

```
ok1 = True                                                    1
ok2 = False                                                   2
if ok1:                                                       3
  print("ok1 est vraie")                                      4
if ok2:                                                       5
  print("ok2 est vraie")                                      6
```

Dans l'exemple ci-dessus, on utilise successivement deux instructions `if`, une qui teste la variable `ok1` et l'autre qui teste la variable `ok2`. Comme seule la variable `ok1` est vraie, le programme exécute les instructions du premier `if`, mais pas celle du second.

4.2 L'instruction `while`

L'instruction `while` (qui signifie "tant que" en anglais) permet de répéter un bloc d'instructions tant qu'une condition est remplie.

Exemple 18

```
a = 1                                                         1
while a<100:                                                  2
  print(a)                                                    3
  a = a*2                                                     4
print("maintenant a vaut", a)                                 5
```

Dans cet exemple, on initialise la variable `a` à 1. Puis tant qu'elle est inférieure à 100, on l'affiche à l'écran et on la double. Ainsi, le `a` passera de 1 à 2 à 4 à 8, etc. Le programme imprime donc toute les puissances de deux inférieures à 100.

Exercice 15 Modifier le programme ci-dessus pour qu'il imprime toutes les puissances de 10 inférieures ou égales à 10000.

Il est bien entendu possible d'imbriquer des structures de contrôle les unes dans les autres.

Exemple 19

```
from random import *                                          1
nombre = randint(1,20) # randint est une fonction du module   2
    random
```

```
dev= int(input("Je pense a un nombre entre 1 et 20. Devinez lequel:"))
while dev !=nombre:
  if dev > nombre:
    dev = int(input("trop grand, essayez encore. "))
  else:
    dev = int(input("trop petit, essayez encore. "))
print("Bravo, vous avez trouve!")
```

L'exemple ci-dessus est un jeu de devinette. Il utilise la fonction `randint(a,b)` qui retourne un entier aléatoire entre `a` et `b`. Cette fonction se trouve dans le module `random`. Pour pouvoir utiliser cette fonction, il faut importer ce module, ce qui est fait à la première ligne du programme. La fonction `abs(a)` qui retourne la valeur absolue de `a` est aussi utilisée.

Exercice 16 Exécuter le programme de l'exemple ci-dessus et vérifier son déroulement.
Ajouter une condition pour que le programme dise en plus "vous y êtes presque !" si l'utilsateur devine une nombre proche du nombre cherché (par exemple si la différence et inférieure à 3).

Exercice 17 - La suite de Fibonacci La suite de Fibonacci est une suite de nombres qui s'obtient de la façon suivante : les deux premiers nombres sont 0 et 1, puis les nombres suivants s'obtiennent en additionnant toujours les deux derniers nombres de la suite.
La suite commence donc ainsi 0, 1, 1, 2, 3, 5, 8, 13, 21 (= 8+13), ...
On peut montrer mathématiquement qu'en divisant deux nombres consécutifs de la suite on obtient une approximation du nombre d'or $\frac{1+\sqrt{5}}{2}$. Plus les nombres sont avancés dans la suite, meilleure est l'approximation.

- Ecrire un programme qui affiche la suite de Fibonacci jusqu'à 200.
  Indice : Initialiser deux variables a et b qui représentent le dernier et l'avant-dernier nombre de la suite. Dans une boucle `while`, calculer le nouveau dernier et le nouvel avant-dernier nombre de la suite et les mettre dans `a` et `b`. La boucle continue tant que le dernier nombre est plus petit que 200.
- Modifier le programme écrit en a) pour vérifier que la ratio de deux nombres consécutifs de la suite se rapproche du nombre d'or. Le programme doit donc afficher le ratio des nombres consécutifs de la suite de Fibonacci.

Indice : Utiliser la fonction `sqrt(a)` qui retourne la racine carrée de `a`. Cette fonction se trouve dans le module `math` et peut donc s'utiliser après avoir été importée avec l'instruction `from math import *`

4.3 Les instructions `break-else` et `continue`

Il est parfois utile d'interrompre une boucle avant qu'elle ne soit entièrement réalisée. C'est ce que fait l'instruction `break`, qui interrompt l'exécution de la boucle. Le programme continue donc après la boucle.

Exemple 20

```
from random import *                                                    1
nombre = randint(1,20)                                                  2
dev= int(input("Je pense a un nombre entre 1 et 20. Devinez             3
    lequel:"))
while True:                                                             4
  if dev == nombre:                                                     5
     print("Bravo, vous avez trouve")                                   6
     break                                                              7
  else:                                                                 8
     dev = int(input("Faux, essayez encore"))                           9
print("On peut passer a la suite")                                      10
```

L'instruction `else` placée à la fin d'une boucle est exécutée uniquement si la boucle n'a pas été interrompue par un `break` :

```
from random import *                                                    1
nombre = randint(1,20)                                                  2
dev= int(input("Je pense a un nombre entre 1 et 20. Devinez             3
    lequel ou indiquez 0 pour arreter:"))
while dev != 0:                                                         4
  if dev == nombre                                                      5
     print("Bravo, vous avez trouve")                                   6
     break                                                              7
  else:                                                                 8
     dev = int(input("Faux, essayez encore"))                           9
else:                                                                   10
  print("Vous n'etes pas perseverant. La reponse etait", nombre)        11
```

Dans cet exemple, la dernière instruction (ligne 11) n'est exécutée qui si la boucle ne s'est pas terminée par un `break`, donc si l'utilisateur a arréter le jeu avec un `0`. L'instruction `else` de la ligne 8, va avec le `if` de la ligne 5, alors que le `else` de la ligne 10 va avec le `while` de la ligne 4. Ces deux `else` ont des significations différentes. Avec un `if` le bloc `else` est exécuté si la condition du `if` est fausse, alors qu'avec un `while`, le bloc `else` est exécuté si la boucle n'a pas été interrompue par un `break`.

L'instruction `continue` placée dans une boucle indique au processeur de passer directement à la prochaine itération de la boucle. Par exemple, dans l'exemple suivants, seuls les nombres supérieurs à 7 sont additionnés :

Exemple 21

```
somme = 0                                                               1
n = 1                                                                   2
while n != 0:                                                           3
  n = int(input("Entrez un nombre a ajouter a la somme (entrez 0        4
      si vous voulez arreter)"))
  if n <= 7:                                                            5
     continue                                                           6
  somme = somme + n                                                     7
```

```
  print(n, "a ete ajoute a la somme")
print("la somme vaut",somme)
```

5 Les types séquentiels

Certains programmes nécessitent l'utilisation d'un grand nombres de valeurs. Il serait impraticable de les mettre chacune dans une variable. Comme d'autres langages de programmation, Python offre la possibilité de stocker des séquences de valeurs dans une variable. Nous allons voir trois types de séquences disponibles en python, les listes, les ranges et les tuples.

5.1 Les listes

Pour définir une liste, on met simplement la liste des objets que contient la liste dans des crochets séparés par des virgules. Ensuite on peut accéder au contenu de la liste en indiquant entre crochets quel élément de la liste on souhaite. Attention, la numérotation des éléments d'une liste commence à zéro (et pas un), il faut donc indiquer `0` pour avoir le premier élément de la liste, `1` pour le deuxième, etc. Le nombre qu'on met entre crochets et qui indique à quel élément de la liste on se réfère s'appelle l'*indice* (ou l'*index* si on suit la terminologie anglo-saxonne).

Exemple 22

```
# deux listes                                                          1
jours = ["lundi", "mardi", "mercredi", "jeudi",                        2
  "vendredi", "samedi", "dimanche"]                                    3
visiteurs = [200, 120, 345, 256, 123, 765, 644]                        4
# on s'intresse au premier jour...                                     5
j = jours[0]                                                           6
v = visiteurs[0]                                                       7
print("le", j, "il y a eu", v, "visiteurs")                            8
# ... et au dernier jour                                               9
print("le", jours[6], "il y a eu", visiteurs[6], "visiteurs")          10
```

Dans l'exemple ci-dessous, on défini deux listes, une contenant les jours de la semaine, et une contenant sept nombres entiers. Ensuite, on va chercher le premiers élément de chaque liste et on les imprime. On va ensuite chercher les sixièmes élément de chaque liste et on les imprime.

Exercice 18 Faire une liste contentant le nom des quatres saisons et une autre contenant les valeurs suivantes : 14, 22, 15, 5 qui représentent les températures moyennes. Imprimer les quatre saisons avec les quatre températures moyennes correspondantes.

Si on donne un index négatif, cela signifie que l'on commence à compter à partir de la fin. Ainsi, le -1^e élément signifie le dernier élément de la liste, comme dans l'exemple ci-dessous.

Exemple 23

```
fruits = ["pomme", "poire", "citron", "fraise"]                        1
print("Le dernier fruit de la liste est", fruits[-1])                  2
print("Et l'avant-dernier fruit de la liste est", fruits[-2])          3
```

Il est aussi possible de faire des listes contenant des éléments de types différents et même des listes de listes.

Exemple 24

```
objets = ["Julie", 6,"Pierre",4, "Paul", 4]
print("Le second element est", objets[1])
```

Exemple 25

```
branches = ["math", "allemand", "anglais"]
notes = [[4,5], [4,4.5,6], [3,5,4]]
print("branche:", branches[2], "notes:",notes[2])
print("J'ai aussi fait un ", notes[1][2], "en", branches[1])
```

Exercice 19 Modifier le programme ci-dessus pour qu'il affiche la première note en anglais (le 3).

5.1.1 Les opérateurs

Tout comme les variables simples, les listes ont aussi leurs opérateurs. Les plus utilisés sont les suivant :

- `+` (concaténation) : si `a` et `b` sont des listes, `a+b` retourne les deux listes `a` et `b` mises bout-à-bout dans une seule liste
- `*` (répétition) : si `a` est une liste et `b` est un nombre entier, `a*b` retourne la liste `a` répétée `b` fois.
- `[]` (indexation) : si `a` est une liste et `b` est un nombre entier,`a[b]` retourne le `b`-ième élément de la liste, comme décrit ci-dessus (en commençant à 0). Si le nombre `b` est négatif, on commence à compter depuis la fin. Il est possible d'utiliser cet opérateur pour extraire des tranches de la liste. Par exemple `a[2:6]` retourne une sous-liste avec les éléments 2 à 5 de `a`. On peut omettre une borne s'il s'agit de l'extrémité de la liste : `a[:6]` retourne tous les éléments de `a` jusqu'au 5^e et `a[6:]` retourne tous les éléments de `a` à partir du 6^e. On peut également spécifier un "saut", dans la tranche, par exemple `a[1:8:2]` considère les éléments 1 à 7 de la liste en sautant un élément sur deux, c'est-à-dire les éléments 1,3,5 et 7.
- `in` : (test d'inclusion) : `e in li` retourne `True` si `e` est un élément de la liste `li`, et `False` sinon.

Exemple 26

```
liste1 = [0,1]
liste2 = liste1 + [3,4,5]
liste3 = liste1*4
print(liste2)
print(liste3)
print(liste3[4])
print(liste3[2:5])
print(liste3[3:])
if 3 in liste2:
```

```
  print("3 est dans liste2")
else:
  print("3 n'est pas dans liste2")
```

Exercice 20 Définir une liste qui contient 20 fois le nombre 3 puis 10 fois le nombre 5 et la mettre dans une variable `l`. Afficher le contenu de cette liste pour vérifier. Afficher ensuite uniquement les éléments 17 à 23 de cette liste.

Exercice 21 Déterminer ce que les programmes des exemples 27 et 28 ci-dessous affichent. Vérifier votre réponse en les faisant tourner.

Exemple 27

```
nombres = [0,1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12]
print(nombres[1:3])
print(nombres[1:-4])
print(nombres[2:10:2])
print(nombres[3:12:3])
print(nombres[-5:-2])
print(nombres[-4::2])
```

Exemple 28

```
lettres = ["a","b", ["e", "f"]]
if "a" in lettres:
  print("La liste contient la lettre a")
else:
  print("La liste ne contient pas la lettre a")

if "e" in lettres:
  print("La liste contient la lettre e")
else:
  print("La liste ne contient pas la lettre e")
```

5.1.2 Quelques fonctions utiles

`len` La fonction `len(a)` retourne la longueur de la liste `a`, c'est-à-dire le nombre d'éléments qu'elle contient.

`sum` La fonction `sum(a)` ("somme" en anglais) retourne la somme des éléments de la liste `a`. Elle ne peut s'appliquer que si la liste contient uniquement des nombres.

`list.append` La fonction `list.append(li,el)` ajoute l'élément `el` à la fin de la liste `li`.

5.2 Les tuples

Les tuples sont comme des listes, à la différences qu'ils ne peuvent pas être modifiés. Il sont initialisés avec des parenthèses plutôt que des crochets, comme dans l'exemple ci-dessous. Les opérateurs de liste décrits ci-dessus fonctionnent également avec les tuples.

Exemple 29

```
tup1 = ("a","b")
tup2 = (0,1)
tup3 = tup1 + tup2
tup4 = tup3*2
print(len(tup4))
print(sum(tup2))
print(tup4[3:])
```

5.3 Les ranges

Les ranges sont surtout utilisés pour stocker des intervalles de nombres entiers. C'est comme des listes, mais ils prennent beaucoup moins de place dans la mémoire car seuls le début et la fin de l'intervalles est gardée en mémoire. Une variable de type `range` peut être crée avec la fonction `range(a,b)` qui retourne un `range` contenant tous les entiers de `a` à `b-1`. L'opérateur d'indexation ainsi que les fonction `len` et `sum` peuvent aussi être utilisées avec des ranges. Un range peut être convertit en liste avec la fonction `list`

Exemple 30

```
nombres = range(0,10)
n = len(nombres)
print("Le second element est", nombres[1])
print("le range contient", n, "elements")
print("le range est", nombres)
li = list(nombres)
print("la liste contient aussi", len(li), "elements")
```

Exercice 22 Ecrire un programme qui demande un nombre à l'utilisateur et qui imprime la somme des nombres de 1 à au nombre donné. Le tester en entrant 5, le programme devrait afficher 15 (1+2+3+4+5).

5.4 L'instruction `for` pour l'itération sur séquences

L'instruction `for` permet de répéter un block d'instructions en donnant à chaque fois une autre valeur à une variable donnée.

Exemple 31

```
presidents = ["Clinton","Bush","Obama","Trump","Biden"]
for name in presidents:
  print (name, "fut president")
```

Dans l'exemple ci-dessus, la variable `name` prendra successivement les valeurs de la liste `presidents` et l'instruction `print` sera à chaque fois exécutée.
L'instruction `for` peut également être utilisée avec un tuple ou un range.

Exemple 32

```
for i in range(1,11):
  print(i)
```

Le programme ci-dessus affiche les nombres de 1 à 10.

Exercice 23 Ecrire un programmme qui affiche dix fois "cela se repete" en utilisant une boucle `for`

Exercice 24 Ecrire un programmme qui demande un nombre n à l'utilisateur et affiche la somme des nombres de 1 à n.
Le modifier pour qu'il affiche le produit des nombres de 1 à n.

Comme pour le `while`, l'instruction `break` permet d'interrompre l'exécution de la boucle, comme dans l'exemple ci-dessous dans lequel on arrête le parcours de la liste dès qu'on a trouvé le fruit recherché.

```
recherche = "pommes"
maliste = ["poires", "pommes", "fraises", "cerises"]
for fruit in maliste:
   if fruit == recherche:
       print("J'ai trouve les", recherche, "!")
       break ## on arrete de chercher.
   else:
       print("Il y des ", fruit)
```

Exercice 25 Ecrire un programme qui demande un nombre à l'utilisateur et détermine s'il s'agit d'un nombre premier.
Indice : Utiliser l'opérateur modulo (`%`) ainsi que l'instruction `for-break`.

5.5 Les listes en compréhension

6 La définition de fonction

Il est souvent utile d'écrire ses propres fonctions, afin de ne pas avoir à écrire plusieurs fois la même liste d'instruction. En programmation, le concept de fonction n'est pas exactement le même qu'en mathématiques. Il faut plutôt le voir comme un sous-programme auquel on fournit des objets et qui en retourne d'autres.

Pour définir une fonction, il faut indiquer les éléments suivants :

1. Le nom de la fonction, qui ne doit pas déjà être utiliser dans ce programme.
2. Les arguments, ou variables d'entrées, qui indiquent quels sont les objets à fournir à la fonction pour que le programme puisse l'exécuter.
3. La liste des instructions de la fonction, autrement dit, le sous-programme effectué par la fonction. La liste des instructions est *indentée* par rapport au programme principal, c'est-à-dire qu'elle est décalée à droite. De plus, la liste d'instruction se termine par l'instruction **return**. Une liste d'instruction est aussi appelée un *bloc* d'instruction.
4. Le résultat, ou variable de sortie, qui indique quel objet est retourné par la fonction est donné par la dernière instruction de la liste d'instruction, l'instruction **return**.

Ces quatre éléments constituent la *définition* de la fonction. Une fois une fonction ainsi définie, on peut l'utiliser autant de fois que l'on désire dans un programme. La fonction `print`, est un exemple de fonction que l'on a déjà utilisée. Elle est définie par dans les librairies de base de python.

Exemple 33

```
def aucube(n):                                          1
  cube = n * n * n                                      2
  return cube                                           3
                                                        4
a = aucube(n=2)                                         5
b = aucube(n=5)                                         6
print("les cubes de 2 et 5 sont", a, "et", b)           7
```

Dans l'exemple ci-dessus le mot-clé **def** indique que l'on définit une fonction. Toute définition de fonction commence avec ce mot-clé. Le mot qui suit est le nom de la fonction (ici `aucube`) suivi d'une paire de parenthèses indiquant les arguments de la fonction. La fonction de cet exemple n'a qu'un argument, appelé `n`. La première ligne de la définition de la fonction se termine par deux points(:), indiquant que la liste d'instructions va commencer. La fonction se termine avec l'instruction **return** qui indique ce que la fonction retourne.
Après avoir définie cette fonction, le programme ci-dessus l'utilise dans les lignes 5 et 6. Ce n'est qu'à ce moment-là que les instructions de la fonction sont exécutées. La première fois (ligne 5), la variable `n` prend la valeur 2 (ligne 5) et le résultat de la fonction (ce qui est retourné par l'instruction `return`) est assigné à la variable `a`. La seconde fois (ligne 6), `n` prend la valeur 5 et le résultat de la fonction est assigné à `b`.

Exercice 26 Modifier l'exemple ci-dessus pour avoir une fonction `aucarre` qui calcule le carré d'un nombre. Utiliser cette fonction pour calculer le carré des nombres 6, 18 et 573.

Exemple 34

```
def saluer(nom):
  print("Bonjour", nom)
  print("Bienvenue")
  return

saluer(nom="Pierre")
saluer("Jeanne")
```

L'exemple ci-dessus est montre la définition d'une fonction qui ne retourne aucune valeur : l'instruction `return` n'est pas suivie par une variable. La fonction s'exécute mais ne retourne rien.
On remarque également que l'appel de fonction de la dernière instruction omet le nom de l'argument (`nom=`) qui est facultatif. En ce cas, il faut respecter l'ordre des arguments dans la fonction, comme dans l'exemple ci-dessous.

Exemple 35

```
def volume_cylindre(rayon, hauteur):
  vol = 3.1415 * rayon**2 * hauteur
  return vol

v1 = volume_cylindre(rayon=2.3, hauteur=10)
v2 = volume_cylindre(1.2,5) ## le rayon=1.2 et la hauteur=5
print("Le volumes des cylindres est de ", v1, "et ", v2)
```

6.1 Visibilité des variables

Un élément à prendre en compte dans l'utilisation de fonction est la visibilité des variables. Lorsqu'une variables est utilisée dans une fonction, elle n'est visible (ou définie) qu'à l'intérieur de cette fonction. Dans l'exemple 33, la variable `cube` n'est pas définie en dehors de la fonction `aucube` et ne peut donc pas être utilisée. Par contre, si l'on souhaite utiliser une variable globale (c'est-à-dire définie dans le script principal, en dehors d'une fonction), alors il faut l'indiquer avec le mot-clé `global`, comme dans l'exemple ci-dessous. Mais en cas la variables globale doit être initialisée avant le premier appel de la fonction.

Exemple 36

```
def saluer(nom):
  global nbpers
  nbpers = nbpers + 1
  print("Bonjour", nom)
  print("Bienvenue")
  return
```

```
                                                    7
nbpers = 0                                          8
saluer("Pierre")                                    9
saluer("Jeanne")                                    10
print("J'ai pu saluer ", nbpers, "personnes")       11
```

Dans l'exemple ci-dessus le programme garde le compte du nombre de personnes saluées dans la variable globale `nbpers` qui est mise à jour à chaque appel de fonction. Grâce au mot-clé `global` de la ligne 2, python va chercher la valeur de cette variable à l'extérieur de la fonction. Elle a été initialisé à la ligne 8, qui est la première ligne exécutée par le programme après la définition de la fonction `saluer`.

Exercice 27 Qu'impriment les deux programmes 37 et 38 suivants ? Vérifiez vos réponses.

Exemple 37

```
def fonction(x):
    a = 3
    a = a+1
    return a*x
a = 5
b = fonction(10)
print(b)
b = fonction(10)
print(b)
```

Exemple 38

```
def fonction(x):                    1
    global a                        2
    a = a+1                         3
    return a*x                      4
a = 5                               5
b = fonction(10)                    6
print(b)                            7
b = fonction(10)                    8
print(b)                            9
```

Exercice 28 Reprendre l'exemple 35.

1. Ajouter une variable globale `compte` qui compte le nombre de fois que la fonction `volume_cylindre` est utilisée.
2. Vérifier que votre programme fonctionne en affichant le nombre de fois que cette fonction est appelée.
3. Ajouter une autre variable globale `somme` qui fait la somme de tous les volumes calculés.

Exercice 29 L'indice de masse corporelle (IMC) d'une personne est donnée par son poids (en kg) divisé par le carré de sa taille (en mètres). Ecrire une fonction qui prends le poids et la taille en argument et retourne l'IMC Utiliser cette fonction dans un programme qui demande son poids et sa taille (en mètres) à l'utilisateur et affiche son IMC dans le terminal.

7 Les chaînes de caractères

7.1 Extraction de caractères

Comme les listes, il est possible d'extraire des caractères des chaînes de caractères grâce aux crochets. Les indices commencent également à 0 pour le premier caractères.

Exemple 39

```
nom = 'Julie'
prenom = 'Dupont'
print ('Bonjour', nom[0], '. ', prenom)
```

Comme dans les listes, il est également possible de sélectionner une "tranche" de plusieurs caractères consécutifs en utilisant `s[a:b]` qui retourne les caractères `a` à `b-1` de la chaîne de caractères `s`. Si `a` n'est pas spécifié, on sélectionne depuis le début de la chaîne de caractère, et si `b` n'est pas spécifié on sélectionne jusqu'à la dernière lettre de la chaîne de caractère.

Exemple 40

```
mot = 'Bonjour'
a = mot[3:6]
print(a)
print (mot[:3])
print (mot[1:])
```

Dans l'exemple ci-dessous, la variable `a` contient les caractères 3 à 5 du mot `'Bonjour'`, c'est-à-dire `'jou'`. Toutefois, à la différence des listes, il n'est pas possible en Python de modifier une chaîne de caractère.

Exemple 41

```
l = ['a','b','c','d']
l[1] = 'e' # possible car l est une liste
a = 'abcd'
## on ne peut pas ecrire a[1] = 'e'
## car a est une chaine de caractere.
## par contre on peut ecrire
a = a[0]+'e'+a[2:]
print(a)
```

7.2 Quelques fonctions et opérateurs utiles

opérateurs Les opérateurs les plus utiles pour les chaînes de caractères sont sans doute le `+` et le `*`. Le `+` permet de concaténer deux chaînes de caractères, c'est-à-dire de les mettre bout-à-bout, comme dans l'exemple ci-dessus. Le `*` permet de répéter une chaîne de caractères un certain nombre de fois

Exemple 42

```
a = 'sos'*4
print(a)
```

Dans l'exemple ci-dessus, la variable `a` contient `'sossossossos'`, autrement dit les lettres `'sos'` répétées quatre fois.

`list` La fonction `list(a)`, prend la chaîne de caractères `a` et retourne une liste ayant pour éléments tous les caractères de la chaîne.

`len` La fonction `len(a)` retourne le nombre de lettres contenues dans la chaîne de caractères `a`.

`str` La fonction `str(a)` crée une chaîne de caractère contenant le contenu de `a`. Cette fonction retourne donc la conversion de `a` en chaîne de caractère. Par exemple `str(5)` retourne la chaîne de caractère `"5"`.

`str.replace` La fonction `str.replace(a,val,rempl)` remplace dans le chaîne de caractère `a` toutes les occurences de la chaîne de caractère `val` par la chaîne de caractère `rempl`.

`str.find` La fonction `str.find(a,str,beg)` détermine si la chaîne de caractères `a` contient le caractère (ou la chaîne de caractères) `str` en commençant la recherche à partir de l'indice `beg`. Si ce n'est pas le cas, la fonction retourne -1, sinon elle retourne l'indice de `a` ou `str` commence. Si on ne spécifie pas l'argument `beg`, la recherche se fait à partir du début de la chaîne de caractères.

`str.join` La fonction `str.join(s,seq)` concatène les chaînes de caractères de la liste `seq` en insérant la chaîne de caractère `s` entre chacune d'elle et retourne la chaîne de caractères résultante.

Exercice 30 Tester les opérateurs et fonctions ci-dessus avec des chaînes de caractères de votre choix

Exercice 31 Ecrire une function `efface(mot, lettre)` qui retourne la chaîne de caractère `mot` dans laquelle les occurences de la lettre `lettre` on été effacées. Par exemple `efface("coucou","u")` doit retourner `"coco"`.

Exercice 32 Ecrire une fonction `echange(mot,lettre1,lettre2)` qui échange, dans `mot`, toutes les occurences de la lettre `lettre1` avec `lettre2` et vice-versa. Par exemple `echange("tare","r","t")` doit retourner `"rate"`

Exercice 33 - Le jeu du pendu Le but de cet exercice est de programmer le jeu du pendu. Les programmes vus jusqu'à présent étaient si simples qu'ils pouvaient facilement s'écrire de façon linéaire, de la première à la dernière ligne. Cependant ce n'est généralement pas ainsi que les programmeurs écrivent des programmes. De même qu'on écrit un plan avant de rédiger un texte, ou qu'un dessinateur commence avec des traits principaux avant de fignoler les détails, un programmeur n'écrit généralement pas son programme de la première à la dernière ligne. Ici, nous allons procéder en implémentant d'abord les fonctionalités principales puis nous allons étoffer le programmes pour le rendre plus complet et amusant.

La programmation de ce jeu est divisée en plusieurs étapes relativement simples. Les variables principales sont deux chaînes de caractères. D'une part la variable `mot` qui contient le mot que l'utilisateur doit deviner, et d'autre part la variable `resultat` qui contient le même nombre de lettre que `mot` mais qui ne montre que les lettres que l'utilisateur a devinées, les autres étant représentées par des `+`.

Ainsi, il faut d'abord choisir aléatoirement un mot et le mettre dans la variable `mot`, puis initialiser la variable `resultat` avec une suite de `+` (autant que de lettres dans `mot`). Il faut ensuite demander à l'utilisateur de deviner une lettre et vérifier si elle se trouve dans `mot`. Si c'est le cas, il faut remplacer le (ou les) `+` correspondant par cette lettre dans `resultat`. On affiche ensuite `resultat` et on recommence jusqu'à ce que l'utilisateur ai deviné toutes les lettres du mot (ou qu'il ait atteint le nombre maximal d'erreur, auquel cas il est pendu).
Pour des questions de lisibilité, dans ce programme nous placerons toutes les instruction `import` en tête de programme, puis les définitions de fonctions et enfin les instructions du programme.

1. Ecrire une fonction `remplace(mot,resultat,lettre)` qui trouve à quelle position dans `mot` le caractère `lettre` apparaît et remplace, dans `resulat`, le caractère à cette position par cette lettre. Par exemple `remplace('chemin','abcdef','i')` devrait retourner `'abcdif'` car le `'i'` se trouve en quatrième position de `'chemin'` et donc on met un `'i'` en quatrième position de `'abcdef'`. (Les positions commencent à 0.).
2. Modifier la fonction `remplace_tous` pour que cela fonctionne également si le caractère `lettre` est présent en plusieurs positions dans `mot`. *Indice :* Une manière de faire est de vérifier toutes les lettre de `mot`, les unes après les autres.
3. Initialiser la variable `mot` avec un mot de votre choix.
4. Initialiser la variable `resultat` avec autant de `+` qu'il a de lettre dans `mot`.**Indice :** Utiliser les opérateurs et fonctions définies ci-dessus.
5. Afficher un message de bienvenue au jeu.
6. Afficher la variable `resultat`, demander à l'utilisateur de deviner une lettre et utiliser `remplace` pour mettre à jour `resultat` (c'est-à-dire placer la lettre de l'utlisateur dans resultat si elle se trouve dans `mot`).
7. Utiliser une boucle `while` pour que les instruction du point précédent se répètent tant que le mot n'a pas été deviné. A la fin de la boucle, si le mot

est deviné, féliciter l'utilisateur.

8. Modifier le programme pour permettre un maximum de dix erreurs. Pour ceci créer une variable qui compte les erreurs de l'utilisateurs. Si cette variable arrive à 10 interrompre la boucle, indiquer que le joueur a perdu et afficher le mot qu'il fallait deviner.
9. Ce programme va toujours proposer le même mot à deviner, il faut le modifier pour qu'il choisisse un mot de façon aléatoire.
   — Créer une liste appelée `touslesmots` qui contient tous les mots possibles que l'ordinateur peut proposer. Pour commencer, une liste de 10 mots est amplement suffisante.
   — Définir (en début de programme) une fonction appelée `choisi_mot(li)` qui retourne un élément choisi au hasard dans la liste `li`. Utiliser la fonction `randint(a)` qui choisi un nombre au hasard entre 0 et `a-1`. **Indication :** Mettre la ligne suivante en début de programme pour utiliser `randint` :
   `from random import *`.
   — Modifier l'initialisation de la variable `mot` au début du programme pour qu'il choisisse aléatoirement un mot à deviner. Utiliser la fonction `choisi_mot` et la liste `touslesmots`.
10. Modifier le programme pour qu'il fasse le dessin du pendu à chaque étape. Pour ceci, définir une fonction `dessine_pendu(n)` qui dessine les `n` premières étapes du pendu.

Il est possible d'améliorer ce jeux de diverses manières. Par exemple, au lieu de définir soit même une liste de mots, on pourrait dire au programme d' aller en chercher une sur le web (ce qui permettrai à l'utilisateur de choisir sa langue). Ou alors on pourrait créer une interface graphique pour que le jeu se déroule dans une fenêtre dédiée avec un vrai dessin de pendu.

8 Les dictionnaires

En Python, un dictionnaire, aussi appelés "table de hachage" dans d'autres langages, est une structure qui permet stocker des couples d'éléments (en anglais *items*) constitués d'une "clef" (en anglais *key*) et d'une "valeur" (en anglais *value*). Dans l'analogie avec un dictionnaire réel, la "clef" représente le mot et la "valeur", la définition. On ne peut donc accéder à la valeur (la définition) qu'en utilisant la clef (le mot).
Pour initialiser un dictionnaire, on met la liste de couples `clef:valeur` dans une accolade et séparés par une virgule. La clef est séparée de la valeur par deux points. L'exemple ci-dessous utilise un dictionnaire Python pour réaliser un dictionnaire français-anglais.

Exemple 43

```
dico = {"livre":"book", "souris":"mouse",                    1
    "ordinateur":"computer", "voiture": "car"}               2
print("En anglais, le mot 'souris' se dit", dico["souris"])  3
```

Dans l'exemple ci-dessus, le dictionnaire `dico` ne peut être utilisé que pour traduire du français vers l'anglais, mais pas pour traduire de l'anglais vers le français car les éléments ne sont accessible que par leur clef (et non par leur valeur). Pour accéder à la valeur correspondant à une clef, on place la clef entre crochets juste après le nom du dictionnaire (`dico["souris"]` dans l'exemple ci-dessus).
Dans cet exemple, la clef est donnée par une chaîne de caractère, mais elle peut aussi être donnée par d'autres types de variable comme par exemple un entier :

Exemple 44

```
chiffres = {0:"zero", 1:"un", 2:"deux", 3:"trois", 4:"quatre",   1
    5:"cinq", 6:"six", 7:"sept", 8:"huit", 9:"neuf"}             2
print("En toutes lettres, le chiffre 4 s'ecrit", chiffres[4])    3
```

Il est aussi possible de mettre des listes commes valeurs :

Exemple 45

```
notes = {"Pierre": [5, 4.5], "Jean": [5,6,3.5], "Anna": [6,5,5]}  1
print("Les notes de Jean sont:", notes["Jean"])                   2
```

Il est bien entendu possible d'ajoûter ou de modifier une valeur dans un dictionnaire avec l'opérateur =.

Exemple 46

```
moyennes = {"Laure": 5, "Pierre": 4.5}                    1
moyennes["Mia"] = 5.5                                     2
moyennes["Pierre"] = 4                                    3
print("La moyenne de Pierre est", moyennes["Pierre"])     4
print("La moyennen de Mia est", moyennes["Mia"])          5
```

Exercice 34 Ecrire un programme qui demande un nombre à l'utilisateur d'entrer un nombre entier `n` et initialise un dictionnaire avec comme clef les nombres de 1 à `n` et comme valeur la liste des diviseurs de la clef.

8.1 Muabilité

Tout comme les listes, les dictionnaires en Python sont muables (*mutable* en anglais), contrairement aux variable de type simple (nombres, chaînes de caractères, booléens) et aux tuples. Cela signifie concrètement qu'un dictionnaire ou une liste qui sont passé comme argument d'une fonction peuvent être modifiés par la fonction comme dans l'exemple ci-dessous.

Exemple 47

```
def ajoute(dic,nom,age):
     age = int(age) # enleve la virgule a age
     dic[nom] = age
     return

dico = {}
a = 22.5
ajoute(dico,"Joelle", a)
a = 19.5
ajoute(dico,"Mike", a)
print("Le dictionnaire muable dico:", dico)
print("La variable immuable a:", a)
```

Dans l'exemple ci-dessus, le dictionnaire `dico` est modifié par la fonction `ajoute`, alors que la variable `a` qui est un nombre ne l'est pas. Ainsi, à la fin du programme, le dictionnaire contient les éléments `{"Joelle":22, "Mike": 19}`, alors que la variable `a` contient le nombre `19.5`.

Les listes sont également muables en Python, mais il existe également des listes immuables qui qu'appellent des tuples. On les utilisent lorsqu'on est sûr de ne pas vouloir les modifier. Les tuples sont initialisés en mettant les éléments séparés par des virgules dans une parenthèse.

Exemple 48

```
premiers = (2,3,5,7,11)
print("le plus petit nombre premier est", premiers[0])
print("les trois premiers nombres premiers sont", premiers[0:3])
```

Dans l'exemple ci-dessus, `premier` est un tuple car il est initialisé avec des parenthèses à la place des crochets comme on le ferait pour une liste. Comme c'est un tuple, il est immuable. L'instruction `premier[2]=4` génèrerait une erreur puisque l'on essaierait de modifier ce tuple. Par contre, il est possible d'accéder (sans les modifier) aux éléments du tuple, comme pour les listes.

Exercice 35 Déterminer ce qu'affiche le programme suivant et vérifier en exécutant le code.

Exemple 49

```
def f1(a,b):
   b = b+1
   a[0] = b
   return

x = 3
z = [2, 4]
y = ["b","o","n"]
u = {"k":"b"}
f1(z,x)
f1(y,z[1])
f1(u,x)
print(x,y,z,u)
```

8.2 Quelques fonctions et opérateur utiles

L'opérateur `in` L'instruction `clef in dico` retourne `True` si `dico` contient la clef `clef`, `False` sinon.

L'opérateur `not in` L'instruction `clef not in dico` retourne `False` si `dico` contient la clef `clef`, `True` sinon.

`del dico[clef]` Efface l'élément `clef` du dictionnaire `dico`.

`length(dico)` Retourne la longueur du dictionnaire, c'est-à-dire le nombre de clefs et de valeurs qu'il contient.

`dict.clear(dico)` Vide le dictionnaire `dico`.

`dict.get(dico,clef)` Si celle-ci existe, retourne la valeur correspondant à la clef `clef` dans le dictionnaire `dico`, sinon retourne `None`.

`dict.keys(dico)` Retourne la liste des clefs du dictionnaire `dico`. Les clefs sont retournées dans un ordre aléatoire.

`dict.values(dico)` Retourne la liste des valeurs du dictionnaire `dico`.

`dict.items(dico)` Retourne une liste de tuples contenant la clef et la valeur correspondante. Un tuple est simplement une paire d'éléments entre parenthèses.

`dict.popitem(dico)` Ote (sans ordre particulier) une clef et sa valeur correspondante du dictionnaire et les retourne dans un tuple.

Remarque : Selon une syntaxe qui sera vue dans le chapitre 9, il est également possible d'appeler les fonction ci-dessus de la manière suivante : `dico.clear()`, `dico.get(clef)`, `dico.keys()`, `dico.values()`, `dico.items()` où `dico` est le nom de la variable de type dictionnaire.

Exercice 36 Initialiser un dictionnaire et tester les fonctions ci-dessus.

Il est courant de parcourir tous les éléments d'un dictionnaire de la manière suivante.

Exemple 50

```
capitales = {"Suisse":"Berne", "France":"Paris", "USA":"
    Washington", "Italie":"Rome"}
for (pays,cap) in dict.items(capitales):
    print("La capitale de", pays, "est", cap)
```

Dans cet exemple, la boucle `for` se fait sur un tuple `(pays,cap)`, c'est-à-dire sur deux variables simultanément. A chaque itération de la boucle, `pays` prend la valeur de la clef et `cap` prend la valeur correspondante.

Exercice 37 Dans l'exemple ci-dessus, le déterminant du pays manque dans la phrase affichée ("La capitale de Suisse" au lieu de "la capitale de *la* Suisse"). A l'aide d'un dictionnaire supplémentaire, modifier cet exemple pour que la phrase affichée contienne le déterminant adéquat.

Dans l'exemple suivant, un dictionnaire est utilisé pour stocker les débuts et fins de mandat des président américains. Une boucle `while` est ensuite utilisée dans laquelle le programme demande à l'utilisateur d'entrer le nom d'un président et indique le début et la fin de son mandat.

Exemple 51

```
presidents = {"J. Carter":[1977,1980],"R. Reagan":[1981,1988],"G.
    H.W. Bush":[1989,1992],"B. Clinton":[1993,2000],
    "G.W. Bush":[2001,2007], "B. Obama":[2008,2016], "D. Trump"
        :[2017,2018]}
while True:
    pres = raw_input("Quel president vous interesse? ")
    if pres=="":
       break
    if pres in dict.keys(presidents):
       annees = presidents[pres]
       print(pres, "etait president entre", annees[0], "et",
           annees[1])
    else:
       print("Je ne connais pas ce president.")
```

Exercice 38 Que se passe-t-il si l'utilisateur entre uniquement le nom de famille du président (par exemple "Clinton") ? Modifier le programme pour qu'il puisse gérer ce cas de figure, par exemple en utilisant des fonctions vues au chapitre précédent (chaînes de caractères).

Exercice 39 Modifier le programme ci-dessus (sans changer le dictionnaire) pour qu'il demande à l'utilisateur d'entrer une année et affiche quel était le président cette année-là.

Exercice 40 Ecrire trois fonctions qui vident un dictionnaire, une qui utilise la fonction `dict.clear`, une qui utilise l'opérateur `del` et une qui utilise le fonction `popitem`.

Exercice 41 - Memory Ecrire un programme qui propose une version simple du jeu du memory pour un joueur. Le jeu contient 20 "cartes" représentant 20 objets (dans notre cas des nombres entiers de 0 à 9) de telle sorte que chaque objet (ou nombre) est représenté exactement sur deux cartes.
Au début du jeu, les cartes sont disposées face cachées et le joueur doit tenter de retrouver une paire en retournant deux cartes de sont choix. Si les deux cartes représentent le même objet, alors la paire est sortie du jeu. Sinon elles sont retournées à nouveau (face cachée), et le joueur peut tenter de retourner une autre paire de cartes. Le but du joueur est de former toutes les paires avec le moins de tentatives possibles.
Il s'agit de programmer les éléments suivants :

1. une phase d'initialisation durant laquelle la position des cartes est aléatoirement distribuée parmi les 20 positions, afin que la position initiale change lorsqu'on relance le programme.
2. une phase de jeu au cours de laquelle à chaque tour, le joueur choisit les deux cartes qu'il retourne et le programme lui indique si les deux cartes forment une paire et affiche alors le nouveau plateau de jeu en utilisant une fonction `affiche` à définir plus tard.
3. A la fin du jeu, lorsque toutes les cartes sont découvertes, le programme doit indiquer au joueur combien d'essais non infructueux il a fait (c'est-à-dire le nombre de fois où les deux cartes qu'il a retournées ne faisaient pas la paire.).
4. la fonction `affiche` mentionnée ci-dessus qui affiche le plateau de jeu en indiquant clairement quelle sont les cartes à la face cachée (par exemple avec un `"X"`), lesquelles sont sorties du jeu (par exemple avec un `"-"`) et lesquelles sont apparentes (avec le nombre correspondant à la carte).

Indices :

1. Vous pouvez utiliser un dictionnaire dont chaque élément représente une carte du plateau de jeu (sa position et son contenu).
2. Vous pouvez utiliser les fonctions `randint` ou `shuffle(li)` du module `random` qui melange les éléments de la liste `li`, c'est-à-dire qu'elle change de façon aléatoire l'ordre des élément de cette liste.

9 Les objets

Les programmes vus jusqu'à maintenant manipulent des variables et définissent des fonctions. Cette manière de programmer est appelée la programmation procédurale puisque le code est structuré par des procédures (c'est-à-dire des fonctions). Une manière alternative de structurer un programme consiste à le modulariser par ce qu'on appelle des objets. Il s'agit de la programmation orientée objet. Certains langages (comme C) ne permettent pas la programmation orientée objet, d'autres (comme java) l'imposent, et d'autres encore (comme Python) la permettent sans l'imposer.

9.1 Définition d'un objet

Comme dans la réalité, en programmation un objet se définit par des attributs et par ses fonctionalités. Par exemple, dans la réalité pour pourra définir un chaise avec ses attributs (quatre pieds, une assise et un dossier) et sa fonctionnalité (on peut s'asseoir dessus). En programmation, les attributs d'un objets sont des variables ou d'autres objets, alors que les fonctionnalités sont des fonctions (appelée dans ce cas des méthodes). On peut ainsi par exemple définir un compte bancaire ainsi :

Exemple 52

```
class Compte:                                          1
    solde = 0                                          2
                                                       3
    def imprimer_solde(self):                          4
        print("Le solde est",self.solde)               5
                                                       6
    def ajouter(self,montant):                         7
        self.solde = self.solde + montant              8
                                                       9
    def retirer(self,montant):                         10
        self.solde = self.solde - montant              11
```

Dans l'exemple ci-dessus, la première ligne indique qu'on va définir un nouveau type d'objet qui s'appelle `Compte`, ou plus précisément une nouvelle *classe* d'objet appelée `Compte`. A la seconde ligne, on indique que ce type d'objet a un attribut appelé `solde` qui vaut initialement zéro. On définit ensuite trois fonctions (ou méthodes) : `imprimer_solde` afficher le solde du compte, `ajouter` pour mettre de l'argent sur le compte et `retirer` pour retirer de l'argent du compte. La première méthode `imprimer_solde` ne comporte qu'un argument `self`, c'est-à-dire le compte en question. Les deux autres méthodes possèdent un autre argument, `montant` qui est le montant à ajouter ou retirer. De manière générale, toutes les méthodes ont l'argument `self` qui représente l'objet sur lequel s'applique la méthode. Une méthode peut accéder aux attributs de son objet grâce à l'opérateur "." (point). Ainsi `self.solde` représente l'attribut `solde` de l'objet représenté par `self`.
Une fois une classe définie il est possible de l'utiliser, par exemple ainsi :

Exemple 53

```
compte1 = Compte()                                  1
compte1.ajouter(100)                                2
compte1.imprimer()                                  3
compte1.retirer(50)                                 4
compte1.imprimer()                                  5
                                                    6
compte2 = Compte()                                  7
compte2.ajouter(60)                                 8
compte2.imprimer()                                  9
compte2.retirer(30)                                 10
compte2.imprimer()                                  11
```

Dans l'exemple ci-dessus deux objets de classe `Compte` ont été créés, l'un appelé `compte1` et l'autre appelé `compte2`. On parle alors de deux *instances* de la classe `Compte`. La création d'un objet d'une classe donnée (on parle alors de l'instanciation d'un objet) se fait par une fonction qui a le même nom que la classe (cf. lignes 1 et 7 de l'exemple ci-dessus). Cette fonction, qui construit un objet d'une classe donnée est appelée un *constructeur*. Elle peut être définie implicitement comme dans l'exemple ci-dessus ou explicitement avec la fonction `__init__` comme dans l'exemple suivant :

Exemple 54

```
class Compte:                                       1
    solde = 0                                       2
                                                    3
    def __init__(self):                             4
        print("Le compte est en voie de creation")  5
                                                    6
    def afficher_solde(self):                       7
        print("Le solde est",self.solde)            8
                                                    9
    def ajouter(self,montant):                      10
        self.solde = self.solde + montant           11
                                                    12
    def retirer(self,montant):                      13
        self.solde = self.solde - montant           14
```

Avec l'exemple ci-dessus, chaque fois qu'un `Compte` sera ouvert avec l'appel de la fonction `Compte()`, c'est la méthode `__init__` qui sera exécutée.

Note : Dans l'exemple ci-dessus l'entier de la définition de la classe a été reproduit, bien que seul le constructeur nous intéresse afin d'avoir un exemple complet et de bien montrer le contexte. A partir maintenant, pour rester focalisé, seuls les éléments pertinents du programmme seront indiqués dams les exemples et le contexte sera indiqué en commentaire du programme comme dans l'exemple suivant.

Le constructeur peut aussi prendre des arguments supplémentaires, comme dans l'exemple ci-dessous.

Exemple 55

```
class Compte:
    solde = 0

    def __init__(self, solde_initial):
       self.solde = solde_initial
       print("Le compte est en voie de creation")
       print("Solde initial:", self.solde)

  ## definition des methodes de la classe (omis) ###

compte1 = Compte(100)
compte1.retirer(20)
compte1.afficher_solde()
```

Exercice 42 Cet exercice reprend la classe `Compte` définie ci-dessus :

1. Définir la classe `Compte` et instancier trois comptes ayant respectivement, 100, 200, et 500 à leur solde.
2. Ajouter à la classe `Compte` une méthode `vider` qui vide le compte et retourne la valeur du solde.
3. Verser tout l'argent du premier et du deuxième compte sur le troisième compte, et afficher le solde des trois comptes.

Exercice 43 Définir une classe `Personne` ayant comme attributs le nom, le prénom ainsi que l'année de naissance. Ajouter une méthode `age()` qui calcule l'âge de cette personne le 31 décembre de cette année.
Indice : L'année en cours peut être obtenue avec l'instruction `date.today().year` du module `datetime`.

9.1.1 Variable de classe et variable d'instance

Dans les exemples ci-dessus, chaque compte a son propre solde, c'est-à-dire que chaque instance de compte à sa propre variable `solde` qui a une valeur potentiellement différente des autres comptes. C'est ce qu'on appelle une *variable d'instance*. Mais on peut aussi avoir des *variables de classe* qui sont communes à toutes les instances d'une classe donnée. Par exemple la variable `monnaie` dans l'exemple suivant :

Exemple 56

```
class Compte(object):
    solde = 0
    monnaie = "CHF"

    def __init__(self, solde_initial):
       self.solde = solde_initial
       print("Le compte est en voie de creation")
       print("Solde initial:", self.solde, Compte.monnaie)

```

```
    def afficher_solde(self):
       print("Le solde est",self.solde, Compte.monnaie)

    ## definition des methodes de la classe (omis) ###

compte1 = Compte(100)
compte2 = Compte(500)
compte1.afficher_solde()
compte2.afficher_solde()
Compte.monnaie = "EUR"
compte1.afficher_solde()
compte2.afficher_solde()
```

Dans cet exemple, la variable `monnaie` est la même pour tous les comptes instanciés, c'est-à-dire pour `compte1` et `compte2`, contrairement à la variable `solde`. La variable `monnaie` n'est jamais associée à une instance spécifique (à un `self`), mais à toute la classe donc on l'associe au nom de la classe (ici `Compte.monnaie`) comme aux lignes 8, 11, et 19.

Exercice 44 Cet exercice reprend la classe `Compte` définie ci-dessus.

1. Ajouter une variable de classe `nombre` qui compte le nombre de comptes instanciés. Autrement dit, à chaque fois que le constructeur est appelé, cette variable doit être incrémentés. Le mieux est donc de l'incrémenter à l'intérieur du constructeur.
2. Ajouter une variable d'instance `numero` qui donne un nouveau numéro de compte à chaque compte créé. Le plus simple de donner les numéros dans l'ordre, donc d'utiliser la variable `nombre`.

9.2 Héritage

Il est souvent utile de définir une nouvelle classe à partir d'une classe existante en y ajouter des attributs et des méthodes. Ici, nous allons définir un compte spécial, qui a une limite de découvert, c'est-à-dire dont le solde ne peut être inférieur à une valeur (négative) donnée. Il s'agit donc d'un `Compte` qui à en plus un attribut `limite_decouvert`. Pour ne pas avoir à redéfinir toutes la classe, on utilise le principe d'*héritage* en définissant une *sous-classe* de `Compte` appelée `CompteLimite`.

Exemple 57

```

## definition de la classe Compte (omise) ###

class CompteLimite(Compte):
  limite_decouvert = 0

  def fixer_limite(self, limite):
      self.limite_decouvert = limite

```

```
  def retirer(self,montant):
      if self.solde - montant >= self.limite_decouvert :
          self.solde = self.solde - montant
      else:
          print("Il n'y a pas assez sur le compte.")

c1 = Compte(60)
c1.retirer(100)
c2 = CompteLimite(60)
c2.retirer(100)
c1.afficher_solde()
c2.afficher_solde()
```

La première ligne après le commentaire de l'exemple ci-dessus indique de la classe `CompteLimite` est une classe qui hérite de tous les attributs et méthodes de la classe `Compte` (indiquée entre parenthèse). La définition de cette sous-classe ne comporte que les éléments qu'on y ajoute (l'attribut `limite_decouvert` et la méthode `fixer_limite`) ainsi que les élément qu'on modifie (ici la méthode `retirer` qui vérifie maintenant que la limite n'est pas dépassée). A l'exécution de ce pogramme, l'objet `c1` de classe `Compte` affichera un solde de -40 alors que l'objet `c2` de classe `CompteLimite` aura affichera un solde de 60, car cette classe n'autorise pas le découvert.

Exercice 45 Définir une classe `CompteNom` qui hérite de la classe `CompteLimite` et qui contient le nom et le prénom de détenteur du compte. Faire en sorte que son constructeur prenne le nom et le prénom en arguments et que la méthode `affiche_solde` de cette classe affiche également le nom et le prénom du détenteur du compte.

10 L'importation de modules

Dans les section suivantes, nous allons voir différents modules (ou librairies) souvent utilisée avec python. En python, les module sont des fichiers contenant les définition de divers objets ou fonctions qui peuvent être réutilisées. On a par exemple déjà vu le module `math` qui contient la définition de différentes fonction mathématiques, par exemple `pow(a,b)` qui retourne `a` à la puissance `b`. Pour utiliser ce module, on utilise le mot-clé `import`, et on préfixe l'appel de la fonction par le nom du module pmdans lequel elle se trouve, comme dans l'exemple suivant :

```
1 import math
2
3 a = math.pow(10,2)
```

L'expression `math.pow` indique qu'il s'agit de la fonction `pow` du module `math`. On peut utiliser la même construction si on veut utiliser des variables ou des objets d'un module donné, par exemple la variable `math.pi`.

Si cette fonction est utilisée souvent, il y différents moyens d'éviter de répéter le nom du module, ce qui est pratique surtout si le nom est assez long.

Exemple 58

```
1 import math as ma
2
3 a = ma.pow(10,2)
```

Exemple 59

```
1 from math import pow
2
3 a = pow(10,2)
```

Exemple 60

```
1 from math import *
2
3 a = pow(10,2)
```

Dans l'exemple de gauche on a simplement donnée un alias, ou un raccourci au nom du module (`ma` au lieu de `math`) à la ligne 1 du programme. Dans l'exemple du milieu, on a importé directement la fonction qui nous intéresse, et il n'est donc plus nécessaire de spécifier son module. Si plusieurs fonctions doivent être importées, on peut les séparer par des virgules, par exemple

```
1 from math import pow, sin, cos
```

Dans l'exemple de droite on importe directement toutes les fonctions du module. C'est pratique, mais le risque est de ne plus savoir de quel module viennent les fonctions utilisée, par exemple si on importe entre les deux lignes un autre module contenant une fonction du même nom.

Exercice 46 On donne le programme suivant utilisant la fonction `randint` du module `random`.

```
1 from random import *
2 print("le nombre est", randint(0,3))
```

1. Le modifier pour garantir que la fonction utilisée est celle du module `randint`.
2. Le modifier en utilisant l'importation avec un alias.
3. Le modifier pour n'importer que ve soit uniquement la fonction `randint` qui soit importée.

11 Les interfaces graphiques avec tkinter

Jusqu'à maintenant, tous les programme que nous avons vu interagissent avec l'utilisateur par le biais de la console (ou du shell de Python). Bien que beaucoup de programmes utilisés par les professionnels sont de ce type, la plupart des programmes destinés au grand public proposent une *interface graphique*, c'est-à-dire une fenêtre contenant des éléments graphiques avec lesquels l'utilisateur peut interagir. Dans ce chapitre, nous allons voir comment créer une interface graphique avec Python en utilisant la librairie la plus utilisée pour ceci `tkinter`. Cette librairie (ou module, c'est-à-dire un ensemble de fonctions et de classes déjà définies) permet de faire beaucoup de chose différentes, mais nous n'en utiliserons qu'une petite partie. Pour entrer plus dans les détails, il est conseillé de se référer à la documentation, disponible sur https://docs.python.org/fr/3/library/tkinter.html.

11.1 Eléments de base

L'interface graphique la plus simple consiste en une fenêtre dans laquelle il ne se passe rien :

Exemple 61

```
from tkinter import *
fenetre = Tk()
```

Il est possible de donner un titre et d'ajouter des éléments à cette fenêtre. Par exemple du texte, un bouton ou un canevas, c'est-dire un espace dans lequel on peut dessiner des formes.

Exemple 62

```
from tkinter import *
fenetre = Tk()
fenetre.title("Le titre de ma fenetre")
etiquette = Label(fenetre,text="Une etiquette")
bouton = Button(fenetre,text="Quitter",command=quit)
toile = Canvas(fenetre,width=500, height=500,bg="white")
etiquette.pack()
bouton.pack()
toile.pack()
mainloop()
```

Lorsqu'on crée un élément, on indique dans quelle fenêtre il se trouve (dans cette exemple `fenetre` puis il est possible d'entrer divers arguments qui vont influencer son apparence. L'argument `command` de `Button` permet d'indiquer quelle fonction va être appelée lorsque l'utilisateur appuie sur le bouton. Cela peut être une fonction du module (comme ici `quit()` qui ferme la fenêtre) ou une fonction du écrite par le programmeur. Chaque élément créé est ensuite disposé dans la fenêtre avec la fonction `pack` qui calcule où mettre quoi. Si l'on veut soi-même décider de la disposition, on peut à la place utiliser la fonction `grid`.

La fonction `mainloop()` se met en fin de programme et indique le programme garde la fenêtre ouverte et se met à l'écoute des actions de l'utilisateur.

Exercice 47 Créer un programme qui ouvre deux fenêtres, une dont avec fond rouge appelée "fenetre rouge" et l'autre avec fond bleu appelée "fenêtre bleue". En utilisant des objet de classe `Label`, ajouter un texte dans chaque fenêtre ainsi qu'un bouton permettant de quitter. Est-ce que le bouton ferme toutes les deux fenêtre ou juste celle dans laquelle on a cliqué ?

11.2 Dessiner sur un Canvas

Un `Canvas` est une surface sur laquelles il est possible de dessiner des formes géométriques, telles que des lignes, rectangles, ovales et polygones.

Exemple 63

```
from tkinter import *
fenetre = Tk()
toile = Canvas(fenetre,width=500, height=500,bg="white")
toile.pack()
## rectangle allant du point (0,10) au point (30,40)
carre = toile.create_rectangle(0,10,30,40,fill="red")
## ligne allant du point (50,60) au point (100,110) d'epaisseur 3
ligne = toile.create_line(50,60,100,110,fill="blue",width=3)
## ovale inclu dans un rectancle allant de (50,60) a (100,110)
ovale = toile.create_oval(200,220,260,280,fill = "green",width=2)
## polygone defini par les points (40,200), (60,220), (80,300),
    (60,340).
forme = toile.create_polygon(40,200,60,220,80,300,60,340,fill="
    yellow")
mainloop()
```

Dans l'exemple ci-dessus les nombres indiqués correspondent aux coordonnées du `Canvas`. L'origine, c'est-à-dire le point (0,0) correspond au coin en haut à gauche. La première coordonnée indique la position sur l'axe horizontal et le seconde coordonnée la position sur l'axe vertical en descendant (C'est comme en mathématique sauf que l'axe des y pointe en bas).

Exercice 48 Ecrire un programme qui ouvre une fenêtre sur laquelle est dessinée une maison.

Il est également possible d'inclure des images au format gif dans un `Canvas`. Dans l'exemple ci-dessus un fichier nommé `arbre.gif` doit être dans le même répertoire que le fichier contenant le programme python.

Exemple 64

```
from tkinter import *
fenetre = Tk()
toile = Canvas(fenetre,width=500, height=500,bg="white")
toile.pack()
```

```
## l'image se trouve dans le fichier arbre.gif
monimage = PhotoImage(file="arbre.gif")
## on affiche l'image centree sur le point (250,250)
arbre = toile.create_image(250,250,image=monimage)
mainloop()
```

Dans l'example ci-dessus, l'image s'affichera dans sa taille d'origine. Si l'on désire modifier cette taille, il faut modifier le fichier `arbre.gif` avec un programme tel que Gimp ou Photoshop. L'autre solution, plus pratique, consiste à utiliser le module `PIL` qui contient différentes fonction pour modifier des images comme dans l'exemple ci-dessous.

Exemple 65

```
from tkinter import *
## on va utiliser le module PIL
from PIL import Image, ImageTk
fenetre = Tk()
toile = Canvas(fenetre,width=500, height=500,bg="white")
toile.pack()
## on ouvre un fichier image appele arbre.gif
monimagePIL = Image.open("arbre.gif")
## on change la taille de l'image 1 100 x 100
monimagePIL = monimagePIL.resize((100,100),Image.ANTIALIAS)
## on convertit en format affichable dans un Canvas
monimage = ImageTk.PhotoImage(monimagePIL)
## on affiche l'image centree sur le point (250,250)
arbre = toile.create_image(250,250,image=monimage)
mainloop()
```

Exercice 49 Chercher une image au format gif sur le web et écrire un programme qui affiche cette image dans une fenêtre en trois position différentes.

Il est souvent utile d'obtenir les coordonnées d'un objet dessiné en utilisant la méthode `coords` :

Exemple 66

```
from tkinter import *
fenetre = Tk()
toile = Canvas(fenetre,width=500, height=500,bg="white")
toile.pack()
rond = toile.create_oval(200,220,260,280,fill = "pink",width=2)
pos = toile.coord(rond)
print("la position du rond est ", pos)
```

11.3 Capturer les actions de l'utilisateur

Il est également possible de réagir aux actions de l'utilisateur grâce à la fonction `bind`.

```
from tkinter import *
def pressetouche(event):
   print("Touche pressee", event.char)
   return

def bougesouris(event):
   print("souris bougee au point", event.x, event.x)
   return

def cliquegauche(event):
   print("souris cliquee au point", event.x, event.x)
   return

fenetre = Tk()
fenetre.bind("<Key>",pressetouche)
fenetre.bind("<Motion>",bougesouris)
fenetre.bind("<Button-1>", cliquegauche)
```

Chaque fois que l'utilisateur exécute une de ces actions (appuie sur une touche, bouge la souris ou appuie sur le bouton gauche de la souris) la fonction correspondante est appelée. Ceci se fait de manière asynchrone, c'est ce qu'on appelle des *événements*. Les principale actions détectables sont résumée dans le tableau suivant :

Code	Evénement
<Button>	l'utilisateur clique sur un bouton de la souris
<Button-1>	l'utilisateur clique sur le bouton gauche de la souris
<Button-2>	l'utilisateur clique sur le bouton du milieu de la souris
<Button-3>	l'utilisateur clique sur le bouton du droit de la souris
<ButtonRelease>	l'utilisateur relâche un bouton de la souris
<Double-Button>	l'utilisateur double-clique sur le bouton de la souris
<Key>	l'utilisateur appuie sur une touche
a	l'utilisateur appuie sur la touche a (cela fonctionne aussi pour les autre caractères)
<space> <Return> <Left> <Up> <Right> <Down>	l'utilisateur appuie sur la touche indiquée
<Enter>	la souris arrive sur la fenêtre
<Leave>	la souris quitte la fenêtre

Exercice 50 Créer un programme qui ouvre une fenêtre contenant une étiquette et qui met l'arrière-plan en vert si on passe dessus avec la souris et en rouge sinon.
Indices : Utiliser les événements `<Enter>` et `<Leave>`. La couleur de l'arrière-plan peut être mise en rouge de la manière suivante : `etiquette.configure(background="red")` (où `etiquette` est le nom de votre étiquette).

Il est possible de modifier un dessin sur un `Canvas` en fonction de l'action de l'utilisateur. Pour ceci on peut utiliser les méthodes (de la classe `Canvas`) `move` (qui déplace un objet dessiné) `delete`, qui efface un objet dessiné.

Exemple 67

```
from tkinter import *

def gauche(event):
   ## bouge rond de -10 pixels horizontalement et 0 verticalement
   toile.move(rond,-10,0)
   return

def droite(event):
   ## bouge rond de 10 pixels horizontalement et 0 verticalement
   toile.move(rond,10,0)
   return

def efface(event):
  toile.delete(rond)
  return

fenetre = Tk()
toile = Canvas(fenetre,width=500, height=500,bg="white")
toile.pack()
rond = toile.create_oval(200,220,260,280,fill = "pink",width=2)
## appeler la fonction gauche lorsqu'on appuie sur <Left>
fenetre.bind("<Left>",gauche)
## appeler la fonction droite lorsqu'on appuie sur <Right>
fenetre.bind("<Right>",droite)
## appeler la fonction efface lorsqu'on appuie sur <Return>
fenetre.bind("<Return>",efface)
mainloop()
```

Dans l'exemple ci-dessus, le rond bouge à droite lorsque l'utilisateur appuie sur la flèche droite, à gauche lorsque l'utilisateur appuie sur la flèche gauche et est effacé lorsque l'utilisateur appuie sur la touche Return.

Exercice 51 Ecrire un programme qui affiche une fenêtre sur laquelle est dessinée un rectangle qui bouge en haut et en bas lorsque l'utilisateur appuie (sur le clavier) sur la flèche qui monte ou qui descend.

11.4 Créer une animation

Afin de créer une animation, il faut décomposer chaque mouvement en une succession de petits pas qui sont exécutés l'un après l'autre. La librairie `tkinter` inclut un ordonnanceur (*scheduler* en anglais) à qui l'on peut spécifier quels sont les pas à effectuer est à quelle fréquence. Ainsi l'exemple ci-dessous fait bouger un carré rouge sur un `Canvas`.

Exemple 68

```
from tkinter import *

def unpas():
```

```
    toile.move(carre,10,0)
    toile.after(10,unpas)
    return

fenetre = Tk()
toile = Canvas(fenetre,width=500, height=500,bg="white")
toile.pack()
carre = toile.create_rectangle(0,0,20,20,fill="red")
unpas()
mainloop()
```

Dans l'exemple ci-dessus, la fonction `unpas` fais bouger le carré rouge. Mais elle ne le fait avancer que de 10 pixels vers la droite. Mais, elle est rappelée toute les 10 millisecondes grâce à l'utilisation de la fonction `after`. Cette fonction indique à l'ordonnanceur d'exécuter la fonction `unpas` dans 10 millisecondes. Ainsi chaque fois que cette fonction est appelée, elle prévoit quelle sera réexécutée dans 10 millisecondes. La fonction `mainloop` est une boucle infinie qui vérifie s'il n'y a des actions de la part de l'utilisateur et exécute les actions prévues par l'ordonnanceur. Elle ne s'arrête que lorsqu'on ferme la fenêtre.

Exercice 52 Modifier l'exemple ci-dessus pour que le carré s'arrête lorsqu'il a dépassé la position de 200 pixels.

Exercice 53 - Le jeu du serpent Le but de ce jeu est de programmer le fameux jeu du serpent qui s'allonge en mangeant des fruits mais qui ne doit ni se mordre la queue ni sortir de son terrain.
La programmation de ce jeu se fera en plusieurs étapes qu'il s'agira de vérifier une à une en exécutant le programme.

1. Ecrire un programme qui ouvre une fenêtre.
2. Dans la fenêtre ajouter un `Canvas` appelé `toile` et y dessiner un carré de 10 pixels de côté en utilisant la méthode `Canvas.create_rectangle`. Ce sera la tête du serpent.
3. Ecrire une fonction `bouge` qui fait avancer le carré de 10 pixels. Y ajouter une instruction `toile.after(100,bouge)` qui fait que cette fonction est ré-excutée toutes les 100 millisecondes.
4. Définir une variable globale `direction` qui indique dans quelle direction avance la tête du serpent ("Left","Right", "Up" ou "Down") et l'intégrer dans la fonction `bouge`.
5. Permettre à l'utilisateur de modifier la variable `direction` en appuyant sur les flèches du clavier, grâce à la fonction `Tk.bind`. Ceci permet à l'utilisateur de diriger la tête du serpent.
6. Définir la variable globale `serpent` qui est une liste. Au début du jeu, cette liste ne contient que la carré représentant la tête du serpent. Définit la fonction `allonge` qui ajoute un carré à la liste `serpent`
7. Définir la fonction `avance` qui fait avancer tout le serpent de 10 pixels. Pour ceci chaque carré de la liste `serpent` prend la place de son prédécesseur. La tête, elle, avance toujours dans la direction donnée par la variable

`direction`. L'utilisateur peut maintenant diriger l'entier du serpent avec le clavier.

8. Définir la variable globale `fruits` qui est aussi une liste de rectangles. Il s'agit des fruits que le serpent doit attraper. Initialiser cette liste avec deux rectangle dont la position est générée aléatoirement dans le cadre de la fenêtre. Utiliser la fonction `random.randint` pour la génération des nombres aléatoires.
9. Ecrire une fonction `mange` qui vérifie si la tête du serpent est sur un fruit.
10. Modifier votre code pour que le fruit mangé réapparaisse ailleurs dans la fenêtre et pour que le serpent s'allonge lorsqu'il mange un fruit.
11. Ecrire une fonction qui vérifie que le serpent ne se mord pas la queue. Arrêter le jeu si c'est le cas.
12. Ecrire une fonction qui vérifie que la tête du serpent ne sorte pas de la fenêtre. Arrêter le jeu si c'est la cas.
13. Définir une variable globale `score` qui calcule le nombre de fruits mangés et afficher le score dans la fenêtre au moyen d'un Label.
14. Ajouter un message de fin lorsque la partie est finie.

12 Programmer un jeu avec pygame

La librairie `pygame` est sans doute la librairie la plus populaire pour la programmation de jeux en python. Elle permet de gérer l'ouverture des fenêtre, la manipulation d'éléments graphiques du jeu comme les personnages et les obstacles et la gestion des événements tels que les clicks, le déplacement de la souris ou les interactions avec le clavier.

12.1 Initialisation d'un jeu

Un programme utilisant `pygame` débute généralement avec l'initialisation de cette librairie et l'ouverture d'une fenêtre. Ceci se fait de la manière suivante :

```
import pygame

#initialisation de pygame
pygame.init()

# ouverture d'une fenetre de taille 800x600
pygame.display.set_mode (800,600)
```

Un programme en pygame contient ainsi une première partie d'initialisation dans laquelle la fenêtre de jeu est ouverte et divers objets et variables du jeux sont initialisés.

Exercice 54 Tester le programme ci-dessus, puis ajouter une boucle infinie en fin de programme pour que la fenêtre reste ouverte.

12.2 Les événements

Le programme d'un jeu doit souvent réagir aux actions de la personne utilisatrice qui peuvent arriver à n'importe quel moment. C'est pour ceci que pygame utilise des *événements* qui décrivent ce qui s'est passé et qui correspondent la plupart du temps à des actions entreprise par la personne qui joue. Un événement est simplement un objet de la classe *Event* qui contient toutes les informations sur ce qui c'est passé, par exemple on a bougé la souris ou on a appuyé sur une touche du clavier. Le programme suivant va quitter le jeu lorsque l'utilisateur appuie sur une touche (n'importe laquelle) du clavier.

```
import pygame as pg

# initialisation
pg.init()
pg.display.set_mode (800,600)

# boucle infinie
while True:
    for event in pg.event.get():
        if event.type == pg.KEYDOWN:
            exit()
```

Pour comprendre ce code, il faut savoir que `pg.event.get()` retourne la liste des événements qui sont survenus. Pour chacun de ces événements, la programme vérifie si cet événement est l'appui sur une touche du clavier. Si c'est la cas, la boucle infinie est interrompue par l'instruction `exit()` et le programme se termine.
Les événements suivants sont les plus courants :

type	paramètres	signification
KEYDOWN	`key`	on a appuyé sur la touche `key`
KEYUP	`key`	on a relaché sur la touche `key`
MOUSEMOTION	`pos`	on a bougé la souris à la position `pos`
QUIT		on a quitté le jeu (p.ex. en fermant la fenêtre de jeu)

Comme le suggère la deuxième colonne du tableau ci-dessus, les événements ont des paramètres qui contiennent des informations sur l'événement. Par exemple les événements de type `KEYDOWN` on un paramèetre `key` qui contient la touche sur laquelle on a appuyé. Pour que la fenêtre ne se ferme qui si on appuie sur la touche 'Q', on peut remplacer remplacer la ligne 10 par la ligne suivante où `pg.K_q` représente la touche 'Q' :

```
if event.type == pg.KEYDOWN and event.key == pg.K_q:
```

La liste des noms de touches est disponible à l'adresse suivante :
https://www.pygame.org/docs/ref/key.html

Exercice 55 Ecrire avec `pygame` un programme qui ouvre une fenêtre et la referme lorsqu'on appuie sur la touche ESPACE.

Exercice 56 Ecrire avec `pygame` un programme qui double la taille de la fenêtre chaque fois qu'on appuie sur la flèche qui monte et qui la réduit de moitié chaque fois qu'on appuie sur le flèche qui descend.

12.3 Dessiner des formes

12.4 Créer un objet

13 Lire et écrire des fichiers

14 Le calcul matriciel avec `numpy`

15 Les graphiques avec `matplotlib`

La libraire matplotlib de python permet d'écrire des programmes qui réalisent des graphiques et les sauvegardent dans différents formats. Ceci est particulièrement utilisé dans l'analyse de données. Le programme va par exemple aller automatiquement lire un fichier ou une base de données contenant des informations et générer des graphiques pour les représenter.

Avec un certain niveau de maîtrise, l'utilisation de python pour réaliser des graphiques, permet d'être beaucoup plus efficace et de produire des graphiques beaucoup plus complexes, esthétiques qu'avec un tableur.
Seules quelques fonctionnalités de bases sont abordée dans ce document. Pour avoir plus de détails sur les fonctions et disponibles et leurs arguments, il est recommandé de se référer à la documentation de `matlplotlib`, disponible (en anglais seulement) ici : https://matplotlib.org/

La réalisation d'un graphique comporte généralement trois phases principales :

1. La mise en forme des données
2. Les spécifications du graphique
3. L'affichage et/ou la sauvegarde du graphique

C'est généralement une bonne pratique de maintenir ces phases bien séparées. Les prochaines sections montrent différents types de graphiques qu'il est possible de générer.

15.1 Tracer des courbes et des points avec `plot`

Pour tracer une courbe ou des points (x, y) dans un système de coordonées, il faut simplement remplir une liste (ou un range) avec tous les x et une liste (ou un range) de même longueur avec tous les y.

Exemple 69

```
import matplotlib.pyplot as plt
# mise en forme des donnees
mois = range(1,13) # les nombres de 1 a 12
temperature = [5,8,12,15,21,24,26,26,21,16,9,6]
# specification du graphique
plt.plot(mois,temperature,color='red',marker='o') # un point
    rouge comme marqueur
plt.xlabel("mois") # l'etiquette de l'axe des x...
plt.ylabel("temperature de l'eau du lac") # ... et celle des y
# affichage du graphique
plt.show()
```

Exercice 57 Ecrire un programme qui trace un graphe indiquant le nombre de périodes d'école que vous avez chaque jour de la semaine. Les jours de la semaine seront représenté par des nombres de 1 (lundi) à 5 (vendredi).

Si on veut tracer plusieurs courbes sur le même graphique, il faut appeler plusieurs fois la fonction `plot`, comme dans l'exemple suivant :

Exemple 70

```
import matplotlib.pyplot as plt
# mise en forme des donnees
x = [-3,-2,-1,0,1,2,3]
xcarre = [9,4,1,0,1,4,9]
xcube = [-27,-8,-1,0,1,8,27]
# specification du graphique
plt.plot(x,xcarre,label="courbe 1") # une 1e courbe: "courbe 1"
plt.plot(x,xcube,label="courbe 2") # une 2e courbe: "courbe 2"
plt.legend() # On ajoute une legende indiquant le nom des courbes
# affichage du graphique
plt.show()
```

Pour enregistrer un graphique, on peut utiliser la fonction `savefig()` (à la place de `show`).

Exemple 71

```
import matplotlib.pyplot as plt
plt.plot([0,0,2,2], [1,0,0,1],marker='o',linestyle='')
plt.savefig("rectangle.pdf")
```

15.1.1 Formatage des points et des lignes

Il est possible de choisir l'aspect du graphique en ajoutant des paramètres à la fonction `plt.plot`. Voici les principaux paramètres possibles :

nom (raccourci)	description	valeurs possibles
`linestyle (ls)`	type de trait	`'-'` (continu), `'- -'` (traitillé), `'-.'`(trait-point), `':'` (pointillé),'' (invisible)
`linewidth (lw)`	épaisseur du trait	un float
`marker`	forme des points	`'+'`, `'o'`, `'.'`, `'*'`, `'x'`,`'>'`, `'^ '`, `'<'`, `'v'`, `'_'`, `'|'`
`markersize (ms)`	taille des points	un float
`color (c)`	couleur des traits et points	`'red'`, `'blue'`, etc.
`markerfacecolor (mfc)`	couleur de remplissage des points	`'green'`, `'black'`, etc.
`markeredgecolor (mec)`	couleur de bordure des points	`'purple'`, `'cyan'`, etc.
`markeredgewidth (mew)`	épaisseur de la bordure des points	un float
`label`	légende	une chaîne de caractère

Exemple 72

```
import matplotlib.pyplot as plt
x = [3,6,10,13]
y = [2,-3,4,6]
plt.plot(x,y,marker='o',linestyle= '-',color='cyan',ms=10)
plt.show()
```

15.2 Formatage des axes

Il est également possible de formater les axes en utilisant la fonction `axis(xmin,xmax,ymin,ymax)` qui spécifie les limites inférieures et supérieures des axes. Les fonctions `xticks` et `yticks` permettent de spécifier les graduations des axes.

```
plt.axis([1, 12, 0, 30])
plt.xticks([1,4,7,10],("Janvier","Avril","Juillet","Octobre"),
    rotation=45)
plt.yticks(list(range(0,31,5)))
```

Exercice 58 Reprendre le programme de l'exercice 57 et le modifier pour que l'axe des x indique les jours de la semaine du lundi au vendredi.

15.3 Tracer d'autres types de graphe

15.3.1 Barres et camembert

Il est également aisé de tracer des graphiques en barre (ou histogramme) ou en camembert sur le même principe que les points et les courbes.

Exemple 73

```
import matplotlib.pyplot as plt
# donnes (selon la dgep)
categorie = ["Ecole de maturite", "Ecole de culture generale"]
nombre = [9150,3650]
# specification du 1er graphique (barres)
plt.bar(categorie,nombre)
plt.ylabel("Effectif total, ete 2020")
# affichage du 1er graphique
plt.show()
# specification du 2e graphique (camembert)
plt.pie(nombre, labels=categorie)
# affichage du 2e graphique
plt.show()
```

15.3.2 Représentation des distributions

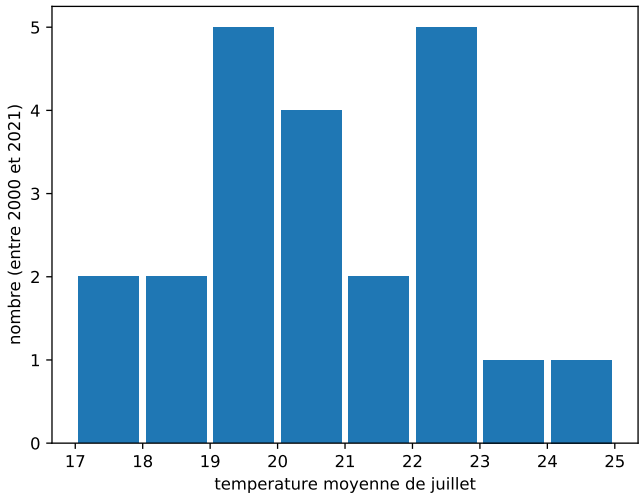
Une *distribution* indique comment certaines valeurs sont réparties dans un jeu de données. Par exemple, la distribution des notes d'un test dans une classe indique pour chaque note le pourcentage d'élève ayant eu cette note. Voici trois moyens de représenter graphiquement la distribution correspondant à un jeu de

données représenté par une liste.

Les histogrammes sont la manière standard de représenter une distribution. Il s'agit d'une graphique en barres qui sépare les valeurs possibles en un certain nombre d'intervales et qui indique pour chaque intervalle, le nombre de fois qu'une valeurs de notre jeu de données tombe dans cet intervalle. L'exemple ci-dessous produit un histogramme des températures moyennes du mois de juillet observées à Genève entre 2000 et 2021.

Exemple 74

```
import matplotlib.pyplot as plt
# temperatures moyennes en juillet a Geneve de 2000 Ã  2021 (
    selon meteosuisse)
temperatures = [17.9,19.9,19.6,22.1,19.5,20.4,
  23.7,18.9,20,20.5,22.1,17.8,19.8,21.5,18.4,24.2,20.8,
  21.4,22.3,22.6,22.2,19.6]
plt.hist(temperatures,bins=8,range=(17,25),rwidth=0.9)
plt.xlabel("temperature moyenne de juillet")
plt.ylabel("nombre (entre 2000 et 2021)")
plt.show()
```



On voit qu'on a demandé à la fonction `hist` de séparer les valeurs en `bins=8` intervalles égaux répartis entre 17 et 25. La fonction a ensuite compté combien de valeurs de la liste `temperatures` tombe dans chacun des intervalles.

Les boîtes à moustache

Les graphiques en violon

15.3.3 Images