Chapitre 3 : Fonctions, spécification et mise au point, portée d'une variable

Première NSI

Année scolaire 2021/2022

Introduction

Pour factoriser ou clarifier du code, on peut étendre le langage avec une fonction qui englobe un bloc d'instructions.
Lorsqu'on utilise une variable, on a besoin de contrôler les valeurs qu'elle peut prendre et des effets de bord qu'une modification de sa valeur peut engendrer dans le reste du programme. Cela va dépendre de la portée de la variable.
L'objectif de ce chapitre est d'apprendre à utiliser de manière pertinente des fonctions et de maîtriser les règles de portée d'une variable.

I Fonctions

I.1 Définir une fonction

Définition 1

Lorsqu'on a besoin de réutiliser tout un bloc d'instructions, on peut l'encapsuler dans une **fonction**. On étend ainsi le langage avec une nouvelle instruction. Une fonction sert à factoriser et clarifier le code, elle facilite la maintenance et le partage. C'est un outil de **modularité**.
Pour déclarer une fonction, on définit son **en-tête** (ou **signature**) avec son **nom** et des **paramètres formels** d'entrée. Vient ensuite le bloc d'instructions, décalé d'une indentation et qui constitue le **le corps** de la fonction.

Fonction avec `return`

```
def mafonction(parametre1, parametre2): #signature
    bloc d'instructions (optionnel)
    return valeur
```

Fonction sans `return`

```
def mafonction(parametre1, parametre2): #signature
    bloc d'instructions (non vide)
```

Si le corps de la fonction contient au moins une instruction préfixée par le mot clef `return` alors l'exécution d'un `return` termine l'exécution du corps de la fonction et renvoie une valeur au programme principal. Si le `return` est dans une structure de contrôle (boucle, test), il est possible que le corps de la fonction ne soit pas entièrement exécuté, on parle de **sortie prématurée**.

Une fonction sans `return` s'appelle une **procédure**, elle modifie l'état du programme principal par **effet de bord**. En Python, une procédure renvoie quand même la valeur spéciale `None` au programme principal.

On exécute une fonction en substituant aux **paramètres formels** des valeurs particulières appelées **paramètres effectifs**. On parle d'**appel de fonction**, on peut l'utiliser comme une **expression** si une valeur est renvoyée ou comme une **instruction** s'il s'agit d'une procédure.

Par exemple une fonction `carre` qui prend en paramètre un nombre `x` et qui renvoie son carré, s'écrira :

Programme 1

```
def carre(x):
    return x ** 2
```

Une fonction peut prendre plusieurs paramètres. Par exemple une fonction `carre_distance_origine(x,y)` qui prend en paramètres deux nombres `x` et `y` et qui renvoie le carré de la distance d'un point de coordonnées `(x, y)` à l'origine d'un repère orthonormal, s'écrira :

Programme 2

```
def carre_distance_origine(x, y):
    return x ** 2 + y ** 2
```

Une fonction peut renvoyer un tuple de valeurs. Par exemple une fonction `coord_vecteur` qui prend en paramètres quatre nombres `xA, yA, xB, yB` et qui renvoie les coordonnées du vecteur lié dont les extrémités ont pour coordonnées `(xA, yA)` et `(xB, yB)`, s'écrira :

Programme 3

```
def coord_vecteur(xA, yA, xB, yB):
    return (xB - xA, yB - yA)
```

Voici un exemple de fonction sans paramètres d'entrée, ni valeur de retour (il s'agit donc d'une procédure).

Programme 4

```
def nsi():
    print("Numérique et Sciences Informatiques")
```

I

Attention, `return valeur` renvoie `valeur` qu'on peut capturer dans une variable alors que `print(valeur)` affiche `valeur` sur la sortie standard (l'écran par défaut) mais `valeur` ne peut alors être capturée dans une variable. On donne ci-dessous un extrait de console Python, où on a défini maladroitement une fonction cube avec un `print` à la place d'un `return`. On ne récupère pas la valeur de retour souhaitée mais `None` lorsqu'on appelle la fonction.

```
In [10]: def cube(x):
    ...:     print(x ** 3)
    ...:

In [11]: cube(4)
64

In [12]: b = cube(5)
125

In [13]: b

In [14]: print(type(b))
<class 'NoneType'>

In [15]: print(b + 1)

TypeError: unsupported operand type(s) for +: 'NoneType' and 'int'
```

Exercice 1

1. L'Indice de Masse Corporelle se calcule par la formule IMC = $\frac{\text{masse}}{\text{taille}^2}$ où la masse est en kilogrammes et la taille en mètres. Un IMC est considéré comme normal s'il est compris entre 18,5 et 25. En dessous de 18,5, la personne est en sous-poids et au-dessus de 25 elle est en sur-poids.

Écrire une fonction d'en-tête `imc(m, t)` qui renvoie la classification de l'IMC correspondant à une masse de `m` kilogrammes et une taille de `t` mètres : classe 0 pour sous-poids, 1 pour normal et 2 pour surpoids.

.....

.....

.....

.....

.....

2. **a.** Écrire une fonction `max2(a, b)` qui renvoie le maximum de deux entiers `a` et `b`.

.....

.....

.....

.....

.....

b. Écrire une fonction `max3(a, b, c)` qui renvoie le maximum de trois entiers `a`, `b` et `c`.

.....

.....

.....

.....

.....

Principaux opérateurs de comparaison de variables

```
x == y    x est égal à y
x != y    x est différent de y
x > y     x est strictement supérieur à y
x < y     x est strictement inférieur à y
x >= y    x est supérieur ou égal à y
x <= y    x est inférieur ou égal à y
```

Principaux opérateurs sur des expressions booleenes

```
E and F    Vraie si E est Vraie ET F est Vraie
E or F     Vraie si E est Vraie OU F est Vraie
not E      Vraie si E est Fausse
```

Exercice 2 *Fonctions de tests*

1. Écrire une fonction `aumoinsun(a,b,c)` qui renvoie un booléen indiquant si l'un au moins des entiers `a, b` ou `c` est positif ou nul

.....

.....

.....

2. Écrire une fonction `tous(a,b,c)` qui renvoie un booléen indiquant si tous les entiers `a, b, c` sont positifs ou nuls.

.....

.....

.....

3. Écrire une fonction `croissant(a,b,c)` qui renvoie un booléen indiquant si trois entiers `a, b, c` sont dans l'ordre croissant.

.....

.....

.....

4. Une année est bissextile si elle est divisible par 400 ou si elle n'est pas divisible par 100 et qu'elle est divisible par 4. Écrire une fonction `bissextile(a)` qui renvoie un booléen indiquant si l'année `a` est bissextile.

.....

.....

.....

.....

Entraînement 1

Écrire une fonction `mention(note)` qui prend en paramètre une note et renvoie la chaîne de caractères `'R'` si note < 10, `'A'` si $10 \leqslant$ note < 12, `'AB'` si $12 \leqslant$ note < 14, `'B'` si $14 \leqslant$ note < 16 et `'TB'` sinon.
On vérifiera d'abord que la note passée en paramètre est comprise entre 0 et 20.

I.2 Utiliser des bibliothèques de fonctions

Méthode

On a parfois besoin d'utiliser des fonctions de Python qui ne sont pas chargées pas défaut. Ces fonctions sont stockées dans des programmes Python appelées **modules** ou **bibliothèques**. Par exemple le module `math` contient les fonctions mathématiques usuelles et le module `random` contient plusieurs types de générateurs de nombres pseudo-aléatoires.
Pour importer une fonction d'un module on peut procéder de deux façons :

```
#import du module de mathématique (création d'un point d'accès)
import math

#pour utiliser la fonction sqrt, on la préfixe du nom du module et d'un
    point
racine = math.sqrt(2)
```

Première façon

```
#import de la fonction sqrt du module math
from math import sqrt

racine = sqrt(2)

#Pour importer toutes les fonctions de math, ecrire
#from math import *
```

Deuxième façon

Pour obtenir de l'aide sur le module math dans la console Python, il faut d'abord l'importer avec `import math` puis taper `help(math)`, mais le mieux est encore de consulter la documentation en ligne https://docs.python.org/3/. Sans connexion internet, on peut lancer en local le serveur web de documentation avec la commande `python3 -m pydoc -b`.

Principales fonctions du modules `random` :

Fonction	Effet
`randrange(a,b)`	renvoie un entier aléatoire dans [a;b[
`randint(a,b)`	renvoie un entier aléatoire dans [a;b]
`random()`	renvoie un décimal aléatoire dans [0;1[
`uniform(a,b)`	renvoie un décimal aléatoire dans [a;b]

Exercice 3

1. Écrire une fonction `sommeDe(n)` qui renvoie la somme des résultats obtenus en lançant `n` dé à 6 faces.

.....

.....

.....

.....

2. Écrire une fonction `urne()` qui renvoie le numéro de la boule tirée dans une urne qui contient cinq boules numérotées 1, trois boules numérotées 2 et deux boules numérotées 3.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Entraînement 2

On lance un dé équilibré à six faces numérotées de 1 à 6.
Le code Python ci-dessous permet d'afficher la face supérieure du dé lors de dix lancers successifs d'un dé à 6 faces. On commence par importer la fonction `randint` du module `random`. Cette fonction prend deux paramètres : par exemple `randint(1, 6)` renvoie un entier aléatoire compris entre 1 et 6, les bornes sont incluses.

```
from random import randint
for k in range(10):
```

```
    print(randint(1, 6))
```

1. Écrire une fonction `moyenneDe(n)` qui renvoie la valeur moyenne des faces obtenues sur un échantillon de `n` lancers.
2. Écrire une fonction `premier6()` qui renvoie le rang du premier 6 obtenu lorsqu'on lance successivement le dé.
3. Écrire une fonction `tempsAttente(n)` qui renvoie le temps d'attente moyen du premier 6 sur un échantillon de `n` lancers.

Méthode

Le module `turtle` est une implémentation en `Python` du langage `Logo` créé dans les années 1970 pour l'enseignement de l'informatique à l'école. Il est disponible dans la distribution standard de `Python`.
En déplaçant une pointe de stylo qui peut être matérialisée par une tortue, on peut tracer des figures géométriques dans un repère cartésien dont l'origine est au centre de la fenêtre et dont l'unité par défaut est le pixel. Lorsqu'on déplace le crayon, il laisse une trace s'il est baissé ou pas de trace s'il est levé.
Nous utiliserons les fonctions suivantes de `turtle`.

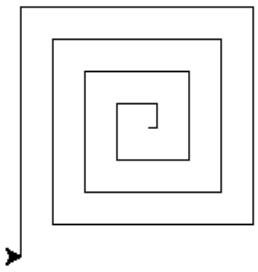
Syntaxe	Sémantique
`goto(x,y)`	déplace la tortue jusqu'au point de coordonnées (x, y)
`penup()`	lever le crayon
`pendown()`	baisser le crayon
`setheading(angle)`	choisir l'angle d'orientation de la tortue en degrés
`forward(n)`	avancer de `n` pixels selon l'orientation de la tortue
`color("red")`	choisir la couleur rouge (ou "black", "green", "blue" ...)

On donne ci-dessous un programme permettant de tracer une spirale.

Programme 5

```
from turtle import *

penup()
goto(0,0)
pendown()
c = 5
for i in range(4):
    for j in range(4):
        forward(c)
        c = 10 + c
        left(90)
exitonclick()
```



Exercice 4

1. Écrire une fonction `spirale1(n)` qui permet de tracer une spirale constituée de `n` carrés déformés.

.....

.....

.....

.....

.....

2. Écrire une fonction `spirale2(n, m)` qui permet de tracer une spirale constituée de `n` polygones déformés à m côtés.

.....

.....

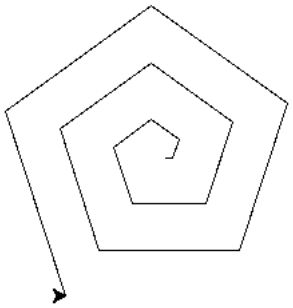
.....

.....

.....

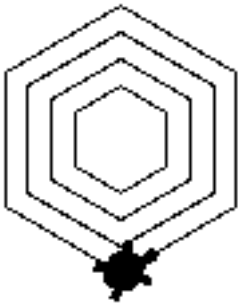
.....

.....



Entraînement 3

Écrire une fonction `spirale3(n, m)` qui permet de tracer une spirale constituée de `n` polygones réguliers concentriques à m côtés.



II Spécification et mise au point

II.1 Spécifier une fonction

Méthode

Si on écrit une bibliothèque de fonctions, il est nécessaire pour chaque fonction de décrire ce qu'elle fait à travers une documentation.
En Python, on peut associer à une fonction une **chaîne de documentation** ou *docstring* où l'on spécifie :

- ce qu'elle fait et/ou renvoie, on appelle cela une **postcondition** ;
- les paramètres attendus par la fonction en précisant leur type ;
- des conditions sur les paramètres qu'on appelle **préconditions** ;
- le type de la valeur renvoyée (`None` s'il n'y a pas de `return`).

Par exemple, on peut spécifier ainsi une fonction calculant le PGCD de deux entiers naturels :

```
def pgcd(a, b:):
    """
    Renvoie le pgcd des entiers a et b (postcondition)

    Paramètres
    ----------
    a : type int
    b : type int

    Précondition : a >= 0 et b >= 0

    Returns
    -------
    type int
    """
    while b != 0:
        a, b = b, a % b
    return a
```

En plaçant cette *docstring* juste après la signature de la fonction, elle sera accessible à travers l'attribut `__doc__` ou la fonction `help` en mode interactif. Ce mécanisme d'introspection facilite l'appropriation d'une bibliothèque, un exemple avec la documentation de la fonction `randint` du module `random` :

```
>>> import random
>>> help(random.randint)
Help on method randint in module random:

randint(a, b) method of random.Random instance
    Return random integer in range [a, b], including both end points
>>> random.randint.__doc__
'Return random integer in range [a, b], including both end points.\n '
```

Depuis le mode interactif enrichi Ipython, on peut afficher plus de détails, avec le code source :

```
In [2]: random.randint??
Signature: random.randint(a, b)
Docstring:
Return random integer in range [a, b], including both end points.

Source:
    def randint(self, a, b):
        """Return random integer in range [a, b], including both end
            points.
        """

        return self.randrange(a, b+1)
File:      ~/anaconda3/lib/python3.8/random.py
Type:      method
```

À partir de Python 3.5, on peut préciser de façon optionnelle le type attendu et le type renvoyé avec un mécanisme d'annotations. Ces **annotations de types** sont décrites dans https://mypy.readthedocs.io/en/stable/cheat_sheet_py3.html.

```
def greeting(name: str) -> str:
    return 'Hello ' + name
```

II.2 Mise au point de fonction et de programme

Méthode

Une **assertion** est une instruction qui vérifie si une condition (à valeur booléenne) est vérifiée dans l'état courant du programme.
L'exécution d'une assertion est silencieuse si elle est vérifiée et elle lève une exception de type `AssertionError` qui interrompt l'exécution sinon.
La syntaxe est `assert condition`.

```
>>> assert 1 == 1
>>> assert 1 == 2
Traceback (most recent call last):
  File "<stdin>", line 1, in <module>
AssertionError
```

On peut utiliser des assertions comme outils de **mise au point** du programme ou d'une fonction en particulier. Considérons le cas de la fonction `pgcd(a:int, b:int)->int:`

```
def pgcd(a:int, b:int)->int:
    """Renvoie le pgcd de a et b"""
    #Vérification de précondition, programmation défensive
    assert isinstance(a,int) and isinstance(b,int) and a>=0 and b>=0
    while b != 0:
        a, b = b, a % b
```

```
    return a

#tests unitaires, vérification de postconditions
assert pgcd(2,2) == 2
assert pgcd(2, 6) == 2
assert pgcd(45, 60) == 15
assert pgcd(2, 0) == 2
assert pgcd(0, 2) == 2
```

- On peut vérifier au début du corps de la fonction une **précondition** sur les paramètres, par exemple la précondition *a entier positif* par `assert isinstance(a,int) and a>=0`.

  On parle de **programmation défensive**.

- On peut définir en dehors de la fonction **des tests unitaires** pour vérifier la **postcondition** sur quelques cas les plus couvrant possibles. On peut les rassembler dans une fonction ou un module externe pour constituer un **jeu de tests**.

```
>>> def test_pgcd(): #jeu de test unitaires
...     assert pgcd(2,2) == 2
...     ............
...     assert pgcd(2, 0) == 2
...     print("Test unitaires réussis")
>>> test_pgcd()
"Test unitaires réussis"
```

  Si le programme était incorrect, un test unitaire pourrait être faux et provoquer une erreur `AssertionError`.

  Cette méthodologie de mise au point de fonction peut être étendue à des programmes complets.

  Pour reprendre une citation célèbre d'Edger Dijsktraa :

  Program testing can be used to show the presence of bugs, but never to show their absence!

Exercice 5

1. Écrire à l'aide d'une séquence d'instructions `assert` un jeu de tests unitaires pour la fonction `max2(a:int, b:int)->int` de l'exercice 1.

2. *Source : Julien de Villèle*

   a. On décide de ranger des oeufs dans des boîtes de six.

   Programmer la fonction `nb_boites(n:int)->int` qui prend en paramètre un entier `n` correspondant à un nombre d'oeufs et renvoie le nombre de boîtes nécessaires pour ranger les oeufs.

   On observera attentivement le jeu de tests et on fera quelques exemples à la main avant de commencer.

```
def nb_boites(n):
    """
    Renvoie le nombre de boites de 6 oeufs nécessaires
    pour ranger n oeufs

    Parameters:
    -----------
    n: int

    précondition  0 <= n

    Returns:
    --------
    int
    """









#tests unitaires
assert nb_boites(8) == 2
assert nb_boites(3) == 1
assert nb_boites(6) == 1
assert nb_boites(38) == 7
assert nb_boites(600) == 100
assert nb_boites(601) == 101
assert nb_boites(0) == 0
```

b. Ajouter à la fonction une instruction `assert` correspondant à une précondition sur `n`.

3. **a.** Programmer une fonction `est_pair(n:int)->bool` qui indique, en renvoyant True ou False, si un entier `n` est pair ou pas.

```
def est_pair(n):
    """
    Détermine si un entier est pair

    Parameters:
    -----------
    n: int

    Returns:
    --------
    bool
    """
    #à  compléter
```

```
#Test unitaires
assert est_pair(778) == True
assert est_pair(37) == False
assert est_pair(-3) == False
assert est_pair(0) == True
assert est_pair(-4) == True
```

b. Quel critique peut-on formuler sur l'écriture des tests unitaires ci-dessus ?

.....

.....

.....

.....

III Portée d'une variable

Définition 2

- Dans un code, la **portée d'une variable** définit les endroits du code où la variable est accessible.
- En Python, la portée d'une variable est lexicale c'est-à-dire qu'elle est définie par l'endroit où la variable est définie.
- En Python, une variable est **définie** dès qu'elle reçoit une valeur par une instruction d'**affectation**.

  C'est la dernière instruction d'affectation associée à un nom de variable qui détermine la portée de cette variable.
- Il existe deux grandes catégories de variables en Python :
  - Une variable définie dans une fonction est une **variable locale** à cette fonction, elle est accessible dans le bloc d'instruction de cette fonction et dans toutes les éventuelles fonctions qu'elle peut englober mais elle n'est pas visible dans tous les blocs qui englobent la fonction (programme principal ou fonctions englobantes).
  - Une variable définie dans le programme principal (pas dans une fonction) est une **variable globale**, elle est accessible dans l'ensemble du code.
- Un même nom de variable peut être utilisé dans une définition de variable par affectation à plusieurs niveaux d'imbrication de fonctions dans un même code.

  Pour déterminer la portée d'une variable utilisée à un endroit fixé du code, on applique la règle **LEGB** pour **Locale Englobante Globale Builtins**. On recherche d'abord la variable dans la portée de la fonction locale, puis dans la portée d'une fonction englobante, puis dans le programme principal à l'extérieur de toute fonction et enfin dans le module `builtins` qui est importé par défaut.
- Il est possible d'enfreindre la règle **LEGB** en utilisant le mot clef **global** si on veut définir une variable dans une fonction avec une portée globale ou avec le mot clef **nonlocal** si on veut définir une variable dans une fonction englobée avec une portée dans la fonction englobante.
- La portée des variables en Python est très bien expliquée dans cette video :

https://d381hmu4snvm3e.cloudfront.net/videos/qYPPwG7tu2eU/SD.mp4

Programme 6

```
a = 1

def f():
    a = 734
    print(a)

f()
print(a)
```

Programme 7

```
a = 1

def f():
    a = a + 1
    print(a)

f()
print(a)
```

Exercice 6

1. Que se passe-t-il lorsqu'on exécute les programmes 6 et 7 ci-dessus ? Commenter.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2. Que se passe-t-il lorsqu'on exécute le programme 8 ci-dessous ? Commenter en précisant la portée des variables `a`, `b` et `c` lors de chaque exécution de l'instruction `print(a, b, c)`.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Programme 8

```
a, b, c = 731, 734, 735
def f():
    b, c = 736, 737
    def g():
        c = 738
        print(a, b, c)
    g()
    print(a, b, c)
f()
print(a, b, c)
```

Exercice 7

Que se passe-t-il lorsqu'on exécute le programme 9 ci-dessous ? Commenter en précisant la portée de la variable `a` lors des appels successifs des fonctions `incremente1(a)`, `incremente2()` puis `incremente3()`.

.....

.....

Programme 9

```
def incremente1(a):
    a = a + 1

def incremente2():
    global a
    a = a + 1

def incremente3():
    a = a + 1

a = 734
for k in range(10):
    incremente1(a)
print(a)
for k in range(10):
    incremente2()
print(a)
for k in range(10):
    incremente3()
print(a)
```

Table des matières

I Fonctions **1**
I.1 Définir une fonction 1
I.2 Utiliser des bibliothèques de fonctions 5

II Spécification et mise au point **9**
II.1 Spécifier une fonction 9
II.2 Mise au point de fonction et de programme 10

III Portée d'une variable **14**