

Introduction à la Programmation des Algorithmes

5.4. Python – Programmation fonctionnelle

François Fleuret

<https://fleuret.org/11x001/>



UNIVERSITÉ
DE GENÈVE

Python est un langage **fonctionnel** dans lequel une fonction est une valeur qui peut être copiée dans une variable, et plus généralement manipulée, au même titre que des grandeurs numériques.

```
1 def fois_deux(n):
2     return 2 * n
3
4 def plus_un(n):
5     return n + 1
6
7 print(fois_deux(10), plus_un(5))
8
9 f = plus_un
10 print(f(3))
11
12 f = fois_deux
13 print(f(3))
```

affiche

20 6

4

6

Les fonctions étant des valeurs à part entière, on peut en particulier les utiliser dans des types composés comme des listes.

```
1 def fois_deux(n):
2     return 2 * n
3
4 def plus_un(n):
5     return n + 1
6
7 n = 10
8 for f in [ fois_deux, plus_un, plus_un ]:
9     n = f(n)
10 print(n)
```

affiche

22

Fonctions d'ordres supérieurs

Les fonctions peuvent également être passées en arguments, ou renvoyées comme résultat d'autres fonctions. On parle alors pour ces dernières de **fonctions d'ordres supérieurs**.

```
1 def fois_deux(n):
2     return 2 * n
3
4 def plus_un(n):
5     return n + 1
6
7 def applique_deux(n, f, g):
8     return g(f(n))
9
10 print(applique_deux(5, plus_un, plus_un))
11
12 print(applique_deux(5, plus_un, fois_deux))
```

affiche

```
7
12
```

```
1 def fois_deux(n):
2     return 2 * n
3
4 def plus_un(n):
5     return n + 1
6
7 def applique_plusieurs(n, fs):
8     for f in fs:
9         n = f(n)
10    return n
11
12 print(applique_plusieurs(10, [ fois_deux, plus_un, plus_un ]))
```

affiche

```
22
```

```

1  def resoud(a, b, f, epsilon = 1e-6):
2      """Retourne la racine de f entre a et b.
3
4      La fonction f doit être croissante entre ces deux valeurs.
5      """
6
7      while b - a >= epsilon:
8          c = (a + b) / 2
9          if (f(c) >= 0):
10             b = c
11         else:
12             a = c
13
14     return c

```

```

1  def carre_moins_deux(x):
2      return x * x - 2
3
4  print(resoud(0, 2, carre_moins_deux))

```

affiche

1.4142141342163086

Python permet en particulier de retourner comme résultat une fonction définie localement.

```
1 def ajouteur(k):
2     def f(n):
3         return n + k
4     return f
5
6 ajoute_cinq = ajouteur(5)
7
8 print(ajoute_cinq(98))
```

affiche

103

```
1 def ajouteur(k):
2     def f(n):
3         return n + k
4     return f
5
6 ajoute_cinq = ajouteur(5)
7
8 print(ajoute_cinq(98))
```

Un point technique remarquable est que le `k` passé en argument ligne 6 est toujours accessible ligne 8.

Cela est possible car Python garde automatiquement dans l'objet retourné par `ajouteur` une copie de toutes les variables locales qui existaient quand `f` a été définie. La combinaison de la fonction et de ce contexte est appelée une *closure*.

En pratique cette machinerie complexe est assez bien faite pour que son fonctionnement soit intuitif.

```

1 def compose(f, g):
2     def h(n):
3         return g(f(n))
4     return h
5
6 psi = compose(fois_deux, plus_un)
7 print(psi(3))

```

affiche

7

```

1 def pol_from_coeffs(alphas):
2
3     def pol(x):
4         s, y = 0, 1
5         for a in alphas:
6             s += a * y
7             y *= x
8         return s
9
10    return pol
11
12 f = pol_from_coeffs([ -1, 0, 1 ])
13
14 print(f(2), f(10.0))

```

affiche

3 99.0

Les variables globales sont accessibles depuis la fonction d'une closure.

```
1 def truc():
2     def f(n):
3         return n + b
4     return f
5
6 h = truc()
7
8 b = 1
9 print(h(2))
10
11 b = 10
12 print(h(2))
```

affiche

```
3
12
```

Fonctions anonymes

Il arrive souvent que l'on ait besoin de définir des fonctions pour ne les utiliser qu'une fois.

```
1 def fois_deux(n):
2     return 2 * n
3
4 def plus_un(n):
5     return n + 1
6
7 def applique_deux(n, f, g):
8     return g(f(n))
9
10 print(applique_deux(5, plus_un, fois_deux))
```

Python permet de noter des **fonctions anonymes** (*lambda functions*) avec une syntaxe concise, et auxquelles n'est pas associé d'identifiant. Ces fonctions sont limitées au calcul d'une expression.

```
lambda var_1, var_2, ..., var_n: expression
```

Par exemple

```
1 def truc(x):
2     return x + 1
3
4 f = truc
```

et

```
1 f = lambda x: x + 1
```

sont équivalents.


```
1 def machin(x):
2     return x * 100
3
4 truc = lambda x: x * 10 + x
5
6 print(machin(5), truc(5))
```

affiche

500 55

```
1 def applique_deux(n, f, g):
2     return g(f(n))
3
4 print(applique_deux(5, lambda n: n + 1, lambda n: 2 * n))
```

affiche

12

La syntaxe de Python permet d'appliquer une fonction anonyme directement, sans qu'elle soit dans une variable.

```
1 print((lambda n: n + 3)(120))
2 print((lambda x: (x-1, x, x+1))(120))
3 print((lambda a, b, c: a * b + c)(10, 5, 4))
```

affiche

```
123
(119, 120, 121)
54
```

La syntaxe des fonctions anonymes permet de bien comprendre un appel de fonction dans une évaluation par substitution.

Avec $a = 2$, $b = 3$, et $f = \text{lambda } x, y: x * y$:

```
f(a + b, a - b)
f(2 + b, a - b)
f(2 + 3, a - b)
f(5, a - b)
f(5, 2 - b)
f(5, 2 - 3)
f(5, -1)
(lambda x, y: x * y)(5, -1)
5 * (-1)
-5
```

Une fonction anonyme peut aussi être dans une closure.

```
1 def quadratique(a, b, c):
2     return lambda x: a * x * x + b * x + c
3
4 f = quadratique(1, 2, 1)
5
6 print(f(5))
```

affiche

36

On peut toujours exprimer une fonction à plusieurs arguments avec des fonctions d'ordres supérieurs à un seul argument (on appelle cette réduction le "*currying*" en hommage à Haskell Curry).

Par exemple:

```
1 >>> (lambda n, m: m//n)(10, 50)
2 5
3 >>> (lambda n: lambda m: m//n)(10)(50)
4 5
5 >>> (lambda a, b, c: a + b * c)(1, 2, 3)
6 7
7 >>> (lambda a: lambda b: lambda c: a + b * c)(1)(2)(3)
8 7
```

Opérateur conditionnel ternaire

Python offre une construction pour des expressions conditionnelles qui repose sur un opérateur conditionnel ternaire

```
expression1 if condition else expression2
```

Par exemple

```
1 >>> 4 if 2 < 3 else 5
2 4
3 >>> 14 + 4 if 3 < 2 else 11
4 11
```

Bien que cet opérateur utilise les mots clés `if` et `else`, il n'a rien à voir avec l'instruction `if` de contrôle de flux.

Cet opérateur est particulièrement utile pour définir des conditions dans des fonctions anonymes, puisque ces dernières doivent se limiter à des expressions.

```
1 le_plus_gros = lambda a, b: a if a >= b else b
2
3 print(le_plus_gros(3, 4.5))
```

affiche

4.5

```
1 le_plus_gros = lambda a, b: a if a >= b else b
```

Par substitution, nous avons

```
le_plus_gros(3, 4.5)
(lambda a, b: a if a >= b else b)(3, 4.5)
3 if 3 >= 4.5 else 4.5
3 if False else 4.5
4.5
```