11

Classes, objets, attributs

Les chapitres précédents vous ont déjà mis en contact à plusieurs reprises avec la notion d'objet. Vous savez donc déjà qu'un objet est une entité que l'on construit par instanciation à partir d'une classe (c'est-à-dire en quelque sorte une « catégorie » ou un « type » d'objet). Par exemple, on peut trouver dans la bibliothèque Tkinter, une classe Button() à partir de laquelle on peut créer dans une fenêtre un nombre quelconque de boutons.

Nous allons à présent examiner comment vous pouvez vous-mêmes définir de nouvelles classes d'objets. Il s'agit là d'un sujet relativement ardu, mais vous l'aborderez de manière très progressive, en commençant par définir des classes d'objets très simples, que vous perfectionnerez ensuite.

Comme les objets de la vie courante, les objets informatiques peuvent être très simples ou très compliqués. Ils peuvent être composés de différentes parties, qui soient elles-mêmes des objets, ceux-ci étant faits à leur tour d'autres objets plus simples, etc.

Utilité des classes

Les classes sont les principaux outils de la programmation orientée objet (*Object Oriented Programming ou OOP*). Ce type de programmation permet de structurer les logiciels complexes en les organisant comme des ensembles d'objets qui interagissent, entre eux et avec le monde extérieur.

Le premier bénéfice de cette approche de la programmation réside dans le fait que les différents objets utilisés peuvent être construits indépendamment les uns des autres (par exemple par des programmeurs différents) sans qu'il n'y ait de risque d'interférence. Ce résultat est obtenu grâce au concept d'*encapsulation* : la fonctionnalité interne de l'objet et les variables qu'il utilise pour effectuer son travail, sont en quelque sorte « enfermées » dans l'objet. Les autres objets et le monde extérieur ne peuvent y avoir accès qu'à travers des procédures bien définies : l'*interface* de l'objet.

En particulier, l'utilisation de classes dans vos programmes va vous permettre – entre autres avantages – *d'éviter au maximum l'emploi de variables globales*. Vous devez savoir en effet que l'utilisation de variables globales comporte des risques, d'autant plus importants que les programmes sont volumineux, parce qu'il est toujours possible que de telles variables soient modifiées, ou même redéfinies, n'importe où dans le corps du programme (ce risque s'aggrave particulièrement si plusieurs programmeurs différents travaillent sur un même logiciel).

Un second bénéfice résultant de l'utilisation des classes est la possibilité qu'elles offrent de *construire de nouveaux objets à partir d'objets préexistants*, et donc de réutiliser des pans entiers d'une programmation déjà écrite (sans toucher à celle-ci !), pour en tirer une fonctionnalité nouvelle. Cela est rendu possible grâce aux concepts de *dérivation* et de *polymorphisme :*

- La *dérivation* est le mécanisme qui permet de construire une classe « enfant » au départ d'une classe « parente ». L'enfant ainsi obtenu hérite toutes les propriétés et toute la fonctionnalité de son ancêtre, auxquelles on peut ajouter ce que l'on veut.
- Le *polymorphisme* permet d'attribuer des comportements différents à des objets dérivant les uns des autres, ou au même objet ou en fonction d'un certain contexte.

Avant d'aller plus loin, signalons ici que la programmation orientée objet est *optionnelle* sous Python. Vous pouvez donc mener à bien de nombreux projets sans l'utiliser, avec des outils plus simples tels que les fonctions. Sachez cependant que si vous faites l'effort d'apprendre à programmer à l'aide de classes, vous maîtriserez un niveau d'abstraction plus élevé, ce qui vous permettra de traiter des problèmes de plus en plus complexes. En d'autres termes, vous deviendrez un programmeur beaucoup plus compétent. Pour vous en convaincre, rappelez-vous les progrès que vous avez déjà réalisés au long de ce cours :

- Au début de votre étude, vous avez d'abord utilisé de simples instructions. Vous avez en quelque sorte « programmé à la main » (c'est-à-dire pratiquement sans outils).
- Lorsque vous avez découvert les fonctions prédéfinies (cf. chapitre 6), vous avez appris qu'il existait ainsi de vastes collections d'outils spécialisés, réalisés par d'autres programmeurs.
- En apprenant à écrire vos propres fonctions (cf. chapitre 7 et suivants), vous êtes devenu capable de créer vous-même de nouveaux outils, ce qui vous a donné un surcroît de puissance considérable.
- Si vous vous initiez maintenant à la programmation par classes, vous allez apprendre à construire des machines productrices d'outils. C'est évidemment plus complexe que de fabriquer directement ces outils, mais cela vous ouvre des perspectives encore bien plus larges !

Une bonne compréhension des classes vous aidera notamment à bien maîtriser le domaine des interfaces graphiques (*tkinter*, *wxPython*) et vous préparera efficacement à aborder d'autres langages modernes, tels que *C++* ou *Java*.

Définition d'une classe élémentaire

Pour créer une nouvelle classe d'objets Python, on utilise l'instruction **class**. Nous allons donc apprendre à utiliser cette instruction, en commençant par définir un type d'objet très rudimentaire, lequel sera simplement un nouveau type de donnée. Nous avons déjà utilisé différents types de données jusqu'à présent, mais il s'agissait à chaque fois de types intégrés dans le langage lui-même. Nous allons maintenant créer un nouveau type composite : le type **Point**.

Ce type correspondra au concept de *point* en géométrie plane. Dans un plan, un point est caractérisé par deux nombres (ses coordonnées suivant x et y). En notation mathématique, on représente donc un point par ses deux coordonnées x et y enfermées dans une paire de parenthèses. On parlera par exemple du point (25, 17). Une manière naturelle de représenter un point sous Python serait d'utiliser

pour les coordonnées deux valeurs de type *float*. Nous voudrions cependant combiner ces deux valeurs dans une seule entité, ou un seul objet. Pour y arriver, nous allons définir une *classe* **Point()** :

```
>>> class Point(object):
...     "Définition d'un point géométrique"
```

Les définitions de classes peuvent être situées n'importe où dans un programme, mais on les placera en général au début (ou bien dans un module à importer). L'exemple ci-dessus est probablement le plus simple qui se puisse concevoir. Une seule ligne nous a suffi pour définir le nouveau type d'objet **Point()**.

Remarquons d'emblée que :

- L'instruction **class** est un nouvel exemple d'*instruction composée*. N'oubliez pas le double point obligatoire à la fin de la ligne, et l'indentation du bloc d'instructions qui suit. Ce bloc doit contenir au moins une ligne. Dans notre exemple ultra-simplifié, cette ligne n'est rien d'autre qu'un simple commentaire. Comme nous l'avons vu précédemment pour les fonctions (cf. page 71), vous pouvez insérer une chaîne de caractères directement après l'instruction **class**, afin de mettre en place un commentaire qui sera automatiquement incorporé dans le dispositif de documentation interne de Python. Prenez donc l'habitude de toujours placer une chaîne décrivant la classe à cet endroit.
- Les parenthèses sont destinées à contenir la référence d'une classe préexistante. Cela est requis pour permettre le mécanisme d'*héritage*. Toute classe nouvelle que nous créons peut en effet hériter d'une *classe parente* un ensemble de caractéristiques, auxquelles elle ajoutera les siennes propres. Lorsque l'on désire créer une classe fondamentale – c'est-à-dire ne dérivant d'aucune autre, comme c'est le cas ici avec notre classe **Point()** – la référence à indiquer doit être par convention le nom spécial **object**, lequel désigne l'ancêtre de toutes les classes[75].
- Une convention très répandue veut que l'on donne aux classes *des noms qui commencent par une majuscule*. Dans la suite de ce texte, nous respecterons cette convention, ainsi qu'une autre qui demande que dans les textes explicatifs, on associe à chaque nom de classe une paire de parenthèses, comme nous le faisons déjà pour les noms de fonctions.

Nous venons donc de définir une *classe* **Point()**. Nous pouvons à présent nous en servir pour *créer des objets de cette classe*, que l'on appellera aussi des *instances* de cette classe. L'opération s'appelle pour cette raison une *instanciation*. Créons par exemple un nouvel objet **p9**[76] :

```
>>> p9 = Point()
```

Après cette instruction, la variable **p9** contient la référence d'un nouvel *objet* **Point()**. Nous pouvons dire également que **p9** est une nouvelle *instance* de la classe **Point()**.

[75] Lorsque vous définissez une classe fondamentale, vous pouvez omettre les parenthèses et la référence à la classe ancêtre `object` : ces indications sont devenues facultatives sous Python 3. Nous continuerons cependant à les utiliser dans la suite de ce texte, afin de bien marquer l'importance du concept d'héritage.

[76] Sous Python, on peut donc instancier un objet à l'aide d'une simple instruction d'affectation. D'autres langages imposent l'emploi d'une instruction spéciale, souvent appelée `new` pour bien montrer que l'on crée un nouvel objet à partir d'un moule. Exemple : `p9 = new Point()`.

> ***Attention***
> *Comme les fonctions, les classes auxquelles on fait appel dans une instruction doivent toujours être accompagnées de parenthèses (même si aucun argument n'est transmis). Nous verrons un peu plus loin que les classes peuvent effectivement être appelées avec des arguments.*

Voyons maintenant si nous pouvons faire quelque chose avec notre nouvel objet **p9** :

```
>>> print(p9)
<__main__.Point object at 0xb76f132c>
```

Le message renvoyé par Python indique, comme vous l'aurez certainement bien compris tout de suite, que **p9** est une instance de la classe **Point()**, laquelle est définie elle-même au niveau principal (*main*) du programme. Elle est située dans un emplacement bien déterminé de la mémoire vive, dont l'adresse apparaît ici en notation hexadécimale.

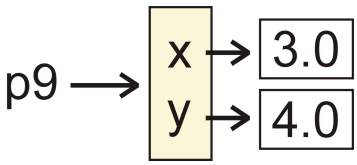
```
>>> print(p9.__doc__)
Définition d'un point géométrique
```

Comme nous l'avons expliqué pour les fonctions (cf. page 71), les chaînes de documentation de divers objets Python sont associées à l'attribut prédéfini **__doc__**. Il est donc toujours possible de retrouver la documentation associée à un objet Python quelconque, en invoquant cet attribut.

Attributs (ou variables) d'instance

L'objet que nous venons de créer est juste une coquille vide. Nous allons à présent lui ajouter des composants, par simple assignation, en utilisant le système de qualification des noms par points[77] :

```
>>> p9.x = 3.0
>>> p9.y = 4.0
```



Les variables **x** et **y** que nous avons ainsi définies en les liant d'emblée à **p9** , sont désormais des *attributs* de l'objet **p9.** On peut également les appeler des *variables d'instance*. Elles sont en effet incorporées, ou plutôt *encapsulées* dans cette instance (ou objet). Le diagramme d'état ci-contre montre le résultat de ces affectations : la variable **p9** contient la référence indiquant l'emplacement mémoire du nouvel objet, qui contient lui-même les deux attributs **x** et **y**. Ceux-ci contiennent les références des valeurs 3.0 et 4.0, mémorisées ailleurs.

On pourra utiliser les attributs d'un objet dans n'importe quelle expression, exactement comme toutes les variables ordinaires :

```
>>> print(p9.x)
3.0
```

[77] Ce système de notation est similaire à celui que nous utilisons pour désigner les variables d'un module, comme **math.pi** ou **string.ascii_lowercase**. Nous aurons l'occasion d'y revenir plus tard, mais sachez dès à présent que les modules peuvent contenir des fonctions, mais aussi des classes et des variables. Essayez par exemple :

```
>>> import string
>>> string.capwords
>>> string.ascii_uppercase
>>> string.punctuation
>>> string.hexdigits
```

```
>>> print(p9.x**2 + p9.y**2)
25.0
```

Du fait de leur *encapsulation* dans l'objet, les attributs sont des variables distinctes d'autres variables qui pourraient porter le même nom. Par exemple, l'instruction **`x = p9.x`** signifie : « extraire de l'objet référencé par **p9** la valeur de son attribut **x**, et assigner cette valeur à la variable **x** ». Il n'y a pas de conflit entre la variable indépendante **x** , et l'attribut **x** de l'objet **p9**. L'objet **p9** contient en effet son propre espace de noms, indépendant de l'espace de nom principal où se trouve la variable **x**.

> ***Important : les exemples donnés ici sont provisoires.***
> *Nous venons de voir qu'il est très aisé d'ajouter un attribut à un objet en utilisant une simple instruction d'assignation telle que p9.x = 3.0 On peut se permettre cela sous Python (c'est une conséquence de son caractère foncièrement dynamique), mais cela n'est pas vraiment recommandable, comme vous le comprendrez plus loin. Nous n'utiliserons donc cette façon de faire que de manière anecdotique, et uniquement dans le but de simplifier nos premières explications concernant les attributs d'instances. La bonne manière de procéder sera développée dans le chapitre suivant.*

Passage d'objets comme arguments dans l'appel d'une fonction

Les fonctions peuvent utiliser des objets comme paramètres, et elles peuvent également fournir un objet comme valeur de retour. Par exemple, vous pouvez définir une fonction telle que celle-ci :

```
>>> def affiche_point(p):
...     print("coord. horizontale =", p.x, "coord. verticale =", p.y)
```

Le paramètre **p** utilisé par cette fonction doit être un objet de type **Point()**, dont l'instruction qui suit utilisera les variables d'instance **p.x** et **p.y**. Lorsqu'on appelle cette fonction, il faut donc lui fournir un objet de type **Point()** comme argument. Essayons avec l'objet **p9** :

```
>>> affiche_point(p9)
coord. horizontale = 3.0 coord. Verticale = 4.0
```

Exercice

11.1 Écrivez une fonction **distance()** qui permette de calculer la distance entre deux points. (Il faudra vous rappeler le théorème de Pythagore !)
Cette fonction attendra évidemment deux objets **Point()** comme arguments.

Similitude et unicité

Dans la langue parlée, les mêmes mots peuvent avoir des significations fort différentes suivant le contexte dans lequel on les utilise. La conséquence en est que certaines expressions utilisant ces mots peuvent être comprises de plusieurs manières différentes (expressions ambiguës).

Le mot « même », par exemple, a des significations différentes dans les phrases : « Charles et moi avons la même voiture » et « Charles et moi avons la même mère ». Dans la première, ce que je veux dire est que la voiture de Charles et la mienne sont du même modèle. Il s'agit pourtant de deux voitures distinctes. Dans la seconde, j'indique que la mère de Charles et la mienne constituent en fait une seule et unique personne.

Lorsque nous traitons d'objets logiciels, nous pouvons rencontrer la même ambiguïté. Par exemple, si nous parlons de l'égalité de deux objets **Point()**, cela signifie-t-il que ces deux objets contiennent les mêmes données (leurs attributs), ou bien cela signifie-t-il que nous parlons de deux références à un même et unique objet ? Considérez par exemple les instructions suivantes :

```
>>> p1 = Point()
>>> p1.x = 3
>>> p1.y = 4
>>> p2 = Point()
>>> p2.x = 3
>>> p2.y = 4
>>> print(p1 == p2)
False
```

Ces instructions créent deux objets **p1** et **p2** qui restent distincts, même s'ils font partie d'une même classe et ont des contenus similaires. La dernière instruction teste l'égalité de ces deux objets (double signe égale), et le résultat est **False** (faux) : il n'y a donc pas égalité.

On peut confirmer cela d'une autre manière encore :

```
>>> print(p1)
<__main__.Point instance at 00C2CBEC>
>>> print(p2)
<__main__.Point instance at 00C50F9C>
```

L'information est claire : les deux variables **p1** et **p2** référencent bien des objets différents, mémorisés à des emplacements différents dans la mémoire de l'ordinateur.

Essayons autre chose, à présent :

```
>>> p2 = p1
>>> print(p1 == p2)
True
```

Par l'instruction **p2 = p1** , nous assignons le contenu de **p1** à **p2**. Cela signifie que désormais ces deux variables *référencent le même objet*. Les variables **p1** et **p2** sont des *alias*[78] l'une de l'autre.

Le test d'égalité dans l'instruction suivante renvoie cette fois la valeur **True**, ce qui signifie que l'expression entre parenthèses est vraie : **p1** et **p2** désignent bien toutes deux un seul et unique objet, comme on peut s'en convaincre en essayant encore :

```
>>> p1.x = 7
>>> print(p2.x)
7
```

Lorsqu'on modifie l'attribut **x** de **p1**, on constate que l'attribut **x** de **p2** a changé, lui aussi.

```
>>> print(p1)
<__main__.Point instance at 00C2CBEC>
>>> print(p2)
<__main__.Point instance at 00C2CBEC>
```

Les deux références **p1** et **p2** pointent vers le même emplacement dans la mémoire.

[78] Concernant ce phénomène d'aliasing, voir également page 147.

Objets composés d'objets

Supposons maintenant que nous voulions définir une classe qui servira à représenter des *rectangles*. Pour simplifier, nous allons considérer que ces rectangles seront toujours orientés horizontalement ou verticalement, et jamais en oblique.

De quelles informations avons-nous besoin pour définir de tels rectangles ?

Il existe plusieurs possibilités. Nous pourrions par exemple spécifier la position du centre du rectangle (deux coordonnées) et préciser sa taille (largeur et hauteur). Nous pourrions aussi spécifier les positions du coin supérieur gauche et du coin inférieur droit. Ou encore la position du coin supérieur gauche et la taille. Admettons ce soit cette dernière convention qui soit retenue.

Définissons donc notre nouvelle classe :

```
>>> class Rectangle(object):
        "définition d'une classe de rectangles"
```

... et servons nous-en tout de suite pour créer une instance :

```
>>> boite = Rectangle()
>>> boite.largeur = 50.0
>>> boite.hauteur = 35.0
```

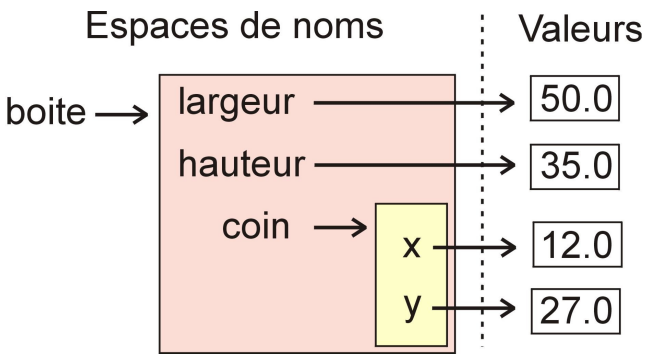
Nous créons ainsi un nouvel objet **Rectangle()** et lui donnons ensuite deux attributs. Pour spécifier le coin supérieur gauche, nous allons à présent utiliser une nouvelle instance de la classe **Point()** que nous avons définie précédemment. Ainsi nous allons créer un objet, à l'intérieur d'un autre objet !

```
>>> boite.coin = Point()
>>> boite.coin.x = 12.0
>>> boite.coin.y = 27.0
```

À la première de ces trois instructions, nous créons un nouvel attribut **coin** pour l'objet **boite**. Ensuite, pour accéder à cet objet qui se trouve lui-même à l'intérieur d'un autre objet, nous utilisons la *qualification des noms hiérarchisée* (à l'aide de points) que nous avons déjà rencontrée à plusieurs reprises.

Ainsi l'expression **`boite.coin.y`** signifie « Aller à l'objet référencé dans la variable **boite**. Dans cet objet, repérer l'attribut **coin**, puis aller à l'objet référencé dans cet attribut. Une fois cet autre objet trouvé, sélectionner son attribut **y**. »

Vous pourrez peut-être mieux vous représenter tout cela à l'aide d'un diagramme tel que celui-ci :



Le nom **boite** se trouve dans *l'espace de noms principal*. Il référence un autre *espace de noms* réservé à l'objet correspondant, dans lequel sont mémorisés les noms **largeur**, **hauteur** et **coin**. Ceux-ci référencent à leur tour, soit *d'autres espaces de noms* (cas du nom « **coin** »), soit *des valeurs* bien déterminées, lesquelles sont mémorisées ailleurs.

Python réserve des espaces de noms différents pour chaque module, chaque classe, chaque instance, chaque fonction. Vous pouvez tirer parti de tous ces espaces de noms bien compartimentés afin de réaliser des *programmes robustes*, c'est-à-dire des programmes dont les différents composants ne peuvent pas facilement interférer.

Objets comme valeurs de retour d'une fonction

Nous avons vu plus haut que les fonctions peuvent utiliser des objets comme paramètres. Elles peuvent également transmettre une instance comme valeur de retour. Par exemple, la fonction **trouveCentre()** ci-dessous doit être appelée avec un argument de type **Rectangle()** et elle renvoie un objet de type **Point()**, lequel contiendra les coordonnées du centre du rectangle.

```
>>> def trouveCentre(box):
...     p = Point()
...     p.x = box.coin.x + box.largeur/2.0
...     p.y = box.coin.y + box.hauteur/2.0
...     return p
```

Vous pouvez par exemple appeler cette fonction, en utilisant comme argument l'objet **boite** défini plus haut :

```
>>> centre = trouveCentre(boite)
>>> print(centre.x, centre.y)
37.0  44.5
```

Modification des objets

Nous pouvons changer les propriétés d'un objet en assignant de nouvelles valeurs à ses attributs. Par exemple, nous pouvons modifier la taille d'un rectangle (sans modifier sa position), en réassignant ses attributs hauteur et largeur :

```
>>> boite.hauteur = boite.hauteur + 20
>>> boite.largeur = boite.largeur - 5
```

Nous pouvons faire cela sous Python, parce que dans ce langage les propriétés des objets sont toujours *publiques* (du moins jusqu'à la version actuelle 3.1). D'autres langages établissent une distinction nette entre attributs publics (accessibles de l'extérieur de l'objet) et attributs privés (qui sont accessibles seulement aux algorithmes inclus dans l'objet lui-même).

Cependant, comme nous l'avons déjà signalé plus haut (à propos de la définition des attributs par assignation simple, depuis l'extérieur de l'objet), modifier de cette façon les attributs d'une instance **n'est pas une pratique recommandable**, parce qu'elle contredit l'un des objectifs fondamentaux de la programmation orientée objet, qui vise à établir une séparation stricte entre la fonctionnalité d'un objet (telle qu'elle a été déclarée au monde extérieur) et la manière dont cette fonctionnalité est réellement implémentée dans l'objet (et que le monde extérieur n'a pas à connaître).

Concrètement, cela signifie que nous devons maintenant étudier comment faire fonctionner les objets à l'aide d'outils vraiment appropriés, que nous appellerons des *méthodes*.

Ensuite, lorsque nous aurons bien compris le maniement de celles-ci, *nous nous fixerons pour règle de ne plus modifier les attributs d'un objet par assignation directe depuis le monde extérieur*, comme nous l'avons fait jusqu'à présent. Nous veillerons au contraire à toujours utiliser pour cela des méthodes mises en place spécifiquement dans ce but, comme nous allons l'expliquer dans le chapitre suivant. L'ensemble de ces méthodes constituera ce que nous appellerons désormais l'*interface* de l'objet.