

La programmation orienté objet

Thibault PENNING

Introduction au concept de programmation orienté objet ou POO.

La programmation objet constitue une part importante de la programmation Python que nous allons explorer ici.

Définitions

Définition 0.1 (Paradigme (programmation)). Un paradigme en programmation est une manière de penser et d'organiser du code.

i Note

Programmer est comme résoudre un problème. Plusieurs solutions existent et plusieurs approches pour le résoudre existent aussi. Le paradigme ici est ce qui guide la résolution de ce problème. Le paradigme a un impact non seulement sur le code, mais aussi la manière de réfléchir et même la syntaxe. Ainsi certains paradigmes sont plus adaptés (il est plus facile de réfléchir) pour certaines tâches que d'autres.

La programmation objet est un paradigme de programmation où l'on manipule des objets. C'est le paradigme principal derrière Python, où tout (ou presque) est objet.

Définition 0.2 (Objet). Un objet est un ensemble regroupant des données, des fonctions à appliquer à ces données, ainsi que la manière d'interagir avec ces objets.

Prenons par exemple "Salut". Ici salut est un objet (de type `str`). Ainsi l'objet contient des valeurs, ici l'ensemble des caractères qui forme la structure de donnée de chaîne. Il lui est aussi associé des fonctions. Ainsi la fonction `upper` (qui convertit tout en majuscule) est aussi associée à cet objet. En effet, il est possible d'appeler `upper` sur l'objet précédent : `"Salut".upper()`. En revanche `upper` n'est pas définie autre part (il n'est pas possible de faire `upper("Salut")`). `upper` est donc partie intégrante de l'objet "Salut". De même pour `append` sur `[1,2,3]` par exemple. Il est intéressant de constater 2 choses :

- `upper` ne prend pas en paramètre d'argument et pourtant il est capable de retourner quelque chose ayant du sens. Une fonction définie sur un objet est conscient de tout ce qui constitue l'objet. Il n'y a pas besoin ainsi de donner les caractères qui la compose car la fonction `upper` est dans l'objet elle connait donc déjà ces caractères !
- `append` est capable de modifier l'objet. Ainsi `[1,2,3].append(4)` modifie l'objet `[1,2,3]` pour contenir `[1,2,3,4]`. Les fonctions étant partie intégrante de l'objet, elles sont aussi capables de le modifier.

Enfin un objet définit aussi les règles d'interaction entre objet, par exemple `3 * "a"`, comment faire interagir l'objet `3` avec `"a"`.

Mise en garde

Ici un objet n'est pas une variable. C'est important de faire la distinction entre les deux. Une variable peut être vue comme une étiquette ou un tiroir, et un objet comme un objet de la vie réelle (un téléphone, une voiture, ...).

Définition 0.3 (Attribut). Un attribut est une donnée d'un objet. L'ensemble des données d'un objet est donc l'ensemble de ses attributs.

Définition 0.4 (Méthode). Une méthode est une fonction qui appartient à un objet.

`upper` est donc une méthode de `"Salut"`.

Créer ses propres objets

Classes

Afin de définir un objet nous allons utiliser un système de classe.

Définition 0.1 (Classe). Une classe est une définition partagée par des objets. Elle permet de définir les noms et les types des attributs ainsi que le code des méthodes qui sont associées à l'objet.

Analogie

Pour comprendre le principe d'une classe on prend souvent l'exemple d'un plan d'une maison. Chaque maison possède un certain nombre d'objets et de murs. On définit des interrupteurs qui allument la lumière (comme des méthodes) mais aussi des meubles et des portes (comme des attributs). Un même plan peut construire plusieurs maisons, mais chaque maison partagera les mêmes agencements de portes, meubles ou compteurs électriques. Chaque

maison auras en revanche un état différent (allumer la lumière d'une maison ne change que la lumière de cette maison), de même si les meubles sont au même endroit sont contenu peut varier. Un objet est chaque maison (unique) et la classe est le plan qui a servit à la construire.

Nous allons ici utilisé un exemple afin de continué notre cours. Nous allons créer un objet `Eleve` qui représenteras certaines caractéristique afin de modéliser ce qu'est un élève.

Pour créer une classe nous utilisons la syntaxe suivante :

```
class Eleve:  
    pass
```

Lorsque nous voulons créer un nouvelle élève la syntaxe est la suivante :

```
e1 = Eleve() # Un premier élève  
e2 = Eleve() # Un second élève
```

Maintenant que nous avons définie un objet nous pouvons commencer à ajouter à sa classe des méthodes et des attributs.

Pour rajouter des methodes nous définissons une fonction dans une classe de la même manière que d'habitude :

```
class Eleve:  
  
    def presentation(self)->None:  
        print("Bonjour, je suis un élève")
```

① Voir Important 1

Afin d'appeler cette méthode, nous utilisons la manière suivante :

```
e1 = Eleve()  
  
e1.presentation()
```

! Important 1

Remarquer un détail important. Ici `presentation` possède un argument (ici `self`) mais ne l'utilise pas. De plus, lorsque l'on appel cetméthodesion nous le faisons sans argument. En effet (quasi)**TOUTES** les methodes en Python doivent posséder au moins un argument,

car le premier argument a toujours pour valeurs l'objet avec lequel il est appelé. Vous pouvez voir une certaine équivalence avec les deux lignes ci dessous :

```
e1.presentation()
presentation(e1)
```

i Pourquoi ?

Nous avons dit que les méthodes permettent de voir et changer les données des objet auquel il sont liés. Prendre en argument une référence à l'objet lui-même permet de le modifier. Nous verrons cela juste après.

Maintenant voyons voir comment ajouter des arguments.

L'idée est la suivante : nous allons créer une fonction que nous appellerons afin d'initialiser les valeurs. En effet nous avons accès a la variable `self` où nous pouvons modifier (et créer) des attributs.

Ainsi le code suivant est juste :

```
class Eleve:

    def initialise(self, prenom:str, classe:str)->None:
        self.prenom = prenom           ②
        self.classe = classe           ①
        self.notes = []

    def presentation(self)->None:
        print("Bonjour, je suis", self.prenom, "élève en", self.classe) ③

e1 = Eleve()
e1.initialise(prenom="Titeuf", classe="CE2")

print("L'élève e1 est en classe de :", e1.classe) ④
```

- ① Initialisation d'un attribut avec une valeur prédéterminer
- ② Initialisation d'un attribut avec une valeur que l'on choisit lors de la création
- ③ Utilisation des attributs dans une méthode

④ Utilisation des attributs dans une fonction (“*en dehors*” de l’objet)

! Important

Remarque que l’on utilise toujours `self`. a chaque fois que l’on veut faire référence à un attribut dans une méthode (que ce soit pour modifier ou utiliser sa valeur). Utiliser sans `self`, cela fonctionne mais n’auras pas l’effet escompté (pas d’exception pour ce cas)... Il ne faut donc pas l’oublier !

Lorsque l’on est /à “l’extérieur”* de l’objet, on utilise la syntaxe suivante pour accéder à un attribut : `objet.nom_attribut`.

i Note

Maintenant que vous en savez plus vous ne remarquer pas un lien avec ce que vous faisiez avant ?

`l1.append(1), "Salut".upper(), ...`

Oui, en Python les tableau, chaîne de caractère et autre sont des... objets à part entière !

Il subsiste un soucis, si nous oublions l’initialisation, les attribut ne seront pas initialiser, des erreurs seront donc à suivre. Pour éviter cela, Python nous fournit une syntaxe particulièrement astucieuse :

1. On modifie le nom de la méthode `initialisation` par `__init__` (deux tirets bas, puis le mot “init” puis deux autres tirets bas).
2. Lorsque l’on crée un objet, on passe les paramètres de l’initialisation entre les parenthèses du nom de la classe.

Ainsi les oublis sont impossibles : on initialise l’objet en même temps que sa création !

```
class Eleve:

    def __init__(self, prenom:str, classe:str)->None:
        self.prenom = prenom
        self.classe = classe
        self.notes = []

    def presentation(self)->None:
        print("Bonjour, je suis", self.prenom, "élève en", self.classe)

e1 = Eleve(prenom="Titeuf", classe="CE2")
```

Bien évidemment, chaque objet étant unique, les valeurs des attributs leur sont propres

```
e1 = Eleve(prenom="Titeuf", classe="CE2")
e2 = Eleve(prenom="Nadia", classe="CE2")
e3 = Eleve(prenom="Marco", classe="5ème")

e1.presentation()
#>>> Bonjour, je suis Titeuf élève en CE2
e2.presentation()
#>>> Bonjour, je suis Nadia élève en CE2
e3.presentation()
#>>> Bonjour, je suis Marco élève en 5ème
```

Synonyme

On appelle aussi un *objet* une *instance* (d'une classe).
On appelle aussi *attribut* un *champ* ou une *propriété*.
On appelle souvent l'ensemble des valeurs des attributs de l'objet *l'état* de ce dernier.

Une hygiène nécessaire

En Python les attribut peuvent être créer "à la volée", comme nous l'avons vu en créant nous même une fonction qui ajoute des attributs. Si cela est tout à fait légal en Python, ce n'est pas vraiment dans le cadre de la POO voulus par le programme, et pire encore cela est source d'erreurs (trop courant).
Ainsi, il vous seras demander de définir **TOUTS** les attributs **SEULEMENT** dans la fonction `__init__` (ou assimilé). Un manquement à cette règle serait considéré comme une possible erreur.

Typage avec Self

Nous avons vu comment donnée un indication de type des variable en Python. Pour cela il suffit de connaître le type de la variable. Ici le type d'un objet est simplement sa classe :

```

class Eleve:
    pass

e = Eleve()

print(type(e))
#>>> <class '__main__.Eleve'>

print(type(e) is Eleve)
#>>> True

```

On peut donc utiliser le typage ci dessous sans soucis :

```

class Eleve:
    pass

e:Eleve = Eleve()

```

Cependant lorsque nous l'utilisons dans la classe que nous sommes en train de définir, cela provoque une erreur :

```

class Eleve:
    def hello(self)->Eleve:
        return self

Traceback (most recent call last):
  File "<stdin>", line 1, in <module>
  File "<stdin>", line 2, in Eleve
NameError: name 'Eleve' is not defined

```

Cela est dû au fait que `Eleve` n'existe qu'après la définition complète de la classe. Pour pallier à ce problème, le module `typing` fournit le type `Self` qui permet justement de définir que le type de retour est le type de la classe actuellement définie.

```

from typing import Self

class Eleve:
    def hello(self)->Self:
        return self

```

Programmation objet et structure de données

A quoi ça sert ?

La programmation objet fournit un terrain de jeu fantastique car il permet de définir des comportements dépendant d'un état sans avoir à le décrire complètement. Nous avons juste besoin de penser au donner stocker et à la méthode que nous voulons appeler. Tout étant au même endroit, la POO nous permet des manipulations complexes sans y penser.

La POO est relativement vieille (créée dans les années 70 avec le langage SmallTalk) et est aujourd'hui largement utilisée. On peut citer par exemple le moteur de jeu vidéo qui en font un passage obligatoire. On peut aussi citer plus récemment les différentes bibliothèques d'apprentissage machine, qui pour la plupart mélangent POO et programmation fonctionnelle.

Une des utilisations que vous allez largement utiliser est celle qui permet de créer et de manipuler facilement des structures de données. En effet la POO vous offre l'abstraction suffisante pour utiliser les structures de données sans se soucier de l'implémentation (comme vous le faisiez déjà avec des tableaux (list) etc...)

Passage par référence

Un détail est important pour l'implémentation classique de structure de données : les passages sont par référence et non par valeur lors de l'assignation à une variable. Pour faire simple, la variable ne stocke en réalité non pas l'intégralité des données, mais simplement une référence à l'objet, qui lui est stocké ailleurs. Ce comportement est le même que celui des tableaux par exemple. Un exemple frappant est lorsque l'on tente de copier une variable de manière malheureuse comme cela :

```
class Eleve:
    def __init__(self, prenom:str, classe:str)->None:
        self.prenom = prenom

e1 = Eleve("Titeuf")
e2 = e1

print(e1 is e2)
#>>> True

e2.prenom = "Marco"
print(e2.prenom)
#>>> Marco
```

```
print(e1.prenom)
#>>> Marco
```

① Ici `is` permet de tester si les deux objets sont les mêmes

Si l'on change la valeur d'un seul des deux (ici `e2`), les deux sont modifiés, car les deux ****réfèrent le même* objet**

i Note

Si l'on souhaite copier les valeurs, nous utiliserons la fonction `copy` ou mieux `deepcopy` de la bibliothèque Python `copy`

```
from copy import copy

class Eleve:
    def __init__(self, prenom:str, classe:str)->None:
        self.prenom = prenom

e1 = Eleve("Titeuf")
e2 = copy(e1)

print(e1 is e2)
#>>> False
```

① Ici `e1` n'est pas `e2`, mais simplement une copie de la valeur initiale. Toute modification de `e2` ne se repercutera pas sur `e1` et inversement.

Un exemple : les listes !

Rappeler vous des listes chaînées, où chaque maillon possède une référence au prochain maillon. Nous pouvons grâce aux classes et la POO programmer une version simplifiée par rapport à l'implémentation précédente!. Et en utilisant le passage par référence, nous pouvons facilement réaliser cette chaîne.

```
class Maillon:
    def __init__(self, data):
        self.data = data
        self.succ = None
```

```

def suivant_existe(self):
    return self.succ is not None

def suivant(self):
    if self.suivant_existe():
        return self.succ
    else:
        raise ValueError("Il n'y a pas de maillon suivant")

def ajoute_debut(self, data):
    nouveau = Maillon(data)
    nouveau.succ = self
    return nouveau

def valeur(self):
    return self.data

def affiche_liste(self):
    p = self
    while p.suivant_existe():
        print(p.valeur(), " -> ", end="")
        p = p.suivant()
    print(p.valeur())

```

Pour aller plus loin

Surcharge d'opérateur

La surcharge d'opérateur vous permet de réaliser une partie des opérations, comme l'addition, la multiplication, ou encore la conversion en chaîne de caractère, de façon naturelle, comme vous le ferrez avec des entiers par exemple.

Pour cela nous devons redéfinir les méthodes qui seront appelées par Python. Par défaut, certaines de ces méthodes ont un code prédéfini, d'autres non. Chaque une de ces méthodes sera de la forme suivante : `__nom_methode__`, que l'on appelle parfois *dunder* (oui `__init__` en fait partie !).

Pour savoir quel méthode remplacer, ainsi que les arguments de ces derniers et le retour que nous devons implémenter, je vous laisse aller regarder la documentation sur le sujet :

- [Généralité](#)
- [Listes des opérateurs](#)

On peut citer entre autre :

Operation	Nom méthode avec arguments
<code>self == other</code>	<code>__eq__(self, other) -> bool</code>
<code>str(self)</code>	<code>__str__(self) -> str</code>
<code>not self</code>	<code>__not__(self) -> Any</code>
<code>self + other</code>	<code>__add__(self, other) -> Self</code>
<code>data in self</code>	<code>__contains__(self, data) -> bool</code>
<code>self[key]</code>	<code>__getitem__(self, key) -> Any</code>
<code>self[key]=data</code>	<code>__setitem__(self, key, data)</code>

Par exemple, si nous créons une classe fraction

```
class Fraction:

    def __init__(self, nom, denom):
        self.nom = nom
        self.denom = denom
```

Et nous voulons que le code suivant soit correct :

```
a = Fraction(1,2)
b = Fraction(2,3)

c = a+b
```

Nous pouvons rajouter à fraction la méthode suivante :

```
def __add__(self, other)->Self:
    return Fraction(nom = self.nom * other.denom + other.nom * self.denom, denom = self.denom)
```

Et tout se passera comme prévu !

Membres privés

Jusqu'à présent, tous les membres de nos objets (méthode et attribut) pouvaient être accédés de n'importe où dans le code. Cela ne pose en général pas de problème tant que nous sommes les seuls utilisateurs de notre classe. En revanche, si nous le distribuons, ou nous reprenons notre code après quelque temps, nous pouvons penser à de nombreuses erreurs qui peuvent arriver. En particulier, certains attributs n'ont pas d'intérêt d'être accédés (et en particulier modifiés)

sans passez par des méthodes, soit parce qu'il n'ont pas de sens en eux même, ou parce que leur modification doit faire l'objet d'un soin particulier. Cela arrive quand plusieurs attributs sont lié (la modification d'un attribut entraine la possible modification d'un autre), ou lorsque la modification d'un attribut doit faire l'objet de nombreux test pour vérifier sa validité.

De même, certaine méthode n'ont pas toujours pour but d'être utiliser à l'extérieur. Par exemple, certaines méthode utilitaire, permettant la non répétition de code, mais dont la vérification des pré-requis n'est pas réaliser par la fonction elle même.

Dans tous ces cas, et bien d'autre, il est donc utile d'indiquer à l'utilisateur que ces membres ne sont pas destiné à leur utilisation.

Pour cela il existe 2 convention en Python :

- Un membre dont le nom commence par un tire bas (ex: `_nom`) indique à l'utilisateur que cette variable peut-être modifié, mais que cela n'est pas un comportement prévu. En particulier cette variable peut être renomer a tout moement, ou contenir des donnée invalide. L'interpreteur n'agis en rien pour la protection.
- Un membre dont le nom commence par au moins 2 tiret bas, et finis par au plus 1 (ex : `__nom`) sont des dit membres privé, et que leur accès ne doit se faire que par les membres de la classe, et personne d'autre. Il ne doivent donc pas être toucher par l'utilisateur. En pratique l'interpreteur changeras le nom de cette variable leur de l'exécution.

Astuce

En général il est plus simple de considérer qu'une variable est privé, sauf si elle ne doit pas l'être. Si ce n'est pas renforcer par l'idéologie de Python, c'est la route pris par de nombreux language orienté vers la sécurité comme Rust.

Je vous conseil donc d'écrire une variable privé, a moindre de vouloir la rendre publique. Avois une varible privé ne veux pas dire qu'il est impossible de la modifier. Ainsi il est très courant de trouver des méthodes dit *getter* ou *setter* qui, respectivement, donne ou change le contenu de la variable privé. Comme cela on controle ce qui est possible, et aussi dans quel condition cela est possible.

Il est même possible facilement de réaliser ses propre *getter* et *setter* en Python avec le décorateur `@property`, dont l'utilisation dépasse le cadre du cours.

Note

Un dunder n'est pas une variable privé, car il finis par deux tiret bas

Variable de classe et méthode statique

Il est aussi possible de vouloir créer des membres dont le comportement ne dépend pas de l'état de l'objet.

Il existe 2 cas :

1. Pour les attributs, on parle de variable de classe. Ces derniers, ont un valeur commun (généralement constante) partagé par toute les instance d'une classe. Cela est utile pour faire par exemple référence a des valeurs utiles que peut prendre possiblement les instance de la classe. Ex : `string.ascii_lowercase` représentant les lettres possibles en miniscule. En général ces attribut ont un nom entièrement majuscule (convention indiquant une constante). Pour créer une variable de classe, rien de plus simple, il suffit de créer une variable dans une classe, sans rajouter le `self` devant.

```
class string:
    ascii_lowercase = 'abcdefghijklmnopqrstuvwxyz'
```

Note

C'est sur ce principe que sont créer ce que l'on appel des énumération, qui permette de créer des constante, lier entre elle, ayant du sens, représentant par exemple les différent état dans lequel un objet peut se trouver.

Les énumération ne sont pas dans le cadre du programme, mais sont très utile en programmation fonctionnelle.

2. Pour les méthode, il est possible de créer des méthodes dont le comportement ne dépend pas de l'état (ie des attribut) de la méthode. Cela peut être utile pour créer des fonction utilitaire, afin de vérifier la validé d'une valeur par exemple. La méthode la plus simple pour créer une fonction static est l'ajout du décorateur `@staticmethod` au dessus de la fonction. Il n'est ainsi plus nécessaire d'avoir comme premier argument `self`

Ex :

```
class string:
    @staticmethod
    def caractere_valide(char):
        pass
```

i Note

Il existe un dernier type qui s'appelle méthode de classe, qui au lieu de prendre en référence un objet, prennent en référence la classe de ce dernier. Cela n'est pas du tout utile dans le cadre de ce cours, car il nécessite de solide base en héritage.

L'héritage

Il est possible de réutilise des classe, comme base pour en construire d'autre. Le concepte n'est pas dans le programme, et est assez compliqué a comprendre, car de nombreux détails s'y cache. Nous allons donc faire une présentation très en surface.

Lorsque l'on fait hérité une classe d'une autre, elle reprend tous les méthodes, sans modification du code. Il est cependant possible de réécrire (*override*) une méthode déjà définis dans une classe que l'on hérite.

Pour faire hérité une classe rien de plus simple, il suffit de mettre la classe que l'on veut hérité entre parenhèse à coté du nom de la classe :

```
class Parent:
    pass

class Fille(Parent):
    pass
```

Afin de faire référence à l'objet comme si elle appartenais à la classe mère avec la fonction `super()`. Cela permet en particulier d'appeler des méthodes qui ont été redéfinie. En particulier cela permet d'appeler la fonction d'initialisation :

```
class Parent:
    def __init__(nom):
        self.nom = nom

class Fille(Parent):
    def __init__(nom, age):
        super().__init__(nom)
        self.age = age
```