

Python 102



Plus loin avec Python



Squelette d'un module

- Même un fichier destiné à être utilisé comme un script doit être importable
- Un fichier important un module ne devrait subir d'effet de bord en exécutant les fonctionnalités du module importé
- En Python des outils comme **pydoc** ou ceux de tests unitaires ont besoin d'importer vos modules
- Votre code doit toujours vérifier `if __name__ == '__main__'` avant d'exécuter votre programme principal
- Ainsi, ce programme principal ne sera pas exécuté lorsque le module est importé
- [Un squelette de module](#)

Complément sur les listes

- Le type liste dispose de méthodes supplémentaires
- Voici la liste complète des méthodes des objets de type liste
 - **`list.append(x)`**
 - Ajoute un élément à la fin de la liste. Équivalent à `a[len(a):] = [x]`
 - **`list.extend(iterable)`**
 - Étend la liste en y ajoutant tous les éléments de l'iterable. Équivalent à `a[len(a):] = iterable`
 - **`list.insert(i, x)`**
 - Insère un élément à la position indiquée. Le premier argument est la position de l'élément courant avant lequel l'insertion doit s'effectuer, donc `a.insert(0, x)` insère l'élément en tête de la liste, et `a.insert(len(a), x)` est équivalent à `a.append(x)`
 - **`list.remove(x)`**
 - Supprime de la liste le premier élément dont la valeur est x. Une exception est levée s'il existe aucun élément avec cette valeur

Complément sur les listes

➤ `list.pop([i])`

- Enlève de la liste l'élément situé à la position indiquée, et le renvoie en valeur de retour. Si aucune position n'est indiquée, `a.pop()` enlève et renvoie le dernier élément de la liste (les crochets autour du `i` dans la signature de la méthode indiquent bien que ce paramètre est facultatif, et non que vous devez placer des crochets dans votre code)

➤ `list.clear()`

- Supprime tous les éléments de la liste, équivalent à `del a[:]`

➤ `list.index(x[, start[, end]])`

- Renvoie la position du premier élément de la liste ayant la valeur `x` (en commençant par zéro). Une exception **`ValueError`** est levée si aucun élément n'est trouvé.
- Les arguments optionnels `start` et `end` sont interprétés de la même manière que dans la notation des tranches, et sont utilisés pour limiter la recherche à une sous-séquence particulière. L'index renvoyé est calculé relativement au début de la séquence complète, et non relativement à `start`

➤ `list.count(x)`

- Renvoie le nombre d'éléments ayant la valeur `x` dans la liste

Complément sur les listes

- `list.sort(key=None, reverse=False)`
 - Trie les éléments sur place, (les arguments peuvent personnaliser le tri, voir `sorted()` pour leur explication)
- `list.reverse()`
 - Inverse l'ordre des éléments de la liste, sur place
- `list.copy()`
 - Renvoie une copie superficielle de la liste. Équivalent à `a[:]`
- Un exemple utilisant la plupart de ces méthodes

Utiliser les listes comme des piles

- Les méthodes des listes rendent très facile leur utilisation comme des piles, où le dernier élément ajouté est le premier récupéré (« dernier entré, premier sorti », ou LIFO pour « last-in, first-out »)
- Pour ajouter un élément sur la pile, utilisez la méthode `append()`
- Pour récupérer l'objet au sommet de la pile, utilisez la méthode `pop()`, sans indicateur de position

```
lists-as-piles.py x
1  #!/usr/bin/env python
2  # -*- coding: utf-8 -*-
3
4
5  def main():
6      """Lists as piles
7      """
8
9      # Create a stack
10     my_stack = [1, 2, 3, 4]
11     print("my_stack", my_stack)
12
13     # Push values on the stack
14     my_stack.append(5)
15     my_stack.append(6)
16     my_stack.append(7)
17     print("my_stack", my_stack)
18
19     # Pop values from the stack
20     print("Poped value", my_stack.pop())
21     print("my_stack", my_stack)
22     print("Poped value", my_stack.pop())
23     print("my_stack", my_stack)
24     print("Poped value", my_stack.pop())
25     print("my_stack", my_stack)
26     print("Poped value", my_stack.pop())
27     print("my_stack", my_stack)
28
29
30  if __name__ == '__main__':
31     main()
32
```


Utiliser les listes comme des files

- Il est également possible d'utiliser une liste comme une file, où le premier élément ajouté est le premier récupéré (« premier entré, premier sorti », ou FIFO pour « first-in, first-out »)
- Toutefois, les listes ne sont pas très efficaces pour ce type de traitement
- Alors que les ajouts et suppressions en fin de liste sont rapides, les opérations d'insertions ou de retraits en début de liste sont lentes (car tous les autres éléments doivent être décalés d'une position).
- Pour implémenter une file, utilisez donc la classe **`collections.deque`** qui a été conçue pour fournir des opérations d'ajouts et de retraits rapides aux deux extrémités

```
queues.py
1  #!/usr/bin/env python
2  # -*- coding: utf-8 -*-
3
4  from collections import deque
5
6
7  def main():
8      """Queues
9      """
10
11     # Create a queue
12     my_queue = deque([1, 2, 3])
13     print(my_queue)
14
15     # Append element to the right
16     my_queue.append(10)
17     print(my_queue)
18
19     # Append element to the left
20     my_queue.appendleft(100)
21     print(my_queue)
22
23     # Pop from the right
24     print("Deque", my_queue.pop())
25     print(my_queue)
26
27     # Pop from the left
28     print("Deque", my_queue.popleft())
29     print(my_queue)
30
31
32  if __name__ == '__main__':
33     #
34     # Call the main() function
35     #
36     main()
37
```

Compréhensions de listes

- Les compréhensions de listes fournissent un moyen de construire des listes de manière très concise
- Une application classique est la construction de nouvelles listes où chaque élément est le résultat d'une opération appliquée à chaque élément d'une autre séquence, ou de créer une sous-séquence des éléments satisfaisant une condition spécifique
- Par exemple, supposons que l'on veuille créer une liste de carrés
- Notez que cela crée (ou écrase) une variable nommée `x` qui existe toujours après l'exécution de la boucle
- On peut calculer une liste de carrés sans effet de bord, avec :

```
>>> carres = []
>>> for x in range(10):
...     carres.append(x**2)
...
>>> carres
[0, 1, 4, 9, 16, 25, 36, 49, 64, 81]
>>>
```

```
>>> carres = [x**2 for x in range(10)]
>>> carres
[0, 1, 4, 9, 16, 25, 36, 49, 64, 81]
>>>
```


Compréhensions de listes

- Une compréhension de liste consiste en crochets contenant une expression suivie par une clause `for`, puis par zéro ou plus clauses `for` ou `if`
- Le résultat sera une nouvelle liste résultat de l'évaluation de l'expression dans le contexte des clauses `for` et `if` qui la suivent
- Par exemple, cette compréhension de liste combine les éléments de deux listes s'ils ne sont pas égaux (Equivalent, en plus concis que la première solution)

```
>>> combines = []
>>> for x in [1,2,3]:
...     for y in [3,1,4]:
...         if x != y:
...             combines.append((x,y))
...
>>> combines
[(1, 3), (1, 4), (2, 3), (2, 1), (2, 4), (3, 1), (3, 4)]
>>>
```

```
>>> [(x, y) for x in [1,2,3] for y in [3,1,4] if x != y]
[(1, 3), (1, 4), (2, 3), (2, 1), (2, 4), (3, 1), (3, 4)]
```

Compréhensions de listes

- Les compréhensions de listes peuvent contenir des expressions complexes et des fonctions imbriquées

```
>>> from math import pi
>>> [str(round(pi, i)) for i in range(1, 6)]
['3.1', '3.14', '3.142', '3.1416', '3.14159']
>>>
```

Compréhensions de listes imbriquées

- La première expression dans une compréhension de liste peut être n'importe quelle expression, y compris une autre compréhension de liste

```
>>> matrice = [  
...     [1,2,3,4],  
...     [5,6,7,8],  
...     [9,10,11,12]  
... ]  
>>> [[row[i] for row in matrice] for i in range(4)]  
[[1, 5, 9], [2, 6, 10], [3, 7, 11], [4, 8, 12]]  
>>>
```

Compréhensions de listes imbriquées

- Les exemples suivants sont équivalents

```
>>> transpose = []
>>> for i in range(4):
...     transpose.append([row[i] for row in matrice])
...
>>> transpose
[[1, 5, 9], [2, 6, 10], [3, 7, 11], [4, 8, 12]]
>>>
```

```
>>> transpose = []
>>> for i in range(4):
...     transposed_row = []
...     for row in matrice:
...         transposed_row.append(row[i])
...     transpose.append(transposed_row)
...
>>> transpose
[[1, 5, 9], [2, 6, 10], [3, 7, 11], [4, 8, 12]]
>>>
```

Compréhensions de listes imbriquées

- Dans des cas concrets, il est toujours préférable d'utiliser des fonctions natives plutôt que des instructions de contrôle de flux complexes
- La fonction `zip()` ferait dans ce cas un excellent travail

```
>>> list(zip(*matrice))  
[(1, 5, 9), (2, 6, 10), (3, 7, 11), (4, 8, 12)]  
>>>
```


L'instruction *del*

- Il existe un moyen de retirer un élément d'une liste à partir de sa position au lieu de sa valeur : l'instruction *del*
- Elle diffère de la méthode `pop()` qui, elle, renvoie une valeur
- L'instruction *del* peut également être utilisée pour supprimer des tranches d'une liste ou la vider complètement (ce que nous avons fait auparavant en affectant une liste vide à la tranche)

```
>>> a = [-1, 1, 66.25, 333, 333, 1234.5]
>>> del a[0]
>>> a
[1, 66.25, 333, 333, 1234.5]
>>> del a[2:4]
>>> a
[1, 66.25, 1234.5]
>>> del a[:]
>>> a
[]
>>>
```

Tuples & séquences

- Nous avons vu que les listes et les chaînes de caractères ont beaucoup de propriétés en commun, comme l'indexation et les opérations sur des tranches
- Ce sont deux exemple de séquences (voir Types séquentiels — list, tuple, range)
- Comme Python est un langage en constante évolution, d'autres types de séquences y seront peut-être ajoutés
- Il existe également un autre type standard de séquence : le tuple
- Un tuple consiste en différentes valeurs séparées par des virgules

```
>>>
>>> t = 12345, 54321, 'hello!'
>>> t
(12345, 54321, 'hello!')
>>> # Les tuples peuvent etre imbriqués
... u = t, (1, 2, 3, 4, 5)
>>> u
((12345, 54321, 'hello!'), (1, 2, 3, 4, 5))
>>> # Les tuples sont imuables
... t[0] = 88888
Traceback (most recent call last):
  File "<stdin>", line 2, in <module>
TypeError: 'tuple' object does not support item assignment
>>> # mais ils peuvent contenir des objets muables
... v = ([1, 2, 3], [3, 2, 1])
>>> v
([1, 2, 3], [3, 2, 1])
>>>
```

Tuples & séquences

- Comme vous pouvez le voir, à l'affichage les tuples sont toujours encadrés par des parenthèses, de façon à ce que des tuples imbriqués soient interprétés correctement
- Ils peuvent être entrés avec ou sans parenthèses, même si celles-ci sont souvent nécessaires (notamment lorsqu'un tuple fait partie d'une expression plus longue)
- Il n'est pas possible d'affecter de valeur à un élément d'un tuple ; par contre, il est possible de créer des tuples contenant des objets mutables, comme des listes
- Si les tuples peuvent sembler similaires aux listes, ils sont souvent utilisés dans des cas différents et pour des raisons différentes
- Les tuples sont immutables et contiennent souvent des séquences hétérogènes d'éléments qui sont accédés par « déballage » (voir plus loin) ou indexation (ou même par attributs dans le cas des **namedtuples**)
- Les listes sont souvent mutable, et contiennent des éléments homogènes qui sont accédés par itération sur la liste

Tuples & séquences

- Un problème spécifique est la construction de tuples ne contenant aucun ou un seul élément : la syntaxe a quelques tournures spécifiques pour s'en accommoder
- Les tuples vides sont construits par une paire de parenthèses vides
- Un tuple avec un seul élément est construit en faisant suivre la valeur par une virgule (il n'est pas suffisant de placer cette valeur entre parenthèses)
- Pas très joli, mais efficace
- L'instruction `t = 1, 2, 3` est un exemple d'un emballage de tuple : les valeurs 1, 2 et 3 sont emballées ensemble dans un tuple
- L'opération inverse est aussi possible

```
>>> empty = ()
>>> singleton = 'Bonjour',
>>> len(empty)
0
>>> len(singleton)
1
>>> singleton
('Bonjour',)
```

```
>>> t = 1,2,3
>>> t
(1, 2, 3)
>>> x, y, z = t
>>> x
1
>>> y
2
>>> z
3
>>>
```

Tuples & séquences

- Ceci est appelé, de façon plus ou moins appropriée, un déballage de séquence et fonctionne pour toute séquence placée à droite de l'expression
- Ce déballage requiert autant de variables dans la partie gauche qu'il y a d'éléments dans la séquence
- Notez également que cette affectation multiple est juste une combinaison entre un emballage de tuple et un déballage de séquence

Les ensembles

- Python fournit également un type de donnée pour les ensembles
- Un ensemble est une collection non ordonnée sans élément dupliqué
- Des utilisations basiques concernent par exemple des tests d'appartenance ou des suppressions de doublons
- Les ensembles supportent également les opérations mathématiques comme les unions, intersections, différences et différences symétriques
- Des accolades, ou la fonction `set()` peuvent être utilisés pour créer des ensembles
- Notez que pour créer un ensemble vide, `{}` ne fonctionne pas, cela crée un dictionnaire vide
- Utilisez plutôt `set()`

Les ensembles

- $a - b$: élément de a absents de b
- $a | b$: éléments dans a ou dans b ou dans les deux
- $a \& b$: éléments dans a et dans b
- $a \wedge b$: éléments dans a ou dans b mais pas dans les deux

```
>>> panier = {'pomme', 'orange', 'pomme', 'poire', 'orange', 'banane'}
>>> print(panier)
{'poire', 'orange', 'pomme', 'banane'}
>>> 'orange' in panier
True
>>> 'raisin' in panier
False
>>>
```

```
>>> a = set('abracadabra')
>>> b = set('alacazam')
>>> a
{'d', 'a', 'r', 'c', 'b'}
>>> a - b
{'d', 'b', 'r'}
>>> a | b
{'l', 'd', 'a', 'z', 'r', 'm', 'c', 'b'}
>>> a & b
{'c', 'a'}
>>> a ^ b
{'l', 'd', 'z', 'r', 'm', 'b'}
>>>
```

Les ensembles

- Tout comme les compréhensions de listes, il est possible d'écrire des compréhensions d'ensemble

```
>>> a = {x for x in 'abracadabra' if x not in 'abc'}  
>>> a  
{ 'd', 'r' }  
>>>
```

Les dictionnaires

- Un autre type de donnée très utile, natif dans Python, est le dictionnaire
- Ces dictionnaires sont parfois présents dans d'autres langages sous le nom de « mémoires associatives » ou de « tableaux associatifs »
- À la différence des séquences, qui sont indexées par des nombres, les dictionnaires sont indexés par des clés, qui peuvent être de n'importe quel type immutable
- Les chaînes de caractères et les nombres peuvent toujours être des clés
- Des tuples peuvent être utilisés comme clés s'ils ne contiennent que des chaînes, des nombres ou des tuples
- Si un tuple contient un objet mutable, de façon directe ou indirecte, il ne peut pas être utilisé comme une clé
- Vous ne pouvez pas utiliser des listes comme clés, car les listes peuvent être modifiées en place en utilisant des affectations par position, par tranches ou via des méthodes comme **`append()`** ou **`extend()`**

Les dictionnaires

- Le plus simple est de considérer les dictionnaires comme des ensembles non ordonnés de paires clé: valeur, les clés devant être uniques (au sein d'un dictionnaire)
- Une paire d'accolades crée un dictionnaire vide : {}
- Placer une liste de paires **clé:valeur** séparées par des virgules à l'intérieur des accolades ajoute les valeurs correspondantes au dictionnaire
- C'est également de cette façon que les dictionnaires sont affichés en sortie
- Les principales opérations effectuées sur un dictionnaire consistent à stocker une valeur pour une clé et à extraire la valeur correspondant à une clé
- Il est également possible de supprimer une paire **clé:valeur** avec **del**
- Si vous stockez une valeur pour une clé qui est déjà utilisée, l'ancienne valeur associée à cette clé est perdue
- Si vous tentez d'extraire une valeur associée à une clé qui n'existe pas, une exception est levée

Les dictionnaires

- Exécuter `list(d.keys())` sur un dictionnaire `d` renvoie une liste de toutes les clés utilisées dans le dictionnaire, dans un ordre arbitraire (si vous voulez qu'elles soient triées, utilisez `sorted(d.keys())`)
- Pour tester si une clé est dans le dictionnaire, utilisez le mot-clé `in`

```
>>> telephones = {'Thierry': 5001, 'Jack': 5010, 'Joe': 5020}
>>> telephones['Jack']
5010
>>> del telephones['Jack']
>>> telephones
{'Thierry': 5001, 'Joe': 5020}
>>> telephones['Joe'] = 5010
>>> telephones
{'Thierry': 5001, 'Joe': 5010}
>>> list(telephones.keys())
['Thierry', 'Joe']
>>> sorted(telephones.keys())
['Joe', 'Thierry']
>>> 'Thierry' in telephones
True
>>> 'Jack' in telephones
False
>>>
```

Les dictionnaires

- Le constructeur `dict()` fabrique un dictionnaire directement à partir d'une liste de paires clé:valeur stockées sous la forme de tuples
- De plus, il est possible de créer des dictionnaires par compréhension depuis un jeu de clef et valeurs
- Lorsque les clés sont de simples chaînes de caractères, il est parfois plus facile de spécifier les paires en utilisant des paramètres nommés

```
>>> dict( [('Thierry',5010),('Joe',5020),('Jack',5030)] )
{'Thierry': 5010, 'Joe': 5020, 'Jack': 5030}
>>> {x: x**2 for x in (2, 4, 6)}
{2: 4, 4: 16, 6: 36}
>>> dict(Thierry=5010, Joe=5020, jack=5030)
{'Thierry': 5010, 'Joe': 5020, 'jack': 5030}
>>>
```

Techniques de boucles

- Lorsque vous faites une boucle sur un dictionnaire, les clés et leurs valeurs peuvent être récupérées en même temps en utilisant la méthode `items()`
- Lorsque vous itérez sur une séquence, la position et la valeur correspondante peuvent être récupérées en même temps en utilisant la fonction `enumerate()`

```
>>> chevalier = { 'Gallahad':'Le pur', 'Robin':'Le brave', 'Lancelot':'Du lac' }
>>> for k, v in chevalier.items():
...     print(k,v)
...
Gallahad Le pur
Robin Le brave
Lancelot Du lac
>>> for i, v in enumerate(['Tic','Tac','Toe']):
...     print(i, v)
...
0 Tic
1 Tac
2 Toe
>>>
```

Techniques de boucles

- Pour faire des boucles sur deux séquences ou plus en même temps, les éléments peuvent être associés par la fonction `zip()`

```
>>> questions = ['Nom', 'Quete', 'Couleur favorite']
>>> reponses = ['Lancelot', 'Le saint-graal', 'Bleue']
>>> for q, a in zip(questions, reponses):
...     print("Quel est votre {} ? C'est {}".format(q, a))
...
Quel est votre Nom ? C'est Lancelot.
Quel est votre Quete ? C'est Le saint-graal.
Quel est votre Couleur favorite ? C'est Bleue.
>>>
```

Techniques de boucles

- Pour faire une boucle sur une séquence inversée, commencez par créer la séquence dans son ordre normal, puis appliquez la fonction `reversed()`
- Pour faire une boucle sur une séquence triée, utilisez la fonction `sorted()`, qui renvoie une nouvelle liste triée sans altérer la source

```
>>> for i in reversed(range(1,10,2)):  
...     print(i)  
...  
9  
7  
5  
3  
1  
>>>
```

```
>>> panier = ['Pomme', 'Poire', 'Banane', 'Orange', 'Abricot', 'Banane']  
>>> for f in sorted(set(panier)):  
...     print(f)  
...  
Abricot  
Banane  
Orange  
Poire  
Pomme  
>>>
```


Techniques de boucles

- Il est parfois tentant de changer une liste pendant son itération, cependant, c'est souvent plus simple et plus sûr de créer une nouvelle liste à la place

```
>>> donnees_brutes = [56.2, float('NaN'), 51.7, 55.3, 52.5, float('NaN'), 47.8]
>>> donnees_brutes
[56.2, nan, 51.7, 55.3, 52.5, nan, 47.8]
>>> donnees_filtrees = []
>>> for valeur in donnees_brutes:
...     if not math.isnan(valeur):
...         donnees_filtrees.append(valeur)
...
>>> donnees_filtrees
[56.2, 51.7, 55.3, 52.5, 47.8]
>>>
```

- Ou bien

```
>>> donnees_filtrees = [valeur for valeur in donnees_brutes if not math.isnan(valeur)]
>>> donnees_filtrees
[56.2, 51.7, 55.3, 52.5, 47.8]
>>>
```

Plus d'informations sur les conditions

- Les conditions utilisées dans une instruction **while** ou **if** peuvent contenir n'importe quel opérateur, pas seulement des comparaisons
- Les opérateurs de comparaison **in** et **not in** testent si une valeur est présente ou non dans une séquence
- Les opérateurs **is** et **is not** testent si deux objets sont vraiment le même objet
- Ceci n'est important que pour des objets mutables comme des listes
- Tous les opérateurs de comparaison ont la même priorité, qui est plus faible que celle des opérateurs numériques
- Les comparaisons peuvent être enchaînées
- Par exemple, **a < b == c** teste si a est inférieur ou égal à b et par ailleurs si b est égal à c

Plus d'informations sur les conditions

- Les comparaisons peuvent être combinées en utilisant les opérateurs booléens **and** et **or**, le résultat d'une comparaison (ou de toute expression booléenne) pouvant être inversé avec **not**
- Ces opérateurs ont une priorité inférieure à celle des opérateurs de comparaison
- Entre eux, **not** a la priorité la plus élevée et **or** la plus faible, de telle sorte que **A and not B or C** est équivalent à **(A and (not B)) or C**
- Comme toujours, des parenthèses peuvent être utilisées pour exprimer l'instruction désirée

Plus d'informations sur les conditions

- Les opérateurs booléens **and** et **or** sont appelés opérateurs en circuit court
- Leurs arguments sont évalués de la gauche vers la droite, et l'évaluation s'arrête dès que le résultat est déterminé
- Par exemple, si **A** et **C** sont vrais et **B** est faux, **A and B and C** n'évalue pas l'expression **C**
- Lorsqu'elle est utilisée en tant que valeur et non en tant que booléen, la valeur de retour d'un opérateur en circuit court est celle du dernier argument évalué
- Il est possible d'affecter le résultat d'une comparaison ou d'une autre expression booléenne à une variable

```
>>> stringa, stringb, stringc = '', 'Thierry', 'Decker'
>>> non_nul = stringa or stringb or stringc
>>> non_nul
'Thierry'
>>>
```

Comparer des séquences avec d'autres types

- Des séquences peuvent être comparées avec d'autres séquences du même type
- La comparaison utilise un ordre lexicographique : les deux premiers éléments de chaque séquence sont comparés, et s'ils diffèrent cela détermine le résultat de la comparaison ; s'ils sont égaux, les deux éléments suivants sont comparés à leur tour, et ainsi de suite jusqu'à ce que l'une des séquences soit épuisée
- Si deux éléments à comparer sont eux-mêmes des séquences du même type, alors la comparaison lexicographique est effectuée récursivement
- Si tous les éléments des deux séquences sont égaux, les deux séquences sont alors considérées comme égales
- Si une séquence est une sous-séquence de l'autre, la séquence la plus courte est celle dont la valeur est inférieure
- La comparaison lexicographique des chaînes de caractères utilise le code Unicode des caractères

Comparer des séquences avec d'autres types

- Quelques exemples
- Comparer des objets de type différents avec `<` ou `>` est autorisé si les objets ont des méthodes de comparaison appropriées
- Par exemple, les types numériques sont comparés via leur valeur numérique, donc `0` est égal à `0,0`, etc.
- Dans les autres cas, au lieu de donner un ordre imprévisible, l'interpréteur lancera une exception **`TypeError`**

```
>>> (1, 2, 3) < (1, 2, 4)
True
>>> ['a', 'b', 'c'] > ['a', 'b', 'b']
True
>>> 'ABC' < 'C' < 'Pascal' < 'Java'
False
>>> 'ABC' < 'C'
True
>>> 'ABC' < 'C' < 'Pascal'
True
>>> 'ABC' < 'C' < 'Pascal' < 'Python'
True
>>>
```


Références

- Python.org : <https://www.python.org/>
- Learning Python : <https://github.com/thierydecker/learning-python>
- ...

Outils

- IDE Pycharm Community : <https://www.jetbrains.com/pycharm/>
- Analyse en ligne de code Python : <http://www.pythontutor.com/>
- ...