

---

# Guide pour le tri

Version 3.9.20

Guido van Rossum  
and the Python development team

septembre 08, 2024

Python Software Foundation  
Email : docs@python.org

## Table des matières

1	Les bases du tri	2
2	Fonctions clef	2
3	Fonctions du module <i>operator</i>	3
4	Ascendant et descendant	3
5	Stabilité des tris et tris complexes	4
6	La méthode traditionnelle utilisant Decorate-Sort-Undecorate	4
7	La méthode traditionnelle d'utiliser le paramètre <i>cmp</i>	5
8	Curiosités et conclusion	6

---

**Auteur** Andrew Dalke et Raymond Hettinger

**Version** 0.1

Les listes Python ont une méthode native `list.sort()` qui modifie les listes elles-mêmes. Il y a également une fonction native `sorted()` qui construit une nouvelle liste triée depuis un itérable.

Dans ce document, nous explorons différentes techniques pour trier les données en Python.

# 1 Les bases du tri

Un tri ascendant simple est très facile : il suffit d'appeler la fonction `sorted()`. Elle renvoie une nouvelle liste triée :

```
>>> sorted([5, 2, 3, 1, 4])
[1, 2, 3, 4, 5]
```

Vous pouvez aussi utiliser la méthode `list.sort()`. Elle modifie la liste elle-même (et renvoie `None` pour éviter les confusions). Habituellement, cette méthode est moins pratique que la fonction `sorted()` -- mais si vous n'avez pas besoin de la liste originale, cette technique est légèrement plus efficace.

```
>>> a = [5, 2, 3, 1, 4]
>>> a.sort()
>>> a
[1, 2, 3, 4, 5]
```

Une autre différence est que la méthode `list.sort()` est seulement définie pour les listes. Au contraire, la fonction `sorted()` accepte n'importe quel itérable.

```
>>> sorted({1: 'D', 2: 'B', 3: 'B', 4: 'E', 5: 'A'})
[1, 2, 3, 4, 5]
```

## 2 Fonctions clef

`list.sort()` et `sorted()` ont un paramètre `key` afin de spécifier une fonction (ou autre callable) qui peut être appelée sur chaque élément de la liste avant d'effectuer des comparaisons.

Par exemple, voici une comparaison de texte insensible à la casse :

```
>>> sorted("This is a test string from Andrew".split(), key=str.lower)
['a', 'Andrew', 'from', 'is', 'string', 'test', 'This']
```

La valeur du paramètre `key` doit être une fonction (ou autre callable) qui prend un seul argument et renvoie une clef à utiliser à des fins de tri. Cette technique est rapide car la fonction clef est appelée exactement une seule fois pour chaque enregistrement en entrée.

Un usage fréquent est de faire un tri sur des objets complexes en utilisant les indices des objets en tant que clef. Par exemple :

```
>>> student_tuples = [
...     ('john', 'A', 15),
...     ('jane', 'B', 12),
...     ('dave', 'B', 10),
... ]
>>> sorted(student_tuples, key=lambda student: student[2])    # sort by age
[('dave', 'B', 10), ('jane', 'B', 12), ('john', 'A', 15)]
```

La même technique marche pour des objets avec des attributs nommés. Par exemple :

```
>>> class Student:
...     def __init__(self, name, grade, age):
...         self.name = name
...         self.grade = grade
...         self.age = age
```

(suite sur la page suivante)

```
...     def __repr__(self):
...         return repr((self.name, self.grade, self.age))
```

```
>>> student_objects = [
...     Student('john', 'A', 15),
...     Student('jane', 'B', 12),
...     Student('dave', 'B', 10),
... ]
>>> sorted(student_objects, key=lambda student: student.age)    # sort by age
[('dave', 'B', 10), ('jane', 'B', 12), ('john', 'A', 15)]
```

### 3 Fonctions du module *operator*

Les fonctions clef utilisées ci-dessus sont courantes, donc Python fournit des fonctions permettant de rendre plus simple et plus rapide l'usage des fonctions d'accesseur. Le module `operator` contient les fonctions `itemgetter()`, `attrgetter()`, et `methodcaller()`.

En utilisant ces fonctions, les exemples au dessus deviennent plus simples et plus rapides :

```
>>> from operator import itemgetter, attrgetter
```

```
>>> sorted(student_tuples, key=itemgetter(2))
[('dave', 'B', 10), ('jane', 'B', 12), ('john', 'A', 15)]
```

```
>>> sorted(student_objects, key=attrgetter('age'))
[('dave', 'B', 10), ('jane', 'B', 12), ('john', 'A', 15)]
```

Les fonctions du module *operator* permettent plusieurs niveaux de tri. Par exemple, pour trier par *grade* puis par *age* :

```
>>> sorted(student_tuples, key=itemgetter(1,2))
[('john', 'A', 15), ('dave', 'B', 10), ('jane', 'B', 12)]
```

```
>>> sorted(student_objects, key=attrgetter('grade', 'age'))
[('john', 'A', 15), ('dave', 'B', 10), ('jane', 'B', 12)]
```

### 4 Ascendant et descendant

`list.sort()` et `sorted()` acceptent un paramètre nommé *reverse* avec une valeur booléenne. C'est utilisé pour déterminer l'ordre descendant des tris. Par exemple, pour avoir les données des étudiants dans l'ordre inverse par *age* :

```
>>> sorted(student_tuples, key=itemgetter(2), reverse=True)
[('john', 'A', 15), ('jane', 'B', 12), ('dave', 'B', 10)]
```

```
>>> sorted(student_objects, key=attrgetter('age'), reverse=True)
[('john', 'A', 15), ('jane', 'B', 12), ('dave', 'B', 10)]
```

## 5 Stabilité des tris et tris complexes

Les tris sont garantis *stables*. Cela signifie que lorsque plusieurs enregistrements ont la même clef, leur ordre original est préservé.

```
>>> data = [('red', 1), ('blue', 1), ('red', 2), ('blue', 2)]
>>> sorted(data, key=itemgetter(0))
[('blue', 1), ('blue', 2), ('red', 1), ('red', 2)]
```

Notez comme les deux enregistrements pour *blue* gardent leur ordre original et que par conséquent il est garanti que ('blue', 1) précède ('blue', 2).

Cette propriété fantastique vous permet de construire des tris complexes dans des tris en plusieurs étapes. Par exemple, afin de sortir les données des étudiants en ordre descendant par *grade* puis en ordre ascendant par *age*, effectuez un tri par *age* en premier puis un second tri par *grade* :

```
>>> s = sorted(student_objects, key=attrgetter('age'))      # sort on secondary key
>>> sorted(s, key=attrgetter('grade'), reverse=True)       # now sort on primary key, ↵
↵descending
[('dave', 'B', 10), ('jane', 'B', 12), ('john', 'A', 15)]
```

Ceci peut être encapsulé dans une fonction qui prend une liste et des n-uplets (attribut, ordre) pour les trier en plusieurs passes.

```
>>> def multisort(xs, specs):
...     for key, reverse in reversed(specs):
...         xs.sort(key=attrgetter(key), reverse=reverse)
...     return xs
```

```
>>> multisort(list(student_objects), (('grade', True), ('age', False)))
[('dave', 'B', 10), ('jane', 'B', 12), ('john', 'A', 15)]
```

L'algorithme *Timsort* utilisé dans Python effectue de multiples tris efficacement parce qu'il peut tirer avantage de l'ordre existant dans un jeu de données.

## 6 La méthode traditionnelle utilisant Decorate-Sort-Undecorate

Cette technique est appelée Decorate-Sort-Undecorate et se base sur trois étapes :

- Premièrement, la liste de départ est décorée avec les nouvelles valeurs qui contrôlent l'ordre du tri.
- En second lieu, la liste décorée est triée.
- Enfin, la décoration est supprimée, créant ainsi une liste qui contient seulement la valeur initiale dans le nouvel ordre.

Par exemple, pour trier les données étudiant par *grade* en utilisant l'approche DSU :

```
>>> decorated = [(student.grade, i, student) for i, student in enumerate(student_
↵objects)]
>>> decorated.sort()
>>> [student for grade, i, student in decorated]          # undecorate
[('john', 'A', 15), ('jane', 'B', 12), ('dave', 'B', 10)]
```

Cette technique marche parce que les *n*-uplets sont comparés par ordre lexicographique ; les premiers objets sont comparés ; si il y a des objets identiques, alors l'objet suivant est comparé, et ainsi de suite.

Il n'est pas strictement nécessaire dans tous les cas d'inclure l'indice *i* dans la liste décorée, mais l'inclure donne deux avantages :

- Le tri est stable -- si deux objets ont la même clef, leur ordre sera préservé dans la liste triée.
- Les objets d'origine ne sont pas nécessairement comparables car l'ordre des  $n$ -uplets décorés sera déterminé par au plus les deux premiers objets. Donc par exemple la liste originale pourrait contenir des nombres complexes qui pourraient ne pas être triés directement.

Un autre nom pour cette technique est [Schwartzian transform](#), après que Randal L. Schwartz l'ait popularisé chez les développeurs Perl.

Maintenant que le tri Python fournit des fonctions-clef, cette technique n'est plus souvent utilisée.

## 7 La méthode traditionnelle d'utiliser le paramètre *cmp*

Plusieurs constructions données dans ce guide se basent sur Python 2.4 ou plus. Avant cela, il n'y avait pas la fonction `sorted()` et la méthode `list.sort()` ne prenait pas d'arguments nommés. À la place, toutes les versions Python 2.x utilisaient un paramètre *cmp* pour prendre en charge les fonctions de comparaisons définies par les utilisateurs.

En Py3.0, le paramètre *cmp* a été supprimé complètement (dans le cadre d'un effort plus général pour simplifier et unifier le langage, en éliminant le conflit entre les comparaisons riches et la méthode magique `__cmp__()`).

En Python 2.x, le tri permettait en paramètre une fonction optionnelle qui peut être appelée pour faire des comparaisons. Cette fonction devrait prendre deux arguments à comparer pour renvoyer une valeur négative pour inférieur-à, renvoyer zéro si ils sont égaux, ou renvoyer une valeur positive pour supérieur-à. Par exemple, nous pouvons faire :

```
>>> def numeric_compare(x, y):
...     return x - y
>>> sorted([5, 2, 4, 1, 3], cmp=numeric_compare)
[1, 2, 3, 4, 5]
```

Ou nous pouvons inverser l'ordre de comparaison avec :

```
>>> def reverse_numeric(x, y):
...     return y - x
>>> sorted([5, 2, 4, 1, 3], cmp=reverse_numeric)
[5, 4, 3, 2, 1]
```

En portant du code depuis Python 2.X vers 3.x, des problèmes peuvent survenir quand des utilisateurs fournissent une fonction de comparaison et qu'il faut convertir cette fonction en une fonction-clef. La fonction d'encapsulation suivante rend cela plus facile à faire :

```
def cmp_to_key(mycmp):
    'Convert a cmp= function into a key= function'
    class K:
        def __init__(self, obj, *args):
            self.obj = obj
        def __lt__(self, other):
            return mycmp(self.obj, other.obj) < 0
        def __gt__(self, other):
            return mycmp(self.obj, other.obj) > 0
        def __eq__(self, other):
            return mycmp(self.obj, other.obj) == 0
        def __le__(self, other):
            return mycmp(self.obj, other.obj) <= 0
        def __ge__(self, other):
            return mycmp(self.obj, other.obj) >= 0
        def __ne__(self, other):
            return mycmp(self.obj, other.obj) != 0
    return K
```

Pour convertir une fonction clef, il suffit d'encapsuler l'ancienne fonction de comparaison :

```
>>> sorted([5, 2, 4, 1, 3], key=cmp_to_key(reverse_numeric))
[5, 4, 3, 2, 1]
```

En Python 3.2, la fonction `functools.cmp_to_key()` a été ajoutée au module `functools` dans la librairie standard.

## 8 Curiosités et conclusion

- Pour du tri de texte localisé, utilisez `locale.strxfrm()` en tant que fonction clef ou `locale.strcoll()` comme fonction de comparaison.
- Le paramètre `reverse` maintient toujours un tri stable (de telle sorte que les enregistrements avec des clefs égales gardent le même ordre). Notez que cet effet peut être simulé sans le paramètre en utilisant la fonction native `reversed()` deux fois :

```
>>> data = [('red', 1), ('blue', 1), ('red', 2), ('blue', 2)]
>>> standard_way = sorted(data, key=itemgetter(0), reverse=True)
>>> double_reversed = list(reversed(sorted(reversed(data), key=itemgetter(0))))
>>> assert standard_way == double_reversed
>>> standard_way
[('red', 1), ('red', 2), ('blue', 1), ('blue', 2)]
```

- The sort routines use `<` when making comparisons between two objects. So, it is easy to add a standard sort order to a class by defining an `__lt__()` method :

```
>>> Student.__lt__ = lambda self, other: self.age < other.age
>>> sorted(student_objects)
[('dave', 'B', 10), ('jane', 'B', 12), ('john', 'A', 15)]
```

Notez toutefois que l'opérateur `<` peut utiliser la méthode `__gt__()` si `__lt__()` n'est pas implémentée ; voir `object.__lt__()`.

- Les fonctions clef n'ont pas besoin de dépendre directement des objets triés. Une fonction clef peut aussi accéder à des ressources externes. En l'occurrence, si les grades des étudiants sont stockés dans un dictionnaire, ils peuvent être utilisés pour trier une liste différentes de noms d'étudiants :

```
>>> students = ['dave', 'john', 'jane']
>>> newgrades = {'john': 'F', 'jane': 'A', 'dave': 'C'}
>>> sorted(students, key=newgrades.__getitem__)
['jane', 'dave', 'john']
```