Chapitre (S1) 3 Listes

Objectifs
- Connaître l'objet *list* de python.
- Savoir manipuler les listes.
- Connaître les problèmes liés à la copie de listes.

1. NOTION DE LISTE

1.1. Qu'est ce qu'une liste ?

Une liste est une séquence (suite) d'objets qui peuvent être de types différents (y compris des listes). Chaque élément d'une liste possède un indice, le premier porte l'indice 0, le suivant a l'indice 1, etc. Une liste s'écrit entre deux crochets et ses éléments sont séparés d'une virgule.

1.2. Création d'une liste

Une liste peut être définie en **extension** en écrivant tous ses éléments :

```
>>> liste = [1, 2.5, [1, 2], 'toto']
>>> type(liste)
<class 'list'>
```

Une liste peut également être définie en **compréhension** en donnant une « formule » construisant la liste :

```
>>> liste = [i**2 for i in range(10)]  # liste des carrés des \
↪ entiers <10
>>> liste
[0, 1, 4, 9, 16, 25, 36, 49, 64, 81]
```

On peut créer une liste vide de deux manières différentes :

```
>>> L1 = []
>>> L2 = list()
```

La fonction `list(<objet>)` peut être utilisée pour créer une liste d'éléments à partir de n'importe quelle objet itérable [1] :

```
>>> L1 = list('Bonjour')
>>> L1
['B', 'o', 'n', 'j', 'o', 'u', 'r']
>>> L2 = list(range(1,10,2))
>>> L2
[1, 3, 5, 7, 9]
```

1. c'est-à-dire que l'on peut parcourir au moyen d'une boucle `for`

2. OPÉRATIONS ÉLÉMENTAIRES SUR UNE LISTE

2.1. Longueur d'une liste

Dans le cas d'une liste, la fonction `len()` renvoie le nombre d'objets présents dans cette liste.

```
>>> liste = [1, 2.5 ,[1, 2], 'toto']
>>> len(liste)
4
```

2.2. Comparaison & Appartenance

La comparaison entre listes est possible mais n'est pas très employée. Elle est basée sur une comparaison *lexicographique*[2], et deux éléments distincts ne peuvent être comparés que s'ils sont de même type.

Par contre, le test d'égalité == entre listes est d'usage courant, il donne la valeur **`True`** si les deux listes ont les mêmes éléments dans le même ordre, **`False`** sinon.

```
>>> [1, 5] < [3, 4]  # ordre lexicographique
True
>>> [1, 2, 8] < [3]
True
>>> [1, 2] < ['3', 4]
Traceback (most recent call last):
  File "<input>", line 1, in <module>
TypeError: '<' not supported between instances of 'int' and \
↪ 'str'
>>> [1, 2] == ['3', 4]
False
>>> L = [1, 2]
>>> L == [1, 2]
True
```

2. C'est-à-dire l'ordre du dictionnaire

Exercice 1 [Sol 1] Expliquez les résultats des appels précédents.

Pour savoir si une valeur figure dans une liste on utilise l'opérateur **`in`** :

```
>>> liste = [1, 2.5, 'toto', [1, 2]]
>>> 1 in liste
True
>>> 2 in liste
False
>>> [1, 2] in liste
True
```

2.3. Concaténation, répétition

La concaténation (+) permet de mettre deux listes bout à bout pour en faire une nouvelle. La répétition (∗) permet de créer une liste en répétant un certain nombre de fois un ou plusieurs éléments.

```
>>> liste1 = ['lundi', 'mardi', 'mercredi']
>>> liste2 = ['jeudi', 'vendredi']
>>> liste3 = liste1 + liste2  # concaténation
>>> liste3
['lundi', 'mardi', 'mercredi', 'jeudi', 'vendredi']
>>> liste4 = [0] *7  # répétition
>>> liste4
[0, 0, 0, 0, 0, 0, 0]
```

2.4. Accès aux éléments

Les éléments d'une liste sont indicés à partir de 0. L'élément ℓ_i d'indice i d'une liste `L` s'écrit `L[i]`. On peut représenter la liste `L` , contenant n éléments par : `L` = $[\ell_0, \ell_1, \ldots, \ell_{n-1}]$.

```
>>> liste = [1, 2.5 , [1, 2], 'toto']
>>> liste[1]
2.5
>>> liste[2]
```

```
[1, 2]
```

Il est possible d'utiliser des indices négatifs :

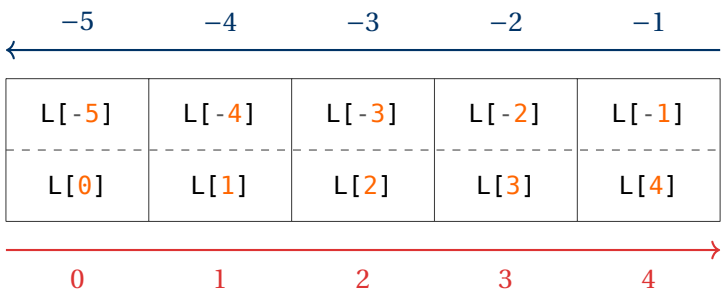
```
>>> liste = [1, 2.5 , [1, 2], 'toto']
>>> liste[-1] # accès au dernier élément
'toto'
>>> liste[-2] # l'avant-dernier
[1, 2]
```

Les listes sont des objets **mutables** : on peut donc modifier les éléments individuellement :

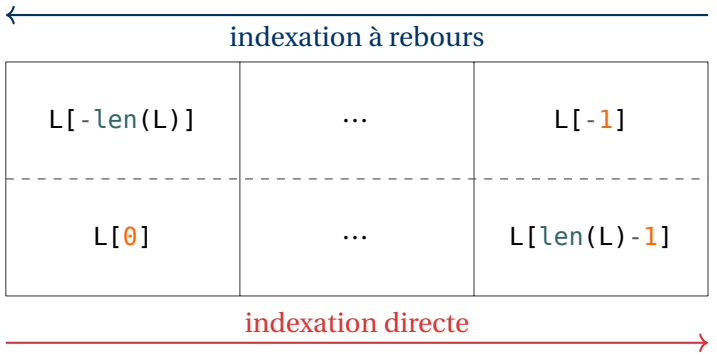
```
>>> liste = [1, 2.5 , [1, 2], 'toto']
>>> liste[1] = 3
>>> liste
[1, 3, [1, 2], 'toto']
```

Si un élément d'une liste est une liste, on peut modifier de même ses éléments :

```
>>> liste = [1, 2.5 , [1, 2], 'toto']
>>> liste[2][0] = 'un'
>>> liste
[1, 2.5, ['un', 2], 'toto']
```



Indexation des éléments d'une liste de longueur 5



Indexation des éléments d'une liste quelconque

2.5. Parcours de liste

Il existe plusieurs manières de parcourir une liste. On peut utiliser une boucle **for** avec un indice (parcours par indice) :

```
>>> liste = [1, 2.5, 'toto']
>>> for i in range(len(liste)): print(i, liste[i])
...
0 1
1 2.5
2 toto
```

Les listes sont des objets **itérables** et peuvent donc être parcourues à l'aide d'une boucle **for** sur une variable parcourant la liste (parcours par élément) :

```
>>> liste = [1, 2.5, 'toto']
>>> for el in liste: print(el)
...
1
2.5
toto
```

On peut également utiliser `enumerate` :

```
>>> liste = [1, 2.5, 'toto']
>>> for (i,el) in enumerate(liste): print(i,el)  # i est \
↪ l'indice
```

```
...
0 1
1 2.5
2 toto
```

3. OPÉRATIONS PLUS AVANCÉES SUR LES LISTES

3.1. Slicing

Pour extraire une sous-liste d'une liste L on utilise le « slicing » : `L[dep:fin:pas]`. Exemples :

```
>>> liste = [1, 2 , [1, 2], 'toto', 4.2]
>>> liste[:3]  # les 3 premiers
[1, 2, [1, 2]]
>>> liste[1::2]  # de 2 en 2 à partir du deuxième
[2, 'toto']
>>> liste[1:]  # tout à partir du deuxième
[2, [1, 2], 'toto', 4.2]
>>> liste[-3:]  # les 3 derniers
[[1, 2], 'toto', 4.2]
>>> liste[3:0:-1] # du 4ième au 2ième en sens inverse
['toto', [1, 2], 2]
```

Le pas est facultatif et vaut 1 par défaut. Si l'argument `dep` est omis, alors c'est 0 par défaut (début de la liste), si l'argument `fin` est omis, alors c'est jusqu'à la fin de la liste. Si le pas est négatif il faut raisonner de droite à gauche. L'instruction **`del`** permet la suppression d'un élément (ou d'une tranche) connaissant son indice :

```
>>> liste = [0, 1, '3/2', 2, 3, 4]
>>> del liste[5]
>>> liste
[0, 1, '3/2', 2, 3]
>>> del liste[:2] # suppression des 2 premiers
>>> liste
['3/2', 2, 3]
```

Il est bon de savoir réaliser « à la main » quelques modifications élémentaires de listes.

Exercice 2 **Modifications de listes** [Sol 2] On donne pour chaque question une liste `L` pré-remplie. Dans chaque cas, écrire une instruction qui modifie `L` pour parvenir à la liste `L=[1,2,3,4,5]` (plusieurs réponses possibles).

1) `L=[1,2,3]`

2) `L=[3,4,5]`

3) `L=[1,2,5]`

4) `L=[1,2,3,4,5,6,7]`

5) `L=[-1,0,1,2,3,4,5]`

6) `L=[1,2,3,3.5,4,5]`. Que donne `L[3] = []` ?

3.2. Méthodes associées aux listes

On les trouve en tapant dans la console `dir(list)`, ce qui donne :

```
>>> dir(list)
['__add__', '__class__', '__class_getitem__', '__contains__', \
↪ '__delattr__', '__delitem__', '__dir__', '__doc__', '__eq__', \
↪ '__format__', '__ge__', '__getattribute__', '__getitem__', \
↪ '__getstate__', '__gt__', '__hash__', '__iadd__', '__imul__', \
↪ '__init__', '__init_subclass__', '__iter__', '__le__', \
↪ '__len__', '__lt__', '__mul__', '__ne__', '__new__', \
↪ '__reduce__', '__reduce_ex__', '__repr__', '__reversed__', \
↪ '__rmul__', '__setattr__', '__setitem__', '__sizeof__', \
↪ '__str__', '__subclasshook__', 'append', 'clear', 'copy', \
↪ 'count', 'extend', 'index', 'insert', 'pop', 'remove', \
↪ 'reverse', 'sort']
```

On obtient ainsi la liste des méthodes applicables aux listes. Certaines de ces méthodes seront utilisées par la suite, il convient donc de connaitre leur syntaxe.

3.3. Méthodes append et insert

Pour ajouter un objet en fin de liste il y a la méthode `append(<objet>)` :

```
>>> liste = [1, 2, 3]
>>> liste.append(4)
>>> liste
[1, 2, 3, 4]
```

Pour insérer un objet à l'indice *i* il y a la méthode `insert(<indice>,<objet>)`

```
>>> liste = [1, 2, 5]
>>> liste.insert(2, 4)
>>> liste.insert(2, 3)
>>> liste
[1, 2, 3, 4, 5]
```

Remarque 1 Comme vu précédemment, pour insérer une sous-liste à l'indice *i* on utilise le « slicing » :

```
>>> liste = [1, 2, 5]
>>> liste[2:2] = [3, 4]  # insertion à l'indice 2
>>> liste
[1, 2, 3, 4, 5]
```

On notera bien la différence avec l'instruction `liste.insert(2,[3,4])`, qui conduit à la liste `[1,2,[3,4],5]`. Ainsi, le principe du « slicing » permet de faire des insertions/suppressions en remplaçant la liste extraite (à gauche de l'affectation) par une autre sous-liste (à droite de l'affectation) :

```
>>> liste = [1, 2, 2.5, '11/4', 4, 5]
>>> liste[2:4] = [3]
>>> liste
[1, 2, 3, 4, 5]
```

3.4. Méthodes pop et remove

La méthode `pop()` renvoie le dernier élément d'une liste, cet élément est alors supprimé de la liste :

```
>>> liste = [1, 2, 3, 4]
>>> liste.pop()
4
>>> liste
[1, 2, 3]
```

On voit dans l'exécution précédente, que l'instruction `liste.pop()` retourne quelque chose. On peut le stocker dans une variable si besoin.

```
>>> liste = [1, 2, 3, 4]
>>> x = liste.pop()
>>> x
4
```

La méthode `remove(<valeur>)` permet de suppxrimer la première occurrence d'une `<valeur>` dans une liste :

```
>>> liste = [1, 2, 'trois', 3, 4, 'trois']
>>> liste.remove('trois')  # suppression valeur d'indice 2
>>> liste
[1, 2, 3, 4, 'trois']
```

Exercice 3 [Sol 3]

1) Écrire la fonction `mixer(c1: list, c2: list)->list` qui renvoie la liste obtenue en mixant les deux arguments de la manière suivante : `[c1[0],c2[0],c1[1],c2[1],...]`, on s'arrête lorsque la liste la plus courte a été épuisée.

2) **[Mixage de listes]** Étant donné une liste L d'entiers compris entre 0 (inclus) et 100 (exclu), écrire la fonction : `compter(L: list)->list` qui renvoie la liste des nombres d'entiers de la liste L compris dans l'intervalle $[10k;10(k+1)[$ pour k allant de 0 à 9.

3) [Moyenne] On considère une liste de taille n contenant uniquement des nombres $L = [\ell_0, \ell_1, \ldots, \ell_{n-1}]$. La moyenne des nombres de la liste est donnée par $\overline{m} = \frac{1}{n}\sum_{k=0}^{n-1} \ell_k$. Écrire une fonction `moy(L: list)->float` qui renvoie la valeur de la moyenne des éléments de la liste.

4) [Variance] On définit de même la variance de cet ensemble de nombre par $v = \frac{1}{n}\sum_{k=0}^{n-1} (\ell_k - \overline{m})^2$. Écrire une fonction `var(L: list)->float` qui renvoie la valeur de la variance des éléments de la liste.

4. COPIE D'UNE LISTE

4.1. Origine du problème

Une affectation ne duplique pas l'objet `list` (essentiellement pour des raisons d'occupation mémoire) mais crée une deuxième étiquette sur cet objet [3]. Les listes étant des objets mutables, ceci peut donner lieu à certains comportements surprenants lors de copies. En effet, si on a bien :

```
>>> a = 1
>>> b = a
>>> a, b
(1, 1)
>>> a = 2
>>> a, b
(2, 1)
```

on obtient de manière plus surprenante (au premier abord) :

```
>>> L1 = [1, 2, 3, [1, 2, 3]]
>>> L2 = L1
>>> L1[0] = 0
>>> L1[3][0] = 0
>>> L1
[0, 2, 3, [0, 2, 3]]
>>> L2
[0, 2, 3, [0, 2, 3]]
```

3. Une étiquette est un nom que l'on donne à un objet, c'est le nom qui est à gauche du symbole d'affectation (=). Concrètement, cela représente une adresse mémoire.

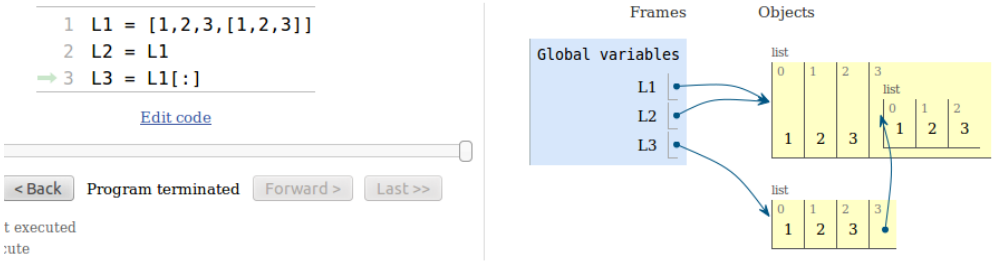
Comme on peut le constater, la modification de L1 a été répercutée sur la variable L2. En effet, les éléments de L1 n'ont pas été dupliqués, c'est l'adresse mémoire du contenu de L1 qui a été dupliquée dans L2, donc L1 et L2 pointent vers un même contenu en mémoire.

4.2. Comment dupliquer une liste ?

Une première idée pour dupliquer une liste est d'extraire toute la liste, mais le problème se retrouve au niveau des éléments qui sont eux-même des listes, ils ne seront pas dupliqués. Pour dupliquer totalement une liste, on utilise la commande `deepcopy` du module `copy`. On obtient alors :

```
>>> L1 = [1, 2, 3, [1, 2, 3]]
>>> L2 = L1
>>> L3 = L1[:]
>>> from copy import deepcopy
>>> L4 = deepcopy(L1)
>>> L1[0] = 0
>>> L1[3][0] = 0
>>> L1
[0, 2, 3, [0, 2, 3]]
>>> L2
[0, 2, 3, [0, 2, 3]]
>>> L3
[1, 2, 3, [0, 2, 3]]
>>> L4
[1, 2, 3, [1, 2, 3]]
```

On peut visualiser la gestion mémoire lors des affectations à l'aide de la figure ci-dessous :



Visualisation d'affectations sur le site pythontutor

SOLUTIONS DES EXERCICES

Solution 1

- ligne 2 : retourne `True` car 1 < 3,
- ligne 4 : retourne `True` car 1 < 3,
- ligne 8 : retourne une erreur car on ne peut comparer un entier (`1`) avec une chaîne (`'3'`),
- ligne 10 : retourne `False` car `1 == '3'`,
- ligne 13 : `L` et `[1, 2]` sont de même longueur et ont les mêmes éléments ;

Solution 2

1) L = L+[4,5] (ou bien L += [4,5])

2) L+= [1, 2]

3) L[2:2]=[3,4]

4) L[5:]=[] (ou bien del L[5:])

5) L[:2]=[] (ou bien del L[:2])

6) L[3:4]=[] (ou bien del L[3:4]). L'instruction `L[3] = []` conduit à `[1,2,3,[],4,5]`

Solution 3

1) On part d'une liste vide à laquelle on ajoute successivement un caractère de c1 suivi d'un caractère de c2 :

```
def mixer(c1: list, c2:list)->list:
    """mixer les listes c1 et c2"""
    m = min([len(c1), len(c2)])  # longueur min
    s = []  # pour le résultat
    for i in range(m):
        s.append(c1[i])
        s.append(c2[i])
    return s
```

```
>>> c1 = ['a', 'b', 'c', 'd']
>>> c2 = [1, 2, 3, 4, 5, 6]
>>> c3 = mixer(c1, c2)
>>> c3
['a', 1, 'b', 2, 'c', 3, 'd', 4]
```

2) L'idée est de parcourir la liste et calculer la tranche de chaque élément :

```
def compter(L: list)->list:
    """compter les entiers dans [10k; 10(k+1)[, 0<=k<=9"""
    s = [0]*10  # dix compteurs à 0
    for i in L:
        k = i // 10  # calcul de la tranche de i
        s[k] += 1  # ajouter 1 au compteur correspondant
    return s
```

```
>>> L = [rd.randint(0, 99) for _ in range(10)]
>>> L
[67, 73, 41, 11, 13, 63, 73, 0, 77, 51]
>>> rep = compter(L)
>>> rep
[1, 2, 0, 0, 1, 1, 2, 3, 0, 0]
```

3) Il suffit de parcourir la liste et de sommer les différents termes :

■■ Moyenne d'une liste de nombres

```
def moy(L:list)->float:
    """Calcule la moyenne d'une liste de nombres"""
    n = len(liste)
    somme = 0  #  initialisation de la somme des éléments de \
    ↪ la liste
    for el in L:
        somme += el
    return somme / n
```

4) **■■ Variance d'une liste de nombres**

```
def var(L: list)->float:
    n = len(L)
    s = 0
```

```
    m = moy(L)
    for el in L:
        s += (el-m)**2
    return s / n
```