Programmation avec Python - Automne 2016
Bruno Martin & Jean-Paul Roy
L1-Sciences
http://deptinfo.unice.fr/~roy

Cours n°8

Dictionnaires et Ensembles

Où en sommes-nous des types de données ?

- Quels types de données avons-nous déjà rencontrés ?
- Quelques *types simples* : `int`, `float`, `bool`

```
>>> type(-45)
<class 'int'>
```

```
>>> type(23.7)
<class 'float'>
```

```
>>> type(False)
<class 'bool'>
```

- Quelques *types composés*, suites numérotées d'objets. Nous avons vu trois sortes de **séquences** : `str`, `list`, `tuple`

```
>>> type('foo')
<class 'str'>
```

```
>>> type([2,6,1])
<class 'list'>
```

```
>>> type((2,6,1))
<class 'tuple'>
```

- Nous allons découvrir deux nouveaux types composés, les **ensembles** et les **dictionnaires** : `set`, `dict`

```
>>> type({2,6,1})
<class 'set'>
```

```
>>> type({'prix':50, 'nom':'Eska'})
<class 'dict'>
```


Les ensembles

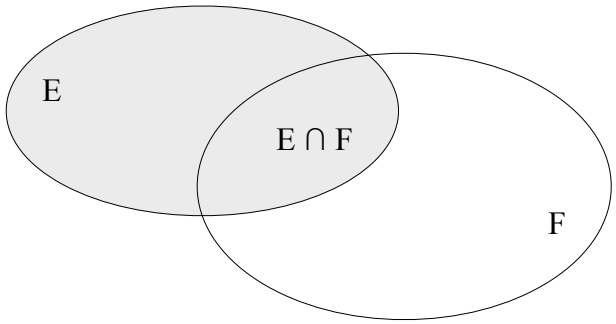


Diagramme de Venn

Origine :
Georg Cantor (1845-1918),
mathématicien allemand.

Qu'est-ce qu'un ensemble ?

- Un **ensemble** en Python est une collection d'objets ***sans répétition*** et **sans ordre** (donc **sans numérotation**). Ce n'est PAS une séquence !
- On les note comme en maths avec des accolades {...}. Les éléments sont de types quelconques. Exemples :

```
{5,3,-8,2}    {'o','e','y','u','a','i'}    {5,'foo',(3,-2),7.4}
```

- L'ensemble vide se note `set()` et non `{}` qui crée un dictionnaire !
- Un ensemble est défini à l'ordre près :

```
>>> {3,1,2} == {2,3,1}
True
>>> {3,2,3,2} == {2,3}
True
```

- Un ensemble paraît trié en interne mais c'est uniquement pour accélérer la recherche d'un élément :

```
>>> e = {3,'b',2,'a',5}
>>> e
{2,3,'a',5,'b'}
```

Accès aux éléments d'un ensemble

• Les éléments d'un ensemble ne sont **pas numérotés**. On ne peut pas utiliser une notation comme `e[i]` puisque parler de l'élément numéro i n'a pas de sens ! Le type **set** n'est **pas une séquence** !

• L'opérateur `in` permet de savoir si un objet **appartient** à un ensemble.

• L'opération E < F permet de tester si l'ensemble E est **strictement inclus** dans l'ensemble F.

```
>>> {2,4} < {1,2,3,4}
True
```

• Axiome du choix : il est possible d'obtenir un élément (lequel ?) d'un ensemble `E` et de le supprimer en même temps avec la méthode `pop()`.

```
>>> E = {5,2,3,1}
>>> x = E.pop()
>>> (x, E)
(1, {2,3,5})
```

*donc un ensemble est **mutable** !*

Le nombre d'éléments d'un ensemble

• On parle aussi du ***cardinal*** d'un ensemble. Il s'agit de la fonction `len`.

```
>>> E = {5,2,3,1}
>>> len(E)
4
```

• Si elle n'existait pas, on pourrait la programmer. Notons au passage qu'un ensemble est un objet itérable.

```
def cardinal(E) :
    res = 0
    while E != set() :
        x = E.pop()
        res = res + 1
    return res
```

Aïe : mutation !

```
def cardinal(E) :
    res = 0
    for x in E :
        res = res + 1
    return res
```

```
def cardinal(E) :
    return sum(1 for x in E)
```


Comment construire un ensemble ?

• En **extension** :

```
>>> E = {5,2,3,1}
>>> E
{1, 2, 3, 5}
```

• En **compréhension** :

```
>>> E = {x*x for x in range(20) if x % 3 == 0}
>>> E
{0, 225, 36, 9, 144, 81, 324}
```

• Avec le **constructeur** `set(...)` de la classe `set` :

```
>>> E = set('aeiouy')
>>> E
{'o', 'i', 'e', 'a', 'y', 'u'}
```

```
>>> E = set([5,2,5,6,2])
>>> E
{2, 5, 6}
```

• En ajoutant un élément à un ensemble E avec la méthode `E.add(x)`

```
>>> E = {5,3,2,1}
>>> E.add(8)
```

```
>>> E
{8,1,2,3,5}
```

mutation !

Opérations sur les ensembles

• L'**ensemble vide** se note `set()` et non `{}` !

• La **réunion** E ∪ F = {x : x ∈ E ou x ∈ F} se note `E | F` en Python.

```
>>> {3,2,5,4} | {1,7,2,5}
{1, 2, 3, 4, 5, 7}
```

• L'**intersection** E ∩ F = {x : x ∈ E et x ∈ F} se note `E & F` en Python.

```
>>> {3,2,5,4} & {1,7,2,5}
{2, 5}
```

• La **différence** E - F = {x : x ∈ E et x ∉ F} se note `E - F` en Python.

```
>>> {3,2,5,4} - {1,7,2,5}
{3, 4}
```

• Ne pas confondre `E - {x}` qui construit un nouvel ensemble, avec la méthode `E.remove(x)` qui supprime x de l'ensemble `E` (mutation).

• Nous avons déjà vu la construction d'un ensemble par **compréhension** :

```
>>> E = {x*x for x in range(20) if x % 3 == 0}
>>> E
{0, 225, 36, 9, 144, 81, 324}
```

• La primitive `filter` permet de parcourir un objet itérable (`str`, `list`, `tuple`, `range`, `set`, `dict`) et d'obtenir un itérateur sur les objets retenus. Quitte à le parcourir, à le transformer en liste, en ensemble, etc. Attention, une fois utilisé, il est épuisé ! Style de programmation très pythoniste...

```
>>> F = filter(lambda x : x % 2 == 0, {3,2,5,4,1,6,9,0})
>>> F
<filter object at 0x102f46f50>
>>> set(F)          # ou bien : for x in F : ...
{0, 2, 4, 6}
>>> set(F)          # F a été épuisé par l'itération  !
set()
```

HORS PROGRAMME !

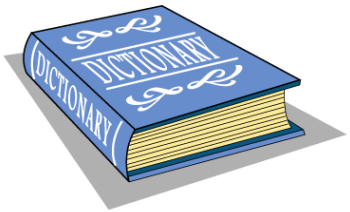
Les ensembles gelés (frozenset)

```
>>> {(1,2),(3,4)}          # un ensemble de tuples
{(1, 2), (3, 4)}
>>> E = {[1,2],[3,4]}      # un ensemble de listes ?
TypeError: unhashable type: 'list'
```

• Un ensemble construit par `set(...)` est **mutable**. Mais ses éléments ne peuvent pas être mutables. On peut faire des ensembles de tuples (par exemple des ensembles de points du plan) mais pas d'ensembles dont les éléments sont des listes ou des ensembles !

• Pour faire des ensembles de listes ou d'ensembles, il faut utiliser le constructeur `frozenset(...)` qui n'est PAS AU PROGRAMME de L1.

Les dictionnaires



Qu'est-ce qu'un **dictionnaire** ?

• Un **dictionnaire** est une collection non numérotée de couples `var:val` où `var` est un objet *non mutable* (la **clé**) et où `val` est n'importe quelle valeur. Toutes les clés sont **distinctes** !

```
>>> stock = {'poires':51, 'pommes':243}
>>> stock
{'pommes': 243, 'poires': 51}                # aucun ordre !
```

```
>>> len(stock)
2
```

```
>>> 'pommes' in stock
True
```

```
>>> stock['pommes']
243
```

• Le **dictionnaire vide** se note `{}` ou mieux `dict()`.

• On peut modifier la valeur associée à une clé, ou rajouter un nouveau couple clé/valeur :

```
>>> stock['pommes'] = 100
>>> stock['bananes'] = 18
```

⟹

```
>>> len(stock)
3
```

Accès aux éléments d'un dictionnaire

• On peut TRES VITE **accéder à la valeur associée à une clé**. C'est le principal intérêt des dictionnaires (techniquement : des ***tables de hash-code***). La recherche est pratiquement instantanée !

```
>>> stock['pommes']
243
```

```
>>> stock[243]
KeyError : 243
```

*243 n'est pas une **clé** !*

• La recherche est donc **unidirectionnelle**, comme dans un dictionnaire Français-->Anglais. On va de la clé vers la valeur !

• **La clé doit être non mutable**. Donc essentiellement des chaînes et des nombres mais pas de listes. On peut utiliser des tuples comme clés à condition qu'ils ne contiennent aucun objet mutable.

```
>>> dico = {1:'one', 2:'two', 3:'three'}
>>> dico[2]
'two'
```


Clé inexistante : exception ?

• Si l'on demande la valeur associée à une clé inexistante, une exception `KeyError` est levée. On peut l'attraper au vol.

```
>>> x = dico[8]
KeyError : 8
```

```
try :
   x = dico[8]
except KeyError :
   x = 'inconnu'
```

• Il est aussi possible de demander si la clé existe, avec l'opérateur `in` :

```
>>> 2 in dico
True
```

```
>>> 8 not in dico
True
```


Comment construire un dictionnaire ?

• En extension : on fournit tous les couples, dans un ordre quelconque.

```
dico = {1:'one', 2:'two', 3:'three'}
```

• Un dictionnaire est **mutable**. On peut :

- modifier la valeur associée à une clé :

```
>>> dico[2] = 'deux'
>>> dico
{1: 'one', 2: 'deux', 3: 'three'}
```

- ajouter un nouveau couple clé-valeur :

```
>>> dico[4] = 'four'
>>> dico
{1: 'one', 2: 'deux', 3: 'three', 4: 'four'}
```

- supprimer un couple dont on connaît la clé :

```
>>> dico.pop(3)
'three'
>>> dico
{1: 'one', 2: 'deux', 4: 'four'}
```


Voir les clés et les valeurs

• On peut vouloir obtenir la liste de toutes les clés ou bien la liste de toutes les valeurs. Les méthodes `keys()` et `values()` retournent des **vues** (*views*) sur les clés et les valeurs.

```
>>> dico.keys()
dict_keys([1, 2, 4])
>>> dico.values()
dict_values(['one', 'deux', 'four'])
```

des objets bizarres...

• Ces *vues* sont des **objets itérables** que l'on peut parcourir avec une boucle `for`, ou transformer en listes/ensembles :

```
cpt = 0
for k in dico.keys() :
    if k % 2 == 0 :
        cpt = cpt + 1
```

```
>>> list(dico.keys())
[1, 2, 4]
>>> set(dico.values())
{'four', 'one', 'deux'}
```

```
cpt = sum(1 for k in dico.keys() if k % 2 == 0)
```

Itération dans un dictionnaire

- Un dictionnaire étant un *objet itérable*, on peut… itérer dessus !

```
>>> dico
{1:'one', 2:'two', 3:'three'}
```

- **En réalité, on itère sur les clés** :

```
cpt = 0
for k in dico :
    if k % 2 != 0 :
        cpt = cpt + 1
```

⇔

```
cpt = 0
for k in dico.keys() :
    if k % 2 != 0 :
        cpt = cpt + 1
```

⇩

```
cpt = sum(1 for k in dico if k % 2 != 0)
```

```
>>> cpt
2
```

- Mais on peut aussi **itérer sur les valeurs** :

```
for v in dico.values() :
  if len(v) == 3 : print(v,end=' ')
```

→ one two

Application : une **mémo-fonction**

Programmer **une fonction qui se souvient des calculs déjà effectués !**

- Exemple de la factorielle. Je calcule `100!` qui demande 99 multiplications. Je calcule ensuite `101!` qui demande `100` multiplications, **au lieu d'une seule** puisque `101! == 100! * 101`. Je veux que ma fonction `fac(n)` se souvienne qu'elle a déjà calculé `100!`. Comment ?

- Il me suffit de gérer un ***dictionnaire*** associé à la fonction qui va contenir tous les couples `n:v` tels que `fac(n) == v` ait déjà été calculé !

> Pour calculer `n!` :
> - si `n` est une clé du dictionnaire associé, fini.
> - sinon :
>
> calculer `v = (n-1)! * n` ; stocker `n:v` ; retourner `v`

- On dit que le dictionnaire associé est une ***mémoire cache***.


```
mem = {0:1}          # initialisation du dictionnaire associé

def memo_fac(n) :            # calcul à mémoire des résultats
    try :
        res = mem[n]         # n! est-il déjà calculé ?
    except KeyError :        # non : je le calcule,
        res = memo_fac(n-1) * n
        mem[n] = res         # et je le stocke pour plus tard
    return res
```

- NB : On pouvait remplacer le `try…except` par `if n in mem : …`

```
>>> memo_fac(100)
933262154439441526816992388562667000000000000000000000
>>> len(mem)    # la mémoire a grossi !
101
>>> memo_fac(30)
265252859812191058636308480000000
```

→ ***Immédiat***, *car déjà calculé !*