Introduction à la programmation en Python

par Jean-Daniel Bonjour

version 2021-08-25 - © Creative Commons BY-SA

1. Introduction

1.1 Avant-propos

Ce support de cours a pour objectif de vous **introduire à la programmation Python** en se basant essentiellement sur des **exemples** et partant du principe que vous connaissez déjà d'autre(s) langage(s) de programmation. Nous ferons parfois quelques parallèles avec MATLAB / GNU Octave, langages généralement bien connus des ingénieurs.

Nous avons résolument opté, dans ce support de cours, pour la **version 3** de Python. Lorsque des différences importantes existent entre Python v2 et v3, nous les signalons avec ce

symbole P2. Avec la version 3 de Python, apparue en 2008, la fondation Python a en effet décidé de gommer certaines imperfections de jeunesse du langage. La compatibilité arrière avec les versions ≤ 2 n'est donc pas garantie, un programme écrit en Python v2 ne tournant généralement pas sans adaptations sous un interpréteur Python v3. Cette version 3 étant cependant disponible depuis suffisamment longtemps, la plupart des modules, packages, frameworks… ont été adaptés, et nous estimons il est temps de passer définitivement à Python v3.

Nous faisons usage, dans ce support de cours, des **conventions de notation** suivantes :

- le code Python est en police de caractère à `chasse fixe` (en utilisant la coloration syntaxique offerte par Pandoc), de même que les touches de clavier ou combinaison de touche entre caractères `< >` (exemple: `<ctrl-D>`)
- l'*`italique`* indique que vous devez substituer vous-même l'information décrite et non pas saisir littéralement le texte indiqué (exemple: `input(`*`prompt`*`)`)
- les hyper-liens sont colorés (par exemple la table des matières ci-dessus)
- la "syntaxe à point" (mots séparés par un point) fait référence au modèle "orienté objet" de Python (*objet.méthode*, *module.fonction*, etc…) et implique généralement de charger préalablement un *module* (exemple: `sys.exit()` invoque la fonction `exit()` du module `sys`, module qu'il faut donc préalablement charger avec `import sys`)

Pour information, ce support de cours a été édité dans le langage de balisage léger Markdown, puis traduit en HTML avec le convertisseur Pandoc. Si ces techniques vous intéressent voyez le manuel Markdown/Pandoc que nous avons réalisé.

1.2 Historique et caractéristiques du langage Python

Quelques dates dans l'histoire de Python (pour davantage de détails, frappez `license()`) :

- 1991 : release la première version publique de Python par Guido van Rossum
- 1996 : sortie de la librairie NumPy
- 2001 : création de la Python Software Foundation (PSF) qui prend en charge le développement du langage
- 2008 : sortie de Python 2.6 et 3.0
- 2021 : on en est à la version 3.9

Principales caractéristiques du langage Python :

- langage de programmation à usage général de haut niveau : orienté objet, à typage dynamique fort avec types de données évolués, multi-threading, gestion de la mémoire (*garbage collector*), interfaçable avec d'autres langages
- riche et polyvalent : librairie standard Python (*standard library*, i.e. modules intégrés à la distribution de base) couvrant la plupart des domaines (philosophie *"batteries included"*), très nombreux *packages* et *modules* d'extension (calcul scientifiques, visualisation, GUI, SGBD, réseau…) ainsi que *frameworks* (p.ex. Django pour le web, PyGame pour les jeux…)
- interprété, mais néanmoins rapide à l'exécution : utilisable en mode interactif (avec fonctionnalités d'introspection et debugging), permettant non seulement l'élaboration de scripts mais aussi de programmes complexes
- ouvert et multiplateforme/portable : libre et open source (licence PSF *GPL-compatible* sans restriction *copy-left* : voir `license()`) donc librement utilisable et distribuable, disponible sur tous les OS (intégré d'office sous certains, comme Linux et macOS), applications tournant sur toutes les plateformes (le langage étant interprété)
- facilité d'apprentissage et de mise en oeuvre : syntaxe simple/légère, consistance, grande lisibilité, flexibilité et haute efficacitéproductivité dans tout le cycle de développement: analyse/design, prototypage, codage, test/debugging, déploiement, maintenance
- diversité des outils de développement : interpréteurs interactifs avec introspection (IPython…), IDEs (Eclipse, Spyder…)

- stable/mature, très répandu et évolutif : très vaste communauté de développeurs et utilisateurs, langage utilisé comme *moteur de script* dans de nombreuses applications métiers (ex: GIMP, Blender, QGIS…).

Ces différentes qualités expliquent pourquoi de plus en plus d'écoles et universités optent, depuis quelques années, en faveur de Python comme premier langage dans l'apprentissage de la programmation. En outre, avec Jupyter Notebook et les librairies NumPy et SciPy notamment, nombre de chercheurs ont aujourd'hui trouvé en Python une véritable alternative à MATLAB, en particulier dans les domaines du calcul numérique, de l'analyse et de la visualisation de données.

1.3 Quelques références

La littérature sur Python est extrêmement abondante. Nous ne retenons ici que quelques références significatives :

- [P3DOC] : Python v3 Documentation : documentation officielle Python v3
- [P3TUT] : The Python Tutorial : tutoriel officiel Python v3
- [SWIM] : Apprendre à programmer avec Python 3 : ouvrages de Gérard Swinnen, disponibles en ligne et sous forme papier (éditions Eyrolles)
- [PSLN] : Python Scientific Lecture Notes : introduction à l'écosystème Scientific Python (Scipy)
- [POINT] : Python 3 Cheat Sheet | Python 3.2 Reference Card | Python 2.4 Quick Reference Card : cartes de références Python, par Laurent Pointal

2. Bases de la programmation en Python

Pour des conseils concernant l'**installation de Python** sur votre machine, voyez notre chapitre "Installation d'un environnement Python v3 complet".

2.1 Généralités

2.1.1 En-têtes d'un script

Nous verrons plus loin ce que sont précisément les *scripts* Python. Pour simplifier et comprendre les exemples qui suivent, disons à ce stade qu'il s'agit de fichiers au format texte dont le nom se termine par l'extension `.py`, contenant des instructions Python et débutant en général par 2 lignes d'en-têtes.

Interpréteur du script

La première ligne d'en-tête du script (appelée *she-bang* en raison des 2 premiers caractères # et !) spécifie l'*interpréteur* qui doit être utilisé pour l'exécuter. S'agissant de Python, vous verrez parfois : `#!/usr/bin/python`, mais cette forme est moins portable que : `#!/usr/bin/env python` (exemple ci-contre) qui fonctionne indépendamment de l'emplacement (*path*) d'installation de l'interpréteur Python.

Sous GNU/Linux Ubuntu, pour explicitement utiliser l'interpréteur Python v3 provenant des dépôts officiels Ubuntu, il faut utiliser le *she-bang* `#!/usr/bin/env python3`.

```
1 #!/usr/bin/env python
2 # -*- coding: utf -8  -*-
3
4 print("Hééé, bien le bonjour !")
```

Cette première ligne est nécessaire si l'on veut pouvoir lancer le script depuis un shell en frappant : `./nom_du_script.py`. Elle n'est cependant pas nécessaire (mais tout de même recommandée) si on le lance avec `python nom_du_script.py` ou `python3 nom_du_script.py`

Encodage des caractères

Pour faire usage de caractères accentués dans un script Python (même si l'on n'utilise ceux-ci que dans des commentaires !), il peut être nécessaire de définir, mais pas plus loin que la seconde ligne du fichier, un pseudo-commentaire `coding` (voir l'exemple ci-dessus).

Depuis Python v3 (qui a systématisé Unicode pour la gestion des chaînes de caractères) :

- si le fichier du script est encodé UTF-8 (ce qui est recommandé), la directive `# -*- coding: utf-8 -*-` n'est pas nécessaire, mais c'est une bonne pratique de la mettre
- s'il est encodé ISO-latin/ISO-8859 (déconseillé), il est dans ce cas nécessaire de spécifier `# -*- coding: iso-8859-1 -*-` (ou `# -*- coding: latin-1 -*-`)

P2 *Sous Python v2 (où l'encodage par défaut est ASCII) :*

- *si le fichier du script est encodé ISO-latin/ISO-8859, il est nécessaire de spécifier* `# -*- coding: iso-8859-1 -*-` (ou `# -*- coding: latin-1 -*-`)
- *s'il est encodé UTF-8, il est nécessaire de spécifier* `# -*- coding: utf-8 -*-`

Explications techniques : Unicode est le jeu de caractères universel prenant en compte les écritures de tous les pays du monde. UTF-8 est un encodage Unicode dans lequel un caractère est codé respectivement sur 1, 2 ou 4 octets selon qu'il fait partie de la plage ASCII sans accents (code ≤ 127), de la plage d'extension (128 ≤ code ≤ 255) ou des plages universelles (256 ≤ code).

2.1.2 Instructions sur plusieurs lignes, commentaires

Pour des raisons de lisibilité, une instruction Python ne devrait pas dépasser environ 80 caractères. On peut si nécessaire la répartir sur plusieurs lignes en utilisant, en fin de lignes, le caractère de continuation de ligne `\` (back-slash).

Cependant les parties de code délimitées par `( )`, `[ ]`, `{ }` (*tuples*, *listes*, *dictionnaires*…), triple apostrophe `'''` ou triple guillemets `"""` (*chaînes* multi-lignes) peuvent s'étendre sur plusieurs lignes sans faire usage du caractère `\`.

```
1  print("Affichage d'une longue ligne \
2  de texte. Blabla blabla blabla \
3  blabla blabla blabla blabla blabla.")
4
5  liste = ['un', 'deux', 'trois',
6           'quatre', 'cinq', 'six']
7
8  chaine = """Une chaîne de caractères
9  multi-lignes"""    # intégrant le caractère de
10                    # retour à la ligne \n
```

Pour insérer des commentaires dans du code Python :

- ce qui débute par le caractère `#` (pour autant qu'il ne fasse pas partie d'une chaîne de caractères) jusqu'à la fin de la ligne est considéré comme un commentaire
- les commentaire multi-lignes sont définis à la façon des chaînes de caractères multi-lignes, c-à-d. précédé et suivi de 3 apostrophes `'''` ou 3 guillemets `"""`

```
21 # Commentaire d'une ligne
22
23 print('x =', x) # Commentaire après instruction
24
25 '''Un commentaire chevauchant
26    plusieurs lignes...'''
27
28 """et un autre commentaire
29    multi-ligne"""
```

2.1.3 Variables, mots-clés réservés

Les noms de variables (ou de tout autre objet Python tel que *fonction*, *classe*, *module*…) débutent par une lettre majuscule ou minuscule (`A-Z` ou `a-z`) ou `_` (souligné) suivie de 0, 1 ou plusieurs lettres, chiffres ou soulignés. Ils sont sensibles aux majuscules/minuscules (`VAR1` et `var1` désignant ainsi deux variables distinctes). Depuis Python v3, on pourrait utiliser tout caractère Unicode, mais il est préférable de s'en ternir aux caractères ASCII (donc sans caractères accentués).

Les mots-clés ci-contre (que vous pouvez afficher dans un interpréteur Python avec la commande `help("keywords")`) sont réservés et ne peuvent donc pas être utilisés pour définir vos propres identifiants (variables, noms de fonction, classes…).

```
False       def         if          raise
None        del         import      return
True        elif        in          try
and         else        is          while
as          except      lambda      with
assert      finally     nonlocal    yield
break       for         not
class       from        or
continue    global      pass
```

Pour le reste, Python ne protège pas l'utilisateur contre l'écrasement de noms. Par exemple le fait de définir un objet `abs=12` masque la fonction *built-in* `abs()` (valeur absolue d'un nombre), fonction que l'on retrouvera en déréférençant l'objet avec `del abs` .

2.1.4 Typage

Python est un langage à ***typage dynamique fort*** :

- *dynamique* : car on n'a pas à déclarer explicitement les variables utilisées, et le type d'une variable peut changer au cours de son utilisation (selon le type de l'objet référencé par la variable)
- *fort* : car l'interpréteur peut signaler des erreurs de type (par exemple si l'on définit : `2 + "3 francs"`) par opposition à un langage *faiblement typé* comme PHP (qui retournera `5` dans ce cas)

Pour vérifier le type d'une variable (ou plutôt le type de la donnée/objet référencé par la variable), on utilisera la fonction `type(objet)` . Sous IPython, on peut aussi utiliser la commande `%whos` .

2.1.5 Types simples

Python propose **4 types simples** de base (*built-in*). Ils sont dits *simples* (ou *sclaires*, *atomiques*) car ils permettent de stocker une seule donnée par variable, contrairement aux *types containers*. Il s'agit de :

- *bool* : booléen (état vrai ou faux)
- *int* : entier (en précision illimitée depuis Python v3 !)
- *float* : réel flottant (double précision 64 bits)
- *complex* : complexe flottant

On verra plus loin que ces 4 types sont *immutables* (contrairement par exemple aux *listes* et *dictionnaires*).

On dispose de fonctions d'arrondi et de conversion, notamment :

- troncature et conversion *float→int* : `int(flottant)`
- arrondi, et le cas échéant conversion *float→int* : `round(flottant, ndigits)` : arrondi à *ndigits* chiffres après la virgule (si *ndigits* positif), ou avant la virgule (si négatif) ; par défaut *ndigits*= `0` , c'est-à-dire conversion à l'entier supérieur (si *flottant* est positif) ou inférieur (si négatif)
- conversion *int→float* : `float(entier)`
- pour faire une conversion en entier base 10 d'un *nombre* exprimé sous forme de chaîne en n'importe quelle *base* (2= binaire, 8= octale, 16= hexadécimale, etc…), on peut utiliser `int('nombre', base)`

Pour récupérer la valeur absolue d'un *entier* ou *flottant*, on dispose de la fonction habituelle `abs(entier_ou_flottant)` .

```
# bool : booléen (logique)
vlog = True
type(vlog)          # => builtins.bool
not vlog            # => False
  # notez le 1er car. majuscule de True et False !

# int : entier de précision illimitée !
a = 2 ; i = -12
v = 2**80           # => 1208925819614629174706176
  # définition d'entiers en binaire, octal ou hexadéc.:
k = 0b111           # => 7
m = 0o77            # => 63
n = 0xff            # => 255
  # conv. chaînes bin/octal/hexa en entier & vice-versa:
int('111',2)  # => 7,   et inverse: bin(7)   => '0b111'
int('77',8)   # => 63,  et inverse: oct(63)  => '0o77'
int('ff',16)  # => 255, et inverse: hex(255) => '0xff'

# float : flottant 64 bits
b = -3.3 ; r = 3e10
abs(b)              # => 3.3
  # arrondi et conversion
int(3.67)           # => 3 (int)
int(-3.67)          # => -4 (int)
round(3.67)         # => 4 (int), comme round(3.67, 0)
round(3.67,1)       # => 3.7 (float)
round(133,-1)       # => 130 (int)
round(133,-2)       # => 100 (int)

# complex : complexe flottant
cplx = 3.4 + 2.1j # ou:  cplx = complex(3.4, 2.1)
cplx.real           # => 3.4
cplx.imag           # => 2.1
```

Vous aurez remarqué dans ces exemples que, contrairement à d'autres langages, il n'y a pas de `;` (point-virgule) à la fin des instructions. Cela ne serait nécessaire que si l'on souhaite définir plusieurs instructions sur la même ligne, ce qui est rarement pratiqué en Python et déconseillé pour des raisons de lisibilité.

2.1.6 Assignation simple et multiple

On vient de voir plus haut que l'assignation de variables s'effectue classiquement avec `=`

Python permet de faire aussi de l'assignation multiple, c'est-à-dire :

- assigner la même valeur à plusieurs variables
- assigner un *tuple* à un autre *tuple* (il faut alors autant de variables à gauche qu'à droite)

```
x1 = x2 = x3 = 3  # => x1, x2, x3 prennent la val. 3

y1,y2,y3 = 4,5,6  # => y1=4, y2=5, y3=6
y1, y2 = y2, y1   # permutation => y1=5, y2=4

tpl = (10,'abc')  # ici un tuple...
v1, v2 = tpl      # => v1=10, v2='abc'
```

On peut déréférencer une donnée (ou tout type d'objet) avec `del objet` ou `del(objet)`. Pour déréférencer un attribut, on utilise `del objet.attr` ou `delattr(objet,'attr')`.

*Explications techniques : Python accède aux données en mode " **référence**". Soit une variable à laquelle on a assigné une valeur. Si on lui assigne ensuite une autre valeur, la variable se "rèfère" dès lors à cette nouvelle donnée. Qu'advient-il alors de l'ancienne donnée ? Pour autant que plus aucune variable ne s'y réfère, le "garbage collector" la supprimera alors automatiquement, libérant ainsi de la mémoire. Sachant cela, on comprend mieux le mécanisme de "**typage dynamique**" de Python : une variable n'a en elle-même pas de type, elle a celui de la donnée à laquelle elle se réfère couramment !*

```
v1 = 123 # => création donnée 123 référencée par v1
type(v1) #    l'OBJET référencé de type builtins.int
id(v1)   # => 9361312 (adresse mémoire)

v2 = v1  # => nouv. variable pointant sur même DONNÉE
id(v2)   # => 9361312 => pointe bien sur MÊME donnée !

v1 = 'a' # => création donnée 'a', et chang. réf. v1
type(v1) #    l'OBJET référencé de type builtins.str
id(v1)   # => 9361332 => v1 pointe bien s/AUTRE donnée

del v2   # => la donnée 123 n'est plus référencée (ni
         #    par v1 ni v2) => le garbage collector
         #    pourra supprimer donnée de la mémoire
```

2.1.7 Interaction avec l'utilisateur (écran et clavier)

Affichage dans la console (sortie standard)

Pour afficher quelque-chose sur la console, on utilise la *fonction* `print` dont la syntaxe générale est :

`print(arguments, sep=' ', end='\n', file=sys.stdout)`

Seuls le(s) *argument(s)* sont nécessaires, les autres paramètres `sep`, `end` et `file` étant facultatifs. Par défaut `print` écrit les *argument(s)* sur la *sortie standard*, ajoutant un caractère *espace* entre chaque argument, et envoie finalement un *newline* (saut de ligne). Mais on peut librement modifier les valeurs de ces paramètres.

Notez qu'on peut passer autant d'*argument(s)* que l'on veut (contrairement à la fonction `disp` de MATLAB/Octave qui est limitée à 1 argument).

```
print('Le produit de', a, 'et', b, 'est', a*b)
print('Total des %s : %.2f CHF' % ('Dépenses',123))

# Ci-dessous, résultats équivalents :
print('Hello world !')
print('Hello ',end=''); print('world !')


# Sous Python v2 on aurait écrit :
print 'Hello',  # la virgule élimine le saut de ligne
print 'world !'
```

Remarque : on a vu que le nommage des fonctions répond aux mêmes règles que les variables. Les noms de fonctions sont donc également sensibles aux majuscules/minuscules (`PRINT` ou `Print` retournant ainsi une erreur de type "… is not defined").

Sous Python ≤ 2, `print` était une commande et non pas une fonction. Les arguments étaient donc passé à la suite de la commande sans parenthèses. Pour supprimer le saut de ligne, il fallait faire suivre le dernier argument d'une virgule.

Lecture au clavier (entrée standard)

À partir de Python v3, on utilise pour cela la fonction `input(prompt)` qui affiche le `prompt` puis retourne ce que l'utilisateur a frappé sous forme de chaîne (dans tous les cas !).

Notez, dans les exemples ci-contre, l'usage des fonctions de conversion `int` en entier et `float` en réel, ainsi que de `eval` qui évalue une expression Python et retourne son résultat.

```
21 nom = input('Votre nom ? ')
22     # retourne une chaîne
23 poids = float(input('Votre poids ? '))
24     # génère une erreur si on saisit une chaîne
25 annee = int(input('Votre année de naissance ? '))
26     # génère erreur si saisie chaîne ou flottant
27
28
29 res = eval(input('Entrer expression Python : '))
30     # => évaluation de l'expression (comme input MATLAB)
```

Sous Python ≤ 2, on disposait des fonctions `raw_input` pour saisir une chaîne, et `input` pour saisir un nombre, une variable ou une expression. L'ancien comportement de `input` (correspondant au `input` sans second paramètre `'s'` de MATLAB/Octave) est obtenu sous Python v3 avec `eval(input(...))`.

2.1.8 Opérateurs de base

Les opérateurs mathématiques de base sont :

- opérateurs classiques : `+ - * /`
- division entière tronquée : `//`
- puissance : `**`
- modulo (reste de la division entière) : `%`

On verra que `+` et `*` s'appliquent aussi aux *séquences* (*chaînes*, *tuples* et *listes*), et `-` aux *ensembles* (*sets* et *frozensets*).

La fonction `divmod(a, b)` retourne un tuple contenant (`a//b` , `a % b`)

```
1  2*3   # => 6 entier, ou: int(2.)*3
2  2.*3  # => 6.0 réel, ou: float(2)*3
3  13/5  # => 2.6 (aurait retourné 2 sous Python v2)
4  13//5 # => 2   (div. int. tronquée comme / en Python v2)
5  10**2 # => 100
6  13%5  # => 3   (reste de la division entière)
7  divmod(13,5)  # => (2, 3)
8
9  'oh' + 2*'là'    # => 'ohlàlà'
10 (1,2) + 2*(4,)   # => (1, 2, 4, 4)
```

Depuis Python v3, la division `/` de deux nombres entiers retourne toujours un flottant, et c'est donc à l'utilisateur de le convertir si nécessaire en entier avec `int` (troncature) ou `round` (arrondi).

Sous Python ≤ 2, la division `/` de deux nombres entiers retournait toujours un entier qui pouvait donc être tronqué, comme le fait la division `//` Python v3.

Les opérateurs de pré/post incrémentation/décrémentation `++` et `--` n'existant pas sous Python, on utilisera `+= 1` et `-= 1`

```
val = 10
val += 1      # val=val+1   => 11
val -= 1      # val=val-1   => 10
val *= 2.5    # val=val*2.5 => 25.0
val /= 10     # val=val/10  => 2.5
val %= 2      # val=val%2   => 0.5

fruit = 'pomme'
fruit += 's'  # => 'pommes'
tpl = (1,2,3) # ici un tuple
tpl += (4,)   # => (1, 2, 3, 4)
tpl *= 2      # => (1, 2, 3, 4, 1, 2, 3, 4)
```

2.1.9 Opérateurs de comparaison et logiques

Python offre notamment les opérateurs suivants :

- opérateurs de comparaison : `==` (égal), `!=` (différent), `<` (inférieur), `<=` (inférieur ou égal), `>` (supérieur), `>=` (supérieur ou égal)
- comparaison d'objets : `is` (même objet), `in` (membre du *container*)
- opérateurs logiques (ci-après selon leur ordre de priorité) : `not` (négation logique), `and` (et logique), `or` (ou logique)

Ces opérateurs retournent les valeurs `True` ou `False` de type booléen. Notez qu'il n'est pas nécessaire d'entourer les expressions logiques de parenthèses comme dans d'autres langages.

```
1 < 2  and  2 < 3                # => True
'oui' == 'OUI'.lower()           # => True
False  or   not True  and  True  # => False

[1,2,3] == [1,2,3]               # => True
[1,3,2] == [1,2,3]               # => False

a=[1,2] ; b=[1,2]; a is b        # => False
a=[1,2] ; b=a;     a is b        # => True

2 in [1,2,3]                     # => True
'cd' in 'abcdef'                 # => True
```

Python permet de chaîner les comparaisons ! On peut par exemple définir la *condition* `10 < age < 20` qui est équivalente à `age>10 and age<20`.

2.2 Types containers

Les types *containers* permettent d'instancier des objets contenant plusieurs données, contrairement aux *types simples* (booléen, entier, flottant, complexe). On distingue fondamentalement **3 catégories de containers**, implémentés sous forme de **6 types de base** (*built-in*) Python :

- les *séquences* comprenant les types : *chaîne*, *liste* et *tuple*
- les *ensembles* comprenant les types : *set* et *frozenset*
- les *maps* (aussi appelés *hashs*) avec le type : *dictionnaire*

2.2.1 Chaînes de caractères

On définit une *chaîne* de caractères en la délimitant par des apostrophes `'` ou guillemets `"`, caractères que l'on triple pour une chaîne littérale multi-ligne.

Le type *chaîne*, sous Python, est ***immutable***. Les chaînes ne sont donc à proprement parler pas modifiables : les opérations de modification entraînent la création de nouvelles chaînes, et le *garbage collector* Python détruisant automatiquement les anciennes chaînes qui ne sont plus référencées.

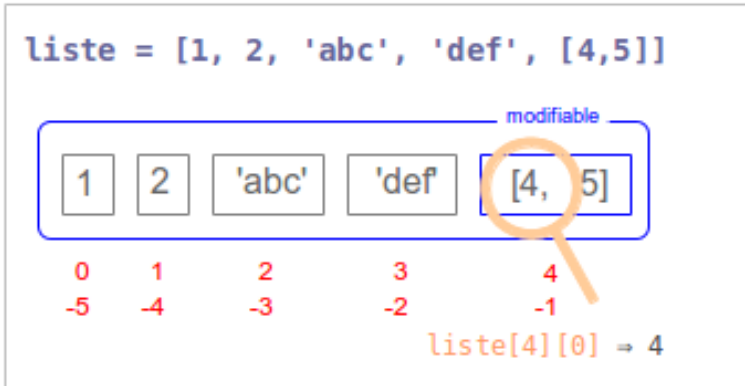
Une chaîne étant une *séquence* **ordonnée** de caractères, on peut s'y référer par les indices de ces caractères. Les exemples ci-contre illustrent le fait que :

- le premier caractères d'une chaîne a l'indice `0`, comme dans la plupart des langages (et non `1` comme sous MATLAB/Octave ou Fortran)
- lorsque l'on se réfère à une partie de chaîne avec la notation `chaine[debut:fin]` (technique du *slicing* décrite plus bas), cela désigne la portion de chaîne dont les caractères ont les indices : `debut` ≤ indice ≤ `fin-1` ; le nombre de caractères sélectionnés est ainsi égal à `fin - debut`

```
# Définition
metal1 = 'L\'argent' # délimitation par apostrophes
metal2 = "l'or"      #   ou par guillemets

# Concaténation
metal = metal1 + ' et ' + metal2 # => "L'argent et l'or"
type(metal)  # => builtins.str
3.00 + '$'   # => erreur: faire: str(3.00)+'$' => "3.0$"
3.00 * '$'   # => erreur
3 * '$'      # pas d'erreur ! => "$$$"

# Adressage
len(metal)   # => 16
metal[:8]    # idem que  metal[0:8] => "L'argent"
metal[12:]   # idem que  metal[12:len(metal)] => "l'or"

# Modification
metal[9:0] = 'sale' # => erreur (chaînes immutables)
metal = metal[:9] + 'sale' => "L'argent sale"
  # fonctionne, car la var. metal pointe sur une
  # nouvelle donnée, et l'ancienne ("L'argent et l'or")
  # sera supprimée par le garbage collector

# Chaînes multi-ligne (\n dans les 3 prem. expressions !)
str2 = '''chaîne
multi-ligne'''      # => "chaîne\nmulti-ligne"

str2 = """chaîne
multi-ligne"""      # => "chaîne\nmulti-ligne"

str2 = 'chaîne\nmulti-ligne'    # => idem

str3 = 'chaîne \
multi-ligne'  # => "chaîne mono-ligne" (sans \n)
```

Pour davantage d'information sur les traitements relatifs aux chaînes de caractères, voir le chapitre spécifique plus bas.

2.2.2 Listes



Une *liste* Python permet de stocker une collection **ordonnée** (*séquence*) et dynamiquement **modifiable** d'éléments **hétérogènes** (c-à-d. de n'importe quel type, y.c. listes ou dictionnaires imbriqués, fonctions, classes…). Ce type de donnée, qui correspondrait par exemple sous MATLAB/Octave au *tableau cellulaire*.

Syntaxiquement, on utilise les **crochets** `[elem,elem...]` pour définir le contenu d'une liste. Les virgules délimitant chaque élément sont obligatoires (contrairement à MATLAB/Octave).

Pour accéder au contenu d'une liste (adresser ses éléments), on indique également les indices entre **crochets** `[ ]` (et non parenthèses comme sous MATLAB/Octave). Comme pour les chaînes :

- ⚠ les éléments d'une liste sont indicés par des entiers à partir de `0` (et non `1` comme sous MATLAB/Octave ou Fortran)
- ❗ lorsque l'on définit une séquence d'éléments avec `liste[debut:fin]` (technique du *slicing* décrite en détail plus bas), cela désigne l'ensemble contigu d'éléments d'indices : `debut` ≤ indice ≤ `fin-1`, ce qui correspond à un nombre d'éléments égal à `fin - debut`

Méthodes pour **ajouter** des éléments :

- un élément à la fois :
  - à la fin avec `.append(elem)`
  - n'importe où avec `.insert(indice,elem)`
- plusieurs éléments d'un coup :
  - à la fin avec `.extend([elem...])` ou `liste+=[elem...]`
  - au début avec `liste[:0]=[elem...]`

Pour **supprimer** des éléments :

- fonction `del(liste[...])`
- méthodes `.remove(elem)` et `.pop(indice)`

```
# Définition
lst = [1,2,'abc','def'] # liste avec diff. types d'élém.
type(lst)     # => type builtins.list (cf. %whos IPython)
type(lst[2]) # => type élément 'abc' => builtins.str

# Adressage et modification
lst[1:3]         # => [2, 'abc']
lst[0,1,3]       # => erreur (énumér. indices impossible)
lst[2:] = 3,4    # écrasement depuis pos. 2 => [1,2,3,4]
v1,v2,v3,v4 = lst # unpacking => v1=1, v2=2, v3=3, v4=4
    # retournerait erreur si nombre de var != nb. élém.
    # il faut dans ce cas procéder comme ci-dessous :
v1, *v, v4 = lst  # => v1=1, v=[2, 'abc'], v4=4

# Ajout ou insertion d'éléments, concaténation de listes
lst[5] = 5         # => erreur "index out of range"
lst.append(5)      # ajout en fin liste=> [1, 2, 3, 4, 5]
    # ou faire:  lst += [5]
lst.insert(0,'a') # insère élém. spécifié à pos. spécif.
                  #   (ici 0) => ['a', 1, 2, 3, 4, 5]
  # rem: append & insert n'insère qu'1 élém. à la fois !
lst.extend(['b','a'])  # => ['a', 1, 2, 3, 4, 5,'b','a']
    # ou concat.: lst=lst+['b','a']  ou lst += ['b','a']
2 * [10, 20]       # => [10,20,10,20] (et non [20,40] !)
[0]*10             # => [0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0]

# Suppression d'éléments (selon contenu ou indice)
lst.remove('a')    # 1er élém. 'a'=> [1,2,3,4,5,'b','a']
lst.remove('a')    # occur. 'a' suiv. => [1,2,3,4,5,'b']
del(lst[4:])       # élém. pos. 4 -> fin => [1, 2, 3, 4]
                   #   on aurait pu faire: lst[4:]=[]
lst.pop()          # dern. élém. et le retourne => 4
lst.pop(1)         # élém. pos. 1 et le retourne => 2

# Diverses méthodes et fonctions
lst = [4, 1, 3, 2]
len(lst)           # nombre éléments de la liste => 4
min(lst)           # le plus petit élément => 1
max(lst)           # le plus grand élément => 4
    # min & max utilisable que si collection mêmes types

2 in lst           # test existence élément => True
lst.index(3)       # position 1ère occurrence de 3 => 2
l2 = sorted(lst)   # => [1, 2, 3, 4]
lst.sort()         # modifierait direct. lst => [1,2,3,4]
lst.reverse()      # modifierait direct. lst => [4,3,2,1]

lst.insert(2,['ab','cd']) # => [1, 2, ['ab', 'cd'], 3, 4]
```

```
49  lst[2]              # => ['ab', 'cd'] : élém. est liste !
50  lst[2][1]           # adressage dans liste => 'cd'
51  lst[2][1][0]        # => 'c'
```

Le type *liste* se prête bien à l'implémentation de *piles* (*stacks*) :

- pour une pile *FIFO* (*first in, first out*) :
  - insérer *elem* avec `liste.insert(0,elem)` ou `liste[:0]=[elem]`
  - récupérer *elem* avec `elem=liste.pop()`
- pour une pile *LIFO* (*last in, first out*) :
  - empiler *elem* avec `liste.append(elem)`
  - dépiler *elem* avec `elem=liste.pop()` (le sommet de la pile étant ici la fin de la liste)

Remarque : on serait tenté d'utiliser des **listes imbriquées** pour manipuler des *matrices*, par exemple `mat_2D = [ [1,2,3], [4,5,6] ]`, puis accès aux éléments avec `mat_2D[1][0]` => `4`. Mais ce n'est pas du tout efficace ni flexible (p.ex. difficile d'extraire une colonne). On a pour cela bien meilleur temps d'utiliser la bibliothèque NumPy.

Pour itérer les éléments d'une liste, voir la boucle for décrite plus bas.

Pour construire des listes par itération avec une syntaxe très compacte, voir la *compréhension de listes, sets et dictionnaires*.

Copie de listes

Si l'on souhaite dupliquer les données d'une liste `l1=[...]`, il est très important de comprendre qu'avec Python une simple assignation `l2=l1` n'effectue pas de copie des données : les 2 variables `l1` et `l2` référenceront en effet la même liste !

Pour **réellement recopier les données** d'une liste, il faut donc prendre des précautions particulières :

- on pourrait faire `l2 = l1[:]` (énumération par la technique du *slicing*) comme dans l'exemple ci-contre, mais cela ne duplique que les éléments de 1er niveau (les éléments de listes ou dictionnaires éventuellement imbriqués continuant d'être référencés et donc non dupliqués)
- une copie complète récursive (agissant dans toute la profondeur de la liste) doit plutôt être réalisée avec `l2 = copy.deepcopy(l1)` (nécessitant l'importation du module `copy`)

```
61  l1 = [1,2,3]
62  l2 = l1       # l2 pointe vers l1, ce qu'on peut vérifier
63                #   avec id(l1) et id(l2)
64  l2[1] = 'a'   # donc on modifie ici données originales !
65  l2            # => [1, 'a', 3]
66  l1            # => également [1, 'a', 3] !!!
67
68  l1 = [1,2,3]
69  l2 = l1[:]    # on crée ici par copie un nouvel objet !
70  l2[1] = 'a'   # donc on agit dans ce cas sur nouvel objet
71  l2            # => [1, 'a', 3]
72  l1            # => [1, 2, 3] : données orig. intouchées !
```

Cette problématique de copie ne concerne pas les types immutables tels que les tuples et frozensets, car il n'y a par définition aucun risque qu'on modifie leurs données.

2.2.3 Tuples

Le *tuple* Python est l'implémentation en lecture seule de la liste, c'est-à-dire une

collection ordonnée **non modifiables** d'éléments hétérogènes. On parle ainsi *liste immutable*. Ce type de donnée possède les mêmes *méthodes* que la *liste*, à l'exception de celles permettant une modification.

Lorsque l'on définit par énumération les éléments du tuple, ceux-ci doivent être délimités par des virgules. On peut emballer le tout entre **parenthèses** `(elem,elem...)`, mais ce n'est pas obligatoire.

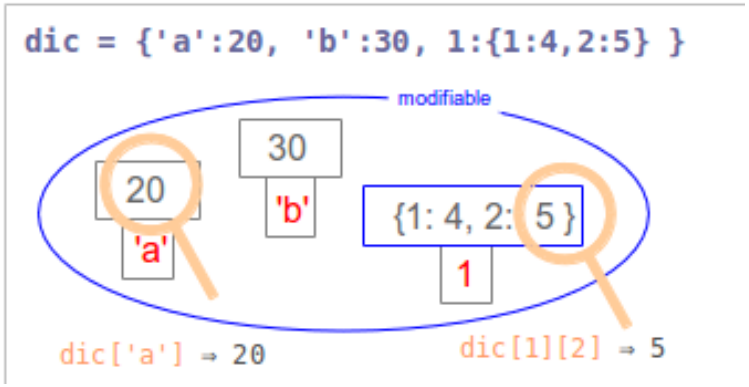
Lorsque le tuple ne contient qu'un seul élément, il est nécessaire de le faire suivre d'une virgule.

Pour accéder aux éléments du tuple, on spécifie les indices entre **crochets** `[ ]` (comme pour les *listes*).

```
# Définition
nb = (10)  ; str = ('abc')  # => resp. entier & chaîne !
tpl= (10,) ; tpl = 10, ; tpl=('abc',) # => tuples

tpl = (1, 'Linux', 2, 'Windows') # on peut omettre ( )
type(tpl)    # => type builtins.tuple (cf. %whos IPython)
len(tpl)     # => 4 (nombre d'éléments)
tpl[1::2]    # => ('Linux', 'Windows')

tpl[3] = 'macOS'      # => erreur (tuple non modifiable)
tpl +=  3, 'macOS'    # possible: crée nouv. objet tuple
'Linux' in tpl         # => True

tpl2= tuple([10,11,12])# copie liste->tuple=> (10,11,12)
tpl3= tuple('hello')  # copie chaine->tuple
                      #    => ('h','e','l','l','o')

lst2= list(tpl2)      # copie tuple->liste => [10,11,12]
```

Moins flexibles que les *listes* en raison de leur immutabilité, l'intérêt des *tuples* réside cependant dans le fait qu'ils occupent moins d'espace mémoire et que leur traitement est plus efficace.

2.2.4 Dictionnaires



Un *dictionnaire* est une liste **modifiable** d'éléments **hétérogènes** indicés par des ***clés*** (par opposition aux *listes* et *tuples* qui sont indicés par des séquences d'entiers). Le *dictionnaire* est donc **non ordonné**. Ce type de donnée Python correspond au *tableau associatif* (*hash*) sous Perl, et au *map* sous MATLAB/Octave.

Syntaxiquement, on utilise les **accolades** `{ }` pour définir les éléments du dictionnaire, c'est-à-dire les paires `clé: valeur` (notez bien le séparateur `:`). Les *clés* doivent être de *type simple immutable* (on utilise le plus souvent des chaînes ou des entiers) et **uniques** (i.e. plusieurs éléments ne peuvent pas partager la même clé). Les *valeurs*, quant à elles, peuvent être de n'importe quel type (y compris des *containers*).

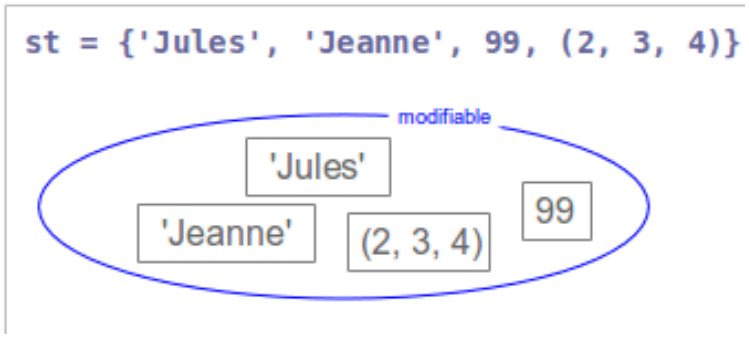
```
# Définition
dic = {'a': 20, 'b': 30}
# ou élément après élément :
  dic={} ; dic['a']=20 ; dic['b']=30
# ou en utilisant le constructeur dict :
  dic = dict(a=20, b=30)
  dic = dict( (('a', 20), ('b', 30)) )
  dic = dict(zip(('a','b'), (20,30)))
type(dic)  # => type builtins.dict (cf. %whos s/IPython)
len(dic)   # => 2 paires clé:valeur

'a' in dic   # test existence clé => True
20  in dic   # => False, car 20 n'est pas une clé !

# Récupérer les valeurs
dic['a']          # => 20
dic['c']          # retourne erreur KeyError
dic.get('a')      # => 20
dic.get('c','erreur blabla')  # => 'erreur blabla'

# Ajouter un élément, modifier val., supprimer élém.
dic[1] = 10       # => {'a': 20, 'b': 30, 1: 10}
dic['b'] = 50     # on remplace la val. 30 par 50
del(dic['b'])     # suppression élément 'b': 50
val=dic.pop('b') # récupère val. & suppr. élém.

# Ajouter plusieurs éléments, fusion de dict.
dic.update({2: 20, 3: 30})
    # => dic = {'a': 20, 3: 30, 2: 20, 'b': 30}

# Objets itérables par boucle for
dic.keys()           # => objet dict_keys(...)
dic.values()         # => objet dict_values(...)
dic.items()          # => objet dict_items(...)
# ... et copie sur liste ou tuple
list(dic.keys())     # => liste ['a', 2, 3, 'b']
tuple(dic.values()) # => tuple (20, 20, 30, 30)
```

L'accès à une *valeur* du dictionnaire s'effectue en lui passant entre **crochets** `[ ]` la *clé* correspondante. Les méthodes `.keys()`, `.values()` et `.items()` retournent des objets permettant d'itérer, par une boucle for, respectivement les *clés*, les *valeurs* et les paires *clés/valeurs*.

Les dictionnaires n'étant pas ordonnés (non indicés par des entiers mais par des clés), la technique du *slicing* n'est bien entendu **pas** applicable.

Si l'on veux **recopier les données** d'un *dictionnaire* `dic1`, le problème est le même qu'avec les *listes* : on ne fera pas `dic2=dic1` (les 2 variables se référant dans ce cas au même objet), mais une copie récursive (dans toute la profondeur du dictionnaire) avec `dic2 = copy.deepcopy(dic1)` (nécessitant l'importation du module `copy`).

2.2.5 Sets



Le *set* est un type Python permettant de créer des collections **non ordonnées** modifiables constituées d'éléments **uniques** de types **immutables**. Son grand intérêt réside dans le fait qu'on peut appliquer à ces objets des opérations propres aux ensembles (union, intersection, différence…), d'où le nom de *sets* (*ensembles*).

Notez bien que ce ne sont pas des *séquences* (les éléments ne sont pas ordonnés, donc non accessibles par des indices entiers), mais ils supportent l'itération (l'ordre n'étant cependant pas significatif). C'est un peu des *dictionnaires* (dont les clés sont aussi uniques) mais sans valeurs.

On crée un *set* avec la fonction `set(iterable)` ou en énumérant les éléments entre **accolades** `{elem, elem...}`. L'usage des accolades, comme pour les *dictionnaires*, est cohérent, ces deux types de données contenant des éléments uniques (les données elles-mêmes pour les *sets*, et les *clés* pour les *dictionnaires*).

A la place des opérateurs présentés dans les exemples ci-contre, on peut utiliser des méthodes : `.union(iterable)` pour `|`, `.intersection(iterable)` pour `&`, `.difference(iterable)` pour `-`, `.symmetric_difference(iterable)` pour `^`.

```
# Définition
set1 = {'a', 'b', 'a', 'c'}     # => {'a', 'c', 'b'}
type(set1)    # => type builtins.set (cf. %whos IPython)
len(set1)     # => 3

set2 = set( ('b','c','d','c') ) # => {'c', 'b', 'd'}
  # seconde façon de définir un set, notez doubles ( ) !

# Ajout ou suppression d'éléments
set3 = set()     # set vide
set3 |= {1, 2}   # ajout plusieurs élém. => {1, 2}
        # identique à: set3 = set3 | {1,2}
        #         ou à: set3.update({1,2})
set3.add(3)      # ajout 1 élém. seul. => {1, 2, 3}
set3.remove(2)   # détruit 1 élém. => {1, 3}
set3.discard(2)  # remove, mais pas err. si élém. absent
set3.pop()       # retourne élém. arbitraire et détruit
set3.clear()     # détruit tous les élém. => { }

# Opérations propres aux ensembles
set1 | set2  # union        => {'a', 'b', 'c', 'd'}
set1 & set2  # intersection => {'b', 'c'}
set1 - set2  # différence   => {'a'}
set2 - set1  # différence   => {'d'}
set1 ^ set2  # ou exclusif  => {'a', 'd'}
    # élém. présents dans set1 ou set2 mais pas les deux

# Tests
{1,2} == {2, 1}     # sets identiques => True
1 in {1, 2, 3}      # présence élém. isolé => True
{1,2} <= {1,2,3,4} # présence de tous les élém. => True
```

La problématique de copie de sets est la même que pour les *listes* et *dictionnaires*. Pour réellement **copier les données** d'un set `s1`, on ne fera donc pas `s2=s1` (les 2 variables pointant dans ce cas sur le même objet), mais `s2=s1.copy()` ou `s2=set(s1)`.

2.2.6 Frozensets

Un *frozenset* est simplement un *set* **immutable**, c'est-à-dire non modifiable.

On crée un objet de type *frozenset* avec la fonction `frozenset(iterable)`.

```
fset = frozenset( {'x','y','z','x'} ) # ou...
fset = frozenset( ('x','y','z','x') ) # identique
type(fset)   # => type builtins.frozenset
```

Tout ce que l'on a vu concernant les *sets* est applicable, à l'exception de ce qui a trait à la modification. Les *frozensets* occupent moins d'espace en mémoire que les *sets*, et leur traitement est plus efficace.

2.2.7 Récapitulation des différents types de base

Les différents types de données de base (*built-in*) offerts par Python sont résumés dans le tableau ci-contre.

Types de base	modifiables	immutables
simples	*aucun*	• booléen • entier • réel flottant • complexe
containers	• liste (séquence) • set (ensemble) • dictionnaire (map)	• tuple (séquence) • frozenset (ensemble) • chaîne (séquence)

2.2.8 Le slicing

Applicable aux *containers* indicés par des entiers, c'est à dire les *séquences* (*listes*, *tuples* et *chaînes* ; donc pas les *dictionnaires* ni les *sets* et *frozensets*), la technique du *slicing* est une forme avancée de l'indexation permettant d'accéder aux éléments par intervalles (*ranges*) et tranches (*slices*). Sa syntaxe générale est : `sequ[debut:fin:pas]` , désignant dans la séquence `sequ` les éléments d'indices `debut` ≤ indice ≤ `fin-1` , avec une périodicité de `pas` .

On a déjà vu que les éléments d'une *séquence* sont numérotés positivement de gauche à droite de `0` à `len(sequ)-1` (et non de `1` à `len(sequ)` comme sous MATLAB/Octave ou Fortran).


Mais ce qu'il faut ajouter ici c'est qu'ils sont aussi numérotés négativement de droite à gauche de `-1` , `-2` , `-3` … jusqu'à `-len(sequ)` ! Par conséquent, comme on le voit dans les exemples ci-contre, les paramètres `debut` , `fin` et `pas` peuvent aussi prendre des valeurs négatives. S'agissant du `pas` , une valeur positive signifie un déplacement vers les éléments suivants (à droite), et négative vers les éléments précédents (à gauche).

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

lst[-1]          # => 7
lst[-3:]         # => [5, 6, 7]
lst[-1:-3:-1]    # => [7, 6] (et non pas [7, 6, 5] !)
lst[-1:-3]       # => [] car on ne peut pas aller de -1
                 #    à -3 avec le pas par défaut de 1
lst[2:-2]        # => [3, 4, 5]
lst[::2]         # => [1, 3, 5, 7]
lst[::-1]        # => [7, 6, 5, 4, 3, 2, 1]
lst[:2]          # => [1, 2]
lst[:-2]         # => [1, 2, 3, 4, 5]

lst[2:-2] = 'a' # remplacement d'éléments
lst              # => [1, 2, 'a', 6, 7]
lst[1:-1] = []  # suppression d'éléments
lst              # => [1, 7]

chaine = 'abcdef'
chaine[::-1]  # du dern. au 1er car. (miroir)=> 'fedcba'
chaine[::-2]  # idem en sautant 1 car. sur 2 => 'fdb'
```

Il faut encore préciser que chacun de ces 3 paramètres `debut`, `fin` et `pas` peut être omis :

- si l'on ne spécifie pas la valeur `debut` et que le `pas` est positif ou non spécifié, cela correspond à `0` (premier élém. de la séquence) ; mais si le `pas` est négatif, cela correspon alors à `len(sequ)+1` (dernier élém. de la séquence)
- si l'on ne spécifie pas la valeur `fin` et que le `pas` est positif ou non spécifié, cela correspond à `len(sequ)+1` (dernier élém. de la séquence) ; mais si le `pas` est négatif, cela correspond alors à `0` (premier élém. de la séquence)
- si l'on ne spécifie pas la valeur de `pas`, c'est la valeur `1` qui est utilisée par défaut (déplacement vers l'élém. suivant)

Il faut finalement relever que, contrairement à MATLAB/Octave, Python ne permet pas d'adresser des éléments en énumérant leurs indices séparés par des virgules. L'expression `lst[0,3,4]` retourne donc une erreur.

2.2.9 Les fonctions range et enumerate

La fonction `range(debut, fin, pas)` crée un *objet itérable* (notamment utilisable par boucle for) correspondant à la suite de nombre entiers :
• `debut` ≤ nombre ≤ `fin-1` si le `pas` est positif,
• `debut` ≥ nombre ≥ `fin+1` si le `pas` est négatif.
S'ils ne sont pas fournis, les paramètres `debut` et `pas` prennent respectivement les valeurs par défaut `0` et `1`.

Pour créer une *liste* d'entiers à partir de l'objet *range*, on utilisera la fonction `list(objet)`, et pour créer un *tuple*, la fonction `tuple(objet)`.

```
rg = range(5) # => range(0,5)
type(rg)      # => type builtins.range (%whos s/IPython)

list(rg)      # => [0, 1, 2, 3, 4]
tuple(rg)     # => (0, 1, 2, 3, 4)

list(range(-4,10,3)) # => [-4, -1, 2, 5, 8]
list(range(5,0,-1))  # => [5, 4, 3, 2, 1]
```

P2 *Sous Python ≤ 2, la fonction* `range` *fabriquait directement une liste, et il existait une fonction* `xrange` *(qui a désormais disparu) qui se comportait comme la fonction* `range` *actuelle (création d'un itérateur).*

La fonction `enumerate(sequence, debut)` crée un *objet itérable* retournant l'indice et la valeur des éléments d'une *séquence* (*liste*, *tuple* et *chaîne*) ou d'un *objet iterable*. Cette fonction est également très utilisée dans les boucles for.

Si l'on passe le paramètre *debut* (valeur entière), les indices retournés démarreront à cette valeur et non pas `0`.

```
21 lst = list(range(3,7)) # => [3, 4, 5, 6]
22
23 en0 = enumerate(lst)
24 type(en0) # => type builtins.enumerate
25 list(en0) # => [(0, 3), (1, 4), (2, 5), (3, 6)]
26
27 en5 = enumerate(lst,5)
28 list(en5) # => [(5, 3), (6, 4), (7, 5), (8, 6)]
29
30 str = 'abc'
31 ens = enumerate(str)
32 list(ens) # => [(0, 'a'), (1, 'b'), (2, 'c')]
```

Sachez encore qu'il existe un module standard `itertools` permettant de créer différents types d'itérateurs.

2.3 Structures de contrôle

2.3.1 Indentation des blocs de code

En Python, l'indentation du code est significative et donc fondamentale !!! C'est elle qui permet de définir les *blocs* de code, remplaçant en cela les accolades utilisées dans d'autre langages. Cette **obligation d'indenter son code** pour le structurer entraîne en outre une grande lisibilité et légèreté du code (absence d'accolades, points-virgules…).

Pour des raisons de portabilité, le " Style Guide for Python Code" recommande d'utiliser **4 <espace>** par niveau d'indentation et pas de caractère <tab>. En outre Python v3 ne permet plus de mixer les <espace> et <tab> dans un même bloc. Nous vous recommandons donc vivement de **configurer votre éditeur** ou votre IDE de façon que l'usage de la touche `<tab>` du clavier insère 4 caractères <espace> (et non pas 1 caractère <tab> ou 8 <espace>) !

Notez encore qu'un *bloc de code* (ceci est notamment valable pour les *fonctions*, les structures if, for, while…) doit contenir au minimum une instruction. S'il n'en a pas, on peut utiliser l'instruction `pass` qui n'effectue aucune action (*placeholder*).

2.3.2 Exécution conditionnelle if - elif - else

L'exemple ci-contre illustre la forme complète de cette structure. Les parties `elif...` et `else...` sont facultatives. Pour des tests multiples, on peut bien entendu cascader plusieurs parties `elif...`.

Notez bien la présence du caractère `:` (double point) précédant le début de chaque bloc

!

```
1  a, b = 4, 5
2  if a > b:
3      print("%f est supérieur à %f" % (a,b) )
4  elif a == b:
5      print("%f est égal à %f" % (a,b) )
6  else:
7      print("%f est inférieur à %f" % (a,b) )
```

Sachez que si, à la place d'une *condition*, on teste directement un objet :

- sera assimilé à **faux** : entier ou flottant de valeur `0`, `None`, objet vide (chaîne, liste, tuple ou dictionnaire sans élément)
- sera assimilé à **vrai** : entier ou flottant différent de `0`, objet non vide (chaîne, liste, tuple, dictionnaire)

Mais comme une règle de bonne conduite Python dit qu'il faut programmer les choses *explicitement*, il est préférable de tester si un *objet* n'est pas vide en faisant `if len(objet)!=0` plutôt que `if objet` !

Expressions conditionnelles

Pour les structures `if... else...` dont les blocs ne contiendraient qu'une instruction, Python propose, comme d'autres langages, une forme compacte tenant sur une seule ligne appelée *expressions conditionnelles* (*ternary selection*). Sa syntaxe est :

`expressionT if condition else expressionF`

où *expressionT* est évalué si la *condition* est vraie, sinon *expressionF*.

```
21 # L'instruction :
22 print('Paire')  if  val%2 == 0  else  print('Impaire')
23
24 # est une forme abrégée de :
25 if val%2 == 0:
26     print('Paire')
27 else:
28     print('Impaire')
```

Quelques fonctions logiques

On peut tester une *séquence*, un *ensemble* ou un *objet iterable* avec les fonctions built-in suivantes :

- `any(objet)` : retourne `True` si l'un au moins des éléments est True (ou assimilé à vrai)
- `all(objet)` : retourne `True` si tous les éléments sont True (ou assimilés à vrai)

```
41 any(range(0,3))     # => True
42      # car éléments de valeurs 1 et 2 assimilés à vrai
43 all(range(0,3))     # => False
44      # car élément de valeur 0 assimilé à faux
```

2.3.3 Boucle for

La boucle `for` permet d'itérer les valeurs d'une *liste*, d'un *tuple*, d'une *chaîne* ou de tout *objet itérable*. Comme dans les autres structures de contrôle, le caractère `:` (double point) définit le début du bloc d'instruction contrôlé par `for`.

Pour itérer sur une suite de nombres entiers, on utilise souvent la fonction range (*objet itérable*) présentée plus haut.

Ci-contre, notez aussi l'utilisation de la fonction enumerate retournant donc un objet permettant d'itérer sur l'*indice* et la *valeur* d'une *séquence*, d'où les 2 variables qui suivent le mot-clé `for` !

De même, la méthode *dictionnaire*`.items()` retourne un objet permettant d'itérer sur la *clé* et la *valeur* de chaque élément d'un dictionnaire. Les méthodes `.keys()` et `.values()` retournent quant à elles respectivement les *clés* et les *valeurs* du dictionnaire.


Après le bloc d'instruction subordonné au `for`, on pourrait (mais cela n'est pas courant !) ajouter une clause `else` suivie d'un bloc d'instructions, ces dernières s'exécutant 1 fois lorsque l'on a terminé d'itérer.

```
# Sur listes ou tuples
lst = [10, 20, 30]
for n in lst:
    print(n, end=' ')    # => 10 20 30

for index in range(len(lst)):
    print(index, lst[index])
    # => affiche:  0 10
    #              1 20
    #              3 30

for index,val in enumerate(lst):
    print(index, val)
    # => même affichage que ci-dessus

# Sur chaînes
voyelles = 'aeiouy'
for car in 'chaine de caracteres':
    if car not in voyelles:
        print(car, end='')
        # => affiche les consonnes: chn d crctrs

# Sur dictionnaires
carres = {}
for n in range(1,4):
    carres[n] = n**2    # => {1: 1, 2: 4, 3: 9}

for k in carres:  # itère par défaut sur la clé !
  # identique à: for k in carres.keys():
    print(k, end=' ')    # => 1 2 3

for n in sorted(carres):
  # identique à: for n in sorted(carres.keys()):
    print("Carré de %u = %u" % (n,carres[n]))
    # => affiche:  Carré de 1 = 1
    #              Carré de 2 = 4
    #              Carré de 3 = 9

for cle,val in carres.items():
    print('Clé: %s, Valeur: %s' % (cle, val))
    # => affiche:  Clé: 1, Valeur: 1
    #              Clé: 2, Valeur: 4
    #              Clé: 3, Valeur: 9
```

Compréhension de listes, sets et dictionnaires

Lorsqu'il s'agit de construire un container de type *liste*, *set* ou *dictionnaire* à l'aide d'une boucle `for` assortie éventuellement d'une condition, Python offre une construction compacte appelée *comprehension expression*. Sa syntaxe est :

liste = `[ expression for expr in iterable if cond ]`

set = `{ expression for expr in iterable if cond }`

dict = `{ expr1:expr2 for expr in iterable if cond }`

S'agissant d'une *liste* ou d'un *set*, l'*expression*, évaluée à chaque itération de la boucle, constitue la valeur de l'élément inséré dans la liste ou le set.

Concernant le dictionnaire *dict*, les expressions *expr1* et *expr2* constituent respectivement les clés et valeurs des paires insérées.

Le test `if cond` est facultatif. Il peut aussi prendre la forme d'une *expression conditionelle* telle que présentée plus haut :

`[exprT if cond else exprF  for expr in iterable]`

```
# L'expression ci-dessous fabrique la liste des carrés
# des nombres pairs de 1 à 10 => [4, 16, 36, 64, 100]
carres = [ nb*nb  for nb in range(1,11) if nb%2==0 ]

# ce qui est équivalent à :
carres = []
for nb in range(1,11):
    if nb%2 == 0:
        carres.append(nb*nb)

# L'expression ci-dessous retourne, dans l'ordre alpha-
# bétique, la liste des car. utilisés dans une chaîne
sorted({ car for car in 'abracadabra' })
    # => ['a', 'b', 'c', 'd', 'r']

# L'expression ci-dessous récupère, dans le dictionnaire
# dic, tous les éléments dont la valeur est supérieure
# à 10, et les insère dans le nouveau dictionnaire sup10
dic = { 'a': 12.50, 'b': 3.50, 'c': 11.00, 'd': 6.00 }
sup10 = { cle:val for cle,val in dic.items() if val>10 }

# L'expression ci-dessous parcourt les entiers de 1 à 9
# et affiche les valeurs impaires, sinon 0
[ x if x%2 else 0   for x in range(1,10) ]
    # => [1, 0, 3, 0, 5, 0, 7, 0, 9]
```

2.3.4 Boucle while

La boucle `while` permet d'exécuter un bloc d'instruction aussi longtemps qu'une *condition* (expression logique) est vraie.

Notez aussi la présence du caractère `:` (double point) définissant le début du bloc d'instruction contrôlé par `while`.

```
nb = 1 ; stop = 5
# Affiche le carré des nombres de nb à stop
while nb <= stop:
    print(nb, nb**2)
    nb += 1
```

Comme pour la boucle for, après le bloc d'instruction subordonné à `while`, on pourrait aussi ajouter une clause `else` suivie d'un bloc d'instructions, ces dernières s'exécutant 1 fois lorsque la *condition* sera fausse.

2.3.5 Instructions continue et break

Dans une boucle for ou une boucle while :

- l'instruction `continue` passe à l'itération suivante de la boucle courante (i.e. sans poursuivre l'exécution des instructions du bloc)
- l'instruction `break` sort de la boucle courante ; si la boucle comporte un bloc `else`, celui-ci n'est pas exécuté

```
# Affiche les nombres impairs et leur carré jusqu'à ce
# que le carré atteigne 25 => 1  1 , 3  9 , 5  25
for n in range(0, 10):
    if (n % 2) == 0:  # nombre pair
        continue      # => re-boucler
    carre = n**2
    if carre > 25:
        break         # => sortir de la boucle
    print(n, carre)
```

2.4 Fonctions, modules, packages, scripts

2.4.1 Fonctions

De façon générale, on implémente une *fonction* lorsqu'un ensemble d'instructions est susceptible d'être utilisé plusieurs fois dans un programme. Cette décomposition en petites unités conduit à du code plus compact, plus lisible et plus efficace.

L'exemple ci-contre illustre les principes de base de définition d'une *fonction* en Python :

- la première ligne `def nomFonction(arguments...):` définit le **nom** avec lequel on invoquera la fonction, suivi entre parenthèses de son(ses) éventuel(s) ***arguments*** (paramètres d'entrée) séparés par des virgules ; cette ligne doit se terminer par `:`
- les instructions de la fonction (**corps** de la fonction) constituent ensuite un bloc qui doit donc être indenté à droite
- au début du corps on peut définir, sous forme de chaîne/commentaire multi-ligne, le texte d'**aide en-ligne** (appelé *docstrings*) qui sera affiché avec `help(fonction)`
- avec `return expression` on sort de la fonction en renvoyant optionnellement des **données de retour** sous forme d'un objet de n'importe quel type ; si l'on ne passe pas d'argument à `return`, la fonction retournera alors `None` (objet nul) ; dans l'exemple ci-contre, on retourne 2 valeurs que l'on a choisi d'emballer sous forme de *tuple*

```
def somProd(n1, n2):
    """Fonction calculant somme et produit de n1 et n2
    Résultat retourné dans un tuple (somme, produit)"""
    return (n1+n2, n1*n2)


help(somProd)  # => affiche :
  **somProd**(n1, n2)
    Fonction calculant somme et produit de n1 et n2
    Résultat retourné dans un tuple (somme, produit)

somProd(3,10)  # => (13, 30)
somProd()  # => erreur "somProd() takes exactly 2 args"
           # et même erreur si on passe 1 ou >2 args.

# Une fonction étant un objet, on peut l'assigner
# à une variable, puis utiliser celle-ci comme un
# "alias" de la fonction !
sp = somProd
sp(3,10)   # => (13, 30)
```

S'agissant du nom de la fonction, il est de coutume, en Python, de le faire débuter par un caractère minuscule. En outre s'il est composé de plusieurs mots, on concatène ceux-ci et les faisant débuter chacun par une majuscule. Exemple : `uneFonctionBienNommee`.

Lors de l'appel à la fonction, il est aussi possible de passer les paramètres **de façon nommée** avec `paramètre=valeur`. Dans ce cas, l'ordre dans lequel on passe ces paramètres n'est pas significatif !

On peut en outre définir, dans la déclaration `def`, des **paramètres optionnels**. Si l'argument n'est pas fourni lors de l'appel de la fonction, c'est la *valeur par défaut* indiquées dans la définition qui sera utilisée par la fonction.

```
21 def fct(p1, p2=9, p3='abc'):
22     # 1 param. obligatoire, et 2 param. optionnels
23     return (p1, p2, p3)
24
25 print(fct())          # => erreur (1 param. oblig.)
26 print(fct(1))         # => (1, 9, 'abc')
27 print(fct(1, 2))      # => (1, 2, 'abc')
28 print(fct(1, 2, 3))   # => (1, 2, 3)
29 print(fct(p3=3, p1='xyz')) # => ('xyz', 9, 3)
```

Si le nombre de paramètres n'est pas fixé d'avance, on peut utiliser les techniques suivantes :

- récupérer les *paramètres positionnels* sur un *tuple* en définissant une variable précédée de `*`
- récupérer les *paramètres nommés* sur un *dictionnaire* en définissant une variable précédée de `**` ; il sera dans ce cas nécessaire d'invoquer la fonction en passant les paramètres sous la forme `paramètre=valeur`

```
41 def fct1(*params_tpl):
42     print(params_tpl)
43
44 fct1(1, 'a')          # => (1, 'a')
45
46
47 def fct2(**params_dic):
48     print(params_dic)
49
50 fct2(p1=1, p2='a')    # => {'p2': 'a', 'p1': 1}
```

On peut finalement combiner ces différentes techniques de définition de paramètres (paramètres optionnels, tuple, dictionnaire) ! Par exemple la fonction `fct(n1, n2=4, *autres)` 1 paramètres obligatoire, 1 paramètre facultatif avec valeur par défaut, et 0 ou plusieurs paramètres positionnels supplémentaires facultatifs.

Il est important de noter que sous Python les objets transmis aux fonctions sont **passés par référence** (adresses vers ces objets), contrairement à MATLAB/Octave (passage par valeur) ! S'ils sont modifiés par les fonctions, ces objets le seront donc également dans le programme appelant !

Il y a cependant une exception à cette règle qui concerne les variables de type non modifiable (*immutables*), celles-ci étant alors passées **par valeur** (copie des données). Cela concerne donc les *types simples* (entier, flottant, complexe) et les *containers* de type *tuples*, *chaînes* et *frozensets*.

```
61 def ajoutElem(liste, elem):
62     liste.append(elem)
63     elem = 'xyz'
64     # notez que cette fonction n'a pas de return !
65
66 liste=['un']
67 elem='deux'
68 ajoutElem(liste, elem)
69 print(liste) # => ['un', 'deux'] : liste a été modifiée!
70 print(elem)  # => 'deux' : chaîne n'a PAS été modifiée
```

Portée des variables (et autres objets)

La *portée* est le périmètre dans lequel un nom (de variable, fonction…) est connu

(*visible*) et utilisable. Sous Python, cela est lié au concept d' *espaces de noms* (*namespaces*) où il faut distinguer :

- l'espace de noms global : il est créé au début de l'exécution du programme Python, respectivement lorsque l'on lance un interpréteur en mode interactif ; la fonction `globals()` retourne le *dictionnaire* des objets globaux, la valeur d'un *objet* spécifié étant donc `globals()["objet"]`
- les espaces de noms locaux des fonctions : ils sont créés lors des appels aux fonctions, à raison d'un espace local pour chaque imbrication de fonction ; la liste des objets de cet espace est donnée par `locals()`
- les espaces de noms des modules et des classes…

La fonction `dir()` retourne la liste des noms connus dans l'espace de noms courant (et `dir(objet)` la liste des attributs associés à l' *objet* spécifié).

La recherche d'un nom débute dans l'espace de noms le plus intérieur, puis s'étend jusqu'à l'espace de nom global. C'est ainsi que :

- les variables du programme principal (variables dites *globales*) sont visibles dans les fonctions appelées, mais ne sont par défaut pas modifiables ; si l'on définit dans une fonction une variable de même nom qu'une variable de niveau supérieur, cette dernière est en effet masquée
- les variables définies dans le corps d'une fonction (variables *locales*) ne sont pas visibles dans les niveaux supérieurs (fonction appelante, programme principal)
- les fonctions peuvent cependant modifier des variables globales en utilisant l'instruction `global var1, var2, ...` (forçant ces noms à être liés à l'espace de nom global plutôt qu'à l'espace local courant)

```python
# Exemple 1 ____________________________________________

def afficheVar():     # fonction sans param. d'entrée
    var2 = 999        # variable locale
    print('var1 =', var1, '\nvar2 =', var2)


var1 = 111 ; var2 = 222    # variables globales
afficheVar()  # => affiche :
  # var1 = 111 => variable globale vue par la fct
  # var2 = 999 => var. locale masquant var. globale




# Exemple 2 ____________________________________________

def incremCompt():   # fonction sans param. d'entrée
    global compteur  # définition var. globale
    if 'compteur' not in globals(): # test exist. var.
        compteur = 0 # initialisation du compteur
    compteur += 1
    print('Appelé', compteur, 'fois')


incremCompt() # => affiche: Appelé 1 fois
incremCompt() # => affiche: Appelé 2 fois
incremCompt() # => affiche: Appelé 3 fois
```

Lambda fonctions

Pour les fonctions donc le corps ne contiendrait qu'une seule instruction `return expression`, Python offre la possibilité de définir une *fonction anonyme* aussi appelée *lambda fonction* (ou *lambda expression*). Sa syntaxe est :

`lambda arguments... : expression`

Dans l'exemple ci-contre, nous l'assignons la lambda fonction à une variable pour pouvoir l'utiliser comme une fonction classique. Dans la pratique, les lambda fonctions sont utiles pour définir une fonction simple comme argument à une autre fonction, pour retourner des valeurs, etc…

```python
# La lambda fonction ci-dessous :
somProd = lambda n1, n2: (n1+n2, n1*n2)

# est équivalente à :
def somProd(n1, n2):
    return (n1+n2, n1*n2)

# Dans les 2 cas :
somProd(3, 10)    # => (13, 30)
```

2.4.2 Modules

Utilisation de modules

Un *module* Python (parfois appelé *bibliothèque* ou *librairie*) est un fichier rassemblant des *fonctions* et *classes* relatives à un certain domaine. On implémente un module lorsque ces objets sont susceptibles d'être utilisés par plusieurs programmes.

Pour avoir accès aux fonctions d'un module existant, il faut charger le module avec la commande `import`, ce qui peut se faire de différentes manières, notamment :

A. `from module import *` : on obtient l'accès direct à l'ensemble des fonctions du *module* indiqué sans devoir les préfixer par le nom du module
B. `from module import fct1, fct2...` : on ne souhaite l'accès qu'aux fonctions *fct1, fct2*... spécifiées
C. `import module1, module2...` : toutes les fonctions de(s) module(s) spécifié(s) seront accessibles, mais seulement en les préfixant du nom du *module*
D. `import module as nomLocal` : toutes les fonctions du *module* sont accessible en les préfixant du *nomLocal* que l'on s'est défini

Les méthodes **(C)** et **(D)** sont les plus pratiquées. La technique **(A)** ne devrait en principe **pas être utilisée**, car elle présente le risque d'écrasement d'objets si les différents modules chargés et/ou votre programme implémentent des objets de noms identiques. Elle rend en outre le code moins lisible (on ne voit pas d'où proviennent les fonctions utilisées).

Explication technique : quand on importe un module avec (C) ou (D), un "espace de nom" spécifique (que l'on peut examiner avec dir(module)) est créé pour tous les objets du module, puis un objet de module est créé pour fournir l'accès (avec la notation module.fonction()) à cet espace de nom.

On obtient la liste des modules couramment chargés avec l'attribut `sys.modules`.

Les fonctions et classes Python de base (*built-in*) sont définis dans un module préchargé nommé `builtins`.

S'agissant de l'installation de modules et packages ne faisant pas partie de la *librairie standard*, voyez ce chapitre.

```
# Admettons qu'on doive utiliser la constante 'pi' et la
# fonction 'sin', tous deux définis dans le module 'math'
# (Rem: %who et %whos ci-dessous sont propre à IPython)

# A)
from math import *
%who      # ou %whos => on voit toutes fcts importées !
dir()     # => objets dans namespace, notamment ces fcts
sin(pi/2)  # => 1.0
cos(pi)    # => -1.0

# B)
from math import pi, sin
%who      # ou %whos => seules 'pi', 'sin' accessibles
dir()     # => objets dans namespace, notamment ces fcts
sin(pi/2)  # => 1.0
cos(pi)    # => erreur "name 'cos' is not defined"

# C)
import math
%who              # ou %whos => module 'math' importé
math.<tab>        # => liste les fonctions du module
dir(math)         # => objets dans namespace
help(math)        # => affiche l'aide sur ces fonctions
help(math.sin)    # => aide sur la fct spécifiée (sin)
math.sin(math.pi/2) # => 1.0
cos(pi)           # => erreur (non préfixés par module)
math.cos(math.pi) # => -1.0

# D)
import math as mt
%who     # (ou %whos) => module math importé s/nom mt
mt.<tab>          # => liste les fonctions du module
dir(mt)           # => objets dans namespace
help(mt)          # => affiche l'aide sur ces fonctions
mt.sin(mt.pi/2)     # => 1.0
math.sin(math.pi/2) # => erreur "name math not defined"
mt.cos(mt.pi)       # => -1.0
```

Écriture de modules

Créer un *module* revient simplement a créer un fichier nommé `module.py` dans lequel seront définies les différents objets (fonctions, classes…) du module. Le nom du module est en général défini en caractères minuscules seulement (`a-z` , avec éventuellement des `_`).

Outre les fonctions, on peut également ajouter dans le module des instructions à exécution immédiate, celles-ci étant alors exécutées au moment de l'import. Si l'on souhaite qu'elles ne soient exécutées que lorsqu'on exécute le module en tant que *script*, on les définira dans un bloc précédé de `if __name__ == '__main__':`

Lors d'un `import` , Python commence par rechercher le module spécifié dans le répertoire courant, puis dans le(s) répertoire(s) défini(s) par la variable d'environnement `PYTHONPATH` (si celle-ci est définie, par exemple par votre prologue `~/.profile`), puis finalement dans les répertoires systèmes des modules Python (`/usr/lib/python<version>`). La liste de tous ces répertoires (chemins de recherche) est donnée par l'attribut `sys.path` . Python considère, dans l'ordre, les extensions suivantes :

- `.pyd` et `.dll` (Windows), `.so` (Unix) : modules d'extension Python
- `.py` : modules source Python
- `.pyc` : modules Python compilés en *bytecode* (automatiquement généré et mis en *cache* lorsque l'on importe le module)

```
61  # Fichier mon_module.py ____________________________________
62
63  def carre(nb):
64      return nb*nb
65
66  def cube(nb):
67      return nb*nb*nb
68
69  if __name__ == '__main__':
70      # module exécuté en tant que script
71      print('Exemple de la fonction carre()')
72      print('  carre(4) => ', carre(4))
73      print('Exemple de la fonction cube()')
74      print('  cube(3) => ', cube(3))
75
76
77  # Utilisation du module ____________________________________
78
79  import mon_module       # => n'exécute pas code
80  mon_module.carre(3)     # => 9
81  mon_module.cube(2)      # => 8
82
83
84  # Exécution du module en tant que script _____________
85
86  $ python mon_module.py   # => affiche ce qui suit :
87    Exemple de la fonction carre()
88      carre(4) =>  16
89    Exemple de la fonction cube()
90      cube(3) =>  27
```

Lorsque l'on développe interactivement, Python ne charge le module que la première fois qu'on l'importe. Si l'on veut recharger un module que l'on vient de modifier, il faut faire : `imp.reload(module)` . Il faut cependant être attentif au fait que les objets créés avant le rechargement du module ne sont pas mis à jour par cette opération !

2.4.3 Packages

Un *package* (*paquetage*) permet de réunir plusieurs *modules* sous un seul nom et pouvant ainsi être chargés par une seule instruction `import package` . C'est donc un ensemble de modules physiquement rassemblés dans un répertoire ou une arborescence. Nous n'entrerons ici pas davantage dans les détails d'implémentation d'un package.

2.4.4 Scripts

Un *script* (ou *programme*) Python est un fichier de code Python que l'on peut exécuter dans un interpréteur Python. Son nom se termine en principe par l'extension `.py`.

On a déjà dit quelques mots sur les 2 lignes d' en-têtes d'un script (définition de l'interpréteur, encodage des caractères). Suivent alors les instructions d'importation des *modules* utilisés. Puis le script se poursuit par la définition d'éventuelles *fonctions*. On trouve finalement le *corps principal* du programme, entité connue par l'interpréteur Python sous le nom `__main__`

On peut exécuter un script nommé `script.py` de différentes manières :

- depuis un **shell** (fenêtre de terminal/commande) en frappant : `python script.py` (ou éventuellement `python3 script.py` selon votre installation, afin d'utiliser Python v3) ;
  ajoutez l'option `-i` si vous désirez que l'interpréteur Python passe en **mode interactif** juste après l'exécution du *script* (par exemple pour examiner des variables globales où tracer le stack d'erreurs…)
- depuis un shell en frappant directement : `./script.py` , mais pour autant que le script ait l'attribut de permission *execute* (que l'on peut définir, sous Linux et macOS, avec : `chmod +x script.py`)
- depuis un **explorateur de fichier** en double-cliquant sur l'icône du script, pour autant également que le script ait la permission *execute*
- depuis **IPython** en frappant : `%run script` (pas besoin de saisir l'extension `.py`)
- interactivement depuis le **shell Python** avec :
  `exec(open('script.py').read())` ; noter que dans ce cas le script s'exécute dans le contexte de la session IPython et "voit" toutes les objets courants, ce qui peut être intéressant… mais peut aussi constituer un danger !

```python
# Fichier monScript.py ____________________________________

#!/usr/bin/env python
# -*- coding: utf- 8  -*-

import sys

def pause(prompt):  # exemple de fonction dans script
    print()
    input(prompt)

print('- nom de fichier du script :', sys.argv[0])
print('- invoqué avec', len(sys.argv)-1, \
        'arguments :', sys.argv[1:])

pause('Frapper <enter> pour refermer la fenêtre ')
# Ligne ci-dessus: pour voir qqch si on lance le
# script par double-clic depuis un explorateur




# Exécution du script ____________________________________

$ python monScript.py un deux  # => affiche :

- nom de fichier du script : monScript.py
- invoqué avec 2 arguments : ['un', 'deux']

Frapper <enter> pour refermer la fenêtre
```

Comme on le voit dans l'exemple ci-dessus, on peut récupérer sur l'attribut `sys.argv` le nom du script et les **arguments** qui lui ont été passés à l'exécution. Mais sachez qu'il existe des modules spécifiquement dédiés au *parsing* d'arguments (notamment `argparse`) qui vous seront bien utiles si vous souhaitez invoquer le script à la façon des commandes Unix (avec des arguments du type : -o, –option, –option=valeur, etc…).

2.5 Opérations sur les chaînes

Après avoir brièvement présenté plus haut comment on définit et manipule des chaînes de caractères sous Python, nous présentons ici plus en détail d'autres traitements possibles.

2.5.1 Formatage

Opérateur de conversion %

Le *formatage* permet de composer des chaînes de caractères incorporant des données de types entier, flottant et chaîne. Cela correspond, sous C ou MATLAB/Octave, à l'usage de la fonction `sprintf`. Sous Python, on utilise la syntaxe suivante :

```
'chaîne avec spécifications de conversion %s %d %o %x %f %e' % ( valeurs, variables ou expressions )
```

À la suite de la *chaîne* et de l'opérateur de conversion `%`, les objets à insérer (valeurs, variables, expressions) sont passés entre parenthèses, c'est-à-dire sous forme de *tuple*. Les valeurs seront alors insérées dans la *chaîne* aux emplacements balisés par des *spécifications de conversion* qui doivent exactement correspondre, en nombre et type, avec les éléments insérés !

Les principales *spécifications de conversion* sont les suivantes (issues du langage C) :

- `%s` pour une chaîne
- `%d`, `%o` ou `%x` pour un entier, respectivement en base décimale, octale ou hexadécimale
- `%f` ou `%e` pour un flottant, respectivement en notation fixe ou notation scientifique avec exposant

```
1  data = [ 100, 'stylos', 2.5,
2           20, 'plumes', 25,
3           2, 'calculettes', 105 ]
4  n = 0
5  while n < len(data):
6      print('  %4d  %-12s  %7.2f ' %
7            ( data[n], data[n+1], data[n+2] ) )
8      n += 3
9
10 # L'exécution du code ci-dessus affiche :
11    100  stylos          2.50
12     20  plumes         25.00
13      2  calculettes   105.00
```

On peut en outre intercaler, entre l'opérateur `%` et les codes de conversion `s d o x f` et `e` :

- un tiret `-` pour que la donnée soit justifiée à gauche de son champ plutôt qu'à droite (alignement par défaut)
- un *nombre* définissant la largeur du champ (nombre de caractères) occupé par la donnée insérée

Le *nombre* doit être entier pour les spécifications `%s` `%d` `%o` et `%x`. Il peut être réel (sans exposant) pour `%f` et `%e`, la valeur après le point décimal indiquant alors la précision d'affichage, c'est-à-dire le nombre de chiffres après la virgule. Par exemple `%7.2f` insère, dans un champ de 7 caractères, le nombre formaté avec 2 chiffres après la virgule. Sans indication de *nombre*, la largeur du champ est dynamique, correspondant au nombre de chiffres effectif de l'entier inséré ou au nombre de caractères de la chaîne insérée. S'agissant d'un flottant, il sera alors affiché avec une précision de 6 chiffres après la virgule.

Méthode de formatage format

Sous Python v3, le type chaîne s'enrichit d'une nouvelle méthode `.format` :

```
'chaîne avec indicateurs de format {}'.format( valeurs, clé=valeur, variables, expressions )
```

Définis dans la *chaîne* entre accolades `{ }`, les *indicateurs de format* permettent de spécifier notamment :

- un nombre entier : c'est l'indice de l'élément du tuple à insérer (passage par position)
- un nom : c'est la clé de l'élément à insérer (passage par nom)
- `:s` `:d` `:o` `:x` `:f` `:e` : spécifications analogues à celles vues plus haut (notez que le caractère `:` remplace `%`)
- caractère `<` `>` ou `^` (juste après le `:`) : pour justifier respectivement à gauche, à

droite ou centrer dans le champ
- possibilité d'intercaler aussi un *nombre* fixant la largeur du champ

S'agissant des données à formater, si l'on passe une variable référant une séquence, on peut faire un *unpack* des valeurs en faisant précéder le nom de variable du caractère `*`. Dans le cas où la variable se réfère à un *dictionnaire*, on la précédera de `**`.

Pour davantage de détails, voyez la documentation Python.

```
# Pour obtenir le même affichage que l'ex. ci-dessus :
...
    print('  {:4d}  {:<12s}  {:7.2f} '.format(
           data[n], data[n+1], data[n+2]) )
...

# Passage par position :
'{} {} {}'.format(11, 'abc', 3.5)    # => '11 abc 3.5'
'{0}{1}{0}'.format('abra', 'cad')    # => 'abracadabra'
'{1:.4f} {0}'.format('abc', 3.5)     # => '3.5000 abc'

# Passage d'un objet tuple :
coord=(12.3, 56.7)
'{0[0]}, {0[1]}'.format(coord)        # => '12.3, 56.7'
'X= {:.2f} Y= {:.2f}'.format(*coord)
                                      # => 'X= 12.30 Y= 56.70'

# Passage par nom, ou passage d'un objet dictionnaire :
'Coord: {x:.2f}, {y:.2f}'.format(y=56.7, x=12.3)
                                      # => 'Coord: 12.30, 56.70'
dic = {'y': 56.7, 'x': 12.3}
'Coord: {x:.2f}, {y:.2f}'.format(**dic)
                                      # => 'Coord: 12.30, 56.70'
```

Template de chaîne

P2 *Sous Python v2 (depuis 2.4), le module* `string` *offrait une méthode* `.Template()` *permettant de définir des modèles de chaînes puis en faire usage par un mécanisme de substitution. Mais cette technique, bien que toujours disponible sous Python v3, n'est plus tellement utile, étant donné que la méthode* `.format()`*, avec le passage par nom, fait la même chose sans nécessiter de module spécifique.*

```
from string import Template

coords = [ (11, 22), (33, 44) ]
tpl = Template('X = $x, Y = $y')

for point in coords:
    print( tpl.substitute(x=point[0], y=point[1]) )
# => affiche :
X = 11, Y = 22
X = 33, Y = 44
```

2.5.2 Fonctions et méthodes de chaînes

Quelques **fonctions** :

- `len(chaine)` : nombre de caractères de *chaîne*
- `str(nombre)` : conversion de *nombre* en chaîne
- `ord(caractère)` : code-ASCII du *caractère*
- `chr(code-ASCII)` : caractère correspondant au *code-ASCII*
- `min(chaîne)`, `max(chaîne)` : respectivement le plus petit ou le plus grand caractère de *chaîne*
- `ascii(objet)` : affiche *objet* (pas seulement *chaîne*) en *échappant* les caractères non-ASCII par des séquences `\x`, `\u` ou `\U`

Rappelons que `+` et `*` ainsi que les opérateurs de comparaison (`==` `<` `>` etc…) peuvent être utilisés sur les chaînes.

```
len('123')        # => 3 caractères
str(123.456)      # => '123.456'

[ord(car) for car in 'abcdef']
   # => [97, 98, 99, 100, 101, 102]

[chr(code) for code in range(97,103)]
   # => ['a', 'b', 'c', 'd', 'e', 'f']

min('abcABC')     # => 'A'
max('abcABC')     # => 'c'
ascii('Élève')    # => '\\xc9l\\xe8ve'

'oh' + 2*'là'             # => 'ohlàlà'
'Ceci'[0:2]=='Cela'[0:2] # => True
'Ceci' > 'Cela'           # => False

def isMinuscule(ch):
    if 'a' <= ch <= 'z': # condition double !
        return True
    else:
        return False
isMinuscule('e')  # => True
isMinuscule('E')  # => False
```

Dans les **méthodes** ci-après, les paramètres *debut* et *fin* sont optionnels. Ils permettent de limiter la portée de la méthode sur la portion de chaîne comprise entre les indices *debut* et *fin*.

- `.find(sch,debut,fin)` ou `.index(...)` : retourne l'indice du début de la sous-chaîne *sch* ; ces 2 fonctions diffèrent seulement si *sch* n'est pas trouvée (`.find` retournant `-1`, et `.index` une erreur)
- `.rfind(sch,debut,fin)` ou `.rindex(...)` : idem, sauf que la recherche s'effectue à partir de la fin de la chaîne
- `.count(sch,debut,fin)` : retourne le nombre d'occurence(s) de la sous-chaîne *sch*
- `.startswith(sch)` et `.endswith(sch)` : teste respectivement si la chaîne débute ou se termine par *sch*
- `.replace(s1,s2,nb)` : remplace toutes (ou seulement *nb*) occurences de *s1* par *s2*
- `.maketrans(table)` : remplacement, caractère par caractère, selon la table de translation *table* définie avec `.maketrans(avant,après)` (où *avant* et *après* sont 2 chaînes de longueur identique)

```
# Recherche et décompte
st = '123 abc 456 abc 789'
st.find('abc')       # ou st.index('abc')   => 4
st.find('abc',5)     # ou st.index('abc',5) => 12
st.rfind('abc')      # ou st.rindex('abc')  => 12
st.find('xyz')       # => -1
st.index('xyz')      # => erreur "substring not found"

st.count('abc')      # => 2 occurences
st.count('a',0,4)    # => 0 occurences
'abc' in st          # => True
'Oui'.lower().startswith('o') # => True
'fichier.py'.endswith('.py')  # => True

# Substitution
st.replace('abc','xxx',1) # => '123 xxx 456 abc 789'

table=str.maketrans('àéè', 'aee') # table de substit.
'accentués àèé'.translate(table)  # => 'accentues aee'
```

- `.strip(cars)` , `.lstrip(cars)` , `.rstrip(cars)` : enlève les caractères *espace* (ou les caractères *cars* spécifiés) respectivement au début, à la fin ou autour de la chaîne
- `.split(delim,max)` : découpe la chaîne là où se trouvent un(des) caractère(s) *espace*, *tab* et *newline* (ou la chaîne *delim*) ; limite à *max* le nombre de découpage
- `.splitlines()` : découpe une chaîne multi-lignes aux emplacements des sauts de ligne *newline*
- `'delim'.join(iterable)` : concatène tous les éléments de l'objet *iterable* en intercalant la chaîne *delim* entre chaque élément
- `.upper()` , `.lower()` et `.swapcase()` : convertit tous les caractères respectivement en majuscules, minuscules, ou inverse la casse
- `.capitalize()` et `.title()` : convertit en majuscule respectivement le 1er caractère de la chaîne ou le premier caractère de chaque mot de la chaîne
- `.ljust(largeur,car)` , `.rjust(largeur,car)` et `.center(largeur,car)` : aligne la chaîne respectivement à gauche, à droite ou de façon centrée dans un champ de *largeur* caractères, et complétant les espaces vides par des *espaces* ou par le *car* spécifié

Pour plus de précisions sur ces méthodes, voir `help(str.methode)` .

```
51  # Nettoyage
52  ' * bla * '.strip()        # => '* bla *'
53  '  bla  '.rstrip()         # => '  bla'
54  '* -bla*--'.strip(' *-')   # => 'bla'
55  '> commande'.lstrip('> ') # => 'commande'
56
57  # Découpage
58  'Une p\'tit phrase'.split() #=> ['Une',"p'tit",'phrase']
59      # <espace>, <tab>, <newline>
60  '2013-11-08'.split('-') # => ['2013', '11', '08']
61
62  '''Parag.
63  multi-
64  lignes'''.splitlines() # => ['Parag.','multi-','lignes']
65
66  # Concaténation
67  mots = ['Une', 'petite', 'phrase']
68
69  concat = ''
70  for mot in mots:
71      concat += mot  # => 'Unepetitephrase'
72
73  ''.join(mots)    # => 'Unepetitephrase'
74  ' '.join(mots)   # => 'Une petite phrase'
75
76  # Changement de casse
77  'Attention'.upper()        # => 'ATTENTION'
78  'Oui'[0].lower() == 'o'    # => True
79  'Inv. Maj/Min'.swapcase() # => 'iNV. mAJ/mIN'
80  'une phrase'.capitalize() # => 'Une phrase'
81  'un titre'.title()         # => 'Un Titre'
82
83  # Alignement/justification
84  'Bla'.ljust(6)             # => 'Bla   '
85  '123'.rjust(6,'0')         # => '000123'
86  ' xxxx '.center(14,'-')    # => '---- xxxx ----'
```

En outre des méthodes booléennes permettent de tester les caractères d'une chaîne : `.isalnum()` (alphanumérique), `.isalpha()` (alphabétique), `.isdecimal()` , `.isdigit()` et `.isnumeric()` (numérique).

2.5.3 Expressions régulières


Rédaction de ce chapitre en cours, merci de patienter !

2.6 Manipulation de fichiers

Nous décrivons ici les techniques standards de manipulation de fichiers, c'est-à-dire les *méthodes* et *attributs* de l'*objet-fichier*. Sachez que d'autres modules offre des méthodes spécifiques de lecture/écriture de fichiers qui peuvent être utiles, notamment :

- certains modules de la *librairie standard* : `fileinput`, `csv`, `json`…
- les modules NumPy (fonctions `.loadtxt`, `.savetxt`) et SciPy (fonctions `.io.loadmat`, `io.savemat`).

2.6.1 Ouverture et fermeture

Pour manipuler un fichier, il faut d'abord l' **ouvrir**, ce qui se fait avec le *constructeur* `open` dont les paramètres principaux sont les suivants :

```
fd = open(fichier, mode, buffering, encoding=encodage)
```

- le *fd* (descripteur de fichier) retourné est un *objet-fichier*, les diverses manipulations décrites dans les chapitres qui suivent étant donc des *méthodes* relatives à cet objet
- *fichier* est une chaîne définissant le nom du fichier, incluant son *chemin* d'accès (*path*) s'il n'est pas dans le répertoire courant (à moins de changer préalablement de répertoire courant avec `os.chdir(chemin)`)
- *mode* (voir ci-après) est une chaîne définissant le mode d'accès ; en l'absence de ce paramètre, *fichier* sera ouvert en mode `'rt'`
- *buffering* est un entier définissant si un buffer mémoire (accélérant les lecture/écriture) est associé au fichier :
  • absence de ce paramètre ou valeur `1` : buffer standard
  • `0` : pas de buffer (uniquement pour fichier binaire)
  • *nombre*: buffer de la taille spécifiée par *nombre*
- il est possible de définir le type d' *encodage* ; en l'absence de ce paramètre, l'encodage par défaut dépend de l'OS, mais c'est généralement `'utf-8'`, l'encodage `'latin1'` tendant à disparaître

```
fd = open('fich.txt', 'w')
    # ouverture nouveau fichier en écriture

type(fd)        # => io.TextIOWrapper
print(fd)       # => affiche :
  <... name='fich.txt' mode='w' encoding='UTF-8'>
help(fd)        # => méthodes associée à objet-fichier
fd.<tab>        # => ~idem sous IPython
fd.closed       # => False
fd.name         # => 'fich.txt'
fd.mode         # => 'w'
fd.encoding     # => 'UTF-8'
fd.readable()   # => False (serait True si 'r')


# On doit le cas échéant gérer soi-même les
# erreurs d'ouverture, p.ex. ici avec l'implé-
# mentation de notre propre fonction 'error' :

import sys
def error(msg): # fct d'affich. message & exit
    sys.stderr.write("Error: %s\n" % msg)
    sys.exit('Aborting...')

try:
    fd = open('inexistant.txt', 'r')
except IOError as err:
    error(err.strerror)  # erreur => avorter
# ... suite du programme si OK

# Si fichier inexistant => cela affichera :
  Error: No such file or directory
  An exception has occurred, use %tb to
  see the full traceback.
  SystemExit: Aborting...
```

Les *modes* d'accès sont les suivants :

- `'r'` : accès en lecture seule ; erreur si le fichier n'existe pas
- `'w'` : accès en écriture ; si le fichier n'existe pas, il est créé ; s'il existe, son contenu est écrasé
- `'r+'` : accès en lecture et écriture, permettant de lire et intercaler des données dans le fichier
- `'a'` : accès en mode ajout (*append*) ; si le fichier n'existe pas, il est créé ; s'il existe, son contenu est laissé intact, et les écritures s'effectuent à la fin du fichier

et l'on peut ajouter les codes suivants :

- `'t'` : mode texte (par défaut)

- `'b'` : mode binaire

La fermeture du fichier s'effectue logiquement avec `fd.close()`. En cas d'oubli, tous les fichiers ouverts sont automatiquement fermés à la sortie du programme.

```
41 # ... suite de l'exemple ci-dessus :
42 fd.close()    # fermeture du fichier
43 fd.closed     # => True
```

2.6.2 Lecture

Plusieurs méthodes peuvent être utilisées, selon que l'on souhaite lire le fichier :

A. d'une traite
B. par paquets d'un certain nombre de caractères
C. ligne après ligne

Dans les exemples qui suivent, on utilisera le fichier `essai.txt` contenant les 3 lignes suivantes :

```
1ère ligne
2e ligne
fin
```

A) Pour la **lecture d'une traite** en mémoire (convenant à des fichiers pas trop volumineux !), on dispose de deux méthodes :

- `.read()` : déverse le fichier sur une seule chaîne, y compris les *newline* (`\n`) ; on pourrait ensuite faire un découpage en lignes avec `chaîne.split('\n')`, mais on a dans ce cas meilleur temps d'utiliser la méthode ci-après
- `.readlines()` : déverse le fichier sur une liste qui contiendra autant d'éléments que de lignes du fichier, chaque élément étant terminé par un *newline* (`\n`)

```python
# Ouverture
fd = open('essai.txt', 'r')

# Lecture intégrale sur une chaîne
chaine = fd.read()
  # => chaine = '1ère ligne\n2e ligne\nfin\n'

fd.seek(0)  # repositionnement au début fichier
  # on aurait pu faire un close puis un open

# Seconde lecture intégrale, sur une liste cette fois
liste = fd.readlines()
  # => liste = ['1ère ligne\n', '2e ligne\n', 'fin\n']

# Fermeture
fd.close()


# Les 3 instruction open, read/readline, close
# pourraient être réunies en une seule, respectivement :

chaine = open('essai.txt', 'r').read()
liste  = open('essai.txt', 'r').readlines()

# et c'est alors le garbage collector Python qui
# refermera les fichiers !
```

B) Si le fichier est très volumineux, la lecture d'une seule traite n'est pas appropriée (saturation mémoire). On peut alors utiliser la méthode `.read(nbcar)` de **lecture par paquets** de *nbcar* caractères.

La taille de paquet de l'exemple ci-contre est bien entendu trop petite ; ce n'est que pour les besoins de la démonstration.

```python
fd = open('essai.txt', 'r') # ouverture
chaine = ''
while True:
    paquet = fd.read(10)    # paquet 10 car.
    if paquet:    # paquet non vide
        chaine += paquet
    else:  # paquet vide => fin du fichier
        break
fd.close()                  # fermeture
# => chaine = '1ère ligne\n2e ligne\nfin\n'
```

C) Une lecture **ligne par ligne** peut s'avérer judicieuse si l'on veut analyser chaque ligne au fur et à mesure de la lecture, ou que le fichier est très volumineux (i.e. qu'on ne veut/peut pas le charger en mémoire).

Dans tous les exemples ci-contre, on illustre leur fonctionnement en affichant les lignes au cours de la lecture, raison pour laquelle on supprime le `\n` terminant chaque ligne lue avec la méthode de chaîne `.rstrip()`.

- La solution 1 utilise la méthode `.readline()`. Elle est explicite mais verbeuse : on lit jusqu'à ce que `ligne` soit vide, signe que l'on est alors arrivé à la fin du fichier. Note : en cas de ligne vide dans le fichier, la variable `ligne` n'est pas vide mais contient `\n`.
- La solution 2 utilise la méthode `.readlines()` vue plus haut et non pas `.readline()`.
- La solution 3, encore plus simple, démontre le fait qu'un fichier est un *objet itérable* fournissant une ligne à chaque itération !
- La solution 3bis (dérivée de la précédente) s'appuie sur l'instruction `with` dont le rôle est de définir un *contexte* au sortir duquel certaines actions sont automatiquement exécutées ; l'objet-fichier supportant le *contexte manager*, la fermeture du fichier est donc automatiquement prise en charge lorsque l'on sort du bloc `with`, et il n'y a donc pas besoin de faire explicitement un `close` !

```
61  # Solution 1
62  fd = open('essai.txt', 'r')
63  while True:                 # boucle sans fin
64      ligne = fd.readline()
65      if not ligne: break     # sortie boucle
66          # identique à:  if len(ligne)==0: break
67      print(ligne.rstrip())
68  fd.close()
69
70  # Solution 2, plus légère
71  fd = open('essai.txt', 'r')
72  for ligne in fd.readlines():
73      print(ligne.rstrip())
74  fd.close()
75
76  # Solution 3, plus élégante
77  fd = open('essai.txt', 'r')
78  for ligne in fd:
79      print(ligne.rstrip())
80  fd.close()
81
82  # Solution 3bis, encore plus compacte
83  with open('essai.txt', 'r') as fd:
84      for ligne in fd:
85          print(ligne.rstrip())
```

2.6.3 Écriture ou ajout

En premier lieu il faut rappeler où débutera l'écriture après l'ouverture du fichier. Pour cela, il faut distinguer les différents *modes* d'accès :
- `'w'` : l'écriture débute au début du fichier
- `'a'` : l'écriture débute à la fin du fichier
- `'r+'` : l'écriture s'effectue à la position courante suite à d'éventuelles opérations de lecture ou de positionnement

Pour garantir de bonnes performances, l'écriture est par défaut *bufferisée* en mémoire. Cette mémoire tampon est bien entendu entièrement déversée dans le fichier lorsqu'on referme celui-ci avec `fd.close()`. Mais sachez que l'on peut forcer à tout instant l'écriture du *buffer* avec `fd.flush()`.

A) La méthode `.write(chaîne)` écrit dans le fichier la *chaîne* spécifiée. Elle n'envoie pas de *newline* après la chaîne, donc on est appelé à écrire soi-même des `'\n'` là où l'on veut des sauts de ligne.

```
liste = ['1ère ligne', '2e ligne', 'fin']
  # ici éléments non terminés par \n

fd = open('ecrit.txt', 'w')
for ligne in liste:
    fd.write(ligne + '\n') # on ajoute les \n
fd.close()
```

B) La méthode `.writelines(sequence ou ensemble)` écrit dans le fichier une *séquence* (*tuple* ou *liste*) ou un *ensemble* (*set* ou *frozenset*) contenant exclusivement des chaînes. Tous les éléments sont écrits de façon concaténée. Tout comme `.write`, elle n'envoie pas non plus de *newline*. Si l'on veut des sauts de ligne après chaque élément, le caractère `'\n'` devrait être inclu à la fin de chaque élément. Si ce n'est pas le cas, on peut utiliser `print` (voir ci-après).

```
liste = ['1ère ligne\n', '2e ligne\n', 'fin\n']
  # les éléments doivent se terminer
  # par \n si l'on veut des sauts de ligne

fd = open('ecrit.txt', 'w')
fd.writelines(liste)
fd.close()
```

C) La fonction `print(...)`, en lui passant l'argument `file = fd`, peut aussi être utilisée pour écrire dans un fichier ! Elle se comporte de façon standard, donc envoie par défaut un *newline* après l'écriture, à moins d'ajouter le paramètre `end = ''` (chaîne vide).

```
liste = ['1ère ligne', '2e ligne', 'fin']
  # ici éléments non terminés par \n

fd = open('ecrit.txt', 'w')
for ligne in liste:
    print(ligne, file=fd)
fd.close()
```

On montre ci-contre comment on peut simplifier la technique **B)** en faisant usage de l'instruction `with` qui nous dispense de fermer le fichier. Mais on pourrait simplifier de façon analogue les techniques **A)** et **C)** !

```
with open('ecrit.txt', 'w') as fd:
    fd.writelines(liste)
```

2.6.4 Autres méthodes sur les fichiers

Les *méthodes* de fichiers suivantes sont encore intéressantes :

- `.tell()` : indique la position courante dans le fichier, exprimée en nombre de caractères depuis le début du fichier
- `.seek(nb, depuis)` : déplace le curseur (position courante) dans le fichier :

- si *depuis* est ignoré ou vaut **0** : on se déplace de façon absolue au *nb* ème caractère du fichier
- si *depuis* vaut **1** : on se déplace de *nb* caractères par rapport à la position courante, en avant ou en arrière selon que ce nombre est positif ou négatif
- si *depuis* vaut **2** : on se déplace de *nb* caractères par rapport à la fin du fichier (nombre qui doit être négatif)

Sous Python 3.2 **.seek** semble bugué lorsque l'on utilise l'option *depuis* = **1** ou **2** sur des fichiers ouverts en mode texte. Le problème ne se pose pas si on les ouvre en binaire, mais on ne manipule alors plus des caractères Unicode mais des bytes.

```
fd = open('essai.txt', 'r')
fd.tell()      # => 0 (position à l'ouverture)

fd.seek(6)     # aller au 6e car. depuis déb. fichier
fd.read(5)     # => lecture 'ligne'
fd.tell()      # => 11 (6 + 5)

fd.seek(0,2)   # aller à la fin du fichier
fd.tell()      # => 25 (nb de car. total fichier)

fd.seek(-4,2) # aller au 4e car avant fin fichier
fd.read(3)     # => lecture 'fin'

fd.seek(0)     # "rewind" au début du fichier
fd.tell()      # => 0

fd.close()
```

2.6.5 Sérialisation et stockage d'objets avec le module pickle

Si vous souhaitez *sérialiser* des objets et les stocker sur fichier, penchez-vous sur le module standard **pickle**.

Rédaction de ce chapitre en cours, merci de patienter !

2.7 Quelques fonctions built-in

Les *fonctions built-in* sont des fonctions de base définies dans le module **builtins** (anciennement nommé **__builtin__** sous Python v2). Ce module étant préchargé (contrairement aux autres modules de la *librairie standard*), elles sont directement utilisables sans devoir importer de modules. Nous nous contentons de présenter ici les plus courantes qui n'auraient pas été présentées plus haut. Pour la liste complète, voyez la documentation Python.

- *resultat* **= eval(***expression***)** : évaluation, par l'interpréteur Python et dans l'environnement courant, de l'*expression* spécifiée (chaîne) et retourne le *resultat*
- **exec(***instructions***)** : évalue et exécute les *instructions* spécifiées (une chaîne)

```
a, b = 2, 3
eval('a * b')          # => retourne 6

exec("print(a, '*', b, '=>', end='') ; print(a * b)")
         # => affiche:  2 * 3 => 6
```

La suite de ce chapitre est en cours de rédaction, merci de patienter !

2.8 Quelques modules de la librairie standard

La *librairie standard* Python est constituée des modules faisant partie de la distribution de base Python. Pour les utiliser, il est nécessaire de les importer avec l'instruction `import` (v
plus haut). Les modules standards principaux sont les suivants :

- `os` : interface portable au système d'exploitation (système de fichier, processus…)
- `glob`, `shutil`, `filecmp` : expansion de noms de fichiers, copie et archivage de fichiers et arborescences, comparaison de fichiers et répertoires
- `fileinput`, `csv`, `json`, `configparser` : lecture/écriture de fichiers spécifiques
- `tempfile` : gestion de fichiers et dossiers temporaires
- `sys`, `platform` : interface à l'environnement de l'interpréteur Python et à la plateforme d'exécution
- `re` : fonctionnalités relatives au pattern-matching par expressions régulières
- `math`, `cmath` : interface aux outils de la librairie mathématique standard C, opérations sur nombres complexes
- `random` : générateurs de nombres aléatoires
- `time` : interface aux fonctions temporelles du système
- `datetime`, `calendar` : manipulation de dates et calendriers
- `argparse` (et plus anciens modules `optparse` et `getopt`) : processing de commandes, arguments et options
- `base64`, `uu`, `binhex`, `binascii`, `quopri` : encodage et décodage
- `gzip`, `zipfile`, `tarfile`, `zlib`, `bz2`, `lzma` : gestion d'archives compressées
- `pickle`, `copyreg`, `dbm`, `shelve`, `marshal` : gestion d'objets persistants
- `tkinter` : construction d'interfaces utilisateur graphiques (GUI) basé sur la librairie portable Tk
- `sqlite3` : API au système de base de données SQLite ; les interfaces vers d'autres SGBD sont à installer séparément
- `urllib.request`, `urllib.parse`, `http.client`, `http.server`, `cgi`, `html`, `xml`, `xmlrpc` : modules web
- `email`, `imaplib`, `poplib`, `smtplib` : modules email
- `telnetlib`, `ftplib` : autres services Internet
- `subprocess`, `multiprocessing`, `_thread`, `threading`, `queue` : gestion de processus et threads
- `socket`, `socketserver`, `ssl`, `xdrlib`, `select` : communication réseau de bas niveau TCP & UDP
- `signal` : gestion de timers et signaux

On ne présentera ci-après que quelques-uns de ces modules, tout en nous limitant aux fonctions les plus utiles. Pour davantage d'information, souvenez-vous qu'une fois un module importé, vous pouvez accéder à sa documentation complète (description, liste des classes, fonctions et données) avec `help(module)`. En frappant `help(module.fonction)`, vous obtiendrez directement l'aide sur la *fonction* spécifiée. Sous IPython finalement, en frappant `module.<tab>` vous faites apparaître toutes les *fonctions* relatives à un *module*, et respectivement avec `objet.<tab>` les *méthodes* relatives à un *objet* ou *classe*.

2.8.1 os

Le module `os` offre une interface d'accès aux services du système d'exploitation, et ceci de façon uniforme et portable (c-à-d. fonctionnant sur tous les OS). Il contient un sous-module `os.path` donnant accès au objets du système de fichiers (répertoires, fichiers, liens…).

Nous ne présentons ci-après que les méthodes les plus courantes. Sachez que `os` implémente en outre des fonctions de gestion de processus.

Fichiers et répertoires (ci-après, *chemin* représente, selon la méthode, un nom de fichier ou de répertoire, précédé ou non d'un chemin relatif ou absolu) :

- `.getcwd()` : chemin du répertoire courant
- `.chdir(chemin)` : changement de répertoire courant
- `.listdir(chemin)` : liste contenant toutes les entrées (fichiers et répertoires) du répertoire *chemin*
- `.rename(ancien,nouveau)` : renomme *ancien* fichier ou répertoire en *nouveau*
- `.mkdir(chemin)` : crée répertoire *chemin*
- `.makedirs(chemin)` : idem en créant répertoires parents s'ils n'existent pas
- `.rmdir(chemin)` : détruit répertoire *chemin* (si vide)
- `.remove(chemin)` ou `.unlink(chemin)` : détruit fichier *chemin*
- `.chmod(chemin,mode)` : changement de permission
- `.chown(chemin,uid,gid)` : changement de propriétaire
- `.walk(chemin)` : parcourt récursivement l'arborescence *chemin*, retournant pour chaque répertoire un tuple à 3 éléments: chemin, liste des sous-répertoires, liste des fichiers
- `.path.abspath(chemin)` : retourne le chemin absolu correspondant à *chemin* relatif
- `.path.dirname(chemin)` : retourne le chemin contenu dans *chemin*
- `.path.basename(chemin)` : retourne le nom de fichier ou de répertoire terminant le *chemin*
- `.path.split(chemin)` : découpe *chemin* en un tuple composé des 2 éléments ci-dessus : `.path.dirname(...)` et `.path.basename(...)`
- `.path.splitext(chemin)` : retourne l'extension contenue dans *chemin*
- `.path.splitdrive(chemin)` (Windows seulement) : découpe *chemin* en une tuple contenant le *drive:* et le reste de *chemin*
- `.path.join(ch1,ch2...)` : concatène intelligemment les chemins *ch1*, *ch2*…
- `.path.exists(chemin)` : teste si *chemin* existe (fichier ou répertoire)
- `.path.isfile(chemin)`, `.path.isdir(chemin)` : teste respectivement si *chemin* est un fichier ou un répertoire
- `.path.getsize(chemin)` : retourne la taille en octets de *chemin* (fichier ou répertoire)

```python
import os

help(os)          # => documentation du module os
os.<tab>          # (s/IPython) => liste des fonctions
help(os.getcwd)   # => aide sur fct spécifiée

os.getcwd()       # => p.ex. '/home/bonjour'
os.curdir         # => '.'
os.listdir()      # => liste fichiers répertoire courant
os.mkdir('tes')           # création sous-répertoire
os.rename('tes', 'test') # renommage
'test' in os.listdir()    # => True
os.chdir('test') # changement répertoire courant
open('essai.txt','a').close() # comme 'touch' Unix
    # => crée fichier s'il n'existe pas et le referme
os.path.exists('essai.txt')  # => True
os.path.isfile('essai.txt')  # fichier ? => True
fich = os.path.abspath('essai.txt')
                  # => /home/bonjour/test/essai.txt
os.path.dirname(fich)  # path => /home/bonjour/test
nomf = os.path.basename(fich) # fichier => essai.txt
os.path.splitext(nomf) # => ('essai', '.txt')
os.remove('essai.txt') # destruction fichier
os.chdir('..')          # on remonte d'un niveau
os.path.isdir('test')  # répertoire ? => True
os.rmdir('test')        # destruction répertoire

for dirpath, dirnames, filenames in os.walk(os.curdir):
    for fp in filenames:
        print(os.path.join(os.path.abspath(dirpath),fp))
# => affiche récursivement tous les fichiers
#    de l'arborescence avec leur path absolu

os.environ         # => dict. avec toutes var. env.
os.environ['USER'] # => 'bonjour'
os.environ['HOME'] # => '/home/bonjour'

os.system('ls -a') # passe la commande au shell...
    # et affiche résultat sur la sortie standard

list_dir = os.popen('ls -1').read()
    # idem mais récupère résultat sur chaîne
print(list_dir)
```

Environnement du système d'exploitation :

- `.environ` : dictionnaire contenant toutes les variables d'environnement
- `.uname()` : tuple renseignant sur : OS, nom machine, release, version, architecture

Exécution de **commandes** shell et **programmes** externes :

- `.system(`*comande*`)` : envoie (*spawn*) la *commande* à l'interpréteur du système d'exploitation (*shell*), et retourne le statut de terminaison (`0` si ok) ; le résultat s'affiche sur la sortie standard ; sous Unix, on ajoutera `&` à la fin de la commande si elle soit s'exécuter en background
- *chaine* `= os.popen(`*comande*`).read()` : passe aussi la *commande* au *shell*, mais récupère son résultat sur *chaine*
- `.startfile(`*chemin*`)` (Windows seulement) : ouvre le fichier *chemin* comme si l'on double-cliquait sur celui-ci dans l'explorateur de fichier ; équivalent à `.system('start` *chemin*`')`
- voir aussi `.exec(...)` et `.spawnv(...)`, plus complexes à utiliser mais offrant davantage de possibilités

2.8.2 glob

Le module `glob` a pour seul objectif de récupérer, pour le répertoire courant ou spécifié, la liste des fichiers dont le nom correspond à certains critères (*pattern matching*) définis au moyen des caractères suivants :

- `?` : correspond à 1 caractère quelconque
- `*` : correspond à 0 à N caractères quelconques
- `[`*séquence*`]` : correspond à l'un des caractères de la *séquence* spécifiée, p.ex. `[abc]`, `[a-z]`, `[0-9]`
- `[!`*séquence*`]` : correspond à un caractères ne faisant pas partie de la *séquence* spécifiée

La fonction `.glob(`*pattern*`)` retourne une liste de noms de fichiers/répertoires, et la fonction `.iglob(`*pattern*`)` retourne un itérateur.

Si la *pattern* inclu un *chemin*, la recherche s'effectue dans le répertoire correspondant, et les noms de fichiers retournés incluront ce *chemin*.

Soit le répertoire contenant les fichiers suivants :

```
ess1.dat    ess2.dat    fi1.txt    fi2.txt
fich1.txt   z2.txt
```

Quelques exemples de *matching* :

```
1  import glob
2
3  glob.glob('*.dat')    # => ['ess1.dat', 'ess2.dat']
4  glob.glob('f??.*')    # => ['fi1.txt', 'fi2.txt']
5  glob.glob('[ef]*2.*') # => ['fi2.txt', 'ess2.dat']
6  glob.glob('[!f]*.*')  # => ['ess1.dat', 'ess2.dat']
7
8  glob.glob('../r*.pdf') # => retournerait p.ex.
9    # ['../r1.pdf', '../r2.pdf'] , donc avec chemin !
10
11 # Si l'on fait un glob dans un autre répertoire et
12 # qu'on veut récupérer les noms de fichiers sans leurs
13 # chemins, on peut faire une compréhension list
14 # utilisant os.path.basename pour enlever le chemin :
15 [os.path.basename(f) for f in glob.glob('path/*.txt')]
```

2.8.3 shutil

Le module `shutil`, abréviation de *shell utilities*, offre des fonctions intéressantes de copie et archivage de fichiers et arborescences de répertoires.

- `.copy(`*fichsource, destination*`)` : copie le fichier *fichsource* sous le nom *destination* ; si *destination* est un répertoire, copie le fichier dans celui-ci sous le même nom que le fichier source

- `.copyfile(fichsource, fichdestination)` : copie le fichier *fichsource* sous le nom *fichdestination* ; retourne une erreur si *fichdestination* est un répertoire
- `.copymode(souce, destination)` : copie les permissions (pas les données) de *souce* sur *destination* (qui doit donc exister)
- `.move(souce, destination)` : déplace récursivement toute l'arborescence *source* vers *destination* (comme la commande `mv` Unix)
- `.copytree(repsource, repdestination)` : copie toute l'arborescence de répertoires/fichiers de racine *repsource* vers *repdestination* ; le répertoire *repdestination* ne doit pas pré-exister
- `.rmtree(repertoire)` : détruit toute l'arborescence *repertoire* (i.e. détruite récursivement tous ses fichiers et répertoires)
- `.make_archive(...)` et `.unpack_archive(...)` : crée et déballe une archive de type ZIP, TAR, BZTAR ou GZTAR…

2.8.4 filecmp

Le module `filecmp` permet de tester si des fichiers sont identiques, par comparaison individuelle ou par contenu de répertoire :

- `.cmp(fichier1, fichier2, listefichiers)` : compare les **fichiers** *fichier1* et *fichier2* ; retourne `True` s'ils sont identiques, et `False` sinon
- `.cmpfiles(dir1, dir2)` : compare, dans les 2 **répertoires** *dir1* et *dir2* (sans descendre dans éventuels sous-répertoires), les fichiers de noms définis dans *listefichiers* ; retourne une liste comprenant 3 sous-listes : la première avec les noms des fichiers identiques, la seconde avec les noms des fichiers différents, la troisième avec les noms des fichiers présents seulement dans l'un ou l'autre des 2 répertoires

Si l'on est intéressé à afficher les différences de **contenu** entre des fichiers, on se tournera vers le module `difflib`.

```python
# Comparaison de 2 fichiers ____________________________

import filecmp

if filecmp.cmp('f1.dat', 'f2.dat'):
    print('Fichiers identiques')
else:
    print('Fichiers différents')


# Comparaison de 2 répertoires ____________________________
#
# Soient 2 répertoires contenant les fichiers suivants
# - Répertoire :   dir1     dir2      Remarques :
# - Fichiers :     a.txt    a.txt     identiques
#                  b.txt    b.txt     différents
#                  c.txt     --       unique
#                   --      d.txt     unique

import filecmp, os

set1 = { fn for fn in os.listdir(dir1)
           if os.path.isfile(os.path.join(dir1,fn)) }
   # set contenant le nom de tous les fichiers de dir1
   # (if exclut les noms des éventuels sous-répertoires)
set2 = { fn for fn in os.listdir(dir2)
           if os.path.isfile(os.path.join(dir2,fn)) }
   # set contenant le nom de tous les fichiers de dir2

res = filecmp.cmpfiles(dir1, dir2, set1 | set2)
   # on considére les fichiers de noms correspondant
   #     à l'union des 2 sets set1 et set2 =>
   # res[0] = ['a.txt'] : liste fich. identiques
   # res[1] = ['b.txt'] : liste fich. différents
   # res[2] = ['c.txt', 'd.txt'] : fichiers uniques
```

2.8.5 sys, platform

Le module `sys` fournit une interface à l'environnement de l'interpréteur Python.

- `.argv` : liste contenant le nom du script et les arguments qui lui ont été passés (décrit précédemment)
- `.exit(n)` ou `.exit(chaine)` : termine le processus Python avec le status *n* (par défaut `0`) ou en affichant *chaine*

- `.stdin` : canal de *standard input* (pré-ouvert, initialisé à la valeur `__stdin__`), utilisé par `input`… mais pouvant être utilisé par un objet avec `read`
- `.stdout` : canal de *standard output* (pré-ouvert, initialisé à la valeur `__stdout__`), utilisé par `print`… mais pouvant être utilisé par un objet avec `write`
- `.stderr` : canal de *standard error* (pré-ouvert, initialisé à la valeur `__stderr__`), utilisé pour l'affichage des erreurs… mais pouvant être utilisé par un objet avec `write`

```
import sys

sys.platform   # => 'linux2'
sys.version
  # => '3.2.3 (Sep 25 2013, 18:22:43) \n[GCC 4.6.3]'
sys.executable # => '/usr/bin/python'
sys.path       # => path de recherche des modules
sys.getrecursionlimit()  # => 1000
sys.dont_write_bytecode  # => False


# Ex. d'utilisation .stdin .stdout .stderr
chaine = sys.stdin.readline()
sys.stdout.write(chaine)
sys.stderr.write('erreur: ...')


# Pour sortir d'un script
sys.exit('Sortie du script')
```

Les méthodes et attributs ci-dessous sont beaucoup plus techniques et probablement moins utiles pour vous :

- `.platform` : type de la plateforme sur laquelle s'exécute le programme (linux2, win32, darwin, cygwin…)
- `.version` : version de l'interpréteur Python utilisé
- `.executable` : chemin de l'interpréteur Python utilisé
- `.path` : liste des répertoires dans lesquels s'effectue la recherche de modules lors d'un `import` ; incorpore les répertoires définis par la variable d'environnement `PYTHONPATH`
- `.builtin_module_names` : tuple indiquant les modules C compilés dans l'interpréteur Python
- `.modules` : dictionnaire des modules chargés
- `.ps1` (pas valable sous IPython) : prompt de l'interpréteur Python (par défaut `>>>`), peut être changé avec `sys.ps1=`*`chaine`*
- `.ps2` (pas valable sous IPython) : prompt secondaire pour les lignes de continuation (par défaut `...`), pouvant également être changé
- `.setrecursionlimit(`*`nombre`*`)` : pour modifier la profondeur max de récursion (par défaut 1000, que l'on peut voir avec `.getrecursionlimit()`)
- `.dont_write_bytecode` : par défaut à `False`, cette variable permet de demander de ne pas écrire de fichiers *bytecode* (`.pyc` ou `.pyo`) lors de l'importation de modules
- `.getsizeof(`*`objet`*`)` : taille mémoire d'un objet en octets

Le module `platform` fournit des informations assez techniques sur la plateforme matérielle sur laquelle s'exécute le programme.

- `.architecture()` et `.machine()` : architecture sur laquelle tourne le programme
- `.node()` : nom de la machine
- `.platform()`, `.system()`, `.version()` et `.release()` : OS et version
- `.processor()` : processeur
- `.uname()` : les différentes infos ci-dessus sous forme de tuple

- `.win32_ver()`, `.mac_ver()`, `.dist()` : spécifique aux OS respectifs
- `.python_version()` et `.python_build()` : version Python

```
21 import platform
22
23 platform.uname()    # => OS, nom de machine...
24 platform.system()   # => 'Linux'
25 platform.release()  # => '3.2.0-56-generic'
26 platform.dist()     # => ('Ubuntu', '12.04', 'precise')
27 platform.architecture()    # => ('64bit', 'ELF')
28 platform.python_version() # => '3.2.3'
```

2.8.6 math, random

Le module `math` donne accès aux fonctions de la librairie mathématique standard C. Pour le support des nombres complexes, voir les fonctions de même nom du module `cmath`. Les différentes catégories de fonctions sont :

- constantes : `.pi`, `.e`
- arrondi, troncature : `.ceil`, `.floor`, `.trunc`
- puissance, racine : `.pow`, `.sqrt`
- trigonométriques : `.cos`, `.sin`, `.tan`, `.acos`, `.asin`, `.atan`, `.atan2`, `.cosh`, `.sinh`, `.tanh`, `.acosh`, `.asinh`, `.atanh`
- logarithmiques, exponentielles : `.log`, `.log10`, `.log1p`, `.ldexp`, `.exp`, `.expm1`, `.frexp`
- conversion d'angles : `.degrees`, `.radians`
- gamma : `.gamma`, `.lgamma`
- autres : `.fabs` (val abs), `.factorial`, `.fsum` (somme *iterable*), `.hypot` (distance euclidienne), `.fmod` (modulo), `.modf`, `.erf`, `.erfc`, `.copysign`
- test : `.isfinite`, `.isinf`, `.isnan`

Le module `random` fournit des générateurs aléatoires.

Citons notamment : `.random()`, `.uniform(debut, fin)`, `.randint(debut, fin)`, `.randrange (debut, fin, pas)`, `.gauss(mu, sigma)`, etc…

2.8.7 time

Le module `time` offre une interface à l'horloge système (date/heure courante, pause…) ainsi que des fonctions de conversion de format.

Contrairement au module `datetime` (qui gère les dates sous forme d' **objets** depuis le début de notre ère), celui-ci gère en interne les dates/heures sous forme de **réel flottant** (*dat numériques*) qui expriment le temps écoulé en **secondes** depuis l'origine ici définie au 1.1.1970 à 00:00 UTC (GMT) (dénommée *epoch* sous Linux). Ce module ne permet donc pas d manipuler des dates antérieures à cette origine, mais il se prête mieux que `datetime` au stockage de séries chronologiques (sous forme de liste de réels).

Les dates/heures peuvent se présenter sous différentes formes :

- *datenum* : date numérique (selon description ci-dessus)
- *datestruct* : objet de type `time.struct_time` offrant les attributs suivants :
  - date: `tm_year` (année), `tm_mon` (mois), `tm_mday` (jour), `tm_wday` (jour semaine: 0=lundi…)

  - heure: `tm_hour` (heure), `tm_min` (minute), `tm_sec` (seconde)
  - autres: `tm_yday` (numéro du jour dans l'année), `tm_isdst` (*daylight saving time*: 0=heure hiver, 1=heure été)
- *datetuple* : date sous forme de tuple de 9 entiers `(année, mois, jour, heure, min, sec, 0, 0, -1)`
- *datechaine* : date convertie en chaîne avec `.strftime(format, date)`
- les différents objets du module `datetime` (voir chapitre suivant)

Date/heure courante et conversions :

- *datenum*= `time.time()` : retourne la date/heure **courante** sous forme numérique
- *datenum*= `time.mktime(datetuple ou datestruct)` : conversion numérique de la date/heure fournie au format *datetuple* ou *datestruct*
- *datestruct*= `time.localtime(datenum)` : conversion de la date/heure numérique *datenum* (sans paramètre: de la date/heure courante) en heure **locale** au format *datestruct* ;
  la fonction `time.gmtime(datenum)` ferait de même mais en heure UTC
- *datechaine*= `time.strftime(format, datetuple ou datestruct)` :
  conversion en **chaîne**, à l'aide du *format* spécifié (voir codes ci-dessous), de la date/heure fournie au format *datetuple* ou *datestruct*
- conversion en chaîne au format 'Mon Nov 18 00:27:35 2013' :
  `time.ctime(datenum)` : depuis date/heure *datenum*
  `time.asctime(datestruct)` : depuis date/heure *datestruct*

Autres fonctions :

- `time.sleep(sec)` : effectue une **pause** de *sec* secondes
- `time.clock()` : sous Linux, retourne le temps CPU consommé ; sous Windows, le temps écoulé ; voir aussi la fonction `os.times()`
- `time.timezone` : retourne le décalage horaire "heure UTC" moins "heure locale", en secondes
- `time.tzname` : retourne le nom de l'heure locale

```python
import time

# Instant présent
nownum = time.time() # => date/heure courante (nb. réel)
nowstruct = time.localtime(nownum)
type(nowstruct)      # => objet de type time.struct_time

# Définition d'une date/heure, attributs
dhnum = time.mktime( (2013,11,18,0,27,35,0,0,-1) )

dhstruct = time.localtime(dhnum) # => conversion objet
dhstruct.tm_year   # => 2013
dhstruct.tm_mon    # => 11
dhstruct.tm_mday   # => 18
dhstruct.tm_hour   # => 0
dhstruct.tm_min    # => 27
dhstruct.tm_sec    # => 35
dhstruct.tm_wday   # => 0 (lundi)
dhstruct.tm_yday   # => 322 ème jour de l'année
dhstruct.tm_isdst  # => 0 (heure d'hiver)

# Formatage
time.strftime('It\'s %A %d %B %Y at %H:%M:%S', dhstruct)
  # => "It's Monday 18 November 2013 at 00:27:35"
time.strftime('%je jour de %Y, %Uème semaine', dhstruct)
  # => '322e jour de 2013, 46ème semaine'
time.ctime(dhnum)      # => 'Mon Nov 18 00:27:35 2013'
time.asctime(dhstruct) # => 'Mon Nov 18 00:27:35 2013'

# Autres
time.sleep(2.5)     # => effectue pause 2.5 sec
time.timezone       # => -3600
time.tzname         # => ('CET', 'CEST')
```

En guise d'illustration de ce que l'on vient de voir, construisons une série chronologique affichant ce qui suit (dates/heures toutes les 6 heures entre 2 dates) :

```
20-11-2013 00:00:00
```

```
20-11-2013 06:00:00
20-11-2013 12:00:00
20-11-2013 18:00:00
21-11-2013 00:00:00
21-11-2013 06:00:00
21-11-2013 12:00:00
21-11-2013 18:00:00
22-11-2013 00:00:00
```

```
41 import time
42
43 # Série chronologique de 'deb' -> 'fin' avec pas 'step'
44 deb = time.mktime((2013,11,20,0,0,0,0,0,-1)) # date num.
45 fin = time.mktime((2013,11,22,0,0,0,0,0,-1)) # date num.
46 step = 6*60*60      # 6 heures exprimées en secondes
47
48 datenum = deb
49 while datenum <= fin:
50     jourstruct = time.localtime(datenum)
51     print(time.strftime('%d-%m-%Y %H:%M:%S',jourstruct))
52     datenum += step
```

Formatage de dates et heures avec strftime

La fonction `.strftime` du module `time` et la méthode du même nom du module `datetime` admettent notamment les codes de **formatage** suivants :

- année : `%Y` (à 4 chiffres: 2013…), `%y` (à 2 chiffre: 13…)
- mois : `%m` (numéro), `%B` (nom: January…), `%b` (nom abrégé: Jan…)
- semaine : `%U` (numéro de la semaine dans l'année)
- jour : `%d` (numéro), `%j` (numéro du jour dans l'année)
- jour de la semaine : `%A` (nom: Monday…), `%a` (nom abrégé: Mon…), `%w` (numéro: 0=dimanche…)
- heure : `%H` (heure), `%M` (minute), `%S` (seconde), `%f` (microseconde)

2.8.8 datetime

Le module `datetime` est totalement orienté-objet (contrairement au module `time`). Il implémente un certain nombre de classes (avec attributs et méthodes associés) permettant de manipuler : dates avec heures (classe `.datetime`), dates seules (classe `.date`), heures seules (classe `.time`), différences de temps (classe `.timedelta`). Les dates se réfèrent au *calendrier Grégorien* et peuvent être manipulées dans la plage d'années 0001 à 9999 de notre ère.

A) La classe `.datetime` et ses objets *dateheure* :

- ses attributs sont : `year`, `month`, `day`, `hour`, `minute`, `second`, `microsecond`, `tzinfo` (time zone)
- *dateheure*= `datetime.datetime.today()` ou *dateheure*= `datetime.datetime.now(tz=`*timezone*`)` : retourne la date/heure **courante locale** sur l'objet *dateheure* (l'argument *timezone* étant optionnel) ; `utcnow()` retournerait l'heure UTC
- *dateheure*= `datetime.datetime(`*year, month, day, hour*`=0, `*minute*`=0, `*second*`=0)` : retourne la date/heure spécifiée sur l'objet *dateheure*

- *dateheure*=*dateheure* `.replace(champ=val...)` : modifie l'objet *dateheure* en remplaçant la *val* du *champ* spécifié (le nom des champs correspondant aux attributs vus plus haut, donc : `year`, `month`, `day`, etc…)
- *datestruct*=*dateheure* `.timetuple()` : retourne date/heure sur un objet de type *datestruct* (voir module `time`)
- `print(datestruct)` : affiche la date/heure au format '2013-11-19 17:32:36.780077'
- *datechaine*=*dateheure* `.strftime(format)` : conversion en **chaîne** à l'aide du *format* spécifié (voir codes de formatage au chapitre précédent) ; la fonction inverse serait *dateheure* `.strptime(datechaine,format)`
- *dateheure* `.ctime()` : retourne la date sous forme de chaîne au format 'Mon Nov 18 00:27:35 2013'
- *dateheure* `.isoformat()` : retourne la date sous forme de chaîne au format ISO '2013-11-18T00:27:35'
- *dateheure* `.date()` : retourne la date sur un objet de type `.date`
- *dateheure* `.time()` : retourne l'heure sur un objet de type `.time`

On peut finalement comparer des dates/heures en comparant des objets `.datetime` ou `.date` avec les opérateurs `<` et `>`

```python
import datetime as dt  # nom abrégé 'dt' pour simplifier

# Instant présent
now = dt.datetime.today() # => (2013, 11, 19, 17, 32, 36)
type(now)  # => objet de type datetime.datetime
print(now) # => affiche: 2013-11-19 17:32:36.780077

# Définition d'une date/heure, attributs
dh = dt.datetime(2013,11,18,0,27,35)
dh.year            # => 2013
dh.month           # => 11
dh.day             # => 18
dh.hour            # => 0
dh.minute          # => 27
dh.second          # => 35

# Formatage
dh.strftime('It\'s %A %d %B %Y at %H:%M:%S')
  # => "It's Monday 18 November 2013 at 00:27:35"
dh.strftime('%jème jour de %Y, dans la %Uème semaine')
  # => '322ème jour de 2013, dans la 46ème semaine'
dh.ctime()      # => 'Mon Nov 18 00:27:35 2013'
dh.isoformat()  # => '2013-11-18T00:27:35'

# Manipulations
now > dh           # => True
delta = now - dh   # => (1, 61501) : jours et secs
type(delta)        # => datetime.timedelta
dh - now           # => (-2, 24899)
    # i.e. reculer de 2 jours et avancer de 24899 sec.

# Conversions de types
dh.date()  # => objet date (2013, 11, 18)
dh.time()  # => objet time (0, 27, 35)
```

B) La classe `.date` n'est qu'une simplification de la classe `.datetime` en ce sens qu'elle ne contient que la date (sans heure) :

- ses attributs sont donc uniquement : `year`, `month`, `day`
- *date*=`datetime.date.today()` : retourne la date **courante locale** sur l'objet *date*
- *date*=`datetime.date(year, month, day)` : retourne la date spécifiée sur l'objet *date*

Pour le reste, les méthodes de l'objet `.datetime` vues plus haut s'appliquent

également.

```
41 import datetime as dt  # nom abrégé 'dt' pour simplifier
42
43 # Jour courant
44 auj = dt.date.today() # => objet (2013, 11, 19)
45 type(auj)            # => objet de type datetime.date
46 print(auj)           # => affiche: 2013-11-19
47
48 # Attributs
49 auj.year             # => 2013
50 auj.month            # => 11
51 auj.day              # => 19
52
53 # Manipulations
54 proch_anni = dt.date(auj.year, 2, 8)
55 if proch_anni < auj:
56     proch_anni = proch_anni.replace(year=auj.year+1)
57 nb_jours = proch_anni - auj
58 print(proch_anni.strftime('Next birthday: %A %d %B %Y'))
59 print('In: %d days' % (nb_jours.days) )  # => affiche :
60   # Next birthday: Saturday 08 February 2014
61   # In: 81 days
```

C) La classe `.time` est également une simplification de la classe `.datetime` en ce sens qu'elle ne contient que l'heure (sans date) et que ses méthodes sont très limitées :

- ses attributs sont : `hour`, `minute`, `second`, `microsecond`, `tzinfo` (time zone)
- *heure*= `datetime.time(hour, minute, second)` : retourne l'heure spécifiée sur l'objet *heure*

```
71 import datetime as dt  # nom abrégé 'dt' pour simplifier
72
73 # Définition d'heures
74 heure = dt.time(9,45,10) # => objet (9, 45, 10)
75 type(heure)         # => objet de type datetime.time
76 print(heure)        # => affiche: 09:45:10
77
78 # Attributs
79 heure.hour          # => 9
80 heure.minute        # => 45
81 heure.second        # => 10
82 heure.microsecond   # => 0
```

D) La classe `.timedelta` permet d'exprimer une différence de temps entre des objets `.datetime` ou `.date`

- ses attributs sont : `days`, `seconds`, `microseconds`
- la soustraction d'objets `.datetime` ou `.date` retourne un objet `.timedelta`, et l'on peut aussi ajouter ou soustraire un `.timedelta` à une `.datetime` ou `.date`

- pour définir manuellement un objet `.timedelta` on utilise :
  delta= `datetime.timedelta(days=`*val*`, seconds=`*val*`, microseconds=`*val*`, milliseconds=`*val*`, minutes=`*val*`, hours=`*val*`, weeks=`*val*`)` chaque argument étant optionnel, les *val* (entier ou flottant) par défaut étant `0`
- *secs*=*delta*`.total_seconds()` : retourne un réel *secs* exprimant le nombre de secondes de l'objet *delta*

```
91  import datetime as dt  # nom abrégé 'dt' pour simplifier
92
93  # Définition de dates/heures
94  dh0 = dt.datetime(2013,11,20)  # le 20.11.2013 à 0:00:00
95  dh1 = dt.datetime(2013,11,21,2,15,30,444)
96                 # le 21.11.2013 à 2:15:30 et 444 microsec
97
98  # Calcul de timedelta, attributs
99  delta = dh1 - dh0  # => (1, 8130, 444) : jour,sec,micro
100   # mais:  dh0 -dh1  => (-2, 78269, 999556) , donc
101   #        reculer de 2 jours et avancer de 78269 sec...
102 type(delta)     # => objet de type datetime.timedelta
103 print(delta)    # => affiche: 1 day, 2:15:30.000444
104
105 # Attributs et méthodes
106 delta.days              # => 1
107 delta.seconds           # => 8130
108 delta.microseconds      # => 444
109 delta.total_seconds()   # 94530.000444  (secondes)
```

Nous reprenons ci-contre l'idée de la série chronologique du chapitre précédent (dates/heures toutes les 6 heures entre 2 dates), en l'implémentant ici avec les objets `.datetime` et `.timedelta`. Elle affiche la série ci-dessous :

```
20-11-2013 00:00:00
20-11-2013 06:00:00
20-11-2013 12:00:00
20-11-2013 18:00:00
21-11-2013 00:00:00
21-11-2013 06:00:00
21-11-2013 12:00:00
21-11-2013 18:00:00
22-11-2013 00:00:00
```

```
121 import datetime as dt  # nom abrégé 'dt' pour simplifier
122
123 # Série chronologique
124 deb = dt.datetime(2013,11,20)  # objet datetime
125 fin = dt.datetime(2013,11,22)  # objet datetime
126 step = dt.timedelta(hours=6)   # objet timedelta
127
128 dateheure = deb
129 while dateheure <= fin:
130     print(dateheure.strftime('%d-%m-%Y %H:%M:%S'))
131     dateheure += step
```

2.8.9 calendar

Le module orienté-objet `calendar` permet de manipuler des calendriers, un peu à la façon de la commande `cal` Unix.

Quelques fonctions :

- `.weekday(`*annee*`,`*mois*`,`*jour*`)` : retourne le numéro de jour dans la semaine (`0`=lundi … `6`=dimanche) de la date spécifiée
- `.monthcalendar(`*annee*`,`*mois*`)` : retourne une matrice (c-à-d. liste imbriquée)

des jours du *mois* spécifié
- `.monthrange(annee,mois)` : retourne un tuple avec : numéro de jour du premier jour du *mois*, nombre de jours dans le *mois*
- `.isleap(annee)` : teste si l'*année* est bissextile

Ci-dessous, `1erjour` définit le numéro de jour de la semaine auquel débute l'affichage des semaines. Si l'on omet ce paramètre, c'est par défaut `0`=lundi.

Les classes `.TextCalendar` et `.LocaleTextCalendar` permettent de créer des calendriers mensuels/annuels sous forme **texte** :

- `.TextCalendar(1erjour).formatmonth(annee,mois,w=2,l=1)` : retourne une chaîne contenant le calendrier du *mois* spécifié ; par défaut les jours occupent w=2 caractères, et les semaine l=1 ligne ;
  la méthode `.prmonth(...)` fonctionne de la même façon mais affiche le calendrier du mois sur la console
- `.TextCalendar(1erjour).formatyear(annee,mois,w=2,l=1,m=3)` : retourne une chaîne contenant le calendrier de l'*annee* spécifiée ; il y aura par défaut m=3 mois côte-à-côte ;
  la méthode `.pryear(...)` fonctionne de la même façon mais affiche le calendrier de l'année sur la console
- la classe `.LocaleTextCalendar(locale)` fonctionne de la même manière, sauf qu'on peut lui passer un paramètre définissant la *locale* (langue), par exemple : `locale='fr_FR.UTF-8'`

Les classes `.HTMLCalendar` et `.LocaleHTMLCalendar` permettent de créer des calendriers mensuels/annuels **HTML** :

- `.HTMLCalendar(1erjour).formatmonth(annee,mois)` : retourne une chaîne HTML contenant le calendrier du *mois* spécifié
- `.HTMLCalendar(1erjour).formatyear(annee,width=3)` : retourne une chaîne HTML contenant le calendrier de l'*annee* spécifiée ; il y aura par défaut width=3 mois côte-à-côte
- la classe `.LocaleHTMLCalendar(locale)` fonctionne de la même manière, sauf qu'on peut lui passer un paramètre définissant la *locale* (langue), par exemple : `locale='fr_FR.UTF-8'`

Finalement, la classe `.Calendar` permet de créer des listes de dates ou créer des itérateurs. Nous vous renvoyons à la documentation pour les détails.

```
1  import calendar as cal
2
3  # Fonctions
4  cal.weekday(2013,11,19)      # => 1 (lundi)
5  cal.monthcalendar(2013,11)   # => liste/matrice :
6        #   [[ 0,  0,  0,  0,  1,  2,  3],
7        #    [ 4,  5,  6,  7,  8,  9, 10],
8        #    [11, 12, 13, 14, 15, 16, 17],
9        #    [18, 19, 20, 21, 22, 23, 24],
10       #    [25, 26, 27, 28, 29, 30,  0]]
11 cal.monthrange(2013,11)      # => (4, 30)
12 cal.isleap(2012)             # => True
13
14
15 # Classes TextCalendar et LocaleTextCalendar
16 catext = cal.LocaleTextCalendar(locale='fr_FR.UTF-8')
17 catext.prmonth(2013,11)      # => affiche :
18       #      novembre 2013
19       #   lu ma me je ve sa di
20       #                  1  2  3
21       #    4  5  6  7  8  9 10
22       #   11 12 13 14 15 16 17
23       #   18 19 20 21 22 23 24
24       #   25 26 27 28 29 30
25 catext.pryear(2013)  # => voir lien 1. ci-dessous
26
27
28 # Classes HTMLCalendar et LocaleHTMLCalendar
29 # (on écrit ci-dessous directement dans fich. HTML)
30 cahtml=cal.LocaleHTMLCalendar(locale='fr_FR.UTF-8')
31
32 with open('cal-nov-2013.html', 'w') as fd:
33     fd.write(cahtml.formatmonth(2013,11))
34     # => voir lien 2. ci-dessous
35
36 with open('cal-2013.html', 'w') as fd:
37     fd.write(cahtml.formatyear(2013))
38     # => voir lien 3. ci-dessous
```

Illustrations des exemples ci-dessus (il resterait bien entendu à *styler* les deux sorties HTML avec du CSS) :

1. LocaleTextCalendar.pryear
2. LocaleHTMLCalendar.formatmonth
3. LocaleHTMLCalendar.formatyear

2.8.10 this

Pour conclure sur une touche humoristico-philosophique cette présentation des modules les plus importants de la *librairie standard*, voici le module `this` qui n'a pas d'autre but que de résumer la *philosophie Python*. Il suffit de l'importer… et vous verrez alors apparaître le texte ci-dessous d'un gourou Python !

```
1 import this
2
3 # <= cela affiche le texte ci-contre !
```

The Zen of Python, by Tim Peters :

- *Beautiful is better than ugly*
- *Explicit is better than implicit*
- *Simple is better than complex*
- *Complex is better than complicated*
- *Flat is better than nested*
- *Sparse is better than dense*
- *Readability counts*
- *Special cases aren't special enough to break the rules - Although practicality beats purity*
- *Errors should never pass silently - Unless explicitly silenced*
- *In the face of ambiguity, refuse the temptation to guess*
- *There should be one –and preferably only one– obvious way to do it - Although that way may not be obvious at first unless you're Dutch*
- *Now is better than never - Although never is often better than right now*
- *If the implementation is hard to explain, it's a bad idea*
- *If the implementation is easy to explain, it may be a good idea*
- *Namespaces are one honking great idea – let's do more of those !*

Programmation objet avec Python

Voir le support de cours de Samuel Bancal.

Scientific Python

Voir les supports de cours de Samuel Bancal relatifs à l'usage des librairies suivantes :

- NumPy
- MatPlotLib
- Pandas

Installation et utilisation de Python et outils associés

Voir cette page.
