Bob CORDEAU

Introduction à Python 3

version 2.71828

bcordeau@numericable.fr

Informatique :

Rencontre de la logique formelle et du fer à souder.

Maurice Nivat

Remerciements :

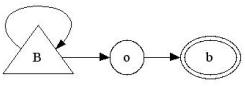
Sans les encouragements de Gérard Swinnen, jamais je n'aurais osé me lancer dans l'aventure de l'enseignement de Python. Qu'il en soit remercié.

Ce document a bénéficié des corrections *impitoyables* de Laurent Pointal (LIMSI), des lectures attentives de Michelle Kessous, de Michelle Cordeau et de Georges Vincents (IUT d'Orsay, département Mesures Physiques).

Grand merci à ma fille Hélène pour ses illustrations ; les aventures de *Steven* le Python enchantent les têtes de paragraphe.

Merci à Tarek Ziadé pour les emprunts à ses publications, en particulier je remercie les éditions **Eyrolles** pour leur aimable autorisation de publier le dialogue de la page 102, ainsi que les éditions **Dunod** pour leur aimable autorisation de publier les exemples des pages 88, 90, 96 et 98.

Enfin il me faudrait saluer tous les auteurs que j'ai butinés sur Internet... Qu'au moins, je n'oublie pas ceux à qui j'ai fait les plus grands emprunts dans les annexes : Sebsauvage et Christian Schindelhauer.



Avant-propos

La version 3 actuelle de Python abolit la compatibilité descendante avec la série des versions 2.x [1], dans le but d'éliminer les faiblesses originelles du langage. La ligne de conduite du projet était de « réduire la redondance dans le fonctionnement de Python par la suppression des méthodes obsolètes ».

À qui s'adresse ce cours ?

Ce cours prend la suite des « Notes de cours Python [2] » destiné aux étudiants de Mesures Physiques de l'IUT d'Orsay.

Bien qu'à ce jour l'offre des bibliothèques tierces ne soit pas pas encore riche (entre autres la bibliothèque *numpy* n'est pas disponible), il semble utile de disposer d'un cours généraliste en français consacré à la version 3 de Python.
Nous en avons profité pour étoffer le texte de trois chapitres et pour proposer une forme plus pratique pour un texte suceptible d'être imprimé, tout en restant agréable à consulter à l'écran.

Outre ce cadre universitaire assez réduit, ce cours s'adresse à toute personne désireuse d'apprendre Python en tant que premier langage de programmation.

Ces notes de programmation reposent sur quelques partis pris :

- le choix du langage Python version 3 ;
- le choix de logiciels libres ou gratuits :
  - des éditeurs spécialisés comme Wingware [3].
  - des outils *open source* : gnuplot, XeLaTeX dans sa distribution TeXLive, l'éditeur Kile...
- et sur l'abondance des ressources et de la documentation sur le Web.

Licence :

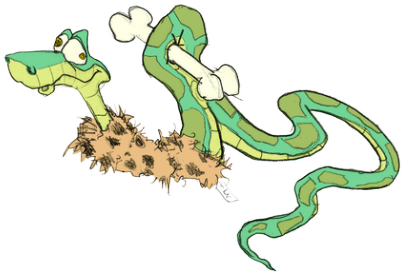
1. C'est une grave décision, mûrement réfléchie : « Un langage qui bouge peu permet une industrie qui bouge beaucoup » (Bertrand Meyer)
2. disponibles à l'adresse `http ://www.iut-orsay.fr/dptmphy/Pedagogie/coursPython.pdf`.
3. spécialement sa version Wing IDE 101, gratuite pour toutes les plateformes.

Table des matières

Table des figures

Chapitre 1

Introduction à l'informatique



Ce premier chapitre introduit les grandes caractéristiques du langage Python, replace Python dans l'histoire des langages, donne les particularités de production des scripts, défini la notion si importante d'algorithme et conclut sur les divers implémentations disponibles.

1.1 Principales caractéristiques du langage Python

- **Historique**
  - 1991 : Guido van Rossum publie Python au CWI (Pays-Bas) à partir du langage ABC et du projet AMOEBA (système d'exploitation distribué)
  - 1996 : sortie de *Numerical Python*
  - 2001 : naissance de de la PSF (Python Software Fundation)
  - Les versions se succèdent... Un grand choix de modules disponibles, des colloques annuels sont organisés, Python est enseigné dans plusieurs universités et est utilisé en entreprise...
  - Fin 2008 : sorties simultanées de Python 2.6 et de Python 3.0
  - 2010 : versions en cours [1] : v2.7 et v3.1.2
- **Langage Open Source**
  - Licence Open Source CNRI, compatible GPL, mais sans la restriction *copyleft*. Python est libre et gratuit même pour les usages commerciaux
  - GvR (Guido van Rossum) est le « BDFL » (dictateur bénévole à vie !)
  - Importante communauté de développeurs
  - Nombreux outils standard disponibles : *Batteries included*
- **Travail interactif**
  - Nombreux interpréteurs interactifs disponibles
  - Importantes documentations en ligne
  - Développement rapide et incrémentiel
  - Tests et débogage faciles
  - Analyse interactive de données
- **Langage interprété rapide**
  - Interprétation du *bytecode* compilé

1. en octobre.

  - De nombreux modules sont disponibles à partir de bibliothèques optimisées écrites en C, C++ ou FORTRAN
- **Simplicité du langage** (cf. Zen of Python p. 101) :
  - Syntaxe claire et cohérente
  - Indentation significative
  - Gestion automatique de la mémoire (*garbage collector*)
  - Typage dynamique fort : pas de déclaration
- **Orientation objet**
  - Modèle objet puissant mais pas obligatoire
  - Structuration multifichier très facile des applications : facilite les modifications et les extensions
  - Les classes, les fonctions et les méthodes sont des objets dits *de première classe*. Ces objets sont traités comme tous les autres (on peut les affecter, les passer en paramètre)
- **Ouverture au monde**
  - Interfaçable avec C/C++/FORTRAN
  - Langage de script de plusieurs applications importantes
  - Excellente portabilité
- **Disponibilité de bibliothèques**
  - Plusieurs milliers de packages sont disponibles dans tous les domaines

1.2 Environnements matériel et logiciel

1.2.1 L'ordinateur

On peut simplifier la définition de l'ordinateur de la façon suivante :

Définition

➥ Automate déterministe à composants électroniques.

L'ordinateur comprend entre autres :

- un microprocesseur avec une UC (Unité de Contrôle), une UAL (Unité Arithmétique et Logique), une horloge, une mémoire cache rapide ;
- de la mémoire volatile (dite *vive* ou RAM), contenant les instructions et les données nécessaires à l'exécution des programmes. La RAM est formée de cellules binaires (*bits*) organisées en mots de 8 bits (*octets*) ;
- des périphériques : entrées/sorties, mémoires permanentes (dites *mortes* : disque dur, clé USB, CD-ROM...), réseau...

1.2.2 Deux sortes de programmes

On distingue, pour faire rapide :

- Le système d'exploitation : ensemble des programmes qui gèrent les ressources matérielles et logicielles. Il propose une aide au dialogue entre l'utilisateur et l'ordinateur : l'interface textuelle (interpréteur de commande) ou graphique (gestionnaire de fenêtres). Il est souvent multitâche et parfois multiutilisateur ;

- les programmes applicatifs sont dédiés à des tâches particulières. Ils sont formés d'une série de commandes contenues dans un programme *source* qui est transformé pour être exécuté par l'ordinateur.

1.3 Les langages

1.3.1 Des langages de différents niveaux

- Chaque processeur possède un langage propre, directement exécutable : le langage machine. Il est formé de 0 et de 1 et n'est pas portable, mais c'est le *seul* que l'ordinateur puisse utiliser ;
- le langage d'assemblage est un codage alphanumérique du langage machine. Il est plus lisible que le langage machine, mais n'est toujours pas portable. On le traduit en langage machine par un *assembleur* ;
- les langages de haut niveau. Souvent normalisés, ils permettent le portage d'une machine à l'autre. Ils sont traduits en langage machine par un *compilateur* ou un *interpréteur*.

1.3.2 Bref historique des langages

- Années 50 (approches expérimentales) : FORTRAN, LISP, COBOL, ALGOL...
- Années 60 (langages universels) : PL/1, Simula, Smalltalk, Basic...
- Années 70 (génie logiciel) : C, PASCAL, ADA, MODULA-2...
- Années 80 (programmation objet) : C++, LabView, Eiffel, Perl, VisualBasic...
- Années 90 (langages interprétés objet) : Java, tcl/Tk, Ruby, Python...
- Années 2000 (langages commerciaux propriétaires) : C#, VB.NET...

Des centaines de langages ont été créés, mais l'industrie n'en utilise qu'une minorité.

1.4 Production des programmes

1.4.1 Deux techniques de production des programmes

La compilation est la traduction du source en langage objet. Elle comprend au moins quatre phases (trois phases d'analyse — lexicale, syntaxique et sémantique — et une phase de production de code objet). Pour générer le langage machine il faut encore une phase particulière : l'édition de liens. La compilation est contraignante mais offre au final une grande vitesse d'exécution.

Figure 1.1 – Chaîne de compilation

Dans la technique de l'interprétation chaque ligne du source analysé est traduite au fur et à mesure en instructions directement exécutées. Aucun programme objet n'est généré. Cette technique est très souple mais les codes générés sont peu performants : l'interpréteur doit être utilisé à chaque exécution...

Figure 1.2 – Technique de l'interprétation

1.4.2 Technique de production de Python

- Technique mixte : l'interprétation du bytecode compilé. Bon compromis entre la facilité de développement et la rapidité d'exécution ;
- le *bytecode* (forme intermédiaire) est portable sur tout ordinateur muni de la machine virtuelle Python.

Figure 1.3 – Interprétation du bytecode compilé

Pour **exécuter un programme**, Python charge le fichier source `.py` (ou `.pyw`) en mémoire vive, en fait l'analyse syntaxique, produit le bytecode et enfin l'exécute. Pour chaque module importé par le programme, Python vérifie d'abord s'il existe une version précompilée du bytecode (dans un fichier `.pyo` ou `.pyc`) dont la date correspond au fichier `.py`. S'il y en a un, Python l'utilise, sinon il fait une analyse syntaxique du module `.py`, et utilise le bytecode qu'il vient de générer.

En pratique, il n'est pas nécessaire de compiler explicitement un module, Python gère ce mécanisme de façon transparente.

1.4.3 La construction des programmes

Le génie logiciel étudie les méthodes de construction des programmes. Plusieurs modèles sont envisageables, entre autres :

- la méthodologie procédurale. On emploie l'analyse descendante (division des problèmes) et remontante (réutilisation d'un maximum de sous algorithmes). On s'efforce ainsi de décomposer un problème complexe en sous-programmes plus simples. Ce modèle structure d'abord les actions ;
- la méthodologie objet. On conçoit des fabriques (*classes*) qui servent à produire des composants (*objets*) qui contiennent des données (*attributs*) et des actions (*méthodes*). Les classes dérivent (*héritage* et *polymorphisme*) de classes de base dans une construction hiérarchique.

Python offre les *deux* techniques.

1.5 Algorithme et programme

1.5.1 Définitions

Définition

➥ Algorithme : ensemble des étapes permettant d'atteindre un but en répétant un nombre fini de fois un nombre fini d'instructions.

Un algorithme se termine en un temps fini.

Définition

➥ Programme : un programme est la traduction d'un algorithme en un langage compilable ou interprétable par un ordinateur.

Il est souvent écrit en plusieurs parties dont une qui *pilote* les autres : le programme principal.

1.5.2 La présentation des programmes

Un programme *source* est destiné à l'être humain. Pour en faciliter la lecture, il doit être judicieusement *commenté*.

La signification de parties non triviales (et uniquement celles-ci) doit être expliquée par un commentaire.
Un commentaire commence par le caractère # et s'étend jusqu'à la fin de la ligne :

```
#---------------------
# Voici un commentaire
#---------------------

9 + 2 # En voici un autre
```

1.6 Les implémentations de Python

- **CPython** : *Classic Python*, codé en C, portable sur différents systèmes
- **Python3000** : *Python 3*, la nouvelle implémentation de CPython
- **Jython** : ciblé pour la JVM (utilise le bytecode de JAVA)
- **IronPython** : *Python.NET*, écrit en C#, utilise le MSIL (*MicroSoft Intermediate Language*)
- **Stackless Python** : élimine l'utilisation de la pile du langage C (permet de récurser tant que l'on veut)
- **Pypy** : projet de recherche européen d'un interpréteur Python écrit en Python

Chapitre 2

La calculatrice Python

Comme tout langage, Python permet de manipuler des données grâce à un *vocabulaire* de mots réservés et grâce à des *types de données* – approximation des ensembles de définition utilisés en mathématique.

Ce chapitre présente les règles de construction des identifiants, les types de données simples (les conteneurs seront examinés au chapitre 4) ainsi que les types chaîne de caractères (Unicode et binaires).

Enfin, *last but not least*, ce chapitre s'étend sur les notions non triviales de variables, de références d'objet et d'affectation.

2.1 Les modes d'exécution

2.1.1 Les deux modes d'exécution d'un code Python

- Soit on enregistre un ensemble de commandes Python dans un fichier grâce à un éditeur (on parle alors d'un *script Python*) que l'on exécute par une commande ou par une touche du menu de l'éditeur ;
- soit on utilise un interpréteur (par exemple IDLE) pour obtenir un résultat immédiat grâce à l'interpréteur Python embarqué dans IDLE qui exécute la *boucle d'évaluation* (cf. Fig. 2.1)

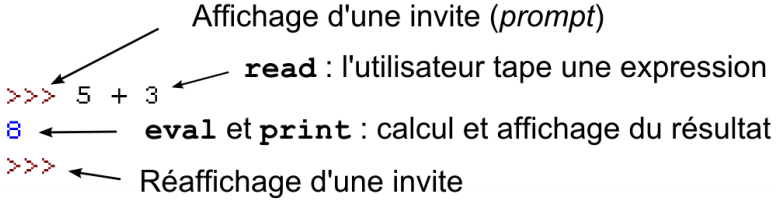


Figure 2.1 – La boucle d'évaluation de IDLE

2.2 Identifiants et mots clés

2.2.1 Identifiants

Comme tout langage, Python utilise des *identifiants* pour nommer ses objets.

Définition

➥ Un identifiant Python est une suite non vide de caractères, de longueur quelconque, formée d'**un** *caractère de début* et de **zéro ou plusieurs** *caractères de continuation*.

Sachant que :

- un *caractère de début* peut être n'importe quelle lettre Unicode (cf. annexe B p. 105), ainsi que le caractère souligné (_) ;
- un *caractère de continuation* est un caractère de début, un chiffre ou un point.

Attention

Les identifiants sont sensibles à la casse et ne doivent pas être un mot clé.

2.2.2 Style de nommage

Il est important d'utiliser une politique cohérente de nommage des identifiants. Voici le style utilisé dans ce document [1] :

- `UPPERCASE` ou `UPPER_CASE` pour les constantes ;
- `TitleCase` pour les classes ;
- `UneExceptionError` pour les exceptions ;
- `camelCase` pour les fonctions, les méthodes et les interfaces graphiques ;
- `unmodule_m` pour les modules ;
- `lowercase` ou `lower_case` pour tous les autres identifiants.

Éviter d'utiliser `l`, `O` et `I` seuls (`l` minuscule, `o` et `i` majuscules).

Enfin, on réservera les notations suivantes :

```
_xxx     # usage interne
__xxx    # attribut de classe
__xxx__ # nom spécial réservé
```

Exemples :

```
NB_ITEMS = 12          # UPPER_CASE
class MaClasse: pass # TitleCase
def maFonction(): pass # camelCase
mon_id = 5             # lower_case
```

1. Voir les détails dans la PEP 8 :« Style Guide for Python ».

2.2.3 Les mots réservés de Python 3

La version 3.1.2 de Python compte 33 mots clés :

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

2.3 Notion d'expression

Définition

➥ Une expression est une portion de code que l'interpréteur Python peut évaluer pour obtenir une valeur.
Les expressions peuvent être simples ou complexes. Elles sont formées d'une combinaison de littéraux, d'identifiants et d'opérateurs.

Exemples de deux expressions simples et d'une expression complexe :

```
id1 = 15.3
id2 = maFonction(id1)
if id2 > 0:
   id3 = math.sqrt(id2)
else:
   id4 = id1 - 5.5*id2
```

2.4 Les types de données entiers

Python 3 offre deux types entiers standard : `int` et `bool`.

2.4.1 Le type `int`

Le type `int` n'est limité en taille que par la mémoire de la machine.

Les entiers littéraux sont décimaux par défaut, mais on peut aussi utiliser les bases suivantes (cf. p. 111) :

```
>>> 2009       # décimal
2009
>>> 0b11111011001 # binaire
2009
>>> 0o3731     # octal
2009
>>> 0x7d9      # hexadecimal
2009
```

Opérations arithmétiques

Les principales opérations :

```
20 + 3   # 23
20 - 3   # 17
20 * 3   # 60
20 ** 3  # 8000
20 / 3   # 6.666666666666667
20 // 3  # 6 (division entière)
20 % 3   # 2 (modulo)
abs(3 - 20) # valeur absolue
```

Bien remarquer le rôle des deux opérateurs de division :

/ : produit une division flottante ;

// : produit une division entière.

Bases usuelles

Un entier écrit en base 10 (par exemple `179`) peut se représenter en binaire, octal et hexadécimal en utilisant les syntaxes suivantes :

```
>>> 0b10110011 # binaire
179
>>> 0o263   # octal
179
>>> 0xB3    # hexadécimal
179
```

2.4.2 Le type `bool`

- Deux valeurs possibles : `False`, `True`.
- Opérateurs de comparaison : ==, !=, >, >=, < et <= :

  ```
  2 > 8      # False
  2 <= 8 < 15 # True
  ```

- Opérateurs logiques (concept de *shortcut*) : `not`, `or` et `and`.
  En observant les tables de vérité des opérateurs `and` et `or` (cf. p. 109), on remarque que :
  - dès qu'un premier membre a la valeur `False`, l'expression `False and expression2` vaudra `False`. On n'a donc pas besoin de l'évaluer ;
  - de même dès qu'un premier membre a la valeur `True`, l'expression `True or expression2` vaudra `True`.

  Cette optimisation est appelée « principe du *shortcut* » :

  ```
  (3 == 3) or (9 > 24) # True (dès le premier membre)
  (9 > 24) and (3 == 3) # False (dès le premier membre)
  ```

- Les opérations logiques et de comparaisons sont évaluées afin de donner des résultats booléens dans `False`, `True`.

Les expressions booléennes

Une expression booléenne (cf. p. 109) a deux valeurs possibles : `False` ou `True`.

Python attribue à une expression booléenne la valeur `False` si c'est :
- la constante `False` ;
- la constante `None` ;
- une séquence ou une collection vide ;
- une donnée numérique de valeur 0.

Tout le reste vaut `True`.

2.5 Les types de données flottants

2.5.1 Le type `float`

- Un `float` est noté avec un point décimal ou en notation exponentielle :

```
2.718
.02
3e8
6.023e23
```

- Les flottants supportent les mêmes opérations que les entiers.
- Les `float` ont une précision finie indiquée dans `sys.float_info.epsilon`.
- L'import du module `math` autorise toutes les opérations mathématiques usuelles :

```
import math

print(math.sin(math.pi/4)) # 0.7071067811865475
print(math.degrees(math.pi)) # 180.0
print(math.factorial(9)) # 362880
print(math.log(1024, 2)) # 10.0
```

2.5.2 Le type `complex`

- Les complexes sont écrits en notation cartésienne formée de deux flottants.
- La partie imaginaire est suffixée par `j` :

```
print(1j)           # 1j
print((2+3j) + (4-7j)) # (6-4j)
print((9+5j).real) # 9.0
print((9+5j).imag) # 5.0
print((abs(3+4j)))  # 5.0 : module
```

- Un module mathématique spécifique (`cmath`) leur est réservé :

```
import cmath

print(cmath.phase(-1 + 0j)) # 3.14159265359
print(cmath.polar(3 + 4j)) # (5.0, 0.9272952180016122)
print(cmath.rect(1., cmath.pi/4)) # (0.707106781187+0.707106781187
    j)
```

2.6 Variables et affectation

2.6.1 Les variables

Dès que l'on possède des *types de données*, on a besoin des *variables* pour stocker les données.
En réalité, Python n'offre pas la notion de variable, mais plutôt celle de *référence d'objet*. Tant que l'objet n'est pas modifiable (comme les entiers, les flottants, etc.), il n'y a pas de différence notable. On verra que la situation change dans le cas des objets modifiables...

Définition

➥ Une variable est un identifiant associé à une valeur.
Informatiquement, c'est une référence d'objet située à une adresse mémoire.

2.6.2 L'affectation

Définition

➥ On affecte une variable par une valeur en utilisant le signe = (qui *n'a rien à voir* avec l'égalité en math !). Dans une affectation, le membre de gauche reçoit le membre de droite ce qui nécessite d'évaluer la valeur correspondant au membre de droite avant de l'affecter au membre de gauche.

```
a = 2 # prononcez : a "reçoit" 2
b = 7.2 * math.log(math.e / 45.12) - 2*math.pi
c = b ** a
```

La valeur d'une variable, comme son nom l'indique, peut évoluer au cours du temps (la valeur antérieure est perdue) :

```
a = a + 1 # 3 (incrémentation)
a = a - 1 # 2 (décrémentation)
```

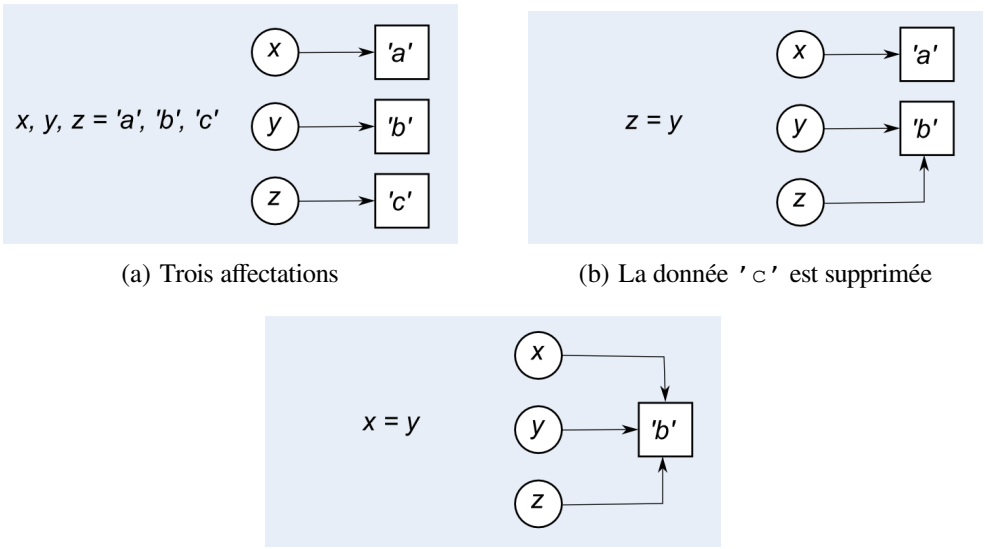
2.6.3 Affecter n'est pas comparer !

L'affectation a un effet (elle modifie l'état interne du programme en cours d'exécution) mais n'a pas de valeur (on ne peut pas l'utiliser dans une expression) :

```
>>> a = 2
>>> x = (a = 3) + 2
SyntaxError: invalid syntax
```

La comparaison a une valeur utilisable dans une expression mais n'a pas d'effet (l'automate interne représentant l'évolution du programme n'est pas modifié) :

```
>>> x = (a == 3) + 2
>>> x
2
```



(a) Trois affectations

(b) La donnée `'c'` est supprimée

(c) La donnée `'a'` est supprimée

Figure 2.2 – L'affectation illustrée.

2.6.4 Les variantes de l'affectation

Outre l'affectation simple, on peut aussi utiliser les formes suivantes :

```
# affectation simple
v = 4

# affectation augmentée
v += 2      # idem à : v = v + 2 si v est déjà référencé

# affectation de droite à gauche
c = d = 8            # cibles multiples

# affectations parallèles d'une séquence
e, f = 2.7, 5.1         # tuple
g, h, i = ['G', 'H', 'I'] # liste
x, y = coordonneesSouris() # retour multiple d'une fonction
```

2.6.5 Les affectations (explications graphiques)

Dans les schémas de la figure 2.2, les cercles représentent les identificateurs alors que les rectangles représentent les données.

Les affectations **relient** les identificateurs aux données : si une donnée en mémoire n'est plus reliée, le ramasse-miettes (*garbage collector*) de Python la supprime automatiquement :

2.7 Les chaînes de caractères

2.7.1 Les chaînes de caractères : présentation

Définition

➥ Le type de données non modifiable `str` représente une séquence de caractères Uni-

code.
Non modifiable signifie qu'une donnée, une fois créée en mémoire, ne pourra plus être changée.

Trois syntaxes de chaînes sont disponibles.
Remarquez que l'on peut aussi utiliser le ' à la place de ", ce qui permet d'inclure une notation dans l'autre :

```
syntaxe1 = "Première forme avec un retour à la ligne \n"
syntaxe2 = r"Deuxième forme sans retour à la ligne \n"
syntaxe3 = """
        Troisième forme multi-ligne
        """
guillemets = "L'eau vive"
apostrophes = 'Forme "avec des apostrophes"'
```

2.7.2 Les chaînes de caractères : opérations

- Longueur :

```
s = "abcde"
len(s) # 5
```

- Concaténation :

```
s1 = "abc"
s2 = "defg"
s3 = s1 + s2 # 'abcdefg'
```

- Répétition :

```
s4 = "Fi! "
s5 = s4 * 3 # 'Fi! Fi! Fi! '
print(s5)
```

2.7.3 Les chaînes de caractères : fonctions *vs* méthodes

On peut agir sur une chaîne (et plus généralement sur une séquence) en utilisant des fonctions (notion procédurale) ou des méthodes (notion objet).

- Pour appliquer une fonction, on utilise l'opérateur `()` appliqué à la fonction :

```
ch1 = "abc"
long = len(ch1) # 3
```

- On applique une méthode à un objet en utilisant la notation pointée entre la donnée/-variable à laquelle on applique la méthode, et le nom de la méthode suivi de l'opérateur `()` appliqué à la méthode :

```
ch2 = "abracadabra"
ch3 = ch2.upper() # "ABRACADABRA"
```

2.7.4 Méthodes de test de l'état d'une chaîne `ch`

Les méthodes suivantes sont à valeur booléenne, c'est-à-dire qu'elles retournent la valeur `True` ou `False`.

La notation *[xxx]* indique un élément optionnel que l'on peut donc omettre lors de l'utilisation de la méthode.

- `isupper()` et `islower()` : retournent `True` si `ch` ne contient respectivement que des majuscules/minuscules :

```
print("cHAise basSe".isupper()) # False
```

- `istitle()` : retourne `True` si seule la première lettre de chaque mot de `ch` est en majuscule :

```
print("Chaise Basse".istitle()) # True
```

- `isalnum()`, `isalpha()`, `isdigit()` et `isspace()` : retournent `True` si `ch` ne contient respectivement que des caractères alphanumériques, alphabétiques, numériques ou des espaces :

```
print("3 chaises basses".isalpha()) # False
print("54762".isdigit())      # True
```

- `startswith(prefix[, start[, stop]])` et `endswith(suffix[, start[, stop]])` : testent si la sous-chaîne définie par `start` et `stop` commence respectivement par `prefix` ou finit par `suffix` :

```
print("abracadabra".startswith('ab')) # True
print("abracadabra".endswith('ara')) # False
```

2.7.5 Méthodes retournant une nouvelle chaîne

- `lower()`, `upper()`, `capitalize()` et `swapcase()` : retournent respectivement une chaîne en minuscule, en majuscule, en minuscule commençant par une majuscule, ou en casse inversée :

```
# s sera notre chaîne de test pour toutes les méthodes
s = "cHAise basSe"

print(s.lower())  # chaise basse
print(s.upper())  # CHAISE BASSE
print(s.capitalize()) # Chaise basse
print(s.swapcase()) # ChaISE BASsE
```

- `expandtabs([tabsize])` : remplace les tabulations par `tabsize` espaces (8 par défaut).
- `center(width[, fillchar])`, `ljust(width[, fillchar])` et `rjust(width[, fillchar])` : retournent respectivement une chaîne centrée, justifiée à gauche ou à droite, complétée par le caractère `fillchar` (ou par l'espace par défaut) :

```
print(s.center(20, '-')) # ----cHAise basSe----
print(s.rjust(20, '@')) # @@@@@@@@cHAise basSe
```

- `zfill(width)` : complète `ch` à gauche avec des `0` jusqu'à une longueur maximale de `width` :

```
print(s.zfill(20)) # 00000000cHAise basSe
```

- `strip([chars])`, `lstrip([chars])` et `rstrip([chars])` : suppriment toutes les combinaisons de `chars` (ou l'espace par défaut) respectivement au début et en fin, au début, ou en fin d'une chaîne :

```
print(s.strip('ce')) # HAise basS
```

- `find(sub[, start[, stop]])` : renvoie l'index de la chaîne `sub` dans la sous-chaîne `start` à `stop`, sinon renvoie -1. `rfind()` effectue le même travail en commençant par la fin. `index()` et `rindex()` font de même mais produisent une erreur (*exception*) si la chaîne n'est pas trouvée :

```
print(s.find('se b')) # 4
```

- `replace(old[, new[, count]])` : remplace `count` instances (toutes par défaut) de `old` par `new` :

```
print(s.replace('HA', 'ha')) # chaise basSe
```

- `split(seps[, maxsplit])` : découpe la chaîne en `maxsplit` morceaux (tous par défaut). `rsplit()` effectue la même chose en commençant par la fin et `striplines()` effectue ce travail avec les caractères de fin de ligne :

```
print(s.split())  # ['cHAise', 'basSe']
```

- `join(seq)` : concatène les chaînes du conteneur `seq` en intercalant la chaîne sur laquelle la méthode est appliquée :

```
print("**".join(['cHAise', 'basSe'])) # cHAise**basSe
```

2.7.6 Les chaînes de caractères : indexation simple

Pour indexer une chaîne, on utilise l'opérateur `[ ]` dans lequel l'**index**, un entier signé qui commence à `0` indique la position d'un caractère :

```
s = "Rayon X" # len(s) ==> 7
print(s[0]) # R
print(s[2]) # y
print(s[-1]) # X
print(s[-3]) # n
```

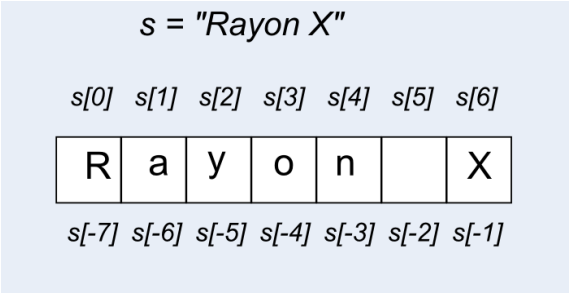


Figure 2.3 – L'indexation d'une chaîne.

2.7.7 Extraction de sous-chaînes

L'opérateur `[ ]` avec 2 ou 3 index séparés par le caractère `:` permet d'extraire des sous-chaînes (ou tranches) d'une chaîne :

```
s = "Rayon X" # len(s) ==> 7
s[1:4]   # 'ayo' (de l'index 1 compris à 4 non compris)
s[-2:]   # ' X' (de l'index -2 compris à la fin)
```

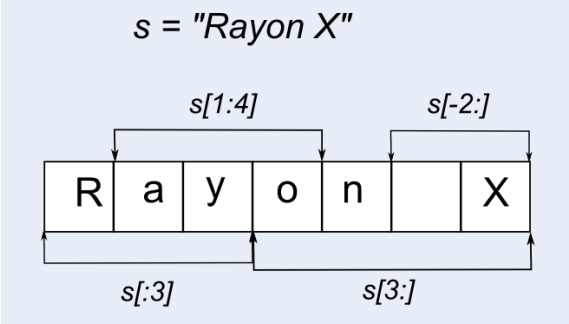


Figure 2.4 – Extraction de sous-chaînes.

```
s[:3]    # 'Ray' (du début à l'index 3 non compris)
s[3:]    # 'on X' (de l'index 3 compris à la fin)
s[::2]   # 'RynX' (du début à la fin, de 2 en 2)
```

2.8 Les données binaires

Les types binaires

Python 3 propose deux types de données binaires : `byte` (non modifiable) et `bytearray` (modifiable).

Une donnée binaire contient une suite de zéro ou plusieurs octets, c'est-à-dire d'entiers non signés sur 8 bits (compris dans l'intervalle [0...255]). Ces types « *à la C* » sont bien adaptés pour stocker de grandes quantités de données. De plus Python fournit des moyens de manipulation efficaces de ces types.

Les deux types sont assez semblables au type `str` et possèdent la plupart de ses méthodes. Le type modifiable `bytearray` possède des méthodes communes au type `list`.

Exemples de données binaires et de méthodes :

```
# données binaires
b_mot = b"Animal"     # chaîne préfixée par b : type byte
print(b_mot)          # b'Animal'
for b in b_mot:
   print(b, end=" ") # 65 110 105 109 97 108 (cf. table ASCII)
print()
bMot = bytearray(b_mot) # retourne un nouveau tableau de bytes...
bMot.pop()            # ...qui possède les méthodes usuelles
print()
print(bMot, "\n")     # bytearray(b'Anima')
data = b"5 Hills \x35\x20\x48\x69\x6C\x6C\x73"
print(data.upper())         # b'5 HILLS 5 HILLS'
print(data.replace(b"ill", b"at")) # b'5 Hats 5 Hats'
```

Bien différencier les codes, glyphes, caractères et octets ! (Cf. Fig. 2.5)

2.9 Les entrées-sorties

L'utilisateur a besoin d'interagir avec le programme (cf. Fig. 2.6). En mode « console » (on verra les interfaces graphiques ultérieurement), on doit pouvoir *saisir* ou *entrer* des in-

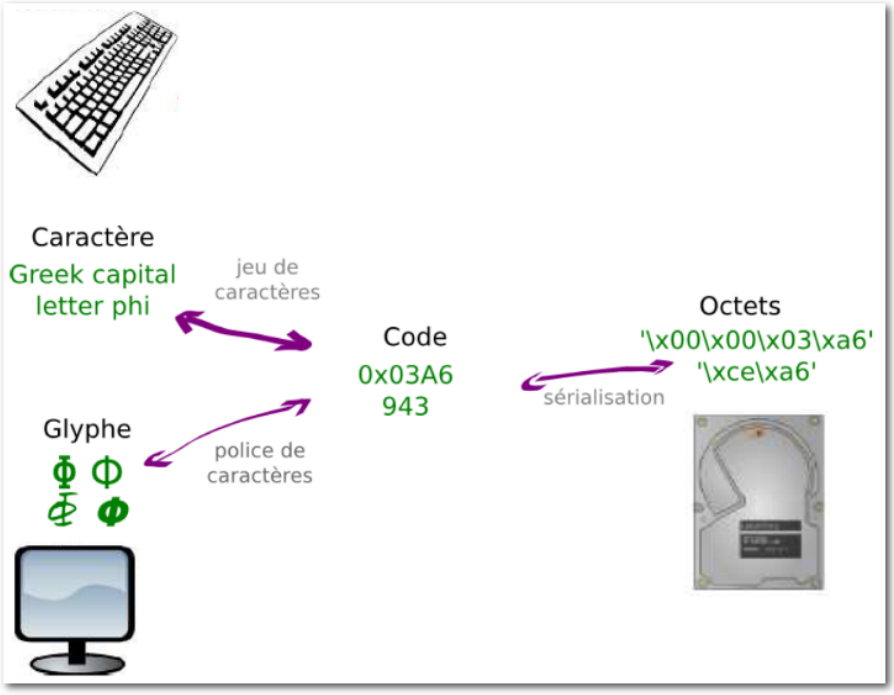


Figure 2.5 – Codes, glyphes, caractères et octets.

formations, ce qui est généralement fait depuis une **lecture** au clavier. Inversement, on doit pouvoir *afficher* ou *sortir* des informations, ce qui correspond généralement à une **écriture** sur l'écran.

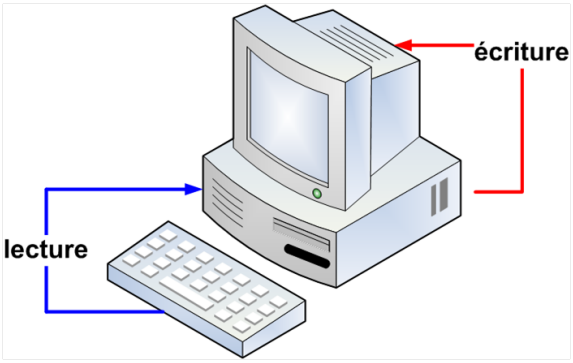


Figure 2.6 – Les entrées-sorties.

2.9.1 Les entrées

Il s'agit de réaliser une *saisie* à l'écran : la fonction standard `input()` interrompt le programme, afficher une éventuelle invite et attend que l'utilisateur entre une donnée et la valide par *Entrée*.

La fonction standard `input()` effectue toujours une saisie en *mode texte* (la saisie est une chaîne) dont on peut ensuite changer le type (on dit aussi *transtyper*) :

```
nb_etudiant = input("Entrez le nombre d'étudiants : ")
print(type(nb_etudiant)) # <class 'str'> (c'est une chaîne)
```

```
f1 = input("\nEntrez un flottant : ")
f1 = float(f1)        # transtypage en flottant
# ou plus brièvement :
f2 = float(input("Entrez un autre flottant : "))
print(type(f2))       # <class 'float'>
```

2.9.2 Les sorties

En mode « calculatrice », Python *lit-évalue-affiche*, mais la fonction `print()` reste indispensable aux affichages dans les scripts :

```
import sys

a, b = 2, 5
print(a, b)                     # 2 5
print("Somme :", a + b)         # Somme : 7
print(a - b, "est la différence") # -3 est la différence
print("Le produit de", a, "par", b, "vaut :", a * b)
# Le produit de 2 par 5 vaut : 10
print()         # affiche une nouvelle ligne
# pour afficher un espace à la place de la nouvelle ligne:
print(a, end=" ") # 2 (et ne va pas à la ligne)
print("\nErreur fatale !", file=sys.stderr) # dans un fichier
print("On a <", 2**32, "> cas !", sep="###")
# On a <###4294967296###> cas !
```

2.9.3 Les séquences d'échappement

À l'intérieur d'une chaîne, le caractère antislash (\) permet de donner une signification spéciale à certaines séquences :

Séquence	Signification
`\saut_ligne`	saut de ligne ignoré
`\\`	affiche un antislash
`\'`	apostrophe
`\"`	guillemet
`\a`	sonnerie (*bip*)
`\b`	retour arrière
`\f`	saut de page
`\n`	saut de ligne
`\r`	retour en début de ligne
`\t`	tabulation horizontale
`\v`	tabulation verticale
`\N{nom}`	caractère sous forme de code Unicode nommé
`\uhhhh`	caractère sous forme de code Unicode 16 bits
`\Uhhhhhhhh`	caractère sous forme de code Unicode 32 bits
`\ooo`	caractère sous forme de code octal
`\xhh`	caractère sous forme de code hexadécimal

Exemples :

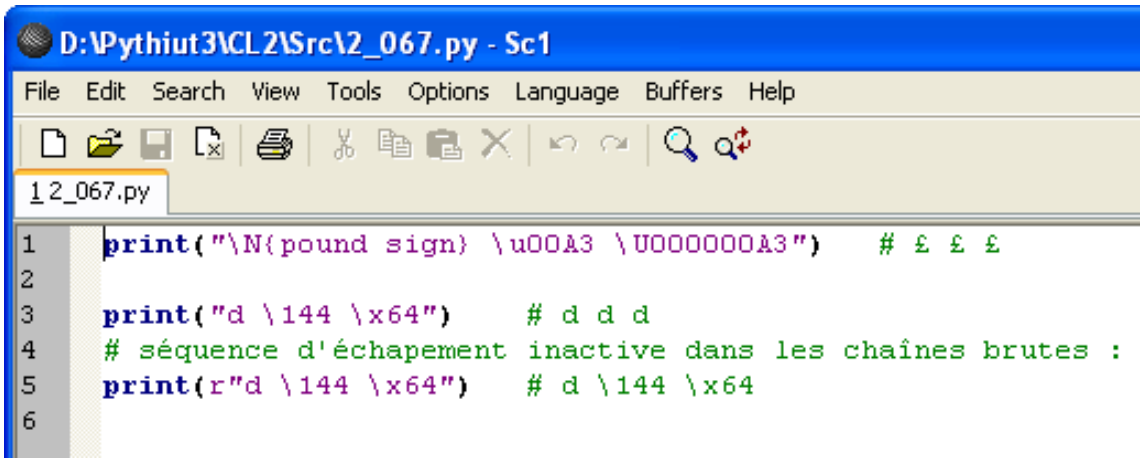
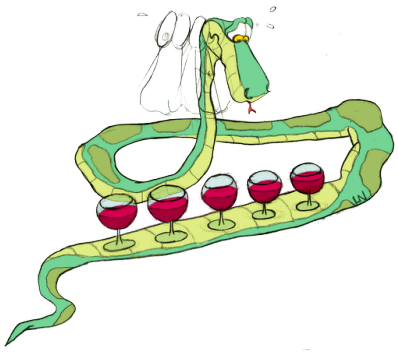


Figure 2.7 – Utilisation des séquences d'échappement

Chapitre 3

Le contrôle du flux d'instructions



Un script Python est formé d'une suite d'instructions exécutées en séquence de haut en bas.

Chaque ligne d'instructions est formée d'une ou plusieurs lignes physiques qui peuvent être continuées par un antislash `\` ou un caractère ouvrant `[ ( {` pas encore fermé.

Cette exécution en séquence peut être modifiée pour *choisir* ou *répéter* des portions de code. C'est l'objet principal de ce chapitre.

3.1 Les instructions composées

Syntaxe

Une instruction composée se compose :

- d'une ligne d'en-tête terminée par **deux-points** ;
- d'un bloc d'instructions indenté **par rapport à la ligne d'en-tête**.

Attention

Toutes les instructions au même niveau d'indentation appartiennent au même bloc (cf. Fig. 3.1).

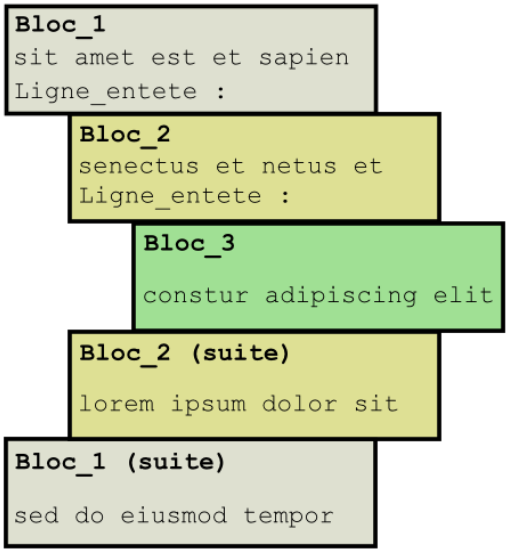


Figure 3.1 – Les instructions composées.

Exemple :

```
somme = 0.0
nb_valeurs = 0

for v in valeurs:
   nb_valeurs = nb_valeurs + 1
   somme = somme + valeurs

moyenne = somme / nb_valeurs
```

On a souvent besoin d'imbriquer les instructions composées :

```
if a == 0:
   if b != 0:
      print("\nx = {:.2f}".format(-c/b))
   else:
      print("\nPas de solution.")
else:
   delta = b**2 - 4*a*c
   if delta > 0.0:
      rac_delta = sqrt(delta)
      print("\nx1 = {:.2f} \t x2 = {:.2f}"
        .format((-b-rac_delta)/(2*a), (-b+rac_delta)/(2*a)))
   elif delta < 0.0:
      print("\nPas de racine réelle.")
   else:
      print("\nx = {:.2f}".format(-b/(2*a)))
```

3.2 Choisir

3.2.1 Choisir : `if - [elif] - [else]`

Contrôler une alternative :

```
if x < 0:
   print("x est négatif")
```

```
elif x % 2:
   print("x est positif et impair")
else:
   print("x n'est pas négatif et est pair")
```

Test d'une valeur booléenne :

```
if x: # mieux que (if x is True:) ou que (if x == True:)
   pass
```

3.2.2 Syntaxe compacte d'une alternative

Pour trouver, par exemple, le minimum de deux nombres, on peut utiliser l'opérateur ternaire (repris du C) :

```
x, y = 4, 3

# Ecriture classique :
if x < y:
   plus_petit = x
else:
   plus_petit = y

# Utilisation de l'opérateur ternaire :
plus_petit = x if x < y else y
print("Plus petit : ", plus_petit) # 3
```

3.3 Boucler

3.3.1 Boucler : `while`

Répéter une portion de code :

```
x, cpt = 257, 0
print("L'approximation de log2 de", x, "est", end=" ")
while x > 1:
   x //= 2     # division avec troncature
   cpt += 1    # incrémentation
print(cpt, "\n") # 8
```

Utilisation classique : la *saisie filtrée* d'une valeur numérique (on doit *préciser le type* car `input()` saisit une chaîne) :

```
n = int(input('Entrez un entier [1 .. 10] : '))
while not(1 <= n <= 10):
   n = int(input('Entrez un entier [1 .. 10], S.V.P. : '))
```

3.3.2 Parcourir : `for`

Parcourir un *itérable* (tout conteneur que l'on peut parcourir élément par élément, dans l'ordre ou non, suivant son type) :

```
for lettre in "ciao":
   print(lettre, end=" ") # c i a o

for x in [2, 'a', 3.14]:
   print(x, end=" ")    # 2 a 3.14

for i in range(5):
   print(i, end=" ")    # 0 1 2 3 4
```

3.4 Ruptures de séquences

3.4.1 Interrompre une boucle : `break`

Sort immédiatement de la boucle `for` ou `while` en cours contenant l'instruction :

```
for x in range(1, 11): # 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10
   if x == 5:
      break
   print(x, end=" ")

print("\nBoucle interrompue pour x =", x)

# affiche :
# 1 2 3 4
# Boucle interrompue pour x = 5
```

3.4.2 Court-circuiter une boucle : `continue`

Passe immédiatement à l'itération suivante de la boucle `for` ou `while` en cours contenant l'instruction ; reprend à la ligne de l'en-tête de la boucle :

```
for x in range(1, 11): # 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10
   if x == 5:
      continue
   print(x, end=" ")

print("\nLa boucle a sauté la valeur 5")

# affiche :
# 1 2 3 4 6 7 8 9 10
# La boucle a sauté la valeur 5
```

3.4.3 Syntaxe complète des boucles

`while - else`

Les boucles `while` et `for` peuvent posséder une clause `else` qui ne s'exécute que si la boucle se termine normalement, c'est-à-dire sans interruption :

```
y = int(input("Entrez un entier positif : "))
while not(y > 0):
   y = int(input('Entrez un entier positif, S.V.P. : '))
```

```
x = y // 2
while x > 1:
   if y % x == 0:
      print("{} a pour facteur {}".format(y, x))
      break    # voici l'interruption !
   x -= 1
else:
   print(y, "est premier.")
```

for - else

Un exemple avec le parcours d'une liste :

```
une_sequence = [2, 5, 9, 7, 11]

cible = int(input("Entrez un entier : "))

for i in une_sequence:
   if i == cible:
      sauve = i
      break    # voici l'interruption !
else:
   print(cible, "n'est pas dans", une_sequence)
   sauve = None

# sauve vaut donc cible ou None :
print("On obtient sauve =", sauve)
```

3.4.4 Exceptions

Afin de rendre les applications plus robustes, il est nécessaire de gérer les erreurs d'exécution des parties sensibles du code.

Le mécanisme des exceptions sépare d'un côté la séquence d'instructions à exécuter lorsque tout se passe bien et, d'un autre côté, une ou plusieurs séquences d'instructions à exécuter en cas d'erreur.

Lorsqu'une erreur survient, un *objet exception* est passé au ménanisme de propagation des exceptions, et l'exécution est transférée à la séquence de traitement *ad hoc*.

Le mécanisme s'effectue en deux phases :
- la *levée* d'exception lors de la détection d'erreur ;
- le *traitement* approprié.

Syntaxe

La séquence normale d'instructions est placée dans un bloc **`try`**.
Si une erreur est détectée (levée d'exception), elle est traitée dans le bloc **`except`** approprié (le gestionnaire d'exception).

```
from math import sin

for x in range(-4, 5): # -4, -3, -2, -1, 0, 1, 2, 3, 4
   try:
      print('{:.3f}'.format(sin(x)/x), end=" ")
   except ZeroDivisionError: # toujours fournir une exception
```

```
      print(1.0, end=" ") # gère l'exception en 0
# -0.189 0.047 0.455 0.841 1.0 0.841 0.455 0.047 -0.189
```

Toutes les exceptions levées par Python sont des instances de sous-classe de la classe `Exception`. La hiérarchie des sous-classes offre une vingtaine d'exceptions standard [1].

Syntaxe complète d'une exception :

```
try:
   ...              # séquence normale d'exécution
except <exception_1> as e1:
   ...              # traitement de l'exception 1
except <exception_2> as e2:
   ...              # traitement de l'exception 2
...
else:
   ...              # clause exécutée en l'absence d'erreur
finally:
   ...              # clause toujours exécutée
```

L'instruction **`raise`** permet de lever *volontairement* une exception :

```
x = 2
if not(0 <= x <= 1):
   raise ValueError("x n'est pas dans [0 .. 1]")
```

Remarque

✓ `raise`, sans valeur, dans un bloc `except`, permet de ne pas bloquer une exception, de la propager.

Bloc gardé (ou gestionnaire de contexte) :

Cette syntaxe simplifie le code en assurant que certaines opérations sont exécutées avant et après un bloc d'instructions donné. Illustrons ce mécanisme sur un exemple classique ou il importe de fermer le fichier utilisé :

```
# au lieu de ce code :
fh = None
try:
   fh = open(filename)
   for line in fh:
      process(line)
except EnvironmentError as err:
   print(err)
finally:
   if fh is not None:
      fh.close()

# il est plus simple d'écrire :
try:
   with open(filename) as fh:
      for line in fh:
         process(line)
except EnvironmentError as err:
   print(err)
```

1. Citons quelques classes : `AritmeticError`, `ZeroDivisionError`, `IndexError`, `KeyError`, `AttributeError`, `IOError`, `ImportError`, `NameError`, `SyntaxError`, `TypeError`...

Chapitre 4

Les conteneurs standard

Le chapitre 2 a présenté les types de données simples, mais Python offre beaucoup plus : les conteneurs.
De façon générale, un conteneur est un objet composite destiné à contenir d'autres objets. Ce chapitre détaille les séquences, les tableaux associatifs, les ensembles et les fichiers textuels.

4.1 Les séquences

4.1.1 Qu'est-ce qu'une séquence ?

Définition

➥ Une séquence est un conteneur ordonné d'éléments indexés par des entiers.

Python dispose de trois types prédéfinis de séquences :

- les chaînes (vues précédemment) ;
- les listes ;
- les tuples [1].

4.2 Les listes

4.2.1 Définition, syntaxe et exemples

Définition

➥ Collection ordonnée et modifiable d'éléments éventuellement hétérogènes.

Syntaxe

✎ Éléments séparés par des virgules, et entourés de crochets.

1. « tuple » n'est pas vraiment un anglicisme, mais plutôt un néologisme informatique.

```
couleurs = ['trèfle', 'carreau', 'coeur', 'pique']
print(couleurs)   # ['trèfle', 'carreau', 'coeur', 'pique']
couleurs[1] = 14
print(couleurs)   # ['trèfle', 14, 'coeur', 'pique']
list1 = ['a', 'b']
list2 = [4, 2.718]
list3 = [list1, list2] # liste de listes
print(list3)      # [['a', 'b'], [4, 2.718]]
```

4.2.2 Initialisations et tests

Utilisation de la répétition, de l'opérateur d'appartenance (`in`) et de l'itérateur `range()` :

```
truc, machin = [], [0.0] * 3
print(truc)          # [] (liste vide)
print(machin)        # [0.0, 0.0, 0.0]

l1 = list(range(4))
print("l1 =", l1) # l1 = [0, 1, 2, 3]
l2 = list(range(4, 8))
print("l2 =", l2) # l2 = [4, 5, 6, 7]
l3 = list(range(2, 9, 2))
print("l3 =", l3) # l3 = [2, 4, 6, 8]

print(2 in l1, 8 in l2, 6 in l3) # True False True

for i in range(len(l3)):
   print(i, l3[i], sep="-", end=" ") # 0-2 1-4 2-6 3-8
```

4.2.3 Méthodes

Quelques méthodes de modification des listes :

```
nombres = [17, 38, 10, 25, 72]
nombres.sort()
print(nombres)       # [10, 17, 25, 38, 72]
nombres.append(12)
nombres.reverse()
nombres.remove(38)
print(nombres)       # [12, 72, 25, 17, 10]
print(nombres.index(17)) # 3
nombres[0] = 11
nombres[1:3] = [14, 17, 2]
print(nombres.pop()) # 10
print(nombres)       # [11, 14, 17, 2, 17]
print(nombres.count(17)) # 2
nombres.extend([1, 2, 3])
print(nombres)       # [11, 14, 17, 2, 17, 1, 2, 3]
```

4.2.4 Manipulation des « tranches »

Syntaxe

✎ Si on veut supprimer, remplacer ou insérer *plusieurs* éléments d'une liste, il faut indiquer

une tranche dans le membre de gauche d'une affectation et fournir une liste dans le membre de droite.

```
mots = ['jambon', 'sel', 'miel', 'confiture', 'beurre']

mots[2:4] = [] # effacement par affectation d'une liste vide
print(mots)    # ['jambon', 'sel', 'beurre']
mots[1:3] = ['salade']
print(mots)    # ['jambon', 'salade']
mots[1:] = ['mayonnaise', 'poulet', 'tomate']
print(mots)    # ['jambon', 'mayonnaise', 'poulet', 'tomate']
mots[2:2] = ['miel'] # insertion en 3è position
print(mots) # ['jambon', 'mayonnaise', 'miel', 'poulet', 'tomate']
```

4.3 Les listes en intension

Une liste en intension est une expression qui permet de générer une liste de manière très compacte. Cette notation reprend la définition mathématique d'un ensemble en intension :

$$\{x^2 | x \in [2, 10]\} \Rightarrow \texttt{[x**2 for x in range(2, 11)]}$$

Définition

➥ Une liste en intension est équivalente à une boucle `for` qui construirait la même liste en utilisant la méthode `append()`.

Les listes en intension sont utilisables sous trois formes.

Première forme expression d'une liste simple de valeurs :

```
result1 = [x+1 for x in une_seq]
# a le même effet que :
result2 = []
for x in une_seq:
   result2.append(x+1)
```

Deuxième forme expression d'une liste de valeurs avec filtrage :

```
result3 = [x+1 for x in une_seq if x > 23]
# a le même effet que :
result4 = []
for x in une_seq:
   if x > 23:
      result4.append(x+1)
```

Troisième forme expression d'une combinaison de listes de valeurs :

```
result5 = [x+y for x in une_seq for y in une_autre]
# a le même effet que :
result6 = []
for x in une_seq:
   for y in une_autre:
      result6.append(x+y)
```

Des utilisations très *pythoniques* :

```
valeurs_s = ["12", "78", "671"]
# conversion d'une liste de chaînes en liste d'entier
valeurs_i = [int(i) for i in valeurs_s] # [12, 78, 671]
```

```
# calcul de la somme de la liste avec la fonction intégrée sum
print(sum([int(i) for i in valeurs_s])) # 761

# a le même effet que :
s = 0
for i in valeurs_s:
   s = s + int(i)
print(s)                          # 761

# Initialisation d'une liste 2D
multi_liste = [[0]*2 for ligne in range(3)]
print(multi_liste) # [[0, 0], [0, 0], [0, 0]]
```

4.4 Les tuples

Définition

Collection ordonnée et non modifiable d'éléments éventuellement hétérogènes.

Syntaxe

Éléments séparés par des virgules, et entourés de parenthèses.

```
mon_tuple = ('a', 2, [1, 3])
```

- Les tuples s'utilisent comme les listes mais leur parcours est plus rapide ;
- Ils sont utiles pour définir des constantes.

Attention

Comme les chaînes de caractères, les tuples ne sont pas modifiables !

4.5 Retour sur les références

Nous avons déjà vu que l'opération d'affectation, apparemment innocente, est une réelle difficulté de Python.

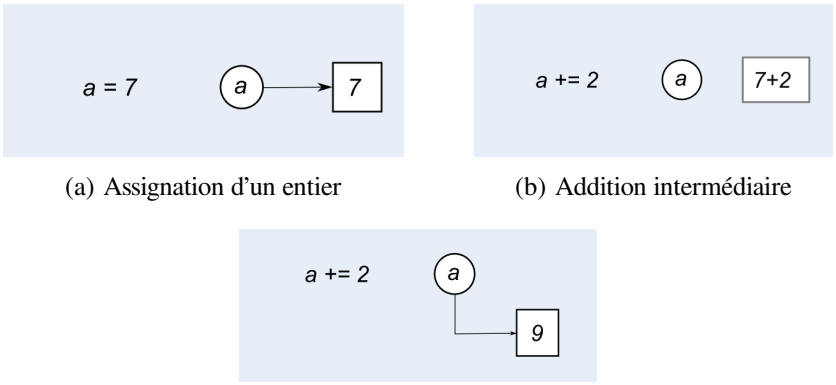
```
i = 1
msg = "Quoi de neuf ?"
e = 2.718
```

Dans l'exemple ci-dessus, les affectations réalisent plusieurs opérations :

- crée en mémoire un objet du type *ad hoc* (membre de droite) ;
- stocke la donnée dans l'objet créé ;
- crée un nom de variable (membre de gauche) ;
- associe ce nom de variable à l'objet contenant la valeur.

Une conséquence de ce mécanisme est que, si un objet modifiable est affecté, tout changement sur un objet modifiera l'autre :

```
fable = ["Je", "plie", "mais", "ne", "romps", "point"]
phrase = fable

phrase[4] = "casse"

print(fable) # ['Je', 'plie', 'mais', 'ne', 'casse', 'point']
```



(a) Assignation d'un entier

(b) Addition intermédiaire

(c) Assignation augmentée

Figure 4.1 – Assignation augmentée d'un objet non modifiable.

Si l'on désire réaliser une *vraie* copie [1] d'un objet, on doit utiliser le module `copy` :

```
import copy

a = [1, 2, 3]
b = a           # une référence
b.append(4)
print(a)        # [1, 2, 3, 4]
c = copy.copy(a) # une copie de "surface"
c.append(5)
print(c)        # [1, 2, 3, 4, 5]
print(a)        # [1, 2, 3, 4]
```

Dans les rares occasions où l'on veut aussi que chaque élément et attribut de l'objet soit copié séparément et de façon récursive, on emploie la fonction `copy.deepcopy()`.

Complément graphique sur l'assignation

Assignation augmentée d'un objet non modifiable (cas d'un entier : Fig. 4.1).
On a représenté l'étape de l'addition intermédiaire :
Assignation augmentée d'un objet modifiable (cas d'une liste : Fig. 4.2) :
On a représenté l'étape de la création de la liste intermédiaire :

4.6 Les tableaux associatifs

4.6.1 Les types tableaux associatifs

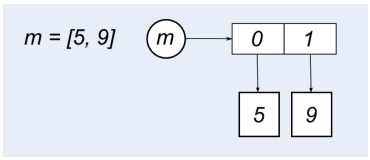
Définition

➥ Un tableau associatif est un type de données permettant de stocker des couples `cle : valeur`, avec un accès très rapide à la valeur à partir de la clé, la clé ne pouvant être présente qu'une seule fois dans le tableau.

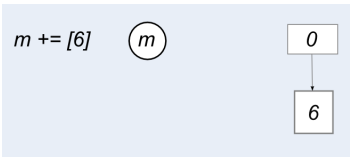
Il possède les caractéristiques suivantes :

- l'opérateur d'appartenance d'une clé (`in`) ;
- la fonction taille (`len()`) donnant le nombre de couples stockés ;

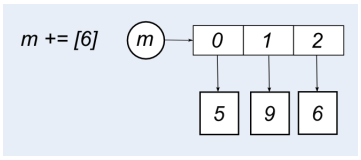
1. Dans le cas général. Pour copier une séquence simple, par exemple une liste `l`, on peut toujours écrire `l2 = l[ :]`



(a) Assignation d'une liste



(b) Création intermédiaire en mémoire



(c) Assignation augmentée

Figure 4.2 – Assignation augmentée d'un objet modifiable.

- il est *itérable* (on peut le parcourir) mais *n'est pas ordonné*.

Python propose le type standard `dict`.

4.6.2 Les dictionnaires (`dict`)

Syntaxe

✎ Collection de couples `cle : valeur` entourée d'accolades.

Les dictionnaires constituent un type composite mais ils n'appartiennent pas aux séquences.

Comme les listes, les dictionnaires sont modifiables, mais les couples enregistrés n'occupent pas un ordre immuable, leur emplacement est géré par un algorithme spécifique (Cf. les fonctions de hachage p. 113).

Une *clé* pourra être alphabétique, numérique… en fait tout type hachable. Les *valeurs* pourront être des valeurs numériques, des séquences, des dictionnaires, mais aussi des fonctions, des classes ou des instances.

Exemples de création

```
# insertion de clés/valeurs une à une
d1 = {}  # dictionnaire vide
d1["nom"] = 3
d1["taille"] = 176
print(d1)   # {'nom': 3, 'taille': 176}
# définition en extension
d2 = {"nom": 3, "taille": 176}
print(d2)   # {'nom': 3, 'taille': 176}
# définition en intension
d3 = {x: x**2 for x in (2, 4, 6)}
print(d3) # {2: 4, 4: 16, 6: 36}
# utilisation de paramètres nommés
d4 = dict(nom=3, taille=176)
print(d4)   # {'taille': 176, 'nom': 3}
# utilisation d'une liste de couples clés/valeurs
d5 = dict([("nom", 3), ("taille", 176)])
print(d5)   # {'nom': 3, 'taille': 176}
```

Méthodes

Quelques méthodes applicables aux dictionnaires :

```
tel = {'jack': 4098, 'sape': 4139}
tel['guido'] = 4127

print(tel) # {'sape': 4139, 'jack': 4098, 'guido': 4127}
print(tel['jack']) # 4098
del tel['sape']
tel['irv'] = 4127
print(tel) # {'jack': 4098, 'irv': 4127, 'guido': 4127}

print(list(tel.keys())) # ['jack', 'irv', 'guido']
print(sorted(tel.keys())) # ['guido', 'irv', 'jack']
print(sorted(tel.values())) # [4098, 4127, 4127]

print('guido' in tel, 'jack' not in tel) # True False
```

4.7 Les ensembles (`set`)

Définition

➥ Collection itérable non ordonnée d'éléments hachables distincts.

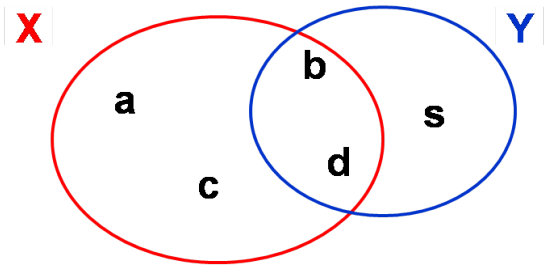


Figure 4.3 – Opérations sur les ensempbles

```
X, Y = set('abcd'), set('sbds')
print("X =", X) # X = {'a', 'c', 'b', 'd'}
print("Y =", Y) # Y = {'s', 'b', 'd'} : un seul élément 's'

print('c' in X) # True
print('a' in Y) # False
print(X - Y)   # {'a', 'c'}
print(Y - X)   # {'s'}
print(X | Y)   # {'a', 'c', 'b', 'd', 's'}
print(X & Y)   # {'b', 'd'}
```

4.8 Les fichiers textuels

4.8.1 Les fichiers : introduction

On rappelle que l'ordinateur n'exécute que les programmes présents dans sa mémoire volatile (la RAM).

Mais, pour conserver durablement des informations, il faut utiliser une mémoire permanente comme par exemple le dique dur, la clé USB, le DVD,...

Comme la plupart des langages, Python utilise classiquement la notion de fichier. C'est un type pré-défini en Python, qui ne nessécite donc pas d'importer de module externe.

Nous nous limiterons aux fichiers *textuels* (portables, lisible par un éditeur), mais signalons que les fichiers stockés en codage *binaire* sont plus compacts et plus rapides à gérer.

4.8.2 Gestion des fichiers

Ouverture et fermeture des fichiers

Principaux *modes* d'ouverture des fichiers textuels :

```
f1 = open("monFichier_1", "r", encoding='utf-8') # en lecture
f2 = open("monFichier_2", "w", encoding='utf-8') # en écriture
f3 = open("monFichier_3", "a", encoding='utf-8') # en ajout
```

Python utilise les fichiers en mode *texte* par défaut (noté `t`) (pour les fichiers *binaires*, il faut préciser le mode `b`).

Le paramètre optionnel `encoding` assure les conversions entre les types `byte` et `str`[1]. Les encodages les plus fréqents sont `'utf-8'` (c'est l'encodage à privilégier en Python 3), `'latin1'`, `'ascii'`...

Tant que le fichier n'est pas fermé, son contenu n'est pas garanti sur le disque.

Une seule méthode de fermeture :

```
f1.close()
```

Écriture séquentielle

Méthodes d'écriture :

```
f = open("truc.txt", "w")
s = 'toto\n'
f.write(s)     # écrit la chaîne s dans f
l = ['a', 'b', 'c']
f.writelines(l) # écrit les chaînes de la liste l dans f
f.close()

# utilisation de l'option file de print
f2 = open("truc2.txt", "w")
print("abcd", file=f2)
f2.close()
```

Lecture séquentielle

Méthodes de lecture :

```
f = open("truc.txt", "r")
s = f.read()   # lit tout le fichier --> string
s = f.read(3)  # lit au plus n octets --> string
s = f.readline() # lit la ligne suivante --> string
```

1. Cf. l'annexe B

```
s = f.readlines() # lit tout le fichier --> liste de strings
f.close()

# Affichage des lignes d'un fichier une à une
f = open("truc.txt") # mode "r" par défaut
for ligne in f:
   print(ligne[:-1]) # pour sauter le retour à la ligne
f.close()
```

4.9 Itérer sur les conteneurs

Les techniques suivantes sont classiques et très utiles.

Obtenir clés et valeurs en bouclant sur un dictionnaire :

```
knights = {"Gallahad": "the pure", "Robin": "the brave"}
for k, v in knights.items():
   print(k, v)
# Gallahad the pure
# Robin the brave
```

Obtenir clés et valeurs en bouclant sur une liste :

```
for i, v in enumerate(["tic", "tac", "toe"]):
   print(i, v, end=" ", sep="->") # 0->tic 1->tac 2->toe
```

Boucler sur deux séquences (ou plus) appariées :

```
question = ["name", "quest", "favorite color"]
answers = ["Lancelot", "the Holy Grail", "blue"]
for q, a in zip(question, answers):
   print("What is your {}? It is {}.".format(q, a))
# What is your name? It is Lancelot.
# What is your quest? It is the Holy Grail.
# What is your favorite color? It is blue.
```

Boucler sur une séquence inversée (la séquence initiale est inchangée) :

```
print()
for i in reversed(range(1, 10, 2)):
   print(i, end=" ") # 9 7 5 3 1
```

Boucler sur une séquence triée à éléments uniques (la séquence initiale est inchangée) :

```
print()
basket = ["apple", "orange", "apple", "pear", "orange", "banana"]
for f in sorted(set(basket)):
   print(f, end=" ") # apple banana orange pear
```

4.10 L'affichage formaté

La méthode `format()` permet de contrôler finement toutes sortes d'affichages.

Remplacements simples :

```
print("{} {} {}".format("zéro", "un", "deux")) # zéro un deux
print("{2} {0} {1}".format("zéro", "un", "deux")) # deux zéro un
```

```
print("Je m'appelle {}".format("Bob")) # Je m'appelle Bob
print("Je m'appelle {{{}}}".format("Bob")) # Je m'appelle {Bob}
print("{}".format("-"*10))        # ----------
```

Remplacements avec champs nommés :

```
a, b = 5, 3
print("The story of {c} and {d}".format(c=a+b, d=a-b))
# The story of 8 and 2
```

Formatages à l'aide de liste :

```
stock = ['papier', 'enveloppe', 'chemise', 'encre', 'buvard']
print("Nous avons de l'{0[3]} et du {0[0]} en stock\n".format(stock))
# Nous avons de l'encre et du papier en stock
```

Formatages à l'aide de dictionnaire :

```
print("My name is {0[name]}".format(dict(name='Fred')))
# My name is Fred
d = dict(animal = 'éléphant', poids = 12000)
print("L'{0[animal]} pèse {0[poids]} kg\n".format(d))
# L'éléphant pèse 12000 kg
```

Remplacement avec attributs nommés :

```
import math
import sys

print("math.pi = {.pi}, epsilon = {.float_info.epsilon}"
    .format(math, sys))
# math.pi = 3.14159265359, epsilon = 2.22044604925e-16
```

Conversions textuelles, `str()` et `repr()` :

```
>>> print("{0!s} {0!r}".format("texte\n"))
texte
  'texte\n'
```

Formatages numériques :

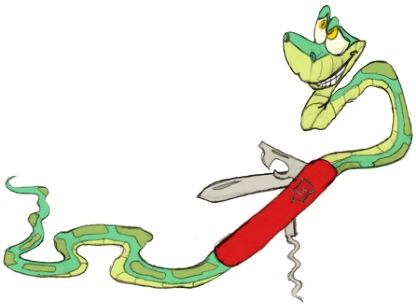
```
print("{0} {0:b} {0:o} {0:x}".format(179)) # 179 10110011 263 b3

n = 100
pi = 3.1415926535897931

print("{}, et {}".format(n, pi)) # 100, et 3.14159265359
print("{}, et {}".format(n, pi)) # 100, et 3.14159265359
print("{0}, {1} et {0}".format(n, pi)) # 100, 3.14159265359 et 100

print("{:.4e}".format(pi)) # 3.1416e+00
print("{:g}".format(pi)) # 3.14159

msg = "Résultat sur {:d} échantillons : {:.2f}".format(n, pi)
print(msg) # Résultat sur 100 échantillons : 3.14
```

Formatages divers :

```
s = "The sword of truth"
print("[{}]".format(s)) # [The sword of truth]
print("[{:25}]".format(s)) # [The sword of truth ]
print("[{:>25}]".format(s)) # [ The sword of truth]
print("[{:^25}]".format(s)) # [ The sword of truth ]
print("[{:-^25}]".format(s)) # [---The sword of truth----]
print("[{:.<25}]".format(s)) # [The sword of truth.......]
long = 12
print("[{}]".format(s[:long])) # [The sword of]
m = 123456789
print("{:0=12}".format(m)) # 000123456789
print("{:#=12}".format(m)) # ###123456789
```

Chapitre 5

Fonctions et espaces de noms



Remarque

✓ Les fonctions sont les éléments structurants de base de tout langage procédural.

Elles offrent différents avantages :

Évite la répétition : on peut « factoriser » une portion de code qui se répète lors de l'exécution en séquence d'un script ;

Met en relief les données et les résultats : entrées et sorties de la fonction ;

Permet la réutilisation : mécanisme de l'import ;

Décompose une tâche complexe en tâches plus simples : conception de l'application.

Ces avantages sont illustrés sur la figure 5.1.

5.1 Définition et syntaxe

Définition

➥ Ensemble d'instructions regroupées sous un *nom* et s'exécutant à la demande.

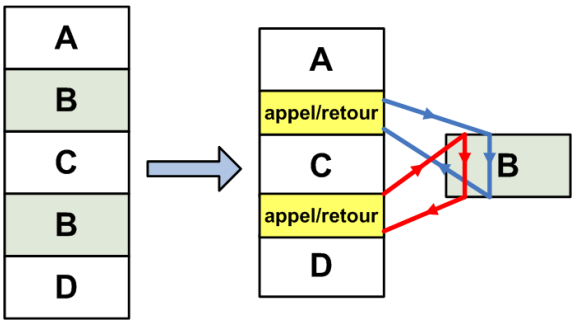
On doit définir une fonction à chaque fois qu'un bloc d'instructions se trouve à plusieurs reprises dans le code ; il s'agit d'une « mise en facteur commun ».

Syntaxe

✎ C'est une instruction composée :

```
def nomFonction(paramètres):
    """Documentation de la fonction."""
    <bloc_instructions>
```

Le bloc d'instructions est obligatoire. S'il est vide, on emploie l'instruction `pass`. La documentation (facultative) est *fortement* conseillée.



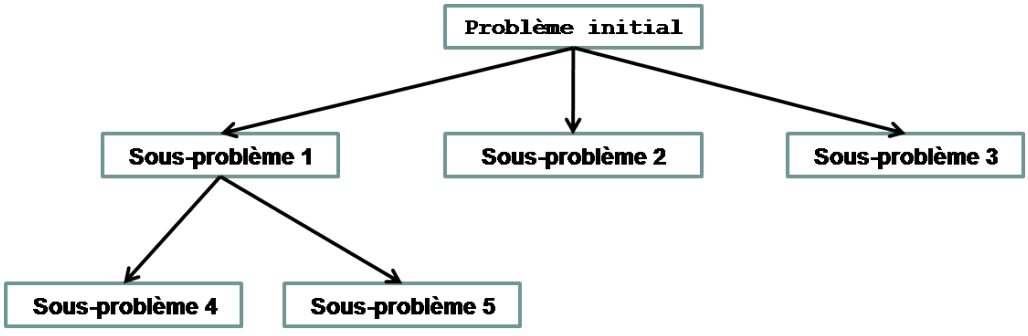
(a) Évite la duplication de code.

```
def proportion(chaine, motif):
    """Fréquence de <motif> dans <chaine>."""

    n = len(chaine)
    k = chaine.count(motif)

    return k/n
```

(b) Met en relief entrées et sorties.

```
import util

...
p1 = util.proportion(uneChaine, "le")
...
p2 = util.proportion(uneAutreChaine, "des")
```

(c) L'import permet la réutilisation.



(d) Améliore la conception.

Figure 5.1 – Les avantages de l'utilisation des fonctions

5.2 Passage des arguments

5.2.1 Mécanisme général

Remarque

✓ Passage par affectation : chaque argument de la définition de la fonction correspond, dans l'ordre, à un paramètre de l'appel. La correspondance se fait par *affectation*.

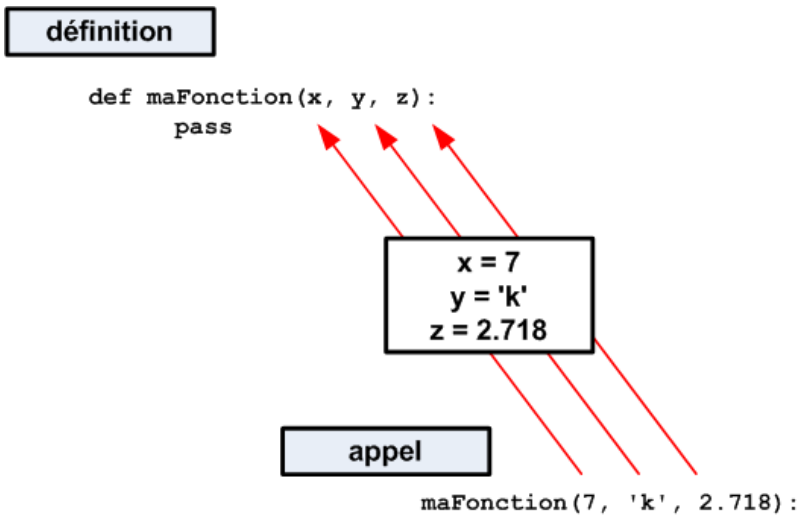


Figure 5.2 – Passage des arguments par affectation.

5.2.2 Un ou plusieurs paramètres, pas de retour

Exemple sans l'instruction `return`, ce qu'on appelle souvent une `procédure`. Dans ce cas la fonction renvoie implicitement la valeur `None` :

```
def table(base, debut, fin):
    """Affiche la table des <base> de <debut> à <fin>."""
    n = debut
    while n <= fin:
        print(n, 'x', base, '=', n * base, end=" ")
        n += 1

# exemple d'appel :
table(7, 2, 11)
# 2 x 7 = 14 3 x 7 = 21 4 x 7 = 28 5 x 7 = 35 6 x 7 = 42
# 7 x 7 = 49 8 x 7 = 56 9 x 7 = 63 10 x 7 = 70 11 x 7 = 77
```

5.2.3 Un ou plusieurs paramètres, utilisation du retour

Exemple avec utilisation d'un `return` unique :

```
from math import pi

def cube(x):
    return x**3
```

```
def volumeSphere(r):
    return 4.0 * pi * cube(r) / 3.0

# Saisie du rayon et affichage du volume
rayon = float(input('Rayon : '))
print("Volume de la sphère =", volumeSphere(rayon))
```

Exemple avec utilisation d'un `return` multiple :

```
import math

def surfaceVolumeSphere(r):
    surf = 4.0 * math.pi * r**2
    vol = surf * r/3
    return surf, vol

# programme principal
rayon = float(input('Rayon : '))
s, v = surfaceVolumeSphere(rayon)
print("Sphère de surface {:g} et de volume {:g}".format(s, v))
```

5.2.4 Passage d'une fonction en paramètre

```
def tabuler(fonction, borneInf, borneSup, nbPas):
    """Affichage des valeurs de <fonction>.
    On doit avoir (borneInf < borneSup) et (nbPas > 0)"""
    h, x = (borneSup - borneInf) / float(nbPas), borneInf
    while x <= borneSup:
        y = fonction(x)
        print("f({:.2f}) = {:.2f}".format(x, y))
        x += h

def maFonction(x):
    return 2*x**3 + x - 5

tabuler(maFonction, -5, 5, 10)
# f(-5.00) = -260.00
# f(-4.00) = -137.00
# ...
# f(5.00) = 250.00
```

5.2.5 Paramètres avec valeur par défaut

On utilise de préférence des valeurs par défaut non modifiables car la modification d'un paramètre par un premier appel est visible les fois suivantes :

```
def initPort(speed=9600, parity="paire", data=8, stops=1):
    print("Init. à", speed, "bits/s", "parité :", parity)
    print(data, "bits de données", stops, "bits d'arrêt")

# Appels possibles :
initPort()
# Init. à 9600 bits/s parité : paire
# 8 bits de données 1 bits d'arrêt
initPort(parity="nulle")
# Init. à 9600 bits/s parité : nulle
# 8 bits de données 1 bits d'arrêt
```

```
initPort(2400, "paire", 7, 2)
# Init. à 2400 bits/s parité : paire
# 7 bits de données 2 bits d'arrêt
```

5.2.6 Nombre d'arguments arbitraire : passage d'un tuple

```
def somme(*args):
   """Renvoie la somme de <tuple>."""
   resultat = 0
   for nombre in args:
      resultat += nombre
   return resultat

# Exemples d'appel :
print(somme(23))      # 23
print(somme(23, 42, 13)) # 78
```

Note : Si la fonction possède plusieurs arguments, le tuple est en *dernière* position.

Il est aussi possible de passer un tuple (en fait une séquence) à l'appel qui sera *décompressé* en une liste de paramètres d'une fonction « classique » :

```
def somme(a, b, c):
   return a+b+c

# Exemple d'appel :
elements = (2, 4, 6)
print(somme(*elements)) # 12
```

5.2.7 Nombre d'arguments arbitraire : passage d'un dictionnaire

```
def unDict(**kargs):
   return kargs

# Exemples d'appels
## par des paramètres nommés :
print(unDict(a=23, b=42)) # {'a': 23, 'b': 42}

## en fournissant un dictionnaire :
mots = {'d': 85, 'e': 14, 'f':9}
print(unDict(**mots))   # {'e': 14, 'd': 85, 'f': 9}
```

Note : Si la fonction possède plusieurs arguments, le dictionnaire est en *toute dernière* position (après un éventuel tuple).

5.3 Espaces de noms

5.3.1 Portée des objets

Remarque

✓ Portée : les noms des objets sont créés lors de leur *première affectation*, mais ne sont visibles que dans certaines régions de la mémoire.

On distingue :

La portée globale : celle du module `__main__`. Un dictionnaire gère les objets globaux : l'instruction `globals()` fournit les couples `variable :valeur` ;

La portée locale : les objets internes aux fonctions (et aux classes) sont locaux. Les objets globaux ne sont *pas modifiables* dans les portées locales. L'instruction `locals()` fournit les couples `variable :valeur`.

5.3.2 Résolution des noms : règle *LGI*

La recherche des noms est d'abord locale (L), puis globale (G), enfin interne (I) (cf. Fig. 5.3) :

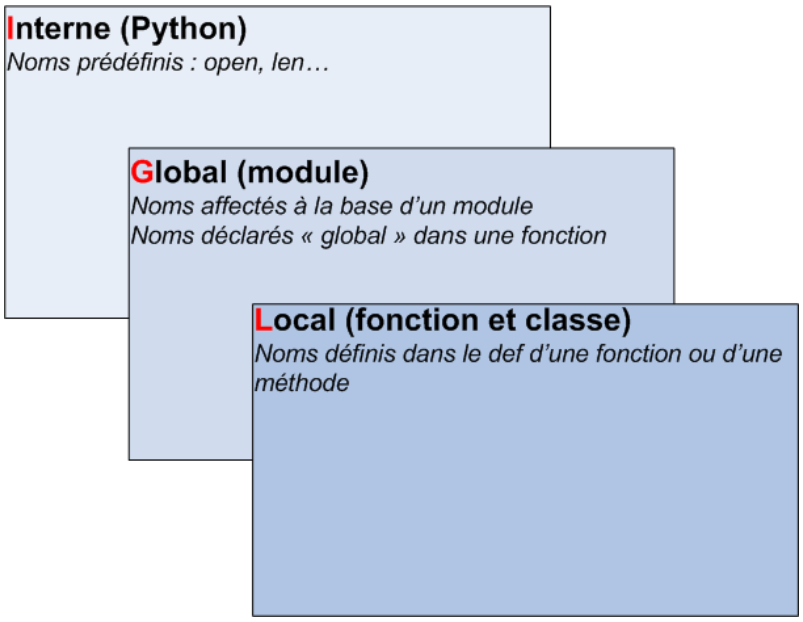


Figure 5.3 – Règle LGI

Exemples de portée

```
# x et fonc sont affectés dans le module : globaux

def fonc(y): # y et z sont affectés dans fonc : locaux
   global x # permet de modifier x ligne suivante
   x += 2
   z = x + y
   return z

x = 99
```

```
print(fonc(1)) # 102
```

```
# x et fonc sont affectés dans le module : globaux

def fonc(y): # y et z sont affectés dans fonc : locaux
   # dans fonc : portée locale
   z = x + y
   return z

x = 99
print(fonc(1)) # 100
```

```
# x et fonc sont affectés dans le module : globaux

def fonc(y): # y, x et z sont affectés dans fonc : locaux
   x = 3 # ce nouvel x est local et masque le x global
   z = x + y
   return z

x = 99
print(fonc(1)) # 4
```

Chapitre 6

Modules et packages

Un programme Python est généralement composé de plusieurs fichiers sources, appelés *modules*. Leur nom est suffixé `.py`.

S'ils sont correctement codés les modules doivent être indépendants les uns des autres pour être réutilisés à la demande dans d'autres programmes.

Ce chapitre explique comment coder et importer des modules dans un autre.

Nous verrons également la notion de *package* qui permet de grouper plusieurs modules.

6.1 Modules

Définition

➥ Module : fichier *indépendant* permettant de scinder un programme en plusieurs scripts. Ce mécanisme permet d'élaborer efficacement des bibliothèques de fonctions ou de classes.

Avantages des modules :

- réutilisation du code ;
- la documentation et les tests peuvent être intégrés au module ;
- réalisation de services ou de données partagés ;
- partition de l'espace de noms du système.

6.1.1 Import d'un module

Deux syntaxes possibles :

- la commande `import <nom_module>` importe la totalité des objets du module :

```
import tkinter
```

- la commande `from <nom_module> import obj1, obj2...` n'importe que les objets `obj1, obj2...` du module :

```
from math import pi, sin, log
```

Il est conseillé d'importer dans l'ordre :
- les modules de la bibliothèque standard ;
- les modules des bibliothèques tierces ;
- Les modules personnels.

6.1.2 Exemples

Notion d'« auto-test »

Un module `cube_m.py`. Remarquez l'utilisation de « l'auto-test » qui permet de tester le module seul :

```
def cube(y):
    """Calcule le cube du paramètre <y>."""
    return y**3

# Auto-test ----------------------------------------------------
if __name__ == "__main__": # False lors d'un import ==> ignoré
    help(cube)         # affiche le docstring de la fonction
    print("cube de 9 :", cube(9)) # cube de 9 : 729
```

Utilisation de ce module. On importe la fonction `cube()` incluse dans le fichier `cube_m.py` :

```
from cube_m import cube
for i in range(1, 4):
    print("cube de", i, "=", cube(i), end=" ")
# cube de 1 = 1 cube de 2 = 8 cube de 3 = 27
```

Une interface à `gnuplot`

L'application libre `gnuplot` permet d'afficher des courbes. La fonction suivante est une interface d'appel qui permet d'afficher des données issues de fichiers :

```
import os

def plotFic(courbes):
    dem = open("_.dem", "w") # fichier réutilisé à chaque tracé
    dem.write("set grid\n")
    plot_data = ["'%s' with %s" % (c[0], c[1]) for c in courbes]
    dem.write("plot " + ','.join(plot_data))
    dem.write('\npause -1 "\'Entrée\' pour continuer"\n')
    dem.write("reset")
    dem.close()
    os.system("wgnuplot _.dem")
```

L'auto-test suivant illustre son utilisation :

```
if __name__ == '__main__':
    f, g, h = open("d1.dat", "w"), open("d2.dat", "w"), open("d3.dat", "
        w")

    for i in range(201):
        x = 0.1*i - 5.0
        y = x**3 - 20*x**2
        f.write("%g %g\n" %(x, y))
        y = x**3 - 30*x**2
        g.write("%g %g\n" %(x, y))
        y = x**3 - 40*x**2
```

```
      h.write("%g %g\n" %(x, y))
   h.close(); g.close(); f.close()
   plotFic([('d1.dat', 'points')])
   plotFic([('d1.dat', 'lines'), ('d2.dat', 'points'),
                                 ('d3.dat', 'lines')])
```

6.2 Bibliothèque standard

6.2.1 La bibliothèque standard

On dit souvent que Python est livré « piles comprises » (*batteries included*) tant sa bibliothèque standard, riche de plus de 200 packages et modules, répond aux problèmes courants les plus variés.

Ce survol présente quelques fonctionnalités utiles.

La gestion des chaînes

Le module `string` fournit des constantes comme `ascii_lowercase`, `digits`... et la classe `Formatter` qui peut être spécialisée en sous-classes spécialisées de *formateurs* de chaînes.

Le module `textwrap` est utilisé pour formater un texte : longueur de chaque ligne, contrôle de l'indentation.

Le module `struct` permet de convertir des nombres, booléens et des chaînes en leur représentation binaire afin de communiquer avec des bibliothèques de bas-niveau (souvent en C).

Le module `difflib` permet la comparaison de séquences et fournit des sorties au format standard « diff » ou en HTML.

Enfin on ne peut oublier le module `re` qui offre à Python la puissance des expressions régulières.

Exemple : le module `io.StringIO`

Ce module fournit des objets compatibles avec l'interface des objets fichiers.

Exemple de gestion ligne à ligne d'un fichier ou d'une chaîne avec la même fonction `scanner()` utilisant le même traitement :

```
def scanner(objet_fichier, gestionnaire_ligne):
   for ligne in objet_fichier:
      gestionnaire_ligne(ligne)

if __name__=='__main__':
   def premierMot(ligne): print(ligne.split()[0])

   fic = open("data.dat")
   scanner(fic, premierMot)

   import io
   chaine = io.StringIO("un\ndeux xxx\ntrois\n")
   scanner(chaine, premierMot)
```

La gestion de la ligne de commande

La gestion est assurée par deux modules : `getopt`, le module historique hérité du C et `optparse`, un module récent beaucoup plus puissant :

```
from optparse import OptionParser
parser = OptionParser()
parser.add_option("-f", "--file", dest="filename",
                  help="write report to FILE", metavar="FILE")
parser.add_option("-q", "--quiet",
                  action="store_false", dest="verbose", default=True,
                  help="don't print status messages to stdout")

(options, args) = parser.parse_args()
```

Les lignes de commande :

```
python 6_025.py -h
```

ou

```
python 6_025.py --help
```

produisent la même documentation :

```
Usage: 6_025.py [options]

Options:
  -h, --help       show this help message and exit
  -f FILE, --file=FILE write report to FILE
  -q, --quiet      don't print status messages to stdout
```

Bibliothèques mathématiques et types numériques

En standard, Python propose les modules `fraction` et `decimal` :

```
from fractions import Fraction
import decimal as d

print(Fraction(16, -10)) # -8/5
print(Fraction(123)) # 123
print(Fraction(' -3/7 ')) # -3/7
print(Fraction('-.125')) # -1/8
print(Fraction('7e-6')) # 7/1000000

d.getcontext().prec = 6
print(d.Decimal(1) / d.Decimal(7)) # 0.142857
d.getcontext().prec = 18
print(d.Decimal(1) / d.Decimal(7)) # 0.142857142857142857
```

En plus des bibliothèques `math` et `cmath` déjà vues, la bibliothèque `random` propose plusieurs fonctions de nombres aléatoires.

La gestion du temps et des dates

Les modules `calendar`, `time` et `datetime` fournissent les fonctions courantes de gestion du temps et des durées :

```
import calendar, datetime, time

moon_apollo11 = datetime.datetime(1969, 7, 20, 20, 17, 40)
print(moon_apollo11)
print(time.asctime(time.gmtime(0)))
# Thu Jan 01 00:00:00 1970 ("epoch" UNIX)

vendredi_precedent = datetime.date.today()
un_jour = datetime.timedelta(days=1)
while vendredi_precedent.weekday() != calendar.FRIDAY:
   vendredi_precedent -= un_jour
print(vendredi_precedent.strftime("%A, %d-%b-%Y"))
# Friday, 09-Oct-2009
```

Algorithmes et types de données `collection`

Le module `bisect` fournit des fonctions de recherche de séquences triées. Le module `array` propose un type semblable à la liste, mais plus rapide car de contenu homogène.

Le module `heapq` gère des *tas* dans lesquels l'élément d'index 0 est toujours le plus petit :

```
import heapq
import random

heap = []
for i in range(10):
   heapq.heappush(heap, random.randint(2, 9))

print(heap) # [2, 3, 5, 4, 6, 6, 7, 8, 7, 8]
```

À l'instar des structures C, Python propose désormais, via le module `collections`, la notion de type tuple nommé :

```
import collections

# description du type :
Point = collections.namedtuple("Point", "x y z")
# on instancie un point :
point = Point(1.2, 2.3, 3.4)
# on l'affiche :
print("point : [{}, {}, {}]"
   .format(point.x, point.y, point.z)) # point : [1.2, 2.3, 3.4]
```

Il est bien sûr possible d'avoir des tuples nommés emboîtés.

Le type `defaultdict` permet des utilisations avancées :

```
from collections import defaultdict

s = [('y', 1), ('b', 2), ('y', 3), ('b', 4), ('r', 1)]
d = defaultdict(list)
for k, v in s:
   d[k].append(v)
print(d.items())
# dict_items([('y', [1, 3]), ('r', [1]), ('b', [2, 4])])

s = 'mississippi'
```

```
d = defaultdict(int)
for k in s:
   d[k] += 1
print(d.items())
# dict_items([('i', 4), ('p', 2), ('s', 4), ('m', 1)])
```

Et tant d'autres domaines...

Beaucoup d'autres domaines pourraient être explorés :

- accès au système ;
- utilitaires fichiers ;
- programmation réseau ;
- persistance ;
- les fichiers XML ;
- la compression ;
- ...

6.3 Bibliothèques tierces

6.3.1 Une grande diversité

Outre les modules intégrés à la distribution standard de Python, on trouve des bibliothèques dans tous les domaines :

- scientifique ;
- bases de données ;
- tests fonctionnels et contrôle de qualité ;
- 3D ;
- ...

Le site pypi.python.org/pypi (*The Python Package Index*) recense des milliers de modules et de packages !

6.3.2 Un exemple : la bibliothèque `Unum`

Elle permet de calculer en tenant compte des unités du système S.I.

Voici un exemple de session interactive :

```
-- Welcome in Unum Calculator (ver 04.00) --
>>> d = 1609 * M
>>> t = 11.7 * S
>>> v = d/t
>>> v
137.521367521 [m/s]
>>> a = v/t
>>> a
11.753963036 [m/s2]
>>>
```

6.4 Packages

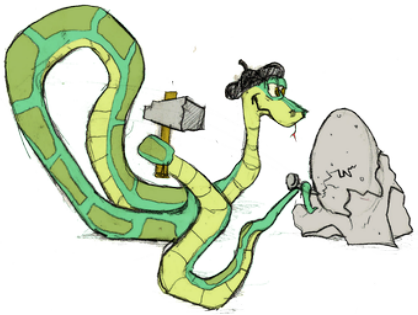
Définition

➥ Un *package* est un module contenant d'autres modules. Les modules d'un package peuvent être des *sous-packages*, ce qui donne une structure arborescente.

En résumé, un package est simplement un répertoire qui contient des modules et un fichier `__init__.py` décrivant l'arborescence du package.

Chapitre 7

La programmation Orientée Objet



La *Programmation Orientée Objet* :

- la *POO* permet de mieux modéliser la réalité en concevant des ensembles d'objets, les *classes*.
- Ces classes permettent de construire des *objets* interactifs entre eux et avec le monde extérieur.
- Les objets sont créés indépendamment les uns des autres, grâce à l'*encapsulation*, mécanisme qui permet d'embarquer leurs propriétés.
- Les classes permettent d'éviter au maximum l'emploi des variables globales.
- Enfin les classes offrent un moyen économique et puissant de construire de nouveaux objets à partir d'objets préexistants.

7.1 Insuffisance de l'approche procédurale

Un exemple

On veut représenter un cercle, ce qui nécessite au minimum trois informations, les coordonnées du centre et le rayon :

```
cercle = (11, 60, 8)
```

Mais comment interpréter ces trois données ?

```
cercle = (x, y, rayon)
# ou bien
cercle = (rayon, x, y)
```

Pour résoudre ce problème et améliorer la lisibilité, on peut utiliser des tuples nommés :

```
from collection import namedtuple

Cercle = namedtuple("Cercle", "x y rayon")
cercle = Cercle(11, 60, 8)
# exemple d'utilisation :
distance = distance_origine(cercle.x, cercle.y)
```

Par contre, il reste le problème des données invalides, ici un rayon négatif :

```
cercle = Cercle(11, 60, -8)
```

Si les cercles doivent changer de caractéristiques, il faut opter pour un type modifiable, liste ou dictionnaire ce qui ne règle toujours pas le problème des données invalides...

On a donc besoin d'un mécanisme pour empaqueter les données nécessaires pour représenter un cercle *et* pour empaqueter les méthodes applicables à ce nouveau type de données (la *classe*), de telle sorte que seules les opérations valides soient utilisables.

7.2 Terminologie

Le vocabulaire de la POO

Une classe est donc équivalente à un nouveau type de données. On connaît déjà par exemple `int` ou `str`.

Un objet ou une instance est un exemplaire particulier d'une classe. Par exemple `"truc"` est une instance de la classe `str`.

La plupart des classes encapsulent à la fois les données et les méthodes applicables aux objets. Par exemple un objet `str` contient une chaîne de caractères Unicode (les données) et de nombreuses méthodes comme `upper()`.

On pourrait définir un objet comme une *capsule*, à savoir un « paquet » contenant des attributs et des méthodes : **`objet = [attributs + méthodes]`**

Beaucoup de classes offrent des caractéristiques supplémentaires comme par exemple la concaténation des chaînes en utilisant simplement l'opérateur `+`. Ceci est obtenu grâce aux méthodes spéciales. Par exemple l'opérateur `+` est utilisable car on a redéfini la méthode `__add()__`.

Les objets ont généralement deux sortes d'attributs : les données nommées simplement attributs et les fonctions applicables appelées méthodes. Par exemple un objet de la classe `complex` possède :

- `.imag` et `.real`, ses attributs ;
- beaucoup de méthodes, comme `conjugate()` ;
- des méthodes spéciales : `+`, `-`, `/`...

Les attributs sont normalement implémentés comme des variables d'instance, particulières à chaque instance d'objet.

Le mécanisme de property permet un accès contrôlé aux données, ce qui permet de les valider et de les sécuriser.

Un avantage décisif de la POO est qu'une classe Python peut toujours être spécialisée en une classe fille qui hérite alors de tous les attributs (données et méthodes) de sa supper classe. Comme tous les attributs peuvent être redéfinis, une méthode de la classe fille et de la classe mère peut posséder le même nom mais effectuer des traitements différents (surcharge) et Python s'adaptera dynamiquement, dès l'affectation. En proposant d'utiliser un même nom de méthode pour plusieurs types d'objets différents, le polymorphisme permet une programmation beaucoup plus générique. Le développeur n'a pas à savoir, lorsqu'il programme une méthode, le type précis de l'objet sur lequel la méthode va s'appliquer. Il lui suffit de savoir que cet objet implémentera la méthode.

Enfin Python supporte également le *duck typing* : « s'il marche comme un canard et cancane comme un canard, alors c'est un canard ! ». Ce qui signifie que Python ne s'intéresse qu'au *comportement* des objets. Par exemple un objet fichier peut être créé par `open()` ou par une instance de `io.StringIO`. Les deux approches offrent la même API (interface de programmation), c'est-à-dire les mêmes méthodes.

7.3 Classes et instanciation d'objets

7.3.1 L'instruction `class`

Syntaxe

✎ Instruction composée : en-tête (avec *docstring*) + corps indenté :

```
class C:
    """Documentation de la classe."""
    x = 23
```

Dans cet exemple, `C` est le nom de la *classe* (qui commence conventionnellement par une majuscule), et `x` est un *attribut de classe*, local à `C`.

7.3.2 L'instanciation et ses attributs

- Les classes sont des *fabriques d'objets* : on construit d'abord l'usine avant de produire des objets !
- On instancie un objet (i.e. création, production depuis l'*usine*) en appelant le nom de sa classe :

```
a = C()      # a est un objet de la classe C
print(dir(a)) # affiche les attributs de l'objet a
print(a.x)   # affiche 23. x est un attribut de classe
a.x = 12     # modifie l'attribut d'instance (attention...)
print(C.x)   # 23, l'attribut de classe est inchangé
a.y = 44     # nouvel attribut d'instance

b = C()      # b est un autre objet de la classe C
print(b.x)   # 23. b connaît son attribut de classe, mais...
print(b.y)   # AttributeError: C instance has no attribute 'y'
```

7.3.3 Retour sur les espaces de noms

Tout comme les fonctions, les classes possèdent leurs espaces de noms :

- Chaque classe possède son propre espace de noms. Les variables qui en font partie sont appelées *attributs de classe*.
- Chaque objet instance (créé à partir d'une classe) obtient son propre espace de noms. Les variables qui en font partie sont appelées *attributs d'instance*.
- Les classes peuvent utiliser (mais pas modifier) les variables définies au niveau principal.
- Les instances peuvent utiliser (mais pas modifier) les variables définies au niveau de la classe et les variables définies au niveau principal.

Les espaces de noms sont implémentés par des *dictionnaires* pour les modules, les classes et les instances.

- **Noms non qualifiés** (exemple `dimension`) l'affectation crée ou change le nom dans la *portée* locale courante. Ils sont cherchés suivant la règle LGI.
- **Noms qualifiés** (exemple `dimension.hauteur`) l'affectation crée ou modifie l'attribut dans l'espace de noms de l'objet. Un attribut est cherché dans l'objet, puis dans toutes les classes dont l'objet dépend (mais pas dans les modules).

L'exemple suivant affiche le dictionnaire lié à la classe `C` puis la liste des attributs liés à une instance de `C` :

```
class C:
   x = 20

print(C.__dict__) # {'__dict__': <attribute '__dict__' of 'C' objects>,
    'x': 20, '__module__': '__main__', '__weakref__': <attribute '
   __weakref__' of 'C' objects>, '__doc__': None}
a = C()
print(dir(a))  # ['__class__', '__delattr__', '__dict__', '__doc__', '
   __getattribute__', '__hash__', '__init__', '__module__', '__new__',
    '__reduce__', '__reduce_ex__', '__repr__', '__setattr__', '__str__
   ', '__weakref__', 'x']
```

7.4 Méthodes

Syntaxe

✎ Une méthode s'écrit comme une fonction *du corps de la classe* avec un premier paramètre `self` obligatoire, où `self` représente l'objet sur lequel la méthode sera appliquée.

Autrement dit `self` est la *référence d'instance*.

```
class C:
   x = 23          # x et y : attributs de classe
   y = x + 5
   def affiche(self): # méthode affiche()
      self.z = 42 # attribut d'instance
      print(C.y)  # dans une méthode, on qualifie un attribut de classe
          ,
      print(self.z) # mais pas un attribut d'instance

ob = C()   # instanciation de l'objet ob
ob.affiche() # 28 42 (à l'appel, ob affecte self)
```

7.5 Méthodes spéciales

7.5.1 Les méthodes spéciales

Ces méthodes portent des noms pré-définis, précédés et suivis de deux caractères de soulignement.

Elles servent :

- à initialiser l'objet instancié ;
- à modifier son affichage ;
- à surcharger ses opérateurs ;
- ...

7.5.2 L'initialisateur

Lors de l'instanciation d'un objet, la méthode `__init__` est automatiquement invoquée. Elle permet d'effectuer toutes les initialisations nécessaires :

```
class C:
   def __init__(self, n):
      self.x = n  # initialisation de l'attribut d'instance x

une_instance = C(42) # paramètre obligatoire, affecté à n
print(une_instance.x) # 42
```

C'est une *procédure* automatiquement invoquée lors de l'instanciation : elle ne contient *jamais* l'instruction `return`.

7.5.3 Surcharge des opérateurs

La *surcharge* permet à un opérateur de posséder un sens différent suivant le type de leurs opérandes. Par exemple, l'opérateur + permet :

```
x = 7 + 9      # addition entière
s = 'ab' + 'cd' # concaténation
```

Python possède des méthodes de surcharge pour :

- tous les types (`__call__`, `__str__`, ...) ;
- les nombres (`__add__`, `__div__`, ...) ;
- les séquences (`__len__`, `__iter__`, ...).

Soient deux instances, *obj1* et *obj2*, les méthodes spéciales suivantes permettent d'effectuer les opérations arithmétiques courantes :

Nom	Méthode spéciale	Utilisation
opposé	`__neg__`	`-obj1`
addition	`__add__`	`obj1 + obj2`
soustraction	`__sub__`	`obj1 - obj2`
multiplication	`__mul__`	`obj1 * obj2`
division	`__div__`	`obj1 / obj2`
division entière	`__floordiv__`	`obj1 // obj2`

7.5.4 Exemple de surcharge

```
class Vecteur2D:
   def __init__(self, x, y):
      self.x = x
      self.y = y

   def __add__(self, autre): # addition vectorielle
      return Vecteur2D(self.x + autre.x, self.y + autre.y)

   def __str__(self):   # affichage d'un Vecteur2D
      return "Vecteur({:g}, {:g})" % (self.x, self.y)

v1 = Vecteur2D(1.2, 2.3)
v2 = Vecteur2D(3.4, 4.5)
```

```
print(v1 + v2)     # Vecteur(4.6, 6.8)
```

7.6 Héritage et polymorphisme

7.6.1 Héritage et polymorphisme

Définition

➥ L'*héritage* est le mécanisme qui permet de se servir d'une classe préexistante pour en créer une nouvelle qui possédera des fonctionnalités différentes ou supplémentaires.

Définition

➥ Le *polymorphisme* est la faculté pour une méthode portant le même nom mais appartenant à des classes distinctes héritées d'effectuer un travail différent. Cette propriété est acquise par la technique de la surcharge.

7.6.2 Exemple d'héritage et de polymorphisme

Dans l'exemple suivant, la classe `Carre` hérite de la classe `Rectangle`, et la méthode `__init__` est polymorphe :

```
class Rectangle:
   def __init__(self, longueur=30, largeur=15):
      self.L, self.l, self.nom = longueur, largeur, "rectangle"

class Carre(Rectangle):
   def __init__(self, cote=10):
      Rectangle.__init__(self, cote, cote)
      self.nom = "carré"

r = Rectangle()
print(r.nom) # 'rectangle'
c = Carre()
print(c.nom) # 'carré'
```

7.7 Retour sur l'exemple initial

7.7.1 La classe `Cercle` : conception

Nous allons tout d'abord concevoir une classe Point héritant de la classe mère `object`. Puis nous pourrons l'utiliser comme classe de base de la classe `Cercle`. Dans les schémas UML [1] ci-dessous, les attributs en italiques sont hérités, ceux en casse normale sont nouveaux et ceux en gras sont redéfinis (surchargés).

7.7.2 La classe `Cercle`

Voici le code de la classe `Point` :

```
class Point:

   def __init__(self, x=0, y=0):
```

1. *Unified Modeling Language* : notation graphique de conception objet.

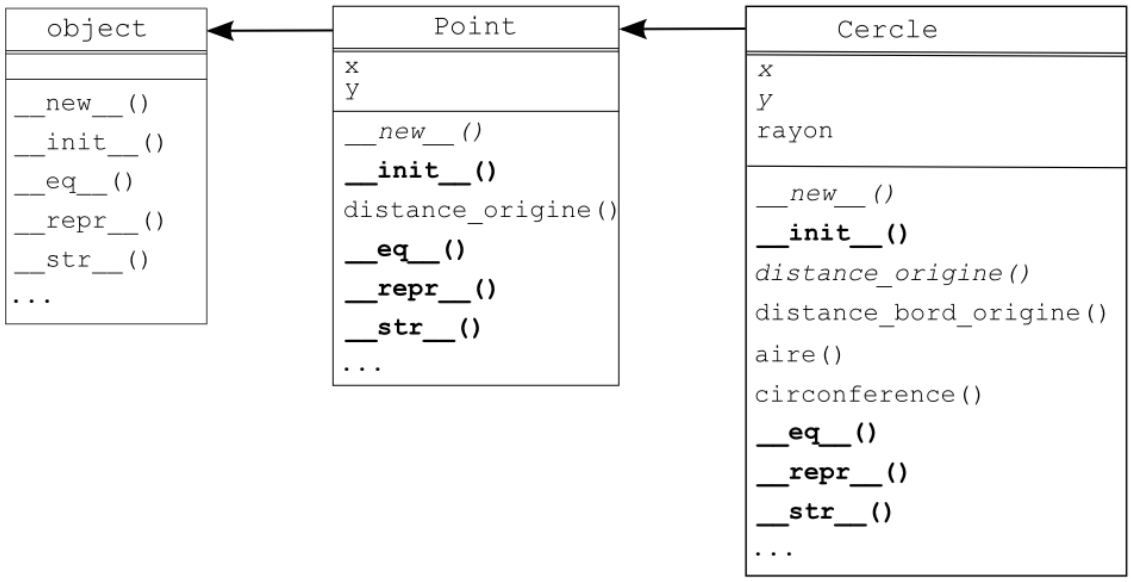


Figure 7.1 – Conception UML de la classe `Cercle`.

```
        self.x, self.y = x, y

    @property
    def distance_origine(self):
        return math.hypot(self.x, self.y)

    def __eq__(self, other):
        return self.x == other.x and self.y == other.y

    def __str__(self):
        return "({0.x!s}, {0.y!s})".format(self)
```

L'utilisation du décorateur `property` permet un accès en *lecture seule* au résultat de la méthode `distance_origine()` considérée alors comme un simple attribut (car il n'y a pas de parenthèse) :

```
if __name__ == "__main__":
    p1, p2 = Point(), Point(3, 4)
    print(p1 == p2)             # False
    print(p2, p2.distance_origine) # (3, 4) 5.0
```

De nouveau, les méthodes renvoyant un simple flottant seront utilisées comme des attributs grâce à `property` :

```
class Cercle(Point):
    def __init__(self, rayon, x=0, y=0):
        super().__init__(x, y)
        self.rayon = rayon

    @property
    def aire(self): return math.pi * (self.rayon ** 2)

    @property
    def circonference(self): return 2 * math.pi * self.rayon

    @property
    def distance_bord_origine(self):
```

```
        return abs(self.distance_origine - self.rayon)
```

Voici la syntaxe permettant d'utiliser la méthode rayon comme un attribut en *lecture-écriture*. Remarquez que la méthode `rayon()` retourne l'attribut protégé : `__rayon` qui sera modifié par le *setter* (la méthode modificatrice) :

```
    @property
    def rayon(self):
        return self.__rayon

    @rayon.setter
    def rayon(self, rayon):
        assert rayon > 0, "rayon strictement positif"
        self.__rayon = rayon
```

Exemple d'utilisation des instances de `Cercle` :

```
    def __eq__(self, other):
        return (self.rayon == other.rayon
                        and super().__eq__(other))

    def __str__(self):
        return ("{0.__class__.__name__}({0.rayon!s}, {0.x!s}, "
                "{0.y!s})".format(self))

if __name__ == "__main__":
    c1 = Cercle(2, 3, 4)
    print(c1, c1.aire, c1.circonference)
    # Cercle(2, 3, 4) 12.5663706144 12.5663706144
    print(c1.distance_bord_origine, c1.rayon) # 3.0 2
    c1.rayon = 1 # modification du rayon
    print(c1.distance_bord_origine, c1.rayon) # 4.0 1
```

7.8 Notion de Conception Orientée Objet

Suivant les relations que l'on va établir entre les objets de notre application, on peut concevoir nos classes de deux façons possibles :

- la composition qui repose sur la relation a-un ou sur la relation utilise-un ;
- la dérivation qui repose sur la relation est-un.

Bien sûr, ces deux conceptions peuvent cohabiter, et c'est souvent le cas !

7.8.1 Composition

Définition

➥ La composition est la collaboration de plusieurs classes distinctes via une *association* (utilise-un) ou une *agrégation* (a-un).

La classe composite bénéficie de l'ajout de fonctionnalités d'autres classes qui n'ont rien en commun.

L'implémentation Python utilisée est généralement l'instanciation de classes dans le constructeur de la classe composite.

Exemple

```
class Point:
   def __init__(self, x, y):
      self.px, self.py = x, y

class Segment:
   """Classe composite utilisant la classe distincte Point."""
   def __init__(self, x1, y1, x2, y2):
      self.orig = Point(x1, y1) # Segment "a-un" Point origine,
      self.extrem = Point(x2, y2) # et "a-un" Point extrémité

   def __str__(self):
      return ("Segment : [({:g}, {:g}), ({:g}, {:g})]"
         .format(self.orig.px, self.orig.py,
                  self.extrem.px, self.extrem.py))

s = Segment(1.0, 2.0, 3.0, 4.0)
print(s) # Segment : [(1, 2), (3, 4)]
```

7.8.2 Dérivation

Définition

➥ La dérivation décrit la création de sous-classes par spécialisation.

On utilise dans ce cas le mécanisme de l'*héritage*.

L'implémentation Python utilisée est généralement l'appel dans le constructeur de la classe dérivée du constructeur de la classe parente, soit nommément, soit grâce à l'instruction `super`.

Exemple

```
class Rectangle:
   def __init__(self, longueur=30, largeur=15):
      self.L, self.l, self.nom = longueur, largeur, "rectangle"

class Carre(Rectangle): # héritage simple
   """Sous-classe spécialisée de la super-classe Rectangle."""
   def __init__(self, cote=20):
      # appel au constructeur de la super-classe de Carre :
      super().__init__(cote, cote)
      self.nom = "carré" # surcharge d'attribut
```

Chapitre 8

Quelques Techniques avancées de programmation

Ce chapitre présente quelques exemples de techniques avancées dans les trois paradigmes que supporte Python, les programmations procédurale, objet et fonctionnelle.

8.1 Techniques procédurales

8.1.1 Améliorer la documentation

La fonction utilitaire `printApi()` [1] filtre les méthodes disponibles de `element`, et affiche les *docstrings* associés sous une forme plus lisible que `help()` :

```
def printApi(element):
   methods = [el for el in dir(element) if not el.startswith('_')]
   for meth in methods:
      print(getattr(element, meth).__doc__)

if __name__ == "__main__":
   printApi([])

"""
L.append(object) -- append object to end
L.count(value) -> integer -- return number of occurrences of value
L.extend(iterable) -- extend list by appending elements from the
   iterable
L.index(value, [start, [stop]]) -> integer -- return first index of
   value.
Raises ValueError if the value is not present.
L.insert(index, object) -- insert object before index
L.pop([index]) -> item -- remove and return item at index (default last
   ).
Raises IndexError if list is empty or index is out of range.
L.remove(value) -- remove first occurrence of value.
Raises ValueError if the value is not present.
```

1. Cf. [B6] p. 131

```
L.reverse() -- reverse *IN PLACE*
L.sort(cmp=None, key=None, reverse=False) -- stable sort *IN PLACE*;
cmp(x, y) -> -1, 0, 1
"""
```

8.1.2 Faire des menus avec un dictionnaire

On peut utiliser le couple `clé : valeur` d'un dictionnaire pour implémenter un menu, de la façon suivante :

- on donne à `cle` le nom d'un élément du menu ;
- la `valeur` correspondante est une référence : l'appel à une procédure sans argument.

L'exemple proposé est la programmation d'une queue *FIFO*, une structure de données illustrée par la file d'attente à un guichet : le premier arrivé est le premier servi.

Source du module de fonctions :

```
"""Module de gestion d'une queue FIFO."""

queue = [] # initialisation

def enQueue():
   queue.append(int(input("Entrez un entier : ")))

def deQueue():
   if len(queue) == 0:
      print("\nImpossible : la queue est vide !")
   else:
      print("\nElément '%d' supprimé" % queue.pop(0))

def afficheQueue():
   print("\nqueue :", queue)
```

Source du menu de gestion :

```
"""Implémentation d'une queue FIFO avec une liste.

  Un menu (utilisant un dictionnaire)
  appelle des procédures sans argument.
"""

# import
from queue_FIFO_menu_m import enQueue, deQueue, afficheQueue

# programme principal ------------------------------------------------
afficheQueue()

CMDs = {'a':enQueue, 'v':afficheQueue, 's':deQueue}

menu = """
(A)jouter
(V)oir
(S)upprimer
(Q)uitter

  Votre choix ? """

while True:
```

```
   while True:
      try:
         choix = input(menu).strip()[0].lower()
      except:
         choix = 'q'

      if choix not in 'avsq':
         print("Option invalide ! Réessayez")
      else:
         break

   if choix == 'q':
      print("\nAu revoir !")
      break
   CMDs[choix]()
```

8.1.3 Les fonctions récursives

Définition

➥ Une fonction récursive peut s'appeler elle-même.

Par exemple, trier un tableau de N éléments par ordre croissant c'est extraire le plus petit élément puis trier le tableau restant à $N-1$ éléments.

Bien que cette méthode soit souvent plus difficile à comprendre et à coder que la méthode classique dite *itérative*, elle est, dans certains cas, l'application la plus directe de sa définition mathématique.

Voici l'exemple classique de définition par récurrence de la fonction factorielle [1] :

$$n! = \begin{cases} 1 & \text{si} \quad n = 0 \\ n\,(n-1)! & \text{si} \quad n \geq 1 \end{cases}$$

Remarque

✓ Son code est *très exactement* calqué sur sa définition mathématique :

```
def factorielle(n):
   if n == 0:  # cas de base : condition terminale
      return 1
   else        # cas récursif
      return n*factorielle(n-1)
```

Dans cette définition, la valeur de $n!$ n'est pas connue tant que l'on n'a pas atteint la condition terminale (ici `n == 0`). Le programme *empile* les appels récursifs jusqu'à atteindre la condition terminale puis *dépile* les valeurs.

Ce mécanisme est illustré par la figure 8.1.

1. Par opposition à sa définition *itérative* : $n! = n\,(n-1)\,(n-2)\ldots \times 2 \times 1$.

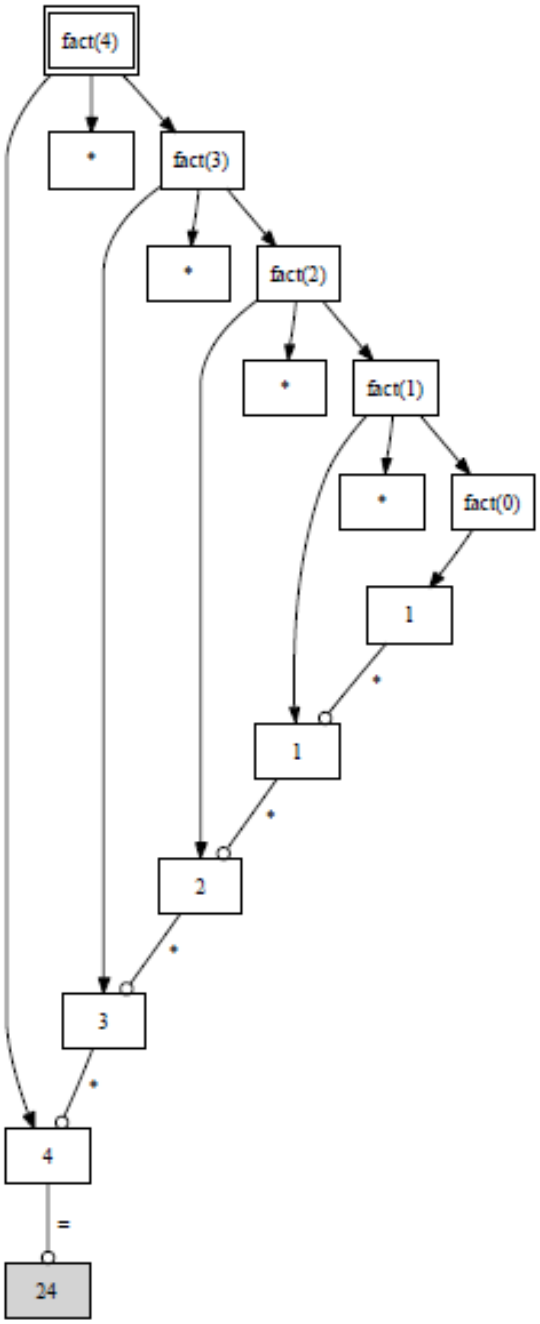


Figure 8.1 – Empilage/dépilage de 4 !

8.1.4 Les générateurs et les expressions génératrices

Les générateurs

Les générateurs fournissent un moyen de générer des *exécutions paresseuses*, ce qui signifie qu'elles ne calculent que les valeurs réellement demandées. Ceci peut s'avérer beaucoup plus efficace (en termes de mémoire) que le calcul, par exemple, d'une énorme liste en une seule fois.

Voici un exemple de générateur qui fournit autant de valeurs que demandées :

```
def quarters(next_quarter=0.0):
   while True:
      yield next_quarter
      next_quarter += 0.25

if __name__ == "__main__":
   result = []
   for x in quarters():
      result.append(x)
      if x == 1.0:
         break

   print("Liste résultante : ", result)
   # Liste résultante : [0.0, 0.25, 0.5, 0.75, 1.0]
```

Il est aussi possible de passer une initialisation au générateur :

```
# import
import sys

def quarters(next_quarter=0.0):
   while True:
      received = (yield next_quarter)
      if received is None:
         next_quarter += 0.25
      else:
         next_quarter += received

if __name__ == "__main__":
   result = []
   generator = quarters()
   while len(result) < 5:
      x = next(generator)
      if abs(x - 0.5) < sys.float_info.epsilon:
         x = generator.send(1.0) # réinitialise le générarteur
      result.append(x)

   print("Liste résultante : ", result)
   # Liste résultante : [0.0, 0.25, 1.5, 1.75, 2.0]
```

Les expressions génératrices

Syntaxe

✎ Une expression génératrice possède une syntaxe presque identique à celle des listes en intension ; la différence est qu'une expression génératrice est entourée de parenthèses.

Utilisation

Les expressions génératrices sont aux générateurs ce que les listes en intension sont aux fonctions.

8.1.5 Les fonctions incluses

La syntaxe de définition des fonctions en Python permet tout à fait d'*emboîter* leur définition. Distinguons deux cas d'emploi :

- Idiome de la fonction fabrique renvoyant une fermeture :

```
def creer_plus(ajout):
   """Fonction 'fabrique'."""
   def plus(increment):
      """Fonction 'fermeture' : utilise des noms locaux à
         creer_plus()."""
      return increment + ajout
   return plus

# Programme principal
   ------------------------------------------------
## création de deux fabriques distinctes
p = creer_plus(23)
q = creer_plus(42)
## utilisation
print("p(100) =", p(100))
print("q(100) =", q(100))
```

- Fonction fabrique renvoyant une classe :

```
# classes
class CasNormal(object):

   def uneMethode(self):
      print("normal")


class CasSpecial(object):

   def uneMethode(self):
      print("spécial")

# fonction
def casQuiConvient(estNormal=True):
   """Fonction fabrique renvoyant une classe."""
   return CasNormal() if estNormal else CasSpecial()

# Programme principal
   ------------------------------------------------
une_instance = casQuiConvient()
une_instance.uneMethode() # normal

autre_instance = casQuiConvient(False)
autre_instance.uneMethode() # spécial
```

8.1.6 Les décorateurs

Les décorateurs Python sont des fonctions qui permettent d'effectuer des prétraitements lors de l'appel d'une fonction, d'une méthode ou d'une classe.

Syntaxe

✎ Soit `deco()` un décorateur. Pour « décorer » une fonction on écrit :

```
@deco
def fonction(arg1, arg2, ...):
   pass
```

Cette écriture est équivalente à la composition de fonction :

```
def fonction(arg1, arg2, ...):
   pass

fonction = deco(fonction)

#-------------------------------------------------------------
# Exemple d'une fonction g multi-décorée
@f1 @f2 @f3
def g():
   pass
# Notation équivalente à : g = f1(f2(f3(g)))
```

Voici un exemple simple :

```
#!/usr/bin/python3
# -*- coding: utf-8 -*-

# fonctions
def unDecorateur(f):
   def _interne(*args, **kwargs):
      print("Fonction decorée !")
      return f(*args, **kwargs)

   return _interne

@unDecorateur
def uneFonction(a, b):
   return a + b

def autreFonction(a, b):
   return a + b


# programme principal ===============================================
## utilisation d'un décorateur
print(uneFonction(1, 2))
## utilisation de la composition de fonction
autreFonction = unDecorateur(autreFonction)
print(autreFonction(1, 2))

"""
Fonction decorée !
3
Fonction decorée !
3
"""
```

8.2 Techniques objets

Comme nous l'avons vu lors du chapitre précédent, Python est un langage complètement objet. Tous les types de base ou dérivés sont en réalité des types abstraits de données implémentés sous forme de classe. Toutes ces classes dérivent d'une unique classe de base, ancêtre de toutes les autres : la classe `object`.

8.2.1 `__slots__` et `__dict__`

Examinons le code suivant :

```
class Point:
   __slot__ = ("'x"', "'y"')
   def __init__(self, x=0, y=0):
      self.x = x
      self.y = y
```

Quand une classe est créée *sans* utiliser l'instruction `__slot__`, ce que nous avons fait jusqu'à maintenant, Python crée de manière transparente un dictionnaire privé appelé `__dict__` pour chaque instance de la classe, et ce dictionnaire contient les attributs de l'instance. Voici pourquoi il est possible d'ajouter ou de retirer des attributs d'un objet.

Mais si l'on se contente d'objets sur lesquels nous accédons aux attributs sans en ajouter ou en ôter, nous pouvons créer des classes sans dictionnaire privé, ce qui économisera de la mémoire à chaque instanciation. C'est ce qui est réalisé dans l'exemple ci-dessus en définissant un attribut de classe `__slot__` dont la valeur est un tuple formé des noms des attributs.

8.2.2 Functor

En Python un objet fonction ou *fonctor* est une référence à tout objet « appelable »[1] : fonction, fonction lambda, méthode, classe. La fonction prédéfinie `callable()` permet de tester cette propriété :

```
>>> def maFonction():
   print('Ceci est "appelable"')

>>> callable(maFonction)
True
>>> chaine = 'Ceci est "appelable"'
>>> callable(chaine)
False
```

Il est possible de transformer les instances d'une classe en functor si la méthode spéciale `__call__()` est définie dans la la classe :

```
>>> class A:
   def __call__(self, un , deux):
      return un + deux

>>> a = A()
>>> callable(a)
True
>>> a(1, 6)
7
```

1. *callable* en anglais.

8.2.3 Les accesseurs

Le problème de l'encapsulation

Dans le paradigme objet, l'état d'un objet est **privé**, les autres objets n'ont pas le droit de le consulter ou de le modifier.

Classiquement, on distingue les *visibilités* suivantes :
- publique ;
- protégée ;
- privée.

En Python, tous les attributs (données, méthodes) sont publics !

On peut néanmoins améliorer cet état de fait.

Une simple convention courante est d'utiliser des noms commençant par un souligné (_) pour signifier attribut protégé. Par exemple `_attrib`.

Mais Python n'oblige à rien, c'est au développeur de respecter la convention !

Python propose un mécanisme pour émuler les attribut privés (le *name mangling*) : les identifiants de la classe commencent par deux soulignés (__). Par exemple `__ident`. Cette protection reste déclarative et n'offre pas une sécurité absolue.

La solution `property`

Le principe de l'encapsulation est mis en œuvre par la notion de propriété.

Définition

➥ Une propriété (`property`) est un attribut d'instance possédant des fonctionnalités spéciales.

Deux syntaxes implémentent cette solution.

La première définit explicitement la propriété `x` et ses quatre paramètres (dans l'ordre) :

```
#!/usr/bin/python3
#-*- coding: utf-8 -*-
# fichier : property.py

class C:
   def __init__(self):
      self._ma_propriete = None

   def getx(self):
      """getter."""
      return self._x

   def setx(self, value):
      """setter."""
      self._x = value

   def delx(self):
      """deleter."""
      del self._x

   x = property(getx, setx, delx, "Je suis la propriété 'x'.")
```

```
# auto-test ==========================================================
if __name__ == '__main__':
   test = C()

   test.x = 10     # setter

   print(test.x)   # getter

   print(C.x.__doc__) # documentation

"""
10
Je suis la propriété 'x'.
"""
```

La seconde, plus simple, utilise la syntaxe des décorateurs. On remarque que la chaîne de documentation de la *property* est ici la *docstring* de la définition de la propriété `x` :

```
#!/usr/bin/python3
#-*- coding: utf-8 -*-
# fichier : property2.py

class C:
   def __init__(self):
      self._x = None

   @property
   def x(self):
      """Je suis la propriété 'x'."""
      return self._x

   @x.setter
   def x(self, value):
      self._x = value

   @x.deleter
   def x(self):
      del self._x


# auto-test ==========================================================
if __name__ == '__main__':
   test = C()

   test.x = 10     # setter

   print(test.x)   # getter

   print(C.x.__doc__) # documentation

"""
10
Je suis la propriété 'x'.
"""
```

8.3 Techniques fonctionnelles

8.3.1 Directive `lambda`

Issue de langages fonctionnels (comme Lisp), la directive `lambda` permet de définir un objet *fonction anonyme* dont le retour est limité à **une expression**.

Syntaxe

✎ `lambda` *`[parameters]`*`:expression`

Par exemple cette fonction retourne « s » si son argument est différent de 1, une chaîne vide sinon :

```
s = lambda x: "" if x == 1 else "s"
```

Autres exemples :

```
>>> def makeIncrementor(n):
    return lambda x: x+n

>>> f2 = makeIncrementor(2)
>>> f6 = makeIncrementor(6)
>>> print(f2(3), f6(3))
5 9
>>>
>>> L = [lambda x: x**2, lambda x: x**3, lambda x: x**4]
>>> for f in L:
    print(f(2), end=" ")


4 8 16
```

8.3.2 Les fonctions `map`, `filter` et `reduce`

La programmation fonctionnelle est un paradigme de programmation qui considère le calcul en tant qu'évaluation de fonctions mathématiques et rejette le changement d'état et la mutation des données. Elle souligne l'application des fonctions, contrairement au modèle de programmation impérative qui met en avant les changements d'état [1].

Le paradigme fonctionnel n'utilise pas de machine d'états pour décrire un programme, mais un emboîtement de fonctions que l'on peut voir comme des « boîtes noires » que l'on peut imbriquer les unes dans les autres. Chaque boîte possédant plusieurs paramètres en entrée mais une seule sortie, elle ne peut sortir qu'une seule valeur possible pour chaque n-uplet de valeurs présentées en entrée. Ainsi, les fonctions n'introduisent pas d'effets de bord. Un programme est donc une application, au sens mathématique, qui ne donne qu'un seul résultat pour chaque ensemble de valeurs en entrée [2].

La programmation fonctionnelle repose sur trois concepts : *mapping*, *filtering* et *reducing* qui sont implémentés en Python par trois fonctions : `map()`, `filter()` et `reduce()`.

La fonction `map()` :

`map()` applique une fonction à chaque élément d'une séquence et retourne un itérateur :

1. Cf. Wikipedia
2. Idem

```
>>> def renvoiTitres(element):
    return element.title()

>>> map(renvoiTitres, ['fiat lux', "lord of the fly"])
['Fiat Lux', 'Lord Of The Fly']
>>>
>>> [element.title() for element in ['fiat lux', "lord of the fly"]]
['Fiat Lux', 'Lord Of The Fly']
```

On remarque que `map()` peut être remplacée par une liste en intension.

La fonction `filter()` :

`filter()` construit et renvoie un itérateur sur une liste qui contient tous les éléments de la séquence initiale répondant au critère :
`function(element) == True:`

```
>>> filter(lambda x: x > 0, [1, -2, 3, -4])
[1, 3]
>>>
>>> [x for x in [1, -2, 3, -4] if x > 0]
[1, 3]
```

On remarque que `filter()` peut être remplacée par une liste en intension avec un test.

La fonction `reduce()` :

`reduce()` est une fonction du module `functools`. Elle applique de façon cumulative une fonction de deux arguments aux éléments d'une séquence, de gauche à droite, de façon à réduire cette séquence à une seule valeur qu'elle renvoie :

```
>>> def somme(x, y):
    print x, '+', y
    return x + y

>>> reduce(somme, [1, 2, 3, 4])
1 + 2
3 + 3
6 + 4
10
>>>
>>> sum([1, 2, 3, 4])
10
```

On remarque que `reduce()` peut être remplacée par une des fonctions suivantes : `all()`, `any()`, `max()`, `min()` ou `sum()`.

8.3.3 Les applications partielles de fonctions

Issue de la programmation fonctionnelle, une PFA (application partielle de fonction) de n paramètres prend le premier argument comme paramètre fixe et retourne un objet fonction (ou instance) utilisant les n-1 arguments restants.

Exemple simple :

```
>>> from functools import partial
>>> baseTwo = partial(int, base=2)
>>> baseTwo('10010')
18
```

Les PFA sont très utiles pour fournir des modèles partiels de widgets, qui ont souvent de nombreux paramètres. Dans l'exemple suivant, on redéfinit la classe `Button` en fixant certains de ses attributs (qui peuvent toujours être surchargés) :

```
from functools import partial
import tkinter as tk

root = tk.Tk()
# instanciation partielle de classe :
MonBouton = partial(tk.Button, root, fg='purple', bg='green')
MonBouton(text="Bouton 1").pack()
MonBouton(text="Bouton 2").pack()
MonBouton(text="QUITTER", bg='red', fg='black',
        command=root.quit).pack(fill=tk.X, expand=True)
root.title("PFA !")
root.mainloop()
```

Ce résultat est illustré par la figure 8.2.

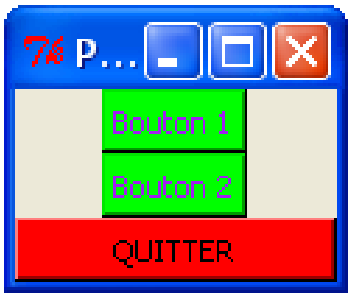
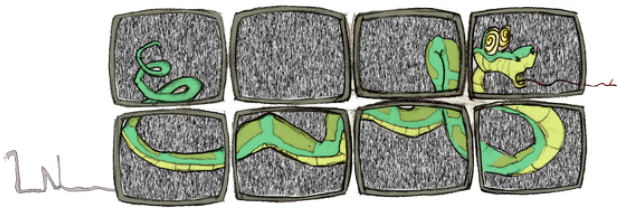


Figure 8.2 – Application partielle d'un widget

Chapitre 9

La programmation « OO » graphique

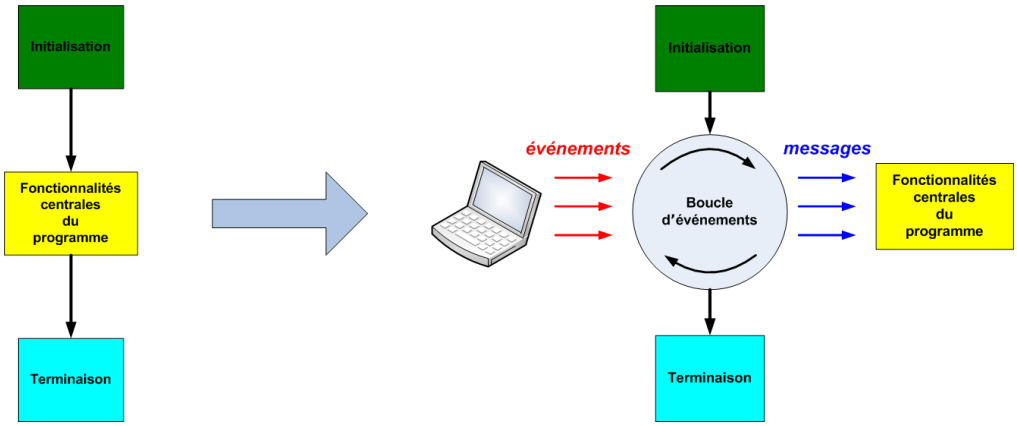


Très utilisée dans les systèmes d'exploitation et dans les applications, les *interfaces graphiques* sont programmables en Python.

Parmi les différentes bibliothèques graphiques utilisables dans Python (`GTK+`, `wxPython`, `Qt`...), la bibliothèque `tkinter`, issue du langage `tcl/Tk` est très employée, car elle est installée de base dans toute les distributions Python. `tkinter` facilite la construction d'interfaces graphiques simples. Après avoir importé la bibliothèque, la méthode consiste à créer, configurer et positionner les widgets utilisés, à coder les fonctions/méthodes associées aux widgets, puis d'entrer dans la boucle principale de gestion des événements.

9.1 Programmes pilotés par des événements

En programmation graphique objet, on remplace le déroulement *séquentiel* du script par une boucle d'événements (cf. Fig. 9.1)



(a) Programmation séquentielle (b) Boucle d'événements

Figure 9.1 – Deux styles de programmation.

9.2 La bibliothèque `tkinter`

9.2.1 Présentation

C'est une bibliothèque assez simple qui provient de l'extention graphique, `Tk`, du langage `Tcl` développé en 1988 par John K. Ousterhout de l'Université de Berkeley. Cette extention a largement essaimé hors de `Tcl/Tk` et on peut l'utiliser en Perl, Python, Ruby, etc. Dans le cas de Python, l'exension a été renommée `tkinter`.

Parallèlement à `Tk`, des extensions ont été développées dont certaines sont utilisées en Python. Par exemple le module standard `Tix` met une quarantaine de widgets à la disposition du développeur.

De son côté, le langage `Tcl/Tk` a largement évolué. La version 8.5 actuelle offre une bibliothèque appelée `Ttk` qui permet d'« habiller » les widgets avec différents thèmes ou styles. Ce module est également disponible en Python 3.1.1.

Un exemple `tkinter` simple (cf. Fig. 9.2)

```
import tkinter

widget = tkinter.Label(None, text='Bonjour monde graphique !')
widget.pack()  # positionnement du label
widget.mainloop() # lancement de la boucle d'événements
```

Figure 9.2 – Un exemple simple

9.2.2 Les widgets de `tkinter`

Définition

➥ On appelle widget, mot valise, contraction de window et gadget, les composants graphiques de base d'une bibliothèque.

Liste des principaux widgets de tkinter :

Tk fenêtre de plus haut niveau

Frame contenant pour organiser d'autres widgets

Label zone de message

Button bouton avec texte ou image

Message zone d'affichage multi-lignes

Entry zone de saisie

Checkbutton bouton à deux états

Radiobutton bouton à deux états exclusifs

Scale glissière à plusieurs positions

PhotoImage sert à placer des images sur des widgets

BitmapImage sert à placer des *bitmaps* sur des widgets

Menu associé à un `Menubutton`

Menubutton bouton ouvrant un menu d'options

Scrollbar ascenseur

Listbox liste de noms à sélectionner

Text édition de texte multi-lignes

Canvas zone de dessins graphiques ou de photos

OptionMenu liste déroulante

ScrolledText widget `Text` avec ascenseur

PanedWindow interface à onglets

LabelFrame contenant avec un cadre et un titre

Spinbox un widget de sélection multiple

9.2.3 Le positionnement des widgets

`tkinter` possède trois gestionnaires de positionnement :

Le packer : dimensionne et place chaque widget dans un widget conteneur selon l'espace requis par chacun d'eux.

Le gridder : dimensionne et positionne chaque widget dans les cellules d'un tableau d'un widget conteneur.

Le placer : dimensionne et place chaque widget `w` dans un widget conteneur exactement selon ce que demande `w`. C'est un placement absolu (usage peu fréquent).

9.3 Deux exemples

9.3.1 `tkPhone`, un exemple sans menu

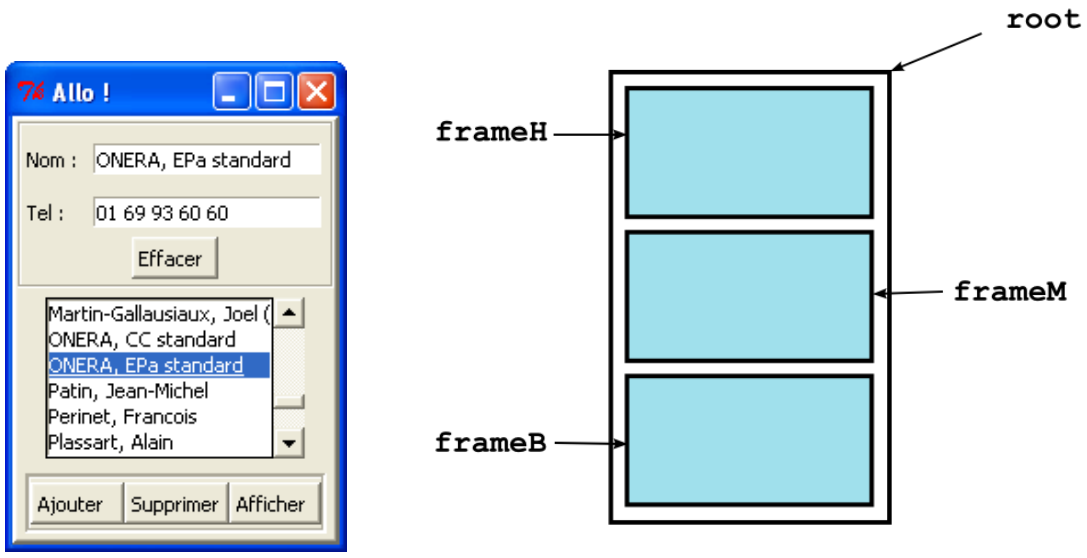
Il s'agit de créer un script de gestion d'un carnet téléphonique. L'aspect de l'application est illustré Fig. 9.3

Conception graphique

La conception graphique va nous aider à choisir les bons widgets.
Tout d'abord, il est naturel de distinguer trois zones :

1. la zone supérieure, dédiée à l'affichage ;
2. la zone médiane est une liste alphabétique ordonnée ;
3. la zone inférieure est formée de boutons de gestion de la liste ci-dessus.

Chacune de ces zones est codée par une instance de `Frame()`, positionnée l'une sous l'autre grâce au `packer`, et toutes trois incluses dans une instance de `Tk()` (cf. conception Fig. 9.3).



(a) L'interface graphique.

(b) La conception graphique.

Figure 9.3 – tkPhone.

Le code de l'interface graphique

Afin de ne pas mélanger les problèmes, on se propose la méthodologie suivante :

Remarque

✓ Séparer le codage de l'interface graphique et celui des *callbacks*.

Voici dans un premier temps le code de l'interface graphique. L'initialisateur crée un attribut `phoneList`, une liste qu'il remplit avec le contenu du fichier contenant les données (si le fichier n'existe pas il est créé), crée la fenêtre de base `root` et appelle la méthode `makeWidgets()`.

Cette méthode, suit la conception graphique et remplit chacun des trois *frames*.

Les *callbacks* sont vides (instruction `pass` minimale).

Comme tout bon module, un auto-test permet de vérifier le bon fonctionnement (ici le bon aspect) de l'interface :

```
import tkinter as tk

# class
class Allo_IHM(object):
   """IHM de l'application 'répertoire téléphonique'."""
   def __init__(self, fic):
      """Initialisateur/lanceur de la fenêtre de base"""
      self.phoneList = []
      self.fic = fic
      f = open(fic)
      try:
         for line in f:
            self.phoneList.append(line[: -1].split('*'))
      except:  # création du fichier de répertoire
         f = open(self.fic, "w")
      finally:
         f.close()
      self.phoneList.sort()
```

```
        self.root = tk.Tk()
        self.root.title("Allo !")
        self.root.config(relief=tk.RAISED, bd=3)
        self.makeWidgets()
        self.root.mainloop()

    def makeWidgets(self):
        "Configure et positionne les widgets"
        # frame "saisie" (en haut avec bouton d'effacement)
        frameH = tk.Frame(self.root, relief=tk.GROOVE, bd=2)
        frameH.pack()

        tk.Label(frameH, text="Nom :").grid(row=0, column=0, sticky=tk.W)
        self.nameEnt = tk.Entry(frameH)
        self.nameEnt.grid(row=0, column=1, sticky=tk.W, padx=5, pady=10)

        tk.Label(frameH, text="Tel :").grid(row=1, column=0, sticky=tk.W)
        self.phoneEnt = tk.Entry(frameH)
        self.phoneEnt.grid(row=1, column=1, sticky=tk.W, padx=5, pady=2)

        b = tk.Button(frameH, text="Effacer ", command=self.clear)
        b.grid(row=2, column=0, columnspan=2, pady=3)

        # frame "liste" (au milieu)
        frameM = tk.Frame(self.root)
        frameM.pack()

        self.scroll = tk.Scrollbar(frameM)
        self.select = tk.Listbox(frameM, yscrollcommand=self.scroll.set,
            height=6)
        self.scroll.config(command=self.select.yview)
        self.scroll.pack(side=tk.RIGHT, fill=tk.Y, pady=5)
        self.select.pack(side=tk.LEFT, fill=tk.BOTH, expand=1, pady=5)
        ## remplissage de la Listbox
        for i in self.phoneList:
            self.select.insert(tk.END, i[0])
        self.select.bind("<Double-Button-1>", lambda event: self.afficher
            (event))

        # frame "boutons" (en bas)
        frameB = tk.Frame(self.root, relief=tk.GROOVE, bd=3)
        frameB.pack(pady=3)

        b1 = tk.Button(frameB, text="Ajouter ", command=self.ajouter)
        b2 = tk.Button(frameB, text="Supprimer", command=self.supprimer)
        b3 = tk.Button(frameB, text="Afficher ", command=self.afficher)
        b1.pack(side=tk.LEFT, pady=2)
        b2.pack(side=tk.LEFT, pady=2)
        b3.pack(side=tk.LEFT, pady=2)

    def ajouter(self):
        pass

    def supprimer(self):
        pass

    def afficher(self, event=None):
        pass
```

```
   def clear(self):
      pass

# auto-test ------------------------------------------------------------
if __name__ == '__main__':
   app = Allo_IHM('phones.txt') # instancie l'IHM
```

Le code de l'application

On va maintenant utiliser le module de la façon suivante :

- On importe la classe `Allo_IHM` depuis le module précédent ;
- on crée une classe `Allo` qui en dérive ;
- son initialisateur appelle l'initialisateur de la classe de base pour hériter de toutes ses caractéristiques ;
- il reste à surcharger les callbacks.

Enfin, le script instancie l'application.

```
# imports
import tkinter as tk
from tkPhone_IHM import Allo_IHM

# classes
class Allo(Allo_IHM):
   """Répertoire téléphonique."""
   def __init__(self, fic='phones.txt'):
      "Constructeur de l'IHM."
      Allo_IHM.__init__(self, fic)

   def ajouter(self):
      # maj de la liste
      ajout = ["", ""]
      ajout[0] = self.nameEnt.get()
      ajout[1] = self.phoneEnt.get()
      if (ajout[0] == "") or (ajout[1] == ""):
         return
      self.phoneList.append(ajout)
      self.phoneList.sort()
      # maj de la listebox
      self.select.delete(0, tk.END)
      for i in self.phoneList:
         self.select.insert(tk.END, i[0])
      self.clear()
      self.nameEnt.focus()
      # maj du fichier
      f = open(self.fic, "a")
      f.write("%s*%s\n" % (ajout[0], ajout[1]))
      f.close()

   def supprimer(self):
      self.clear()
      # maj de la liste
      retrait = ["", ""]
      retrait[0], retrait[1] = self.phoneList[int(self.select.
         curselection()[0])]
```

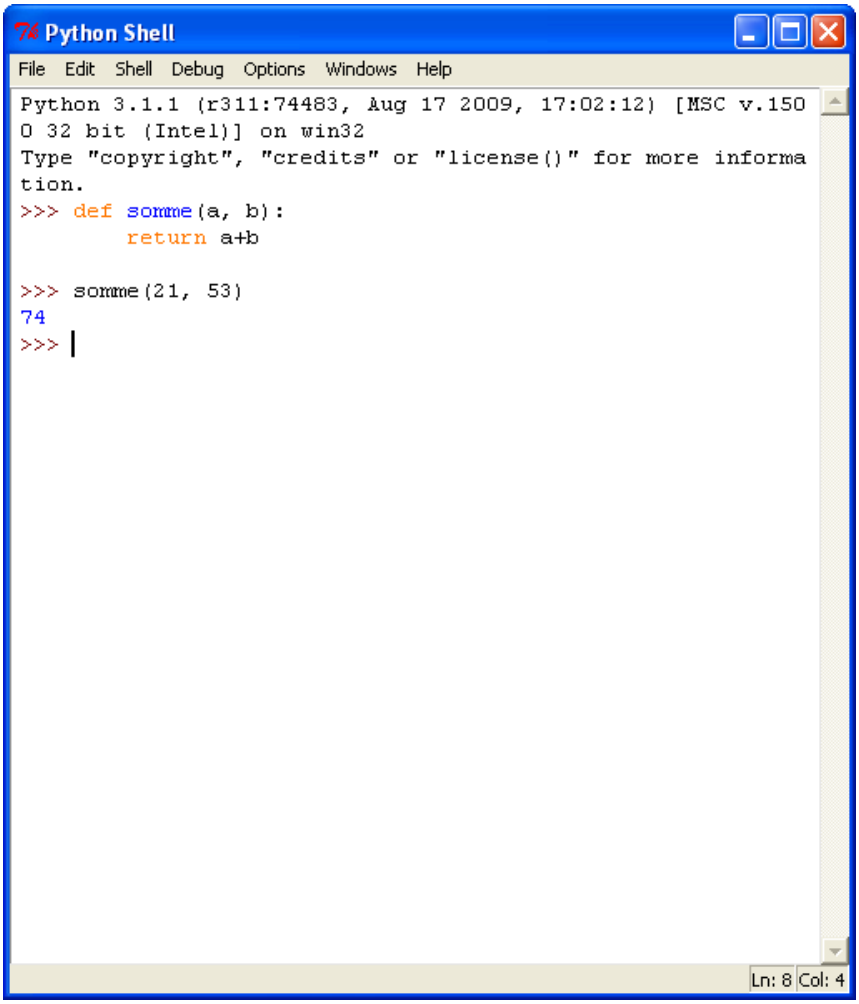
```
      self.phoneList.remove(retrait)
      # maj de la listebox
      self.select.delete(0, tk.END)
      for i in self.phoneList:
         self.select.insert(tk.END, i[0])
      # maj du fichier
      f = open(self.fic, "w")
      for i in self.phoneList:
         f.write("%s*%s\n" % (i[0], i[1]))
      f.close()

   def afficher(self, event=None):
      self.clear()
      name, phone = self.phoneList[int(self.select.curselection()[0])]
      self.nameEnt.insert(0, name)
      self.phoneEnt.insert(0, phone)

   def clear(self):
      self.nameEnt.delete(0, tk.END)
      self.phoneEnt.delete(0, tk.END)

# programme principal
   ----------------------------------------------------
app = Allo() # instancie l'application
```

9.3.2 IDLE, un exemple avec menu

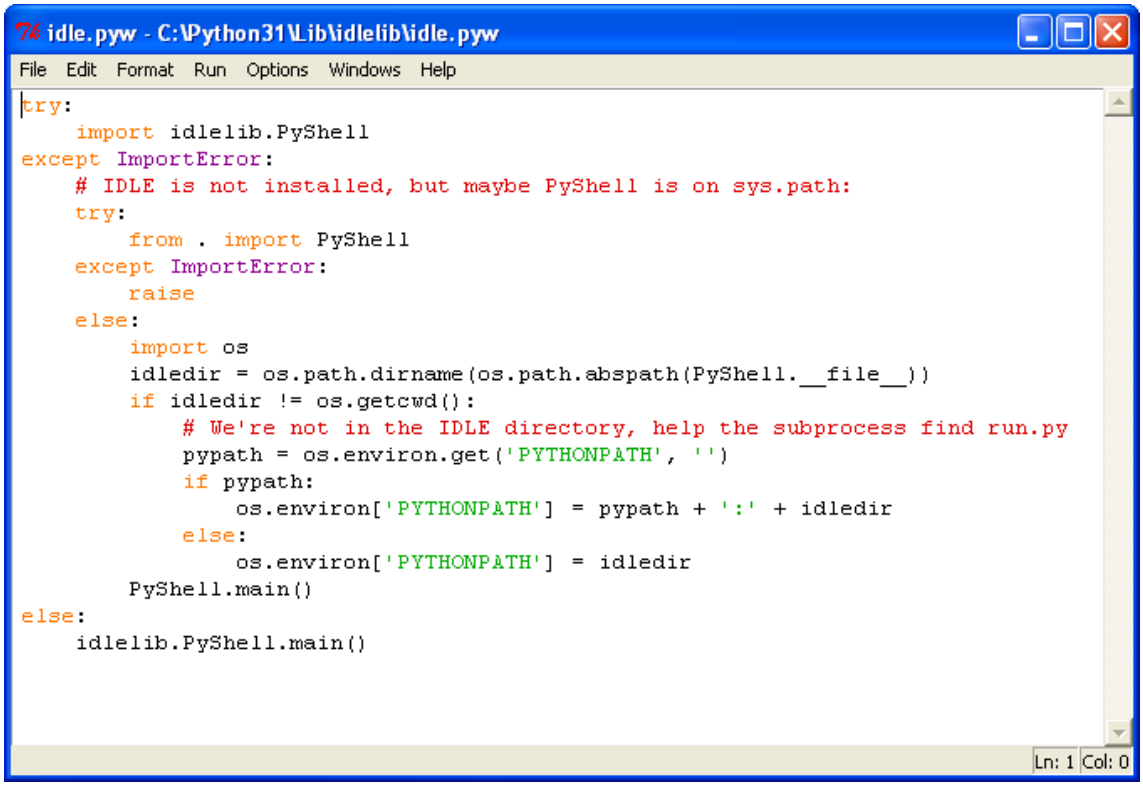
Toutes les distributions Python comporte l'application IDLE, l'interpréteur/éditeur écrit en Python [1]. Cette application se présente sous l'aspect d'une interface graphique complète (cf Fig. 9.4), avec menu.

C'est un source Python dont le code est disponible [2] et constitue à lui seul un cours complet à tkinter.

1. Dans certaines distributions linux, IDLE est un package particulier.
2. Mais il est trop volumineux pour être reproduit dans ces notes...



(a) L'interpréteur d'IDLE



(b) L'éditeur d'IDLE

Figure 9.4 – IDLE.

Chapitre 10

Notion de développement agile

Le développement « agile » est un style de développement logiciel itératif, davantage centré sur les personnes que sur les méthodes, et qui met l'accent sur la satisfaction du client à travers l'intégration continue d'un logiciel entièrement fonctionnel.

Le « Manifeste Agile » est un texte rédigé en 2001 par 17 experts reconnus pour leurs apports respectifs au développement d'applications informatiques sous la forme de plusieurs méthodes dont les plus connues sont l'*eXtreme Programming* et *Scrum*.

Cette philosophie couvre l'ensemble du cycle de développement du projet, mais nous nous limiterons ici aux problèmes de la documentation et des tests.

10.1 Les tests

Dès lors qu'un programme dépasse le stade du petit script, le problème des erreurs et donc des tests se pose inévitablement.

Définition

➥ Un test consiste à appeler la fonctionnalité spécifiée dans la documentation, avec un scénario qui correspond à un cas d'utilisation, et à vérifier que cette fonctionnalité se comporte comme prévu.

Méthode

Dans la philosophie du « développement agile », les tests sont écrits en même temps que le code, voire juste avant. On parle de DDT, Développement Dirigé par les Tests (ou TDD, *Test Driven Developpement*).

10.1.1 Tests unitaires et tests fonctionnels

On distingue deux familles de test :

Tests unitaires : validations isolées du fonctionnement d'une classe, d'une méthode ou d'une fonction.

Par convention, chaque module est associé à un module de tests unitaires, placé dans un répertoire `tests` du paquet. Par exemple, un module nommé `calculs.py` aura un module de tests nommé `tests/test_calculs.py`

Tests fonctionnels : prennent l'application complète comme une « boîte noire » et la manipulent comme le ferait l'utilisateur final. Ces tests doivent passer par les mêmes interfaces que celles fournies aux utilisateurs, c'est pourquoi ils sont spécifiques à la nature de l'application et plus délicats à mettre en œuvre.

On peut citer les projets :

- **Mechanize** : fournit des objets Python sans IHM qui bouchonnent un navigateur Web ;
- **Selenium** : tests fonctionnels pour les applications Web dans un véritable navigateur ;
- **guitest** : teste les applications GTK ;
- **FunkLoad** offre un système de benchmark et de reporting étendu.

10.1.2 Le développement dirigé par les tests

Le module Python `unittest` fournit l'outil `PyUnit`, outil que l'on retrouve dans d'autres langages : `JUnit` (Java), `NUnit` (.Net), `JSUnit` (Javascript), tous dérivés d'un outil initialement développé pour le langage SmallTalk : `SUnit`.

`PyUnit` propose une classe de base, `TestCase`. Chaque méthode implémentée dans une classe dérivée de `TestCase`, et préfixée de `test_`, sera considérée comme un test unitaire [1] :

```
"""Module de calculs."""

# fonctions
def moyenne(*args):
   """Renvoie la moyenne."""
   length = len (args)
   sum = 0
   for arg in args:
      sum += arg
   return sum/length

def division(a, b):
   """Renvoie la division."""
   return a/b
```

```
"""Module de test du module de calculs."""

# imports
import unittest
import os
import sys

dirName = os.path.dirname(__file__)
if dirName == '':
```

1. Cf. [B6] p. 131

```
   dirName = '.'
dirName = os.path.realpath(dirName)
upDir = os.path.split(dirName)[0]
if upDir not in sys.path:
   sys.path.append(upDir)

from calculs import moyenne, division

# classes
class CalculTest(unittest.TestCase):

   def test_moyenne(self):
      self.assertEquals(moyenne(1, 2, 3), 2)
      self.assertEquals(moyenne(2, 4, 6), 4)

   def test_division(self):
      self.assertEquals(division(10, 5), 2)
      self.assertRaises(ZeroDivisionError, division, 10, 0)

def test_suite():
   tests = [unittest.makeSuite(CalculTest)]
   return unittest.TestSuite(tests)

if __name__ == '__main__':
   unittest.main()
```

Pour effectuer une « campagne de tests », il reste à créer un script qui :

- recherche tous les modules de test : leurs noms commencent par `test_` et ils sont contenus dans un répertoire `tests` ;
- récupère la `suite`, renvoyée par la fonction globale `test_suite` ;
- crée une suite de suites et lance la campagne.

10.2 La documentation

Durant la vie d'un projet, on distingue plusieurs types de documentation :

- les documents de spécification (*upstream documentation*) ;
- les documents techniques attachés au code (*mainstream documentation*) ;
- les manuels d'utilisation et autres documents de haut niveau (*downstream documentation*).

Les documents *mainstream* évoluent au rythme du code et doivent donc être traités comme lui : ils doivent pouvoir être lus et manipulés avec un simple éditeur de texte.

Il existe deux outils majeurs pour concevoir des documents pour les applications Python :

le reStructuredText (ou reST) : un format enrichi ;

les doctests : compatibles avec le format `reST`. Ils permettent de combiner les textes applicatifs avec les tests.

10.2.1 Le format reST

Le format `reStructuredText`, communément appelé `reST` est un système de balises utilisé pour formater des textes.

À la différence de LaTeX il enrichit le document de manière « non intrusive », c'est-à-dire que les fichiers restent directement lisibles.

Le projet `docutils`, qui inclut l'interpréteur `reST`, fournit un jeu d'utilitaires :

`rst2html` génère un rendu html avec une css intégrée ;

`rst2latex` crée un fichier LaTeX équivalent ;

`rst2s5` construit une présentation au format s5, qui permet de créer des présentations interactives en HTML.

Voici un exemple simple [1] de ficier texte au format reST.

On remarque entre autres que :

- la principale balise est la **ligne blanche** qui sépare les différentes structures du texte ;
- la structuration se fait en soulignant les titres des sections de différents niveaux avec des caractères de ponctuation (= - _ : , etc.). À chaque fois qu'il rencontre un texte ainsi souligné, l'interpréteur associe le caractère utilisé à un niveau de section ;
- un titre est généralement souligné et surligné avec le même caractère, comme dans l'exemple suivant :

```
======================
Fichier au format reST
======================

Section 1
=========

On est dans la section 1.

Sous-section
::::::::::::

Ceci est une sous-section.

Sous-sous-section
.................

Ceci est une sous-sous-section.

.. et ceci un commentaire

Section 2
=========

La section 2 est ‘‘beaucoup plus‘‘ **intéressante** que la section 1.

Section 3
=========

La section 2 est un peu vantarde : la section 1 est *très bien*.

---------------

Un tableau de trois images au format "png"
::::::::::::::::::::::::::::::::::::::::
```

1. Cf. [B6] p. 131

```
======= ======= =======
Image 1 Image 2 Image 3
======= ======= =======
|shamr| |elysT| |helen|
======= ======= =======

.. |shamr| image:: shamr.png
.. |elysT| image:: elysT.png
.. |helen| image:: helen.png
```

L'utilitaire `rst2html`, appliqué à ce fichier, produit le fichier de même nom mais avec l'extention `.html` (cf. Fig. 10.1).

Fichier au format reST

Section 1

On est dans la section 1.

Sous-section

Ceci est une sous-section.

Sous-sous-section

Ceci est une sous-sous-section.

Section 2

La section 2 est `beaucoup plus` **intéressante** que la section 1.

Section 3

La section 2 est un peu vantarde : la section 1 est *très bien*.

Test d'un tableau d'images en format "png"

Image 1	Image 2	Image 3
		

Figure 10.1 – exemple de sortie au format HTML.

10.2.2 Le module `doctest`

Le principe du *literate programming* de Donald Knuth, le créateur de LaTeX, a été repris en Python pour documenter les API via les chaînes de documentation. Des programmes comme `Epydoc` peuvent alors les extraire des modules pour composer une documentation.

Il est possible d'aller plus loin et d'inclure dans les chaînes de documentation des exemples d'utilisation, écrits sous la forme de session interactive.

Examinons trois exemples.

Pour chacun, nous donnerons d'une part le source muni de sa chaîne de documentation dans lequel le module standard `doctest` permet d'extraire puis de lancer ces sessions pour vérifier qu'elles fonctionnent et, d'autre part une capture d'écran de l'exécution.

Premier exemple : `doctest1.py`

```
"""Module d'essai de doctest."""

# import
import doctest

# fonctions
def somme(a, b):
    """Renvoie a + b.

    >>> somme(2, 2)
    4
    >>> somme(2, 4)
    6
    """
    return a+b

if __name__ == '__main__':
    print("{:-^40}".format(" Mode silencieux "))
    doctest.testmod()
    print("Si tout va bien, on a rien vu !")
    input()
    print("{:-^40}".format(" Mode détaillé "))
    doctest.testmod(verbose=True)
```

L'exécution de ce fichier est illustré Fig. 10.2.

Deuxième exemple : `doctest2.py`

```
"""Module d'essai de doctest."""

# fonctions
def accentEtrange(texte):
    """Ajoute un accent étrange à un texte.

    Les 'r' sont Triplés, les 'e' suivi d'un 'u'

    Exemple :

    >>> texte = "Est-ce que tu as regardé la télé hier soir ? Il y avait
        un théma sur les ramasseurs d'escargots en Laponie, ils en
       bavent..."
```

```
---------- Mode silencieux ------------
Si tout va bien, on a rien vu !

------------ Mode détaillé -------------
Trying:
    somme(2, 2)
Expecting:
    4
ok
Trying:
    somme(2, 4)
Expecting:
    6
ok
1 items had no tests:
    __main__
1 items passed all tests:
   2 tests in __main__.somme
2 tests in 2 items.
2 passed and 0 failed.
Test passed.
```

Figure 10.2 – Exécution du script `doctest1.py`.

```
   >>> accentEtrange(texte)
   Est-ceu queu tu as rRreugarRrdé la télé hieurRr soirRr ? Il y avait
       un théma surRr leus rRramasseuurRrs d'euscarRrgots eun Laponieu,
        ils eun baveunt...

   Cette technique permet d'internationnaliser les applications
   pour les rendre compatibles avec certaines régions françaises.
   """
   texte = texte.replace('r', 'rRr')
   print(texte.replace('e', 'eu'))

def _test():
   import doctest
   doctest.testmod(verbose=True)

if __name__ == '__main__':
   _test()
```

L'exécution de ce fichier est illustré Fig. 10.3.

Troisième exemple : `example.py`

```
"""
This is the "example" module.

The example module supplies one function, factorial(). For example,

>>> factorial(5)
120
"""

def factorial(n):
   """Return the factorial of n, an exact integer >= 0.
```

```
Trying:
    texte = "Est-ce que tu as regardé la télé hier soir ? Il y avait un
théma sur les ramasseurs d'escargots en Laponie, ils en bavent..."
Expecting nothing
ok
Trying:
    accentEtrange(texte)
Expecting:
    Est-ceu queu tu as rRreugarRrdé la télé hieurRr soirRr ? Il y avait
un théma surRr leus rRramasseuurRrs d'euscarRrgots eun Laponieu, ils
eun baveunt...
ok
2 items had no tests:
    __main__
    __main__._test
1 items passed all tests:
   2 tests in __main__.accentEtrange
2 tests in 3 items.
2 passed and 0 failed.
Test passed.
```

Figure 10.3 – Exécution du script `doctest2.py`.

```
If the result is small enough to fit in an int, return an int.
Else return a long.

>>> [factorial(n) for n in range(6)]
[1, 1, 2, 6, 24, 120]
>>> factorial(30)
265252859812191058636308480000000
>>> factorial(-1)
Traceback (most recent call last):
   ...
ValueError: n must be >= 0

Factorials of floats are OK, but the float must be an exact integer:
>>> factorial(30.1)
Traceback (most recent call last):
   ...
ValueError: n must be exact integer
>>> factorial(30.0)
265252859812191058636308480000000

It must also not be ridiculously large:
>>> factorial(1e100)
Traceback (most recent call last):
   ...
OverflowError: n too large
"""

import math
if not n >= 0:
   raise ValueError("n must be >= 0")
if math.floor(n) != n:
   raise ValueError("n must be exact integer")
if n+1 == n: # catch a value like 1e300
   raise OverflowError("n too large")
result = 1
factor = 2
while factor <= n:
   result *= factor
```

```
        factor += 1
    return result

def _test():
    import doctest
    doctest.testmod(verbose=True)

if __name__ == "__main__":
    _test()
    print("OK")
```

L'exécution de ce fichier est illustré Fig. 10.4.

10.2.3 Le développement dirigé par la documentation

Comme on peut le voir, la documentation intégrée présente néanmoins un défaut : quand la documentation augmente, on ne voit plus le code !

La solution est de déporter cette documentation : la fonction `doctest.testfile()` permet d'indiquer le nom du fichier de documentation.

Qui plus est, on peut écrire ce fichier au format reST, ce qui permet de faire coup double. D'une part, on dispose des tests intégrés à la fonction (ou à la méthode) et, d'autre part, le même fichier fournit une documentation à jour.

Exemple : `doctest2.py`

Source du module [1].

```
Le module ``accent``
====================

Test de la fonction ``accentEtrange``
-------------------------------------

Ce module fournit une fonction ``accentEtrange`` qui permet d'ajouter
    un accent à un
texte :

    >>> from doctest2 import accentEtrange
    >>> texte = "Est-ce que tu as regardé la télé hier soir ? Il y avait
        un théma sur
    les ramasseurs d'escargots en Laponie, ils en bavent..."
    >>> accentEtrange(texte)
    Est-ceu queu tu as rRreugarRrdé la télé hieurRr soirRr ? Il y avait
        un théma surRr
    leus rRramasseuurRrs d'euscarRrgots eun Laponieu, ils eun baveunt...

Les ``r`` sont triplés et les ``e`` épaulés par des ``u``. Cette
    technique permet
de se passer de systèmes de traductions complexes pour faire
    fonctionner
les logiciels dans certaines régions.
```

1. Cf. [B6] p. 131

```
Trying:
    factorial(5)
Expecting:
    120
ok
Trying:
    [factorial(n) for n in range(6)]
Expecting:
    [1, 1, 2, 6, 24, 120]
ok
Trying:
    factorial(30)
Expecting:
    265252859812191058636308480000000
ok
Trying:
    factorial(-1)
Expecting:
    Traceback (most recent call last):
        ...
    ValueError: n must be >= 0
ok
Trying:
    factorial(30.1)
Expecting:
    Traceback (most recent call last):
        ...
    ValueError: n must be exact integer
ok
Trying:
    factorial(30.0)
Expecting:
    265252859812191058636308480000000
ok
```

```
    factorial(1e100)
Expecting:
    Traceback (most recent call last):
        ...
    OverflowError: n too large
ok
1 items had no tests:
    __main__._test
2 items passed all tests:
   1 tests in __main__
   6 tests in __main__.factorial
7 tests in 3 items.
7 passed and 0 failed.
Test passed.
OK
```

Figure 10.4 – Exécution du script `example.py`.

```
"""Module d'essai de doctest2."""

import doctest
doctest.testfile("doctest2.txt", verbose=True)
```

La documentation de ce fichier est illustrée Fig. 10.5.

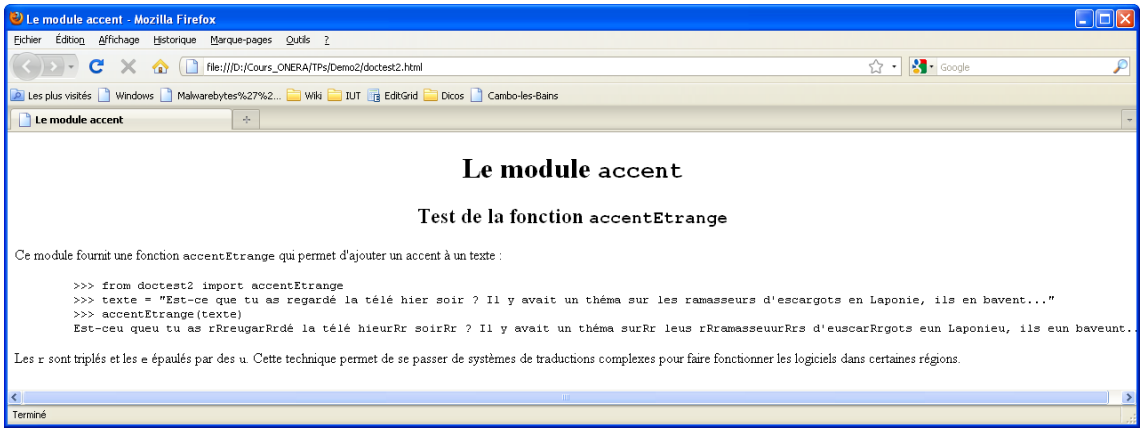


Figure 10.5 – Documentation du script `doctest2.py`.

Exemple de calcul des factorielles

Source du module [1].

```
The ``example`` module
======================

Using ``factorial``
-------------------

This is an example text file in reStructuredText format. First import
``factorial`` from the ``example`` module:

   >>> from example import factorial

Now use it:

   >>> factorial(6)
   720
```

```
import doctest
doctest.testfile("example.txt", verbose=True)
```

La documentation de ce fichier est illustrée Fig. 10.6.

1. Cf. [B6] p. 131

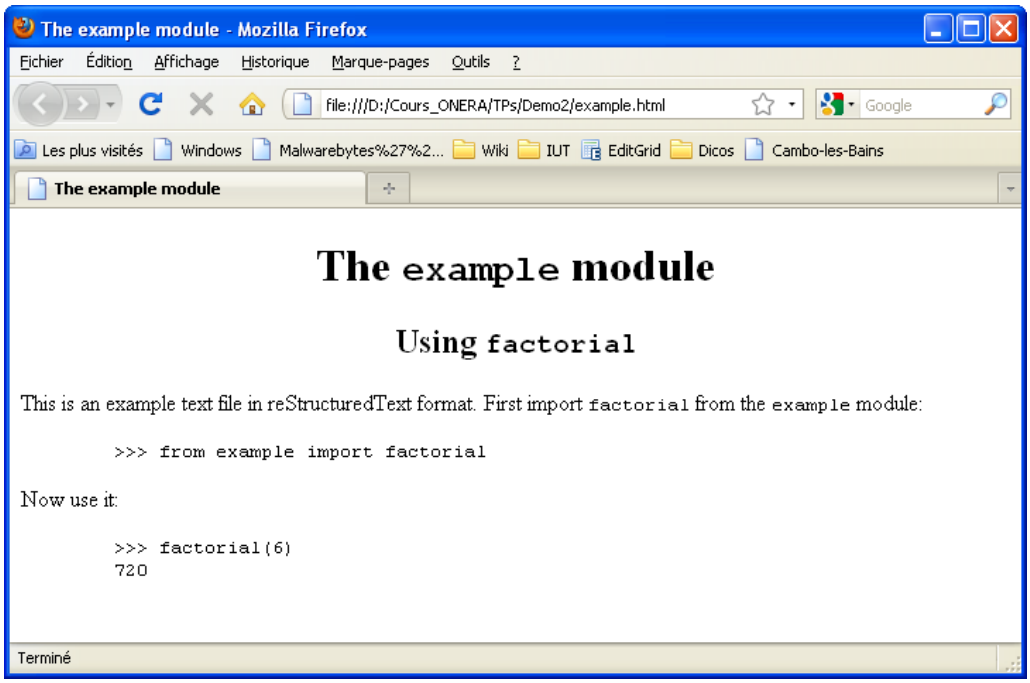


Figure 10.6 – Documentation du script `example.py`.

Annexe A

Interlude

Le Zen de Python [1]

Préfère :
la beauté à la laideur,
l'explicite à l'implicite,
le simple au complexe
et le complexe au compliqué,
le déroulé à l'imbriqué,
l'aéré au compact.
Prends en compte la lisibilité.
Les cas particuliers ne le sont jamais assez pour violer les règles.
Mais, à la pureté, privilégie l'aspect pratique.
Ne passe pas les erreurs sous silence,
... ou bâillonne-les explicitement.
Face à l'ambiguïté, à deviner ne te laisse pas aller.
Sache qu'il ne devrait avoir qu'une et une seule façon de procéder,
même si, de prime abord, elle n'est pas évidente, à moins d'être Néerlandais.
Mieux vaut maintenant que jamais.
Cependant jamais est souvent mieux qu'immédiatement.
Si l'implémentation s'explique difficilement, c'est une mauvaise idée.
Si l'implémentation s'explique aisément, c'est peut-être une bonne idée.
Les espaces de nommage ! Sacrée bonne idée ! Faisons plus de trucs comme ça.

1. Tim Peters (PEP n° 20), traduction Cécile Trevian et Bob Cordeau.

Retour chap.1 historique, p. 2

Le Graal de Python [1] !

arthur:

Lancelot ! Lancelot ! Lancelot !

[mégaphone de police]

Lancelooooooooot !

lancelot:

Bloody hell, mais que se passe-t-il donc, mon Roi ?

arthur:

Bevedere, explique-lui !

bevedere:

Nous devons te parler d'un nouveau langage de programmation : Python

lancelot:

Nouveau ? Cela fait bien dix ans qu'il existe, et je ne vois pas en quoi cela va nous aider à récupérer le Saint-Graal !

bevedere:

Saint-Graal, Saint-Graal...

[soupir]

Tu ne peux pas penser à des activités plus saines que cette quête stupide de temps en temps ?

arthur:

[sort une massue et assomme Bevedere avec]

Son explication était mal partie de toute manière.

gardes français:

Est-ce que ces messieurs les Anglais peuvent aller s'entretuer plus loin ?

Ne voyez-vous pas que nous sommes concentrés sur notre jeu en ligne ?

arthur:

Ce tunnel sous la Manche, quelle hérésie !

[racle sa gorge]

Lancelot, assieds-toi, et écoute-moi. (et ferme ce laptop, bloody hell !)

1. Cf. [B5] p. 131

lancelot:

[rabat l'écran de son laptop]

arthur:

La quête a changé. Tu dois maintenant apprendre le langage Python, et découvrir pourquoi il est de plus en plus prisé par mes sujets.

lancelot:

Mais...

arthur:

Il n'y a pas de mais !

[menace Lancelot avec sa massue]

Je suis ton Roi. dot slash.

Prends ce livre, et au travail !

gardes français:

Oui, au travail, et en silence !

Annexe B

Jeux de caractères et encodage

Position du problème

Nous avons vu que l'ordinateur code toutes les informations qu'il manipule en binaire. Pour coder les nombres entiers un changement de base suffit, pour les flottants, on utilise une norme (IEEE 754), mais la situation est plus complexe pour représenter les caractères.

En effet, la grande diversité des langues humaines et de leur représentation nécessite un codage adapté.

La première idée est de constuire une table qui associe les symboles à représenter à un nombre (généralement codé sur un octet) :

Symbole $\longleftrightarrow$ **Nombre**

La plus célèbre est la table ASCII [1] (cf. Fig.B.1), codée sur 7 bits (soit 128 codes), mais bien d'autres tables ont été créées (EBCDIC, ISO-8852-1...).

n°	char	n°	char	n°	char	n°	char
32		56	8	80	P	104	h
33	!	57	9	81	Q	105	i
34	"	58	:	82	R	106	j
35	#	59	;	83	S	107	k
36	$	60	<	84	T	108	l
37	%	61	=	85	U	109	m
38	&	62	>	86	V	110	n
39	'	63	?	87	W	111	o
40	(	64	@	88	X	112	p
41	)	65	A	89	Y	113	q
42	*	66	B	90	Z	114	r
43	+	67	C	91	[	115	s
44	,	68	D	92	\	116	t
45	-	69	E	93	]	117	u
46	.	70	F	94	^	118	v
47	/	71	G	95	_	119	w
48	0	72	H	96	`	120	x
49	1	73	I	97	a	121	y
50	2	74	J	98	b	122	z
51	3	75	K	99	c	123	{
52	4	76	L	100	d	124	|
53	5	77	M	101	e	125	}
54	6	78	N	102	f	126	~
55	7	79	O	103	g	127	⌂

Figure B.1 – Table ASCII.

La table Unicode

En Python 3, les chaînes de caractères (le type `str()`) sont des chaînes Unicode, norme dans laquelle les identifiants numériques de leurs caractères sont uniques et universels.

1. American Standard Code for Information Interchange

Comme il s'agit de différencier plusieurs centaines de milliers de caractères (on compte environ 6000 langues dans le monde) ils ne pourront évidemment pas être encodés sur un seul octet.

En fait, la norme Unicode ne fixe aucune règle concernant le nombre d'octets ou de bits à réserver pour l'encodage, mais spécifie seulement la valeur numérique de l'identifiant associé à chaque caractère (cf. Fig.B.2).

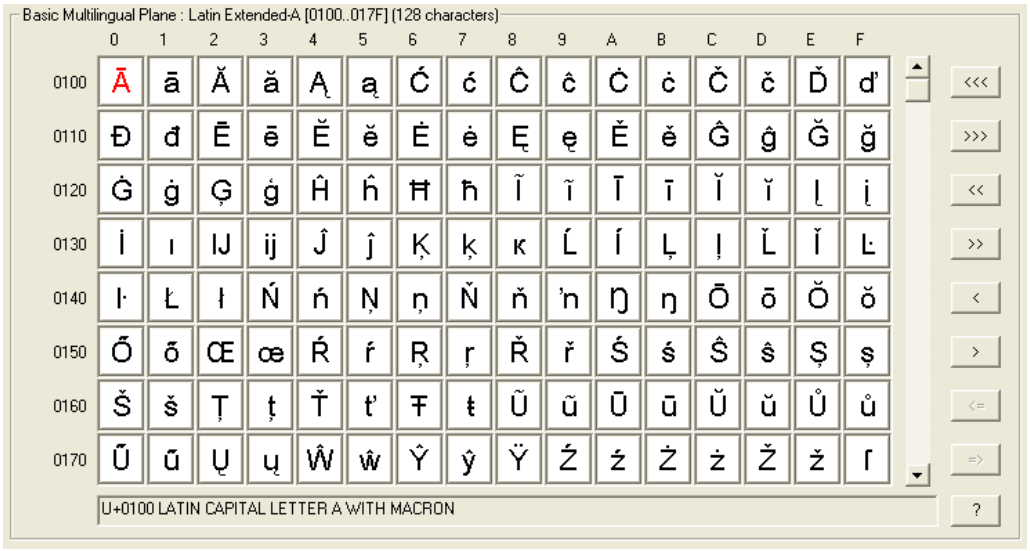


Figure B.2 – Extrait de la table Unicode.

Encodage

Après avoir collecté tous les symboles et y avoir associé un nombre, il reste à leur trouver une *représentation binaire*.

Pour l'ASCII un seul octet suffisait mais pour représenter les millions de possibilités de l'Unicode, plusieurs octets par caractère sont nécessaires.

Comme la plupart des textes n'utilisent que la table ASCII ce qui correspond justement à la partie basse de la table Unicode, l'encodage le plus économique est l'UTF-8.

Pour les codes 0 à 127, l'UTF-8 utilise l'octet de la table ASCII. Pour les caractères spéciaux (codes 128 à 2047), l'UTF-8 utilise 2 octets. Pour les caractères spéciaux encore moins courants (codes 2048 à 65535), l'UTF-8 utilise 3 octets, et ainsi de suite [1].

Symbole ⟷ **Nombre** ⟷ **Bits**

Exemple de l'encodage UTF-8 du caractère Unicode « é » :

é ⟷ **233** ⟷ **C3 A9**

Applications pratiques

Les entrées/sorties

Il est important de pouvoir préciser sous quelle forme exacte les données sont attendues par nos programmes, que ces données soient fournies par l'intermédiaire de frappes au clavier

1. Retour chap. 2 identifiants, p. 8

ou par importation depuis une source quelconque. De même, nous devons pouvoir choisir le format des données que nous exportons vers n'importe quel dispositif périphérique, qu'il s'agisse d'une imprimante, d'un disque dur, d'un écran...

Pour toutes ces entrées ou sorties de chaînes de caractères, nous devrons donc toujours considérer qu'il s'agit *concrètement* de séquences d'octets, et utiliser divers mécanismes pour convertir ces séquences d'octets en chaînes de caractères, ou vice-versa.

Python met désormais à votre disposition le nouveau type de données **`bytes`**, spécifiquement conçu pour traiter les séquences (ou chaînes) d'octets. Les caractères peuvent bien entendu être *encodés* en octets, et les octets *décodés* en caractères (en particulier avec l'encodage UTF-8 que nous venons de voir) :

```
>>> chaine = "Une çédille\n"
>>> of = open("test.txt", "w") # une chaine de caractères, type str()
>>> of.write("chaine")
12
>>> of.close()
>>> of = open("test.txt", "rb") # une chaine d'octets, type bytes()
>>> octets = of.read()
>>> type(chaine)
<class 'str'>
>>> print(chaine)
Une çédille

>>> len(chaine)
12
>>> type(octets)
<class 'bytes'>
>>> print(octets)
b'Un \xe7\xe9ille\r\b'
>>> len(octets)
13
```

Cas des scripts Python

Puisque les scripts Python que l'on produit avec un éditeur sont eux-mêmes des textes, ils risquent d'être encodés suivant différentes normes. Afin que Python puisse les interpréter correctement, il est est utile de précisez le jeu de caractères (obligatoirement en 1re ou 2e ligne des sources).

Il faut au préalable connaître le jeu de caractères utilisé par votre système (cf. Fig.B.3).

```
import sys
print(sys.stdout.encoding) # cp1252 (Windows XP/SciTE)
```

Alors on le précise dans les scripts :

```
# -*- coding: cp1252 -*-
```

Ou bien (ce qui est le défaut pour la version 3 de Python) :

```
# -*- coding: UTF-8 -*-
```

Pour éviter les erreurs Unicode

Pour éviter les erreurs Unicode, la technique consiste à indiquer l'encodage au moment des entrées-sorties. Par exemple :

Windows-1252 (CP1252)																
	x0	x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7	x8	x9	xA	xB	xC	xD	xE	xF
0x	NUL	SOH	STX	ETX	EOT	ENQ	ACK	BEL	BS	HT	LF	VT	FF	CR	SO	SI
1x	DLE	DC1	DC2	DC3	DC4	NAK	SYN	ETB	CAN	EM	SUB	ESC	FS	GS	RS	US
2x	SP	!	"	#	$	%	&	'	(	)	*	+	,	-	.	/
3x	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	:	;	<	=	>	?
4x	@	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
5x	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	[	\	]	^	_
6x	`	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o
7x	p	q	r	s	t	u	v	w	x	y	z	{	|	}	~	DEL
8x	€		‚	ƒ	„	…	†	‡	ˆ	‰	Š	‹	Œ		Ž	
9x		'	'	"	"	•	–	—	˜	™	š	›	œ		ž	Ÿ
Ax	NBSP	¡	¢	£	¤	¥	¦	§	¨	©	ª	«	¬		®	¯
Bx	°	±	²	³	´	µ	¶	·	¸	¹	º	»	¼	½	¾	¿
Cx	À	Á	Â	Ã	Ä	Å	Æ	Ç	È	É	Ê	Ë	Ì	Í	Î	Ï
Dx	Ð	Ñ	Ò	Ó	Ô	Õ	Ö	×	Ø	Ù	Ú	Û	Ü	Ý	Þ	ß
Ex	à	á	â	ã	ä	å	æ	ç	è	é	ê	ë	ì	í	î	ï
Fx	ð	ñ	ò	ó	ô	õ	ö	÷	ø	ù	ú	û	ü	ý	þ	ÿ

Figure B.3 – Le jeu de caractères cp1252.

```
>>> chaine = "Une çédille\n"
>>> of = open("test.txt", "w", encoding="Latin-1")
>>> of.write("chaine")
12
>>> of.close()
>>> of = open("test.txt", "r", encoding="Latin-1")
>>> ch_lue = of.read()
>>> of.close()
>>> ch_lue
'Une çédille\n'
```

Annexe C

Les fonctions logiques

La logique de Boole

Au 19è siècle, le logicien et mathématicien George Boole restructura complètement la logique en un système formel. Aujourd'hui, l'algèbre de Boole trouve de nombreuses applications en informatique et dans la conception des circuits électroniques.

C'est une logique à deux valeurs. Soit $\mathcal{B} = \{0, 1\}$, l'ensemble de définition, sur lequel on définit les opérateurs NON, ET et OU.

Les valeurs des variables sont parfois notées `False` et `True`. Les opérateurs sont parfois notés respectivement $\overline{a}$, $a.b$ et $a + b$.

Les tables de vérité

Table de vérité des opérateurs booléens de base :

Opérateur unaire NON

a	$NON(a)$
0	1
1	0

Opérateurs binaires OU et ET

a	b	$a\ OU\ b$	$a\ ET\ b$
0	0	0	0
0	1	1	0
1	0	1	0
1	1	1	1

Table de vérité des opérateurs composés [1] :

Opérateurs ou exclusif, équivalence et implication

a	b	$a\ XOR\ b$	$a \iff b$	$a \implies b$
0	0	0	1	1
0	1	1	0	1
1	0	1	0	0
1	1	0	1	1

1. Retour chap. 2 expressions booléennes, p. 11

Annexe D

Les bases arithmétiques

Définition

Définition

➥ En arithmétique, une base n désigne la valeur dont les puissances successives interviennent dans l'écriture des nombres, ces puissances définissant l'ordre de grandeur de chacune des positions occupées par les chiffres composant tout nombre. Par exemple : $57_n = (5 \times n^1) + (7 \times n^0)$

Certaines bases sont couramment employées :

- la base 2 (système binaire), en électronique numérique et informatique ;
- la base 8 (système octal), en informatique ;
- la base 16 (système hexadécimal), fréquente en informatique ;
- la base 60 (système sexagésimal), dans la mesure du temps et des angles.

Conversion

Définition

➥ Les changements de base : un nombre dans une base n donnée s'écrit sous la forme d'addition des puissances successives de cette base [1].

Exemples

$$57_{16} = (5 \times 16^1) + (7 \times 16^0) = 87_{10}$$
$$57_8 = (5 \times 8^1) + (7 \times 8^0) = 47_{10}$$

1. Retour chap.2 type `int`, p. 9

Annexe E

Les fonctions de hachage

Principe

C'est une application f qui prend en entrée des fichiers de longueur différente, les condense, et fournit en sortie une séquence binaire de longueur fixe (cf. Fig.E.1) :

$$f : \{0,1\}^* \rightarrow \{0,1\}^k$$

où f applique l'ensemble des séquences binaires : $\{0,1\}^* = \{\emptyset, 0, 1, 10, 11, 100, 101, ...\}$ sur l'ensemble des séquences binaires de k bits : $\{0,1\}^k = \{0...00, 0..01, 0...10, ..., 1...11\}$.

Cette application doit permettre d'*identifier* les fichiers en entrée : $f(x) = f(y)$ sera vrai si et seulement si $x = y$.

Par contre, à cause de la longueur finie de k, on ne peut pas *reconstituer* les fichiers : il existe deux valeurs x et y différentes (fichiers distincts), telles que $f(x) = f(y)$ (même séquence binaire). On parle alors de *collision*.

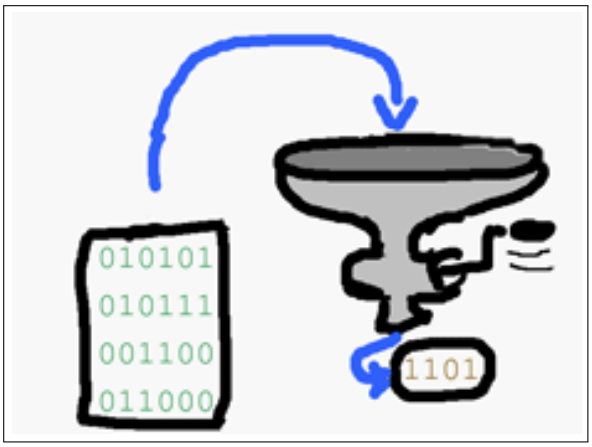


Figure E.1 – Le principe du hachage

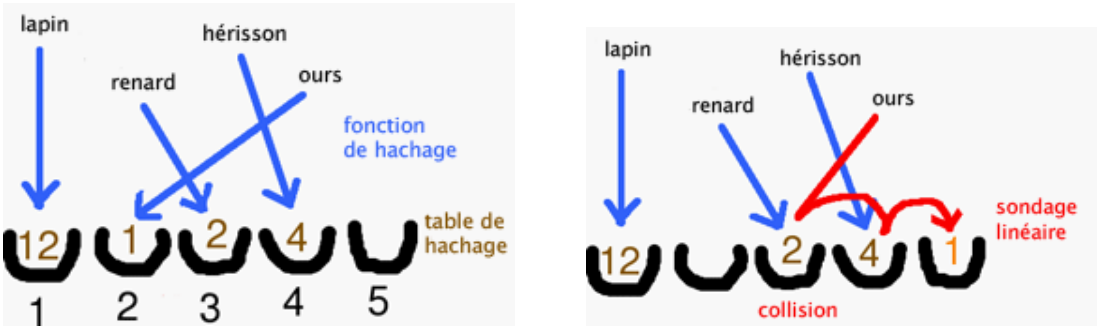
Réalisation pratique

Il faut résoudre deux problèmes :

- diminuer le nombre de collisions en choisissant une séquence binaire assez longue. Avec, par exemple, $k = 512$, on obtient 2^{512} soit environ 10^{154} cellules disponibles.
- gérer les collisions restantes par un algorithmes approprié.

Application aux dictionnaires

On dispose d'un espace mémoire S pour stocker m données. On peut accéder à chaque donnée par une notation associative où l'information entre crochets s'appelle la *clé* : $S[0], S[1], ..., S[m-1]$.



(a) Stockage sans collision

(b) Gestion des collisions par « sondage linéaire »

Figure E.2 – Hachage des clés d'un dictionnaire.

Par exemple avec des clés de caractères, on utilisera une fonction de hachage ainsi définie [1] :

$$f : \{a, b, c, ..., z\}^* \rightarrow \{0, 1, 2, ..., m-1\}$$

Soit à stocker les informations suivantes dans un dictionnaire (cf. Fig.E.2) :

lapin	12
renard	2
hérisson	4
ours	1

1. Retour chap.4 type `dict`, p. 32

Annexe F

Exercices corrigés

Énoncés des exercices

Remarque

✓ Les exercices suivants sont fournis à titre d'exemples et de modèles.
Ils sont soit simples, soit moins simples (notés ✠ dans la marge) soit plus difficiles (notés ✠✠).

1. Écrire un programme qui, à partir de la saisie d'un rayon et d'une hauteur, calcule le volume d'un cône droit.

2. Une boucle while : entrez un prix HT (entrez 0 pour terminer) et affichez sa valeur TTC.

3. Une autre boucle while : calculez la somme d'une suite de nombres positifs ou nuls. Comptez combien il y avait de données et combien étaient supérieures à 100.
   Un nombre inférieur ou égal à 0 indique la fin de la suite.

4. L'utilisateur donne un entier positif n et le programme affiche `PAIR` s'il est divisible par 2 et `IMPAIR` sinon.

5. L'utilisateur donne un entier positif et le programme annonce combien de fois de suite cet entier est divisible par 2.

6. ✠ L'utilisateur donne un entier supérieur à 1 et le programme affiche, s'il y en a, tous ses diviseurs propres *sans répétition* ainsi que leur nombre. S'il n'y en a pas, il indique qu'il est premier. Par exemple :

```
Entrez un entier strictement positif : 12
Diviseurs propres sans répétition de 12 : 2 3 4 6 (soit 4
   diviseurs propres)

Entrez un entier strictement positif : 13 Diviseurs propres sans
répétition de 13 : aucun ! Il est premier
```

7. Écrire un programme qui estime la valeur de la constante mathématique *e* en utilisant la formule :

$$e = \sum_{i=0}^{n} \frac{1}{i!}$$

   Pour cela, définissez la fonction factorielle et, dans votre programme principal, saisissez l'ordre *n* et affichez l'approximation correspondante de *e*.

8. Un gardien de phare va aux toilettes cinq fois par jour or les WC sont au rez-de-chaussée…
   Écrire une procédure (donc sans retour) `hauteurparcourue` qui reçoit deux paramètres le nombre de marches du phare et la hauteur de chaque marche (en cm), et qui affiche :

```
Pour x marches de y cm, il parcourt z.zz m par semaine.
```

On n'oubliera pas :
- qu'une semaine comporte 7 jours ;
- qu'une fois en bas, le gardien doit remonter ;
- que le résultat est à exprimer en m.

9. Un permis de chasse à points remplace désormais le permis de chasse traditionnel. Chaque chasseur possède au départ un capital de 100 points. S'il tue une poule il perd 1 point, 3 points pour un chien, 5 points pour une vache et 10 points pour un ami. Le permis coûte 200 €.

   Écrire une fonction `amende` qui reçoit le nombre de victimes du chasseur et qui renvoie la somme due.

   Utilisez cette fonction dans un programme principal qui saisit le nombre de victimes et qui affiche la somme que le chasseur doit débourser.

10. Je suis ligoté sur les rails en gare d'Arras. Écrire un programme qui affiche un tableau me permettant de connaître l'heure à laquelle je serai déchiqueté par le train parti de la gare du Nord à 9h (il y a 170 km entre la gare du Nord et Arras).

    Le tableau prédira les différentes heures possibles pour toutes les vitesses de 100 km/h à 300 km/h, par pas de 10 km/h, les résultats étant arrondis à la minute inférieure.
    - Écrire une procédure `tchacatchac` qui reçoit la vitesse du train et qui affiche l'heure du drame ;
    - écrire le programme principal qui affiche le tableau demandé.

✠ 11. Un programme principal saisit une chaîne d'ADN valide et une séquence d'ADN valide (« valide » signifie qu'elles ne sont pas vides et sont formées exclusivement d'une combinaison arbitraire de `"a"`, `"t"`, `"g"` ou `"c"`).

    Écrire une fonction `valide` qui renvoie vrai si la saisie est valide, faux sinon.

    Écrire une fonction `saisie` qui effectue une saisie valide et renvoie la valeur saisie sous forme d'une chaîne de caractères.

    Écrire une fonction `proportion` qui reçoit deux arguments, la chaîne et la séquence et qui retourne la proportion de séquence dans la chaîne (c'est-à-dire son nombre d'occurrences).

    Le programme principal appelle la fonction `saisie` pour la chaîne et pour la séquence et affiche le résultat.

    Exemple d'affichage :

    ```
    Il y a 13.33 % de "ca" dans votre chaîne.
    ```

12. Il s'agit d'écrire, d'une part, un programme principal et, d'autre part, une fonction utilisée dans le programme principal.

    La fonction `listAleaInt(n, a, b)` retourne une liste de `n` entiers aléatoires dans `[a .. b]` en utilisant la fonction `randint(`a, b`)` du module `random`.

    Dans le programme principal :
    - construire la liste en appelant la fonction `listAleaInt()` ;
    - calculer l'index de la case qui contient le minimum ;
    - échangez le premier élément du tableau avec son minimum.

13. Comme précédemment, il s'agit d'écrire, d'une part, un programme principal et, d'autre part, une fonction utilisée dans le programme principal.
    La fonction `listAleaFloat(n)` retourne une liste de `n` flottants aléatoires en utilisant la fonction `random()` du module `random`.
    Dans le programme principal :
    – Saisir un entier `n` dans l'intervalle : `[2 .. 100]` ;
    – construire la liste en appelant la fonction `listAleaFloat()` ;
    – afficher l'*amplitude* du tabeau (écart entre sa plus grande et sa plus petite valeur) ;
    – afficher la *moyenne* du tableau.

14. Fonction renvoyant plusieurs valeurs sous forme d'un *tuple*.
    Écrire une fonction `minMaxMoy` qui reçoit une liste d'entiers et qui renvoie le minimum, le maximum et la moyenne de cette liste. Le programme principal appellera cette fonction avec la liste : `[10, 18, 14, 20, 12, 16]`.

15. Saisir un entier entre 1 et 3999 (pourquoi cette limitation ?). L'afficher en nombre romain.

16. Améliorer le script précédent en utilisant la fonction `zip()`. ✠

17. Un tableau contient n entiers ($2 < n < 100$) aléatoires tous compris entre 0 et 500. Vérifier qu'ils sont tous différents. ✠

18. L'utilisateur donne un entier n entre 2 et 12, le programme donne le nombre de façons de faire n en lançant deux dés.

19. Même problème que le précédent mais avec n entre 3 et 18 et trois dés.

20. Généralisation des deux questions précédentes. L'utilisateur saisit deux entrées, d'une part le nombre de dés, nbd (que l'on limitera pratiquement à 10) et, d'autre part la somme, s, comprise entre nbd et $6.nbd$. Le programme calcule et affiche le nombre de façons de faire s avec les nbd dés. ✠✠

21. Même problème que le précédent mais codé récursivement. ✠✠

22. Nombres parfaits et nombres chanceux.
    - On appelle *nombre premier* tout entier naturel supérieur à 1 qui possède exactement deux diviseurs, lui-même et l'unité.
    - On appelle *diviseur propre* de `n`, un diviseur quelconque de `n`, `n` exclu.
    - Un entier naturel est dit *parfait* s'il est égal à la somme de tous ses diviseurs propres.
    - Les nombres `a` tels que : $(a+n+n^2)$ est premier pour tout `n` tel que $0 \leq n < (a-1)$, sont appelés *nombres chanceux*.

    Écrire un module (`parfait_chanceux_m.py`) définissant quatre fonctions : `somDiv`, `estParfait`, `estPremier`, `estChanceux` et un auto-test :
    - la fonction `somDiv` retourne la somme des diviseurs propres de son argument ;
    - les trois autres fonctions vérifient la propriété donnée par leur définition et retourne un booléen. Plus précisément, si par exemple la fonction `estPremier` vérifie que son argument est premier, elle retourne `True`, sinon elle retourne `False`.

    La partie de test doit comporter quatre appels à la fonction `verif` permettant de tester `somDiv(12)`, `estParfait(6)`, `estPremier(31)` et `estChanceux(11)`.

    Puis écrire le programme principal (`parfait_chanceux.py`) qui comporte :

– l'initialisation de deux listes : `parfaits` et `chanceux` ;
– une boucle de parcours de l'intervalle $[2, 1000]$ incluant les tests nécessaires pour remplir ces listes ;
– enfin l'affichage de ces listes.

Solutions des exercices

```
# -*- coding: utf-8 -*-
"""Volume d'un cône droit."""

# imports
from math import pi

# programme principal ------------------------------------------------
rayon = float(input("Rayon du cône (m) : "))
hauteur = float(input("Hauteur du cône (m) : "))

volume = (pi*rayon*rayon*hauteur)/3.0
print("Volume du cône =", volume, "m3")
```

```
# -*- coding: utf-8 -*-
"""Calcul d'un prix TTC."""

# programme principal ------------------------------------------------
prixHT = float(input("Prix HT (0 pour terminer)? "))
while prixHT > 0:
    print("Prix TTC : {:.2f}\n".format(prixHT * 1.196))
    prixHT = float(input("Prix HT (0 pour terminer)? "))

print("Au revoir !")
```

```
# -*- coding: utf-8 -*-
"""Somme d'entiers et nombre d'entiers supérieur à 100."""

# programme principal ------------------------------------------------
somme, nombreTotal, nombreGrands = 0, 0, 0

x = int(input("x (0 pour terminer) ? "))
while x > 0:
    somme += x
    nombreTotal += 1
    if x > 100:
        nombreGrands += 1
    x = int(input("x (0 pour terminer) ? "))

print("\nSomme :", somme)
print(nombreTotal, "valeur(s) en tout, dont", nombreGrands, "supérieure
    (s) à 100")
```

```
# -*- coding: utf-8 -*-
"""Parité."""

# programme principal ------------------------------------------------
n = int(input("Entrez un entier strictement positif : "))
while n < 1:
    n = int(input("Entrez un entier STRICTEMENT POSITIF, s.v.p. : "))
```

```
if n%2 == 0:
   print(n, "est pair.")
else:
   print(n, "est impair.")
```

```
# -*- coding: utf-8 -*-
"""Nombre de fois qu'un entier est divisible par 2."""

# programme principal ------------------------------------------------
n = int(input("Entrez un entier strictement positif : "))
while n < 1:
   n = int(input("Entrez un entier STRICTEMENT POSITIF, s.v.p. : "))
save = n

cpt = 0
while n%2 == 0:
   n /= 2
   cpt += 1

print(save, "est", cpt, "fois divisible par 2.")
```

```
# -*- coding: utf-8 -*-
"""Diviseurs propres d'un entier."""

# programme principal ------------------------------------------------
n = int(input("Entrez un entier strictement positif : "))
while n < 1:
   n = int(input("Entrez un entier STRICTEMENT POSITIF, s.v.p. : "))

i = 2    # plus petit diviseur possible de n
cpt = 0  # initialise le compteur de divisions
p = n/2  # calculé une fois dans la boucle

print("Diviseurs propres sans répétition de ", n, ":", end=' ')
while i <= p:
   if n%i == 0:
      cpt += 1
      print(i, end=' ')
   i += 1

if not cpt:
   print("aucun ! Il est premier.")
else:
   print("(soit", cpt, "diviseurs propres)")
```

```
# -*- coding: utf-8 -*-
"""Approximation de 'e'."""

# fonction
def fact(n):
   r = 1
   for i in range(1, n+1):
      r *= i
   return r

# programme principal ------------------------------------------------
n = int(input("n ? "))
```

```
exp = 0.0
for i in range(n):
   exp = exp + 1.0/fact(i)

print("Approximation de 'e' : {:.3f}".format(exp))
```

```
# -*- coding: utf-8 -*-
"""Gardien de phare."""

# fonction
def hauteurParcourue(nb, h):
   print("Pour {:d} marches de {:d} cm, il parcourt {:.2f} m par
       semaine.".format(nb, h, nb*h*2*5*7/100.0))

# programme principal ------------------------------------------------
nbMarches = int(input("Combien de marches ? "))
hauteurMarche = int(input("Hauteur d'une marche (cm) ? "))

hauteurParcourue(nbMarches, hauteurMarche)
```

```
# -*- coding: utf-8 -*-
"""Permis de chasse."""

# fonction
def permisSup(p, c, v, a):
   pointsPerdus = p + 3*c + 5*v + 10*a
   nbrePermis = pointsPerdus/100.0
   return 200*nbrePermis

# programme principal ------------------------------------------------
poules = int(input("Combien de poules ? "))
chiens = int(input("Combien de chiens ? "))
vaches = int(input("Combien de vaches ? "))
amis = int(input("Combien d'amis ? "))

payer = permisSup(poules, chiens, vaches, amis)

print("\nA payer :", end=' ')
if payer == 0:
   print("rien à payer")
else:
   print(payer, "euros")
```

```
# -*- coding: utf-8 -*-
"""Histoire de train."""

# fonction
def tchacatchac(v):
   """Affiche l'heure du drame."""
   heure = 9 + int(170/v)
   minute = (60 * 170 / v) % 60
   print("A", v, "km/h, je me fais déchiqueter à", heure, "h", minute,
       "min.")

# programme principal ------------------------------------------------
i = 100
while i <= 300:
   tchacatchac(i)
   i += 10
```

```
# -*- coding: utf-8 -*-
"""Proportion d'une séquence dans une chaîne d'ADN."""

# fonctions
def valide(seq):
    """Retourne vrai si la séquence est valide, faux sinon."""
    ret = any(seq)
    for c in seq:
        ret = ret and c in "atgc"
    return ret

def proportion(a, s):
    """Retourne la proportion de la séquence <s> dans la chaîne <a>."""
    return 100*a.count(s)/len(a)

def saisie(ch):
    s = input("{:s} : ".format(ch))
    while not valide(s):
        print("'{:s}' ne peut contenir que les chaînons 'a', 't', 'g' et
            'c' et"
            " ne doit pas être vide".format(ch))
        s = input("{:s} : ".format(ch))
    return s

# programme principal ------------------------------------------------
adn = saisie("chaîne")
seq = saisie("séquence")

print('Il y a {:.2f} % de "{:s}" dans votre chaîne.'
      .format(proportion(adn, seq), seq))
```

```
# -*- coding: utf-8 -*-
"""Echanges."""

# imports
from random import seed, randint

# fonction
def listAleaInt(n, a, b):
    """Retourne une liste de <n> entiers aléatoires dans [<a> .. <b>].
       """
    return [randint(a, b) for i in range(n)]

# programme principal ------------------------------------------------
seed() # initialise le générateur de nombres aléatoires
t = listAleaInt(100, 2, 125) # construction de la liste

# calcul de l'index du minimum de la liste
iMin = t.index(min(t))

print("Avant échange :")
print("\tt[0] =", t[0], "\tt[iMin] =", t[iMin])
t[0], t[iMin] = t[iMin], t[0] # échange
print("Apres échange :")
print("\tt[0] =", t[0], "\tt[iMin] =", t[iMin])
```

```
# -*- coding: utf-8 -*-
```

```
"""Amplitude et moyenne d'une liste de flottants."""

# imports
from random import seed, random

# fonctions
def listAleaFloat(n):
   "Retourne une liste de <n> flottants aléatoires"
   return [random() for i in range(n)]

# programme principal ------------------------------------------------
n = int(input("Entrez un entier [2 .. 100] : "))
while not(n >= 2 and n <= 100):
   n = int(input("Entrez un entier [2 .. 100], s.v.p. : "))

seed() # initialise le générateur de nombres aléatoires
t = listAleaFloat(n) # construction de la liste

print("Amplitude : {:.2f}".format(max(t) - min(t)))
print("Moyenne : {:.2f}".format(sum(t)/n))
```

```
# -*- coding: utf-8 -*-
"""Min, max et moyenne d'une liste d'entiers."""

# fonction
def minMaxMoy(liste):
   """Renvoie le min, le max et la moyenne de la liste."""
   min, max, som = liste[0], liste[0], float(liste[0])
   for i in liste[1:]:
      if i < min:
         min = i
      if i > max:
         max = i
      som += i
   return (min, max, som/len(liste))

# programme principal ------------------------------------------------
lp = [10, 18, 14, 20, 12, 16]

print("liste =", lp)
l = minMaxMoy(lp)
print("min : {0[0]}, max : {0[1]}, moy : {0[2]}".format(l))
```

```
# -*- coding: utf-8 -*-
"""Nombres romains (version 1)."""

# programme principal ------------------------------------------------
n = int(input('Entrez un entier [1 .. 4000[ : '))
while not(n >= 1 and n < 4000):
   n = int(input('Entrez un entier [1 .. 4000[, s.v.p. : '))

s = "" # Chaîne résultante

while n >= 1000:
   s += "M"
   n -= 1000

if n >= 900:
   s += "CM"
```

```
    n -= 900

if n >= 500:
    s += "D"
    n -= 500

if n >= 400:
    s += "CD"
    n -= 400

while n >= 100:
    s += "C"
    n -= 100

if n >= 90:
    s += "XC"
    n -= 90

if n >= 50:
    s += "L"
    n -= 50

if n >= 40:
    s += "XL"
    n -= 40

while n >= 10:
    s += "X"
    n -= 10

if n >= 9:
    s += "IX"
    n -= 9

if n >= 5:
    s += "V"
    n -= 5

if n >= 4:
    s += "IV"
    n -= 4

while n >= 1:
    s += "I"
    n -= 1

print("En romain :", s)
```

```
# -*- coding: utf-8 -*-
"""Nombres romains (version 2)."""

# globales
code = zip(
    [1000,900 ,500,400 ,100,90 ,50 ,40 ,10 ,9 ,5 ,4 ,1],
    ["M" ,"CM","D","CD","C","XC","L","XL","X","IX","V","IV","I"]
)

# fonction
```

```
def decToRoman(num):
   res = []
   for d, r in code:
      while num >= d:
         res.append(r)
         num -= d
   return ''.join(res)

# programme principal ------------------------------------------------
for i in range(1, 4000):
   print(i, decToRoman(i))
```

```
# -*- coding: utf-8 -*-
"""Liste d'entiers différents."""

# imports
from random import seed, randint

# fonction
def listAleaInt(n, a, b):
   """Retourne une liste de <n> entiers aléatoires entre <a> et <b>."""
   return [randint(a, b) for i in range(n)]

# programme principal ------------------------------------------------
n = int(input("Entrez un entier [1 .. 100] : "))
while not(n >= 1 and n <= 100):
   n = int(input("Entrez un entier [1 .. 100], s.v.p. : "))

# construction de la liste
seed() # initialise le générateur de nombres aléatoires
t = listAleaInt(n, 0, 500)

# Sont-ils différents ?
tousDiff = True
i = 0
while tousDiff and i < (n-1):
   j = i + 1
   while tousDiff and j < n:
      if t[i] == t[j]:
         tousDiff = False
      else:
         j += 1
   i += 1

print("\n", t, end=' ')
if tousDiff:
   print(": tous les éléments sont distincts.")
else:
   print(": au moins une valeur est répétée.")
```

```
# -*- coding: utf-8 -*-
"""Jeu de dés (1)."""

# programme principal ------------------------------------------------
n = int(input("Entrez un entier [2 .. 12] : "))
while not(n >= 2 and n <= 12):
   n = int(input("Entrez un entier [2 .. 12], s.v.p. : "))

s = 0
```

```
for i in range(1, 7):
   for j in range(1, 7):
      if i+j == n:
         s += 1

print("Il y a {:d} façon(s) de faire {:d} avec deux dés.".format(s, n))
```

```
# -*- coding: utf-8 -*-
"""Jeu de dés (2)."""

# programme principal ------------------------------------------------
n = int(input("Entrez un entier [3 .. 18] : "))
while not(n >= 3 and n <= 18):
   n = int(input("Entrez un entier [3 .. 18], s.v.p. : "))

s = 0
for i in range(1, 7):
   for j in range(1, 7):
      for k in range(1, 7):
         if i+j+k == n:
            s += 1

print("Il y a {:d} façon(s) de faire {:d} avec trois dés.".format(s, n)
    )
```

```
# -*- coding: utf-8 -*-
"""Jeu de dés (3)."""

# globale
MAX = 8

# programme principal ------------------------------------------------
nbd = int(input("Nombre de dés [2 .. {:d}] : ".format(MAX)))
while not(nbd >= 2and nbd <= MAX):
   nbd = int(input("Nombre de dés [2 .. {:d}], s.v.p. : ".format(MAX)))

s = int(input("Entrez un entier [{:d} .. {:d}] : ".format(nbd, 6*nbd)))
while not(s >= nbd and s <= 6*nbd):
   s = int(input("Entrez un entier [{:d} .. {:d}], s.v.p. : ".format(
       nbd, 6*nbd)))

if s == nbd or s == 6*nbd:
   cpt = 1 # 1 seule solution
else:
   I = [1]*nbd # initialise une liste de <nbd> dés
   cpt, j = 0, 0
   while j < nbd:
      som = sum([I[k] for k in range(nbd)])

      if som == s:
         cpt += 1 # compteur de bonnes solutions
      if som == 6*nbd:
         break

      j = 0
      if I[j] < 6:
         I[j] += 1
      else:
         while I[j] == 6:
```

```
            I[j] = 1
            j += 1
         I[j] += 1

print("Il y a {:d} façons de faire {:d} avec {:d} dés.".format(cpt, s,
    nbd))
```

```
# -*- coding: utf-8 -*-
"""Jeu de dés (récursif)."""

# globale
MAX = 8

# fonction
def calcul(d, n):
    """Calcul récursif du nombre de façons de faire <n> avec <d> dés."""
    resultat, debut = 0, 1
    if (d == 1) or (n == d) or (n == 6*d): # conditions terminales
        return 1
    else:              # sinon appels récursifs
        if n > 6*(d-1): # optimisation importante
            debut = n - 6*(d-1)

        for i in range(debut, 7):
            if n == i:
                break
            resultat += calcul(d-1, n-i)
    return resultat

# programme principal -------------------------------------------------
d = int(input("Nombre de dés [2 .. {:d}] : ".format(MAX)))
while not(d >= 2and d <= MAX):
    d = int(input("Nombre de dés [2 .. {:d}], s.v.p. : ".format(MAX)))

n = int(input("Entrez un entier [{:d} .. {:d}] : ".format(d, 6*d)))
while not(n >= d and n <= 6*d):
    n = int(input("Entrez un entier [{:d} .. {:d}], s.v.p. : ".format(d,
        6*d)))

print("Il y a {:d} façon(s) de faire {:d} avec {:d} dés.".format(calcul
    (d, n), n, d))
```

```
# -*- coding: utf-8 -*-
"""module d'exemple de polymorphisme."""

# classes
class Rectangle:
    """classe des rectangles."""
    def __init__(self, longueur=30, largeur=15):
        """Constructeur avec valeurs par défaut."""
        self.lon = longueur
        self.lar = largeur
        self.nom = "rectangle"

    def surface(self):
        """Calcule la surface d'un rectangle."""
        return self.lon*self.lar

    def __str__(self):
```

```
      """Affichage des caractéristiques d'un rectangle."""
      return "\nLe '{:s}' de côtés {:s} et {:s} a une surface de {:s}"
         .format(self.nom, self.lon, self.lar, self.surface())

class Carre(Rectangle):
   """classe des carrés (hérite de Rectangle)."""
   def __init__(self, cote=10):
      """Constructeur avec valeur par défaut"""
      Rectangle.__init__(self, cote, cote)
      self.nom = "carré" # surchage d'attribut d'instance

# Auto-test ------------------------------------------------------------
if __name__ == '__main__':
   r = Rectangle(12, 8)
   print r

   c = Carre()
   print c
```

Annexe G

Ressources

Webographie

- Les sites généraux :
  www.python.org
  pypi.python.org/pypi
  www.pythonxy.com/download.php
  rgruet.free.fr
- Les EDI spécialisés :
  www.wingware.com/downloads/wingide-101
  eric-ide.python-projects.org/eric4-download.html
  www.eclipse.org/downloads/
  www.scintilla.org/SciTEDownload.html
- Les outils :
  sourceforge.net/projects/gnuplot/files/
- L'abrégé Python 3.1 en un recto/verso :
  perso.limsi.fr/pointal/python :abrege
- Le lien des liens :
  perso.limsi.fr/pointal/liens :langage_python

Bibliographie

[B1] Swinnen, Gérard, *Apprendre à programmer avec Python 3*, Eyrolles, 2010.

[B2] Summerfield, Mark, *Programming in Python 3*, Addison-Wesley, 2e édition, 2009.

[B3] Martelli, Alex, *Python en concentré*, O'Reilly, 2004.

[B4] Lutz, Mark et Bailly, Yves, *Python précis et concis*, O'Reilly, 2e édition, 2005.

[B5] Ziadé, Tarek, *Programmation Python. Conception et optimisation*, Eyrolles, 2e édition, 2009.

[B6] Ziadé, Tarek, *Python : Petit guide à l'usage du développeur agile*, Dunod, 2007.

[B7] Ziadé, Tarek, *Expert Python Programming*, Packt Publishing, 2008.

[B8] Younker, Jeff, *Foundations of Agile Python Development*, Apress, 2008.

[B9] Chevalier Céline et collectif, *LaTeX pour l'impatient*, H & K, 3e édition, 2009.

[B10] Carella, David, *Règles typographiques et normes. Mise en pratique avec LaTeX*, Vuibert, 2006.

Annexe H

Glossaire

Lexique bilingue

`>>>` Invite Python par défaut dans un shell interactif. Souvent utilisée dans les exemples de code extraits de sessions de l'interpréteur Python.

... Invite Python par défaut dans un shell interactif, utilisée lorsqu'il faut entrer le code d'un bloc indenté ou à l'intérieur d'une paire de parenthèses, crochets ou accolades.

2to3 Un outil qui essaye de convertir le code Python 2.x en code Python 3.x en gérant la plupart des incompatibilités qu'il peut détecter.
`2to3` est disponible dans la bibliothèque standard `lib2to2` ; un point d'entrée autonome est `Tool/scipts/2to3`. Voir **2to3 – Automated Python 2 to 3 code translation**.

abstract base class *ABC* (classe de base abstraite) Complète le *duck-typing* en fournissant un moyen de définir des interfaces alors que d'autres techniques (comme `hasattt()`) sont plus lourdes. Python fournit de base plusieurs *ABC* pour les structures de données (module `collections`), les nombres (module `numbers`) et les flux (module `io`). Vous pouvez créer votre propre *ABC* en utilisant le module `abc`.

argument (argument) Valeur passée à une fonction ou une méthode, affectée à une variable nommée locale au corps de la fonction. Une fonction ou une méthode peut avoir à la fois des arguments par position et avec des valeurs par défaut. Ces arguments peuvent être de multiplicité variable : `*` accepte ou fournit plusieurs arguments par position dans une liste, tandis que `**` joue le même rôle en utilisant les valeurs par défaut dans un dictionnaire.
On peut passer toute expression dans la liste d'arguments, et la valeur évaluée est transmise à la variable locale.

attribute (attribut) Valeur associée à un objet référencé par un nom et une expression pointée. Par exemple, l'attribut `a` d'un objet `o` peut être référencé `o.a`.

BDFL *Benevolent Dictator For Life*, c'est-à-dire Guido van Rossum, le créateur de Python.

bytecode (bytecode ou langage intermédiaire) Le code source Python est compilé en bytecode, représentation interne d'un programme Python dans l'interpréteur. Le bytecode est également rangé dans des fichiers `.pyc` et `.pyo`, ainsi l'exécution d'un même fichier est plus rapide les fois ultérieures (la compilation du source en bytecode peut être évitée). On dit que le bytecode tourne sur une **machine virtuelle** qui, essentiellement, se réduit à une collection d'appels des routines correspondant à chaque code du bytecode.

class (classe) Modèle permettant de créer ses propres objets. Les définitions de classes contiennent normalement des définitions de méthodes qui opèrent sur les instances de classes.

coercion (coercition ou transtypage) Conversion implicite d'une instance d'un type dans un autre type dans une opération concernant deux arguments de types compatibles. Par exemple, `int(3.15)` convertit le nombre flottant `3.15` en l'entier `3`, mais dans `3+4.5`, chaque argument est d'un type différent (l'un `int` et l'autre `float`) et tous deux doivent être convertis dans le même type avant d'être additionnés, sinon une exception `TypeError` sera lancée. Sans coercition, tous les arguments, même de types compatibles, doivent être normalisés à la même valeur par le programmeur, par exemple, `float(3)+4.5` au lieu de simplement `3+4.5`.

complex number (nombre complexe) Une extension du système familier des nombres réels dans laquelle tous les nombres sont exprimés comme la somme d'une partie réelle et une partie imaginaire. Les nombres imaginaires sont des multiples réels de l'unité imaginaire (la racine carrée de -1), souvent écrite *i* par les mathématiciens et *j* par les ingénieurs. Python a un traitement incorporé des nombres complexes, qui sont écrits avec cette deuxième notation ; la partie imaginaire est écrite avec un suffixe `j`, par exemple `3+1j`. Pour avoir accès aux équivalents complexes des éléments du module `math` utilisez le module `cmath`. L'utilisation des nombres complexes est une possibilité mathématique assez avancée. Si vous n'êtes pas certain d'en avoir besoin vous pouvez les ignorer sans risque.

context manager (gestionnaire de contexte) Objet qui contrôle l'environnement indiqué par l'instruction `with` et qui définit les méthodes `__enter__()` et `__exit__()`. Voir la PEP 343.

CPython (Python classique) Implémentation canonique du langage de programmation Python. Le terme *CPython* est utilisé dans les cas où il est nécessaire de distinguer cette implémentation d'autres comme Jython ou IronPython.

decorator (décorateur) Fonction retournant une autre fonction habituellement appliquée comme une transformation utilisant la syntaxe `@wrapper`.

`classmethod()` et `staticmethod()` sont des exemples classiques de décorateurs.

Les deux définitions de fonctions suivantes sont sémantiquement équivalentes :

```
def f(...):
    ...
f = staticmethod(f)
```

```
@staticmethod
def f(...):
    ...
```

Un concept identique existe pour les classes mais est moins utilisé. Voir la documentation **function definition** et **class definition** pour plus de détails sur les décorateurs.

descriptor (descripteur) Tout objet qui définit les méthodes `__get__()`, `__set__()` ou `__delete__()`. Lorsqu'un attribut d'une classe est un descripteur, un comportement spécifique est déclenché lors de la consultation de l'attribut. Normalement, écrire `a.b` consulte l'objet `b` dans le dictionnaire de la classe de `a`, mais si `b` est un descripteur, la méthode `__get__()` est appelée. Comprendre les descripteurs est fondamental pour la compréhension profonde de Python, car ils sont à la base de nombreuses caractéristiques, comme les fonctions, les méthodes, les propriétés, les méthodes de classe, les méthodes statiques et les références aux super-classes.

Pour plus d'informations sur les méthodes des descripteurs, voir **Implementing Descriptors**.

dictionary (dictionnaire) Une table associative, dans laquelle des clés arbitraires sont associées à des valeurs. L'utilisation des objets `dict` ressemble beaucoup à celle des objets `list`, mais les clés peuvent être n'importe quels objets ayant une fonction `__hash__()`, non seulement des entiers. Ces tables sont appelées `hash` en Perl.

docstring (chaîne de documentation) Chaîne littérale apparaissant comme première expression d'une classe, d'une fonction ou d'un module. Bien qu'ignorée à l'exécution, elle est reconnue par le compilateur et incluse dans l'attribut `__doc__` de la classe, de la fonction ou du module qui la contient. Depuis qu'elle est disponible via l'instrospection, c'est l'endroit canonique pour documenter un objet.

duck-typing (typage « comme un canard ») Style de programmation pythonique dans lequel on détermine le type d'un objet par inspection de ses méthodes et attributs plutôt que par des relations explicites à des types (« s'il ressemble à un canard et fait *coin-coin* comme un canard alors ce doit être un canard »). En mettant l'accent sur des interfaces plutôt que sur des types spécifiques on améliore la flexibilité du code en permettant la substitution polymorphe. Le *duck-typing* évite les tests qui utilisent `type()` ou `isinstance()` (notez cependant que le *duck-typing* doit être complété par l'emploi des classes de base abstraites). À la place, il emploie des tests comme `hasattr()` et le style de programmation *EAFP*.

EAFP (*Easier to ask for forgiveness than permission*, ou « plus facile de demander pardon que la permission »). Ce style courant de programmation en Python consiste à supposer l'existence des clés et des attributs nécessaires à l'exécution d'un code et à attraper les exceptions qui se produisent lorsque de telles hypothèses se révèlent fausses. C'est un style propre et rapide, caractérisé par la présence de nombreuses instructions `try` et `except`. Cette technique contraste avec le style *LBYL*, courant dans d'autres langages comme le C.

expression (expression) Fragment de syntaxe qui peut être évalué. Autrement dit, une expression est une accumulation d'éléments d'expression comme des littéraux, des noms, des accès aux attributs, des opérateurs ou des appels à des fonctions retournant une valeur. À l'inverse de beaucoup d'autres langages, toutes les constructions de Python ne sont pas des expressions. Les instructions ne peuvent pas être utilisées comme des expressions (par exemple `if`). Les affectations sont aussi des instructions, pas des expressions.

extension module (module d'extention) Module écrit en C ou en C++, utilisant l'API C de Python, qui interagit avec le cœur du langage et avec le code de l'utilisateur.

finder Objet qui essaye de trouver le *loader* (chargeur) d'un module. Il doit implémenter une méthode nommée `find_module()`. Voir la PEP 302 pour des détails et **importlib.abc.Finder** pour une classe de base abstraite.

floor division (division entière) Division mathématique qui laisse tomber le reste. L'opérateur de division entière est `//`. Par exemple, l'expression `11//4` est évaluée à `2`, par opposition à la division flottante qui retourne `2.75`.

function (fonction) Suite d'instructions qui retourne une valeur à l'appelant. On peut lui passer zéro ou plusieurs arguments qui peuvent être utilisés dans le corps de la fonction. Voir aussi **argument** et **method**.

__future__ Un pseudo-module que les programmeurs peuvent utiliser pour permettre les nouvelles fonctionnalités du langage qui ne sont pas compatibles avec l'interpréteur couramment employé.

En important `__future__` et en évaluant ses variables, vous pouvez voir à quel moment une caractéristique nouvelle a été ajoutée au langage et quand est-elle devenue la fonctionnalité par défaut :

```
>>> import __future__
>>> __future__.division
_Feature((2, 2, 0, 'alpha', 2), (3, 0, 0, 'alpha', 0), 8192)
```

garbage collection (gestion automatique de la mémoire) Processus de libération de la mémoire quand elle n'est plus utilisée. Python exécute cette gestion en comptant les références et en détectant et en cassant les références cycliques.

generator (fonction générateur) Une fonction qui renvoie un itérateur. Elle ressemble à une fonction normale, excepté que la valeur de la fonction est rendue à l'appelant en utilisant une instruction `yield` au lieu d'une instruction `return`. Les fonctions générateurs contiennent souvent une ou plusieurs boucles `for` ou `while` qui « cèdent » des éléments à l'appelant. L'exécution de la fonction est stoppée au niveau du mot-clé `yield`, en renvoyant un résultat, et elle est reprise lorsque l'élément suivant est requis par un appel de la méthode `next()` de l'itérateur.

generator expression (expression générateur) Une expression qui renvoie un générateur. Elle ressemble à une expression normale suivie d'une expression `for` définissant une variable de contrôle, un intervalle et une expression `if` facultative. Toute cette expression combinée produit des valeurs pour une fonction englobante :

```
>>> sum(i*i for i in range(10)) # somme des carrés 0, 1, 4, ... 81
285
```

GIL Voir **global interpreter lock**.

global interpreter lock (verrou global de l'interpréteur) Le verrou utilisé par les *threads* Python pour assurer qu'un seul *thread* tourne dans la **machine virtuelle CPython** à un instant donné. Il simplifie Python en garantissant que deux processus ne peuvent pas accéder en même temps à une même mémoire. Bloquer l'interpréteur tout entier lui permet d'être *multi-thread* aux frais du parallélisme du système environnant. Des efforts ont été faits par le passé pour créer un interpréteur *free-threaded* (où les données partagées sont verrouillées avec une granularité fine), mais les performances des programmes en souffraient considérablement, y compris dans le cas des programmes *mono-thread*.

hashable (hachable) Un objet est hachable s'il a une valeur de hachage constante au cours de sa vie (il a besoin d'une méthode `__hash__()`) et s'il peut être comparé à d'autres objets (il a besoin d'une méthode `__eq__()`). Les objets hachables comparés égaux doivent avoir la même valeur de hachage.
L'hachabilité rend un objet propre à être utilisé en tant que clé d'un dictionnaire ou membre d'un ensemble (`set`), car ces structures de données utilisent la valeur de hachahge de façon interne.
Tous les objets de base Python non modifiables (*immutable*) sont hachables, alors que certains conteneurs comme les listes ou les dictionnaires sont modifiables. Les objets instances des classes définies par l'utilisateur sont hachables par défaut ; ils sont tous inégaux (différents) et leur valeur de hachage est leur `id()`.

IDLE Un environnement de développement intégré pour Python. IDLE est un éditeur basique et un environnement d'interprétation ; il est donné avec la distribution standard

de Python. Excellent pour les débutants, il peut aussi servir d'exemple pas trop sophistiqué pour tous ceux qui doivent implémenter une application avec interface utilisateur graphique multi-plate-forme.

immutable (immuable) Un objet avec une valeur fixe. Par exemple, les nombres, les chaînes, les tuples. De tels objets ne peuvent pas être altérés ; pour changer de valeur un nouvel objet doit être créé. Les objets immuables jouent un rôle important aux endroits où une valeurs de hash constantes est requise, par exemple pour les clés des dictionnaires.

importer Objet qui à la fois trouve et charge un module. C'est à la fois un objet *finder* et un objet *loader*.

interactive (interactif) Python possède un interpréteur interactif, ce qui signifie que vous pouvez essayer vos idées et voir immédiatement les résultats. Il suffit de lancer `python` sans argument (éventuellement en le sélectionnant dans un certain menu principal de votre ordinateur). C'est vraiment un moyen puissant pour tester les idées nouvelles ou pour inspecter les modules et les paquetages (pensez à `help(x)`).

interpreted (interprété) Python est un langage interprété, par opposition aux langages compilés, bien que cette distinction puisse être floue à cause de la présence du compilateur de bytecode. Cela signifie que les fichiers source peuvent être directement exécutés sans avoir besoin de créer préalablement un fichier binaire exécuté ensuite. Typiquement, les langages interprétés ont un cycle de développement et de mise au point plus court que les langages compilés mais leurs programmes s'exécutent plus lentement. Voir aussi **interactive**.

iterable Un objet conteneur capable de renvoyer ses membres un par un. Des exemples d'*iterable* sont les types séquences (comme les `list`, les `str`, et les `tuple`) et quelques types qui ne sont pas des séquences, comme les objets `dict`, les objets `file` et les objets de n'importe quelle classe que vous définissez avec une méthode `__iter__()` ou une méthode `__getitem__()`. Les *iterables* peuvent être utilisés dans les boucles `for` et dans beaucoup d'autres endroits où une séquence est requise (`zip()`, `map()`, ...). Lorsqu'un objet *iterable* est passé comme argument à la fonction incorporée `iter()` il renvoie un itérateur. Cet itérateur est un bon moyen pour effectuer un parcours d'un ensemble de valeurs. Lorsqu'on utilise des *iterables*, il n'est généralement pas nécesaire d'appeler la fonction `iter()` ni de manipuler directement les valeurs en question. L'instruction `for` fait cela automatiquement pour vous, en créant une variable temporaire sans nom pour gérer l'itérateur pendant la durée de l'itération. Voir aussi **iterator**, **sequence**, et **generator**.

iterator (itérateur) Un objet représentant un flot de données. Des appels répétés à la méthode `__next__()` de l'itérateur (ou à la fonction de base `next()`) renvoient des éléments successifs du flot. Lorsqu'il n'y a plus de données disponibles dans le flot, une exception `StopIteration` est lancée. À ce moment-là, l'objet itérateur est épuisé et tout appel ultérieur de la méthode `next()` ne fait que lancer encore une exception `StopIteration`. Les itérateurs doivent avoir une méthode `__iter__()` qui renvoie l'objet itérateur lui-même. Ainsi un itérateur est itératif et peut être utilisé dans beaucoup d'endroits où les *iterables* sont acceptés ; une exception notable est un code qui tenterait des itérations multiples. Un objet conteneur (comme un objet `list`) produit un nouvel itérateur à chaque fois qu'il est passé à la fonction `iter()` ou bien utilisé dans une boucle `for`. Si on fait cela avec un itérateur on ne récupérera que le même itérateur épuisé utilisé dans le parcours précédent, ce qui fera apparaître le conteneur comme s'il était vide.

keyword argument (argument avec valeur par défaut) Argument précédé par `variable_name=` dans l'appel. Le nom de la variable désigne le nom local dans la fonction auquel la valeur est affectée. `**` est utilisé pour accepter ou passer un dictionnaire d'arguments avec ses valeurs. Voir **argument**.

lambda Fonction anonyme en ligne ne comprenant qu'une unique expression évaluée à l'appel. Syntaxe de création d'une fonction lambda :

```
lambda[arguments]: expression
```

LBYL (*Look before you leap* ou « regarder avant d'y aller »). Ce style de code teste explicitement les pré-conditions avant d'effectuer un appel ou une recherche. Ce style s'oppose à l'approche *EAFP* et est caractérisé par la présence de nombreuses instructions `if`.

list (liste) Séquence Python de base. En dépit de son nom, elle ressemble plus au tableau d'autres langages qu'à une liste chaînée puisque l'accès à ses éléments est en $O(1)$.

list comprehension (liste en intention) Une manière compacte d'effectuer un traitement sur un sous-ensemble d'éléments d'une séquence en renvoyant une liste avec les résultats. Par exemple :

```
result = ["0x%02x" % x for x in range(256) if x % 2 == 0]
```

engendre une liste de chaînes contenant les écritures hexadécimales des nombres impairs de l'intervalle de `0` à `255`. La clause `if` est facultative. Si elle est omise, tous les éléments de l'intervalle `range(256)` seront traités.

loader (chargeur) Objet qui charge un module. Il doit posséder une méthode `load_module()`. un *loader* est typiquement fournit par un *finder*. Voir la PEP 302 pour les détails et voir **importlib.abc.Loader** pour une classe de base abstraite.

mapping (liste associative) Un objet conteneur (comme `dict`) qui supporte les recherches par des clés arbitraires en utilisant la méthode spéciale `__getitem__()`.

metaclass La classe d'une classe. La définition d'une classe crée un nom de classe, un dictionnaire et une liste de classes de base. La métaclasse est responsable de la création de la classe à partir de ces trois éléments. Beaucoup de langages de programmation orientés objets fournissent une implémentation par défaut. Une originalité de Python est qu'il est possible de créer des métaclasses personnalisées. Beaucoup d'utilisateurs n'auront jamais besoin de cela mais, lorsque le besoin apparaît, les métaclasses fournissent des solutions puissantes et élégantes. Elles sont utilisées pour enregistrer les accès aux attributs, pour ajouter des *treads* sécurisés, pour détecter la création d'objet, pour implémenter des singletons et pour bien d'autres tâches.
Plus d'informations peuvent être trouvées dans **Customizing class creation**.

method (méthode) Fonction définie dans le corps d'une classe. Appelée comme un attribut d'une instance de classe, la méthode prend l'instance d'objet en tant que premier argument (habituellement nommé `self`). Voir **function** et **nested scope**.

mutable (modifiable) Les objets modifiables peuvent changer leur valeur tout en conservant leur `id()`. Voir aussi **immutable**.

named tuple (tuple nommé) Toute classe de pseudo-tuples dont les éléments indexables sont également accessibles par des attributs nommés (par exemple `time.localtime()` retourne un objet pseudo-tuple où l'année est accessible soit par un index comme `t[0]` soit par un attribut nommé comme `t.tm_year`.
Un tuple nommé peut être un type de base comme `time.struct_time` ou il peut

être créé par une définition de classe ordinaire. Un tuple nommé peut aussi être créé par la fonction fabrique `collections.nametuple()`. Cette dernière approche fournit automatiquement des caractéristiques supplémentaires comme une représentation auto-documentée, par exemple :

```
>>> Employee(name='jones', title='programmer')
```

namespace (espace de noms) L'endroit où une variable est conservée. Les espaces de noms sont implémentés comme des dictionnaires. Il y a des espace de noms locaux, globaux et intégrés et également imbriqués dans les objets. Les espaces de noms contribuent à la modularité en prévenant les conflits de noms. Par exemple, les fonctions `__builtin__.open()` et `os.open()` se distinguent par leurs espaces de noms. Les espaces de noms contribuent aussi à la lisibilité et la maintenablité en clarifiant quel module implémente une fonction. Par exemple, en écrivant `random.seed()` ou `itertools.izip()` on rend évident que ces fonctions sont implémentées dans les modules `random` et `itertools` respectivement.

nested scope (portée imbriquée) La possibilité de faire référence à une variable d'une définition englobante. Par exemple, une fonction définie à l'intérieur d'une autre fonction peut faire référence à une variable de la fonction extérieure. Notez que le portées imbriquées fonctionnent uniquement pour la référence aux variables et non pour leur affectation, qui concerne toujours la portée imbriquée. Les variables locales sont lues et écrites dans la portée la plus intérieure ; les variables globales sont lues et écrites dans l'espace de noms global. Linstruction `nonlocal` permet d'écrire dans la portée globale.

new-style class (style de classe nouveau) Vieille dénomination pour le style de programmation de classe actuellement utilisé. Dans les versions précédentes de Python, seul le style de classe nouveau pouvait bénéficier des nouvelles caractéristiques de Python, comme `__slots__`, les descripteurs, les propriétés, `__getattribute__()`, les méthodes de classe et les méthodes statiques.

object (objet) Toute donnée comprenant un état (attribut ou valeur) et un comportement défini (méthodes). Également la classe de base ultime du *new-style class*.

positional argument (argument de position) Arguments affectés aux noms locaux internes à une fonction ou à une méthode, determinés par l'ordre donné dans l'appel. La syntaxe `*` accepte plusieurs arguments de position ou fournit une liste de plusieurs arguments à une fonction. Voir **argument**.

property (propriété) Attribut d'instance permettant d'implémenter les principes de l'encapsulation.

Python3000 Surnom de la version 3 de Python (forgé il y a longtemps, quand la version 3 était un projet lointain). Aussi abrégé « Py3k ».

Pythonic (pythonique) Idée ou fragment de code plus proche des idiomes du langage Python que des concepts fréquemment utlisés dans d'autres langages. par exemple, un idiome fréquent en Python est de boucler sur les éléments d'un *iterable* en utilisant l'instruction `for`. Beaucoup d'autres langages n'ont pas ce type de construction et donc les utilisateurs non familiers avec Python utilisent parfois un compteur numérique :

```
for i in range(len(food)):
   print(food[i])
```

Au lieu d'utiliser la méthode claire et pythonique :

```
for piece in food:
   print(piece)
```

reference count (nombre de références) Nombre de références d'un objet. Quand le nombre de références d'un objet tombe à zéro, l'objet est désalloué. Le comptage de références n'est généralement pas visible dans le code Python, mais c'est un élément clé de l'implémentation de *CPython*. Le module `sys` définit la fonction `getrefcount()` que les programmeurs peuvent appeler pour récupérer le nombre de références d'un objet donné.

__slots__ Une déclaration à l'intérieur d'une classe de style nouveau qui économise la mémoire en pré-déclarant l'espace pour les attributs et en éliminant en conséquence les dictionnaires d'instance. Bien que populaire, cette technique est quelque peu difficile à mettre en place et doit être réservée aux rares cas où il y a un nombre important d'instances dans une application où la mémoire est réduite.

sequence (séquence) Un *iterable* qui offre un accès efficace aux éléments en utilisant des index entiers et les méthodes spéciales `__getitem__()` et `__len__()`. Des types séquences incorporés sont `list`, `str`, `tuple` et `unicode`. Notez que le type `dict` comporte aussi les méthodes `__getitem__()` et `__len__()`, mais est considéré comme une table associative plutôt que comme une séquence car la recherche se fait à l'aide de clés arbitraires immuables au lieu d'index.

slice (tranche) Objet contenant normalement une partie d'une séquence. Une tranche est créée par une notation indexée utilisant des « : » entre les index quand plusieurs sont donnés, comme dans `variable_name[1:3:5]`. La notation crochet utilise les objets *slice* de façon interne.

special method (méthode spéciale) méthode appelée implicitement par Python pour exécuter une certaine opération sur un type, par exemple une addition. Ces méthodes ont des noms commençant et finissant par deux caractères soulignés. Les méthodes spéciales sont documentées dans *Special method names*.

statement (instruction) Une instruction est une partie d'une suite, d'un « bloc » de code. Une instruction est soit une expression soit une ou plusieurs constructions utilisant un mot clé comme `if`, `while` ou `for`.

triple-quoted string (chaîne multi-ligne) Une chaîne délimitée par trois guillemets (") ou trois apostrophes ('). Bien qu'elles ne fournissent pas de fonctionnalités différentes de celles des chaînes simplement délimitées, elles sont utiles pour nombre de raisons. Elles permettent d'inclure des guillemets ou des apostrophes non protégés et elles peuvent s'étendre sur plusieurs lignes sans utiliser de caractère de continuation, et sont donc spécialement utiles pour rédiger des chaînes de documentation.

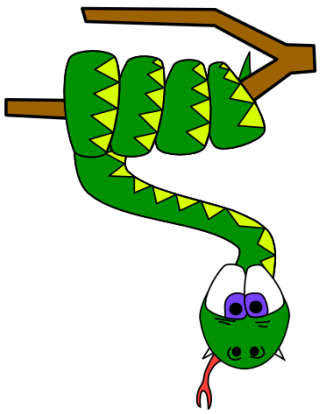
type (type) Le type d'un objet Python détermine de quelle sorte d'objet il s'agit ; chaque objet possède un type. Le type d'un objet est accessible grâce à son attribut `__class__` ou peut être retourné par la fonction `type(obj)`.

view (vue) Les objets retournés par `dict.keys()`, `dict.values()` et `dict.items()` sont appelés des *dictionary views*. ce sont des « séquences paresseuses [1] » qui laisseront voir les modifications du dictionnaire sous-jacent. Pour forcer le *dictionary view* à être une liste complète, utiliser `list(dictview)`. Voir **Dictionary wiew objects**.

1. L'évaluation paresseuse est une technique de programmation où le programme n'exécute pas de code avant que les résultats de ce code ne soient réellement nécessaires. Le terme paresseux (en anglais *lazzy evaluation*) étant connoté négativement en français on parle aussi d'évaluation retardée.

virtual machine (machine virtuelle) Ordinateur entièrement défini par un programme. la machine virtuelle Python exécute le bytecode généré par le compilateur.

Zen of Python Une liste de principes méthodologiques et philosophiques utiles pour la compréhension et l'utilisation du langage Python. Cette liste peut être obtenue en tapant `import this` dans l'interpréteur Python.



Colophon

Ce texte a été écrit grâce au logiciel de composition XeLaTeX de la distribution TeXLive.
Nous avons utilisé les composants libres suivants du monde Linux :

– l'éditeur **Kile**, environnement intégré LaTeX ;
– les polices **Free Font** de GNU ;
– l'éditeur de graphisme vectoriel **Inkscape**.