Robert CORDEAU

Introduction à Python 3

robert.cordeau@u-psud.fr

Informatique :

Rencontre de la logique formelle et du fer à souder.

Maurice Nivat

Remerciements :

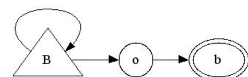
Sans les encouragements de Gérard Swinnen, jamais je n'aurais osé me lancer dans l'aventure de l'enseignement de Python. Qu'il en soit remercié.

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

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

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 butiné 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 autre 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 :
  - des éditeurs spécialisés : Wing IDE, eric 4, Scite [3].
  - des outils *open source* : gnuplot, LaTeX dans sa distribution MiKTeX version 2.8, l'éditeur TeXnicCenter...
- et sur l'abondance des ressources et de la documentation sur le Web.

---

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.iuy-orsay.fr/dptmphy/Pedagogie/coursPython.pdf`.
3. à réserver pour Windows...

Table des matières

1 Introduction **3**
1.1 Principales caractéristiques du langage Python 3
1.2 Matériel et logiciel 4
1.2.1 L'ordinateur 4
1.2.2 Deux sortes de programmes 4
1.3 Les langages 5
1.3.1 Des langages de différents niveaux 5
1.3.2 Bref historique des langages 5
1.4 Production des programmes 5
1.4.1 Deux techniques de production des programmes 5
1.4.2 Technique de production de Python 6
1.4.3 La construction des programmes 6
1.5 Algorithme et programme 6
1.5.1 Définitions 6
1.5.2 La présentation des programmes 7
1.6 Les implémentations de Python 7

2 La calculatrice Python **9**
2.1 Les modes d'exécution 9
2.1.1 Les deux modes d'exécution d'un code Python 9
2.2 Identifiants et mots clés 10
2.2.1 Identifiants 10
2.2.2 Styles de nommage 10
2.2.3 Les mots réservés de Python 3 10
2.3 Notion d'expression 11
2.4 Les types de données entiers 11
2.4.1 Le type `int` 11
2.4.2 Le type `bool` 12
2.5 Les types de données flottants 12
2.5.1 Le type `float` 12
2.5.2 Le type `complex` 13
2.6 Variables et affectation 13
2.6.1 Les variables 13
2.6.2 L'affectation 13
2.6.3 Affecter n'est pas comparer ! 14
2.6.4 Les variantes de l'affectation 14
2.6.5 Les affectations (explications graphiques) 14
2.7 Les chaînes de caractères 14

2.7.1 Les chaînes de caractères : présentation 14
2.7.2 Les chaînes de caractères : opérations 15
2.7.3 Les chaînes de caractères : fonctions *vs* méthodes 15
2.7.4 Méthodes de test de l'état d'une chaîne `ch` 16
2.7.5 Méthodes retournant une nouvelle chaîne 16
2.7.6 Les chaînes de caractères : indiçage simple 17
2.7.7 Extraction de sous-chaînes 17
2.8 Les données binaires 18
2.9 Les entrées-sorties 19
2.9.1 Les entrées 20
2.9.2 Les sorties 20
2.9.3 Les séquences d'échappement 21

3 Le contrôle du flux d'instructions 23
3.1 Les instructions composées 23
3.2 Choisir 24
3.2.1 Choisir : `if - [elif] - [else]` 24
3.2.2 Syntaxe compacte d'une alternative 25
3.3 Boucler 25
3.3.1 Boucler : `while` 25
3.3.2 Parcourir : `for` 25
3.4 Ruptures de séquences 26
3.4.1 Interrompre une boucle : `break` 26
3.4.2 Court-circuiter une boucle : `continue` 26
3.4.3 Syntaxe complète des boucles 26
3.4.4 Exceptions 27

4 Les conteneurs standard 29
4.1 Les séquences 29
4.1.1 Qu'est-ce qu'une séquence ? 29
4.2 Les listes 29
4.2.1 Définition, syntaxe et exemples 29
4.2.2 Initialisations et tests 30
4.2.3 Méthodes 30
4.2.4 Manipulation des « tranche » 30
4.3 Les listes en intension 31
4.4 Les tuples 32
4.5 Retour sur les références 32
4.6 Les tableaux associatifs 33
4.6.1 Les types tableaux associatifs 33
4.6.2 Les dictionnaires (`dict`) 34
4.7 Les ensembles (`set`) 35
4.8 Les fichiers textuels 36
4.8.1 Les fichiers : introduction 36
4.8.2 Gestion des fichiers 36
4.9 Itérer sur les conteneurs 37
4.10 L'affichage formaté 38

5 Fonctions et espaces de noms **41**
5.1 Définition et syntaxe 41
5.2 Passage des arguments 43
5.2.1 Mécanisme général 43
5.2.2 Un ou plusieurs paramètres, pas de retour 43
5.2.3 Un ou plusieurs paramètres, utilisation du retour 43
5.2.4 Passage d'une fonction en paramètre 44
5.2.5 Paramètres avec valeur par défaut 44
5.2.6 Nombre d'arguments arbitraire : passage d'un tuple 45
5.2.7 Nombre d'arguments arbitraire : passage d'un dictionnaire 45
5.3 Espaces de noms 46
5.3.1 Portée des objets 46
5.3.2 Résolution des noms : règle *LGI* 46

6 Modules et packages **49**
6.1 Modules 49
6.1.1 Import d'un module 49
6.1.2 Exemples 50
6.2 Bibliothèque standard 51
6.2.1 La bibliothèque standard 51
6.3 Bibliothèques tierces 54
6.3.1 Une grande diversité 54
6.3.2 Un exemple : la bibliothèque `Unum` 54
6.4 Packages 55

7 La programmation Orientée Objet **57**
7.1 Insuffisance de l'approche procédurale 57
7.2 Terminologie 58
7.3 Classes et instanciation d'objets 59
7.3.1 L'instruction `class` 59
7.3.2 L'instanciation et ses attributs 59
7.3.3 Retour sur les espaces de noms 59
7.4 Méthodes 60
7.5 Méthodes spéciales 60
7.5.1 Les méthodes spéciales 60
7.5.2 L'initialisateur 60
7.5.3 Surcharge des opérateurs 61
7.5.4 Exemple de surcharge 61
7.6 Héritage et polymorphisme 61
7.6.1 Héritage et polymorphisme 61
7.6.2 Exemple d'héritage et de polymorphisme 62
7.7 Retour sur l'exemple initial 62
7.7.1 La classe `Cercle` : conception 62
7.7.2 La classe `Cercle` 62
7.8 Notion de Conception Orientée Objet 64
7.8.1 Composition 64
7.8.2 Dérivation 65

8 Techniques avancées **67**
8.1 Techniques procédurales . . . 67
8.1.1 Améliorer la documentation . . . 67
8.1.2 Faire des menus avec un dictionnaire . . . 68
8.1.3 Les fonctions récursives . . . 69
8.1.4 Les générateurs et les expressions génératrices . . . 71
8.1.5 Les fonctions incluses . . . 72
8.1.6 Les décorateurs . . . 73
8.2 Techniques objets . . . 73
8.2.1 `__slots__` et `__dict__` . . . 73
8.2.2 Functor . . . 74
8.2.3 Les gestionnaires de contexte . . . 74
8.3 Techniques fonctionnelles . . . 75
8.3.1 Directive `lambda` . . . 75
8.3.2 Les fonctions `map`, `filter` et `reduce` . . . 75
8.3.3 Les applications partielles de fonctions . . . 77

9 La programmation « OO » graphique **79**
9.1 Programmes pilotés par des événements . . . 79
9.2 La bibliothèque `tkinter` . . . 79
9.2.1 Les widgets de `tkinter` . . . 79
9.2.2 Le positionnement des widgets . . . 81
9.3 Deux exemples . . . 81
9.3.1 `tkPhone`, un exemple sans menu . . . 81
9.3.2 `IDLE`, un exemple avec menu . . . 85

10 Notion de développement agile **87**
10.1 Les tests . . . 87
10.1.1 Tests unitaires et tests fonctionnels . . . 88
10.1.2 Le développement dirigé par les tests . . . 88
10.2 La documentation . . . 89
10.2.1 Le format reST . . . 90
10.2.2 Le module `doctest` . . . 93
10.2.3 Le développement dirigé par la documentation . . . 96

A Interlude **101**

B Jeux de caractères et encodage **104**

C Les fonctions logiques **108**

D Les bases arithmétiques **109**

E Les fonctions de hachage **110**

F Exercices corrigés **112**

G Ressources **125**

Colophon **127**

Table des figures

1.1 Chaîne de compilation 5
1.2 Technique de l'interprétation 6
1.3 Interprétation du bytecode compilé 6

2.1 La boucle d'évaluation de IDLE 9
2.2 L'affectation illustrée. 15
2.3 L'indiçage d'une chaîne. 18
2.4 Extraction de sous-chaînes. 18
2.5 Codes, glyphes, caractères et octets. 19
2.6 Les entrées-sorties. 20
2.7 Utilisation des séquences d'échappement 21

3.1 Les instructions composées. 24

4.1 Assignation augmentée d'un objet non modifiable. 33
4.2 Assignation augmentée d'un objet modifiable. 34
4.3 Opérations sur les ensembles 35

5.1 Les avantages de l'utilisation des fonctions 42
5.2 Passage des arguments par affectation. 43
5.3 Règle LGI 46

7.1 Conception UML de la classe `Cercle`. 62

8.1 Empilage/dépilage de 4 ! 70
8.2 Application partielle d'un widget 77

9.1 Deux styles de programmation. 80
9.2 Un exemple simple 80
9.3 tkPhone. 81
9.4 IDLE. 86

10.1 exemple de sortie au format HTML. 92
10.2 Exécution du script `doctest1.py`. 94
10.3 Exécution du script `doctest2.py`. 95
10.4 Exécution du script `example.py`. 97
10.5 Documentation du script `doctest2.py`. 98
10.6 Documentation du script `example.py`. 99

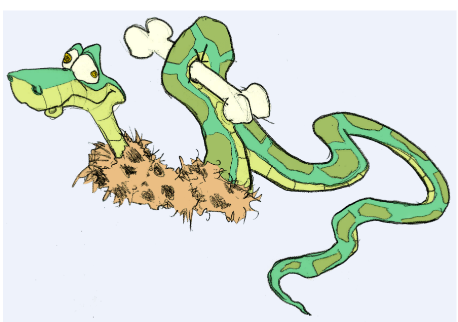
B.1 Table ASCII. 104
B.2 Extrait de la table Unicode. 105

B.3 Le jeu de caractères cp1252. 106

E.1 Le principe du hachage 110
E.2 Hachage des clés d'un dictionnaire. 111

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
- **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

- 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 collecteur*)
  - 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 permanente (dite *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 (interprèteur 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

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-là) doit être expliquée par un commentaire.
Un commentaire commence par le caractère # et s'étend jusqu'à la fin de la ligne :

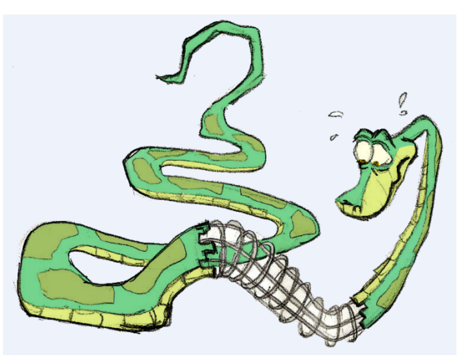
```
#---------------------
# Voici un commentaire
#---------------------

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 définis 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 the 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 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)

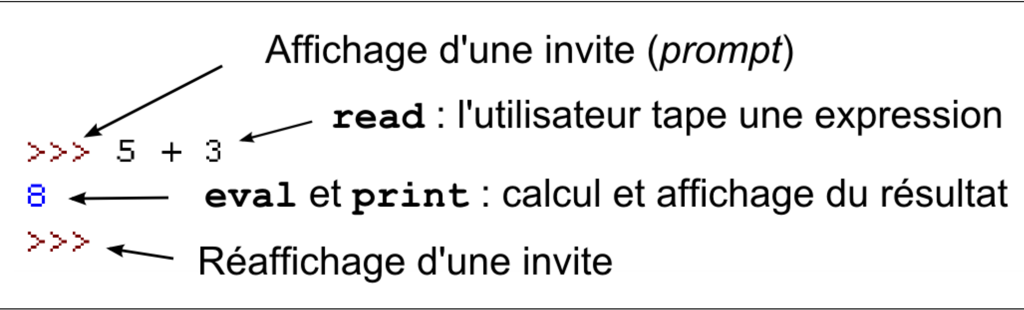


Figure 2.1 – La boucle d'évaluation de IDLE

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 valide 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. p. 104 , 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 Styles de nommage

Il est important d'utiliser une politique cohérente de nommage des identifiants. Voici les styles préconisés :

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

Exemples :

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

2.2.3 Les mots réservés de Python 3

La version 3.1.1 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. 109) :

```
>>> 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.

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. 108), on remarque que :
  - dès qu'un premier membre à 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 à 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. 108) a deux valeurs possibles : `False` ou `True`.

Python attribut à une expression booléennes 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+0.707106781187j)
```

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 situé 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
```

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.

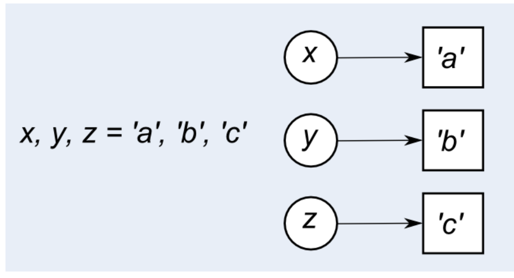
Les affectations **relient** les identificateurs aux données : si une donnée en mémoire n'est plus reliée, le ramasse-miettes (*garbage collector*) de Python la supprime automatiquement :

2.7 Les chaînes de caractères

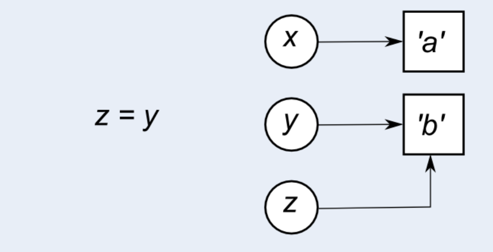
2.7.1 Les chaînes de caractères : présentation

Définition

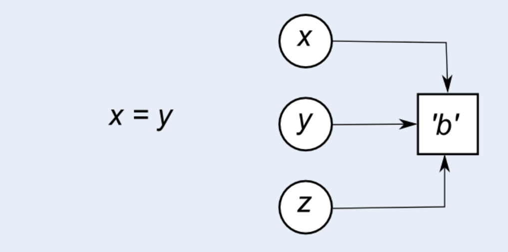
Le type de données non modifiable `str` représente une séquence de caractères Unicode.
Non modifiable signifie qu'une donnée, une fois crée en mémoire, ne pourra plus être changée.



(a) Trois affectations



(b) La donnée 'c' est supprimée



(c) La donnée 'a' est supprimée

FIGURE 2.2 – L'affectation illustrée.

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 booléennes, 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 toute 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'indice 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 pas 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 : indiçage simple

Pour indicer une chaîne, on utilise l'opérateur `[]` dans lequel l'**indice**, 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
```

2.7.7 Extraction de sous-chaînes

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

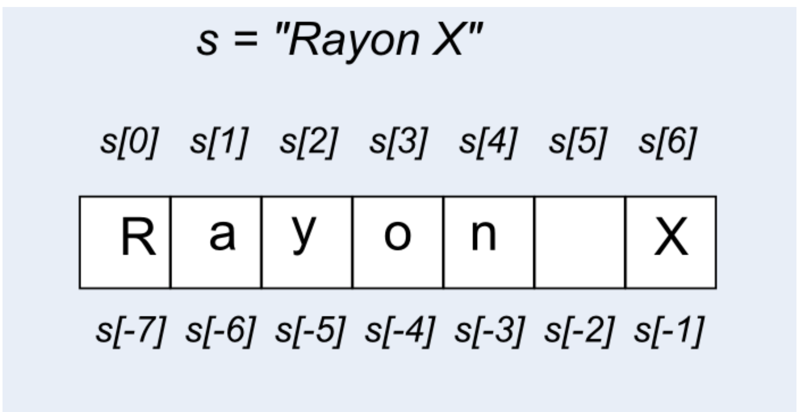


FIGURE 2.3 – L'indiçage d'une chaîne.

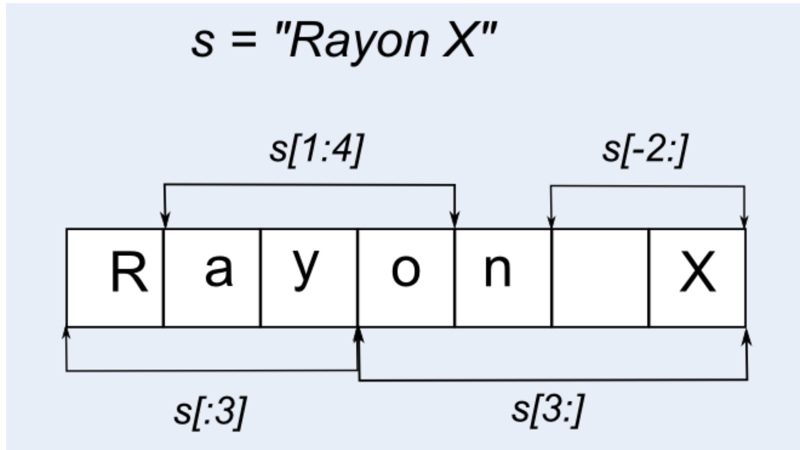


FIGURE 2.4 – Extraction de sous-chaînes.

```
s = "Rayon X"  # len(s) ==> 7
s[1:4]     # 'ayo' (de l'indice 1 compris à 4 non compris)
s[-2:]     # ' X' (de l'indice -2 compris à la fin)
s[:3]      # 'Ray' (du début à 3 non compris)
s[3:]      # 'on X' (de l'indice 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 : byte
print(b_mot)           # b'Animal'
for b in b_mot:
    print(b, end=" ") # 65 110 105 109 97 108 (cf. table ASCII)

bMot = bytearray(bMot)
b_mot.pop()
print(b_mot, "\n")     # bytearray(b'Anima')
# méthodes
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)

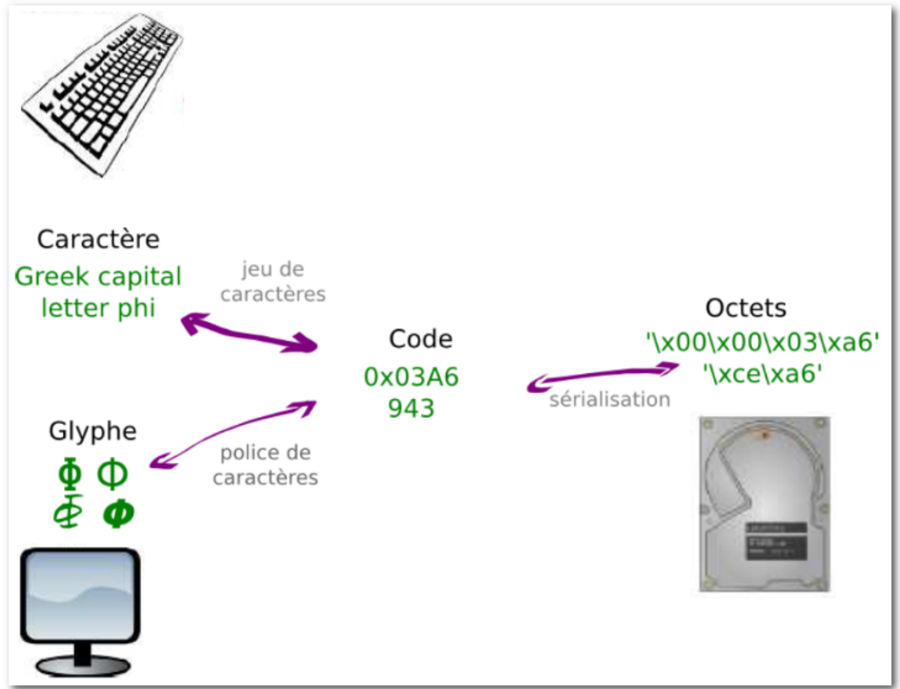


FIGURE 2.5 – Codes, glyphes, caractères et octets.

2.9 Les entrées-sorties

L'utilisateur à 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 informations, 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.

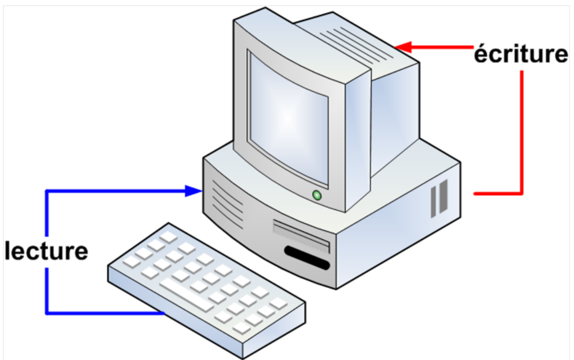


FIGURE 2.6 – Les entrées-sorties.

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 :

D:\Pythiut3\CL2\Src\2_067.py - Sc1

File Edit Search View Tools Options Language Buffers Help

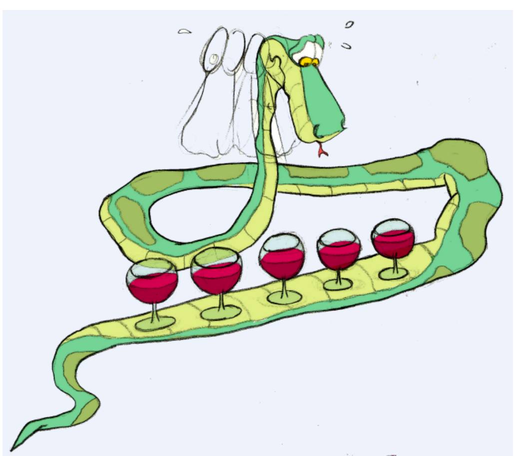
1 2_067.py

```
print("\N{pound sign} \u00A3 \U000000A3")    # £ £ £

print("d \144 \x64")     # d d d
# séquence d'échapement inactive dans les chaînes brutes :
print(r"d \144 \x64")    # d \144 \x64
```

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).

```
Bloc_1
sit amet est et sapien
Ligne_entete :
    Bloc_2
    senectus et netus et
    Ligne_entete :
        Bloc_3
        constur adipiscing elit
    Bloc_2 (suite)
    lorem ipsum dolor sit
Bloc_1 (suite)
sed do eiusmod tempor
```

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 peur 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.

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]")
```

Syntaxe complète d'une exception :

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

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 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 indicés par des entiers.

Python dispose de trois types prédéfinis de séquences :

- les chaînes (vues précédemment) ;
- les listes ;
- les tuples.

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.

```
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 « tranche »

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 :

$\{x^2|x \in [2, 10]\} \Rightarrow$ `[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 dee 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

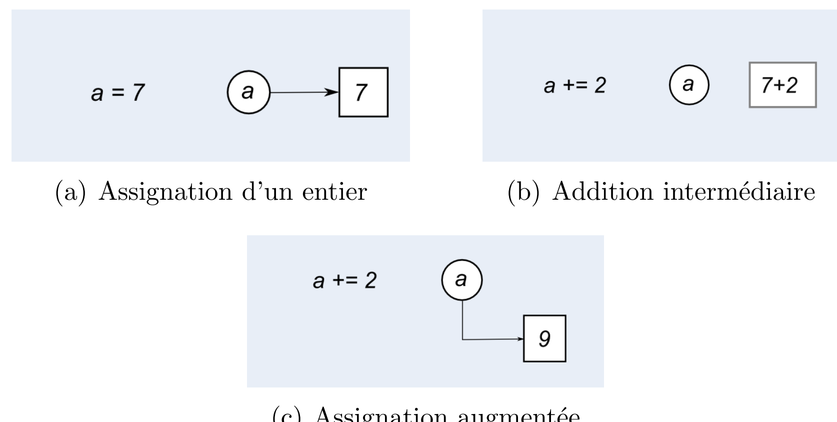
Nous avons déjà vu que l'opération d'affectation, apparemment innocente, est une réelle difficulté de Python.

```
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 :



(a) Assignation d'un entier (b) Addition intermédiaire

(c) Assignation augmentée

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

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

phrase[4] = "casse"

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

Si l'on désire réaliser une *vraie* copie 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

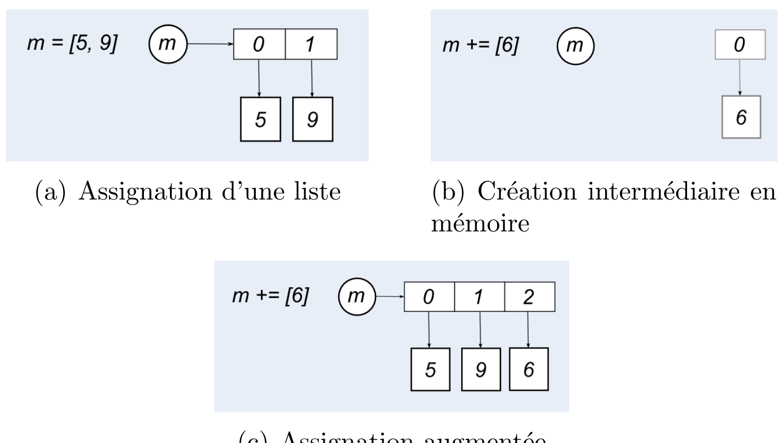
Assignation augmentée d'un objet non modifiable (cas d'un entier : Fig. 4.1).
On a représenté en gris clair l'addition intermédiaire :
Assignation augmentée d'un objet modifiable (cas d'une liste : Fig. 4.2) :
On a représenté en gris clair la création de la liste intermédiaire :

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.



(a) Assignation d'une liste

(b) Création intermédiaire en mémoire

(c) Assignation augmentée

FIGURE 4.2 – Assignation augmentée d'un objet modifiable.

Il possède les caractéristiques suivantes :
- l'opérateur d'appartenance d'une clé (`in`) ;
- la fonction taille (`len()`) donnant le nombre de couples stockés ;
- 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. 110).

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.

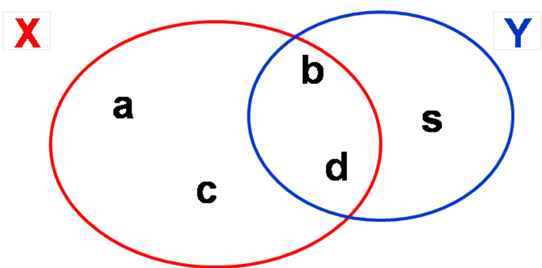


Figure 4.3 – Opérations sur les ensembles

```
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") # en lecture
f2 = open("monFichier_2", "w") # en écriture
f3 = open("monFichier_3", "a") # en ajout
```

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

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
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("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 `str()` et `repr()` :

```
print("{0!s}  {0!r}".format("Une chaîne"))
# Une chaîne  'Une chaîne'
```

Formatages numériques :

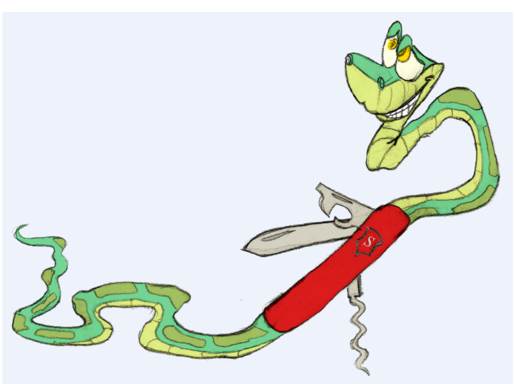
```
n = 100
pi = 3.1415926535897931

print("{0}, et {1}".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 : {:4.2f}".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

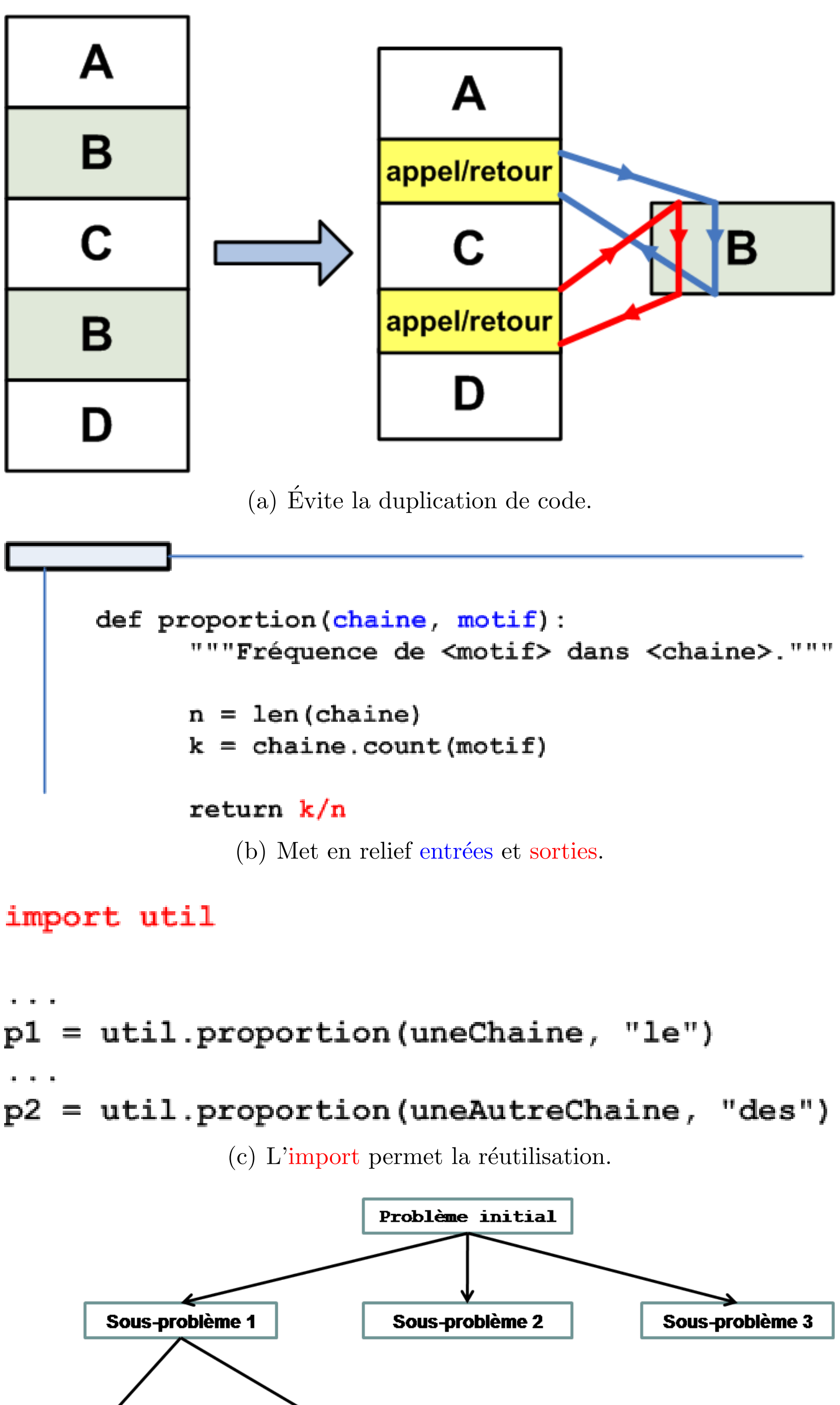
Groupe d'instructions regroupé sous un *nom* (*définition*) et s'exécutant à la demande (*appel*).

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.

(b) Met en relief entrées et sorties.

(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) :

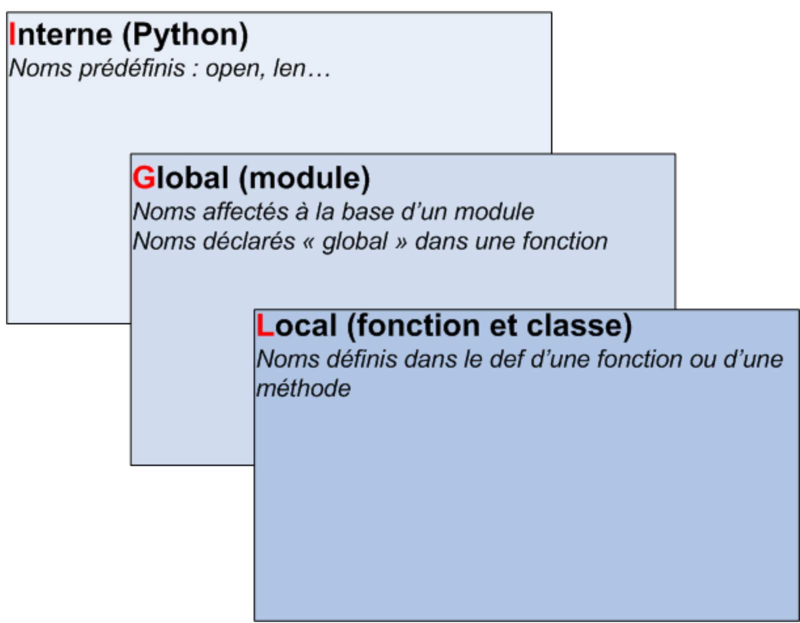


FIGURE 5.3 – Règle LGI

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'indice 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

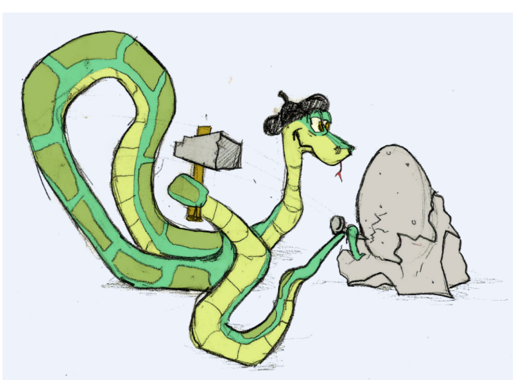
Définition

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 (c'est-à-dire empaquette) 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()`.

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 (polymorphisme) et Python s'adaptera dynamiquement, dès l'affectation.

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

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.

```
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`

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).

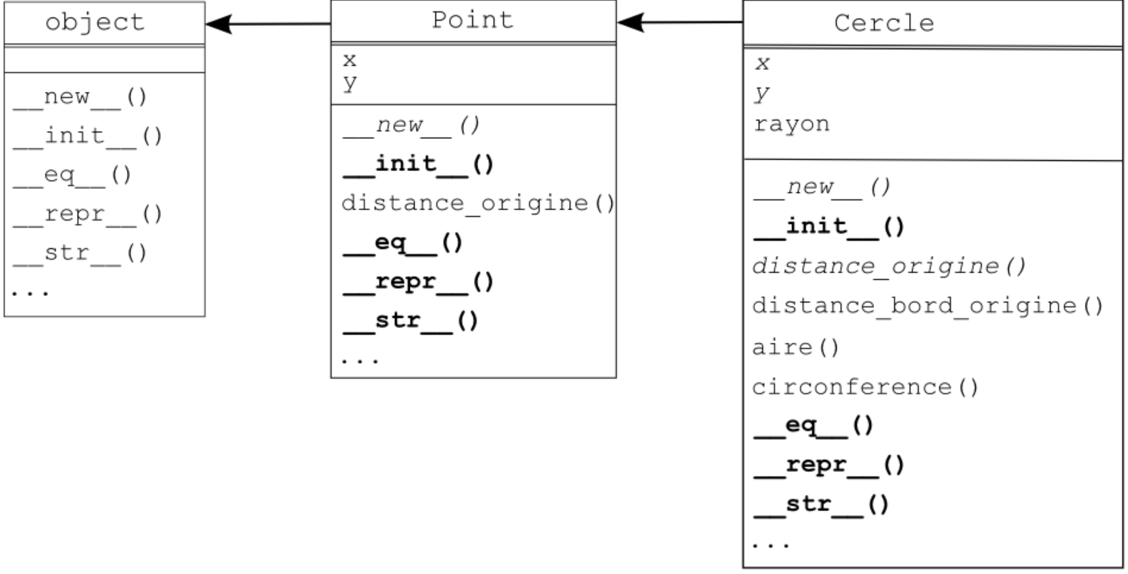


FIGURE 7.1 – Conception UML de la classe `Cercle`.

7.7.2 La classe `Cercle`

Voici le code de la classe `Point` :

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

```
class Point:

    def __init__(self, x=0, y=0):
        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*.

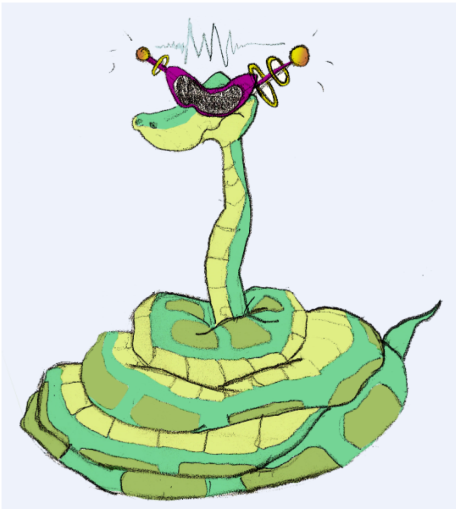
L'implémentation Python utilisée est généralement l'appel dans le constructeur de la classe dérivée du constructeur de la classe parente, soit nommément, soit grâce à l'instruction `super`.

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.
L.reverse() -- reverse *IN PLACE*
```

1. Cf. [B6] p. 126

```
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] :

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

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* : $n! = n\,(n-1)\,(n-2)\ldots \times 2 \times 1$.

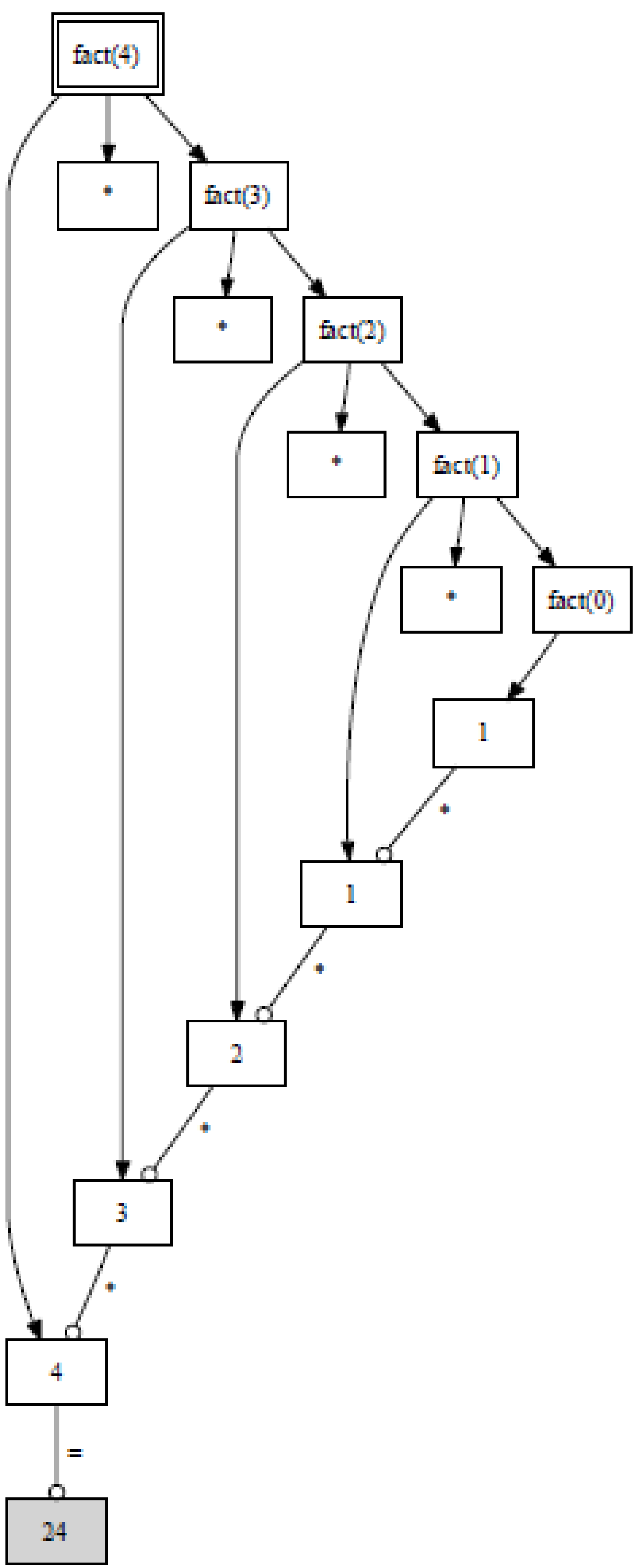


FIGURE 8.1 – Empilage/dépilage de 4 !

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 terme de mémoire) que le calcul, par exemple, d'une énorme list 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. Distingons deux cas d'emploie :

- 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

Remarque

☞ On utilise un décorateur lorsqu'on a besoin d'effectuer un prétraitement lors de l'appel d'une fonction.

Soit le prétraitement suivant :

```
def pretraitement(fonction):
    fonction.__doc__ += "(fonction décorée)."
    return fonction

def traitement():
    """ma fonction """
    print("traitement")

traitement = pretraitement(traitement)
print(traitement.__doc__) # ma fonction (fonction décorée).
```

Nous obtenons le même résultat en utilisant un décorateur :

```
def pretraitement(fonction):
    fonction.__doc__ += "(fonction décorée)."
    return fonction

@pretraitement
def traitement():
    """ma fonction """
    print("traitement")

print(traitement.__doc__) # ma fonction (fonction décorée).
```

Enfin il est possible d'enchaîner les décorateurs (à l'image de la composition des fonctions en mathématique) :

```
@f1 @f2 @f3
def fonction():
    pass
# Notation équivalente à : fonction = f1(f2(f3(fonction)))
```

8.2 Techniques objets

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

8.2.3 Les gestionnaires de contexte

Les gestionnaires de contexte simplifient nos codes en assurant que certaines opérations sont effectuées avant et après un bloc d'instruction donné.

Syntaxe

✎ On utilise l'instruction `with`

.

```
with <expression> as <variable>:
    <instructions>
```

Une utilisation classique est d'assurer la fermeture d'un fichier :

1. *callable* en anglais.

```
with open("hello.txt") as f:
    for line in f:
        print line
```

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"
```

Dans la présentation des interfaces graphiques, on verra que les *callbacks* sont souvent codés ainsi.

```
f = lambda x=1, y=1, z=0: 3*x + 2*y - z
print(f())              # 5

def make_increment(n):
    return lambda x: x + n

f2, f6 = make_increment(2), make_increment(6)
print(f2(42), f6(42))    # 44 48

lc = [lambda x: x**2, lambda x: x**3, lambda x: x**4]
for f in lc:
    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].

1. Cf. Wikipedia
2. Idem

La programmation fonctionnelle repose sur trois concepts : *mapping*, *filtering* et *reducing* qui sont implémentésen 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 :

```
>>> 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 redéfinie 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.

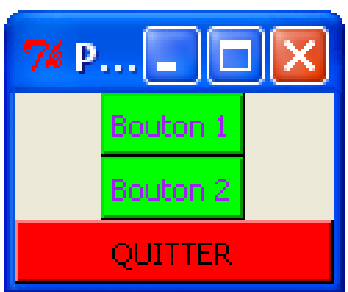
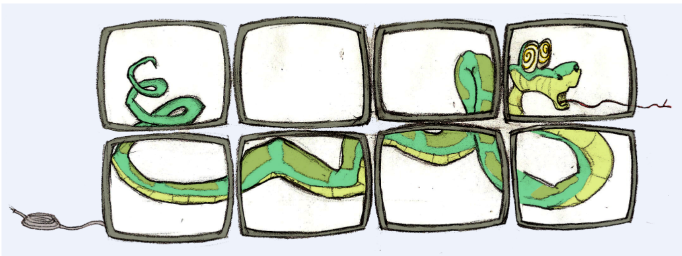


FIGURE 8.2 – Application partielle d'un widget

Chapitre 9

La programmation « OO » graphique



Très utilisée dans les systèmes d'exploitation et dans las 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)

9.2 La bibliothèque tkinter

Un exemple 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
```

9.2.1 Les widgets de tkinter

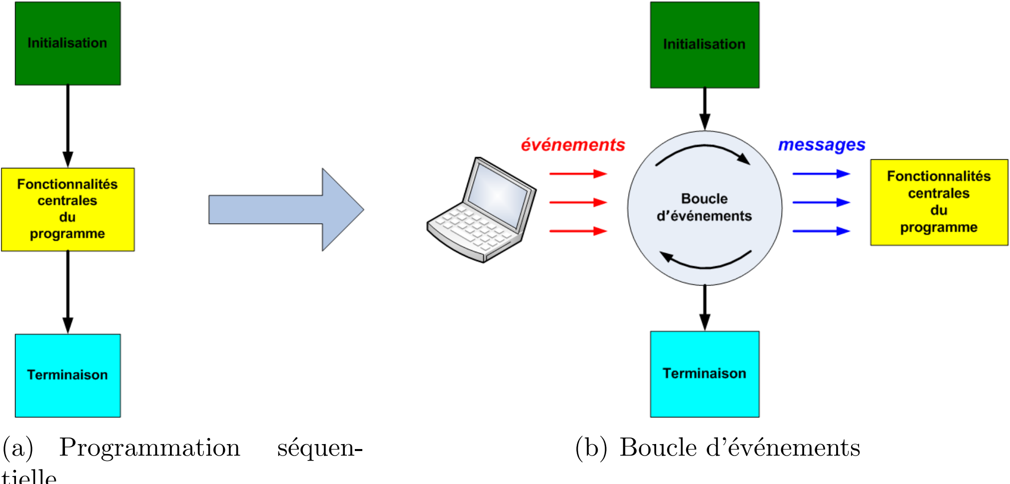
Définition

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



(a) Programmation séquentielle

(b) Boucle d'événements

FIGURE 9.1 – Deux styles de programmation.

FIGURE 9.2 – Un exemple simple

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

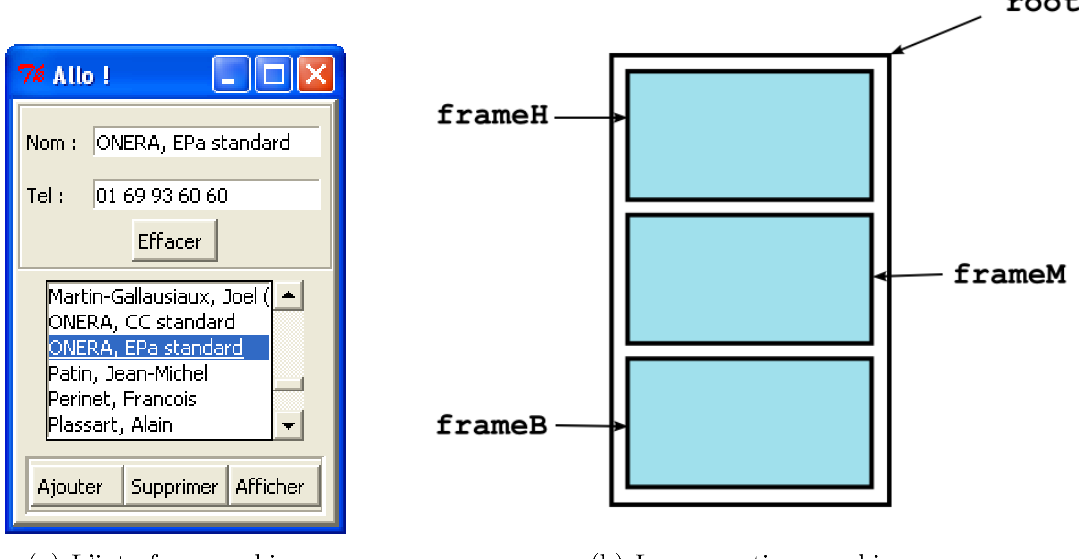
OptionMenu liste déroulante

ScrolledText widget `Text` avec ascenseur

PanedWindow interface à onglets

LabelFrame contenant avec un cadre et un titre

Spinbox un widget de sélection multiple



(a) L'interface graphique. (b) La conception graphique.

FIGURE 9.3 – tkPhone.

9.2.2 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 toute trois incluses dans une instance de `Tk()` (cf. conception Fig. 9.3).

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...

Python Shell

File Edit Shell Debug Options Windows Help

```
Python 3.1.1 (r311:74483, Aug 17 2009, 17:02:12) [MSC v.150
0 32 bit (Intel)] on win32
Type "copyright", "credits" or "license()" for more informa
tion.
>>> def somme(a, b):
        return a+b

>>> somme(21, 53)
74
>>> 
```

Ln: 8 Col: 4

(a) L'interpréteur d'IDLE

idle.pyw - C:\Python31\Lib\idlelib\idle.pyw

File Edit Format Run Options Windows Help

```
try:
    import idlelib.PyShell
except ImportError:
    # IDLE is not installed, but maybe PyShell is on sys.path:
    try:
        from . import PyShell
    except ImportError:
        raise
    else:
        import os
        idledir = os.path.dirname(os.path.abspath(PyShell.__file__))
        if idledir != os.getcwd():
            # We're not in the IDLE directory, help the subprocess find run.py
            pypath = os.environ.get('PYTHONPATH', '')
            if pypath:
                os.environ['PYTHONPATH'] = pypath + ':' + idledir
            else:
                os.environ['PYTHONPATH'] = idledir
        PyShell.main()
else:
    idlelib.PyShell.main()
```

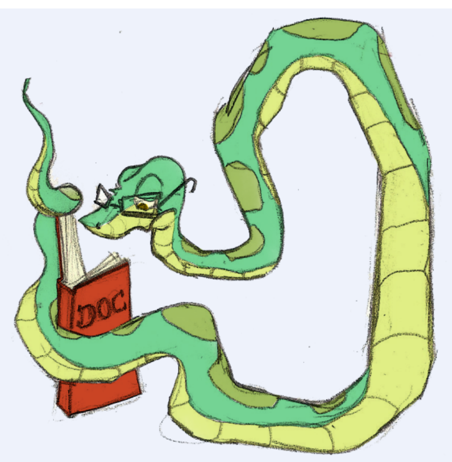
Ln: 1 Col: 0

(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`, outils 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
```

1. Cf. [B6] p. 126

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

1. Cf. [B6] p. 126

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

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

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

======= ======= =======
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"

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, et 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 illusté 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 :
```

```
----------- 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.

```
    >>> 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...

    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 illusté 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):
```

```
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.

```
    """Return the factorial of n, an exact integer >= 0.

    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 illusté 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.
```

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

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

1. Cf. [B6] p. 126

```
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`.

La documentation de ce fichier est illusté Fig. 10.5.

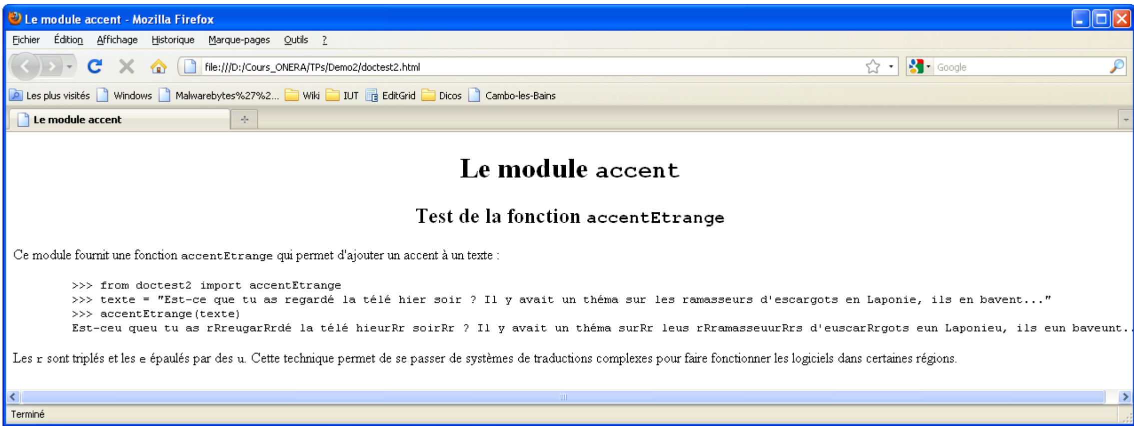


FIGURE 10.5 – Documentation du script `doctest2.py`.

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 illusté Fig. 10.6.

1. Cf. [B6] p. 126

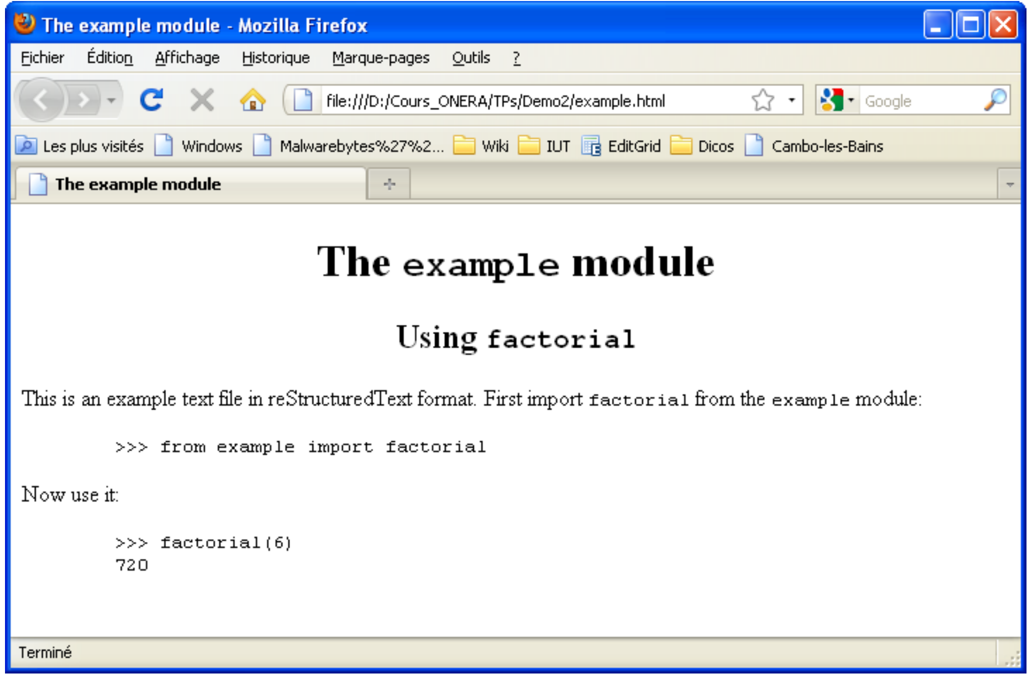


FIGURE 10.6 – Documentation du script `example.py`.

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. 4

Le Graal de Python [1] !

ARTHUR:

Lancelot ! Lancelot ! Lancelot !
[mégaphone de police]
Lanceloooooooooot !

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. 126

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

Jeux de caractères et encodage

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 :

Symbole $\longleftrightarrow$ Nombre

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

American Standard Code for Information Interchange

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

Aucune des tables de caractères n'était suffisante pour couvrir les besoins mondiaux jusqu'à l'adoption d'un standard international : l'Unicode, surensemble de tous les jeux de caractères existants. La figure B.2 présente un extrait de cette table comportant des millions de codes.

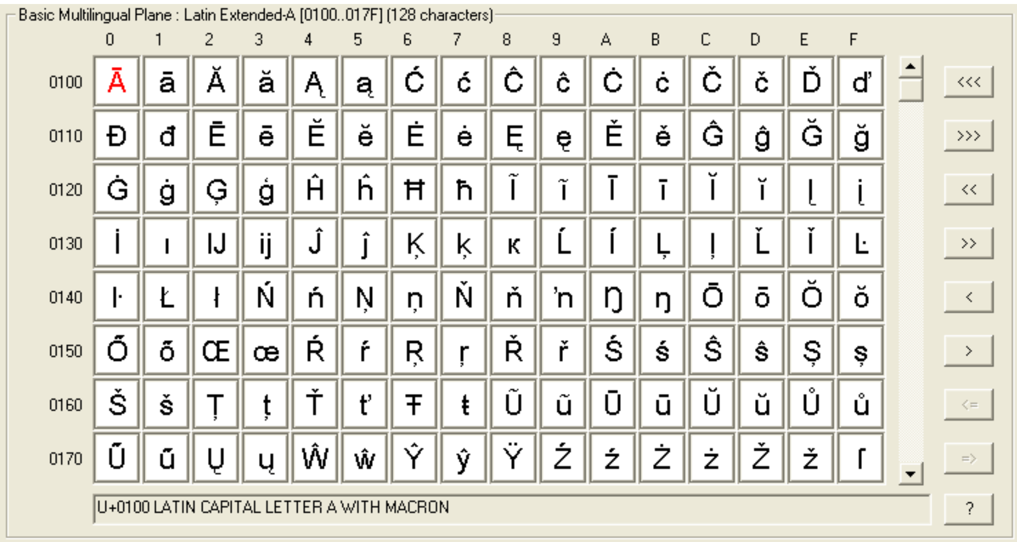


FIGURE B.2 – Extrait de la table Unicode.

Encodage

Après avoir collecté tous les symboles et y avoir associé un nombre, il reste a 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 $\longleftrightarrow$ **Nombre** $\longleftrightarrow$ **Bits**

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

`é` $\longleftrightarrow$ **233** $\longleftrightarrow$ `C3 A9`

Applications pratiques

Connaître le jeu de caractères utilisé par votre système

```
import sys
print(sys.stdout.encoding) # cp1252 (Windows XP/SciTE)
```

1. Retour chap. 2 identifiants, p. 10

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.

Précisez le jeu de caractères en 1re ou 2e ligne de vos scripts

```
# -*- coding: cp1252 -*-

ma_chaine = "Où est Dédé ? Au bac à çable !"
print(ma_chaine)  # Où est Dédé ? Au bac à çable !
```

Éviter les erreurs Unicode

Pour éviter les erreurs Unicode, convertissez toujours au moment des entrées-sorties :

- lors de la réception de données « de l'extérieur », passer des octets à l'Unicode (décodage) ;
- lors de l'envoie de données « vers l'extérieur », passer de l'Unicode aux octets (encodage).

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. 12

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. 11

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) :

$$f : \{0,1\}^* \to \{0,1\}^k$$

où f applique l'ensemble des séquences binaires : $\{0,1\}^* = \{\varnothing, 0, 1, 10, 11, 100, 101, ...\}$ 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*.

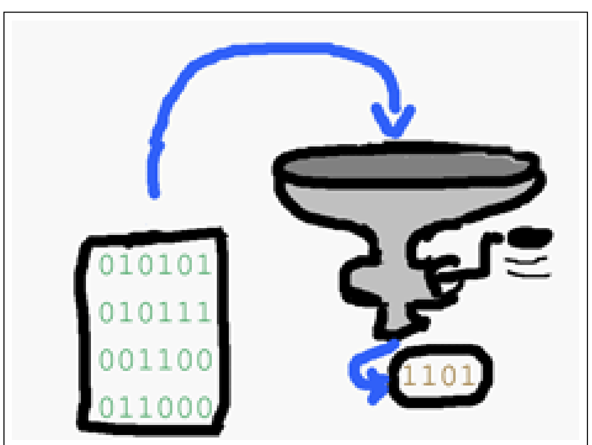


Figure E.1 – Le principe du hachage

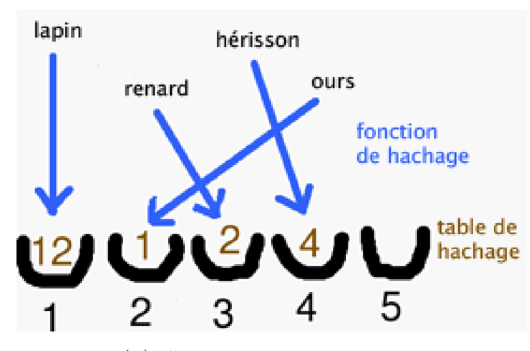
Réalisation pratique

Il faut résoudre deux problèmes :

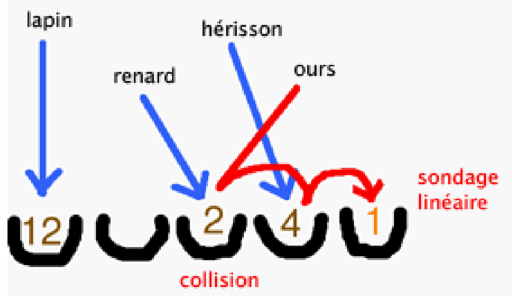
- diminuer le nombre de collisions en choisissant une séquence binaire assez longue. Avec, par exemple, $k = 512$, on obtient 2^{512} soit environ 10^{154} cellules disponibles.
- gérer les collisions restantes par un algorithmes approprié.

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 crochet 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. 34

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 1 chien, 5 points pour une vache et 10 points pour un ami. Le permis coûte 200 euros.

   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'indice 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 $0 \leqslant n < (a - 1)$, 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 proprriété 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: Latin-1 -*-
"""Volume d'un cône."""

# 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: Latin-1 -*-
"""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: Latin-1 -*-
"""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: Latin-1 -*-
"""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: Latin-1 -*-
"""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: Latin-1 -*-
"""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: Latin-1 -*-
"""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: Latin-1 -*-
"""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: Latin-1 -*-
"""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: Latin-1 -*-
"""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: Latin-1 -*-
"""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: Latin-1 -*-
"""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'indice 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: Latin-1 -*-
"""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: Latin-1 -*-
"""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: Latin-1-*-
"""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: Latin-1 -*-
"""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: latin-1 -*-
"""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: Latin-1 -*-
"""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: Latin-1 -*-
"""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: Latin-1 -*-
"""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: Latin-1 -*-
"""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: Latin-1 -*-
"""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/
- Le lien des liens :
  www.limsi.fr/Individu/pointal/python.html

Bibliographie

[B1] Swinnen, Gérard, *Apprendre à programmer avec Python*, Eyrolles, 3e édition, 2009.

[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.

Colophon

Ce texte a été composé grâce au logiciel LaTeX sous l'éditeur TeXnicCenter. La distribution utilisée est MiKTeX, version 2.8.
Le corps du texte est en police vectorielle **aeguill**, les exemples de code en police `Typewriter` et le programme **Inkscape** a permi de dessiner les illustrations.