

Version 3



Table des matières

1	Pourquoi Python ?	2
2	Un programme Python	3
3	Variables	3
4	Valeurs et types de base	4
5	Structures de contrôle – Instructions, Conditions & Itérations	4
6	Structures de contrôle – Itérations	4
7	Opérateurs arithmétiques et logiques	4
8	Gestion des caractères	5
	Gestion des caractères : représentation interne et table de codage	
	Gestion des caractères : avec ou sans codage	
	Représentation d'un octet sous forme hexadécimale	
	Gestion des accents : unicode et le codage UTF-8	
	Python et l'UTF-8 : chaîne de caractères vs chaîne d'octets	
	Opérations sur les chaînes de caractères et chaîne d'octets	
	Formater des données dans une chaîne de caractères	
9	Listes	8
	Listes — Exemples d'utilisation	
	Listes — Utilisation comme «pile» et «file»	
	Accès aux éléments d'une liste ou d'un tuple : accès direct ou parcours	
	Utilisation avancée des listes	

	Utilisation avancée : création d'une liste à partir d'une autre	
	Utilisation avancée : opérateur ternaire	
	Tableau & liste modifiable	
	Accès par indice aux éléments d'une chaîne	
10	Dictionnaires	10
	Utilisation des listes et dictionnaires	
11	Modules et espace de nom	11
12	Sorties écran	11
13	Entrées clavier	12
14	Conversions de types	12
	Autres conversions : la notation hexadécimale	
15	Quelques remarques	13
16	Gestion des erreurs & exceptions	13
17	Fichiers : création	13
	Fichiers : UTF-8 vs octets	
	Fichiers : lecture par ligne	
	Fichiers : lecture caractère par caractère, ajout et positionnement	
	Manipulation de données structurées compactes	
18	Expressions régulières ou <i>expressions rationnelles</i>	15
	Expressions régulières en Python	
	ER – Compléments : gestion du motif	
	ER – Compléments : éclatement et recomposition	
19	Fonctions : définition & arguments	16

Fonctions : valeur de retour & λ -fonction

20	Contrôle d'erreur à l'exécution	17
21	Génération de valeurs aléatoires : le module <code>random</code>	17
22	Intégration dans Unix : l'écriture de <i>Script système</i>	17
23	Gestion de processus : lancer une commande externe et récupérer son résultat	17
	Gestion de processus : création d'un second processus	
24	Programmation Socket: protocole TCP	18
	Modèle «client/serveur» avec TCP	
	Programmation Socket: client TCP	
	Programmation Socket: serveur TCP	
	Programmation Socket: TCP & bufférisation	
	Programmation Socket: lecture par ligne	
	Programmation socket: gestion par événement	
	Programmation socket: <code>select()</code>	
25	Programmation socket: le protocole UDP	21
26	Multithreading – Threads	21
	Multithreading – Sémaphores	
27	Manipulations avancées : serveur Web intégré	21
	Manipulations avancées : traitement de données au format JSON	
	Manipulations avancées : système de fichier	
	Manipulations avancées : broadcast UDP, obtenir son adresse IP, Scapy	
	Manipulations avancées : programmation objet, classe et introspection	
	Intégration Unix : les options en ligne de commande : le module <code>optparse</code>	

28	Débogage : utilisation du mode interactif	23
	Débogage avec le module «pdb», «Python Debugger»	
	Surveiller l'exécution, la «journalisation» : le module <code>logging</code>	
29	Index	24

1 Pourquoi Python ?

Parce qu'il est :

- * **portable** : disponible sous toutes les plate-formes (de Unix à Windows, en passant par des systèmes embarqués avec MicroPython) ;
- * **simple** : possède une **syntaxe claire**, privilégiant la lisibilité, libérée de celle de C/C++ ;
- * **riche** : incorpore de nombreuses capacités tirées de différents modèles de programmation :
 - ◊ **programmation impérative** : *structure de contrôle, manipulation de nombres comme les flottants, doubles, complexe, de structures complexes comme les tableaux, les dictionnaires, etc.*
 - ◊ **langages de script** : *accès au système, manipulation de processus, de l'arborescence fichier, d'expressions rationnelles, etc.*
 - ◊ **programmation fonctionnelle** : *les fonctions sont dites «fonction de première classe», car elles peuvent être fournies comme argument d'une autre fonction, il dispose aussi de lambda expression (fonction anonyme), de générateur etc.*
 - ◊ **programmation asynchrone** : boucle d'événement, co-routines et E/S asynchrones ;
 - ◊ **programmation orienté objet** : *définition de classe, héritage multiple, introspection (consultation du type, des méthodes proposées), ajout/retrait dynamique de classes, de méthode, compilation dynamique de code, délégation ("duck typing"), passivation/activation, surcharge d'opérateurs, etc.*

Pourquoi Python ? Ses caractéristiques

Il est :

- * *dynamique* : il n'est pas nécessaire de déclarer le type d'une variable dans le source : elle sert à référencer une donnée dont le type est connu lors de l'exécution du programme ;
- * *fortement typé* : les types sont toujours appliqués (un entier ne peut être considéré comme une chaîne sans conversion explicite, une variable possède un type lors de son affectation).
- * *compilé/interprété* : le source est compilé en *bytecode* à la manière de Java (pouvant être sauvegardé) puis exécuté sur une machine virtuelle ;
- * *interactif*: en exécutant l'interprète, on peut entrer des commandes, obtenir des résultats, *travailler* sans avoir à écrire un source au préalable.

Il dispose d'une **gestion automatique de la mémoire** ("garbage collector").

Il dispose de nombreuses bibliothèques : interface graphique (TkInter), développement Web (Web-Sockets HTML5, templating avec Django), inter-opérabilité avec des BDs (SQL et NoSQL), des middlewares objets (SOAP/COM/CORBA/AJAX), de micro-services avec Flask/Bottle et Nginx, d'analyse réseau (SCAPY), manipulation d'XML, JSON etc.

Il existe même des compilateurs vers C, CPython, vers la machine virtuelle Java (Jython), vers .NET (IronPython) !

Il est utilisé comme langage de script dans PaintShopPro, Blender3d, Autocad, Labview, etc.

Pourquoi Python ? Ses usages

- ▷ Il permet de faire du prototypage d'applications.
- ▷ C'est un langage «agile», adapté à l'eXtreme programming :
 - « Personnes et interaction plutôt que processus et outils »
 - « Logiciel fonctionnel plutôt que documentation complète »
 - « Collaboration avec le client plutôt que négociation de contrat »
 - « Réagir au changement plutôt que suivre un plan »
- Intégrer de nombreux mécanismes de contrôle d'erreur (exception, assertion), de test (pour éviter les régressions, valider le code, ...).
- ▷ Il existe une version légère, MicroPython, pour l'embarqué et l'IoT, «*Internet of Things*» ;
- ▷ Et il permet de faire de la **programmation réseaux** !

Dans le cadre du module Réseaux avancés I

Les éléments combinés que sont: la gestion des expressions rationnelles, la programmation socket et l'utilisation de certaines classes d'objets nous permettrons de faire efficacement et rapidement des applications réseaux conforme à différents protocoles de communication.

Remarques

La programmation objet ne sera pas obligatoire.

L'utilisation de bibliothèques pour résoudre les problèmes de TPs est formellement déconseillée pour le départ !

2 Un programme Python

Mode interactif

Sur tout Unix, Python est disponible, il est intégré dans les commandes de base du système.

Sous la ligne de commande (*shell*), il suffit de lancer la commande «`python3`» pour passer en mode interactif : entrer du code et en obtenir l'exécution, utiliser les fonctions intégrées (*builtins*), charger des bibliothèques etc

```
□ — xterm —
pef@borg:~$ python3
Python 3.7.3 (default, Apr  3 2019, 05:39:12)
[GCC 8.3.0] on linux
Type "help", "copyright", "credits" or "license" for more information.
>>> 10+20
30
>>> _
30
>>> _*2
60
>>>
>>> help()
```

La variable «`_`» mémorise **automatiquement** le résultat obtenu précédemment.

L'utilisation répétée de la touche «tabulation» permet de **compléter** le nom des éléments dans l'interprète :

```
□ — xterm —
>>> h[tab→][tab→]
hasattr(  hash(      help(      hex(
>>> h
```

Documentation

Sous ce mode interactif, il est possible d'obtenir de la documentation en appelant la fonction `help()`, puis en entrant l'identifiant de la fonction ou de la méthode.

La documentation complète du langage est disponible sur le réseau à <http://docs.python.org/>.

Un programme Python

Écriture de code et exécution

L'extension par défaut d'un source Python est «.py» («.pyc» correspond à la version compilée).

Pour exécuter un source python (compilation et exécution sont simultanées), deux méthodes :

1. en appelant l'interprète Python de l'extérieur du programme :

```
□ — xterm —  
$ python3 mon_source.py
```

prompt du shell

2. en appelant l'interprète Python de l'intérieur du programme :

- ◊ on rend le source exécutable, comme un script sous Unix :

```
□ — xterm —  
$ chmod +x mon_source.py
```

- ◊ on met **en première ligne du source** la ligne :

```
1#!/usr/bin/python3
```

- ◊ on lance directement le programme :

```
□ — xterm —  
$ ./mon_source.py
```

Le « . » indique au système de rechercher le script dans le répertoire courant.

Remarque

Dans le cas où la commande «python» exécute Python v3, au lieu de v2, vous pouvez utiliser la commande «python» à la place de «python3».

Structure d'un source Python

Les commentaires

Les commentaires vont du caractère # jusqu'à la fin de la ligne.

Il n'existe pas de commentaire en bloc comme en C / ... */.*

Les instructions

Chaque instruction s'écrit sur un ligne, il n'y a pas de séparateur d'instruction.

Si une ligne est trop grande, le caractère « \ » permet de passer à la ligne suivante.

Les blocs d'instructions

Les blocs d'instruction sont matérialisés par des **indentations**: plus de « { » et « } » comme en C!

```
1#!/usr/bin/python3
2
3# les modules utilisés
4import sys, socket
5# le source utilisateur
6if (a == 1) :
7    # sous bloc
8    # indenté (espaces ou tabulation)
```

Le caractère « : » sert à introduire les blocs.

La syntaxe est allégée, facile à lire et agréable (*si si !*).

Attention

Tout bloc d'instruction est :

- ▷ précédé par un « : » sur la ligne qui le précède ;
- ▷ indenté par rapport à la ligne précédente et de la même manière que **tous les autres blocs** de même niveau (même nombre de caractères espaces et/ou de tabulation) du même source.

3 Variables

Une variable doit exister avant d'être **référencée** dans le programme : il faut l'**instancier** avant de s'en servir, sinon il y aura **une erreur** (une *exception* est levée comme nous le verrons plus loin).

```
print(a) # provoque une erreur car a n'existe pas
```

```
a = 'bonjour'  
print(a) # fonctionne car a est définie
```

La variable est une référence vers un élément du langage

```
a = 'entité chaîne de caractères'  
b = a
```

les variables *a* et *b* font références à la même chaîne de caractères.

Une variable ne référençant rien, a pour valeur None.

Il n'existe pas de constante en Python (*pour signifier une constante, on utilise un nom tout en majuscule*).

Choix du nom des variables

- * Python est **sensible à la casse** : il fait la différence entre minuscules et majuscules.
- * Les noms des variables doivent être différents des mots réservés du langage.

Les mots réservés «*Less is more !*»

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

4 Valeurs et types de base

Il existe des valeurs prédéfinies :

True	valeur booléenne vraie
False	valeur booléenne faux
None	objet vide retourné par certaines méthodes/fonctions

Python interprète tout ce qui **n'est pas faux à vrai**.

Est considéré comme faux :

0 ou 0.0	la valeur 0
''	chaîne vide
""	chaîne vide
()	<i>liste non modifiable ou tuple vide</i>
[]	liste vide
{}	dictionnaire vide

Et les pointeurs ?

Il n'existe pas de pointeur en Python : tous les éléments étant manipulés par **référence**, il n'y a donc pas besoin de pointeurs explicites !

- ◊ Quand deux variables référencent la même donnée, on parle «d'alias».
- ◊ On peut obtenir l'adresse d'une donnée (par exemple pour comparaison) avec la fonction `id()` (ce qui permet de savoir si deux alias réfèrent à la même donnée).

5 Structures de contrôle – Instructions, Conditions & Itérations

Les séquences d'instructions

Une ligne contient une seule instruction. Mais il est possible de mettre plusieurs instructions sur une même ligne en les séparant par des ; (**syntaxe déconseillée**).

```
a = 1; b = 2; c = a*b
```

Les conditions

```
if <test1> :  
    <instructions1>  
    <instructions2>  
elif <test2>:  
    <instructions3>  
else:  
    <instructions4>
```

Attention

- ▷ Faire toujours attention au décalage : ils doivent être **identiques** (même nombre de tabulations ou d'espaces) !
- ▷ Ne pas oublier le « : » avant le bloc indenté !

Lorsqu'une seule instruction compose la condition, il est possible de l'écrire en une seule ligne :

```
if a > 3: b = 3 * a
```

6 Structures de contrôle – Itérations

Les itérations

L'exécution du bloc d'instructions de la boucle `while` dépend d'une condition.

```
while <test>:  
    <instructions1>  
    <instructions2>  
else :  
    <instructions3>
```

Le «`else`» de la structure de contrôle n'est exécuté que si la boucle n'a pas été interrompue par un `break`.

La boucle «`for`» sera introduite plus loin dans le support pour le parcours des **listes**.

Les ruptures de contrôle

`continue` continue directement à la prochaine itération de la boucle

`break` sort de la boucle courante (la plus imbriquée)

`pass` instruction vide (*ne rien faire*)

Boucle infinie & rupture de contrôle

Il est souvent pratique d'utiliser une boucle `while` *infinie* (dont la condition est toujours vraie), et d'utiliser les ruptures de contrôle pour la terminer :

```
while 1:  
    if <condition1> : break  
    if <condition2> : break
```

En effet, lorsqu'il existe :

- ▷ plusieurs conditions de sortie ;
- ▷ des conditions complexes et combinées ;

⇒ l'utilisation des ruptures de contrôle **simplifie** l'écriture, ce qui **évite les erreurs !**

7 Opérateurs arithmétiques et logiques

Logique

or OU logique
and ET logique
not négation logique

Binaires (bit à bit)

| OU bits à bits
^ OU exclusif
& ET
<< décalage à gauche
>> décalage à droite

Comparaison

<, >, <=, >=, ==, != inférieur, sup., inférieur ou égale, sup. ou égale, égale, différent
is, is not comparaison d'identité (même objet en mémoire)

```
xterm
>>> c1 = 'toto'
>>> c2 = 'toto'
>>> print (c1 is c2, c1 == c2) # teste l'identité et teste le contenu
True True
```

Arithmétique

+, -, *, /, //, % addition, soustraction, multiplication, division, division entière, modulo
+=, -=, ... opération + affectation de la valeur modifiée

```
xterm
>>> 2//3
0
>>> 2/3
0.6666666666666666
```

8 Gestion des caractères

Il n'existe pas de type caractère mais seulement des chaînes contenant un caractère unique.

Une chaîne est délimitée par des ' ou des " ce qui permet d'en utiliser dans une chaîne :

```
le_caractere = 'c'  
a = "une chaîne avec des 'quotes'" # ou 'une chaîne avec des "doubles quotes"'  
print (len(a)) # retourne 28
```

La fonction len () permet d'obtenir la longueur d'une chaîne.

Il est possible d'écrire une chaîne contenant plusieurs lignes sans utiliser le caractère '\n' qui correspond au «retour à la ligne», «newline», en l'entourant de 3 guillemets :

```
texte = """ premiere ligne  
deuxieme ligne"""
```

Pour pouvoir utiliser le caractère d'échappement «\» dans une chaîne, sans déclencher son interprétation, il faut la faire précéder de r (pour raw) :

```
□ — xterm —  
>>> une_chaine = r'pour passer à la ligne il faut utiliser \n dans une chaine'  
>>> une_chaine  
'pour passer à la ligne il faut utiliser \\n dans une chaine'
```

En particulier, ce sera important lors de l'entrée d'expressions régulières que nous verrons plus loin.

Concaténation

Il est possible de concaténer deux chaînes de caractères avec l'opérateur + :

```
a = "ma chaine"+" complete"
```

Gestion des caractères : représentation interne et table de codage

Table de codage : concept et opérations

À chaque caractère ou symbole est associé un **rang** dans une table de codage :

- ▷ la fonction `ord()` permet d'obtenir le **rang** d'un caractère ou symbole dans la **table de codage** ;
- ▷ la fonction `chr()` permet d'obtenir le **caractère ou symbole** à partir de son rang dans la **table de codage** ;

Table de codage : composition

Deux **contraintes opposées** :

- la table de codage doit **être petite** : **consommer peu de place** en mémoire ou lors des transferts réseaux ;

Exemple de table de codage pour les 26 lettres de l'alphabet latin :

a:0	b:1	c:2	d:3	e:4	f:5	g:6	h:7	i:8	j:9
k:10	l:11	m:12	n:13	o:14	p:15	q:16	r:17	s:18	t:19
u:20	v:21	w:22	x:23	y:24	z:25				

26 symboles $\Rightarrow 2^4 = 16 < 26 < 2^5 = 32$

\Rightarrow il faut 5 bits pour coder en binaire tous les rangs de la table et il reste 6 symboles supplémentaires.

- la table de codage doit **être grande** : elle doit contenir **l'ensemble des symboles** pour exprimer :

- ◊ des langues basées sur un **alphabet** et utilisant des diacritiques (français, grec, arabe, russe, sanskrit, etc.)
- ◊ des langues basées sur des **idéogrammes** comme le chinois ou le japonais ;
- ◊ d'autres symboles utilisés couramment : pictogrammes, ©, ®, etc.

Table de codage : compromis entre occupation mémoire et nombre de symboles

Codage des rangs sur 8 bits, ou un octet $\Rightarrow 2^8 = 256$ rangs possibles dans la table de codage : *de la place pour l'alphabet latin en minuscule, majuscule, des nombres, des symboles comme les parenthèses, les accolades, les opérateurs arithmétiques, etc.*

\Rightarrow codage **ANSI** ou **ASCII** : c'est le choix le plus courant pour les ordinateurs jusqu'à il y a quelques années.

Table de codage : l'avenir ? une table de codage universelle et un codage du rang extensible

- ▷ normaliser et internationaliser le classement des symboles : **Unicode**, «Universal Coded Character Set» ;
 - ▷ utiliser un **rang extensible** sur :
 - ◊ un octet, ou 8 bits, pour les caractères les plus courants utilisés dans la programmation et dans les «vieux» ordinateurs ;
 - ◊ plusieurs octets pour les rangs suivants associés aux différents symboles de toutes les langues.
- \Rightarrow codage **UTF-8**. *Unicode (or Universal Coded Character Set) Transformation Format – 8-bit*.

Gestion des caractères : avec ou sans codage

Mais alors ? Un octet c'est quoi ?

Un **octet** ou 8 bits peut être :

- une valeur numérique :
 - ◊ entier non signé de 0 à 255 ;
 - ◊ entier signé de -128 à 127 ;
- un symbole dans un codage sur 8 bits comme l'ANSI ou l'ASCII ;
- un symbole dans le codage UTF-8 s'il correspond aux symboles usuels ;
- une portion de codage UTF-8 pour des symboles de langues tenant sur plusieurs octets ;

Qui décide ?

- ▷ les opérations du **langage de programmation** que l'on utilise : utilise-t-il le codage UTF-8 ?
- ▷ **l'ordinateur** que l'on utilise : sous Linux le codage est en UTF-8 ;
- ▷ **le programmeur** quand il décide de manipuler ces octets avec la connaissance de leur origine, de leur sémantique et des opérations de conversion qu'il applique dessus ;

Peut-on faire des erreurs ?

Oui !

Peut-on prendre «connaissance» d'un octet sans décider de ce qu'il est ?

On utilise la **notation hexadécimale** associée à un interprétation sous forme de **symbole en codage ANSI** (c'est l'interprétation minimale historique).

Sous shell Linux, on utilisera la commande `xxd` et sous Python la fonction d'affichage générique `print()`.

Représentation d'un octet sous forme hexadécimale

Notation et format

Quel rapport entre : ☐, III et 3 ? Ou entre ☐, V et 5 ? La notation !

La première représente la face d'un dé, la seconde utilise un chiffre romain et la dernière, un chiffre décimal.

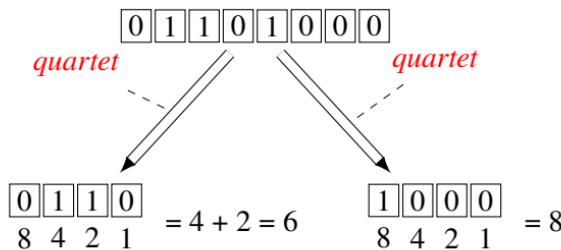
Est-ce que la valeur **change** suivant la notation utilisée ? **Non** !

Comment représente-t-on un **code postal** ? ☐☐☐☐☐, c-à-d exactement 5 chiffres, exemple : ☐7000

Et du côté d'un ordinateur ?

Qu'est-ce qu'un octet ? Le plus petit format utilisé et manipulé, soient 8bits, c-à-d ☐☐☐☐☐☐☐☐☐ rempli de 0 ou de 1.

Comment le noter pour être facilement manipulable par un humain ? En utilisant la **notation hexadécimale** :



Ce qui donne 68 en notation hexadécimale.

Comme la somme est comprise entre 0 et 15, on utilise les chiffres de 0 à 9 pour leur valeur respective, et les lettres de A à F pour les valeurs de 10 à 15.

Exemple : D5 correspond à 13 et 5 reste 5, soient :

$$\begin{array}{r} 1 \ 1 \ 0 \ 1 \\ 8 \ 4 \ 2 \ 1 \end{array} = 8+4+1=13 \quad \begin{array}{r} 0 \ 1 \ 0 \ 1 \\ 8 \ 4 \ 2 \ 1 \end{array} = 4+1=5$$

soit la séquence binaire 11010101.

$$\begin{array}{r} 0 \ 1 \ 1 \ 0 \ 1 \ 0 \ 0 \ 0 \\ 128 \ 64 \ 32 \ 16 \ 8 \ 4 \ 2 \ 1 \end{array} = 64+32+8=104$$

La notation hexadécimale est la plus simple et la plus employée car elle permet de noter facilement des séquences d'octets (chaque octet est noté sous forme de deux digits hexadécimaux ou quartets).

Gestion des accents : consommation mémoire et codage UTF-8

Codage étendu sur 8 bits «à l'ancienne» : un symbole tient sur un octet

Codage «ANSI» ou «ASCII» sur 7 bits de 0 à 127 et on complète celles de 128 à 255 sur 8 bits avec, au choix :

▷ codage «ISO-8859-1» ou «LATIN1» : permet de coder les caractères accentués des pays d'Europe de l'ouest.

Il ne permet pas de coder le symbole de l'euro «€», ni le «œ».

▷ codage «Windows-1252» : permet de coder l'ensemble des symboles du français ainsi que le symbole de l'euro.

Codage UTF8 : un symbole tient sur un octet au minimum

- un caractère **non accentué** dont la valeur associée suivant le code ASCII ou ANSI est entre 32 et 127 (soient 7 bits)
⇒ codé sur 1 octet;
- un caractère **accentué** ⇒ codé sur 2 octets;
- un caractère **non latin** ou un **idéogramme** ⇒ codé 2,3 ou 4 octets (6 au maximum).

⇒ *L'utilisation de caractères accentués change la taille des données et peut perturber la manipulation des données sous forme d'octets.*

Sous le shell, la commande echo peut envoyer une chaîne contenant un «é», en entrée de la commande xxd pour l'afficher sous notation hexadécimale (le «00000000 :» désigne le décalage par rapport au début de la chaîne) :

```
□ — xterm
pef@darkstar:/Users/pef $ echo -n 'é' | xxd
00000000: c3a9
...
```

chaque point correspond à un octet non représentable

Convertir le texte d'UTF-8 vers le codage 1252 à l'aide de la commande iconv:

```
□ — xterm
$ echo -n "é" | iconv -f UTF8 -t WINDOWS-1252 | xxd
00000000: e9
```

On notera que 'e9' en hexadécimal donne 'e'→14, soit $14 * 16 + 9 = 233$ en décimal, soit une valeur sur 8 bits > 127.

La conversion inverse est également possible (elle est obligatoire pour un affichage correct dans un environnement Unix configuré pour traiter de l'UTF8).

Gestion des accents : unicode et le codage UTF-8

Gestion des caractères accentués sous Unix : utilisation du codage UTF-8 pour l'unicode

Le codage UTF-8, «*Universal Coded Character Set + Transformation Format – 8-bit*» permet de conserver un codage sur un octet pour les caractères latins non accentués et de passer sur un codage sur deux, voire trois ou quatre octets, pour les autres symboles.

Exemples de codage UTF-8

```
□ — xterm —  
$ echo -n "e" | xxd  
00000000: 65
```

e. l'octet valant 65 est représentable

Le caractère «e» est codé avec la valeur de l'octet 65.

```
□ — xterm —  
$ echo -n "é" | xxid  
00000000: c3a9 ..
```

Le caractère «é» est codé sur deux octets.

```
□ — xterm —  
$ echo -n "電腦" | xxid  
00000000: e99b bbe8 85a6 .....
```

```
□ — xterm —
```

L'idéogramme «電』 est codé sur 3 octets.

Les deux symboles 電腦 signifient «ordinateur».

```
□ — xterm —  
$ echo -n '€' | xxid  
00000000: e282 ac ...
```

Le symbole euro «€» est codé sur 3 octets également.

Python et l'UTF-8 : chaîne de caractères vs chaîne d'octets

Attention

Sous Python 3 toutes les chaînes de caractères sont en **unicode**.

```
□ — xterm —  
>>> a = 'été'  
>>> len(a)  
3
```

Et comment gérer des octets ? chaîne d'octets

On utilise une notation spéciale :

```
□ — xterm —  
>>> c = b'ete'  
>>> c  
b'ete'  
>>> len(c)  
3  
>>> c = b'été'  
      File "<stdin>", line 1,  
      SyntaxError: bytes can only contain ASCII literal characters.
```

La chaîne contient des accents mais pas d'indication de codage !

On utilise le préfixe *b* pour désigner une chaîne d'octets ou «bytes».

Conversion vers une représentation octets et vice-versa

On utilise l'opérateur `bytes()` et son inverse l'opérateur `decode()` :

```
□ — xterm —  
>>> rep = bytes(a, 'utf-8')  
>>> rep  
b'\xc3\x9e'  
>>> len(rep)  
5  
>>> b'\xc3\x9e'.decode('utf-8')  
'été'
```

5 caractères: '\x c3' '\x a9' 't' '\x c3' '\x c9'

La notation '\x ...' fournit l'octet sous forme hexadécimal

passer d'une chaîne d'octets à une chaîne en UTF-8 avec la méthode decode()

Gestions et affichage des accents : unicode vs caractère/octet

```
xterm
>>> ord('é') ❶
233

>>> len('é')
1
>>> len('é')
1

>>> hex('é')❷
Traceback (most recent call last):
  File "<stdin>", line 1, in <module>
TypeError: 'str' object cannot be
interpreted as an integer

>>> hex(ord('é'))❸
'0xe9'

>>> '{0:X}'.format(ord('é'))❹
'E9'

>>> print(bytes('é', 'utf-8'))❺
b'\xc3\xaa'

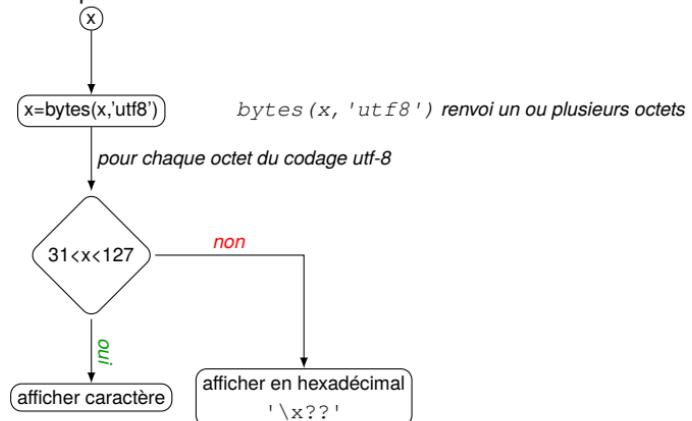
>>> bytes('é', 'utf-8').hex()
'c3aa'
```

Première méthode : utilisation du rang Unicode

- ❶⇒ la fonction `ord` renvoie le rang du caractère unicode.
- ❷⇒ on voudrait obtenir le rang du caractère en notation hexadécimale
⇒ erreur!
- ❸⇒ il faut d'abord obtenir le rang, puis demander sa notation en hexadécimal!
- ❹⇒ la fonction `format` () peut être utilisée pour obtenir la notation hexadécimale.

Seconde méthode : utilisation du codage UTF-8

- ❺⇒ on convertit le symbole en octet, que l'on affiche avec `print` () :
⇒ l'affichage des symboles d'une chaîne d'octets par «`print` () » suit la procédure de décision suivante :



Pourquoi obtient-on un «é» au final à l'écran alors qu'on a deux plusieurs octets de codage ?

Parce que le terminal sait traiter l'unicode, c-à-d le codage des deux octets vers un 'e' avec un accent aigu.

Quelques remarques sur les chaînes de caractères et les chaînes d'octets

xterm

```
>>> b'ù'
  File "<stdin>", line 1
SyntaxError: bytes can only contain ASCII literal characters.
>>> ord('é')
233
>>> ord('ù')
249
>>> ord(b'a')
97
>>> ord('a')
97
>>> ord('ù')
249
```

Seule une chaîne de caractères peut contenir des accents.

ord()

- fonctionne sur un caractère:
 - ◊ de chaîne de caractère
 - ◊ de chaîne d'octets
- retourne un entier.

xterm

```
>>> chr(233)
'é'
>>> chr(61)
'='
>>> bytes([61])
b'='
>>> bytes([233])
b'\xe9'
>>> b'%c'%61
b'='
```

chr () ne retourne qu'une chaîne de caractères.

Pour obtenir une **chaîne d'octet**, au choix :

▷ bytes ([val]) .
▷ b'%c'%val

xterm

```
>>> 'a'.hex()
Traceback (most recent call last):
  File "<stdin>", line 1, in <module>
AttributeError: 'str' object has no attribute 'hex'
>>> b'a'.hex()
'61'
>>> bytes('é', 'utf8')
b'\xc3\xaa'
>>> bytes.fromhex('61')
b'a'
>>> bytes('é', 'utf8').hex()
'c3a9'
```

.hex () ne fonctionne que sur une chaîne d'octets.

La conversion d'une chaîne de caractères en une chaîne d'octets nécessite la donnée du codage 'utf8'.

hex () retourne une chaîne de caractères contenant la représentation hexadécimale.

Conversion chaîne vers octets : recommendations

Caractère unicode vers valeur numérique

```
xterm
>>> ord('A')
65
>>> ord('œ')
339
>>> ord('€')
8364
>>>
```

254 ⇒ ne tient pas sur un octet

254 ⇒ ne tient pas sur un octet

```
xterm
>>> chr(8364)
'€'
>>> chr(339)
'œ'
>>> chr(65)
'A'
```

Caractère octet vers valeur numérique

```
xterm
>>> b'A'[0]
65
>>> b'%'[0]
37
>>> b'z'[0]
122
```

```
xterm
>>> bytes([122])
b'z'
>>> bytes([37])
b'%'
>>> bytes([65])
b'A'
```

La stratégie pour gérer les données quelconques par octet ? deux possibilités

chaîne unicode
ou
chaîne d'octets

notation
hexadécimale

manipulation décimale
 manipulation par groupe d'octets
2 digits hexa⇒1 octet

chaîne unicode

chaîne d'octets
codage UTF8

manipulation décimale
 manipulation par groupe d'octets
1 symbole⇒1 octet

Opérations sur les chaînes de caractères et chaîne d'octets

Il est possible d'**insérer le contenu d'une variable** dans une chaîne de caractères ou chaîne d'octets à l'aide de l'opérateur «%» qui s'applique sur une liste de **format à substituer**:

— xterm

```
>>> a = 120
>>> b = 'La valeur de %s est %d' % ('a', a) # b <- la chaîne 'La valeur de a est 120'
>>> b
'La valeur de a est 120'
```

format	affiche	argument
%s	chaîne de caractères, en fait récupère le résultat de la fonction <code>str()</code> appliquée sur l'argument	quelconque
%f	valeur flottante, par ex. <code>%.2f</code> pour indiquer 2 chiffres après la virgule	flottant
%d	un entier	entier
%x	entier sous forme hexadécimal	entier
%C	caractère	rang du caractère

Les chaînes sont des objets → un objet offre des méthodes

`rstrip` supprime les caractères en fin de chaîne (par ex. le retour à la ligne) s'ils sont présents

Exemple: `chaine.rstrip('\n')`

`upper` passe en majuscule

Exemple: `chaine.upper()`

`splitlines` décompose une chaîne suivant les `\n` et retourne une liste des «lignes», c-à-d une liste de chaîne de caractères.

etc.

Remarque: ces méthodes fonctionnent aussi sur des chaînes d'octets: `b'la ligne\n'.splitlines()`.

Formater des données dans une chaîne de caractères

Opérateur «%» vs fonction «format»

Affichage d'une chaîne composée de deux arguments :

```
xterm
>>> print ('%s %s'%(un, 'deux'))
un deux
```

Pour des nombres :

```
xterm
>>> '%d'% 42
'42'
>>> '%f'%3.1415926
'3.141593'
```

La même chose mais aussi avec une inversion :

```
xterm
>>> print ('{} {}'.format('un', 'deux'))
un deux
>>> print ('{1} {0}'.format('un', 'deux'))
deux un
```

```
xterm
>>> '{:d}'.format(42)
'42'
>>> '{:f}'.format(3.1415926)
'3.141593'
```

Formatage des données, exemple pour sur la notation hexadecimale

Ajouter des zéros devant pour obtenir une longueur fixe :

```
xterm
>>> "{:06x}".format(42)
'00002a'
>>> "{:06X}".format(42)
'00002A'
>>> "{:04X}".format(42)
'002A'
```

- ▷ { identifiant de début de format
- ▷ : indication de formatage
- ▷ 0 compléter par des zéros...
- ▷ 6 compléter par autant de zéros qu'il faut pour une valeur sur 6 digits
- ▷ x hexadécimal avec caractères minuscules
- ▷ X hexadécimal avec caractères majuscules
- ▷ b permet d'obtenir la **notation binaire** d'une valeur
- ▷ } identifiant de fin de format.

En utilisation directe :

```
xterm
>>> format(255, '02X')
'FF'
>>> format(2, '02X')
'02'
>>> format(10, '08b')
'00001010'
```

Remarques: «format () » ne fonctionne que sur des **chaîne de caractères** (UTF-8).

9 Listes

Deux types de listes

- celles qui ne peuvent être modifiées après leur définition, appelées *tuples* ;
- les autres, qui sont modifiables, appelées simplement liste !

Ces listes peuvent contenir *n'importe quel type* de données.

Les tuples (notation parenthèse)

Il sont notés sous forme d'éléments entre parenthèses séparés par des virgules :

```
└── xterm └──  
    >>> a = ('un', 2, 'trois')  
    >>> a  
    ('un', 2, 'trois')  
    >>> len(a)  
    3
```

Une liste d'un seul élément, ('un'), correspond à l'élément lui-même, 'un'.

La fonction `len()` renvoie le nombre d'éléments de la liste.

Les listes modifiables (notation crochet)

Elles sont notées sous forme d'éléments entre crochets séparés par des virgules.

Elles correspondent à des *objets* contrairement aux tuples :

```
a = [10, 'trois', 40]
```

Quelques méthodes supportées par une liste :

append(e)	ajoute un élément e
pop(i)	retire le i ^{ème} élément
sort	trie les éléments
index(e)	retourne la position de l'élément e

pop()	enlève le dernier élément
extend	concaténe deux listes
reverse	inverse l'ordre des éléments

Listes — Exemples d'utilisation

Ajout d'un élément à la fin

```
xterm
>>> a = [1, 'deux', 3]
>>> a.append('quatre')
>>> print (a)
[1, 'deux', 3, 'quatre']
```

Retrait du dernier élément

```
xterm
>>> element = a.pop()
>>> print (element, a)
quatre [1, 'deux', 3]
```

Tri des éléments

Attention :

ils doivent être mutuellement comparables

```
xterm
>>> b = [1, 4, 3]
>>> b.sort()
>>> c=a.sort()
>>> c
>>> b
[1, 3, 4] Attention: sort () ne retourne pas la liste
```

Inversion de l'ordre des éléments

```
xterm
>>> a.reverse()
>>> a
[3, 'deux', 1]
```

Retrait du premier élément

```
xterm
>>> print (a.pop(0))
3
```

Listes — Utilisation comme «pile» et «file»

Pour une approche «*algorithmique*» de la programmation, il est intéressant de pouvoir disposer des structures particulières que sont les **piles** et **files**.

La pile

empiler `ma_pile.append(element)`
dépiler `element = ma_pile.pop()`

```
xterm
>>> ma_pile = []
>>> ma_pile.append('sommet')
>>> ma_pile
['sommet']
>>> element = ma_pile.pop()
>>> element
'sommet'
```

La file

enfiler `ma_file.append(element)`
défiler `element = ma_file.pop(0)`

```
xterm
>>> ma_file = []
>>> ma_file.append('premier')
>>> ma_file.append('second')
>>> element = ma_file.pop(0)
>>> element
'premier'
```

Attention à l'ajout d'une liste dans une autre

Si «`element`» est une liste, alors il ne faut pas utiliser la méthode `append` mais `extend`.

Accès aux éléments d'une liste ou d'un tuple : accès direct ou parcours

Parcourir les éléments d'une liste à l'aide de `for` :

```
for un élément in une liste:  
    print (un élément)
```

Considérer les listes comme des **vecteurs ou tableau à une dimension** :

- * on peut y accéder à l'aide d'un indice positif à partir de zéro ou bien *négatif* (pour partir de la fin)

```
ma_liste[0] # le premier élément  
ma_liste[-2] # l'avant dernier élément
```

Extraire une «**sous-liste**» :

- * une **tranche**, ou «*slice*», qui permet de récupérer une sous-liste

```
ma_liste[1:4] # du deuxième élément au 4ème élément ou de l'indice 1 au 3 (4 non compris)  
ma_liste[3:] # de l'indice 3 à la fin de la liste
```

Créer une liste contenant des entiers compris dans un **intervalle** :

xterm

```
>>> l = list(range(1,4))      # de 1 à 4 non compris  
>>> m = list(range(0,10,2))   # de 0 à 10 non compris par pas de 2  
>>> print(l,m)  
[1, 2, 3] [0, 2, 4, 6, 8]
```

l'utilisation de la fonction list () permet d'obtenir le contenu complet

D'où le *fameux* accès indicé, commun au C, C++ ou Java : (*ici, on parcourera les valeurs 0,1,2,3 et 4*)

xterm

```
>>> a = ['un', 'deux', 'trois']  
>>> for i in range(0,len(a)):  
...     print(a[i])  
...  
un  
deux  
trois
```

Utilisation avancée des listes

Affectations multiples & simultanées de variables

Il est possible d'affecter à une liste de variables, une liste de valeurs :

```
□ — xterm —
>>> (a, b, c) = (10, 20, 30)
>>> print (a, b, c)
10 20 30
```

Les parenthèses ne sont pas nécessaires s'il n'y a pas d'ambiguïté.

```
□ — xterm —
>>> a, b, c = 10, 20, 30
>>> print (a, b, c)
10 20 30
```

En particulier, cela est utile pour les fonctions retournant plusieurs valeurs.

Opérateur d'appartenance

L'opérateur `in` permet de savoir si un élément est présent dans une liste.

```
□ — xterm —
>> 'a' in ['a', 'b', 'c']
True
```

C'est l'opérateur «`in`» que l'on utilisera pour tester l'existence d'un élément dans un objet.

Création automatique de liste

```
□ — xterm —
>>> ['a']*10
['a', 'a', 'a', 'a', 'a', 'a', 'a', 'a', 'a', 'a']
```

Utilisation avancée : création d'une liste à partir d'une autre

Il est possible d'obtenir une deuxième liste à partir d'une première, en appliquant une opération sur chaque élément de la première .

La deuxième liste contient le résultat de l'opération pour chacun des éléments de la première liste.

Une **notation particulière** permet en une instruction de combiner la création de cette deuxième liste et le parcours de la première.

Exemple :

on cherche à obtenir la liste des lettres en majuscule à partir des valeurs ASCII de 65 ('A') à 91 ('Z') :

```
□ — xterm —
>>> [chr(x) for x in range(65, 91)]
['A', 'B', 'C', 'D', 'E', 'F', 'G', 'H', 'I', 'J', 'K', 'L', 'M', 'N', 'O', 'P', 'Q',
'R', 'S', 'T', 'U', 'V', 'W', 'X', 'Y', 'Z']
```

Cette forme de création de liste à partir d'une liste s'appelle les «*lists comprehension*».

Création et initialisation d'un «tableau»

```
□ — xterm —
>>> [0 for i in range(0, 10)]
[0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0]
```

```
□ — xterm —
>>> [x for x in range(54, 78)]
[54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74,
75, 76, 77]
```

Utilisation avancée : opérateur ternaire

En C:

```
a = (condition ? 1 : 0);
```

En Python:

```
contenu = ((doc + '\n') if doc else '')
```

x = true_value if condition else false_value

Opérateur ternaire et les «*lists comprehension*»

- ▷ **Choix de l'élément à ajouter**: on ajoute le caractère si le code ASCII qui lui correspond est impair (le modulo vaut 1 ce qui équivaut à vrai), sinon on ajoute une chaîne vide ''.

```
□— xterm —
>>> l=range(65,90)
>>> list(l) Pourquoi appliquer la fonction list() ? Pour forcer la création de la liste !
[65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86,
87, 88, 89]
>>> [chr(x) if (x % 2) else '' for x in l]
['A', ' ', 'C', ' ', 'E', ' ', 'G', ' ', 'I', ' ', 'K', ' ', 'M', ' ', 'O', ' ', 'Q', ' ', 'S', ' ',
'U', ' ', 'W', ' ', 'Y']
```

- ▷ **Ajout conditionnel d'un élément**: on ajoute le caractère suivant le même test que précédemment, mais dans le cas où la condition est fausse, on n'ajoute rien à la liste résultat !

```
□— xterm —
>>> l=range(65,90)
>>> list(l)
[65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86,
87, 88, 89]
>>> [chr(x) for x in l if (x % 2)]
['A', 'C', 'E', 'G', 'I', 'K', 'M', 'O', 'Q', 'S', 'U', 'W', 'Y']
```

Remarque

Certaines fonctions Python comme `range()` font de l'évaluation paresseuse, «*lazy evaluation*», c-à-d qu'elles ne calculent leur résultat que lorsqu'il est nécessaire, d'où le `list()`.

Sinon print(range(0, 10)) ne renverrait que range(0, 10).

Tableau & liste modifiable

Créer les éléments du tableau

Pour pouvoir traiter une liste à la manière d'un tableau, il faut en créer tous les éléments au préalable :

```
□ — xterm —  
>>> t = [0]*10  
>>> t  
[0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0]
```

Ici, on crée une liste de 10 éléments à zéro.

Accéder aux différentes «cases» du tableau

On peut ensuite modifier son contenu à l'aide de l'accès par indice :

```
□ — xterm —  
>>> t[1]='un'  
>>> t[3]=2  
>>> t  
[0, 'un', 0, 2, 0, 0, 0, 0, 0, 0]
```

On remarque que le «tableau» peut contenir des éléments de type quelconque.

Tableaux à deux dimensions : des listes imbriquées

```
□ — xterm —  
>>> t=[[0 for x in range(0,4)] for x in range(0,5)]  
>>> t  
[[0, 0, 0, 0], [0, 0, 0, 0], [0, 0, 0, 0], [0, 0, 0, 0], [0, 0, 0, 0]]
```

Ici, on vient de créer un tableau à deux dimensions de 5 lignes de 4 colonnes (accès avec $t[a][b]$).

Accès par indice aux éléments d'une chaîne

Rapport entre une liste et une chaîne de caractères ? Aucun !

Elles bénéficient de l'accès par indice, par tranche et du parcours avec `for` :

```
a = 'une_chaine'  
b = a[4:7] # b reçoit 'cha'
```

Pour pouvoir modifier une chaîne de caractère, il n'est pas possible d'utiliser l'accès par indice :

```
□ — xterm —  
>>> a='le voiture'  
>>> a[1] = 'a'  
Traceback (most recent call last):  
  File "<stdin>", line 1, in <module>  
TypeError: 'str' object does not support item assignment
```

Chaîne \Rightarrow Liste \Rightarrow Accès tableau/Modification \Rightarrow Chaîne

Il faut d'abord **convertir** la chaîne de caractères en liste, avec la fonction `list()` :

```
□ — xterm —  
>>> a = list('le voiture')  
>>> a[1] = 'a'  
>>> print(a)  
['l', 'a', ' ', 'v', 'o', 'i', 't', 'u', 'r', 'e']
```

Puis, recomposer la chaîne à partir de la liste de ses caractères avec `join()` :

```
□ — xterm —  
>>> b = ''.join(a)  
>>> print (b)  
la voiture
```

indique le séparateur à insérer entre les caractères, ici il est vide ''

Accès par indice aux éléments d'une chaîne d'octets et la boucle `for`

Et pour les chaînes d'octets ?

```
□ — xterm —  
>>> chaine_octets = b'ABC'  
>>> print(chaine_octets)  
b'ABC'  
>>> chaine_octets[0]  
65
```

L'accès par indice dans une chaîne d'octets retourne le **rang du caractère** !

C'est équivalent à :

```
□ — xterm —  
>>> ord(b'A')  
65
```

Et pour la boucle `for` ?

```
□ — xterm —  
>>> chaine_octets = b'ABC'  
>>> print(chaine_octets)  
b'ABC'  
>>> for b in chaine_octets:  
...     print(b)  
...  
65  
66  
67  
>>>
```

Chaque élément parcouru par la boucle `for` est retourné sous forme de son **rang**.

Et les tranches de chaîne d'octets ?

```
□ — xterm —  
>>> b'abcdef'[2:3]  
b'c'  
>>> b'abcdef'[2:5]  
b'cde'
```

On obtient...une **chaîne d'octets**, y compris si la tranche ne contient qu'un **seul caractère** !

10 Dictionnaires

Ces objets permettent de conserver **l'association** entre une clé et une valeur.

Ce sont des *tables de hachage* pour un accès rapide aux données :

- ◊ La clé et la valeur peuvent être de n'importe quel type **non modifiable**.
- ◊ La fonction `len()` retourne le nombre d'associations du dictionnaire.

Liste des opérations du dictionnaire

Initialisation	<code>dico = {}</code>
définition	<code>dico = { 'un': 1, 'deux' : 2 }</code>
accès	<code>b = dico['un'] # recupere 1</code>
interrogation	<code>if 'trois' in dico:</code>
ajout ou modification	<code>dico['un'] = 1.0</code>
suppression	<code>del dico['deux']</code>
récupère la liste des clés	<code>les_cles = list(dico.keys())</code>
récupère la liste des valeurs	<code>les_valeurs = list(dico.values())</code>

Afficher le contenu d'un dictionnaire avec un accès suivant les clés

```
for cle in mon_dico.keys():
    print ("Association ", cle, " avec ", mon_dico[cle])
```

Trier les éléments d'un dictionnaire

Attention

Les éléments d'un dictionnaire ne sont **pas triés** !

Ils ne sont **pas triés** dans l'ordre d'ajout non plus.

Ils sont organisés pour un **accès rapide** par la clé.

Tri suivant les clés

```
□ — xterm
>>> dico={'a':1, 'f':10, 'e':3, 'd':5}
>>> list(dico.keys())
['a', 'f', 'e', 'd']
>>> les_clés = list(dico.keys())
>>> les_clés.sort()
>>> les_clés
['a', 'd', 'e', 'f']
```

Une fois les clés triées, on peut accéder à la valeur:

```
dico[les_clés[1]]
```

⇒ accès à la deuxième valeur.

Tri suivant les valeurs

On récupère les «*tuples*» du dictionnaire avec la méthode `items`:

```
□ — xterm
>>> liste_des_eléments_du_dico = list(dico.items())
>>> liste_des_eléments_du_dico
[('a', 1), ('f', 10), ('e', 3), ('d', 5)]
```

On utilise la fonction `sorted` en lui donnant une fonction d'accès à la clé de tri:

```
□ — xterm
>>> sorted(liste_des_eléments_du_dico, key=lambda t:t[1])
[('a', 1), ('e', 3), ('d', 5), ('f', 10)]
```

La fonction d'accès est donnée par une «*lambda fonction*» ou une fonction anonyme définie en une ligne.

Utilisation des listes et dictionnaires

Couples de valeurs obtenus par combinaison de deux listes

```
□ — xterm —  
>>> list(zip(['a', 'b', 'c'], [1, 2, 3]))  
[('a', 1), ('b', 2), ('c', 3)]
```

Il est également possible d'obtenir un dictionnaire utilisant chacun des couples en tant que (clé, valeur) :

```
□ — xterm —  
>>> couples=zip(['a', 'b', 'c'], [1, 2, 3])  
>>> dict(couples)  
{'a': 1, 'b': 2, 'c': 3}
```

Ce qui permet d'utiliser l'accès direct du dictionnaire :

```
□ — xterm —  
>>> dico=dict(couples)  
>>> dico['b']  
2
```

Attention : les valeurs d'une liste qui ne sont pas associées à une valeur dans la seconde, sont supprimées :

```
□ — xterm —  
>>> list(zip(['a', 'b', 'c'], [1, 2, 3, 4]))  
[('a', 1), ('b', 2), ('c', 3)]  
>>> list(zip(['a', 'b', 'c', 'd'], [1, 2, 3]))  
[('a', 1), ('b', 2), ('c', 3)]
```

list () permet d'obtenir le contenu complet pour l'affichage (évaluation paresseuse de zip ())

11 Modules et espace de nom

Un **module** regroupe un ensemble cohérent de fonctions, classes objets, variables globales (pour définir par exemple des constantes).

Chaque module est nommé : ce nom définit un *espace de nom*.

En effet, pour éviter des collisions dans le choix des noms utilisés dans un module avec ceux des autres modules, on utilise un accès **préfixé** par le nom du module :

```
nom_module.element_defini_dans_le_module
```

Il existe de nombreux modules pour Python capable de lui donner des possibilités très étendues.

Accès à un module

Il se fait grâce à la commande `import`.

```
import os      # pour accéder aux appels systèmes
import sys    # pour la gestion du processus
import socket # pour la programmation socket

# quelques exemples
os.exit() # terminaison du processus
socket.SOCK_STREAM # une constante pour la programmation réseaux
```

Installation de nouveaux modules et utilisation simplifiée

Pour installer un module, on utilise pip, «*package installer for python*» :

```
□ — xterm —————
$ python3 -m pip install requests
```

Pour obtenir la liste des modules installés :

```
□ — xterm —————
$ python3 -m pip list
```

Pour utiliser un «*alias*» pour l'espace de nom :

```
import plotly.graph_objects as go
fig = go.Figure(data=go.Bar(y=[2, 3, 1]))
fig.show()
```

l'alias «go» remplace «plotly.graph_objects»

Des modules qui peuvent être «*exécutés*» de manière autonome :

```
□ — xterm —————
$ python3 -m http.server 8000 --directory ./a_partager
Serving HTTP on 0.0.0.0 port 8000 (http://0.0.0.0:8000) ...
```

accéder par http://adresse_machine:8000/ au contenu du répertoire «a_partager»

Des «*one-liner*», c-à-d des programmes en une ligne de commande :

```
□ — xterm —————
$ python3 -c "import sys, urllib.parse as ul; print(ul.unquote(sys.argv[1]))"
```

Permet de décoder les URLs contenant du «*percent-encoding*» (%20 pour un espace, etc)

12 Sorties écran

La fonction `print()` permet d'afficher de manière **générique** tout élément, que ce soit un objet, une chaîne de caractères, une valeur numérique, etc :

- ▷ le passage d'une liste permet de «coller» les affichages sur la même ligne :

```
□ — xterm —
>>> a = 'bonjour'
>>> c = 12
>>> d = open('fichier.txt', 'w')
>>> print (a)
bonjour
>>> print (c,d, 'la valeur est %d' % c) ❶
12 <_io.TextIOWrapper name='fichier.txt' mode='w' encoding='UTF-8'> la valeur est 12
```

`print()` affiche le contenu «affichable» de l'objet ❶.

- ▷ par défaut, elle ajoute un retour à la ligne après l'affichage des paramètres.

Si on ne veut pas de retour à la ligne après :

```
print('.', end='')
```

- ▷ si on veut forcer la sortie après l'affichage (utile lors de l'utilisation en programmation système avec un «pipe») :

```
print('.', end='', flush=True)
```

Utiliser explicitement les canaux `stdout` ou `stderr`

```
import sys

sys.stdout.write('Hello\n')
```

13 Entrées clavier

La fonction `input()`

Pour la saisie des données au clavier, la fonction `input()` retourne un **chaîne de caractères au format UTF-8**, que l'on convertira au besoin.

```
1| saisie = input("Entrer ce que vous voulez :") # retourne une chaîne de caractères
```

xterm

```
>>> saisie = input("Entrer ce que vous voulez :")
Entrer ce que vous voulez :Python 3 c'est super !
>>> saisie
"Python 3 c'est super !"
```

Pour obtenir une **valeur entière**, il est nécessaire de **convertir** la valeur saisie :

xterm

```
>>> saisie = input("Entrer une valeur :")
Entrer une valeur :10
>>> saisie
'10'
>>> int(saisie)
10
```

Si la chaîne de caractères rentrées contient autre chose que la valeur à convertir, une exception est levée :

xterm

```
>>> saisie = input("Entrer une valeur :")
Entrer une valeur :la valeur est 10 dans cet exemple
>>> int(saisie)
Traceback (most recent call last):
  File "<stdin>", line 1, in <module>
ValueError: invalid literal for int() with base 10: 'la valeur est 10 dans cet exemple'
```

Attention

La chaîne renvoyée par la fonction «`input()` » ne contient pas le '`\n`'.

14 Conversions de types

Un certain nombre de fonctions permettent de convertir les données d'un type à l'autre.

La fonction type() permet de récupérer le type de la donnée sous forme d'une chaîne.

fonction	description	exemple
ord	retourne le rang utf8 d'un caractère non accentué	ord('A')
chr	retourne le caractère non accentué à partir de son rang utf8	chr(65)
str	convertit en chaîne	str(10), str([10, 20])
int	interprète la chaîne en entier	int('45')
float	interprète la chaîne en flottant	float('23.56')
bytes	convertit une chaîne UTF-8 en chaîne d'octets	bytes('toto', 'utf8')

Conversion utf8 vers chaîne d'octet puis vers rang de chaque caractère

```
>>> bytes('é', 'utf8')
b'\xc3\xaa'
>>> list(bytes('é', 'utf8'))
[195, 169]
>>> [hex(x) for x in list(bytes('é', 'utf8'))]    # on vérifie que les valeurs sont les bonnes
['0xc3', '0xa9']
```

Conversion en représentation binaire

Convertir un nombre exprimé en format binaire dans une chaîne de caractères :

```
representation_binaire = format(204, 'b') # retourne '11001100'
entier = int('11001100', 2)    # on donne la base, ici 2, on obtient la valeur 204
representation_binaire = bin(204)[2:] # la fonction bin() donne '0b11001100' et on
enlève '0b' avec la tranche
```

Autres conversions : la notation hexadécimale

Vers la notation hexadécimale

- un caractère donné sous sa notation hexadécimale directe dans une chaîne :

```
xterm
>>> a='\x21'
>>> a
'!'
>>> ord(a)
33
```

```
xterm
>>> a=b'\x21'
>>> a
b'!'
>>> list(a)
[33]
```

- avec le type `bytes` et sa méthode `hex()`, on obtient la représentation hexadécimale de chaque caractère :

```
xterm
>>> bytes('été', 'UTF-8').hex()
'c3a974c3a9'
>>> b'abcABC\n\t'.hex()
'6162634142430a09'
```

Depuis la notation hexadécimale

- avec la méthode `fromhex()` du type `bytes`:

```
xterm
>>> bytes.fromhex('6162634142430a09')
b'abcABC\n\t'
```

- passer d'une valeur exprimée en notation hexadécimale vers un entier, puis en binaire avec `bin()` :

```
xterm
>>> int('ef6263c142430a09', 16)
17249459204473948681
>>> bin(int('ef6263c142430a09', 16))
'0b111011101100010011000111100000101000010010000110000101000001001'
>>> int('0b111011101100010011000111100000101000010010000110000101000001001', 2)
17249459204473948681
```

Attention de bien faire la distinction entre ces différentes notations !

Mélangé chaîne d'octet, «b' '» et chaîne de caractères, « ' '»

La conversion vers une représentation «chaîne de caractères»

```
□ — xterm —  
>>> liste = [2, 3]  
>>> str(liste)  
'[2, 3]' représentation de la liste en chaîne de caractère  
>>> bytes(liste)  
b'\x02\x03' conversion de chaque entier en chr(entier)  
>>> liste = [2, 'yop']  
>>> bytes(liste)  
Traceback (most recent call last):  
  File "<stdin>", line 1, in <module>  
TypeError: 'str' object cannot be interpreted as an integer ne marche pas car un élément de la liste n'est pas entier
```

```
□ — xterm —  
>>> f=open('.bashrc', 'r')  
>>> str(f)  
'<_io.TextIOWrapper name='.bashrc' mode='r' encoding='UTF-8">' convertir tout objet vers une chaîne de caractère mais pas vers une chaîne d'octets  
>>> bytes(f)  
Traceback (most recent call last):  
  File "<stdin>", line 1, in <module>  
TypeError: 'str' object cannot be interpreted as an integer
```

Conversion vers un représentation «chaîne d'octets» pour la programmation réseau

```
desc.sendall(bytes(str(un_evenement.getpeername())), encoding='utf8')+b': '+ligne)
```

Ici, on a besoin pour le sendall () d'une chaîne d'octets :

①⇒conversion vers une chaîne de caractères ;

②⇒conversion vers une chaîne d'octets ;

③⇒la concaténation n'est possible qu'entre chaîne de caractères ou chaîne d'octets respectivement.

15 Quelques remarques

INTERDIT : Opérateur d'affectation

L'opérateur d'affectation n'a pas de valeur de retour.

Il est interdit de faire :

```
if (a = ma_fonction()):  
    # opérations
```

INTERDIT : Opérateur d'incrémentation

L'opérateur ++ n'existe pas, mais il est possible de faire :

```
a += 1
```

Pour convertir un caractère en sa représentation binaire sur exactement 8 bits

L'instruction bin() retourne une chaîne **sans les bits de gauche** égaux à zéro.

Exemple: bin(5) \Rightarrow '0b101'

La commande format:

```
representation_binaire = format(5, 'b')      # ici, on obtient '101'
```

La séquence binaire rentrée commence au premier bit à 1 en partant de la gauche.

Pour obtenir une représentation binaire sur 8bits, il faut la préfixer avec les '0' manquants:

```
rep_binaire = format(5, '08b')      # ce qui donne '00000101'
```

Pour la conversion en octet d'une séquence binaire :

```
caractere = bytes([int(rep_binaire, 2)])      # attention il y a une liste [ ]
```

16 Gestion des erreurs & exceptions

Python utilise le **mécanisme des exceptions**: lorsqu'une opération ne se déroule pas correctement, une **exception est levée** ce qui interrompt le contexte d'exécution, pour revenir à un environnement d'exécution supérieur. Ce processus est répété jusqu'à un contexte gérant cette exception, ou jusqu'à l'arrêt du programme s'il n'y en a pas.

Par défaut, l'environnement supérieur est le shell de commande depuis lequel l'interprète Python a été lancé, et le comportement de gestion par défaut est d'afficher l'exception :

```
□ — xterm —  
Traceback (most recent call last):  
  File "test.py", line 1, in ?  
    3/0  
ZeroDivisionError: integer division or modulo by zero
```

Gestion des exceptions

Pour gérer l'exception, et éviter la *fin du programme*, il faut utiliser la structure `try` et `except`:

```
try:  
    #travail susceptible d'échouer  
except:  
    #travail à faire en cas d'échec
```

Attention

Toutes les opérations susceptibles d'entraîner une erreur ne lève pas d'exception.

Gestion des erreurs & Exceptions

Traiter une exception

Elles sont traitées, «*interceptées*», suivant leur nature :

```
nombre = input( "Entrer valeur: " )
try:
    nombre = float( nombre )
    resultat = 20.0 / nombre
except ValueError:
    print ("Vous devez entrer un nombre")
except ZeroDivisionError:
    print ("Essai de division par zéro")
print ("%.3f / %.3f = %.3f" % ( 20.0, nombre, resultat ))
```

Question : est-ce que toutes les exceptions sont gérées dans cet exemple ?

Il existe de nombreux **types d'exception** correspondant à des classes objet héritant de la classe racine Exception.

La définition de ses propres exceptions est en dehors du domaine d'application de ce cours.

Générer une exception

Il est possible de générer des exceptions à l'aide de la commande raise:

```
raise NameError('Oups une erreur !') #NameError indique que le nom n'existe pas
```

17 Fichiers : création

Ouverture, création et ajout

La fonction "open" renvoie un objet de type `file` et sert à ouvrir les fichiers en :

"r" lecture *lève une exception en cas d'erreur*

"w" écriture *le fichier est créé s'il n'existe pas, sinon il est écrasé*

"a" ajout *le fichier est créé s'il n'existe pas, sinon il est ouvert et l'écriture se fait à la fin*

UTF-8 vs octets

Par défaut, l'ouverture ou la création d'un fichier est faite en codage UTF-8 : une lettre accentuée lue ou écrite reste un symbole UTF-8.

Pour ouvrir ou créer le fichier au format octet, «*bytes*», on utilise le suffixe «*b*» : "rb", "wb" ou "ab" : une lettre accentuée lue ou écrite donne deux octets.

Pour vérifier que l'ouverture du fichier se fait correctement, il faut **traiter une exception**.

On peut également obtenir une description de l'erreur :

```
try:  
    fichier = open("lecture_fichier.txt", "r")  
except Exception as e:  
    print (e.args)
```

Ce qui peut produire :

```
[Errno 2] No such file or directory: 'lecture_fichier.txt'
```

On utilisera le type de la classe racine `Exception` pour intercepter l'exception, car on attend ici qu'une seule erreur.

Dans le cas où l'on veut gérer plusieurs exceptions de types différents pouvant être levées dans un bloc d'instruction, il faut indiquer leur type respectif.

Fichiers : UTF-8 vs octets

Création d'un fichier en codage UTF-8 et lecture sous forme d'octets

```
#!/usr/bin/python3
import sys

try:
    f = open("fichier_test", "w")1
except Exception as e:
    print(e.args)
    sys.exit(1)

f.write('été')
f.close()

f = open("fichier_test", "rb")2
ligne = f.readline()
print(ligne)
```

①⇒ouverture en écriture au format UTF-8 par défaut;

②⇒ouverture en lecture au format binaire.

Attention

La chaîne renvoyée par la méthode «readline()» contient le '\n'.

Lors de l'exécution, une chaîne au format «bytes» est bien affichée :

```
□ — xterm —
$ python3 exemple_fichier.py
b'\xc3\x9e'
```

Si on regarde le contenu de fichier avec la commande «xxd» :

```
□ — xterm —
$ xxd fichier_test
00000000: c3a9 74c3 a9          ...t..
```

Le fichier contient 5 octets : 2 octets pour chaque 'é' et 1 octet pour le 't'.

Fichiers : lecture par ligne

Lecture d'un fichier

L'objet de type `file` peut être utilisé de différentes manières pour effectuer la lecture d'un fichier.

- comme **une liste**, ce qui permet d'utiliser le `for` :

```
for une_ligne in fichier:  
    print (une_ligne)
```

- comme un «itérateur» sur lequel on applique la fonction `next()` (qui lève une exception à la fin) :

```
while 1:  
    try:  
        une_ligne = next(fichier) # renvoie l'exception StopIteration à la fin  
        print (une_ligne)  
    except:  
        break
```

- à travers la méthode `readline()` :

```
while 1:  
    une_ligne = fichier.readline() #renvoie une ligne avec le \n à la fin  
    if not une_ligne: break  
    print (une_ligne)
```

Si on veut supprimer le \n à la fin de la ligne après la lecture :

```
une_ligne = fichier.readline()  
if not une_ligne:  
    break  
ligne = ligne.rstrip('\n')
```

Fichiers : lecture caractère par caractère, ajout et positionnement

Lecture caractère par caractère : `read` vs `readline`

Sans argument, la méthode `readline` renvoie la prochaine ligne du fichier.

Avec l'argument `n`, cette méthode renvoie `n` caractères au plus (jusqu'à la fin de la ligne).

Pour lire exactement `n` caractères, il faut utiliser la méthode `read`:

- ▷ avec un argument de 1, on peut lire un fichier caractère par caractère ;
- ▷ à la fin du fichier, elle renvoie une chaîne vide (pas d'exception).

```
while 1:  
    caractere = fichier.read(1)  
    if not caractere :  
        break  
fichier.close() # ne pas oublier de fermer le fichier
```

Écriture dans un fichier

```
fichier = open("lecture_fichier.txt", "a")      # ouverture en ajout  
fichier.write('Ceci est une ligne ajoutee en fin de fichier\n')  
fichier.close()
```

Autres méthodes

- `read(n)` lit `n` caractères quelconques (même les `\n`) dans le fichier
- `fileno()` retourne le descripteur de fichier numérique
- `readlines()` lit et renvoie toutes les lignes du fichier
- `tell()` renvoie la position courante, en octets depuis le début du fichier
- `seek(déc, réf)` positionne la position courante en décalage par rapport à la référence indiquée par:
 - 0 : début ⇒ fonctionne sur les fichiers UTF-8 ("r" ou "a") ou octets ("rb" ou "ab")
 - 1 : relative ⇒ **ne fonctionne que** sur les fichiers octets ("rb" ou "ab")
 - 2 : fin du fichier ⇒ fonctionne sur les fichiers UTF-8 ou octets

Manipulation de données structurées compactes

Les **données structurées** correspondent à une séquence d'octets : composée de groupes d'octets dont le nombre correspond au type de la variable.

En C ou C++ :

```
struct exemple {  
    int un_entier;          # 4 octets  
    float un_flottant[2];   # 2*4 = 8 octets  
    char une_chaine[5];     # 5 octets  
}                      # la structure complète fait 17 octets
```

En Python, les structures de cette forme **n'existent pas** et une «chaîne d'octets» sert à manipuler cette séquence d'octets.

Le module spécialisé `struct` permet de composer ou de décomposer cette séquence d'octets suivant les types contenus. *Exemple : un entier sur 32bits correspond à une chaîne de 4 caractères.*

Pour décrire la structure à manipuler, on utilise une *chaîne de format* où des caractères spéciaux expriment les différents types qui se succèdent et permettent de regrouper les octets entre eux.

Le module fournit 3 fonctions :

- | | |
|------------------------------------|---|
| <code>calcsize(chaine_fmt)</code> | retourne la taille de la séquence complète |
| <code>pack(chaine_fmt, ...)</code> | construit la séquence à partir de la chaîne de format et d'une liste de valeurs |
| <code>unpack(chaine_fmt, c)</code> | retourne une liste de valeurs en décomposant suivant la chaîne de format |

Manipulation de données structurées : formats

La chaîne de format

Elle est composée d'une suite de caractères spéciaux :

type C	Python	type C	Python
x	pad byte		pas de valeur
c	char		1 octet
b	signed char		integer
h	short		integer
i	int		integer
l	long		integer
f	float		float
		<i>n</i> s	string
		B	unsigned char
		H	unsigned short
		I	unsigned int
		L	unsigned long
		d	double

Un ! devant le caractère permet l'interprétation dans le sens réseau (Big-Endian).

Pour répéter un caractère il suffit de le faire précéder du nombre d'occurrences (obligatoire pour le s où il indique le nombre de caractères de la chaîne).

Il faut mettre un '=' devant le format pour garantir l'alignement des données.

Sur l'exemple précédent, la chaîne de format est : iffcccc ou i2f5c.

```
□ — xterm —
>>> import struct
>>> données_compactées = struct.pack('=iffcccc', 10, 45.67, 98.3, b'a', b'b', b'c',
b'd', b'e')
>>> données_compactées
b'\n\x00\x00\x00\x14\xae6B\x9a\x99\xc4Babcde'
>>> liste_valeurs = struct.unpack('=i2f5c', données_compactées)
>>> liste_valeurs
(10, 45.66999816894531, 98.30000305175781, b'a', b'b', b'c', b'd', b'e')
```

Attention : le format '5c' renvoie 5 caractères alors que '5s' renvoie une chaîne de 5 caractères.

18 Expressions régulières ou *expressions rationnelles*

Une ER permet de faire de l'appariement de motif, *pattern matching* :

- ▷ savoir si un motif est **présent** dans une chaîne,
- ▷ **comment** il est présent dans la chaîne (en mémorisant la séquence correspondante).

Une expression régulière est exprimée par une suite de *meta-caractères*, exprimant :

- ▷ une *position* pour le motif
 - ▷ une alternative
^ : début de chaîne
 - | : *ceci* ou *cela*, exemple : a | b
- ▷ un caractère
 - . : n'importe quel caractère
 - [] : un caractère au choix parmi une liste, exemple : [ABC]
 - [^] : tous les caractères sauf..., exemple : [^@] tout sauf le «@»
 - [a-zA-Z] : toutes les lettres minuscules et majuscules
- ▷ des quantificateurs, qui permettent de répéter le caractère qui les précédent :
 - * : zéro, une ou plusieurs fois
 - + : **une** ou plusieurs fois { n } : *n* fois
 - ? : zéro ou une fois { n, m } : entre *n* et *m* fois
- ▷ des familles de caractères :
 - \d : un chiffre \D : tout sauf un chiffre \n newline
 - \s : un espace \w : un caractère alphanumérique \r retour-chariot

Expressions régulières en Python

Le module `re` permet la gestion des expressions régulières :

- i. **composition du motif ou exp. rég.**, avec des caractères spéciaux (comme `\d` pour *digit*) ;
- ii. **compilation**, pour rendre rapide le traitement ;
- iii. **recherche** dans une chaîne de caractères ;
- iv. **mémorisation** des séquences de caractères correspondant à la recherche dans la chaîne.

```
import re
une_chaine = 'La valeur 12 est un nombre'
re_nombre = re.compile(r"(\d+)"") # on exprime, on compile l'expression régulière
resultat = re_nombre.search(une_chaine) # renvoie l'objet None en cas d'échec
if resultat :
    print ('trouvé !')
    print (resultat)
    print (resultat.group(1))
```

le préfixe `r` permet de bloquer l'interprétation des « \ »



```
└── xterm ━━
trouvé !
<_sre.SRE_Match object; span=(0, 2), match='12'>
12
```

Récupération de la séquence de caractères correspondant au motif

L'ajout de parenthèses dans l'ER permet de **mémoriser une partie du motif trouvé**, accessible comme un groupe indicé de caractères à l'aide la méthode «`group()`» : (`resultat.group(indice)`).

Expressions régulières en Python

UTF-8 et octets

- Pour rechercher dans une **chaîne de caractères**: le motif ou ER doit être une **chaîne de caractères**.
- Pour rechercher dans une **chaîne d'octets**: le motif doit être une **chaîne d'octets**.

Exemple avec de l'UTF-8

```
import re
une_chaine = "Ma saison préférée est l'été, mais le printemps est pas mal non plus"
re_mot = re.compile(r"(\w*é\w*)")
resultat = re_mot.findall(une_chaine)
if resultat :
    print (resultat)
```

La méthode `findall` renvoie une liste de toutes les occurrences, ici, des mots contenant un 'é'

```
└── xterm ━━━━━━
$ python3 er2.py
['préférée', 'été']
```

Exemple avec des octets

```
import re
une_chaine = b'La valeur 12 est un nombre'
re_nombre = re.compile(rb"(\d+)")
resultat = re_nombre.search(une_chaine)
if resultat :
    print (resultat.group(1))
```

*on utilise le préfixe '`rb`' pour indiquer une chaîne d'octets et bloquer l'interprétation des *

ER – Compléments : gestion du motif

Différence majuscule/minuscule

Pour ne pas en tenir compte, il faut l'indiquer avec une constante de module en argument :

```
re_mon_expression = re.compile(r"Valeur\s*=\s*(\d+)", re.I)
```

Ici, `re.I` est l'abréviation de `re.IGNORECASE`.

Motifs mémorisés

Il est possible de récupérer la liste des motifs mémorisés :

```
import re
chaine = 'Les valeurs sont 10, 56 et enfin 38.'
re_mon_expression = re.compile(r"\D*(\d+)\D*(\d+)\D*(\d+)", re.I)
resultat = re_mon_expression.search(chaine)
if resultat :
    liste = resultat.groups()
    for une_valeur in liste:
        print (une_valeur)
```



The screenshot shows an xterm window with a blue title bar containing the text "xterm". The window displays the following text:
10
56
38

ER – Compléments : éclatement et recomposition

Décomposer une ligne

Il est possible "d'éclater" une ligne suivant l'ER représentant les séparateurs :

```
import re
chaine = 'Arthur:::Bob:Alice/Oscar'
re_separateur = re.compile( r"[:]+")
liste = re_separateur.split(chaine)
print (liste)
```



```
□ — xterm —
['Arthur', 'Bob', 'Alice', 'Oscar'] |||
```

Composer une ligne

Il est possible de composer une ligne en «joignant» les éléments d'une liste à l'aide de la méthode join d'une chaîne de caractère :

```
liste = ['Mon', 'chat', "s'appelle", 'Neko']
print (liste)
print ("_".join(liste))
```



```
□ — xterm —
['Mon', 'chat', "s'appelle", 'Neko']
Mon_chat_s'appelle_Neko |||
```

Ici, la chaîne contient le séparateur qui sera ajouté entre chaque élément de la liste.

19 Fonctions : définition & arguments

La définition d'une fonction se fait à l'aide de `def` :

```
def ma_fonction(paramètres) :  
    #instructions
```

Paramètres

Les paramètres de la fonction peuvent être :

- ▷ nommés et recevoir des valeurs par défaut ;
- ▷ être donnés dans le *désordre* et/ou partiellement.

Ceci est très utile pour les objets d'interface graphique comportant de nombreux paramètres dont seulement certains sont à changer par rapport à leur valeur par défaut.

```
def ma_fonction(nombre1 = 10, valeur = 2):  
    return nombre1 / valeur  
print (ma_fonction())  
print (ma_fonction(valeur = 3))  
print (ma_fonction(27.0, 4))
```

The screenshot shows an xterm window with the following text:
xterm
5.0
3.33333333333
6.75

Variables locales vs globales

Pour conserver les modifications d'une variable définie à l'extérieur de la fonction, il faut utiliser «`global`» :

```
variable_a_modifier = "Alice"  
def modif(nom):  
    variable_a_modifier = nom  
modif("Bob")  
print (variable_a_modifier)
```

The screenshot shows an xterm window with the following text:
xterm
Alice

```
variable_a_modifier = "Alice"  
def modif(nom):  
    global variable_a_modifier  
    variable_a_modifier = nom  
modif("Bob")  
print (variable_a_modifier)
```

The screenshot shows an xterm window with the following text:
xterm
Bob

Fonctions : valeur de retour & λ -fonction

Plusieurs valeurs de retour

```
def ma_fonction(x, y):  
    return x*y, x+y  
# code principal  
produit, somme = ma_fonction(2, 3)  
liste = ma_fonction(5, 6)  
print (produit, somme)  
print (liste)
```



xterm

```
6 5  
(30, 11)
```

Une *lambda expression* ou un objet fonction anonyme

```
une_fonction = lambda x, y: x * y  
print (une_fonction(2, 5))
```

xterm
10

En combinaison avec la fonction `filter()` qui applique une fonction anonyme sur chaque élément d'une liste et retourne la liste des résultats :

xterm

```
>>> list(filter(lambda x: x > 3, [1, 4, 2, 5]))
```

```
[4, 5]
```

Ici, sont filtrés les éléments pour lesquels la valeur de retour de la λ -fonction donne `False` ou 0.

20 Contrôle d'erreur à l'exécution

Une forme simple de contrôle d'erreur est introduite grâce à la fonction `assert` :

```
assert un_test, une_chaine_de_description
```

Fonctionnement de l'assert

Si la condition de l'assert n'est pas vérifiée alors le programme lève une exception.

```
try:  
    a = 10  
    assert a<5, "mauvaise valeur pour a"  
except AssertionError as e:  
    print ("Exception: ",e.args)
```



```
xterm  
Exception: ('mauvaise valeur pour a',)
```

Ce mécanisme permet de faire de la **programmation par contrat**:

- ▷ la fonction **s'engage** à fournir un résultat si les conditions sur les variables d'entrées sont respectées : plus de contrôle \Rightarrow un programme plus sûr;
- ▷ les conditions des «assert» écrites dans le source fournissent des informations sur les données : le programme est mieux documenté;
- ▷ une fois le programme testé, le mécanisme d'assert peut être désactivé afin de supprimer les tests et leur impact sur le temps d'exécution du programme.

21 Génération de valeurs aléatoires : le module random

Choix d'une valeur numérique aléatoire dans un intervalle

```
import random

random.seed() # initialiser le générateur aléatoire
# Pour choisir aléatoirement une valeur entre 1 et 2^32
isn = random.randrange(1, 2**32) # on peut aussi utiliser random.ran
dint(1,2**32)
print (isn)
```



The screenshot shows an xterm window with a blue border. The title bar says "xterm". The main area contains the text "2769369623". On the right side of the window, there are standard window control buttons for minimizing, maximizing, and closing.

Choix aléatoire d'une valeur depuis un ensemble de valeurs

```
import random

# retourne une valeur parmi celles données dans la chaîne
caractere = random.choice('ABC123')
print (caractere)
```



The screenshot shows an xterm window with a blue border. The title bar says "xterm". The main area contains the letter "B". On the right side of the window, there are standard window control buttons for minimizing, maximizing, and closing.

22 Intégration dans Unix : l'écriture de *Script système*

Lorsque l'on écrit un programme Python destiné à être utilisé en tant que «script système», c-à-d comme une commande, il est important de soigner l'interface avec l'utilisateur, en lui proposant des *choix par défaut* lors de la saisie de paramètres :

```
1#!/usr/bin/python3
2import sys
3
4#configuration
5nom_defaut = "document.txt"
6
7#programme
8saisie = input("Entrer le nom du fichier [%s]" % nom_defaut)
9nom_fichier = saisie or nom_defaut
10
11try:
12    entree = open(nom_fichier, "r")
13except Exception as e:
14    print (e.args)
15    sys.exit(1)
```

- ▷ ligne 4 : on définit une valeur par défaut pour le nom du fichier à ouvrir ;
- ▷ ligne 6 : on saisie le nom de fichier avec, entre crochets, le nom par défaut ;
- ▷ ligne 7 : si l'utilisateur tape **directement** «entrée», saisie est vide, c-à-d considérée comme *fausse*, et l'opérateur «*or*» affecte la valeur par défaut, qui, elle, est considérée comme *vraie*.

23 Gestion de processus : lancer une commande externe et récupérer son résultat

Exécution et récupération de la sortie d'une commande : le module subprocess

```
1 import subprocess
2 r = subprocess.run('ls *.py', shell=True, stdout=subprocess.PIPE) # Récupère la sortie d'une commande
3 print(r.stdout)
```

Communication en Entrée/Sortie avec une commande :

```
1 import subprocess
2 cmd_ext = subprocess.Popen('wc -l', stdin=subprocess.PIPE, stdout=subprocess.PIPE, shell=True)
3 cmd_ext.stdin.write(b'Bonjour tout le monde\n')
4 cmd_ext.stdin.close() # important pour démarrer le travail de la commande
5 print(cmd_ext.stdout.read())
```

- ▷ ligne 2, on lance la commande, *ici wc*, avec l'argument `-l`, et on indique que l'on veut récupérer les canaux `stdin`, *pour l'entrée*, et `stdout`, *pour la sortie*, de cette commande ;
- ▷ ligne 3, on envoie une ligne de texte à la commande qui s'exécute en multi-tâche ;
- ▷ ligne 4, on ferme le fichier d'entrée ce qui indique à la commande qu'elle ne recevra plus d'entrée et donc qu'elle peut commencer à travailler ;
- ▷ ligne 5, on récupère le résultat de son travail et on l'affiche.

La méthode «communicate»

```
2 import subprocess
3 cmd_ext = subprocess.Popen('wc -w', stdin=subprocess.PIPE, stdout=subprocess.PIPE, shell=True)
4 (sortie_standard,sortie_erreur) = cmd_ext.communicate(b'Bonjour tout le monde\n')
5 if (cmd_ext.returncode != 0): # on teste la valeur de succès de la commande
6     print ("erreur:",sortie_erreur)
7 else :
8     print ("succès:",sortie_standard)
```

Attention

La méthode `communicate()` :

- ▷ transmet les données à la commande externe sur `stdin` et ferme `stdin` de la commande externe ;
- ▷ lit toutes les sorties de la commande externe et attend la fin de l'exécution de la commande ;
- ▷ retourne la sortie complète de la commande externe et sa valeur de succès.

Gestion de processus : création d'un second processus

Scinder le processus en deux

La commande `fork` permet de scinder le processus courant en deux avec la création d'un nouveau processus. L'un est désigné comme étant le père et l'autre, le fils.

```
import os, sys

pid = os.fork()
if not pid :
    # je suis l'enfant
    print("je suis l'enfant")
else:
    # je suis le père
    os.kill(pid, 9) # terminaison du processus fils
```

Gestion des arguments du processus

Pour récupérer la liste des arguments du script (nom du script compris) :

```
import sys

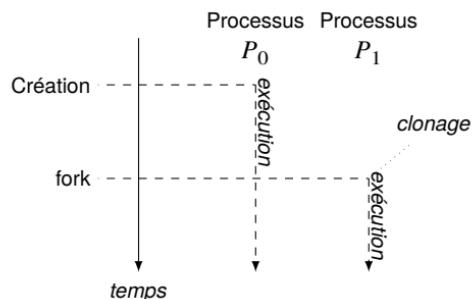
print (sys.argv)
```

Si on lance ce script :



```
$ ./mon_script.py -nom toto
['mon_script.py', '-nom', 'toto']
```

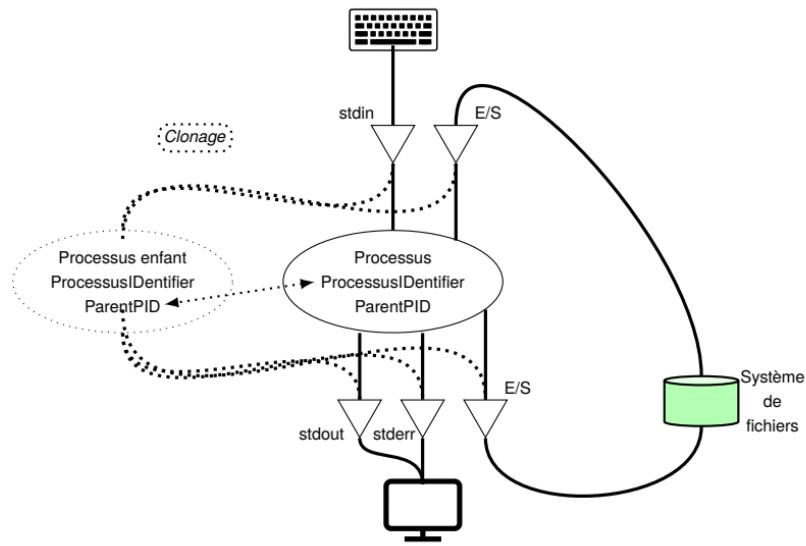
Création de Processus : le fork



- Le processus P_0 est créé et s'exécute.
- Lors de l'exécution de l'instruction `fork` : il est «clonné» en un nouveau processus P_1 .
- P_1 s'exécute en concurrence de P_0 .

Les deux processus P_0 et P_1 :

- sont **identiques** : ils partagent le même code, leurs entrées sorties, les fichiers ouverts **avant le fork** ;
- sont **différenciés** par la valeur de retour de la fonction `fork` :
 - ◊ le processus P_0 , père, reçoit le PID du fils ;
 - ◊ le processus P_1 , enfant, reçoit la valeur 0 (il peut consulter son PPID pour connaître le PID de son père) ;
- sont **indépendants** : **après le fork**, toute entrée/sortie créée n'est **pas partagée**.



24 Programmation Socket : protocole TCP

Utilisation du protocole TCP

Une connexion TCP correspond à un tube contenant deux canaux, un pour chaque direction de communication (A vers B, et B vers A).

Les échanges sont **bufférisés** : les données sont stockées dans une mémoire tampon jusqu'à ce que le système d'exploitation les envoie dans un ou plusieurs datagrammes IP.

Les primitives de connexion pour le protocole TCP : socket, bind, listen, accept, connect, close, shutdown.

shutdown (flag)	ferme la connexion en lecture (SHUT_RD), en écriture (SHUT_WR) en lecture et écriture (SHUT_RDWR)
close ()	ferme la connexion dans les deux sens
recv (max)	reçoit au plus max octets, mais peut en recevoir moins suivant le débit de la communication (ATTENTION !)
send (data)	envoie data retourne le nombre d'octets effectivement envoyés
sendall (data)	bloque jusqu'à l'envoi effectif de data \Rightarrow C'est cette opération qu'il faut utiliser car elle envoi immédiatement les données !

Attention : Les opérations de lecture et d'écriture utilisent des chaînes d'octets b '' .

Modèle «client/serveur» avec TCP

- On appelle :
- «**client**» le programme qui **demande** à établir la communication (connexion) ;
 - «**serveur**» le programme qui **attend** la demande de connexion du client.

L'élément logiciel qui représente la communication est une «socket» ou prise.

Le système d'exploitation doit allouer un TSAP, «*Transport Service Access Point*», ou *point d'accès au service* pour chaque socket utilisée pour une communication (le *service* correspond au processus associé).

Le **TSAP** est l'association de l'adresse IP de la machine et d'un «numéro de port».

Il est ainsi possible de faire du «multiplexage» : une seule adresse IP mais plusieurs communications simultanées.

Du point de vue du serveur ce numéro de port doit être :

- ◊ libre (non déjà utilisé par un autre processus) : *il identifie le processus lié à la communication* ;
- ◊ connu du client : *pour que le client sache quel port demander*.

Les différentes étapes pour l'établissement de la communication :

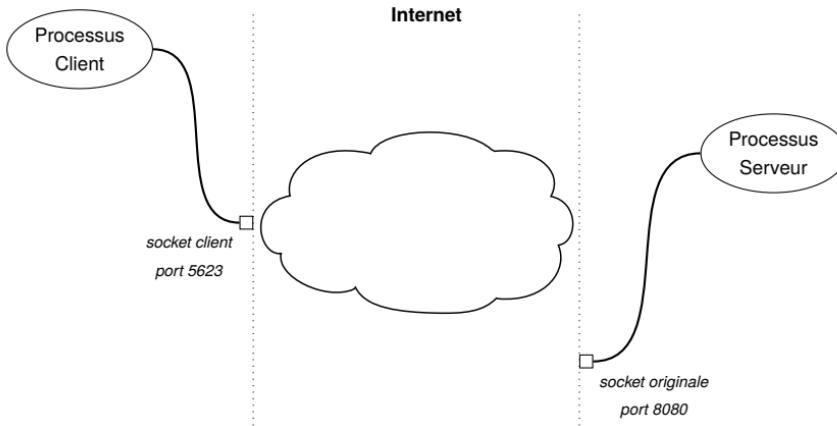
1. Le serveur attend sur le TSAP :

[@IP serveur, numéro de port]
socket, bind, listen, accept

Ici, le port choisi par le serveur est le 8080.

Ce port devra être connu du client.

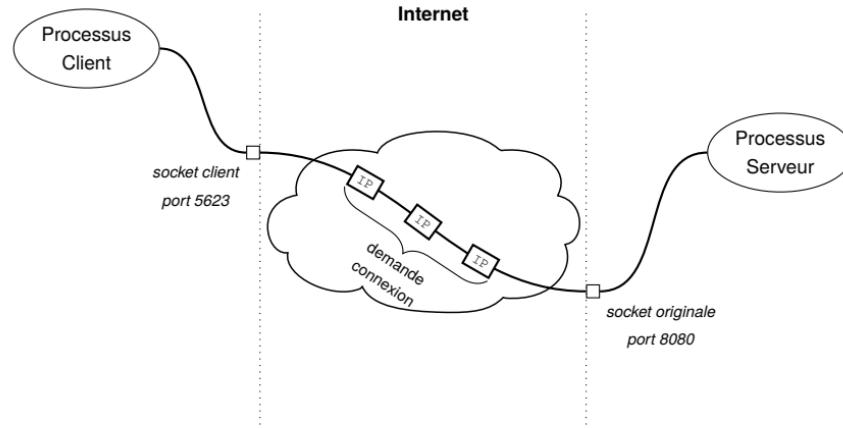
Le client obtient automatiquement un numéro de port libre (par ex. 5623) **socket**.



Description des instructions :

- ▷ **socket** : demande au système d'exploitation d'autoriser une communication ;
- ▷ **bind** : accroche la socket à un numéro de port (inutile sur le client) ;
- ▷ **listen** : configure le nombre de communications simultanées sur le serveur.

Modèle «client/serveur» avec TCP



2. Le client se connecte au serveur **connect**

Le système d'exploitation du client et du serveur, mémorise la communication par un couple (TSAP client, TSAP serveur) :

TSAP client	TSAP serveur
(@IP client : 5623)	↔ (@IP serveur : 8080)

Cette communication peut être affichée avec la commande Linux «ss -tna» (état ESTABLISHED).

Remarques :

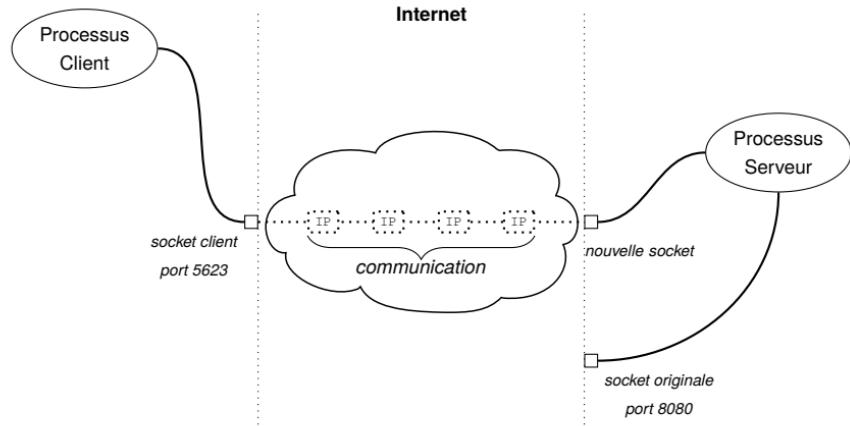
- L'instruction **accept** donne au serveur une nouvelle *socket* qui correspond à la communication avec le client.

C'est par cette socket que l'on peut communiquer avec ce client.

- Le serveur peut recevoir la connexion de nouveaux clients sur la *socket originale*.

Un serveur peut avoir plusieurs communications simultanées avec différents clients.

Chacune de ces communications correspond à un couple différent de TSAP : pour chaque communication, le même TSAP du côté du serveur est associé à un TSAP côté client différent.



Programmation Socket : client TCP

Programmation d'un client en TCP

```
import os,socket,sys

adresse_serveur = socket.gethostbyname('localhost') # réalise une requête DNS
numero_port = 6688
ma_socket = socket.socket(socket.AF_INET, socket.SOCK_STREAM)

try:
    ma_socket.connect((adresse_serveur, numero_port))
except Exception as e:
    print ("Probleme de connexion", e.args)
    sys.exit(1)

while 1:
    ligne = ma_socket.recv(1024) # réception d'au plus 1024 caractères
    if not ligne:
        break
    print (ligne)

ma_socket.close()
```

l'adresse symbolique du serveur

SOCK_STREAM désigne TCP

retourne une chaîne d'octets b ''

Attention

- les «sockets» échangent des données au **format chaîne d'octets** : b ''
- Le paramètre donné à «ma_socket.recv(1024)» indique la **taille maximale** que l'on peut recevoir, mais **ne garantie pas** qu'elle retournera 1024 caractères.

Programmation Socket : serveur TCP

Programmation d'un serveur en TCP

```
import os,socket,sys

numero_port = 6688
ma_socket = socket.socket(socket.AF_INET, socket.SOCK_STREAM, socket.IPPROTO_TCP)
ma_socket.setsockopt(socket.SOL_SOCKET, socket.SO_REUSEADDR, 1)
ma_socket.bind(('', numero_port)) # équivalent à INADDR_ANY en C
ma_socket.listen(socket.SOMAXCONN)

while 1:
    (nouvelle_connexion, TSAP_depuis) = ma_socket.accept() socket renvoyée par le accept ()
    print ('Nouvelle connexion depuis ', TSAP_depuis)
    nouvelle_connexion.sendall(b'Bienvenu\n')
    nouvelle_connexion.close() chaîne d'octets !
ma_socket.close()
```

Utilisation de la méthode sendall

Pour envoyer **immédiatement** une ligne :

```
nouvelle_connexion.sendall(b'Ceci est une ligne\n')
```

L'envoi se fait sans attendre que le «buffer d'envoi» soit plein.

Attention

Si vous échangez entre un **client** et un **serveur**, et que l'un **attend de recevoir avant de répondre**, les deux processus peuvent **se bloquer** si l'envoi est retardé (bufférisé) et non immédiat.



Programmation Socket : TCP & bufférisation

- ▷ les échanges sur Internet sont **asynchrones** : les données échangées sont reçues et envoyées sous forme de datagramme IP, qui sont acheminés sans garanties d'ordre et de temps ;
- ▷ le système d'exploitation améliore la situation en introduisant un buffer à la réception et à l'envoi ;
- ▷ la programmation réseau est **synchrones**, mais **sur ces buffers** d'envoi et de réception.

Pour la réception

`donnees = ma_socket.recv(1024)` peut retourner moins d'octets mais pas plus de 1024.

Exemple :

- * la machine A envoie à la machine B, 30 lignes de texte pour un total de 920 octets ;
- * lors du transfert dans le réseau, ces 920 octets sont décomposés en un datagramme de 500 octets et un autre de 420 octets ;
- * lorsque B reçoit les 500 octets, le buffer de réception se remplit et les données sont mises à disposition du programme ;
- * la méthode `recv` ne retourne que 500 octets au programme.

Solution : tester le nombre d'octets obtenus en retour de l'appel à la méthode `recv`.

Pour l'envoi

`nb_octets = ma_socket.send(data)` les données sont mises dans le buffer d'envoi, et lorsqu'il y en aura suffisamment pour remplir un datagramme, ce datagramme sera réellement envoyé sur le réseau.

Il se peut que l'utilisation de la méthode `send` ne transmette rien sur le réseau et donc, le récepteur ne recevra rien et ne réagira pas.

Solution : utiliser l'instruction `sendall()` au lieu de `send()`, pour forcer l'envoi immédiat des données.

Les protocoles basés sur TCP utilisent le concept de ligne

Ces protocoles échangent des données structurées sous forme de lignes (séparées par des '\r\n').

Il faut vérifier les données reçues et *éventuellement* les concaténer aux suivantes pour retrouver une ligne complète.

Chaque ligne doit être envoyée immédiatement sans bufférisation.

Programmation Socket : lecture par ligne

Lecture d'une ligne de protocole orienté texte comme HTTP, SMTP, POP etc.

Lorsque l'on lit les informations reçues sur la socket TCP, on récupère des données découpées suivant des blocs de taille quelconque, on ne récupère pas ces données ligne par ligne depuis la socket.

Il est nécessaire de définir une fonction renvoyant une ligne lue caractère par caractère :

```
def lecture_ligne(ma_socket) :
    ligne = b''
    while 1:
        caractere_courant = ma_socket.recv(1)
        if not caractere_courant :
            break
        if caractere_courant == b'\r':
            caractere_suivant = ma_socket.recv(1)
            if caractere_suivant == b'\n':
                break
            ligne += caractere_courant + caractere_suivant
            continue
        if caractere_courant == b'\n':
            break
        ligne += caractere_courant
    return ligne
```

La ligne renournée par la fonction n'inclut pas le retour à la ligne : `b'\r\n'` ou `b'\n'`.

La norme des protocoles sur Internet est `b'\r\n'`.

Attention

Ce sera cette version que vous utiliserez dans les TP.



Programmation Socket : mode non bloquant

Utilisation d'une socket en mode non bloquant

Une fois la socket créée, il est possible de ne plus être bloqué en lecture lorsqu'il n'y a pas de données disponibles sur la socket.

```
ma_socket.setblocking(0)
while 1:
    try :
        donnees = ma_socket.recv(1024)
    except :
        pass
    else :
        print (donnees)
```

Ainsi, s'il n'y a pas de données à recevoir, une exception est levée.

Attention

Dans ce cas là, le programme attend de manière **active** des données !

Vous **gaspillez** inutilement les ressources de la machine !

Programmation socket : gestion par événement

Le module `select` et sa fonction `select()` permet d'être *averti* de l'arrivée **d'événements** sur des descripteurs de fichier ou des sockets.

Ainsi, il est possible de ne plus se bloquer en lecture, voire en écriture, sur tel ou tel descripteur ou socket.

Ces événements sont :

- * une **demande de connexion**, lorsque cela concerne à une socket serveur ;
- * la présence de **données à lire** ;
- * la **possibilité d'écrire** sans être bloqué (le récepteur ne bloquera pas l'émetteur).

Il faut fournir en argument de `select` trois listes de descripteurs ou socket, correspondant à la catégorie des événements :

1. en entrée (lecture ou connexion),
2. en sortie,
3. exceptionnels (généralement vide)

La fonction `select` retourne les trois listes modifiées, c-à-d **ne contenant que** les descripteurs pour lesquels un événement est survenu.

```
import select  
(evnt_entree, evnt_sortie, evnt_exception) = select.select(surveil_entree, [], [])
```

L'appel à la méthode `select` bloque tant qu'aucun événement n'est survenu.

Au retour de la fonction, il suffit de **parcourir le contenu de ces listes** pour trouver les descripteurs/sockets à traiter (par exemple, trouver une socket où des données sont lisibles).

Pour **détecter une demande de connexion**, il faut comparer chaque socket de la liste `evnt_entree` à la socket utilisée pour faire l'opération «`accept`».

Programmation socket: select ()

Exemple : lancer un accept uniquement lorsqu'un client essaye un connect.

```
import sys,os,socket,select

adresse_hote = ''
numero_port = 6688

ma_socket = socket.socket(socket.AF_INET,socket.SOCK_STREAM,socket.IPPROTO_TCP)
ma_socket.setsockopt(socket.SOL_SOCKET, socket.SO_REUSEADDR,1)
ma_socket.bind((adresse_hote, numero_port))
ma_socket.listen(socket.SOMAXCONN)

surveillance = [ma_socket]
while 1:
    (evnt_entree,evnt_sortie,evnt_exception) = select.select(surveillance,[],[])
    for un_evenement in evnt_entree:
        if (un_evenement == ma_socket):
            # il y a une demande de connexion
            nouvelle_connexion, depuis = ma_socket.accept()
            print ("Nouvelle connexion depuis ", depuis)
            nouvelle_connexion.sendall(b'Bienvenu\n')
            surveillance.append(nouvelle_connexion)
            continue
        # sinon cela concerne une socket connectée à un client
        ligne = un_evenement.recv(1024)
        if not ligne :
            surveillance.remove(un_evenement) # le client s'est déconnecté
        else :
            print (un_evenement.getpeername(),':',ligne)
            # envoyer la ligne a tous les clients, etc
```

25 Programmation socket : le protocole UDP

Utilisation du protocole UDP :

```
import socket

TSAP_local = ('', 7777)
TSAP_distant = (socket.gethostbyname("p-fb.net"), 8900)

ma_socket = socket.socket(socket.AF_INET, socket.SOCK_DGRAM, socket.IPPROTO_UDP)
ma_socket.bind(TSAP_local)

ma_socket.sendto(b'Hello ', TSAP_distant)
donnees, TSAP_emetteur = ma_socket.recvfrom(1000)
```

On utilise les méthodes suivantes de l'objet `socket` :

- * la méthode «`sendto()`» reçoit en paramètre les données et le TSAP du destinataire.
- * la méthode «`recvfrom()`» :
 - ◊ reçoit en paramètre la taille maximale des données que l'on peut recevoir (s'il y a plus de données reçues elles seront ignorées) ;
 - ◊ retourne ces données et le TSAP de l'émetteur.

Attention

- En UDP, on échange uniquement un datagramme à la fois, d'au plus 1500 octets pour IPv4.
- Les données échangées dans les méthodes `sendto()` et `recvfrom()` sont des chaînes d'octets `b''`.



La classe «threading»

Cette classe permet d'exécuter une fonction en tant que *thread*.

Ses méthodes sont :

`Thread(target=func)` permet de définir la fonction à transformer en thread, retourne un objet thread.

`start()` permet de déclencher la thread

```
import threading

def ma_fonction():
    # travail
    print('Travail de la thread')
    return

# Déclenchement de la thread
ma_thread = threading.Thread(target = ma_fonction)
ma_thread.start()

# Thread principale
print('Travail de la thread principale')
```



xterm

```
Travail de la thread
Travail de la thread principale
```



La classe semaphore, pour la protection des accès concurrents

Les méthodes sont :

Semaphore (val)	fonction de classe renvoyant un objet Semaphore initialisé à la valeur optionnelle 'value'
BoundedSemaphore (v)	fonction de classe renvoyant un objet Semaphore initialisé à la valeur optionnelle 'value' qui ne pourra jamais dépasser cette valeur
acquire ()	essaie de diminuer la séaphore, bloque si la séaphore est à zéro
release ()	augmente la valeur de la séaphore

```
import threading

def ma_fonction():
    # travail
    print("Travail de la thread")
    s.release()
    return

s = threading.Semaphore(0)

# Déclenchement de la thread
ma_thread = threading.Thread(target = ma_fonction)
ma_thread.start()

# Thread principale
print('Travail de la thread principale')
s.acquire()
```

27 Manipulations avancées : serveur Web intégré

Serveur Web

Le serveur Web va servir le contenu du répertoire courant depuis lequel on lance la commande :

```
└── xterm ━
pef@darkstar:/Users/pef $ python3 -m http.server
Serving HTTP on 0.0.0.0 port 8000 (http://0.0.0.0:8000/) ...
127.0.0.1 - - [12/Aug/2018 21:33:47] "GET / HTTP/1.1" 200 -
```

En utilisant la commande «curl», on peut lancer une requête vers le serveur :

```
└── xterm ━
pef@darkstar:/Users/pef $ curl -v http://localhost:8000/
*   Trying 127.0.0.1...
* TCP_NODELAY set
* Connected to localhost (127.0.0.1) port 8000 (#0)
> GET / HTTP/1.1
> Host: localhost:8000
> User-Agent: curl/7.61.0
> Accept: */*
>
* HTTP 1.0, assume close after body
< HTTP/1.0 200 OK
< Server: SimpleHTTP/0.6 Python/3.6.4
< Date: Sun, 12 Aug 2018 19:33:47 GMT
< Content-type: text/html; charset=utf-8
< Content-Length: 1713
<
<!DOCTYPE HTML PUBLIC "-//W3C//DTD HTML 4.01//EN" "http://www.w3.org/TR/html4/strict.dtd">
<html>
<head>
<meta http-equiv="Content-Type" content="text/html; charset=utf-8">
<title>Directory listing for /</title>
</head>
```

Pour disposer d'un serveur Web avec exécution de scripts CGI dans le sous-répertoire cgi-bin/ :

```
└── xterm ━
$ python3 -m http.server --cgi
```

Il faut que les scripts soient exécutables (`chmod +x`) et qu'ils produisent en sortie un contenu adapté (HTML, JSON).

Manipulations avancées : traitement de données au format JSON

Pour traiter des résultats au format JSON

Dans le shell :

La commande «curl» va récupérer les données au format JSON et ces données vont être formatées par le module «json.tool» :

```
pef@darkstar:/Users/pef $ curl -sH 'Accept: application/json' http://api.icndb.com/jokes/random | python3 -m json.tool
{
    "type": "success",
    "value": {
        "categories": [
            "nerdy"
        ],
        "id": 543,
        "joke": "Chuck Norris's programs can pass the Turing Test by staring at the interrogator."
    }
}
{
    "tx_index": 1939114,
    "ver": 1,
    "vin_sz": 3,
    "vout_sz": 2,
    "weight": 2468
}
]
"ver": 1
```

Dans un programme :

```
----- xterm -----
import json
from urllib.request import urlopen

url = 'http://api.icndb.com/jokes/random?limitTo=[nerdy]'
response = urlopen(url)
data = response.read()
values = json.loads(data)

print (values['value'][0]['joke'])
```

Le format JSON

Le format JSON est un format très utile pour utiliser des APIs de services Web et le développement de *microservices* basés sur l'architecture REST.

Cette architecture REST peut être définie par les 5 règles suivantes :

1. l'URI comme identifiant des ressources (URL explicite).
2. les verbes HTTP comme identifiant des opérations (GET, POST, PUT DELETE).
3. les réponses HTTP comme représentation des ressources (JSON).
4. les liens comme relation entre ressources (définition de l'attribut «rel» en accord avec l'IANA).
5. un paramètre comme jeton d'authentification,



Manipulations avancées : système de fichier

Informations sur les fichiers

Pour calculer la taille d'un fichier, il est possible de l'ouvrir, de se placer en fin et d'obtenir la position par rapport au début (ce qui indique la taille) :

```
mon_fichier = open("chemin_fichier", "rb")
mon_fichier.seek(2, 0)    #On se place en fin, soit à zéro en partant de la fin
taille = mon_fichier.tell()
mon_fichier.seek(0, 0)    # Pour se mettre au début si on veut lire le contenu
```

Pour connaître la nature d'une entrée du répertoire :

```
import os.path

if os.path.exists("chemin_fichier"):
    # l'entrée existe
    print('fichier existe')
if os.path.isfile("chemin_fichier"):
    # c'est un fichier
    print("c'est un fichier et non un répertoire")
if os.path.isdir("chemin_fichier") :
    # c'est un répertoire
    print("c'est un répertoire et non un fichier")
taille = os.path.getsize("chemin_fichier") # pour obtenir la taille d'un fichier
```

COMPLÉMENT

Manipulations avancées : broadcast UDP, obtenir son adresse IP, Scapy

La réception de datagramme UDP en multicast

Pour la réception de paquets UDP en *multicast*, il est **nécessaire d'informer** l'OS de la prise en charge d'un groupe par l'application :

Attention : c'est la lettre l, comme «linux»...

```
import socket, struct

ma_socket = socket.socket(socket.AF_INET, socket.SOCK_DGRAM)
mcast = struct.pack('4sl', socket.inet_aton('224.0.0.127'), socket.INADDR_ANY)
ma_socket.setsockopt(socket.IPPROTO_IP, socket.IP_ADD_MEMBERSHIP, mcast)

# configurer le nombre de routeurs traversables
ma_socket.setsockopt(socket.IPPROTO_IP, socket.IP_MULTICAST_TTL, 2)

# si on veut recevoir son propre envoi
ma_socket.setsockopt(socket.IPPROTO_IP, socket.IP_MULTICAST_LOOP, 1)
```

Obtenir l'adresse IP de la machine que l'on utilise

```
mon_nom_symbolique = subprocess.run(['uname', '-a'], stdout=subprocess.PIPE).stdout.split()[1]
mon_adresse_ip = socket.gethostbyname(socket.gethostname(mon_nom_symbolique))
```

Scapy

Le module `scapy` dispose de capacités à traiter le contenu des paquets reçus suivant le protocole associé.

Cette bibliothèque d'injection de *paquets forgés* dispose de fonctions d'analyse et d'affichage de données de différents protocoles : DNS(), IP(), UDP(), etc.

```
from scapy.all import *

# la variable donnees contient le contenu d'un paquet DNS
analyse = DNS(donnees)
analyse.show()
```

Manipulations avancées : programmation objet, classe et introspection

Il est possible de définir des **classes d'objets**.

Une classe peut être définie à tout moment dans un source, et on peut en définir plusieurs dans le même source (contrairement à Java)

```
class ma_classe(object):      # hérite de la classe object
    variable_classe = 10
    def __init__(self):          # deux caractères underscore _
        self.variable_instance = 2
    def une_methode(self):
        print (self.variable_instance)
```

- La fonction «`__init__()` » permet de définir les variables d'instance de l'objet.
- Le mot clé `self` permet d'avoir accès à l'objet lui-même et à ses *attributs*.
- Les attributs sont des méthodes et des variables.

Les attributs d'un objet peuvent varier au cours du programme (comme en Javascript).

Introspection

Obtenir les attributs et méthodes d'un objet avec la fonction `dir()`:

```
print (dir([]))
```



xterm

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

Intégration Unix : les options en ligne de commande : le module optparse

Le module «optparse» permet de :

- définir les options du programme et leur documentation ainsi que leur traitement :
- chaque option possède une version courte ou longue, plus explicite ou «verbose» :

```
□ — xterm —  
$ ./ma_commande.py -l mon_fichier.txt  
$ ./ma_commande.py --lire-fichier=mon_fichier.txt
```

- lors de la demande d'aide avec «-h», chaque option dispose d'une description :

```
□ — xterm —  
$ ./ma_commande.py -h  
Usage: ma_commande.py [options]  
  
Options:  
-h, --help           show this help message and exit  
-l NOM_FICHIER, --lire-fichier=NOM_FICHIER  
                      lit un fichier  
-c, --convertir     convertit le fichier
```

- une option peut être associée :

- * à la valeur qui la suit :

```
□ — xterm —  
$ ./ma_commande.py -l mon_fichier.txt
```

- * à un booléen :

```
□ — xterm —  
$ ./ma_commande.py -c
```

- les options peuvent être combinées :

```
□ — xterm —  
$ ./ma_commande.py -l mon_fichier.txt -c
```



Les options en ligne de commande : le module optparse

Le module «optparse» permet de :

décomposer les options passées au programme sur la ligne de commande :

```
#!/usr/bin/python3
import optparse

parseur = optparse.OptionParser() # crée un parseur que l'on configure ensuite
parseur.add_option('-l', '--lire-fichier', help='lit un fichier', dest='nom_fichier')
parseur.add_option('-c', '--convertir', help='convertit le fichier', dest='conversion',
                  default=False, action='store_true') # store_true : True si l'option est présente
(options, args) = parseur.parse_args() # args : pour des options à multiples valeurs
dico_options = vars(options) # fournit un dictionnaire d'options

print (dico_options) # affiche simplement le dictionnaire
```

Les fonctions :

- ▷ `optparse.OptionParser()` sert à créer un «parseur» pour l'analyse des options ;
- ▷ `parseur.add_option` sert à ajouter une option :
 - ◊ l'argument «dest» permet d'associer une clé à la valeur dans le dictionnaire résultat ;
 - ◊ l'argument «default» définit une valeur par défaut que l'option soit ou non présente ;
 - ◊ l'argument «action» définit une opération à réaliser avec l'option présente :
 - * si rien n'est précisé, la valeur de l'option est stockée sous forme de chaîne ;
 - * si on précise «store_true» on associe la valeur True en cas de présence de l'option.

À l'exécution :

```
└── xterm └──
$ ./ma_commande.py -l mon_fichier.txt -c
{'nom_fichier': 'mon_fichier.txt', 'conversion': True}
```

28 Débogage : utilisation du mode interactif

Le mode interactif pour «dialoguer» avec le programme

On peut déclencher l'exécution d'un programme Python, puis basculer en mode interactif dans le contexte de ce programme, avec l'option «`-i`» :

```
□ — xterm —
$ python3 -i mon_programme.py
```

Exemple sur le programme de génération de valeurs aléatoires :

```
□ — xterm —
$ python3 -i test.py
184863612
>>> isn
184863612
>>>
```

On peut également passer en mode interactif depuis le programme lui-même :

- ▷ avec le module «`code`» :

```
#!/usr/bin/python3
import code
...
# on bascule en mode interactif
code.interact(local=locals())
```

Il est alors possible de consulter la valeur des variables ou d'appeler des fonctions etc.

- ▷ avec en plus la complétion des variables et méthodes :

```
#!/usr/bin/python3
import code, readline, rlcompleter
...
vars = locals()
readline.set_completer(rlcompleter.Completer(vars).complete)
readline.parse_and_bind("tab: complete")
code.interact(local=vars)
```



Débogage avec le module «pdb», «Python Debugger»

On peut lancer un programme Python en activant le débogueur:

```
xterm
$ python3 -m pdb mon_programme.py
```

Les commandes sont les suivantes :

- n next passe à l'instruction suivante
- l list affiche la liste des instructions
- b break positionne un *breakpoint*
 - ex : break tester_dbg.py:6
- c continue va jusqu'au prochain breakpoint
- r return continue l'exécution
 - jusqu'au retour de la fonction

Lors du débogage, il est possible d'afficher le contenu des variables.

Il est également possible d'insérer la ligne suivante dans un programme à un endroit particulier où on aimerait déclencher le débogage :

```
import pdb; pdb.set_trace()
```

```
xterm
$ python3 -m pdb tester_dbg.py
> /home/pef/PYTHON3/tester_dbg.py(3)<module>()
-> compteur = 0
(Pdb) next
> /home/pef/PYTHON3/tester_dbg.py(4)<module>()
-> for i in range(1,10):
(Pdb) n
> /home/pef/PYTHON3/tester_dbg.py(5)<module>()
-> compteur += 1
(Pdb)
> /home/pef/PYTHON3/tester_dbg.py(4)<module>()
-> for i in range(1,10):
(Pdb) i
1
(Pdb) n
> /home/pef/PYTHON3/tester_dbg.py(5)<module>()
-> compteur += 1
(Pdb) i
2
(Pdb) n
> /home/pef/PYTHON3/tester_dbg.py(4)<module>()
-> for i in range(1,10):
(Pdb) l
1      #!/usr/bin/python3
2
3      compteur = 0
4      -> for i in range(1,10):
5          compteur += 1
6          print (compteur)
[EOF]
(Pdb) n
> /home/pef/PYTHON3/tester_dbg.py(5)<module>()
-> compteur += 1
(Pdb) compteur
2
```

Surveiller l'exécution, la «journalisation» : le module logging

Le «logging» permet d'organiser les sorties de suivi et d'erreur d'un programme :

- ◊ plus efficace qu'un «print» : on peut rediriger les sorties vers un fichier ;
- ◊ plus facile à désactiver dans le cas où le débogage n'est plus nécessaire ;
- ◊ contrôlable suivant un niveau plus ou moins détaillé :

logging.CRITICAL

logging.ERROR

logging.WARNING

logging.INFO

logging.DEBUG

Dans le cours nous nous limiterons au seul niveau DEBUG.

- ◊ contrôlable par une ligne dans le source :

```
1#!/usr/bin/python3
2import logging
3
4logging.basicConfig(level=logging.DEBUG)
5...
6logging.debug('Ceci est un message de debogage')
```

```
xterm
$ python debogage.py
DEBUG:root:Ceci est un message de debogage
```

Lorsqu'un niveau est activé, automatiquement ceux de niveau inférieur sont également activés : le niveau WARNING active également ceux INFO et DEBUG.

Pour désactiver le débogage, il suffit de modifier le programme en changeant la ligne 4 :

```
logging.basicConfig()
```

- ◊ possibilité d'enregistrer les sorties de débogage vers un fichier :

```
logging.basicConfig(level=logging.DEBUG, filename='debug.log')
```



Surveiller l'exécution, la «journalisation» : le module logging

- ◊ ajout de l'heure et de la date courante à chaque sortie :

```
logging.basicConfig(level=logging.DEBUG, filename='debug.log',
                    format='%(asctime)s %(levelname)s: %(message)s',
                    datefmt='%Y-%m-%d %H:%M:%S')
```

- ◊ activation par option du débogage et choix de son stockage dans un fichier :

```
#!/usr/bin/python3
import logging,optparse

parser = optparse.OptionParser()
parser.add_option('-l', '--logging', dest='logging', default=False, action='store_true')
parser.add_option('-f', '--logging-file', dest='logging-file',help='Logging file name')

(options, args) = parser.parse_args()
dico_options = vars(options)

if dico_options['logging'] :
    logging.basicConfig(level=logging.DEBUG, filename=dico_options['logging-file'],
                        format='%(asctime)s %(levelname)s: %(message)s',
                        datefmt='%Y-%m-%d %H:%M:%S')

logging.debug('Ceci est un message de debogage')
```

À l'exécution :

```
□ — xterm
$ python debogage.py -l
2018-08-13 14:57:05 DEBUG: Ceci est un message de debogage
```

COMPLÉMENT

a
accents 6, 6
aide 3
aléatoire 17

c
caractère 5
chaîne 10
chaîne UTF-8/octets 6, 12
chaîne&format 7
chaîne&liste 10
codage&rang 5
opération sur chaîne 7

commentaire 3

condition 4
assert 17
expression logique 4

contrôle d'erreur

assert 17

exception

raise 13

try 13

conversion

ASCII/ANSI 12

binaire 12

hexadécimale 1, 5, 12

UTF-8/octets 6

d
débogage
débogueur 23
interactif 23
logging 24–24
dictionnaire 10
combinaison de listes 11
tri 10
données structurées 14
chaîne de format 15

e
entrée/sortie
input 12
print 11
espace de nom 11
exécuter
commande 17
processus (fork) 18–18
programme 3
expression régulière 15
motif 15
split 16

f
fichier
fichier ou répertoire ? 22

lecture 14–14
ouverture 13
taille 22
fonction 16–16
format 7

i
itération
for 8
for octets 10
for(;;) 8
rupture 4
while 4

l
liste 8
construction avancée 9
file 8
pile 8
tableau 9
logging 24

m
mode exécution
interactif 3, 23
non interactif 3

o

objet
 classe 22

opérateur
 affectation 13
 arithmétiques 4
 incrémentation 13
 logiques 4

options ligne commande 23–23

p

pointeur 4

programmation socket
 select() 20–20
 TCP 18, 19
 TCP (client) 19
 TCP (lecture ligne) 20
 TCP (non bloquant) 20
 TCP (serveur) 19
 UDP 21
 UDP&multicast 22

t

tableau 9

thread 21
 semaphore 21

type 4

v

variable 3

w

Web
 JSON 22
 serveur 21