Prise en main de Python

INF TC1

Version Élèves

2024-25

I Table des Matières

II Objectifs de ce BE

Pour les novices en Python :
• Apprentissage par l'exemple du langage Python.
• Acquisition des bases pour la suite des enseignements d'Informatique à l'ECL.
• Ne pas traiter les exercices difficiles (niveau ≥ 3) avant d'avoir traité ceux plus simples.

Pour ceux qui ont la pratique de Python :
• Résoudre les exercices de niveau ≥ 3 (moins triviaux) pour consolider et compléter leurs connaissances.

Dans tous les cas :
- Ayez à l'esprit que le langage utilisé (Python) n'est qu'un outil de traduction d'algorithme.
- C'est donc l'algorithme comme **logique et démarche de résolution** de problèmes qui est important.

II-1 Principe de ce BE

• Il vous est proposé des exemples à étudier / exécuter. Ces exemples vous apportent les informations nécessaires pour réaliser les exercices demandés.
• Ne passer pas d'un exemple au suivant sans l'avoir compris. Le but n'est pas de sauter aux exercices difficiles mais de progresser réellement !

• Les sections portant la mention "Complément" (d'information pour traiter les exercices) peuvent être étudiées dans une seconde lecture.

II-2 Documentation

• Il existent une pléthore de documents et sites sur Python :
- Le site https ://docs.python.org/ (faire attention à la version du python sur ce site affichée en haut à gauche ; il propose par défaut la documentation sur la DERNIÈRE version de python),
- Les sites tels que https ://realpython.com/, https ://programming-23.mooc.fi/, etc...
• Il vous sera également proposé un document d'initiation à Python qui accompagnera le support du cours INF-TC1.

II-3 A savoir

• Version de Python utilisée : 3.6 (ou plus en 2016), 3.8 (en 2022) ou 3.11 (en 2024) !.
• Il est préférable d'utiliser un environnement intégré composé d'un éditeur, d'un interpréteur Python et d'un outil de déverminage (IDE : Integrated Development Env.).

Dans le domaine des logiciels libres :
• L'IDE utilisé prévu est **spyder** (qui vient avec *Anaconda*). Il est quelque peu lourd mais facilite le déverminage (debuggage) d'un code.
• Il y a également *vscodium* (version libre de Microsoft *vscode*)

• Sans oublier les simples éditeurs comme *iep* (assez léger et complet, difficulté de déverminage du code), *Pyzo* ou *canopy* (problème pour déverminer) ou encore *ninja* (très léger mais avec moins de services),
• Les Geeks préféreront peut être un éditeur tel que *Emacs, VI* et travaillent en parallèle avec une *console*, ...
• Suivant votre plate-forme, il existe des éditeurs augmentés qui prennent en charge l'exécution de votre code Python (cf. Genay, Emacs, etc.). Ils ne disposent en général pas d'un outil de mise au point.

III Liste des exemples et exercices de ce document

Les exercices (repérés par la couleur rouge) portent une indication relative du niveau de difficulté de 2 à 15.
Si vous ne maîtrisez pas Python, suivez la progression des exemples à étudier puis des exercices à réaliser.
Si vous avez la pratique de Python, choisir les exemples / exercices dans la liste suivante avec un niveau de difficulté 3..15 (parfois 2?) selon votre niveau de connaissance de Python.

Ci-dessous, la liste progressive des exemples et exercices.
La logique de progression est la syntaxe de Python.

Comme indiqué ci-dessus, un ou plusieurs exemples sur un des aspects Python (et algorithmique) sont d'abord proposés avant de demander un ou plusieurs exercices (d'application) signalés en couleur rouge sur des notions similaires.

Pour les exercices, un niveau indicatif de difficulté (de 1 à 15) est mentionné.

III-1 La liste des exercices

IV Introduction

• Python est un langage de programmation à la fois impératif, fonctionnel et objet avec un typage dynamique. Dans Python, toute est expression et toute expression représente une valeur (que l'on peut stocker / affecter / écrire / ... ou pas).
• Penser à utiliser la fonction **help** pour connaître les détails d'une fonction :
par exemple `help('print')` ou `print?` (ou encore `print??`)
• Si vous travaillez sans un IDE (éditeur avec interprète de Python intégré), préférez *IPython* à l'interprète de base de Python. IPython fournit des outils supplémentaires ainsi qu'un accès au système hôte (Windows, Linux, MacOS, etc).

IV-1 Commentaires en Python

• Deux manières pour écrire un commentaire en Python :

```
# En Python, un commentaire court commence par un # et se limite à la fin de la ligne


"""
On peut aussi créer un commentaire long = une zone de
commentaires  sur plusieurs lignes placées
entre une paire de triple-guillements dont le second suit :
"""
```

☞ Remarques (pour les enseignants) :
• Un ';' à la fin d'une ligne rend la ligne muette (pas d'affichage des résultats). Il permet également de placer plusieurs expressions sur la même ligne.

• Si vous placez un commentaire immédiatement après la signature d'une fonction (ou une méthode, une classe, etc.) entre un couple de `"""`, votre commentaire (appelé *docstring*) devient accessible avec *help* :

• **Python est un langage à indentation** : un bloc est une zone contigüe de lignes d'expressions avec la même indentation. Un tel bloc peut en contenir d'autres.
➙ Essayer d'utiliser la même indentation partout (espaces ou tabulation). Une mauvaise indentation qui ne provoque pas d'erreur de syntaxe est un piège parfois difficile à détecter.

V Exemples et exercices simples

V-1 Exemple 1 : moyenne

• Calcul de la moyenne de deux entiers

```
a=input('Donner la valeur de a : ')
b=input('Donner la valeur de b : ')
print('la moyenne = ', (int(a) + int(b))/2)          # int(a) : conversion de 'a' en entier
```

• Une seconde méthode : on convertit en lisant les valeurs en `int`

```
a=int(input('Donner la valeur de a : '))
b=int(input('Donner la valeur de b : '))
print('la moyenne = ', (a+b)/2)
```

Points Python :

- `input`
- Conversion en `int`.
- `print`
- Affectation (=)

☞ Remarque : que se passe-t-il si au lieu de donner un entier, on donne une lettre ?
➞ Voir plus loin les *exceptions* section XVIII page 49

V-2 Exemple 2 : racines carrées

• Lire les coefficients a, b, c et calculer et afficher les racines de l'équation quadratique $ax^2+bx+c=0$

```
import math;

a=int(input('Donner le coefficient a : '))
b=int(input('Donner le coefficient b : '))
c=int(input('Donner le coefficient c : '))

if (a == 0):
    if ( b != 0) :
        print("Pas quadratique : racine simple x = ",-c/b)
    else:
        print("une blague ! ")
else :
    delta=b*b-4*a*c     #ou b**2
    if(delta < 0) :
        print("pas de racines reelles")
    else :
        assert(a != 0)        # Déjà vérifié mais pour montrer l'intérêt de "assert".
        if(delta>0) :
            x1 = (-b+math.sqrt(delta))/(2*a)
            x2 = (-b-math.sqrt(delta))/(2*a)
            print("x1 = ",x1)
            print("x2 = ",x2)
        else :
            x1 = x2 = -b/(2*a)
            print("racine double x1 = x2 = ",x1)
```

• Après un ' :' (d'ouverture d'un block), si vous passez à la ligne, n'oubliez pas l'indentation.

Points Python :

- `import`
- structures conditionnelles `if-else`, `if-elif-else`, **assert**
- indentation (préférez des espaces à la tabulation) : espaces ou tabulation, utilisez la même chose dans un bloc !

- test et comparaisons (`==, !=, < , >, >=, <=, ...`)
- `math.sqrt()`

☞ Remarques :
• Contrairement aux versions antérieures à Python 3, le résultat de l'opérateur '/' est un réel. Pour récupérer la partie entière d'une division, utiliser '//' (ou convertir le quotient en un entier).
• La notation **math.sqrt(delta)** : pour éviter de mentionner **math**, remplacer
`import math;` par
`from math import sqrt;` (voir aussi plus loin à propos des modules)

V-3 Exercice : pair/impair

• Lire un entier au clavier et décider (et afficher) s'il est pair ou impair.

VI Introduction aux fonctions

• Une fonction est définie par **def** `nom_fonction(paramètres formels)` **:**
`|-indent-|` **Corps de la fonction**

Cette fonction sera appelée par `nom_fonction(arguments d'appel)`

VI-1 Exemple : moyenne de deux entiers

• Calcul de la moyenne de deux entiers par une fonction (de signature $entier \times entier \rightarrow reel$)

```
def moyenne(a,b):
    return (a+b)/2                    # indentation obligatoire si vous passez à la ligne après ' :'

# --- Partie Principale ----
a=input('Donner la valeur de a : ')
b=input('Donner la valeur de b : ')
print('la moyenne = ', moyenne(int(a),int(b)))
```

➙ Et pour la signature $moyenne : entier \times entier \rightarrow entier$?

VI-2 Exercice : Racines d'une quadratique avec une fonction

• Reprendre l'exemple du calcul des racines d'une équation de seconde degré et placer les calculs dans la fonction `quadratique(a, b, c)` qui reçoit en paramètre les coefficients *a,b* et *c* et renvoie les racines de cette équation.

☞ Remarques :
• Une fonction Python peut renvoyer différents types de données : il n'y a pas de contrôle (n'en déplaise aux *Camliens* !).
• Dans le cas présent, on décide de renvoyer un string (au lieu de *float*) : $quadratique : \mathbb{R}^3 \longmapsto str$
• Savoir quel type de donnée une fonction doit renvoyer est davantage nécessaire si ce résultat doit participer à une expressions (P. ex. une expression effectuant $\int$ ou $\sum$ sur la fonction `quadratique`).
• Pour répondre à de telles situations en Python, le mécanisme d'*exception* permet de définir des *fonctions partielles* ("partiellement définies" sur certains *domaines*, au sens algébrique) comme la fonction `quadratique` (qui n'est p. ex. pas définie sur les chaînes de caractères !) qui s'appliquent sous certaines conditions, voir la section XVIII page 49.

VI-3 Exercice : Moyenne et écart type par une fonction

• Dans cet exercice, on utilisera des fonctions **moyenne** et **ecart_type**. L'unique paramètre de ces fonction sera une liste de nombres.
• Écrire et tester la fonction *moyenne* qui recevra une liste de valeurs issus d'un tirage *Gaussien*. Pour créer cette liste, on écrira (voir les détails d'échantillonnage en section XIX-3 page 55) :

```
import random
echantillon=[random.gauss(16,2) for n in range(100)]
```

qui crée une liste de 100 nombres suivant la distribution $\mathcal{N}(16, 2)$.

• Écrire et tester la fonction *ecart_type* qui réutilise la fonction `moyenne` pour calculer l'écart type de son paramètre qui est une liste de nombres. On a `variance = moyenne(`$(x_i - \mu)^2$`)`

➙ Vous devez donc appeler la fonction *moyenne* avec (un *argument* qui est) une liste qui contient les $(x_i - \mu)^2,\ x_i \in echantillon$.

☞ Naturellement, vos résultats doivent (plus ou moins) s'accorder avec la distribution $\mathcal{N}(16, 2)$.

• Voir les *listes en compréhension* (cf. la liste `echantillon`) en section XXVI, page 77.

VI-4 Variante : Exercice (suite écart type)

• Il y a une seconde manière de calculer l'écart type (qui est adaptée à un calcul de la moyenne et de la variance partielles, par exemple, lorsque les x_i se présentent au fur et à mesure) :

$$var = \frac{1}{N}\sum_1^N (x_i - \mu)^2 = \frac{1}{N}\left(\sum_1^N x_i^2 + \sum_1^N \mu^2 - \sum_1^N 2.x_i\mu\right) = \frac{1}{N}\left(\sum_1^N x_i^2 + N\mu^2 - 2\mu\sum_1^N x_i\right)$$
$$= \frac{1}{N}\left(\sum_1^N x_i^2 + N\mu^2 - 2\mu.N.\mu\right) = \left(\frac{1}{N}\sum_1^N x_i^2\right) - \mu^2$$

Et donc $var = \left|\left(\frac{1}{N}\sum_1^N (x_i^2)\right) - \mu^2\right|$.[1]

➙ Il faut donc construire une liste contenant les $x_i^2,\ x_i \in echantillon$.

• **Écrire** le code Python nécessaire pour calculer l'écart type de cette seconde manière (réutilisez `moyenne()` ci-dessus) et vérifier bien que le résultat correspond au calcul précédent.

1. Valeur absolue : la variance et l'écart type sont toujours ≥ 0. Dans leur formulation usuelle, ce problème n'apparaît pas grâce à $(x_i - \mu)^2$

VII Créer un programme Python et l'utiliser dans un autre programme

• Supposons que nous souhaitons créer un programme (appelé également *module*, cf. la *programmation modulaire* ou *application multi modules*) de calcul des racines d'une équation quadratique (vu ci-dessus) et de pouvoir utiliser cette fonction dans un autre programme.
Pour commencer, on place le code vu ci-dessus dans le fichier `racines.py`. Pour les besoins de l'exemple, on simplifie le code en prenant moins de précautions au niveau des coefficients (car on maîtrise les arguments d'appel).

On n'oublie pas de tester cette fonction pour s'assurer qu'elle fonctionne !

```
from math import sqrt;
# résolution équation quadratique
def trinome(a, b, c):
    delta = b**2 - 4*a*c
    if delta > 0.0:
        assert(a != 0)
        racine_delta = sqrt(delta)
        return (2, (-b-racine_delta)/(2*a), (-b+racine_delta)/(2*a))
    elif delta < 0.0: return (0,)
    else:
        assert(a != 0)
        return (1, (-b/(2*a)))

# --- Partie Principale ---------
print(trinome(1.0, -3.0, 2.0))
print(trinome(1.0, -2.0, 1.0))
print(trinome(1.0, 1.0, 1.0))

""" On obtient
(2, 1.0, 2.0)
(1, 1.0)
(0,)    """
```

• Nous avons donc testé ce code et il semble donner satisfaction.
• Nous allons utiliser ce code dans un autre programme Python (à l'aide de `import`).

• On crée le fichier `utiliser_racines.py` avec le contenu suivant (placer les deux fichiers "`.py`" dans le même répertoire) :

```
from racines import trinome;
print(trinome(2.0, -4.0, 2.0))
```

• Puis exécuter ce dernier et obtenir (un peu trop de réponses) :

```
(2, 1.0, 2.0)              ← Qu'est-ce que c'est ?
(1, 1.0)                   ← Et ça
(0,)                       ← ;-)

(1, 1.0)        #   Il nous faut juste ceci
```

• Le problème est que la partie principale de `racines.py` s'exécute aussi ! Et ce n'est pas ce que l'on veut.

• **Résumons** :
  ◦ Nous voulons être capables de tester nos fonctions placées dans `racines.py`,
  ◦ Nous voulons également réutiliser les dites fonctions dans d'autres programmes Python (comme nous l'avons fait dans `utiliser_racines.py` sans être dérangé par la partie test de notre premier code.

• **La solution** est de faire précéder la partie "programme principal" de `racines.py` par :

```
if __name__ == "__main__":
```

Puis placer le contenu de la partie principale en dessous (avec indentation !)

• Cela donne (sans les "assert" car on sait comment on appelle cette fonction depuis "main") :

```
from math import sqrt;

# fonction
def trinome(a, b, c):
    delta = b**2 - 4*a*c
    if delta > 0.0:
        racine_delta = sqrt(delta)
        return (2, (-b-racine_delta)/(2*a), (-b+racine_delta)/(2*a))
    elif delta < 0.0: return (0,)
    else: return (1, (-b/(2*a)))

if __name__ == "__main__":
    print(trinome(1.0, -3.0, 2.0))
    print(trinome(1.0, -2.0, 1.0))
    print(trinome(1.0, 1.0, 1.0))
```

• Exécutez ce programme, vous aurez les mêmes résultats que la première fois, à savoir :

```
""" On obtient
(2, 1.0, 2.0)
(1, 1.0)
(0,)    """
```

• On peut maintenant importer notre fonction dans `utiliser_racines.py` ci-après sans que la partie principale de `racines.py` ne s'exécute :

```
from racines import trinome;
print(trinome(2.0, -4.0, 2.0))
```

Puis exécuter ce programme (par les moyens expliqués ci-dessus) et obtenir :

```
(1, 1.0)
```

• Noter que `racines.py` reste indépendant et exécutable si on le souhaite.

VIII Types principaux en Python

- Les types principaux de Python :
  - **int** : sur 4 octets
  - **long** : sur 4 (ou 8 octets)
  - **float** : réel
  - **str** : chaîne de caractères (et conversion unicode)
  - **bool** : booléen
  - **tuple** : comme `(1,2,"ECL", 3.14)`
  - **list** : liste
  - **set** : ensemble
  - **range** : liste de valeurs à générer (xrange() en Python 2)
  - **dict** : dictionnaire comme `{'small' : 1, 'large' : 2}`
  - **complex** : nombre complexe (ex : $1j$ est une des racine de -1)
  - **file** : fichier
  - **none** : vide (équivalent à *void*)
  - **exception** : exception
  - **function** : fonction
  - **module** : module
  - **object** : objet
  - **slice** : objet extensible
  - **basestring** : `str + Unicode`

☞ les caractères en Python 3 sont par défaut en Unicode.

☞ La lettre 'j' ou 'J' est utilisée pour la partie imaginaire d'un nombre complexe. Pourquoi pas 'i' ou 'I' ? : les concepteurs de Python ont suivi les symboles utilisés en Ingénierie où 'I' est déjà utilisé comme symbole du courant.

☞ Voir ci-après pour les conversions entre ces types.

VIII-1 Exemples

```
if type(1) is not int : print('oups')

if type('1') is not int : print(1)

type(3.14)
# float

type(None)
# NoneType

f = lambda c : c if type(c) is str and c.isalpha() else '?'
type(f)
# function

# Utilisation de f (voir plus loin les "lambda expressions") :
f('a')  # donne 'a' car 'a' est alphabétique
f('1')  # donne '?' car '1' n'est pas alphabétique
f(1)    # donne '?' car 1 n'est pas une chaine
```

- Pour connaître les détails des types et leurs limites (les tailles sont en byte = 2 octets en Python) :

```
import sys;

print(sys.int_info)
# sys.int_info(bits_per_digit=30, sizeof_digit=4)

print(sys.float_info)
# sys.float_info(max=1.7976931348623157e+308, max_exp=1024, max_10_exp=308, min=2.2250738585072014e-308,
  min_exp=-1021,
min_10_exp=-307, dig=15, mant_dig=53, epsilon=2.220446049250313e-16, radix=2, rounds=1)

print(sys.getsizeof(float))      # La taille de la classe float
```

```
# 400
print(sys.getsizeof(float()))     # La taille d'un   float
# 24                                  # Ce que coute en octes un réel (valeur   + infos supplémentaires)
```

IX Conversions de types

• Quelques conversions entre les types de données :

- `int(val)` : convertir en entier (la partie entière).
- `long(val)` : transforme une valeur en long.
- `float(val)` : transformation en flottant.
- `complex(re,im)` : transformation en nombre complexe.
- `str(val)` : transforme la plupart des variables en chaînes de caractères.
- `repr(val)` : similaire à *str*.
- `eval(str)` : évalue le contenu de son argument comme si c'était du code Python (déconseillé).
  P. ex. *eval("print(1)")* exécutera *print(1)* et affichera 1.
  ➛ De même, *eval("print('toto')")* affichera *toto*.
- `unicode(val)` : convertit en Unicode comme dans `u"aà eéèê"  # donne le code de la chaîne`

IX-1 Exemples de conversion de types

• caractères en string : liste de caractères entiers en string :

```
list1 = ['1', '2', '3']
str1 = ''.join(list1)

str1
# '123'
```

Ici, la fonction `join()` va accoler les éléments de son paramètre et les mettre à *la que leu-leu*. La chaîne vide ('') placée à gauche de `join()` sera le séparateur à placer entre les éléments accolés (ici rien).

• entiers en string : liste d'entiers en string : on convertie chaque entier en caractère (car `join()` s'applique aux strings) puis

```
list1 = [1, 2, 3]
str1 = ''.join(str(e) for e in list1)     # ou avec "" à la place de ''

str1
# '123'
```

• string en entier : pour convertir un string `S` composé de chiffres en un entier, `int(S)` suffit. Par contre, si on n'est pas certain que les caractères de `S` sont des chiffres, un contrôle est nécessaire (voir exercice ci-dessous).

• string en réel : pour convertir un string `S` composé de chiffres en un réel, `float(S)` suffit. Cependant, la même précaution que pour les entiers ci-dessus s'applique.

```
a = "545.2222"
float(a)
# 545.2222          suivant le système, on peut avoir des '0' après les '2'
```

```
int(float(a))
#  545
```

Ou en passant par une petite fonction (de même pour un entier) :

```
def  is_float(value):
    try:
        float(value)
        return  True
    except:
        return  False
```

Pour les *exceptions*, voir la section XVIII en page 49.

IX-2 Exercice

• Écrire la fonction `convertir(S)` qui convertit son paramètre (un string) en un entier. Pour que la conversion soit possible, le paramètre *S* doit être être composé de chiffres éventuellement précédé d'un signe.
Noter qu'on peut accéder à `S[i]` (*i* commence à 0)
☞ Si un string *S* ne contient que des chiffres : `S.isdigit()` est vrai.

IX-3 Exercice

• Écrire la fonction `convertir2r(S)` qui convertit son paramètre (un string) en un réel (loat). Pour que la conversion soit possible, le paramètre *S* doit être être éventuellement précédé d'un signe, puis composé de chiffres suivis d'un '.' puis une série de chiffres. La présence d'un '.' est obligatoire, et qui est forcément suivi d'au moins un chiffre.
☞ On peut réutiliser la fonction définie ci-dessus.

X Modules Python

Notions déjà introduites : créer un programme Python et le réutiliser dans un autre programme Python en section VII, page 15.

• Format général :

```
import tel_module
tel_module.fonc(..)      #appel de la fonction fonc du module
```

• Mieux conseillé :

```
import tel_module as mod1
import un_module as mod2
mod1.fonc(..)        #appel de la fonction fonc du tel_module
mod2.fonc(..)        #appel de la fonction homonyme du un_module
```

➙ Cette écriture permet d'éviter les conflits de noms (cf. `fonc()`).

• On peut adapter un nom de fonction dans notre code :

```
import tel_module

def ma_fonction():
        localname = tel_module.fonc
        foo = localname(bar)
```

• Si on veut importer une fonction d'un module de façon plus précise :

```
from tel_module import fonc
fonc(..)      #appel de la fonction fonc du module
```

• Déconseillé : on risque de créer des conflits de noms :

```
from tel_module import *
fonc(..)      #appel de la fonction fonc du module
```

• Sachant qu'un module peut importer d'autres modules, préférez :

```
import scipy.stats as st
st.nanmean()
```

à cette autre manière équivalente :

```
import scipy.stats
scipy.stats.nanmean()
```

• On privilégie la parcimonie (importer seulement ce qui est nécessaire) :

```
from scipy.stat import nanmean, nanstd
nanmean(..)
nanstd()
```

• **Un compromis intéressant** : on peut renommer les fonctions importées pour éviter les conflits de noms :

```
from sys import argv as sys_argv
```

XI La fonction range

• Format de la fonction `range()` :

range([début], fin, [incrément])

➙ Le *début* et l'*incrément* sont optionnels (mis entre []).

➙ Si on donne deux arguments à `range()`, ce seront alors le début et la fin de l'intervalle (et *l'incrément=1*).

Exemple : utilisez la fonction **range()** pour afficher une liste contenant

- les entiers de 0 à 3 ;
- les entiers de 4 à 7 ;
- les entiers de 2 à 8 par pas de 2

```
print("range(4) =", list(range(4))
print("range(4, 8) =", list(range(4, 8)))
print("range(2, 9, 2) =", list(range(2, 9, 2)), "\n")
```

☞ Remarques : Python 3.4 "oblige" à écrire `print(list(range(4)))` au lieu de `print(range(4))` car `range(4)` ne représente pas la forme imprimable de l'intervalle souhaité sous forme de 0..3. On dit qu'il s'agit d'un "générateur" et elle représente l'intervalle souhaité *par intension* ou *compréhension* alors que 0..3 est l'intervalle par extension obtenu via la fonction `list`)[a]

```
R=range(4)
type(R)
# range

list(R)
# [0, 1, 2, 3]
```

a. Il s'agit de forcer le générateur à calculer toutes les valeurs de l'intervalle.

XI-1 Deux ou trois trucs pratiques sur range

1- Valeurs pour une séquence de variables :

```
a, b, c, d, e, f, g, h = range(8)
```

Permet d'assigner les valeurs `0..7` à la séquence `a, b, c, d, e, f, g, h`.

2- Valeurs d'un `range()` à l'envers :

```
range(4)[::-1]              # représente l'intervall à l'envers
list(range(4)[::-1])      # à l'envers
# [3, 2, 1, 0]
```

On obtient le même effet en explicitant l'intervalle *[3 .. -1[* et un *incrément = -1* :

```
list(range(3,-1,-1))          # Noter les bornes
# [3, 2, 1, 0]
```

3- Interroger les valeurs potentielles d'un `range` :

```
R=range(4)          # R est du type range

R.count(0)          # Combien de '0' dans R
# 1
```

```
R.index(2)      # L'indice de '2' dans R
# 2
```

4- Dans `range(debut, fin)`, on a en général $debut < fin$ tandis qu'avec $debut \geq fin$, on désigne un intervalle vide (et non une erreur).

```
list(range(1,1))
# []
```

XI-2 Exercices sur les itérations : calcul de sommes

Écrire le code Python en utilisant `range()` pour montrer les équivalences suivantes.

- En Python, `x*sum(S) == sum(x*y for y in S)` représente $x.\sum_{y\in S} y = \sum_{y\in S} x.y$
- $\sum_{i=m}^{n} f(i)$ donne en Python `sum(f(i) for i in range(m, n+1))` qui est équivalent à :

```
s = 0
for i in range(m, n+1):
    s += f(i)
```

- Les constantes multiplicatifs peuvent (donc) être insérées ou être sorties des sommes :
$c.\sum_{i=m}^{n} f(i) = \sum_{i=m}^{n} c.f(i)$ car $c(f(m) + \cdots + f(n)) = c.f(m) + \cdots + c.f(n)$.
- Associativité : sachant que $\sum_{i=m}^{n} f(i) + \sum_{i=m}^{n} g(i) = \sum_{i=m}^{n}(f(i) + g(i))$, on peut écrire en Python :

```
sum(f(i) for i in S) + sum(g(i) for i in S)
```

qui est la même chose que `sum(f(i) + g(i) for i in S)`.

➙ Notons que ces équivalences ne tiennent que si les fonctions en questions n'ont pas d'effet de bord (ne modifient pas la mémoire).

- De même pour la soustraction.

XII Introduction aux listes

- Une introduction par des exemples de quelques fonctions sur les listes.
- Le premier élément d'une liste *L* est à l'indice 0,
  le dernier à l'indice `len(L)-1` ou à l'indice `-1` et `L[-2] = L[len(L)-2]`).
- Quelques fonctions (pour une liste L), voir les autres fonctions plus loin :

`L[:]`	toute la liste L (référence explicite aux éléments de L, cf. la copie d'une liste)
`L[k:p]`	(k+1)ème et pème éléments (le premier élément à l'indice 0)
`L[:k]`	du début jusqu'au kème
`L[-1]`	dernier élément
`L[:-1]`	L amputée du dernier élément
`L[:len(L)-1]`	Idem : L amputée du dernier élément
`L[::-1]`	L à l'envers !
`L[::2]`	tous les 2 éléments de L : (L[0], L[2], L[4], ...)
`L[0]`	premier élément
`L[i]=val`	remplace `L[i]` par `val` (si `L[i]` existe, sinon exception *IndexError*).
`L=list(itérable)`	crée une liste à partir d'un itérable (comme *range()*), une liste est elle-même itérable.
`len(L)`	nombre d'éléments de L
`L.append(val)`	ajout d'un élément (à la fin, L est modifiée)
`L.remove(val)`	suppression de la première occurrence de *val* (L est modifiée)
`L.reverse()`	renverse L (L est modifiée)
`L.index(val)`	renvoie l'indice de la 1ère occurrence de `val` dans `L`, erreur si `val` pas dans `L`.
`L.copy()`	copie le contenu de L
`L.count(val)`	compte le nombre d'occurrence de val dans L
`L.extend(itérable)`	ajoute à L les éléments donnés par itérable, équivalent à : `L[len(L):] = liste ...`
`del(L[i]) ou del D[i]`	effacement de l'élément d'indice i d'une liste (L est modifiée)
`L.clear()`	efface le contenu de L. Équivalent à `del L[:]`
`L.insert(i, x)`	insertion de `x` avant l'indexe `i`
	`L.insert(0, x)` insère `x` au début de `L` et `L.insert(len(L), x)` est équivalent à `L.append(x)`.
`L.pop()`	supprime et renvoie le dernier élément.
`L.pop(i)`	supprime l'élément en position `i` et renvoie cet élément (i=-1 → le dernier)

☞ Pour une liste L, `L[::-1]` représente la liste L inversée :

```
L=[1,3,6,2]
L[::-1]
# Donne [2, 6, 3, 1]
```

• Deux fonctions pour le tri d'une liste :

`L.sort()` trie la liste L (L est modifiée)

`sortd(L)` trie la liste L (voir exemples plus loin)

☞ Remarques et rappels sur **Indices et Listes**

• Dans une liste, les indices négatifs commencent par la fin :
`-1` : le dernier, `-2` : l'avant dernier ...

• `L[0:5]` est la même chose que `L[:5]` : du 1er au 5e inclus (`[0..5[`)

• Plus généralement : du *k_ème* au *p_ème* élément s'écrira `L[k-1:p]` (le premier à l'indice 0)
Si `L=[0,1,2,3,4,5,6,7,8,9]`, pour avoir du 3ème au 5ème, on écrit `L[2:5]`

☞ Si `L=[0,1,2,3,4,5,6,7,8,9]`, L à l'envers : `L[::-1] = [9, 8, 7, 6, 5, 4, 3, 2, 1, 0]`.

☞ pour `L[0:10]` → `[0,1,2,3,4,5,6,7,8,9]`, les indices d'une tranche (*slice*) peuvent être négatifs

```
x[-5:-2] → [5,6,7]
x[-1] → 9
```

☞ Une tranche (slice) : *une_liste[début : fin : incrément]*

```
R=range(10)              # R vaut (par intention) → [0,1,2,3,4,5,6,7,8,9]
list(R[1:7:2])           # la tranche [1..7[ d'incrément 2
# → [1, 3, 5]
```

☞ Tranche avec incrément : pour `L[0:10]` → `[0,1,2,3,4,5,6,7,8,9]`

`x[0:10:2]` → `[0,2,4,6,8]` l'incrément est à la fin (par opp. à Matlab : au milieu)

Et à l'envers : `L[8:0:-2]` → `[8,6,4,2]`

☞ Si l'intervalle est limité par un bord, on peut l'omettre : pour `L[0:10]` → `[0,1,2,3,4,5,6,7,8,9]`

```
L[:] → [0,1,2,3,4,5,6,7,8,9]
L[::2] → [0,2,4,6,8]
L[-5:] → [5,6,7,8,9]
L[8::-2] → [8,6,4,2,0]
```

• Exemple d'affectation par tranches

```
L = [1, 2, 3, 4, 5]
L[2:3] = [0, 0]      # place '0' à l'indice 2 et ajoute tout le reste à la suite de celui-ci.

L
# [1, 2, 0, 0, 4, 5]

L[1:1] = [8, 9]      # Idem
L
# [1, 8, 9, 2, 0, 0, 4, 5]

L[1:-1] = []         # élément d'indice 1 au dernier (mais le dernier exclu) deviennet "vide"
```

```
L
# [1, 5]
```

XII-1 Un exemple sur les listes

- Définir la liste `liste =[17, 38, 10, 25, 72]`, puis effectuez les actions suivantes :
  - triez et affichez la liste ;
  - ajoutez l'élément 12 à la liste et affichez la liste ;
  - renversez et affichez la liste ;
  - affichez l'indice de l'élément 17 ;
  - enlevez l'élément 38 et affichez la liste ;
  - affichez la sous-liste du 2eau 3e élément ;
  - affichez la sous-liste du début au 2e élément ;
  - affichez la sous-liste du 3e élément à la fin de la liste ;
  - affichez la sous-liste complète de la liste ;
  - affichez le dernier élément en utilisant un indiçage négatif.
  - affichez l'avant-dernier élément en utilisant un indiçage négatif.
  - puis définir L comme une liste des entiers de 0 à 5 et testez l'appartenance des éléments 3 et 6 à L.

☞ Bien remarquer que certaines méthodes de liste ne retournent rien.

```
nombres = [17, 38, 10, 25, 72]
print(" Liste initiale ".center(50, '-'))
print(nombres, '\n')

print(" Tri ".center(50, '-'))
nombres.sort() # TRI sur place (la liste est modifiée)
print(nombres, '\n')

print(" Ajout d'un element ".center(50, '-'))
nombres.append(12)
print(nombres, '\n')

print(" Retournement ".center(50, '-'))
nombres.reverse()
print(nombres, '\n')

print(" Indice d'un element ".center(50, '-'))
print(nombres.index(17), '\n')

print(" Retrait d'un element ".center(50, '-'))
nombres.remove(38)
print(nombres, '\n')

print(" Indicage ".center(50, '-'))
print("nombres[1:3] =", nombres[1:3])
print("nombres[:2] =", nombres[:2])
print("nombres[2:] =", nombres[2:])
print("nombres[:] =", nombres[:])
print("nombres[-1] =", nombres[-1])
print("nombres[-2] =", nombres[-2])

L = list(range(6))          #  range(6) représente 0..5 qu'on transforme en une liste
print("La liste =", L)
print("Test d'appartenance de l'element 3 :", 3 in L)
print("Test d'appartenance de l'element 6 :", 6 in L)
```

XII-2 Autres exemples de fonctions sur les listes

• Retrait du dernier élément (fonction partielle) avec **pop()** :

```
L=[1,3,2]
L
# [1,3,2]
L.pop()
# 2
L
# [1,3]
L.pop(); L.pop()
# 1
L
# []
L.pop()
# IndexError: pop from empty list
```

☞ `L.pop(i)` enlève et renvoie l'élément d'indice *i* (à partir de 0) de la liste **L**.
Si `i > l.len()-1`, on aura une exception `IndexError: pop index out of range`.

• Copie de liste :

```
L=[1,2,3]
L1=L      #L1 est homonyme de L; ce n'est pas une copie (la liste a maintenant deux noms !)
L[0]=6
L
# [6, 2, 3]
L1
# [6, 2, 3]

#Pour copier une liste, il faut être plus explicite :
L2=L[:]                    # copier vraiement L dans L2
L[1]=7
L
# [6,7, 3]
L1
# [6,7, 3]
L2
# [6,2, 3]
```

➙ L'équivalent de cette copie : `L2=L.copy()`

☞ On dit qu'en Python, une variable est avant tout son contenu et le nom n'est qu'un attribut de la variable. C'est pour cette raison qu'on doit copier le contenu. Cette différence reflète le comportement des *copie-constructeurs*.

➙ N'oublions pas que ce comportement (deux noms font référence au même objet) s'applique aux objets mutables (*List, Dict, Set, etc.*)[2], pas aux non mutables (comme les entiers, constantes strings , tuples, None).
Pour éviter cette confusion, les fonctions de la librairie std de Python rendent `None` lorsqu'elles modifient un objet mutable (cf, append, sort). Notons aussi que cette confusion n'arrive pas en cas de création d'un nouvel objet tel que `y=y+[10]` (où `y` : un entier) ou `sorted(liste)`.
Il y a une exception à cette règle : l'opérateur **+=**. Dans `liste += [1,2,3]`, on applique en fait la fonction
`liste.extend([1,2,3])` à l'objet mutable liste tandis que `entier_y +=1` ou `tuple1 += (1,2,3)` créent de nouvelles variables car les entiers et les tuples ne sont pas mutables.

Enfin, pour savoir si deux variables font référence à un même objet , utiliser `is` ou la fonction `id()`.

2. Pour faire court, un objet **mutable** est celui dont la valeur peut changer. Par opposition aux objets **non-mutables**. Cette propriété découle du type de l'objet en question.

• **sorted()** et **sort()** (Python 3.4, noter le trie à l' envers :

```
sorted([5, 2, 3, 1, 4])       # Crée une nouvelle liste
# [1, 2, 3, 4, 5]

sorted([5, 2, 3, 1, 4], reverse=True)       # Crée une nouvelle liste. On trie à l'envers
# [5, 4, 3, 2, 1]

a = [5, 2, 3, 1, 4]
a.sort()   # Tri sur place (la liste est modifiée)
a
# [1, 2, 3, 4, 5]

sorted({1: 'D', 2: 'B', 3: 'B', 4: 'E', 5: 'A'})
# [1, 2, 3, 4, 5]
```

☞ Remarques : `sort()` ne s'applique qu'aux listes alors que `sorted()` s'applique à tout ce qui "itérable" (y compris les *Dicos*).
• `sorted()` et `sort()` acceptent un paramètre *key* qu'on peut utiliser pour préparer chaque élément avant le tri.

```
#Dans cet exemple, on demande (par split()) à isoler les mots puis à trier leur frome minuscule

sorted("Ceci est une Chaine de caractèrs Debase! ".split(), key=str.lower)) #passer d'abord en minuscules
# ['caractèrs', 'Ceci', 'Chaine', 'de', 'Debase!', 'est', 'une']

# Nom, Note et Age des étudiants
student_tuples = [
    ('john', 'A', 25),
    ('pasSa', 'B', 22),
    ('tronche', 'B', 20),
]

sorted(student_tuples, key=lambda student: student[2])     # sort suivant l'Age
#[('tronche', 'B', 20), ('pasSa', 'B', 22), ('john', 'A', 25)]
```

☞ Remarques : la liste *student_tuples* contient des tuples (ici des triplets). Voir plus loin pour les tuples la section XVI page 43.
Ici, on peut aussi utiliser `sort()`.

XII-3 Exemple : Pile

• Implantez une Pile (LIFO : *Last in First out*, comme une pile d'assiettes) avec une liste.

☞ Remarques : pour une spécification algébrique formelle d'un type de données, on utilise la notation suivante appelée TDA : type de données abstrait. Nous allons utiliser cette notation pour spécifier le type Pile sans trop rentrer dans les détails formels.
Dans une spécification de TDA :

- ◦ On précise la *signature* des opérateurs (fonctions, constantes, opérateurs). Certaines de ces fonctions peuvent être "partielles" : par exemple, le maximum d'une liste n'a de sens qui si la liste n'est pas vide.
- ◦ Une section *préconditions* dira les conditions particulières (s'il en existe) d'application des fonctions,
- ◦ Une dernière section *axiomes* donne la sémantique de ces fonctions sous réserve du respect des *préconditions*.

• D'un point de vue algébrique, il est important que chaque fonction ne renvoie qu'une et une seule valeur (qui peut être composite).
E=Rappelons que les fonctions *partielles* (celles ci-dessous avec le symbole $\nrightarrow$) ne s'appliquent que sous les conditions exprimées dans la partie *préconditions*.

XII-3-a TDA : Complément

L'étude de cette section peut avoir lieu dans une seconde lecture.
• Par exemple, pour une pile, on aura :

Type : Pile — ce que ce TDA définit

Uses : Bool, Data, Nat — les types que ce TDA utilise (une sorte de "import")

Signatures : — l'entête des fonctions (y compris les constantes = fonction 0-aire)

vide :		$\rightarrow$	pile	la pile vide (une constante = fonction 0-aire=sans argument)
empile :	pile $\times$ Data	$\rightarrow$	pile	ajout d'un élément de type (importé) Data
depile :	pile	$\nrightarrow$	pile	fonction **partielle** (non définie si pile vide). Noter qu'on ne renvoie pas un Data
sommet :	pile	$\nrightarrow$	Data	consultation du 1er élément. Fonction **partielle** (non définie si la pile est vide)
est_vide :	pile	$\rightarrow$	Bool	test de vacuité
len :	pile	$\rightarrow$	Nat	nbr d'éléments

Préconditions : — ici, on précise les condition à respecter lors d'appel des fonctions **partielles**

pour d : data, p : pile

`depile(p) : not(est_vide(p))` — Ne pas appeler "depile(p)" si "p" est vide

`sommet(p) : not(est_vide(p))` — Ne pas appeler "sommet(p)" si "p" est vide

Axiomes (les propriétés des fonctions) : on suppose que les précoditions SONT respectées

pour d : data, p : pile

(1) `est_vide(vide)=True`
(2) `est_vide(empile(p,d))=False`
(3) `depile(empile(p,d))=p`
(4) `sommet(empile(p,d))=d`
(5) `len(vide)=0`
(6) `len(empile(p,d))= 1 + len(p)`
(7) `len(depile(p))= len(p) - 1`

☞ Normalement, il faudrait "croiser" toute paire de fonctions donnée dans "signatures". Mais il est admis de simplifier et de "croiser" seulement les fonctions **externes** (celles dont le type de retour n'est pas le type en cours de définition) avec les **internes** (les autres fonctions).

☞ Explications des axiomes :

(1) : il est vrai qu'une pile vide est vide !
(2) : une pile obtenue par `empile(p,d)` (quelque soit le contenu de "p") n'est pas vide.
➛ Comme dans le cas des langages objets, on appelle **constructeur** la fonction `empile(.,.)`
N.B. : un axiome sur `est_vide(depile(p))` n'apporte aucune information utile !

(3) : si on dépile une pile obtenue par `empile(p,d)`, il nous reste la pile p (celle avant `empile(p,d)`) !
➛ Mais cet axiome dit quelque chose de beaucoup plus importante (LIFO) :
le dernier élément empilé dans une pile p est le premier sorti lors d'un dépile-ment sur p.
(4) : De même, le sommet d'une pile issue de `empile(p,d)` est bien l'élément "d" (LIFO)
(5) : la taille d'une pile vide = 0
(6) : la taille d'une pile obtenue par `empile(p,d)` (quelque soit la pile "p") = len(p) + 1
(7) : si on dépile une pile, sa taille se réduit de 1 (rappel : "p" ne devait aps être vide !).
• Noter que le concept de classes convient parfaitement aux objets Piles (voir en TC2).
• N.B. : il est conseillé d'utiliser les exceptions pour vérifier le respect des préconditions.
☞ Les Axiomes donnent souvent des indications de leur implantation, voire même leur algorithme !

Fin complément.

XII-3-b Pile : Implantation

• Une implantation partielle à titre d'exemple :

```
def empile(p, a):
    p.append(a)

def depile(p):
    try:
        p.pop()
        return p
    except:
        print("La pile est vide !")
        return None

def top(p):
    try:
        return p[0]
    except:
        print("La pile est vide !")
        return None

def est_vide(p):return p==[]

def init(*args):    # On prend tout ce qui est donné en paramètre effectif
        p = []
        if not args:    return p    # On nous a rien donné !
        for elem in args:    p.append(elem)
        return list(p)

#-------- Tests --------
if __name__ == "__main__" : # permet à la fois des tests unitaires de ce module ainsi que son importantion.
    print(" Pile initiale ".center(50, '-'))
    lifo = init(5, 8, 9)
    print("lifo :", lifo)
    input('Entrée pour continuer... ' )
    print(" Empilage ".center(50, '-'))
    empile(lifo, 11)
    print("lifo :", lifo)
    input('Entrée pour continuer... ' )
    print(" Depilages ".center(50, '-'))
    for i in range(5):
        depile(lifo)
        print("lifo :", lifo)
```

• Traces :

```
---------- Pile initiale ----------
lifo : [5, 8, 9]
Entrée pour continuer... >?
---------- Empilage ----------
lifo : [5, 8, 9, 11]
Entrée pour continuer... >?
---------- Depilages ----------
lifo : [5, 8, 9]
lifo : [5, 8]
lifo : [5]
lifo : []
La pile est vide !
lifo : []
"""
```

XII-4 Exercice Bonus : le type Queue et les classes Pile et File

• De la même manière, implémentez une queue FIFO (First in First out, comme une file devant un guichet) avec une liste. Donnez sa spécification algébrique par un TDA.

Bonus : transformez l'exemple précédent en une **classe Pile** puis définir la File sous forme d'une classe. Tester chaque classe dans un fichier séparé avec une section "__main__" puis les importez dans un fichier Python pour les tester dans une petite application.

XIII Itérations : While, for

• Il est difficile d'éviter de rencontrer les itérations (en particulier avec `for`) en Python et ce assez rapidement. Voyons quelques exemples moins triviaux.

XIII-1 Exemple de While : Celcius-Farenheit

• Programmer une table de conversion Celcius-Frenheit et écrire les valeurs en colonnes.
• On utilisera les différentes formes d'itérations.

```
print("Table de conversion fahrenheit -> celsius")
print("-"*60)
inf,sup, pas=0,100,20;

# Première méthode : avec while et sans véritable mise en page
fahr=inf;
while(fahr<=sup):
      celsius = (5.0/9.0)*(fahr-32.0);
      print("En fahrenheit : ",fahr," - En celsius : ",celsius)
      fahr = fahr+ pas

""" TRACES
Table de conversion fahrenheit -> celsius
------------------------------------------------------------
En fahrenheit :  0   - En celsius :  -17.77777777777778
En fahrenheit :  20   - En celsius :  -6.666666666666667
En fahrenheit :  40   - En celsius :  4.444444444444445
En fahrenheit :  60   - En celsius :  15.555555555555557
En fahrenheit :  80   - En celsius :  26.666666666666668
En fahrenheit :  100   - En celsius :  37.77777777777778
"""

# Une variante de la première méthode : avec while + break
fahr=inf;
while True :
      celsius = (5.0/9.0)*(fahr-32.0);
      # Première façon de formater
      print("En fahrenheit : ",repr(fahr).rjust(5),
      " - En celsius : %8.3f" % celsius)
      fahr = fahr+ pas
      if (fahr>sup) :
            break

""" TRACE
En fahrenheit :     0   - En celsius :   -17.778
En fahrenheit :    20   - En celsius :    -6.667
En fahrenheit :    40   - En celsius :     4.444
En fahrenheit :    60   - En celsius :    15.556
En fahrenheit :    80   - En celsius :    26.667
En fahrenheit :   100   - En celsius :    37.778
"""
%\usepackage{setspace,listings} % setspace important
% on peut donner \begin{ lstlisting}[caption=.. , label=...]
```

XIII-2 Exemple de For : Celcius-Farenheit

• La même question avec `for` :

```
# Deuxième  méthode : avec for
for fahr in range(inf, sup+pas, pas):
      # Deuxième façon de formater (pour les réels)
      celsius = (5.0/9.0)*(fahr-32.0);
      print("En fahrenheit : ",repr(fahr).rjust(5),   " - En celsius : %8.3f" % celsius)

""" TRACE
En fahrenheit :     0   - En celsius :   -17.778
En fahrenheit :    20   - En celsius :    -6.667
En fahrenheit :    40   - En celsius :     4.444
En fahrenheit :    60   - En celsius :    15.556
En fahrenheit :    80   - En celsius :    26.667
```

```
En fahrenheit :      100   - En celsius :    37.778
"""


# Variante de for  avec une autre mis en page
inf,sup, pas=0,100,20;
print("Fahre
nheit".center(10), "celsius".center(10), sep='     ')
print("-"*60)
fahr=inf;
nb_pas=sup//pas               # le nbr de pas

for indice in range(0, nb_pas+1):
      celsius = (5.0/9.0)*(indice*pas+fahr-32.0);

      # 0:xx et 1:yyy font références aux numéros des colonnes dans format
      # 0:xx fait référence au champ No 0 = 1ère colonne
      print('{0:7d}              {1:4.1f}'.format(indice*pas+fahr,celsius))

"""
Fahrenheit       celsius
         0            -17.8
        20            -6.7
        40             4.4
        60            15.6
        80            26.7
       100            37.8
"""
```

➙ Noter que dans `for i in range(5) : ...`, la valeur de `i` à la sortie de ce `for` est 4 (et non 5 comme on pourrait le penser).

☞ Remarques : le format de `for` :

```
for iteration_for in intervalle :
    corps_for
else : else_expression
```

◦ Noter que `intervalle` est évalué une seule fois et donne lieu à un itérateur dont les valeurs sont assignées une par une à `iteration_for` (donc, `c` doit pouvoir recevoir une valeur, ou être une *lvalue*, ce qui exclue par exemple un appel de fonction).
◦ `for` peut provoquer une exception "StopIteration".
◦ `else_expression` est exécutée à la fin des itérations ou suite à l'exception "StopIteration".
◦ `corps_for` peut contenir `break`.
Si `break` est exécuté, on abandonne l'itération sans exécuter `else_expression`.
◦ `corps_for` peut contenir `continue`. S'il est exécuté, on passe à l'itération suivante (mais s'il n'y aucune autre itération possible, `else_expression` sera exécutée avant de terminer).
◦ Les variables de `iteration_for` reçoivent des valeurs qui écrasent leur éventuelle ancienne valeur :

```
# Observer i

i=12
for i in range(5) :
    print(i, end=' ')
    i=42
print(i)
# Donne --> : 0 1 2 3 4 42
```

• On constate que `i=12` ni les `i=42` n'ont aucun effet sur `i` de `iteration_for`. Cependant, la valeur finale de `i=42` (fait à la toute dernière itération).

• On aura le même résultat avec (noter `else`) :

```
# Observer i

i=12
for i in range(5) :
    print(i, end=' ')
else : i=42

print(i)
# Donne --> : 0 1 2 3 4 42
```

◦ Les variables de `iteration_for` existeront après les itérations. Elles auront leur valeur finale de la dernière itération.
◦ Éviter de modifier `intervalle` dans `corps_for` sous peine de surprises.

☞ Le schéma `while` dispose également d'une clause `else : ...` dont le comportement est identique à celle présente dans `for`. Idem pour `continue` et `break` dans le schéma `while`.

XIII-3 Exercice : valeur de e

• Écrire un programme qui estime la valeur de la constante mathématique **e** en utilisant la formule : $e = \sum_{0}^{n} \frac{1}{i!}$
Pour ce faire, définissez la fonction *factorielle* puis, dans votre programme principal, lire au clavier l'ordre n et affichez l'approximation correspondante de e.

☞ Remarques : la fonction `math.factorial(.)` existe.

XIII-4 Exercice : nombre premier

• On appelle *nombre premier* tout entier naturel supérieur à 1 qui possède exactement deux diviseurs, lui-même et l'unité ;
• On dira donc que l'entier positif N est premier si $N = 1$ ou $N = 2$ ou alors N remplit les conditions suivantes :

- $N\%2 \neq 0$
- $\sqrt{N} \notin \mathbb{N}$
- $\nexists k, (k \in 3 \ldots \lceil \sqrt{N} \rceil \wedge k|N)$ c-à-d. : N n'est multiple d'aucun des entiers $k \in 3..\sqrt{N}+1$

• Lire un entier et tester s'il s'agit d'un nombre premier.

XIII-5 Bonus : Nombres Premiers par diviseurs propres

• Une autre méthode : on appelle *diviseur propre* de de l'entier naturel N, un diviseur quelconque de N (N exclu) ;
• Lire N et compter le nombre de diviseurs propres du nombre N. S'il n'y a pas de tel diviseur alors N est premier. Sinon, on afficher ses diviseurs ainsi que leur nombre.

XIII-6 Bonus : Diviseurs des nombres Parfaits et Premiers

• Un entier naturel est dit *parfait* s'il est égal à la somme de tous ses diviseurs propres ;
• Les nombres a tels que : $(a + n + n^2)$ est *premier* pour tout *n* tel que $0 < n < (a - 1)$, sont appelés nombres *chanceux*.
• Écrire un script Python définissant quatre fonctions : *somDiv, estParfait, estPremier, estChanceux*.

- la fonction *somDiv* retourne la somme des diviseurs propres de son argument ;
- les trois autres fonctions vérifient la propriété donnée par leur définition retournant un booléen. Plus précisément, si par exemple la fonction *estPremier* vérifie que son argument est premier, elle retourne True, sinon elle retourne False.

• Écrire et tester ces fonctions, par exemple avec les valeurs
`somDiv(12)`, `estParfait(6)`, `estPremier(31)` et `estChanceux(11)`.

XIII-7 Exercice Bonus : Importer vos fonctions

• Transformer le module précédent en le nommant *parfait_chanceux_m.py* définissant les quatre fonctions : *somDiv, estParfait, estPremier, estChanceux*.
• Penser à la partie principale (voir la section XXXII, page 98) : pour transformer ce module en un script indépendant (et importer les fonctions qui y sont définies), vous devez ajouter avant la partie principale :

```
if __name__=='__main__':
```

• Écrire le programme principal *parfait_chanceux.py* qui comporte :
- l'initialisation de deux listes : parfaits et chanceux ;
- une boucle de parcours de l'intervalle [2, 1000] incluant les tests nécessaires pour remplir ces listes ;

XIII-8 Exemple : compter les lettres

• On lit un texte terminé par un '.'. Compter le nombre de chiffres et de lettres.

```
ph=input("Donner une phrase sur une ligne terminée par un point ")

nb_chiffres=nb_lettres=0
for car in ph:
    if car=='.':
        break
    if car.isalpha():
        nb_lettres+=1
    if car.isdigit():
        nb_chiffres+=1

print("Dans la phrase %s, il y a %d lettres et %d chiffres" % (ph,nb_lettres, nb_chiffres))
```

• On pourrait utiliser `liste_caracters=list(ph)`.

☞ Dans le version ci-dessus, la présence de '.' n'est pas contrôlée lors de la lecture de la phrase. Même si on teste cette présence dans le code !
• Dans la version suivante, on va s'assurer de la lecture du '.' final tout en lisant la phrase sur plusieurs lignes.

```
stock=''
while True :      # lire jusqu'au '.'
    ph=input("Donner une (suite de) phrase terminée par un point ")
    stock+=ph     # stock contiendra toutes les lignes
    if ph[-1]== '.' :
        break

nb_chiffres=nb_lettres=0
for car in stock:
    if car=='.':
        break
    if car.isalpha():
        nb_lettres+=1
    if car.isdigit():
        nb_chiffres+=1
print("Dans la phrase %s, il y a %d lettres et %d chiffres" % (stock,nb_lettres, nb_chiffres))
```

XIII-9 Exercice : compter les voyelles et consonnes

• On lit un texte terminé par EOF. Ce texte pouvant être composé de plusieurs phrases. Le programme doit déterminer le nombre de voyelles, le nombre de consonnes, le nombre de chiffres, le nombre d'autres caractères

☞ Remarques : on peut créer un dictionnaire Python (une MAP) indexé sur les voyelles init 0 :

```
nb_voyelles = {i:0 for i in 'aeiouAEIOU'}
```

Le résultat est nb_voyelles ={'a' : 0, 'e' : 0, 'i' : 0, 'o' : 0, 'u' : 0, 'A' : 0, 'E' : 0, 'I' : 0, 'O' : 0, 'U' : 0}

On peut alors compter le nombre d'occurrence de chaque voyelle dans la chaîne ch1 :

```
ch1="Une nuit, un hotel a pris feu et les gens ont couru dehors en habits de nuit. Deux hommes observaient."
nb_voyelles = {i:0 for i in 'aeiouAEIOU'}
for lettre in ch1 :
    if lettre in 'aeiouAEIOU' : nb_voyelles[lettre] += 1
print(nb_voyelles)
{'O': 0, 'i': 5, 'E': 0, 'e': 13, 'A': 0, 'u': 7, 'a': 3, 'U': 1, 'I': 0, 'o': 6}
```

• Pour compter la somme de toutes les voyelles dans un string `ch2` (converti à la volée en minuscule) :

```
ch2 = "L'un a dit : puisque les gens ne font pas attention à leurs biens, je me suis servi en sortant !"
voyelles = "aeiou"; total_voyelles=0          # On ne prend que les voyelles minuscules
for v in voyelles :                              # On compte le nombre d'occurrence de chaque voyelle dans
    total_voyelles  += ch2.lower().count(v)   # ch2
# 29
```

➙ Remarquer le ' ;' qui permet de placer plusieurs expressions sur la même ligne[a].

a. La suite de l'histoire que les chaînes de caractères de cet exemple racontent :
ch3="L'autre a répliqué : 'savez-vous que je suis de la Police ?' Le premier a répondu : 'savez-vous qu'écrivain, j'invente des histoires ?' !'"

XIII-10 Exercices : itération et lancers de dés

1. L'utilisateur donne un entier n entre 2 et 12, le programme donne le nombre de façons de faire n en lançant deux dés.
2. Même problème que le précédent mais avec **n** entre 3 et 18 et trois dés.
3. Généralisation des deux questions précédentes. L'utilisateur saisit deux entrées, d'une part le nombre de dés, **nbd** (limité à 10), et d'autre part la somme **s** comprise entre **nbd** et **6*nbd**. Le programme calcule et affiche le nombre de façons de faire **s** avec les **nbd** dés.

XIII-11 Itération à l'envers

```
for x in reversed(sequence):
    ... # do something with x...
```

• Par exemple :

```
S=[1,2,3,4]
for x in reversed(S):
    print(x)
"""
4
3
2
1
"""
```

• Ou par :

```
S=[1,2,3,4]
for x in S[::-1]:
    print(x)
"""
```

```
4
3
2
1
"""
```

XIV Iterations et Listes

XIV-1 Itération sur une liste avec enumerate

• Si on doit écrire les éléments d'une liste avec le rang de chacun :

```
strings = ['a', 'b', 'c', 'd', 'e']
for index, string in enumerate(strings):
    print(index, string)

"""
0 a
1 b
2 c
3 d
4 e
"""
```

• On peut réaliser le même effet avec un accès aux éléments par indice :

```
S = ['a', 'b', 'c', 'd', 'e']
for index in range(len(S)):
    print(index , S[index])

"""
0 a
1 b
2 c
3 d
4 e """
```

XIV-2 Exercice : liste des moyennes

• Écrire une fonction `moyennes(V1)` qui reçoit une liste (vecteur) `V1` en paramètre et produit une liste `V2` telle que $V_2[i] = \frac{\sum_{j=0}^{i} V_1[j]}{i+1}$, $i = 0..|V_1| - 1$. Autrement dit, $V_2[i]$ contient la moyenne des éléments $V_1[0..i]$.

XIV-3 Exemple : méthode semi-EM de base

Il s'agit de l'implantation d'une forme simplifiée (écart type constante) de la méthode de *maximisation d'espérance* (*EM : expectation maximisation*).

• Soit une liste de nombres L [3]. Certaines valeurs de cette liste sont connues et on voudrait estimer les autres par la méthode suivante :

1) On fixe une moyenne $\mu_0 = 0$ (distribution uniforme ou bien σ constante) et les valeurs manquantes = μ_0 ; $i = 1$

2) Estimer les valeurs inconnues à l'aide de μ_i sur L : elles seront égales à μ_i

3) Les éléments manquants étant estimés, calculer μ_{i+1} ; poser les éléments manquants de départ =μ_i ; $i = i + 1$ et aller à 2)

3. Pour la méthode EM, voir par exemple http ://ai.stanford.edu/∼chuongdo/papers/em_tutorial.pdf

4) Stopper les itérations si $\mu_{k+1} \simeq \mu_k$

• Exemple : soit `L=[4,10, ?, ?]`

1) $\mu_0 = 0$

2) $L = [4, 10, 0, 0]$

3) $\mu_1 = \frac{14}{4} = 3.5 \rightarrowtail L = [4, 10, 3.5, 3.5]$

4) $\mu_2 = 5.25 \rightarrowtail L = [4, 10, 5.25, 5.25]$

5) $\mu_3 = 6.125 \rightarrowtail L = [4, 10, 6.125, 6.125]$

6...) $\mu_4 = 6.5625 \ldots \mu_5 = 6.125 \ldots \mu_3 = 6.7825 \ldots \mu_6 = 6.89062525 \ldots$

...X) $\mu_k = 7 \rightarrowtail L = [4, 10, 7, 7]$

Le code Python :

```
# EM de base
import numpy as np, random
L=[random.randint(1,100),random.randint(1,100),None,None] # la séquence initiale

mu=0    # On suppose mu=0
mu_precedente=mu
for i in range(10000) :  # Au plus, 10000 itérations
    L[2]=mu
    L[3]=mu
    mu_precedente=mu
    mu=sum(L)/len(L)
    print("new mu =", mu, "save_mu= ", mu_precedente)

    if abs(mu-mu_precedente) < .000001 : break

print(L, np.average(L), np.std(L))

# Trace d'une exécution :
L = [22, 42, 0, 0]  mu = 16.0  mu_precedente= 0
L = [22, 42, 16.0, 16.0]  mu = 24.0  mu_precedente= 16.0
L = [22, 42, 24.0, 24.0]  mu = 28.0  mu_precedente= 24.0
L = [22, 42, 28.0, 28.0]  mu = 30.0  mu_precedente= 28.0
L = [22, 42, 30.0, 30.0]  mu = 31.0  mu_precedente= 30.0
L = [22, 42, 31.0, 31.0]  mu = 31.5  mu_precedente= 31.0
L = [22, 42, 31.5, 31.5]  mu = 31.75  mu_precedente= 31.5
L = [22, 42, 31.75, 31.75]  mu = 31.875  mu_precedente= 31.75
...
L = [22, 42, 31.99999237060547, 31.99999237060547]  mu = 31.999996185302734  mu_precedente=
 31.99999237060547
L = [22, 42, 31.999996185302734, 31.999996185302734]  mu = 31.999998092651367  mu_precedente=
 31.999996185302734
L = [22, 42, 31.999998092651367, 31.999998092651367]  mu = 31.999999046325684  mu_precedente=
 31.999998092651367
La séquence finale : [22, 42, 31.999998092651367, 31.999998092651367]
          Sa moyenne = 31.999999046325684 Son écart type : 7.0710678118655395
```

Bien entendu, on peut se dire qu'il était aisé de trouver la moyenne 7 dès le départ. Ce n'est pas faux mais cela n'aurait pas été un exemple (quand bien même trivial) de l'algorithme EM !

XIV-4 Exercice : K-means

Le principe de l'algorithme simplifié d'EM (avec écart type constant) donne lieu à la méthode d'apprentissage *K-means*. Il s'agira de créer k groupes les plus homogènes parmi un échantillon d'observations.

On peut par exemple scinder un ensemble d'élèves en 2 groupes selon certains critères. Ce qui permet cette séparation en k groupes est l'ensemble des caractéristiques de chaque observation. Par exemple, pour les élèves, on peut disposer de l'age, la taille, la couleur de vêtement, la longueur de cheveux, le poids, la pointure des chaussures (!), les habitudes, etc [4].

4. Ces caractéristiques sont censées discriminer une fille d'un garçon !

Dans l'exercice ci-dessous, on travaille avec les coordonnées d'un ensemble de points dans un plan 2D. Ici, $k = 2$. LA séparation en 2 groupes sera une séparation "géométrique" (donc en fonction des coordonnées)

On se donne une liste Lst de points $p_i : (x_i, y_i)$ de coordonnées 2D dans le plan. Ces points sont échantillonnés aléatoirement dans le plan 2D $[(0,0) : (100,100)]$
Procéder comme suit pour créer 2 paquets (2 clusters) avec ces points :

- 1- Fixer aléatoirement deux des points m_1 et m_2 de la liste Lst. Considérer m_1 et m_2 comme des centres (d'attraction) des autres points. Chaque centre attirera les points qui lui sont les plus proches.
- 2- Faire deux paquets (listes) $L1$ et $L2$ telles que $L1$ contienne les points p_i plus proche de m_1 que de m_2, L_2 contiendra les points p_j qui lui sont plus proches (que du centre m_1). La distance utilisée sera *Euclidienne*. A ce stade, nous avons 2 groupes de points.
- 3- Recalculer les nouveaux centre m'_1 et m'_2 dans chaque groupes (*clusters*) L_1 et L_2 en fonction de leur distance par rapport à m'_1 et m'_2. Ainsi, m_1 et m_2 auront changé de coordonnées pour devenir m'_1 et m'_2.
- 4- Expectation : Regrouper tous les points et refaire l'étape 2 et scinder ensemble les points en fonction de leur distance par rapport à chaque nouveau centre m'_1 et m'_2. Cela modifiera les liste L_1 et L_2 pour donner L'_1 et L'_2.
- 5- Maximisation : Répéter l'étape 3 en recalculant les nouveaux centres m_1" et m_2" de L'_1 et L'_2.
- 6- Recommencer à l'étape 4 jusqu'à ce que les centre ne bougent plus (à ϵ près)

Vous avez ainsi obtenu deux paquets séparés (deux *clusters*) relativement distincts avec des centres respectifs m_1 et $m2$. Afficher ces centres et les contenu des 2 paquets ainsi obtenus.

Mesurez la qualité de votre (regroupement) *clustering* par $SSE = \sum_{j \in 1..k} \left(\sum_{p_i \in L_j} (p_i - m_j)^2 \right)$ (erreur inter groupe).
Relancez plusieurs fois votre algorithme (sur le même échantillon) et désignez le meilleur *clustering*. Les **meilleurs clusterings** minimisent SSE tout en maximisant l'écart entre les groupes. Pour ce dernier critère, il existe plusieurs critères. Pour simplifier, tout en minimisant SSE, nous allons simplement maximiser la distance entre les centres des clusters finaux : $SSD = \sum_{i,j \in 1..k, i>j} (m_i - m_j)^2$ (erreur intra groupes).

Le pseudo algorithme de K-means :

```
def K_means() :
    Lst = échantillonner aléatoirement 100 points     # se limiter à [(0,0) .. (100,100)]
    m_1 = un élement  de Lst
    m_2 = un autre élément aléatoire de Lst (différent de m_1)
    fini = False
    old_m1 = m_1; old_m2 = m_2
    Répéter jusqu'à fini :
        # On utilise dist(.,.) Euclidienne
        L_1 = les éléments de Lst le plus proche de m_1 (que de m_2)
        L_2 = les éléments de Lst le plus proche de m_2 (que de m_1)
        m_1 = le centre de L_1          # m_1 = la moyenne de L_1
                                        # m_1 ne sera pas forcément un des points de L_1
        m_2 = le centre de L_2
```

```
            Si dist(m_1, old_m1) < epsilon OU dist(m_2, old_m2) < epsilon : fini = True
            old_m1 = m_1; old_m2 = m_2
            Lst =  L_1 + L_2
        Fin Répéter
# NB : "OU" car si un des centres ne se modifie plus, ses points ne changent plus et
 donc l'autre centre ne bougera plus
```

XV Exercice : proba de 2 nombres co-premiers

Démontrer que la probabilité pour que deux entiers aléatoires x, y ($x, y \in [1..N]$ avec N grand) soient premiers entre eux (on dit que x, y sont "co-primes") est $\frac{6}{\pi^2} \simeq 0.608$.

XV-1 Exercice : enlever les doublons d'une liste

• Supprimer les éléments répétés dans une liste sans changer l'ordre des éléments.
• Notons qu'en Python, pour une liste *L=[5,1,2,8,1,5]*, le même résultat est obtenu par `set(L)` qui transforme L en un ensemble. Par contre, l'ensemble obtenu sera ordonné. C'est ce que l'on veut éviter ici.

XV-2 Bonus : Scinder une liste

• Échantillonner une liste L d'entiers de taille $N > 10$ au hasard (entre $2..N*4$) puis scinder cette liste en L_1, L_2 :

L_1 contiendra les sous-séquences ascendantes de L de longueur d'au moins 2, L_2 les autres.
• Exemple-1 : si $L = [27, 6, 32, 13, 28, 12, 34, 37, 2, 30]$ alors $L_1 = [6, 32, 13, 28, 12, 34, 37, 2, 30]$, $L_2 = [27]$
• Exemple-2 : Si $L = [18, 17, 27, 18, 40, 22, 30, 30, 22, 15]$, on aurait $L_1 = [17, 27, 18, 40, 22, 30, 30]$, $L_2 = [18, 22, 15]$

☞ Cette opération est à la base d'une (autres) méthode de trie de complexité $O(N^2)$

XV-3 Copie de listes (important)

☞ La copie d'une liste même de dimension 1 avec `L1=L2` créé une synonymie.

☞ La copie d'une liste de dimension 1 avec `L1=L2[:]` fonctionne mais si L1 est de dimension > 1 (liste de listes), les sous-listes ne sont pas copiées (synonymie).

☞ Pour copier véritablement une liste de n'importe quelle dimension, on utilise `deepcopy()` :

```
M=[[1, 2, 3], [4, 10, 6], [7, 8, 9]]

M5=M       # Synonymie

# Copions autrement
M3=M[:]
M3
# [[1, 2, 3], [4, 5, 6], [7, 8, 9]]

# On modifie M3
M3[1][1]=10

M
# [[1, 2, 3], [4, 10, 6], [7, 8, 9]]      # M est également modifiée

# La bonne façon :
import copy
M4=copy.deepcopy(M)

M4
# [[1, 2, 3], [4, 10, 6], [7, 8, 9]]

# On modifie M
M[2][2]=20
M
# [[1, 2, 3], [4, 10, 6], [7, 8, 20]]    #   M a bien changé

M4
# [[1, 2, 3], [4, 10, 6], [7, 8, 9]]      # Mais pas M4
```

XVI Tuples

- Le tuple vide se note : `()`
- On accède au range d'un élément d'un tuple par la fonction *index*.
- On teste l'appartenance d'un élément à un tuple par *in*.
- Si les (éléments des) tuples sont des objets non mutables, on ne peut pas les modifier.
- Exemple :

```
a_tuple = (1, 2)
a_tuple += (3,4)
a_tuple
# (1, 2, 3, 4)

# a_tuple[0] += 3 : erreur : affectation / modification interdites

a_tuple[3]
# 4
```

- Tentative de modification des éléments non mutables du tuple :

```
a_tuple[4]=5        #  --> erreur  affectation / modification interdites
a_tuple += (5)    # --> erreur  can only concatenate tuple (not "int") to tuple
```

➞ Remarquer les 2 erreurs.

- Mais si un élément du tuple est mutable (ici une liste), alors les modifications sont possibles :

```
a_tuple += (['Hello'], 'Paris')
a_tuple
# (1, 2, 3, 4, ['Hello'], 'Paris')

a_tuple.index(['Hello'])
# 4

# a_tuple[4] = ['GoodBye']    : erreur    affectation / modification interdites
```

➞ Le tuple est allergique à l'opérateur d'affectation.

- Par contre, on peut modifier le contenu de la liste `['Hello']`

```
a_tuple[4].append('World')
a_tuple
#  (1, 2, 3, 4, ['Hello', 'World'], 'Paris')
```

- Modifions la liste dans le tuple d'une autre manière (devrait être autorisée) :

```
a_tuple[4]+=['of Lions']      # Etrangement, il y a une erreur MAIS l'ajout se fait (bug ?)
a_tuple
# (1, 2, 3, 4, ['Hello', 'World', 'of Lions'], 'Paris')
```

☞ Préférez utiliser "append" (ici utilisé en l'état), voir aussi l'ajout de 'Good Luck' (ci-dessous) :

```
a_tuple[4].append(' In ')
a_tuple
# (1, 2, 3, 4, ['Hello', 'World', 'of Lions', ' In '], 'Paris')
```

- On peut également modifier un élément de la liste `['Hello', 'World', ...]`

```
a_tuple[4][0]= 'Good Luck'    # On remplace 'Hello'
a_tuple
# (1, 2, 3, 4, ['Good Luck','World', 'of Lions', ' In '], 'Paris')
```

- On peut ajouter des doublets ou plus à un tuple. On va ajouter un couple puis un triplet :

```
a_tuple += (5,'toto')
a_tuple
#  (1, 2, 3, 4, ['Good Luck', 'World', 'of Lions', ' In '], 'Paris', 5, 'toto')
```

```
a_tuple += (10,20,30)
a_tuple
# (1, 2, 3, 4, ['Good Luck', 'World', 'of Lions', ' In '], 'Paris', 5, 'toto', 10, 20, 30)
```

XVI-1 Accès aux éléments d'un tuple

• Comme pour les liste, on peut avoir accès aux éléments du tuple par indice négatif et par tranches. Exemple :

```
t = ("a", "b", "c", "z", "example")
t
# ('a', 'b', 'c', 'z', 'example')

t[0]
# 'a'

t[-1]
# 'example'

t[1:3]
# ('b', 'c')

z in t
# True
```

• On peut associer des variables aux membres d'un tuple :

```
v = ('a', 'b', 'e') # v est un tuple
(x, y, z) = v
x
# 'a'

y
# 'b'

z
# 'e'
```

• Association d'un rang (à partir de 0) aux éléments d'un tuple.

```
list(range(7))                    # 'list' nécessaire en Python 3

#[0, 1, 2, 3, 4, 5, 6]

(vertu, genie, travail, opinion, recompenses, revolution, sanculottides) = range(7)
vertu
# 0

sanculottides
# 6
```

• Mais aussi, il est possible d'associer un range $\neq 0$ au premier élément. Noter la fonction *len* :

```
len((vertu, genie, travail, opinion, recompenses, revolution, sanculottides))
#7

(vertu, genie, travail, opinion, recompenses, revolution, sanculottides) = range(3, 10)
vertu
# 3
```

```
% a_tuple
% # (1, 2, 3, 4, ['God Luck', 'World', 'of Lions'], 'Paris', 10, 20, 30)
%
% print(*a_tuple)
% # 1 2 3 4 ['God Luck', 'World', 'of Lions'] Paris 10 20 30
%
```

XVII Introduction à la mise en page

• Écrire des choses avec `print` :

```
q = 459
p = 0.098
print(q, p, p * q)
# Donne --> 459 0.098 44.982

print(q, p, p * q, sep=",")
# Donne --> 459,0.098,44.982

print(q, p, p * q, sep=" :-) ")
# Donne --> 459 :-) 0.098 :-) 44.982
```

☞ `print` renvoie `None` (au cas où vous vous laisseriez aller à la programmation fonctionnelle !).

```
print(print(1))
# 1
# None
```

• On peut créer des strings et les écrire

```
print(str(q) + " >> " + str(p) + " << " + str(p * q))
# Donne --> 459 >> 0.098 << 44.982
```

• Le format : opérateur "%" (hérité du langage C)

```
x=5
'%d' % x
# Donne --> '5'

'(%d)' % x
# Donne --> '(5)'

'Je connais un mouton à %d pattes.' % x
# Donne --> 'Je connais un mouton à 5 pattes.'

y=2
'Je connais %d moutons à %d pattes.' % (y,x)
# Donne --> 'Je connais 2 moutons à 5 pattes.'
```

☞ Remarques : dans ces exemples, "%" sépare le string exprimant le format (e.g. "%d") de la valeur à écrire (e.g. "x").

• On peut maitriser les longueurs des champs (e.g. pour justifier des colonnes) :
➙ La syntaxe à suivre est **%[flag][longueur][.precision] variable**

```
r=2
print("La surface pour un rayon <%3d> sera <%8.3f>" % (r, r*r*pi))
# Donne --> La surface pour un rayon <  2> sera <  12.566>
```

◦ Ici, `%3d` demande à écrire `r` sur 3 positions (on écrit entre <> pour plus de clarté). Pour la surface, `%8.3f` demande une longueur totale de 8 places (le '.' compris) dont 3 chiffres après la virgule. En cas d'erreur de notre part pour la totalité de la longueur, par exemple si on demande `<%1.3f>`, Python outrepasse l'erreur et utilise ce qui est juste (ici 3 chiffres après la virgule), sinon le minimum de longueur requise.
Par exemple, si on demande `%4.2f` pour la surface, les 2 chiffres après la virgule demandés plus une place nécessaire pour le '.' feront que le total de 4 places ne suffiront pas (il faut au moins 2 places pour 12). Au final, on écrira `<12.57>`.
◦ Noter que `%3d` est équivalent à `%3i`.

◦ Quelques informations supplémentaires (extrait de la doc) :

Symbole de conversion (suit %)	Signification
d	entier décimal signé.
i	entier décimal signé.
o	octal Non signé .
u	décimal Non signé .
x	hexadécimal non signé (minuscule).
X	hexadécimal non signé (majuscule).
e	exponentiel au format virgule flottante (minuscule).
E	exponentiel au format virgule flottante (majuscule).
f	décimal au format virgule flottante.
F	décimal au format virgule flottante.
g	Comme "e" si exposant > -4 ou $<$ à la précision, "f" sinon.
G	Comme "E" si exposant > -4 ou $<$ à la précision, "F" sinon.
c	Un caractère (ou un entier ou un string mono caractère).
r	String (convertit tout objet Python à l'aide de `repr()`).
s	String (convertit tout objet Python à l'aide de `str()`).
%	Pas de conversion, produit le caractère "%".

☞ Comme on peut le constater, si pour une donnée (par exemple un booléen), le symbole voulu n'est pas dans la table ci-dessus, on peut utiliser %r ou %s pour faire appel à la fonction *repr()* ou *str()*.

• Un exemple : soit la séquence *(entier_x, entier_y, reel_z, triplet, booleen)* à écrire :
x=2 ; y=3 ; z=1.245 ; tple=('a', 23, 67) ; b= True
print("%2d, %3d, %.2f, %r, %s"%(x,y,z,tple,b))
➛ *2, 3, 1.25, ('a', 23, 67), True*

On peut bien entendu décomposer le triplet et écrire chaque élément.

◦ Quelques exemples :

```
print("%10.3e"% (356.08977))
#Donne --> 3.561e+02
print("%10.3E"% (356.08977))
#Donne --> 3.561E+02
print("%10o"% (25))
#Donne -->                 31
print("%10.3o"% (25))
#Donne -->                031
print("%10.5o"% (25))
#Donne -->              00031
print("%5x"% (47))
#Donne -->         2f
print("%5.4x"% (47))
#Donne -->      002f
print("%5.4X"% (47))
#Donne -->      002F
print("Only one percentage sign: %% " % ())
#Donne --> Only one percentage sign: %
print('%d' % 0x12)
#Donne --> 18
```

XVII-1 La fonction format

• La section ci-dessus (avec "%") est un héritage du langage C. Ce mécanisme peut être insuffisant dans certain cas, par exemple pour écrire une liste (à moins de l'écrire élément par élément ou de la transformer par `repr()`).

• On peut utiliser un formatage (*à la Python*) à l'aide de la fonction **format**. Dans :

```
r=2
"La surface pour un rayon {0:3d} sera {1:8.3f}".format(r, r*r*pi)
# Donne --> 'La surface pour un rayon   2 sera   12.566'
```

Le `{0:3d}` précise le format de la première colonne (commence à 0) et `{1:8.3f}` celui de la 2e colonne.

Noter la position de la fonction *format*. N'oubliez pas que `'%'` est absent dans l'expression de format (ne pas écrire `1:%8.3f`)

• D'autres exemples :

```
"First argument: {0}, second one: {1}".format(47,11)
# Donne -->'First argument: 47, second one: 11'
"Second argument: {1}, first one: {0}".format(47,11)
# Donne -->'Second argument: 11, first one: 47'
"Second argument: {1:3d}, first one: {0:7.2f}".format(47.42,11)
# Donne -->'Second argument:  11, first one:   47.42'
"First argument: {}, second one: {}".format(47,11)
# Donne -->'First argument: 47, second one: 11'
# arguments can be used more than once:
...
"various precions: {0:6.2f} or {0:6.3f}".format(1.4148)
# Donne -->'various precions:   1.41 or  1.415'
```

• Aussi, on peut remplacer la numérotation des colonnes et renommer les argument. Dans l'exemple ci-dessous, le `rayon` représente *r* et la `surface` la *superficie*.

```
r=2
"La surface pour un rayon {rayon:3d} sera {surface:8.3f}".format(surface=r*r*pi, rayon=r)
# Donne --> 'La surface pour un rayon   2 sera   12.566'
```

• D'autres exemples (noter les longueurs des champs utilisées pour les strings).

• N.B. : le symbole '<' impose une justification à gauche (avec ajoute d'espaces si nécessaires) et '>' une justification à droite.

```
print('%(language)s has %(number)03d quote types.' % {"language": "Python", "number": 2})
# Python has 002 quote types.

"{0:<20s} {1:6.2f}".format('Spam & Eggs:', 6.99)
# Donne -->'Spam & Eggs:
        6.99'
"{0:>20s} {1:6.2f}".format('Spam & Eggs:', 6.99)
# Donne -->'            Spam & Eggs:    6.99'

"{0:>20s} {1:6.2f}".format('Spam & Ham:', 7.99)
# Donne -->'             Spam & Ham:    7.99'

"{0:<20s} {1:6.2f}".format('Spam & Ham:', 7.99)
# Donne -->'Spam & Ham:                 7.99'

"{0:<20} {1:6.2f}".format('Spam & Ham:', 7.99)
# Donne -->'Spam & Ham:                 7.99'

"{0:>20} {1:6.2f}".format('Spam & Ham:', 7.99)
# Donne -->'             Spam & Ham:    7.99'
```

• Un exemple de mise en colonne de valeurs : afficher en colonnes de x, x^2, x^3 $avec$ $x \in 1..10$

```
for x in range(1, 11):
    print('{0:2d} {1:3d} {2:4d}'.format(x, x*x, x*x*x))

 1   1    1
 2   4    8
 3   9   27
 4  16   64
 5  25  125
 6  36  216
 7  49  343
 8  64  512
 9  81  729
10 100 1000

# On peut aussi ne rien écrire entre les {}:
x,y='choux',1
print("Il n'y a que {} façon de planter des {} chez {}".format(y, x, 'nous'))
# Donne --> Il n'y a que 1 façon de planter des choux chez nous.
```

XVII-2 Exercice : table de x, x*x, sqrt(x)

• Écrire un programme qui affichage en colonnes la table contenants les colonnes x, x^2 et $\sqrt{x}$ pour $x \in 1..N$. Lire au préalable la valeur de N (ou supposer $N = 20$).

XVII-3 Bonus : Tri sélection

• Dans cette méthode de tri d'un vecteur *V[0..k]* éléments comparables (méthode de complexité $O(N^2)$), on trouve l'indice du minimum du *V[0..k]* qu'on permute avec V[0], puis on recommence avec *V[1..k]* ... et on termine avec *V[k..k]*.

• Écrire la méthode.

☞ Remarques :

Noter `iMin = t.index(min(t[i:]))` : on veut l'indice du minimum de la liste t à partir du ième élément.

XVIII Les exceptions

• Python bénéficie du mécanisme d'exception (venant des langages Modula et ADA). Le schéma simplifié d'un bloc avec exception est le suivant :

```
try :
  expression1
except :
  expression2
```

En cas d'exception dans `expression1`, on exécute `expression2`.

Si la clause `except` est absente pour un `try`, on passe au niveau supérieur (englobant) et ainsi de suite.

Ce mécanisme est important, en particulier dans le cas des fonctions partielles (cf. TDA).

Une exception peut être prédéfinie (voir ci-dessous) ou définie (à l'aide des classes) et levée par **raise**). Voir un exemple plus bas.

XVIII-1 Exemple 1

• Pour l'exercice pair-impair, on peut contrôler la lecture d'un entier au clavier.

```
a=input("Donner le coefficient a : ")
try:
    a=int(a)
    if (a%2 ==1):
        print(a, " est impair")
    else :
        print(a, " est pair")
except ValueError:        # On vient ici si a=int(a) provoque une exception.
    print("pas un nbr")
```

Qu'est-ce passe-t-il si au lieu de donner un entier, on donne une lettre ?

Si la valeur rentrée au clavier n'est pas un entier, la conversion **a=int(a)** provoque une exception prédéfinie. De ce fait, la ligne suivante cette erreur n'est pas exécutée et Python cherche une clause **except ValueError :** qui va de paire avec **try** et exécute ce qui y est prévu.

• Et si on tient à lire un entier à tout prix :

```
# Tant qu'un entier n'est pas donné, insistez !
while True:
    a=input("Donner un entier : ")
    try:
        a=int(a)
        if (a%2 ==1):
            print(a, " est impair")
        else :
            print(a, " est pair")
        break
    except ValueError as e :    # On vient ici si a=int(a) provoque une exception.
        print(e.args[0].split(": ")[1] + " n'pas un entier, recommencer !")

# Ici, on est sur que a contient un entier
```

☞ Remarques : ici, l'exception prend un nom locale (`e`) pour être traitée / détaillé.

• Dans cet exemple, l'exception `e` contient la chaîne `"invalid literal for int() with base 10: 'a'"`, l'expression `e.args[0].split(": ")` sépare cette chaîne de part et d'autre de `": "` et donne une liste à 2 éléments contenant les deux chaînes `['invalid literal for int() with base 10', 'a']` et finalement l'indice `[1]` représente `'a'` (le 2e élément).

XVIII-2 Exemple : Min/Max d'une séquence à la volée

• Dans cet exemple, on utilise l'exception `EOFError` pour détecter `ctrl-D` (ou `ctrl-Z` sous Windows) qui mettra fin aux lectures d'entiers.
• Cet exemple doit être exécuté sous Python et dans une fenêtre "terminal" car *spyder* se bloque à cause de l'exception *EOFError* provoquée par `ctrl-D` (ou `ctrl-Z` sous Windows).
• Cependant, sous *spyder*, on peut demander l'exécution dans le menu *Exécution/Configurer* une fenêtre "terminal" :
Sous *spyder*, on peut associer à chaque fichier Python son type de console d'exécution (dans le menu *Exécution/Configurer*, choisir OK au lieu d'exécuter immédiatement). A partir de ce moment, l'exécution de ce code (placé dans un fichier .py) aura lieu sous la console précisée.

☞ Noter que si la fenêtre ferme immédiatement, c'est qu'il y a une erreur dans le code ! Il faut d'abord la corriger !

```
min=max=0
val=input("donner le premier entier ")
try :
    val=int(val)
    min=max=val

except ValueError :          #On vient ici si on n'a pas donné un entier
    print("Fallait donner un entier")
    input("Taper sur entrée pour fermer la fenetre et quitter.")
    exit(0)

# Ici, on a lu un entier et initialisé min et max
while True:
    try :
        val=input("donner un entier ")
        val=int(val)
        if (val < min) :
            min=val
        if val > max :
            max=val

    except ValueError :    #On vient ici si on n'a pas donné un entier
        print("Il faut donner des entiers")
        exit(0)

    except EOFError:         #On vient ici si on a fait CTRL-D (ou CTRL-Z) DANS un "terminal"
        print("c'est fini : min =",min, " max = ", max)
        break
input("pour ne pas fermer la fenetre de suite ..")
```

☞ Rappel : pour pouvoir terminer les lectures avec `ctrl-D` (`ctrl-Z`), exécutez ce code dans une fenêtre "terminal". Sous votre IDE, cela ne marchera pas.

• Si on veut continuer toutes les lectures après une erreur :

```
min=max=0

while True :
    try :
        val=int(input("donner le premier entier "))
        min=max=val
        break
    except ValueError :          #On vient ici si on n'a pas donné un entier
        continue

# Ici, on a lu un entier et initialisé min et max
while True:
    try :
        val=int(input("donner un entier "))
        if (val < min): min=val
        if val > max: max=val

    except ValueError :    #On vient ici si on n'a pas donné un entier
        print("Fallait donner des entiers, on recommence")
```

```
            continue

        except EOFError:        #On vient ici si on a fait CTRL-D (ou CTRL-Z)
            print("c'est fini : min =",min, " max = ", max)
            break

input("pour ne pas fermer la fenetre de suite ..")
```

XVIII-3 raise : deux exemples

• On utilise `raise` pour lever des exceptions, y compris celle que l'on juge opportunes.
Exemple 1 : si vous avez une fonction qui n'accepte qu'un entier $n > 0$ (par exemple, n est un nombre d'itérations), procédez comme suit :

```
def ma_fonction(n) :
    if  n < 1 :  raise ValueError
    else : # la suite .....
```

➙ l'exception `ValueError` sera levée si on appelle cette fonction avec $n < 1$.
L'utilisateur de `ma_fonction()` prendra ses précautions.

Exemple 2 : Supposons que l'on veuille trouver le plus grand réel (à 1% près) de Python. L'exemple suivant multiplie un nombre (initialisé à 1000000) par un facteur de 1,01 jusqu'à ce que cette multiplication ne soit plus possible faute de capacité ! Dans ce dernier cas, le nombre devient **infini** (`inf` de Python) et on lève, par `raise`, une exception prédéfinie `ValueError` dont le traitement affiche la plus grande valeur de `facteur` atteinte avant de devenir `inf = float('inf')`.

```
facteur = 1000000
while True :
    try :
        if 1/facteur  :
            save = facteur
            facteur *= 1.01                 # l'opération qui provoquera une exception
            print('nombre grand actuel :',  save)
        else :
            raise ValueError                        # on lève une exception prédéfinie

    except ValueError :
        print('limite :', save)
        break

print("Passer à la suite ....")

""" TRACE des derniers nombres affichés :
.....
nombre grand actuel : 1.7600504054160286e+308
nombre grand actuel : 1.7776509094701888e+308
nombre grand actuel : 1.7954274185648906e+308
limite : 1.7954274185648906e+308                # le plus grand réel (à 1% près)

Passer à la suite ....
```

XVIII-4 Exercice : moyenne et fonction

• On reprend un exemple vu plus haut.
• Lire et constituer une liste d'entiers puis calculer la moyenne et la variance de ces valeurs.
• Protéger la lecture des entiers par une exception.

XVIII-5 Expression Pass

• `pass` ne fait rien. C'est donc un *bouche-trou* à placer là où il faut quelque chose. On peut l'utiliser (entre autres) dans les exceptions.

```
try :
    vaZy_Plante()

except :
    pass
```

• Ici, l'exception est captée et ignorée.

• D'autres exemples de `pass` :

```
while True:
    pass  # Attente active, par exemple pour un Ctrl+C


def fonction_a_ecrire(params):
    pass  # La fonction existe. Pensez à la compléter.
```

• `pass` est également utilisé pour créer des classes vides qui doivent exister ! Voir Inf-TC2. On l'utilise aussi dans les exceptions si on veut les ignorer.

XIX Génération de nombres aléatoires

• Des exemples (tirage uniforme) :

```
% import random;
random.random()            # Random float x, 0.0 <= x < 1.0
#Donne --> 0.37444887175646646

random.uniform(1, 10)   # Random float x, 1.0 <= x < 10.0
#Donne --> 1.1800146073117523

random.randint(1, 10)   # Entiers de 1 à 10 (bornes incluses)
#Donne --> 7

random.randrange(0, 101, 2)   # Entiers pairs de 0 à 100
#Donne --> 26

random.choice('abcdefghij')   # Choix aléatoire
#Donne --> 'c'

items = [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7]
random.shuffle(items)
items
#Donne --> [7, 3, 2, 5, 6, 4, 1]

random.sample([1, 2, 3, 4, 5],   3)   # échantillonner 3 éléments
#Donne -->   [4, 1, 5]
```

• Une manière simple de générer une liste d'entiers aléatoires :

```
a, b, n = 3, 20, 5
[randint(a, b) for i in range(n)]

# Donne par exemple :  [16, 9, 16, 14, 8]
```

☞ Remarques : noter la définition `a, b, n = 3, 20, 5`.
• `[randint(a, b) for i in range(n)]` est appelé liste en compréhensions à voir en section XXVI page 77.

XIX-1 Exemple : indice du minimum d'une liste aléatoire d'entiers

```
from random import seed, randint

# fonctions
def listAleatoireInt(n, a, b):
    """Retourne une liste de <n> entiers aleatoires dans [<a> .. <b>]."""
    return [randint(a, b) for i in range(n)]

# programme principal
if __name__ == "__main__" :
    seed() # initialise le generateur de nombres aleatoires
    t = listAleatoireInt(100, 2, 125) # construction de la liste

    ## calcul de l'indice du minimum de la liste
    iMin = t.index(min(t))

    ## Affichages
    print("{} t[iMin] = {}".format("Indice :", t[iMin]))          # Voir plus loin pour la fonction format
```

☞ Remarques :
Noter les deux `{}` : la première est pour `"Indice : "` et la seconde pour `t[iMin]`.
➞ voir section XVII page 45

XIX-2 Exemple : amplitude et la moyenne d'une liste aléatoire de réels

• On échantillonne une liste de réels dont on affiche l'amplitude et la moyenne.

```
# imports
from random import seed, random

# fonctions
def listAleatoireFloat(n):
    """Retourne une liste de <n> flottants aleatoires."""
    return [random() for i in range(n)]

# programme principal
if __name__ == "__main__" :
    n = int(input("Entrez un entier [2 .. 100] : "))
    while not (2 <= n <= 100): # saisie filtree
        n = int(input("Entrez un entier [2 .. 100], s.v.p. : "))

    seed() # initialise le generateur de nombres aleatoires
    t = listAleatoireFloat(n) # construction de la liste

    print("Liste :", t)
    print("Amplitude : {:.2f}".format(max(t) - min(t)))
    print("Moyenne : {:.2f}".format(sum(t)/n))
```

• Pour le formatage des écritures, voir la section XVII page 45.

XIX-3 Échantillonnage : Normale et Uniforme

☞ **Remarques** : la fonction `seed([n])` (avec un paramètre optionnel `n`) permet d'initialiser une séquence aléatoire.
• Si le paramètre *n* n'est pas fourni (ou si on fournit `None`), Python initialise la séquence avec le temps système. Ce même temps système est utilisé à la première importation du module *random*.

• Pour générer une séquence de distribution *Normale*, utiliser

```
from numpy.random import normal
N = normal(0, 1)          centré réduit N(0,1)
N = normal()              la même chose (paramètre par défaut : N(0,1))
pint(N)                   Donne p.ex -0.11692213582578123
N = normal(10, 5)         N(10,5)
normal(size= (2, 2))      renvoie une matrice 2 × 2 de N(0,1)
...
```

☞ A propos de randn() du module numpy (scipy)

```
from scipy import randn
N = randn()               alternative à  N = normal(0, 1)
N = randn(3,2)            renvoie une matrice 3 × 2 dont les nombres viennent de N(0,1)
N = randn(2,2,2)          renvoie une cube 2 × 2 × 2 dont les nombres viennent de N(0,1)
```

☞ Donc :

$\sigma * randn(d_1, ..., d_n) + \mu$ est équivalent à
$normal(\mu, \sigma, d_1, ..., d_n)$ d_i : taille de la ième dimension

• A noter (random) :

```
import random
```

∘ `random.randint(a, b)` : Échantillonnage Uniforme : renvoie un entier $a \leq N \leq b$
∘ `random.random()` renvoie un réel dans [0 .. 1[.
∘ `random.gauss(μ,σ)` renvoie un réel de $\mathcal{N}(\mu, \sigma)$
∘ `random.choice(seq)` renvoie un élément aléatoire de la séquence `seq`
∘ `random.randrange[début], fin, [pas])` équivalent à
`choice(range([début], fin, [pas])).`
P. Ex. : `random.randrange(0, 101, 2)` renvoie un entier pair dans 0..100
∘ `random.shuffle(seq[, random])` "mélange" la séquence X sur place et *seq* devient
égale à l'une de ses propres permutations.
Le 2e argument est par défaut la fonction *random()* qui renvoie un réel N dans [0 .. 1[.
Si le 2e argument est présent, il doit être le nom d'une fonction sans argument.
Par exemple, si on définit : `def f() : return 0`
`L=[7, 2, 10, 7, 7, 18, 7, 7, 15, 11],`
alors `random.shuffle(L,f)` place dans L la permutation
`[2, 10, 7, 7, 18, 7, 7, 15, 11, 7],` puis à la répétition de ce même appel, le 1er élément de L est placé à la fin le le 2e devient le premier, ...
∘ `random.sample(seq, k)` renvoie une liste de taille k des éléments sans remise de *seq*.

☞ Consulter la doc du module *random* pour d'autres distributions

XIX-4 Complément : Tirage avec remise

• Exemple de tirage aléatoire avec remise (celui de Python est biaisé) et il est fortement préconisé d'utiliser les générateurs de *numpy* dans une application sensible à ce type de tirage.

• Pour une distribution Uniforme :

```
from math import *
from random import *

# Simulation d'un tirage avec remise de k objets parmi n

def tirage_uniforme_k_of_n_avec_remise(n,k):
    if k > n :
        raise ValueError("k (%d) doit être =< que n (%d) " % (k,n))
    T=[x for x in range(1,n+1,1)]    # On constitue une urne avec p objets

    for i in range(k) : # Tirage de k numéros
            d=randint(1,n)
            # On permute le d-ème élément de l'urne et la derniere
            temp=T[d-1]
            T[d-1]=T[n-1]
            T[n-1]=temp
            n=n-1
    return T[n:n+k+1]

if __name__ == "__main__" :
    n=int(input("La valeur de n ? "))
    k=int(input("La valeur de k (parmi n) ? "))
    try :
        print("Le tirage : ", tirage_uniforme_k_of_n_avec_remise(n,k))
    except ValueError as err :
        print("Error: {0}".format(err))
```

• Pour une distribution Normale :

```
from math import *
from random import *

def tirage_gauss_centre_reduit():
    x=uniform(0,1)
    y=sqrt(-2*log(uniform(0,1)))
    y = y*cos(x*2*pi)
    return y

if __name__ == "__main__" :
    try :
    n=int(input("combien de valeurs : "))
    for i in range(n) :
        print("Le tirage : ", tirage_gauss_centre_reduit())
    except ValueError as err :
    print("Error: {0}".format(err))

""" TRACE :
combien de valeurs : 5
Le tirage :  0.1675459650607427
Le tirage :  -0.8810297798592189
Le tirage :  0.4764601603767129
Le tirage :  -1.8446292482050937
Le tirage :  -0.35483078367598453
"""
```

• Rappel : on peut faire un tel tirage à l'aide de *numpy*.

```
import numpy as np
mu, sigma = 0,   1    # Moyenne et l'écart type
s = np.random.normal(mu, sigma, 5)
s
# array([ 0.82484502, -0.31461483,   0.67549573,   0.21602054, -0.13565971])
```

☞ Il faudra un tirage d'un grand nombre de valeurs pour que la moyenne et l'écart type correspondent !

➞ Pour nos 5 valeurs, les choses sont mal engagées ! Vérifions :

```
np.mean(s)
# 0.40500364849867287

np.std(s, ddof=1)
# 0.80987532417316277
```

XIX-5 Exemple : Tirage de cartes

• A partir d'un jeu de 52 cartes, donner la probabilité d'avoir un as de pique (10000 essais).
• Dans cet exemple, on utilise la fonction `choice()` qui choisit un élément d'un range aléatoire dans une séquence.
• La variables `toutes_cartes` représente tous les 52 cartes sous forme de strings, à l'aide d'une *liste en compréhension* (lire ci-après).

```
valeurs={1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,'Valet','Dame','Roi'}
couleurs={'carreau','coeur','pique','trefle'}
toutes_cartes=[str(v)+' '+c for v in valeurs for c in couleurs]

from random import *

somme=0
for n in range(1000):
    if choice(toutes_cartes)=="1 pique":
        somme+=1

print("proba (fréquence) obtenue : ",somme/10000)
print("proba d'une carte parmi 52 : ",1/52)

# --> 0.002
#     0.019230769230769232
```

• Noter que la liste en compréhension utilisée équivaut tout simplement à :

```
toutes_cartes=[]
for v in valeurs :
    for c in couleurs :
        toutes_cartes.append(str(v)+' '+c)
```

➞ Voir la section XXVI page 77 pour plus de détails sur les *listes en compréhension*.

XIX-6 Exercice : Tirage de cartes

• Donner la probabilité d'avoir au moins 3 cartes de la même couleur dans une main de 4 cartes (10000 essais)

XIX-7 Bonus : Tirage de cartes (bis)

• Donner la probabilité d'avoir au moins 3 As dans une main de 5 cartes (10000 essais).
• Super Bonus : donner une solution avec cadrage de l'erreur.

XIX-8 Bonus : Fréquences de dés

• Lancer 10000 fois un dé et donner la fréquence de chaque face.

XX Quelques fonctions sur les chaînes

- Une bonne partie de ces fonctions sont celles applicables aux listes.
  - **str.center(n)** : centrage dans un champ de taille `n`, voir plus haut.
  - **str.ljust(n)** : justification, voir plus haut.
  - **str.rjust(n)** : justification, voir plus haut.
  - **str.count(ele)** : compte le nombre d'occurrences de `ele` dans `str`.
  - **str.lower()** : transformation en minuscules
  - **str.upper()** : transformation en majuscules
  - **str.find(ele)** : renvoie l'indice de la première occurrence de ele dans `str`.
  - **str.split(caractère)** : découpage de `str` suivant `charactère`
- **Exemples :**

```
my_name
# 'David'
my_name.upper()
# 'DAVID'
my_name.center(10)
#' David '
my_name.find('v')
# 2
my_name.split('v')
# ['Da', 'id']
```

☞ Rappel : une constante string est un objet non mutable :

```
my_name[0]='d'
# TypeError: 'str' object does not support item assignment
```

☞ Remarque : comme pour les listes, les tuples, on peut multiplier un string par un entier n pour répéter son contenu n fois :

```
my_name
# 'David'

my_name*3
# 'DavidDavidDavid'
```

☞ Rappel : Par contre, parmi les listes, tuples et constantes strings, seules les listes sont mutables (on peut modifier la valeur d'un de ses éléments).

XXI Imbrication de fonctions

• Sous Python, la définition d'une fonction peut contenir la définition d'autres fonctions.

```
def f1(x) :
    x=1
    def g1(x) :
        x += 10
    g1(x)
    print(x)

# --- main() ---
if __name__ == "__main__" :
    f1(2)          # donne 1
    g1(2)          # donne une erreur : g1() est incnnue
```

• Remarquez que la fonction `g1()` n'est visible qu'à l'intérieur de la définition de la fonctions `f1()`. On ne peut donc pas l'appeler à partir du niveau 0.
• Noter que dans *def g1(x) :* , le paramètre formel `x` devient une variable locale à `g1(.)` ; elle reçoit sa valeur initiale (1) par copie et n'aura plus de lien avec `x` de `f1()`. Voir section XXII, page 64 sur la portée des variables.

XXI-1 Quelques règles de visibilité de variables

• Les règles (sur la visibilité des variables) sont développées en section XXII, page 64.

◦ Dans une fonction Python : toute variable définie (par exemple par `x=1`) et tout paramètre (initialisé par le passage de paramètre par valeur) est **locale** à la fonction.

```
def fonc(x) :
    x += 15        # x est locale 'fonc'

if __name__ == "__main__" :
    x=12
    fonc(x);x
    #12                  --> x n'a pas changé de valeur
```

◦ Les variables du *main* (niveau global) sont accessibles dans une fonction via le mot clé *global*. Si elles existent au préalable et au niveau global, elles sont ainsi référencées. Si elles n'existent pas, ell au niveau global. On peut ainsi créer une variable (globale) pour le compte du niveau global dans une fonction.

```
def machin() :
    global bidule
    bidule = 50

if __name__ == "__main__" :
    machin(); bidule
    # 50
```

➙ Il y eu donc une **création**. Par contre, s'il s'agit d'une modification, ça ne passera pas :

```
def truc() :
    global muche
    muche += 50

if __name__ == "__main__" :
    truc()
    # NameError: name 'muche' is not defined
```

➙ Cette fois, on a essayé de **modifier** `muche`. Dans ce cas, `muche` doit avoir existé avant l'appel de `truc()` puisqu'on ajoute 50 à son ancienne valeur :

```
def truc() :
    global muche
    muche += 50

if __name__ == "__main__" :
    muche=10
    truc(); muche
    # 60
```

- Supposons qu'une fonction définisse d'autres fonctions (par exemple, *f()* définit *g()* qui définit *u()*). Pour accéder à la variable *x* de *f()*, les fonctions *g()* et *u()* utilisent le mot clé *nonlocal x*. La variable *x* doit exister dans *f()* et y avoir déjà reçu une valeur. De même, pour accéder à la variable *z* de *g()*, *u()* utilisera *nonlocal z*.

```
def f() :
    x = 1
    def g() :
        nonlocal x
        x+=10
        print('x dans g() : ',x)
        def u() :
            nonlocal x
            x+=100
            print('x dans u() : ', x)
        # On est dans g()
        u()
    # On est dans f()
    g()
    x += 1000
    print('x dans f() : ', x)

if __name__ == "__main__" :
    f()
    # x dans g() :  11
    # x dans u() :  111
    # x dans f() :  1111
```

- Les 3 fonctions écriront `global k` pour utiliser une variable *k* du niveau 0 si *k* est définie avant l'appel de *f()*. Si *k* n'existe pas au niveau global avant cet appel, elle existera désormais (voir le premier exemple ci-dessous).
- Le mot clé `nonlocal` exprime le besoin d'utiliser d'autres variables que les locales. Ce mot clés ne définit pas de variable et ne change pas le statut d'une variable. Il fait seulement référence à une variable existante des niveaux englobants.
- Un paramètre formel d'une fonction est une variable locale à la fonction, il peut donc être référencé par *nonlocal*.

• Un premier exemple : global

```
def f():
    def g() :
        global val_g          # "val_g" n'existe pas encore. La voici créée.
        val_g=300
    g()
    global val_g              # "val_g" existe par l'appel à g(). Elle est référencée.
    val_g += 100
    val_l = 200               # "val_l" est ici local. On ne verra pas son effet à l'extérieur.

if __name__ == "__main__" :
    val_l = 0
    f()
    val_l
    val_g

    # On obtient
    # 0
    # 400
```

➙ Il est important qu'ici, `global val_g` soit citée au moins 2 fois ! Faute de quoi on n'aura pas affaire à une variable globale.

• Un exemple qui mélange *nonlocal* et *global* :

```
def f(x,y) :
    x=1
    y=2
    def g(x) :
        x += 10                         # x est maintenant locale à g()
        print('x dans g() : ', x)    # 11 : on a reçu 1 puis +10
        nonlocal y                      # y doit exister dans la fonction englobante
        y += 20                         # Ca fait +20 sur le y de f()
        print('le nonlocal y dans g() : ', y)
        global k                        # K devient globale
        k+=30                           # Ca fait +30 sur le k de main
        print('le global k dans g() : ', k)
    g(x)
    print('retour de g() : x dans f() : ', x, ' y dans f() : ', y)
    global z
    z += 50
    print('le global z dans f() : ', z)

# main() :
if __name__ == "__main__" :
    z = 3
    k = 4
    f(z,k)
    print('retour de f() : z dans main() : ', z, ' k dans main() : ', k)

    """ donne
    x dans g() :  11
    le nonlocal y dans g() :  22
    le global k dans g() :  34
    retour de g() : x dans f() :  1  y dans f() :  22
    le global z dans f() :  53
"""
```

◦ Un dernière chose : sous Python, on a des **paramètres nommés**. Ce mécanisme permet une certaine souplesse lors des appels dans la mesure où en nommant les arguments, on n'est pas obligé de respecter l'ordre des paramètres formels donné dans la signature de la fonction.

Dans l'exemple suivant, remarquer l'ordre des arguments d'appel et celui des paramètres formels :

```
def f(petit, moyen, grand) :
    print(petit, ' <= ', moyen, '<=' , grand)

if __name__ == "__main__" :
    f(grand=12, petit= 5, moyen = 9)
    # 5  <=  9 <= 12
```

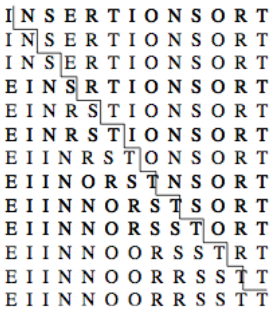
XXI-2 Bonus : Tri par insertion

• L'idée de cette méthode de tri s'explique plus facilement de manière récursive, quitte à écrire ensuite une solution itérative.
• Pour trier une séquence $T[0..n]$: supposons que $T[1..n]$ est trié. Il ne nous reste qu'à insérer $T[0]$ à sa place dans $T[0..n]$. Appelons cette fonction `insere_a_sa_place(liste, val)`.
• Et comment faire pour trier $T[1..n]$? Il faut trier $T[2..n]$ puis insérer $T[1]$ à sa place dans $T[1..n]$. Noter bien que pour insérer $T[1]$ à sa place dans $T[1..n]$, on sait que $T[2..n]$ est déjà trié et il faut 'injecter' $T[1]$ à sa place dans $T[1..n]$, en poussant des éléments si nécessaire.
C'est le rôle de `insere_a_sa_place(liste, val)`.

• Cet enchaînement nous conduit à un état de base (d'induction) : on finira par arriver à l'état où pour trier une tranche du tableau à 2 éléments $T[n-1..n]$, il faudra trier $T[n]$ (il est déjà trié car c'est un singleton). Donc, la première élément à être inséré à sa placer sera $T[n-1]$ à insérer dans $T[n-1..n]$ par `insere_a_sa_place(liste, val)`.
• Ainsi, $T[n-1..n]$ devient trié et l'insertion suivante va insérer $T[n-2]$ à sa place dans $T[n-2..n]$.... et enfin, on finira par insérer $T[0]$ à sa place dans $T[0..n]$.

• Un exemple : soit $T = [5, 2, 3, 9, 1, 6]$. On doit
→ trier $T = [2, 3, 9, 1, 6]$ (qui doit donner $T[1, 2, 3, 6, 9]$) puis y insérer 5 à sa place.
→trier $T = [3, 9, 1, 6]$ (qui doit donner $T[1, 3, 6, 9]$) puis y insérer 2 à sa place.
→ ....
→ trier $T = [6]$ (il l'est déjà) puis y insérer 1 à sa place.
← insérer 1 dans $T = [6]$ donne $[1, 6]$
← ...
← insérer 2 dans $T[1, 3, 6, 9]$ donne $T[1, 2, 3, 6, 9]$
← insérer 5 dans $T[1, 2, 3, 6, 9]$ donne $T[1, 2, 3, 5, 6, 9]$

• Une autre illustration de cette méthode sur le string "INSERTIONSORT" :



• Écrire la méthode de Tri par insertion. Utiliser une fonction imbriquée pour l'insertion des éléments à leur place dans la partie triée. Quelle est la complexité de cette méthode de tri ?

XXI-3 Bonus : Tri split-merge

• Nous avons vu un exercice (voir XV-2 41) sur la construction d'une séquence ordonnée dans une liste. Nous allons nous en inspirer ci-dessous.

• Tri d'une liste par la méthode *split-merge* (proche de *merge-sort*) :

◦ Pour une liste L à trier, on cherche dans L une sous-séquence ordonnée et on la met dans la sous liste L_1

◦ Ensuite, la sous-séquence ordonnée suivante de L est mise dans L_2, ...

◦ Et ainsi de suite alternativement, une séquence dans L_1, la suivante dans L_2 jusqu'à l'épuisement de L (en fait, jusqu'à ce que L_1 ou L_2 devient vide).

• Exemple : $L = [4, 5, 2, 3, 1, 9, 6, 0, 7]$, la fonction *my_split* donne (*split* correspond à une fonction prédéfinie de Python) :

◦ L_1 : 4,5 puis 1,9 puis 0,7 $\rightarrow L_1 = [4, 5, 1, 9, 0, 7]$

◦ L_2 : 2,3 puis 6 , $\rightarrow L_2 = [2, 3, 6]$

• Ensuite, on fusionne L_1 et L_2 (un peu comme merge-sort en mettant toujours le plus petit élément d'abord) :

La fusion donne : L : 2,3 (de L2 car 2 et 3 sont plus petits que 4) puis 4,5,1 (de L1 car ils sont plus petits que 6),6,9,0,7. Donc, le résultat de cette fusion est $L = [2, 3, 4, 5, 1, 6, 9, 0, 7]$.

• Mais la liste L résultante de cette fusion n'est pas encore triée. On recommence avec *my_split* sur L :

◦ L1 : [2,3,4,5 puis 0,7]

◦ L2 : [1,6,9]

➞ On fusionne : $L = [1, 2, 3, 4, 5, 0, 6, 7, 9]$

• On re scinde L :

◦ L1 : [1,2,3,4,5]

◦ L2 : [0,6,7,9]

➞ On re fusionne : $L = [0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 9]$

• Un dernier appel à *my_split* produit $L_1 = L$ et $L_2 = []$

➞ terminé.

• **La condition d'arrêt** de cet algorithme est que la liste L_2 renvoyée par *my_split* soit vide.

☞ Attention : le *split* ici n'est pas la même que l'exercice split vu plus haut.

◦ Ici, les conditions requises sont différentes.

XXII Complément sur la Visibilité des variables

• On étudie plus en détails la question de la portée (visibilité, champ, contexte) des variables.
• En matière de fonctions Python, on peut se poser la question de la portée des variables.
• A l'intérieur d'une fonction, toute variable est local à la fonction.

☞ Dans les exemples suivants, on ne place pas une section "main" pour pouvoir mieux démontrer les portées des variables (et ne pas "profiter" des avantages de "main").

```
def fonc(x) :
    x = x+1
    print(x)

x=15
fonc(x)
print(x)

# Donne
16        # écrit par fonc
15        # au retour de fonc, x n'a pas changé de valeur
```

XXII-1 Variables locales

• Observe les exemples ci-dessous :

```
a=1
def f() :
    print(a)

f()
# Donne 1
```

➞ Dans cet exemple, `print(a)` affichera la valeur de la variable *a*.

```
def g() :
    x=1
    def ff() :
        print(x)
    ff()

g()
# Donne 1
```

➞ Ici aussi, *x* de `g()` est visible dans `ff()`.

☞ Par contre :

```
a=1
def f() :
    a += 1

f()
# Erreur
```

➞ Dans cet exemple, `a += 1` provoque une erreur d'accès à *a* : la variable locale *a* référencée avant de recevoir

une valeur. Ce qui veut dire qu'il faut d'abord écrire `a=..` et à partir de ce moment, les deux *a* seront différentes.

```
def g() :
    x=1
    def ff() :
        x += 1
    ff()

g()
# Erreur
```

➞ Ici aussi, *x += 1* provoque une erreur d'accès à *x*.

☞ Règle : une fonction a accès en lecture aux variables définies dans son contexte ainsi que dans le contexte englobant (cf : `print(a)` et `print(x)` ci-dessus).
➞ Si la variable accédée est non mutable (int, constante string, tuple, etc), toute modification de celle-ci provoque une erreur.
➞ Par contre, pour une variable mutable (*List*, *Dict*, *Set*, *etc.*), la modification est possible.

◦ Exemple :

```
# Exemple de code sans "main"
L=[]
def f() :
    L.append(1)

f()
print(L)

# Donne [1]
```

➞ La liste étant mutable, *L* peut être modifiée.

• Les mots clés *global* et *nonlocal* permettent de modifier ce comportement.

XXII-2 global

• Un exemple :

```
def method():
    # On change le statut de "value" : elle sera globale.
    # Sans "global", l'affectation sera "local"
    global value
    value = 100

value = 0
method()
value
# Donne 100
```

• Ici, `globale value` fait référence à la variable *value* du niveau global.
• Mais observez cet exemple :

```
def method():
    # On change le statut de "value1" : elle sera globale.
    # Sans "global", l'affectation sera "local"
    global value1
    value1 = 100
    value = 200

value = 0
method()
value
value1
# Donne
# 0
# 100
```

• Ici, `global value1` (*value1* n'existe pas encore) définit et affecte une valeur à `value1`.

☞ Remarques : `global var` définit *var* si elle n'existe pas et la rend accessible à l'extérieur de toute fonction. Si *var* existe déjà (à un niveau global), ce sera cette *var* qui sera référencée.

XXII-3 nonlocal

• *nonlocal* a un comportement similaire à *global* mais pour des fonctions imbriquées. *nonlocal* veut dire ni global, ni local. Une variable *nonlocal* fait référence à un niveau englobant.

```
def method():
    def method2():
        # dans cette fonction imbriquée, 'value' fait reference à une variable 'nonlocal'.
        nonlocal value
        value = 100

    # Set local.
    value = 10
    method2()

    # La variable local est affectée par un changement NON LOCAL.
    print(value)

# essai
method()

# Donne    100
```

• *nonlocal* rend pratique l'échange de variables entre les fonctions imbriquées. Sans *nonlocal*, on risque de provoquer des conflits de noms entre un fonction imbriquée et le niveau englobant là où *global* ne rentre pas dans ce niveau de détail.
• Il est communément admis que la plupart des fonctions Python n'ont besoin de ce mécanisme qui rend le code Python obtenu plus complexe. Néanmoins, *global* et *nonlocal* peuvent convenir dans certains situations pour éviter les conflits de noms.

XXII-4 Un exemple récapitulatif

• A l'intérieur d'une fonction, l'expression `global x` précise que `x` existe (sinon, existera) globalement et en dehors de la fonction et doit être réaffectée en dehors de son champ (cf. `spam` dans les commentaires `# (glob)` de l'exemple).
• Une variable `nonlocal` indique que cette variable existera dans un champ interne (englobé) et doit être réaffectée dans ce contexte là (cf. `spam`).

• Un exemple récapitulatif :

```
def scope_test():
    def do_local():
        spam = "local spam"
    def do_nonlocal():
        nonlocal spam
        print("Dans do_nonlocal() : ", spam)
        spam = "nonlocal spam"
    def do_global():
        global spam                 # (glob)        se superpose à la définition  'spam = "test spam"'
        # print("Dans do_global()", spam)        Provoquera une erreur : spam non défini.
        spam = "global spam"      # (glob)        le 'spam' du niveau 0, pas celle de scope_test.

    spam = "test spam"              # (glob),       nécessaire pour 'global spam' ci-dessus
    do_local()
    print("Après l'affection localdans do_local() : ", spam)
    do_nonlocal()
    print("Après affectation nonlocal dans do_nonlocal() : ", spam)
    do_global()
    print("Après affectation globale dans do_global() : ", spam)

scope_test()
print("Dans la portée global (hors les fonctions) :", spam)

""" Donne
Après l'affection local dans do_local() :  test spam
Dans do_nonlocal() : test spam
Après affectation nonlocal dans do_nonlocal() :  nonlocal spam
Après affectation globale dans do_global() :  nonlocal spam
Dans la portée global (hors les fonctions) : global spam

"""
```

- On note que :
  - `do_local` n'a pas changé la valeur de *spam* de `scope_test`. Ce que `do_local` a fait à *spam* n'est pas visible à l'extérieur. Si on tente d'écrire *spam* au début de `do_local`, on provoque une erreur de définition.
  - Dans `do_nonlocal`, la référence à *spam* concerne *spam* de `scope_test`. L'affectation fait dans `do_nonlocal` modifie donc *spam* de `scope_test`.
  - Dans `do_global`, on déclare `global spam` (une variable globale va exister !). Une tentative d'écriture (par `print`) de ce *spam* provoque une erreur : la nouvelle occurrence de *spam* n'a pas encore de valeur ! Noter bien qu'au retour de l'appel à `do_global`, *spam* vaut toujours `nonlocal spam`. Noter également que `global spam` fera exister *spam* au niveau global (et affichée à la fin de la partie principale).
  - La fonction `scope_test` écrit ensuite la valeur de *spam* définie dans `do_global`.

☞ Si on écrivait (sous Python) la valeur de *spam*, on obtiendrait `global spam`.

XXII-5 Variables globales et les fonctions

```
# Exemples de manipulation des variables globales
# définie dans une fonction (main()), modifiée dans f()
"""
In[5]: main()
avant f() 1
après f() 2

Et ensuite, au console, var_glob1 est accéssible (elle l'est devenue pour TOUS ?)
Voir aussi plus bas pour __main__
"""

def main() :
    global var_glob1
    var_glob1=1
    print("var_glob1 avant appel de  f()" , var_glob1)
    f()
    print("var_glob1 après l'appel de f()" , var_glob1)

def f() :
    global var_glob1
    var_glob1 +=1

def g() :
    global var_glob2
    var_glob2 +=10

# ZZ : la fonction principale __main__ DOIT etre en dernier !
# Tests fait. Placée avant g(), erreur de méconnaissance de g() !!
# mm si on charge tout !
# Parce que dès que __main__ est rencotrée, elle est exécutée !

if __name__ == "__main__" :
    global var_glob2
    var_glob2=10
    print("var_glob2 avant appel de g()" , var_glob2)
    g()
    print("var_glob2 après l'appel de g()" , var_glob2)
```

XXIII Fonctions Récursives

- Récursivité et Induction Mathématique (et lien directe avec la preuve)
- Récursivité *directe* et *indirecte*.

XXIII-1 Exemple de récursivité simple

On souhaite afficher récursivement les élément 1..10 d'abord de 1 à 10 puis de 10 à 1.

NB : un paramètre "decalage" est ajouté pour rendre plus lisible les affichages (voir la trace).

Version ascendante : affiche de 1 à 10.

➛ Bien observer que le message est affiché (print) après l'appel récursif.

```
def affiche_ascendant(n) : # afficher de 1 .. n
    def aux_affiche_ascendant(n, decalage) :
        if n ==0 : return
        aux_affiche_ascendant(n-1, decalage+2)
        print(" "*decalage,f"affiche_ascendant( {n}) --> ", end='')
        print(n)
    aux_affiche_ascendant(n,decalage=0)
# ------------------------------------------------
# programme principal
if __name__ == "__main__" :
    N=10
    affiche_ascendant(N) # affichage de 1 à 10
    print()
```

La trace :

```
                affiche_ascendant( 1) --> 1
              affiche_ascendant( 2) --> 2
            affiche_ascendant( 3) --> 3
          affiche_ascendant( 4) --> 4
        affiche_ascendant( 5) --> 5
      affiche_ascendant( 6) --> 6
    affiche_ascendant( 7) --> 7
  affiche_ascendant( 8) --> 8
affiche_ascendant( 9) --> 9
affiche_ascendant( 10) --> 10
```

Version descendante : affiche de 10 à 1.

➛ Bien observer que le message est affiché (print) avant l'appel récursif.

```
def affiche_descendant(n) : # afficher de 1 .. n
    def aux_affiche_descendant(n, decalage) :
        if n ==0 : return
        print(" "*decalage,f"affiche_descendant( {n}) --> ", end='')
        print(n)
        aux_affiche_descendant(n-1, decalage+2)
    aux_affiche_descendant(n,decalage=0)
# ------------------------------------------------
# programme principal
if __name__ == "__main__" :
    N=10
    affiche_descendant(N) # affichage de 10 à 1
    print()
```

La trace :

```
affiche_descendant( 10) --> 10
  affiche_descendant( 9) --> 9
    affiche_descendant( 8) --> 8
      affiche_descendant( 7) --> 7
        affiche_descendant( 6) --> 6
          affiche_descendant( 5) --> 5
            affiche_descendant( 4) --> 4
              affiche_descendant( 3) --> 3
                affiche_descendant( 2) --> 2
                  affiche_descendant( 1) --> 1
```

XXIII-2 Exercice : fonction récursive

On demande à réaliser l'exercice suivant par une fonction récursive :
- Lire au clavier k (p. ex. $k = 5$) entiers > 1 séparés par un espace et les ranger dans un liste "lst".
- Faire appel à la fonction récursive *batons(lst)* qui :
  - trouve $petit$ l'élément le plus petit de "lst" ;
  - remplace chaque élément e ($e > 0$) de "lst" par la valeur de $e - petit$
  - élimine toute valeur nulle de "lst" et rappelle récursivement *batons(lst)*
- Les appels récursifs s'arrêtent quand $lst = []$

N.B. : pour lire la séquence d'entiers séparés par un espace, utiliser ceci :

```
print("Donner les longueurs des batons (séparés par un espace): ", end=' ')
batons = map(int, input().strip().split(" ")) # enever les espaces et '\n'
```

XXIII-3 Exemple : Tri bulle récursive (rappel : version itérative)

- Pour trier une liste (ou tableau) L, le principe de cette méthode est le suivant :
  - i=0

    visiter les éléments de `L[i+1:]` et si l'un est < `L[i]` alors permuter `L[0]` et cet élément

    ➙ à la fin de cette action, `L[0]` contient le minimum de L
  - recommencer en faisant +1 sur i (jusqu'à *i == len(L)-1*)
- Soit la version itérative de l'algorithme du Tri Bulle :

```
def tri_bulle_iteratif(lst) :
    taille = len(lst)
    for i in range(taille-1) :
        for j in range(i+1, taille) :
            if lst[i] > lst[j] :
                lst[i] , lst[j] = lst[j] , lst[i]    # permutaion
    return lst
if __name__ == "__main__" :
    liste=[1,3,13,4,7,2,9,2,18]
    print(tri_bulle_iteratif(liste))
    # [1, 2, 2, 3, 4, 7, 9, 13, 18]
```

- On reprend la méthode tri bulle pour donner sa version récursive.
- Récursivité *directe* : la fonction `tri_bulle()` s'appelle (dans le texte).

```
from random import seed, randint

# procédure récursive (qui modifie son argument L et ne renvoie rien)
def tri_bulle(L,from_) :
    if from_ < len(L)-1 :
        iMin = t.index(min(L[from_:]))
        t[from_], t[iMin] = t[iMin], t[from_]
        tri_bulle(L,from_+1)

# programme principal
if __name__ == "__main__" :
    seed() # initialise le generateur de nombres aleatoires
    N=10
    t = [randint(2, 125) for i in range(N)]
    print("Avant le tri, liste = {}".format(t))
    tri_bulle(t,0)

    print("Après le tri, liste = {}".format(t))

    # Avant le tri, liste = [125, 78, 77, 24, 2, 22, 26, 120, 111, 84]
    # Après le tri, liste = [2, 22, 24, 26, 77, 78, 84, 111, 120, 125]
```

XXIII-4 Un exemple de récursivité indirecte

• Calcul simple de *sinus* et *cosinus*.
• Dans cette forme de la récursivité, la fonction `my_sin(x)` appelle `my_cos(x)` qui à son tour appelle `my_sin(x)`. Noter que cet exemple contient également la récursivité directe.

```
import math;
def my_sin(x) :
    if abs(x) < 1e-6 : sine=x
    else : sine = 2 * my_sin(x/2) * my_cos(x/2)
    return sine

def my_cos(x) :
    if abs(x) < 1e-6 : cosine=1
    else : cosine = pow(my_cos(x/2), 2) - pow (my_sin(x/2), 2)
    return cosine

if __name__ == "__main__" :
    angle = math.pi/3
    print("avec notre méthode : {0:8.6f}".format(my_sin(angle)+my_cos(angle)))
    print("avec la méthode classique: {0:8.6f}".format(math.sin(angle)+math.cos(angle)))

    """ TRACE
    avec notre méthode : 1.366026
    avec la méthode classique: 1.366025
    """
```

XXIII-5 Exercice : recherche Dichotomique dans une liste triée

• Méthode : pour chercher *val* dans une liste triée de taille *N* `L[0:N]`,
  ◦ On examine le milieu de la liste : `L[N//2]`
  ◦ Si `val==L[N//2]` alors on a trouvé ; renvoyer vrai
  ◦ Si `val > L[N//2]` alors il faut chercher *val* à droite dans la tranche `L[N//2+1:]`
  ◦ Si `val < L[N//2]` alors il faut chercher *val* à gauche dans la tranche `L[:N//2]`
  On constate que la taille de la liste est divisée par 2 à chaque appel récursif.
  ◦ Continuer ainsi soit jusqu'à `L==[]` : renvoyer faux
• Écrire la recherche Dichotomique d'un élément dans une liste triée.

XXIII-6 Variante : recherche Dichotomique et la place

• Dans cette variante de la recherche dichotomique, on souhaite obtenir l'indice d'insertion (la place) si l'élément recherché n'est pas dans la liste.

XXIII-7 Bonus : Tri par insertion

• Pour réaliser cet exercice en bonus, vous devez avoir réalisé le tri par insertion itératif vu (en bonus) plus haut.
• La version itérative de l'algorithme de tri par insertion a été vue plus haut. Écrire la version récursive de cette même méthode.

XXIII-8 Bonus : Tri par insertion utilisant la recherche dichotomique

• L'algorithme itératif du tri par insertion précédent est $O(N^2)$ car la fonction `inserer_a_sa_place()` est $O(N)$ et celle-ci est appelée N fois.
• Reprendre l'algorithme de recherche `dichotomie()` ci-dessus (qui est $O(log(N))$ et modifiez le pour qu'il renvoie la place d'insertion d'un élément dans un tableau trié. Puis utiliser cet algorithme dans le tri par insertion.
➙ Pour l'ajout concret de l'élément à insérer, on pourra utiliser `L.insert(Place, val)`.
• Quelle est la complexité de ce nouvel algorithme ?

XXIII-9 itérations : lancers de dés récursives

• L'utilisateur donne deux valeurs : le nombre de dés *nbd* (limité à 8), et la somme *s* à réaliser avec les dés (*s* comprise entre *nbd* et *6*nbd*). Le programme calcule récursivement et affiche le nombre de façons de faire la somme *s* avec les *nbd* dés.
• La solution suivante utilise un argument *niveau* (`niv`) qui permet de faire un affichage décalé de `niv*' '` pour faciliter la lecture de la trace.
→ Les traces débutant `cas-3: ...` cumulent les sous calculs du dessus et qui sont décalés plus à droite.

> ☞ Remarques : il est important d'avoir à l'esprit que Python limite le nombre d'appels récursifs à une fonction à 1000 fois. C'est une limitation de l'implantation du langage.
> Par ailleurs, Python ne traite et ne supprime pas la récursivité terminale (pas encore !).
> Un appel à `gc` pourrait éventuellement améliorer l'état de la mémoire.

XXIII-10 Exercice : Médiane

Calculer la médiane M dans une suite d'entiers S de taille N (on note |S| = N) telle que la moitié des nombres de S soient plus petits que M et l'autre moitié plus grande.

Méthode 1 - Pour calculer la médiane, il suffit de trier S puis de choisir l'élément du milieu.
➛ Complexité : celle de l'algorithme de tri (au mieux O(N.Log(N))).

Méthode 2 - pour S de taille |S|, on peut trouver le kième plus petit élément (ici $k = \lfloor \frac{|S|}{2} \rfloor$).
➛ Le point fort de cette méthode est de ne trier que la plus petite sous séquence de S contenant le kième plus petit élément. On étudiera cette méthode ci-dessous.

Méthode 3 - Construire un TAS (de complexité O(N), voir + loin) puis retirer k fois l'élément minimal (k= $\lfloor |S|2 \rfloor$).
➛ Complexité : $O(N.log_2 N)$ pour $N \geq 4$

Détail de la Méthode 2 : un algorithme Diviser-régner
• Soit la séquence S. On généralise pour $k = 1..|S|$ et pour la médiane : $k\frac{|S|}{2}$

Pour une valeur v appartenant à S, on peut scinder S en 3 sous tableaux :
◦ Sg : contenant les éléments plus petits que v
◦ Sv : contenant les éléments = v (et v lui-même)

◦ Sd : contenant les éléments de S plus grands que v

Exemple : S = $< 2, 36, 5, 21, 8, 13, 11, 20, 5, 4, 1 >$ et v = 5 :
➛ Sg=$< 2, 4, 1 >$, Sv = $< 5, 5 >$, Sd=$< 36, 21, 8, 13, 11, 20 >$

Pour trouver le kième plus petit élément de S, il suffit de repérer le sous tableau susceptible de contenir cet élément et de traiter celui-ci. Par exemple : si k=8, on sait que le 8e plus petit élément de S ne peut être que dans Sd car la somme $|Sg| + |Sv| = 5 < 8$. Ce qui permet d'écrire : selection(S,8) = selection(Sd,8-5) = selection(Sd,3).

Généralisation : selection(S,k) = selection(Sg , k) si $k \leq |Sg|$
= v si $|Sg| < k \leq |Sg| + |Sv|$
= selection(Sr, k-|Sg| + |Sv|) si $k > |Sg| + |Sv|$

On répétera ce traitement (récursif) sur le sous-tableau concerné jusqu'à arriver au résultat recherché.
☞ Le découpage déséquilibré des Sd et Sg peut donner une complexité défavorable, quoique $O(N)$.
$V \in S$ peut être choisi aléatoirement mais on préfère prendre la première valeur de S.

N.B. : [Aho & al] montre qu'en moyenne, 2 divisions suffisent pour trouver la médiane. Voir [Aho & al] ou [Wirth] pour 2 algorithmes de complexité O(n) pour obtenir le kième plus petit élément de S.

Déroulement d'un exemple : calcul de la médiane de S=$< 2, 36, 5, 21, 8, 13, 11, 20, 5, 4, 1 >$ avec $|S| = 11$ et donc $k = 6$.

◦ **selection(S,6) :**
V1=2, Sg1=$< 1 >$, Sv1=$< 2 >$, Sd1=$< 36, 5, 21, 8, 13, 11, 20, 5, 4 >$
➛ $k > |Sg1| + |Sv1|$ → selection(Sd1, 6 - |Sg1| + |Sv1|) = selection(Sd1, 4)

◦ **selection(Sd1,4)** : V2=36, Sg2=$< 5, 21, 8, 13, 11, 20, 5, 4 >$, Sv2=$< 36 >$, Sd2=<>
➛ $k < |Sg2|$ → selection(Sg2, 4)

◦ **selection(Sg2,4)** : V3=5, Sg3=$< 4 >$, Sv3=$< 5, 5 >$, Sd3=$< 21, 8, 13, 11, 20 >$
➛ $k > |Sg3| + |Sv3|$ → selection(Sd3, 4 - |Sg3| + |Sv3|) = selection(Sd3, 1)

◦ **selection(Sd3,1)** : V4=21, Sg4=$< 8, 13, 11, 20 >$, Sv4=$< 21 >$, Sd4=<>
➛ $k < |Sg4|$ → selection(Sg4, 1)

◦ **selection(Sg4,1)** : V5=8, Sg5=<> , Sv5=$< 8 >$, Sd5=$< 13, 11, 20 >$
➛ $|Sg5| < k \leq |Sg5| + |Sv5|$ car $0 < 1 \leq 1$

➛ le résultat est = V5 = 8
➛ Il y a bien 5 éléments < 8 et 5 éléments ≥ 8

XXIII-11 Exercice : Tri Sélection récursive

En vous inspirant de la méthode itérative du *tri sélection* (voir section XVII-3, page 48), écrire la version récursive de cette méthode.

XXIV Paramètre formel à valeur par défaut des fonctions

• Si vous demandez un café dans un bistrot en France, on vous apporte un café noir (court, ni allongé ni double) avec sucre et sans lait (et on ne vous apporte pas de lait). Si vous souhaitez un café décaféiné, ou avec du lait, ..., il faudra demander explicitement (et payer pour le lait !).
• Par contre, en Allemagne (par exemple), on vous apporte du lait systématiquement.
• On pourrait alors proposer une fonction :

```
def servir_cafe(deca=False, taille= 'court', lait=False) :
    # couleur : 'noir' ou déca
    # taille : double, allongé, ...
    print('On sert un café ', end=' ')
    print('décaféiné',end=' ') if deca else print('noir', end=' ')
    if taille != 'court' : print(taille, end=' ')
    if lait : print(' avec du lait')
    else: print()
if __name__ == "__main__" :
    servir_cafe()
    # On sert un café noir

    servir_cafe(taille='double')
    # On sert un café noir double

    servir_cafe(True, 'allongé')          # sans utiliser les noms : respecter l'ordre des paramètres.
    # On sert un café décaféiné allongé
```

• Notez qu'on ne peut pas écrire :

```
servir_cafe(True, lait=True, 'allongé')
```

sous peine de provoquer une erreur : `SyntaxError: non-keyword arg after keyword arg`

De même, `servir_cafe(deca=True, 'allongé')` provoque la même erreur.

• On ne peut donc pas revenir aux positions (de gauche à droite sans les nommer) si on a commencé par les nommer.

Mais on peut appeler la fonction en nommant les paramètres après avoir utilisé les positions :

```
servir_cafe(True, 'allongé', lait=True)      qui donne
On sert un café décaféiné allongé avec du lait
```

• Sous Python, les paramètres (formels) à valeur par défaut sont nommés. Ces noms permettent de passer les arguments dans un ordre quelconque (on a vu un exemple plus haut).
• En Python, la combinaison des valeur par défaut et le nom pour un paramètre permettent d'appeler les fonctions avec plus de souplesse, sans que l'utilisation des noms soit une obligation.

Un autre exemple :

```
def log(message=None):
    if message:
        print("{0}".format(message))
```

• On peut appeler cette fonction avec un argument (qui peut être None).

```
log("Fichier fermé")

# Fichier fermé

log(None)
#
```

• Mais on peut l'appeler sans argument auquel cas, la valeur par défaut joue son rôle (ici None) :

```
log()
#
```

XXIV-1 Attention aux paramètres mutables

```
def function(item, stuff = []):
    stuff.append(item)
    print(stuff)
if __name__ == "__main__" :
    function(1)
    # Donne 1

    function(2)
    # Donne 1,2]
    # !!!
```

➞ La 2e valeur affichée semble étrange.

☞ Remarques sur la valeur de la liste `stuff` et son comportement étrange :
• L'argument à valeur par défaut `stuff` est évaluée une seule fois et ce lors de la définition de la fonction. Ensuite, toute modification de `stuff` se répercute sur l'emplacement initialement allouée à []!!
• Python ne vérifie pas si cette valeur par défaut (en fait la case mémoire associée à initialisée à []) a changé et continue de l'affecter à `stuff`. C'est pourquoi au 2e appel, *stuff = [1]*.
• Puisque nous affectons des valeurs différentes à `stuff`, vous changeons à chaque fois sa valeur par défaut. Et lorsque nous rappelons cette fonction, nous récupérons la valeur par défaut modifiée.
• Pour éviter cette situation étrange, il est conseillé de NE PAS UTILISER un objet mutable comme argument à valeur par défaut.

• Il est néanmoins possible de corriger ce comportement :

```
def function(item, stuff = None):
    if stuff is None:
        stuff = []
    stuff.append(item)
    print(stuff)
if __name__ == "__main__" :
    function(1)
    # prints '[1]'

    function(2)
    # prints '[2]', as expected
```

☞ Ce comportement semble bizarre car normalement, `stuff` contient [1] après le 1er appel. Pourtant, le test sur `stuff` fait au début est pour savoir si on a appelé la fonction sans donner ce paramètre (et None n'est pas mutable). Donc, le test (`if stuff is None`) réussit et nous permet de savoir si le 2e paramètre a été fourni ou non.

XXV Nombre variable de paramètres d'une fonction

• Un exemple :

```
def do_something(a, b, c, *args):
    print(a, b, c, args)
if __name__ == "__main__" :
    do_something(1,2,3,4,5,6,7,8,9)
    # Donne '1, 2, 3, (4, 5, 6, 7, 8, 9)'
```

• On peut également avoir une nombre quelconque de `clé-valeur` (voir les *Dicts*) comme paramètre. Une fois qu'on aura défini tous les autres paramètres, on utilise une variable précédée de '**' : soit `**V`. Python utilisera tout le reste des paramètres `clé-valeurs` et les place dans une dict et l'affecte à `V`.

```
def do_something_else(a, b, c, *args, **kwargs):
    print(a, b, c, args, kwargs)

do_something_else(1,2,3,4,5,6,7,8,9, timeout=1.5)
# Donne '1, 2, 3, (4, 5, 6, 7, 8, 9), {"timeout": 1.5}'
```

• **Un problème se pose** dans les paramètres par défaut et paramètres **nommés**. On définit une fonction et des paramètres nommés.

```
def do_something(a, b, c, afficher = True, *args):
    if afficher:
        print(a, b, c, args)
if __name__ == "__main__" :
    do_something(1, 2, 3, 4, 5, afficher = True)
    # ERREUR : TypeError: do_something() got multiple values for paramètre 'afficher'


    do_something(1, 2, 3, afficher = True, 4, 5, 6)
    # ERREUR SyntaxError: non-keyword arg after keyword arg
```

• Le problème : il n'y a pas de moyen pour spécifier `afficher` comme un paramètre `clé-valeur` tout en fournissant des paramètres autres.

➙ La seule solution pour passer `afficher` ici est d'utiliser un paramètre non `clé-valeur`.

```
do_something(1, 2, 3, True, 4, 5, 6)
# Résultat : 1, 2, 3, (4, 5, 6)
```

XXV-1 Un autre exemple

```
def Test1(*args, **kwargs):
    print('Test1')
    for arg in args:
        print(arg)
    for k, v in kwargs.items():
        print(k, '=', v)
    print()


"""
Test1(1,2,3)
Test1
1
2
3


Test1(1,b=3)
Test1
1
b = 3
```

```
Test1(a=1,b=3)
Test1
b = 3
a = 1

Test1(a=4, 1,b=3)
  File "<ipython-input-137-f14bd18d0943>", line 1
    Test1(a=4, 1,b=3)

SyntaxError: non-keyword arg after keyword arg


Test1(1,a=4, b=3)
Test1
1
b = 3
a = 4
"""
```

XXV-2 Passer des paramètres par défaut d'une fonction à une autre

• Un exemple :

```
def func(foo, bar=None, **kwargs):
    pass                                    # On définira cette fonction plus tard !

....

#Appel :
desVars=1,2,3
func(42, bar=314, extra=desVars)        # extra est un mot réservé
```

• Un autre exemple : on réceptionne les paramètres en utilisant $\star$ et $\star\star$ dans les paramètres de la fonction. On peut passer ces paramètres comme des paramètres d'appel d'une autre fonction.

```
def f(x, *args, **kwargs):
    ...
    kwargs['width'] = '14.3c'
    ...
    g(x, *args, **kwargs)
```

XXVI Listes en Compréhension

• Format général :

[f(x) if condition else g(x) for x in sequence]

And, for list comprehensions with if conditions only,

[f(x) for x in sequence if condition]

• Encore plus général : Python's conditional expressions (http ://docs.python.org/release/2.5.3/whatsne
308.html) were designed exactly for this sort of use-case :

l = [1, 2, 3, 4, 5]

['yes' if v == 1 else 'no' if v == 2 else 'idle' for v in l]

Donne : *['yes', 'no', 'idle', 'idle', 'idle']*

• Un autre Ex (moi) :

[i if i % 3 == 0 else i//2 if i%3==1 else i//3 for i in range(15)]

[0, 0, 0, 3, 2, 1, 6, 3, 2, 9, 5, 3, 12, 6, 4]

XXVI-1 Listes en compréhension : exemples utiles

```
# QQ autres exemples intéressants de liste en compréhension

import math

# List comprehension : primes entre 1..20
[x for x in range(1,20) if not any(x % val == 0 for val in range (2,int(math.sqrt(x))+1))  ]
#--> [2, 3, 5, 7, 11, 13, 17, 19]
# ou
[x for x in range(2, 20) if all(x % y != 0 for y in range(2, int(math.sqrt(x))+1))]
#--> [2, 3, 5, 7, 11, 13, 17, 19]
#-----------------------------------------------------
# Lambda avec +rs cmd
# Ex 1 :
 x=lambda : [print(1), print(2)]; x() # Penser appeler x()
1
2

# Ex 2 :
x1 = [5,4,3]
x2 = [7,6,5]
sort_both = lambda: [x1.sort(), x2.sort()]
sort_both() # now x1=[3, 4, 5] and x2=[5, 6, 7]
#-------------------------------------------------------------
# Autre : quels sont les K plu spetites vals d'une liste l ?
# P. Ex : les deux plus petites.
# au lieu de
def second_lowest(l):
      l.sort()
      return l[1]

map(second_lowest, lst)

# Utiliser nsmallest de heapq :
import   heapq
l = [5,2,6,8,3,5]
heapq.nsmallest(l, 2)
[2, 3]

# nsmallest : nsmallest uses one of two algorithms :
# 1-  If the number of items to be returned is more than 10% of the total number of items in the heap,
# then it makes a copy of the list, sorts it, and returns the first k items.

# 2-If k is smaller than n/10, then it uses a heap selection algorithm.
ZZ : heap selection = "Quick select" = ce que je leur donne dans AC-S7 : ke plus petite val d'une liste.
Voir https://en.wikipedia.org/wiki/Quickselect

O(N) par Hoar.
Voir aussi : https://stackoverflow.com/questions/48796756/how-does-heapq-nsmallest-work
```

```
En fait, la page ci-dessus a modifié son truc et dit (update) :
#1 - if the k is greater than or equal to the number of items in the list, then a sorted list containing all of
# the elements is returned.
# 2 Otherwise, it uses a standard heap selection algorithm

#----------------------------------
```

• On lit parfois (par erreur) *la compréhension de liste*. Notons que lorsqu'on construit une liste élément par élément (via `append()` ou une liste donnée explicitement comme *[a,b,c,...]*), on appellera cela une *liste par extension*. *Intension* et *Compréhension* ont le même sens.

• La *liste en compréhension* souligne l'aspect fonctionnel de Python, en particulier avec *map*, *filter* et *reduce* [5] et le *expressions-lambda*.

• Ce mécanisme procure un moyen rapide et compacte pour créer des listes. La *liste en compréhension* est davantage préconisée en Python 3.4 à cause des modifications sur *map* et *filter* (qui sont devenus des *générateurs*).

• La liste en compréhension permet une traduction quasi directe des *intensions*. Soit :

$S = \{x^2 : x \in \{0...9\}\}$

$V = (1, 2, 4, 8, ..., 2^{12})$

$M = \{x | x \in S \wedge even(x)\}$ avec $even(x) : x = 2k, k \in \mathbb{N}$

Qu'on écrite en Python :

```
S = [x**2 for x in range(10)]
V = [2**i for i in range(13)]
M = [x for x in S if x % 2 == 0]

print(S); print(V); print(M)
# [0, 1, 4, 9, 16, 25, 36, 49, 64, 81]
# [1, 2, 4, 8, 16, 32, 64, 128, 256, 512, 1024, 2048, 4096]
# [0, 4, 16, 36, 64]
```

☞ On a demandé les résultats sous forme de listes. En utilisant des *()* à la place des *[]*, on obtiendrait ici un *générateur* (mais ce ne sera plus une **liste** en compréhension !). Notons également que *{}* sont utilisées pour les *Sets* et les *Dicts* et les *'()'* également pour les tuples.

• On peut mieux comprendre les listes en compréhension à travers leurs *fonctions* équivalentes :

```
S = []
for i in range(10):
    S.append(i*2)

# Et
S = [i*2 for i in range(10)]

S
# [0, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18]
```

• Ou encore

```
M = []
for i in range(10):
    if(i % 2 == 0):
        M.append(i)

# Et
M = [i for i in range(10) if i % 2 == 0]

M
# [0, 2, 4, 6, 8]
```

5. Utiliser, comme dans l'exemple, **functools.reduce()**. Il est fortement conseillé d'utiliser une boucle `for` à la place.

XXVI-2 Exemple : Nombres premiers

• Pour construire la liste des nombres premiers dans l'intervalle 1..50, on construit une liste de nombres non premiers puis on utilise son complément pour obtenir des nombres premiers :

```
noprimes = [j for i in range(2, 8) for j in range(i*2, 50, i)]
primes = [x for x in range(2, 50) if x not in noprimes]
print(primes)
# [2, 3, 5, 7, 11, 13, 17, 19, 23, 29, 31, 37, 41, 43, 47]
```

➙ La valeur 8 correspond à $int(\sqrt{50}) + 1$.

XXVI-3 Exemple : Manipulation de caractères

• Manipulation de listes de caractères :

```
[c for c in "foobar"]

# Donne ['f', 'o', 'o', 'b', 'a', 'r']
```

➙ L'expression `[c for c in "foobar"]` est, du fait de la présence des '[]', équivalente à `list("foobar")`.

• Une autre liste en compréhension pour construire une liste des caractères :

```
texte = "La meilleure façon de marcher..."
[texte[i] for i in range(len(texte))]

# Donne : ['L', 'a', ' ', 'm', 'e', 'i', 'l', 'l', 'e', 'u', 'r', 'e', ' ', 'f', 'a', 'ç', 'o', 'n', ' ',
           'd', 'e', ' ', 'm', 'a', 'r', 'c', 'h', 'e', 'r', ...]
```

D'autres exemples :

```
liste_origine = [0, 1, 2, 3, 4, 5]
[nb * nb for nb in liste_origine]
#==> [0, 1, 4, 9, 16, 25]

# Lire 10 fois le clavier et faire un eliste:
L=[input("une chose") for i in range(10)]

# Copie d'une liste
ll=[1,2,3]
inv=[ll[i] for i in range(3)]
```

• L'expression de la liste en compréhension peut contenir des filtres (tests, appels de fonctions, etc) :

```
liste_origine = [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10]
[nb for nb in liste_origine if nb % 2 == 0]
# ==> [2, 4, 6, 8, 10]
#-----------------------------------------------------

def pas_multiple_de_6(x): return x % 2 != 0 and x % 3 != 0
[i for i in range(2, 25) if pas_multiple_de_6(i)]
# Donne : [5, 7, 11, 13, 17, 19, 23]
#-----------------------------------------------------
def cube(x): return x*x*x

[cube(i) for i in range(1, 11)]
#Donne :  [1, 8, 27, 64, 125, 216, 343, 512, 729, 1000]
```

• En Python 3, la liste en compréhension vient remplacer *map* et *filter* (voir plus loin).

XXVI-4 Exercice Simple sur les listes en compréhension

• Dans cet exercice, on étudie les deux formes de construction des listes.
• Utilisez une construction classique puis une liste en compréhension pour

I) ajouter 3 à chaque élément d'une liste d'entiers de 0 à 5.

II) ajouter 3 à chaque élément d'une liste d'entiers de 0 à 5, mais seulement si l'élément ≥ 2.

III) obtenir la liste ['ad', 'ae', 'bd', 'be', 'cd', 'ce'] à partir des chaînes "abc" et "de".

IV) calculer la somme d'une liste d'entiers de 0 à 9.

➙ Indication : utilisez deux boucles `for` imbriquées.

XXVI-5 Exercice : Mots en Majuscule

• Soit la chaîne `mots = 'Le petit chien jaune et noir mange la soupe chaude'` Extraire les mots de cette phrase (utiliser la fonction `str.split()`) et transformez et afficher ces mots en majuscule et donner leur taille. Pour obtenir un mot *M* en majuscule / minuscule, vous pouvez utiliser `M.upper() / M.lower()`.

XXVI-6 Exercice : anagramme

• Écrire le code qui vérifie si deux strings sont des anagrammes.

XXVI-7 Bonus : tousDiff

• Créer une liste d'entiers avec un tirage aléatoire (de valeurs entre 0 et $3N$, $N = 10$ par exemple) puis tester si les éléments de cette liste sont deux à deux différents.

XXVI-8 Exercice : Tri Topologique

Soit T une séquence de tâches représentant des travaux à réaliser lors de la construction d'une maison.
On dispose d'une relation d'ordre partiel R sur les éléments de T. Il s'agit d'une propriété sur les couples $x\ R\ y, x, y \in T$.
xRy (que l'on va noter $x < y$) signifie que la tâche x doit être réalisée **avant** la tâche y. Ici, on ne tient pas compte des durées des tâches.
Par exemple, $fondations\ <\ murs$ veut dire que les murs ne peuvent être construits qu'après (la fin de) la réalisation des *fondations*. De même, $facades\ <\ peinture$ veut dire que la peinture (des façades) peut être réalisée après l'installation des façades.
La liste des taches **T** nous est donnée par :

T={terrassement, fondations, sols, façades, murs, jardin, peinture, toiture, aménagement, portes, fenêtres}

La relation partielle $\mathbf{R} : (T \times T) \mapsto Bool$ nous est donnée sous forme de couples $(x, y), x, y \in T$ présentée par le tableau suivant :

prédécesseur (x)	**successeurs** $(y_1..y_k)$	$x < y_1,\ x < y_2, ..., x < y_k$
terrassement	fondations	*terrassement* avant *fondations*
fondations	sols, murs	*fondations* avant *sols* **et** *murs*
sols	façades, murs	
murs	toiture, peinture, portes, fenêtres, jardin	Les *murs* avant *toiture, ...*
portes	peinture, façades,aménagement	...
fenêtres	peinture	...
jardin	aménagement	
peinture	aménagement	*aménagement* est la tâche finale

Par extension, la relation **R** est caractérisée par un ensemble de couples de tâches. Par exemple, la 3e ligne nous apprend que $(sols, facades) \in R$ et $(sols, murs) \in R$ ($sols < facades, sols < murs$).

Le but de cet exercice est de réaliser un **Tri Topologique** à l'aide des ensembles T et R et créer un ordre total sur T et obtenir une séquence **T_ordonnee**.

L'ensemble final ordonné $T_{ordonnee}$ nous dira dans quel ordre les tâches de construction doivent avoir lieu.
$T_{ordonnee}$ ne doit pas contredire l'ensemble R : si 2 taches $x_i, x_j, i < j$ se trouvent dans $T_{ordonnee}$, soit $(x_i, x_j) \in R$ ou alors il existe une autre tâche $x_k, i < k < j$ telle que $x_i < x_k < x_j$.
Formellement : $T_{ordonnee} = \{x_1, x_2, ..., x_n\}, x_i \in T$
$\forall i, j \in 1..n, i < j : x_i, x_j \in T_{ordonnee} \implies (x_i, x_j) \in R \vee [\exists k \in 1..n, i < k < j, (x_i, x_k) \in R \wedge (x_k, x_j) \in R]$

Notez que les algorithmes du Tri Topologiques ne donnent pas une solution unique $T_{ordonnee}$.
La raison est la partialité même de l'ordre R. Par exemple, on n'a pas un ordre explicite pour installer les portes avant / après les fenêtres : on a le choix !
De ce fait, il faudra compléter les propriétés formelles de $T_{ordonnee}$:
$\forall i, j \in 1..n, i < j : x_i, x_j \in T_{ordonnee} \implies (x_j, x_i) \notin R \wedge [\nexists k, i < k < j, (x_i, x_k) \in R \wedge (x_k, x_j) \in R]$

Q1- A partir du tableau ci-dessus, créer la liste **relation** (R) contenant les couples (x, y) avec x pris dans la colonne *prédécesseur* et les y pris dans la colonne *successeurs* de telle sorte que le test Python `"(x,y) in relation"` renvoie True si $x\ R\ y$ (c-à-d. $x < y$).

➛ Si vous connaissez les dictionnaires de Python, présentez le tableau ci-dessus par un **dict**.

Q2- Écrire la fonction **controle(relation)** qui vérifie l'absence de cycle / contradiction dans R :

$$\forall (x, y) \in R \implies [(y, x) \notin R] \wedge \nexists z[(x, k) \in R \wedge (z, y) \in R].$$

Normalement, l'algorithme du Tri Topologique détecte ces contradictions et ne parvient pas à construire une séquence ordonnée finale ($T_{ordonnee}$).

Q3- Donner le code Python correspondant à l'algorithme du Tri Topologique.
La fonction **tri_topologique(relation)** doit renvoyer la liste $T_{ordonnee}$.
Le principe de cet algorithme appliqué à une *ListeTaches* peut être le suivant :

étape 0 : Trouver les taches sans prédécesseurs : ce seront les taches du niveau 0 (t_0)

étape k ($k = 1..n$) : pour chaque tache $t \in t_{k-1}$:

trouver s successeur de t non encore traitée telle que s ne soit pas successeur d'une autre tache non encore traitée

➛ s fera partie du niveau t_k

étape n : faire l'étape $k + 1...n$.

☞ Si à une étape, on ne trouve aucune nouvelle tâche (parmi les non traitées) alors il n'y a pas de solution

Cause : on arrivé à une séquence de la forme $t_i, t_{i+1}, ..., t_k, t_i$ (un circuit) que l'on ne peut ordonner.

Q4- (Bonus) : pouvez-vous définir la complexité (*big-oh*) de votre code ?

XXVII Exercice Famille

On dispose des informations suivantes sur les membres d'une famille (voir ci-dessous) :

- ◦ L'ensemble des individus (filles et garçons, prénoms en minuscule)
- ◦ L'ensemble des garçons.
- ➛ On déduira l'ensemble des filles par ces 2 derniers ensembles
- ◦ un dico donnant la relation **enfant** : E est enfant de P
- ◦ un dico donnant la relation **epouse** : F est épouse de H (au sens traditionnel !)

Q1 : dessiner l'arbre de cette famille (cela vous facilitera la suite)

Q2 : à partir de ces informations, on souhaite définir et tester les fonctions suivantes.

- ◦ l'ensemble des **filles** (femmes)
- ➛ Réponse attendue : {'christine', 'bernadette', 'velentine', 'michele', 'laure', 'marie', 'helene', 'sophie', 'charlotte', 'sylvie'}
- ◦ La relation **epoux** à l'aide de la donnée *epouse*.
- ◦ La relation **père** (biologique et beau-père)
- ➛ *père("thomas")* devrait donner *"Pierre"*
- ◦ La relation **mère** (biologique et belle-mère)
- ➛ *mère("thomas")* devrait donner None
- ➛ *mère("marie")* devrait donner *"sylvie"*
- ◦ La relation **enfants_de** (direct ou par recomposition familiale)
- ➛ *enfants_de("pierre")* donnera *['eric', 'thomas']*
- ➛ *enfants_de("sylvie")* devrait donner *['alex', 'sophie']*
- ◦ La relation **parents** (père ou mère comme ci-dessus)
- ➛ *parents("laure")* donnera *['paul', 'marie']*
- ◦ La relation **gd_pere** (par l'un des parents biologique / par recomposition)
- ➛ *gd_pere("laure")* donnera *"jean"*
- ➛ *gd_pere("david")* donne *[Pierre"]*
- ◦ La relation **gd_mere** (par l'un des parents)
- ➛ *gd_mere("michele")* doit renvoyer *"Sylvie"*
- ◦ La relation **gd_parents** (homme ou femme)
- ➛ *gd_parents("loic")* donne *['jean', 'sylvie']*
- ◦ La relation ancètres (de degré 1 à ∞ !)
- ➛ *ancetres("serge")* donnera *{'paul', 'laure', 'sylvie', 'marie', 'jean'}*
- ◦ La relation **frère** (on peut avoir plusieurs frères / demi frères)
- ➛ *freres("jacques")* donnera *['pierre', 'alex']*
- ◦ Les relations **soeur, oncle, tante**, ...

☞ Conseil : dessiner l'arbre de cette famille pour faciliter la vérification pouvoir vérifier vos réponses.

Les données du problème :

```
# dico_enfants : enf : père/mère
dico_enfants={"jacques" : "jean",
              "marie" : "jean",
              "pierre" : "jean",
              "olivier" : "jose",
              "valentine" : "jose",
              "vincent" : "jacques",
```

```
                    "loic" : "jacques",
                    "michele" : "jacques",
                    "eric" : "pierre",
                    "thomas" : "pierre",
                    "david" : "thomas",
                    "christine" : "thomas",
                    "jacques" : "jean",
                    "mark" : "marie",
                    "laure" : "marie",
                    "serge" : "laure",
                    "charlotte" : "laure",
                    "alex" : "sylvie",
                    "sophie" : "sylvie"
        }

# dico_epouses : "Femme" : "Homme"
dico_epouses={"bernadette" : "jose",
                    "sylvie" : "jean",
                    "helene" : "jacques",
                    "marie" : "paul",
                    "velentine" : "loic"
        }
# l'ensemble des hommes
set_hommes={"jean", "paul", "pierre", "jacques", "mark", "thomas", "vincent", "eric",
                    "loic", "david", "serge", "jose", "alex", "olivier"}

# L'ensemble de tous les individus (homme + femmes)
# Mais on ne donne pas explicitement les femmes !
set_individus=set_hommes.union({"bernadette", "sylvie", "helene", "marie", "velentine", "michele", "christine",
                                        "laure", "charlotte", "sophie"})
```

XXVIII Exercice Nonogram

Le *Nonogram* (Nonogramme, alias Griddler, Paint By Numbers, Hanjie ou Picross) est un jeu de plateau composé d'un échiquier $N \times M$.
Le but de ce jeu est de découvrir quelles sont les cases à remplir (noires) et quels sont les cases laissées vides (blanches). Un exemple de grille nonogram avec sa solution est donné ci-dessous.

	2	2	1 2	3	3
1 1					
3					
2					
1 1 1					
1 1 1					

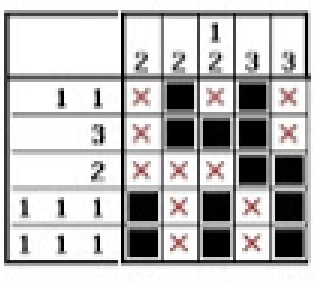


TABLE 1 – Un puzzle 5×5 de Nonogramme et sa solution (à droite)

Les tuples (que nous appellerons **guides**) sur le côté gauche et au dessus de la grille révèlent les groupes ordonnés de carrés noirs qui devraient figurer dans chaque ligne et colonne.
Dans la première ligne, le couple $(1\ 1)$ correspond aux deux cases noires que nous allons devoir placer dans la première ligne.

Notons ici qu'un groupe de cases noires ou même une seule case noire (correspondant au guide (1)) doit être suivi d'au moins une case blanche. Sauf si ce groupe est placé à la fin d'une ligne ou une colonne comme c'est le cas de la 3e ligne dans la solution.

Ainsi, dans la première ligne de la grille (avec le guide $(1\ 1)$), il nous faudra placer une case noire, puis au moins une blanche puis une autre case noire. Le reste de la ligne sera blanche. Vous remarquez que les deux cases noires de la 1ère ligne peuvent être séparées par n'importe quel nombre de cases blanches (dans la limite de la taille de la lignes = 5 cases au total) avant de placer la seconde case noire.

Si les cases noires sont représentées (dans le texte) par "1" et les blanches par "-1", nous avons dans pour la 1èr ligne dans la solution la configuration $[-1, 1, -1, 1, -1]$. Mais nous pouvons également avoir avoir pour la 1ère ligne les configurations $[1, -1, 1, -1, -1], [1, -1, -1, 1, -1], , [1, -1, -1, -1, 1]$, etc ... La seule contrainte est que la première case noire, où qu'elle soit dans la 1ère ligne, doit être suivi d'au moins une case blanche.

En deuxième ligne, le guide (3) correspond à un bloc contiguë de 3 cases noires que nous allons devoir placer n'importe où dans cette ligne. Ce bloc de 3 cases peut être placé au début de la ligne suivi de 2 cases blanches : la configuration $[1, 1, 1, -1, -1]$. Il est évident que la configuration $[-1, 1, 1, 1, -1]$ ainsi que $[-1, -1, 1, 1, 1]$ sont les autres possibilités de remplissage de la 2e ligne de ce puzzle.

Dans les colonnes, nous avons également des guides. Par exemple, le tuple $(1, 2)$ de la 3e colonne correspondra à une "1" suivi d'au moins un "-1" puis suivi (dans cet ordre) d'un bloc de 2 cases noires noté "1, 1" suivi d'un "-1" : autrement dit, la configuration $[1, -1, 1, 1, -1]$. Là également, les configurations telles que $[1, -1, -1, 1, 1], [-1, 1, -1, 1, 1], ...$ sont possibles.

Pendant la résolution, lorsque nous ne savons pas si une case est noire ou blanche, nous y placerons un "0". En toute rigueur, un guide vide (absence de guide ou le guide "()") correspond à un

vecteur vide (cases blanches) mais ce cas est très rare.
Pour la résolution de la grille, une des étapes sera de générer toutes les configurations possibles correspondantes au guide d'une ligne / colonne.
☞ **La résolution complète (difficile) de nonogram est un bonus.**

XXVIII-1 Génération des configurations pour une ligne / colonne

Etant donne un nonogram, écrire le code Python d'une fonction qui génère toutes les configurations possibles correspondant à un guide.

XXVIII-2 Si vous voulez aller plus loin

Appelons "proposition" chacune des configurations envisagées pour un guide.
Si pour un guide, nous envisageons toutes les propositions, il suffira de trouver les invariants dans l'ensemble des propositions d'un guide. Ces invariants sont les cases qui seront noires (ou blanches) dans la solution finale, quelque soit la proposition retenue.

	2	2	1 2	3	3
1 1					
3					
2					
1 1 1					
1 1 1					

FIGURE 1 – Rappel de l'exemple de puzzle 5×5 à résoudre

Par exemple, pour la 2e ligne avec le guide (3) du nonogramme ci-dessus, , les propositions seront (présentées sous forme d'une matrice) :

$[[\ 1,\ \ 1,\ \ 1, -1, -1].$
$[-1,\ 1,\ \ 1,\ \ 1, -1]$
$[-1, -1,\ 1,\ 1,\ \ 1]]$

Nous constatons que la 3e colonne de cette matrice sera "1" quelque soit la proposition retenue. On peut donc figer la case située en ligne 2, colonne 3 de la grille de notre *Nonogramme* par un "1". Notez que l'on peut rien dire de plus sur cette guide mais il arrive que nous arrivions à figer également des cases blanches ("-1").
Si on procède de la même manière pour les autres guides tout en exploitant les cases déjà figées dans les étapes précédentes, de proche en proche, nous commencerons à remplir cette grille.

Notons qu'en procédant ainsi pour les colonnes 4 et 5 dont les guides sont (3) et (3), la solution pour la 3e ligne de du *Nonogramme* est toute trouvée !

N.B. : empiriquement, et en l'absence d'autres critères, il vaut mieux traiter en première les guides dont la somme des valeurs est maximale puis privilégier ceux qui contiennent de plus grandes valeurs. Ainsi, pour une taille de 5, le guide (3) est traité avant le guide (1,2) lequel sera traité avant (1,1,1). Les guides composés de "1" sont ceux qui apportent peu d'information.

N.B. : certaines solutions préconisent de figer ainsi une case puis d'exploiter cette info en traitant les lignes / colonnes au croisement de la case figée avant de s'occuper d'autres guides.

Pouvez-vous, manuellement, résoudre ce Nonogramme selon la démarche ci-dessus ?

Avant d'en donner l'algorithme, vous devez pouvoir résoudre le Nonogramme manuellement ! Vous verrez que des traits importants de l'algorithme de la solution vous apparaîtront.

Cependant, toutes les grilles ne trouvent pas leur solution par cette technique.
Par exemple, pour le nonogramme suivant, la solution obtenue par la "technique" ci-dessus est partielle.

➛ La figure correspond à la sortie d'un code Python. "0" correspond à "non encore déterminé".

```
          1    3    2    1    3
          1    1    1    2
-------------------------------
(1, 1)    0    0    0    0   -1
(3)       0    1    1    0   -1
(2)       0    1    0   -1   -1
(1, 2)    0    0   -1    1    1
(3)      -1   -1    1    1    1
(1, 1)   -1    1   -1   -1    1
-------------------------------
```

FIGURE 2 – Exemple de nonogramme avec une solution partielle obtenue par la démarche ci-dessus ("0" = indéterminé)

Si vous souhaiter aller plus loin, vous pouvez mettre en place la stratégie suivante :

- Appliquer la démarche ci-dessus pour obtenir une solution.
- Si la solution est partielle, appliquer une stratégie "Algorithme à essais successifs" (appelé également "retour sur trace" ou "Back-Tracking").

  Elle correspond à un parcours en largeur ou en profondeur du graphe des états (un état est la grille d'une solution partielle) :

  * Choisir la ligne / colonne avec un minimum de "0" d'indécision (sans que ce nombre soit nul)

    Dans la grille ci-dessus, les lignes 2,3 et 4 ont deux "0", les colonnes 2,3 et 4 également. On en choisira une. On peut préférer les lignes aux colonnes si dans la grille $N \times M$ initiale, $N < M$.
  * Trouver les propositions correspondantes (à la ligne / colonne choisie). Ces propositions tiennent compte évidement des "1" et "-1" déjà connus.
  * Appliquer une par une ces propositions et compléter la grille suivant le parcours en largeur (ou profondeur) choisi.
  * Si on applique ces propositions en "parallèle" (un "pas" pour chacune, voir ci-dessous), on sera dans une stratégie en larguer.

    Par contre, si on n'applique qu'une des propositions, on obtient une grille, on déduit la valeurs pour les "0", ... on déduit d'autres propositions, ..., on sera dans un parcours en profondeur. Voir ci-dessous

Différences entre les deux types de parcours :
Soit une solution partielle S_1, la ligne / colonne avec le minimum de "0" permettant les propositions $P_1 = \{p_{1_1}, ..., p_{1_k}\}$, dans l'algorithme à essais successifs (cf. un parcours dans un labyrinthe) :
• un **parcours en profondeur** consiste à appliquer p_{1_1},

- déduire l'état d'autres cases indéterminées dans l'échiquier grâce à p_{1_1} et obtenir une solution partielle S_2,
- trouver dans S_2 la ligne / colonne avec le minimum de "0" permettant les propositions $P_2 = \{p_{2_1}, ..., p_{2_l}\}$,
- appliquer p_{2_1}, déduire l'état d'autres cases indéterminées dans l'échiquier grâce à p_{2_1} et obtenir une solution partielle S_3,
- trouver les propositions $P_3 = \{p_{3_1}, ..., p_{3_u}\}$, appliquer p_{3_1}, ... jusqu'à une solution totale.

Ainsi, une grille partielle est développée jusqu'à un état final complet ou alors un échec de résolution.
En cas d'échec, l'algorithme de parcours reviendra sur ses pas pour appliquer p_{3_2} et recommencer jusqu'à p_{3_v} .... , si échec, remonte dans le graphe des états pour appliquer p_{2_2}, développer les grilles, ... si échec, remonter et appliquer les propositions jusqu'à p_{2_l} ... et en cas d'échec, remonter dans le graphe et appliquer p_{1_2}, ..., et si échec, ... appliquer jusqu'à p_{1_k}.
On note que la proposition p_{1_2} ne sera appliquée que si l'on a développé totalement tous les états qui découlent de p_{1_1}. A son tour, p_{2_2} ne sera appliquée que si l'on a développé totalement tous les états qui découlent de p_{2_1}, ... qui aura épuisé toutes les propositions dans P_3.

• un **parcours en larguer** consiste à appliquer chacune des k propositions de P_1 en parallèle,
déduire pour chaque proposition l'état d'autres cases indéterminées dans les$k$ échiquiers et obtenir ainsi k grilles partielles,
recommencer et trouver pour chaque grille un ensemble de propositions (P_2 ci-dessus),
les appliquer une par une et en parallèle, déduire pour chacune l'état d'autres cases indéterminées dans chaque échiquier, ce qui développe à son tour l grilles pour chacune des k grilles .... et pour chacune des l grilles, on aura développé à son tour v grilles grâce à l'ensemble P_3 ....

Ainsi, on développe en parallèle de multiples grilles parallèles jusqu'à obtenir une solution complète ou un échec.
Cette stratégie réclame bien davantage d'espace mémoire que la précédente.

XXIX Manipulation de fichiers

XXIX-1 Exemple

• Pour simplement ouvrir un fichier avec contrôle :

```
import os
os.chdir("/home/alex/Telechargement/Apprendre-Python-3")
try:
    f = open('fic-test.txt')
except OSError as err:
    print("OS error: {0}".format(err))
    raise     # Pour ne pas continuer ci-dessous.
    # Utiliser cela au lieu de 'exit()' qui arrête l'interprête Python.

# Si le fichier n'existe pas, on a l'erreur (exception) :
# OS error: [Errno 2] No such file or directory: 'fic-test1.txt'

# Et 'raise' cela donnera
# FileNotFoundError: [Errno 2] No such file or directory: 'fic-tes1t.txt'
```

• Un autre exemple : avec lecture d'entiers

```
import sys

try:
    f = open('myfile.txt')
    s = f.readline()
    i = int(s.strip())

except OSError as err:
    print("OS error: {0}".format(err))
except ValueError:                          # Pour l'erreur de conversion
    print("Conversion en entier impossible.")
except:                                     # Autre erreur
    print("Erreur ? : ", sys.exc_info()[0])
    raise                                   # On relève l'exception pou rle niveau englobant.
```

XXIX-2 Rappel sur la fonction split()

• Cette fonction sépare une chaîne de caractères en liste de mots. Elle utilise comme séparateur par défaut les caractères blancs (espace ou tabulation). Elle supprime tous les séparateurs contigus. Le nombre de séparation maximum est indiqué par un deuxième paramètre optionnel.

Exemples :

```
#  split()
a="Cette phrase, devient,, une\tliste"
b=a.split()
print(b)
# ['Cette', 'phrase,', 'devient,,', 'une', 'liste' ]
# '\t' symbolise une tabulation.

#  split(sep)
a="Cette phrase, devient,, une\tliste"
b=a.split(",")
print(b)
# ['Cette phrase', ' devient', 'une\tliste' ]

#  split(chaîne-sep) avec une chaîne comme séparateur
# split() avec une chaîne comme séparateur
a="Cette phrase, devient,, une\tliste"
b=a.split(",,")
print(b)
# ['Cette phrase, devient', ' une\tliste' ]

#  split() avec maximum de séparations
a="Cette phrase, devient,, une\tliste"
b=a.split(None,2)
print(b)
# ['Cette', 'phrase,', 'devient,, une\tliste' ]
```

• **splitlines()** sépare un texte en liste de lignes. Un exemple :

```
a="Ligne1-a b c d e f\nLigne2- a b c\n\nLigne4- a b c d"
b=a.splitlines()
print(b)

# ['Ligne1- a b c d e', 'Ligne2- a b c', '', 'Ligne4- a b c d' ]
```

☞ Un truc :

Si vous voulez lire une série d'entiers sur une ligne :

```
serie = map(int, input().strip().split(" "))
```

XXIX-3 Un exemple avec 'with'

• Exemple (vu plus haut dans la partie système ?, chercher "with")

```
f = open("fic-test.txt")
f
#<_io.TextIOWrapper name='fic-test.txt' mode='r' encoding='UTF-8'>

f.__enter__()           # La méthode de la classe
#<_io.TextIOWrapper name='fic-test.txt' mode='r' encoding='UTF-8'>

f.read(1)                # Lire un caractère
# 'E'

f.__exit__(None, None, None)
f.read(1)
# ValueError: I/O operation on closed file
```

Avec **with**, c'est plus simple : pour ouvrir le fichier, traiter son contenu (ça, c'est nous qui le faisons !) et de le fermer à la fin.

```
with open("fic-test.txt") as f:
    data = f.read()
    # traiter les données, par exemple :
    print(data)
```

• Créer avec **with** : `hello.txt` va exister (ou écrasé s'il existait)

```
with open("hello.txt", "w") as f:
    f.write("Hello World")
```

• **with** et **split()** :

```
with open('data.txt', 'r') as f:
    data = f.readlines()

    for line in data:
        words = line.split()
        print (words)
        # Et si vous voulez chaque caractère de 'words', faites comme pour les listes.
```

XXIX-4 Création d'un fichier

• Un exemple simple :

```
file = open("newfile.txt", "w")
file.write("hello world in the new file\n")
file.write("and another line\n")
file.close()
```

☞ Remarques :
• Noter bien que `readline` renvoie la chaîne vide '' après **EOF**, pas d'exception.
• On peut essayer en testant vs '' ou utiliser **strip()** pour déceler les lignes vides : `ligne.strip()` réussit si *ligne* n'est pas vide.
• Noter que `ligne=readline()` conserve '\n'.
• Pour trouver un '.' à la fin de ligne (qui contient '\n'), on peut tester `if ligne.endswith('.\n')`.

XXIX-5 Exercice

• Lire un fichier et extraire :
  ◦ La fréquence des mots
  ◦ La fréquence des lettres
  ◦ Le nombre de phrases (terminant avec un '.')
  ◦ Les nombres

• Le contenu du fichier (*test_fic.txt*) a été donné ci-dessus.

```
% Exercice 25 : cet exercice concerne les fichiers.
% Lire un fichier contenant des nombres et des lignes vides et extraire :
% - Les lignes
% - Les mots de chaque ligne
%
% - Les lettres de chaque mot
% - Extraire les nombres
% - Compter le nombre de phrases (terminées avec '.')
% - etc.
%
% Voire aussi l'exercice 561.
%
```

XXX Compléments sur la mise en page

XXX-1 format pour les conversions

• Conversion de string en binaire (voir la fonction `format()` en section XVII-1 page 47. L'exemple suivant a été vu plus haut.

```
st = "hello Debase"
' '.join(format(ord(x), 'b') for x in st)
# '1101000 1100101 1101100 1101100 1101111 100000 1000100 1100101 1100010 1100001 1110011 1100101'
```

➞ Le passage par la fonction `ord(x)` est ici obligatoire. `ord(x)` renvoie un entier pour un caractère contenant un chiffre.
Si on doit nommer le range du champ à formater (ici `0:...`) :

```
st = "hello Debase"
print(' '.join(["{0:b}".format(ord(x)) for x in st]))
# 1101000 1100101 1101100 1101100 1101111 100000 1000100 1100101 1100010 1100001 1110011 1100101
```

• Conversion de string en hexadécimal :

```
s='Hello Debase of Ecl'
' '.join(format(ord(x), 'x') for x in s)
# '48 65 6c 6c 6f 20 44 65 62 61 73 65 20 6f 66 20 45 63 6c'
```

XXX-2 Justification avec rjust, ljust et center, bourrage avec zfill

• Justification des strings à droite ou à gauche, centrage ou remplissages par des zéros :

```
s = "Python"
s.center(10)                    # centrer sur 10 positions
# Donne -->'  Python  '

s.center(10,"*")                # centrer sur 10 positions en complétant par des '*'
# Donne -->'**Python**'

s = "Training"
s.ljust(12)                     # justifier à gauche sur 12 positions
# Donne -->'Training    '

s.ljust(12,":")
# Donne -->'Training::::'

s = "Programming"
s.rjust(15)
# Donne -->'       Programming'
s.rjust(15, "~")
# Donne -->'~~~~Programming'

account_number = "43447879"
account_number.zfill(12)
# Donne -->'000043447879'

# Même chose avec rjust :
account_number.rjust(12,"0")
# Donne -->'000043447879'
```

☞ En fait, str.ljust(n) construit une nouvelle chaîne de taille n à partir de str en plaçant str à gauche de cette nouvelle chaîne. De même pour str.rjust(n) et str.center(n).

XXX-3 str() et repr()

• `str()` permet d'obtenir un string lisible (par l'humain) alors que `repr()` permet d'obtenir une représentation lisible par l'humain et par l'analyseur de Python.
• La plupart du temps, ces deux fonctions donnent le même résultat. Cependant, `repr()` s'applique dans les situations (objets, construction complexes) ou `str()` pourrait ne pas suffire (voir ci-dessous).

• Exemples :

```
s = 'Hello, world.'
str(s)
# Donne -->'Hello, world.'

repr(s)
# Donne --> "'Hello, world.'"
str(1/7)
# Donne --> '0.14285714285714285'

x = 10 * 3.25
y = 200 * 200
s = 'The value of x is ' + repr(x) + ', and y is ' + repr(y) + '...'
print(s)
# Donne --> The value of x is 32.5, and y is 40000...

# Le repr() d'un string ajoute des quotes et backslashes:
hello = 'hello, world\n'
str(hello)
# Donne --> 'hello world\n'
repr(hello)
# Donne --> 'hello, world\\n'  noter le double slash

# L'argument d'appel de repr() peut être n'importe quel objet  Python :
repr((x, y, ('spam', 'eggs')))
# Donne -->"(32.5, 40000, ('spam', 'eggs'))"
```

• Un exemple de mise en colonne de valeurs : afficher en colonnes $x, x^2, x^3, x \in 1..10$

```
for x in range(1, 11):
    print(repr(x).rjust(2), repr(x*x).rjust(3), repr(x*x*x).rjust(4))
# Donne -->
 1   1    1
 2   4    8
 3   9   27
 4  16   64
 5  25  125
 6  36  216
 7  49  343
 8  64  512
 9  81  729
10 100 1000
```

☞ Remarques : Si vous souhaitez terminer chaque écriture par autre chose qu'un retour charriot, utilisez l'argument `end=...` dans l'appel de *print*. Par défaut, `end='\n'`.
Par exemple :

```
for x in range(1, 6):
    print(repr(x).rjust(2), end='#'*x+'\n')
     on ajoute x fois # + \n à la fin de chaque ligne

# Donne -->
 1#
 2##
 3###
 4####
 5#####
```

• L'intérêt de `end=...` se trouve souvent dans les cas où on a deux ordres `print` et on voudrait que le deuxième soit à la suite du premier.

```
print(1,2, end=' ')              # Ne pas passer à la ligne pour que ...
```

```
x=fonction_qui_calcule(3)        # ... la
print(x)                              # ... valeur de x s'affiche à la suite sur la même ligne
```

XXX-4 Quelques remarques sur 'print'

• Si on doit répéter un format d'écriture (par exemple `%2d`) pour k valeurs, on peut répéter ce format par `"%2d"*8`. Par exemple :

```
# Création de 8 valeurs
a, b, c, d, e, f, g, h = range(8)     # assigner 0..7 à a, b, c, d, e, f, g, h
X= (a, b, c, d, e, f, g, h)

print("%2d"*8 % X)
# 0 1 2 3 4 5 6 7
```

• Remarquer qu'on aurait pu, dans ce cas précis, écrire :

```
a, b, c, d, e, f, g, h = range(8)     # assigner 0..7 à a, b, c, d, e, f, g, h
X = (a, b, c, d, e, f, g, h)

[print("%2d" % i) for i in X]
```

XXX-5 Les chaînes de caractères formatées (f-strings)

• Pour une écriture simplifiée, on peut utliser "print" avec la lettre "f" comme dans :

```
print(f"la valeur de x = {x} et f(x,y) donne {f(x,y)} .....")
```

• Les chaines de caractères formatées (aussi appelées f-strings) vous permettent d ?inclure la valeur d'expressions Python dans des chaines de caractères en les préfixant avec f ou F et écrire des expressions comme expression.

• L'expression peut être suivie d'un spécificateur de format. Cela permet un plus grand contrôle sur la façon dont la valeur est rendue. L'exemple suivant arrondit pi à trois décimales après la virgule :

```
import math

print(f'La valeur de pi est  approx. {math.pi:.3f}.')
# Donne : The value of pi is approximately 3.142.
```

➛ La présence d'un entier après le ' :' indique la largeur minimale de ce champ en nombre de caractères. Ce qui est utile pour faire de jolis tableaux :

```
table = {'Sjoerd': 4127, 'Jack': 4098, 'Dcab': 7678}
for name, phone in table.items():
      print(f'{name:10} ==> {phone:10d}')

"""
TRACE :
Sjoerd          ==>          4127
Jack             ==>          4098
Dcab            ==>          7678
"""
```

• D'autres modificateurs peuvent être utilisés pour convertir la valeur avant son formatage.

➛ '!a' applique la fonction *ascii()* ,

➛ '!s' applique *str()*, et

➛ '!r' applique *repr()* :

```
animals = 'birds'
print(f'My hovercraft is full of {animals}.')
# Donne  : My hovercraft is full of eels.

print(f'My hovercraft is full of {animals!r}.')
# Donne  : My hovercraft is full of 'eels'.
```

Affichae des caractères spéciaux :
Pour afficher certains caractères particuliers, il est nécessaire d'utiliser une séquence d'échappement.
Par exemple, si l'on doit afficher des '{}', on les écrira entre deux couples l'accolades :

```
x=42
print(f'Voici le nombre magique entre accolades {{{x}}}')
# Donne : {42}
```

Alignements, justifications et espacements :
Avec les *f-strings*, on peut utiliser les options d'alignement suivantes.

- Justification : précise le nombre est aligné dans sa zone
  - ">" aligne à droite
  - "<" aligne à gauche
  - "^" centré
  - "=" aligne le signe à gauche et le nombre à droite
- Signe : affichage du signe
  - "+" indique que le signe + doit être affiché ainsi que le -
  - "-" indique que le signe - doit être affiché (par défaut)
  - " " n ?affiche pas le + mais i un espace à la place
- Largeur du champ : la place réservée pour l ?affichage du nombre
- Groupage : les symboles de séparation suivants seront placés entre tous les 3 chiffres
  - "_"
  - ","
- Précision : le nombre de chiffres après la virgule
- Notation scientifique : le mode d'affichage
  - "e" ou "E" notation scientifique
  - "f" ou "F" affichage classique

Exemple :

```
x = 357568.12312
y = 568.568768
z = -34.3432
v = 23
print(f'{x : >+20_.4f} {y : >+20_.4f}')
print(f'{z : >+20_.4f} {v : >+20_.4f}')

"""
TRACE :
+357_568.1231                +568.5688
      -34.3432                 +23.0000
"""
```

- **Autre options de formatage :**
  - "b" : affiche en binaire
  - "c" : affiche le caractère correspondant au code unicode
  - "d" : affiche en decimal (par défaut)
  - "o" : affiche en octal
  - "x" ou "X" : affiche en hexadécimal

- Exemple :

```
chmod = 0o644
print(f'{chmod:016b}')
# Donne : '0000110100100'
```

- **Rappel** : si vous ne voulez pas que Python interprète les 'antislashes' (\) comme dans $\backslash n, \backslash", \backslash t, \ldots$, utiliser 'r' (raw f-string) :

```
print('je saute \n à la ligne')
# Donne : je saute
#                à la ligne

print(r'je saute \n à la ligne')
# Donne : je saute \n à la ligne
```

☞ Pour plus d'informations, voir la documentation Python3 :
`https://docs.python.org/fr/3/library/string.html#formatspec`

XXXI Gestion du temps

```
import timeit
timeit.timeit("x = 2 + 2")
#.0188.............
timeit.timeit("x = sum(range(10))")
#.589.........
```

• Pour une exécution en ligne de commande d'une fonction `my_fonction()` que l'on aurait définie dans le module `my_module` et mesurer le temps, on peut écrire :

```
$ python3.4 -m timeit -s "import my_module as my_mo_sa" "my_mo_sa.my_fonction()"
```

• On peut également utiliser la fonction `time.time()` pour mesurer le temps d'exécution d'une fonction :

```
from time import time

def count():
    deb = time()
    [x for x in range(10000000) if x%4 == 1]
    fin = time()
    print (fin-deb)

count()
# 1.213
```

➙ Il est conseillé d'utiliser *timeit* (exemple ci-dessus) à la place de *time* car *timeit* est plus juste et tient compte du ramassage des miettes (gc : garbage collector).

☞ Voir aussi la documentation sur *timeit*.

XXXII Créer un script Python indépendant

• Supposons que nous souhaitons créer une version exécutable du calcul des racines d'une équation quadratique (vu ci-dessus) et de pouvoir utiliser cette fonction dans un programme indépendant (on veut un *script Python*).

➙ Cela nous évitera de lancer pyzo/spyder/... pour utiliser notre fonction.

Pour commencer, on place le code vu ci-dessus dans le fichier `racines.py`. Pour les besoins de l'exemple, on simplifie le code en prenant moins de précautions au niveau des coefficients (car on maîtrise les arguments d'appel).

```
from math import sqrt;
# résolution équation quadratique
def trinome(a, b, c):
    delta = b**2 - 4*a*c
    if delta > 0.0:
        assert(a != 0)
        racine_delta = sqrt(delta)
        return (2, (-b-racine_delta)/(2*a), (-b+racine_delta)/(2*a))
    elif delta < 0.0: return (0,)
    else:
        assert(a != 0)
        return (1, (-b/(2*a)))

# --- Partie Principale ---------
if __name__ == "__main__" :
    print(trinome(1.0, -3.0, 2.0))
    print(trinome(1.0, -2.0, 1.0))
    print(trinome(1.0, 1.0, 1.0))

""" On obtient
(2, 1.0, 2.0)
(1, 1.0)
(0,)    """
```

• Placer ce code dans un fichier `racines.py`.

• D'emblée, vous pouvez prendre une fenêtre "terminal" sur votre machine et taper la commande

`$ python racines.py` (ou `c:\> python.exe racines.py` sous Windows)

➙ La partie "principale" de votre code s'exécute et utilisera la fonction que vous avez définie.

• Si vous souhaitez éviter de taper `python` au début de la commande, vous pouvez :

◦ Sous linux :

Ajouter au tout début de ce fichier la ligne (dite *shebang*)

`#!/usr/bin/python` ou (mieux) `#!/usr/bin/env python`

Puis rendez ce code exécutable par la commande Linux `chmod u+x racines.py`

Puis exécuter ce programme en tapant simplement dans une console `$ ./racines.py`

◦ Sous Windows : exécuter votre code dans une fenêtre de commande par :

`python.exe racines.py`

Windows ne semble pas avoir le mécanisme *shebang* (à moins d'avoir installé *cygwin*)